


석사학위논문

플랫폼 다이빙 종목 303(B)의 도약동작의
운동학적 분석



제주대학교 대학원

체육학과

강민경

2010年 2月

플랫폼 다이빙 종목 303(B)의 도약동작의
운동학적 분석

지도교수 남 사 용

강 민 경

이 논문을 체육학 석사학위 논문으로 제출함

2010년 2월

강민경의 체육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____ (甲)

위 원 _____ (甲)

위 원 _____ (甲)

제주대학교 대학원

2009년 2월

<Abstract>

Kinematic Analysis of 303(B) Take-off in Platform Dives

Kang, Min-kyung

Physical Education Major

jeju National University

Jeju, Korea

Supervised by professor Nam, Sa-Woong

The purpose of this study is to investigate kinematic factors of Platform 303(B) take-off for providing elite diving players in Korea with useful materials and improving their athletic performances. To achieve the aims of this study, subjects consist of the two diving players who have been a candidate of representative of Korea as well as a representative of Jeju Island. The two diving players' Platform 303(B) take-off are videotaped and then three-dimensional images of the movements are examined.

The analysed factors of the movements are temporal variable on each phase, the height of central body, the horizontal distance of central body, the change of speed of central body, the change of speed on each phase, and each angular variable of upper and lower limbs. Based on this study, the results are as follows;

1. Temporal variable of Platform 303(B) Take-off

The time of performance is different on each phase. During taking off, the more it takes, the higher a vertical distance can have, and the faster somersault is possible.

2. Linear kinematic variable of Platform 303(B) Take-off

1) With regard to the change of central body, the action of going into the water is easily taken when the player can have a high vertical distance rather than a horizontal distance because the aerial action is performed at a higher place. If the player has a horizontal distance too long, however, it will be difficult for him/her to pose a perfect posture when going into the water because the player has to turn a somersault at a lower place and take open-action.

2) That the speed of central body on each phase and the speed on each section are fast means that high jump and aerial action can achieve in a quick way when the players are taking off in the air, due to fast vertical speed. Therefore, the action of going into the water can be done at ease. In addition, as the vertical speed of the central body is high, the horizontal speed of the balance of the body have an influence on the change of the height of the central body as well.

3. Angular kinematic variable of Platform 303(B)

When it comes to angular kinematic variable, it has a huge difference in each phase according to the subjects' performances. To maintain the subjects' speed of turn, they take a low angle of the upper limbs and take a wide angle of the hip joint when taking off, so that in the end, they are able to jump high by stretching out their body for much more higher place.

In conclusion, this study shows that to perform a perfect Platform 303(B), as soon as the diving players take off on the platform, they have a high vertical distance. Therefore, they achieve their aerial action at a high position and it makes the revolving speed of the lower limbs faster, so the diving players can prepare for going into the water in advance and thus, it makes the action of going into the water more easier.



목 차

Abstract

I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	3
3. 연구의 문제	3
4. 용어의 제한점	4
5. 용어의 정의	4
II. 이론적 배경	5
1. 다이빙	
1) 경기종목	5
2) 동작형태	6
2. 운동역학 관련 선행연구	8
III. 연구방법	10
1. 연구대상	10
2. 실험도구	10
1) 영상촬영장비	11
2) 영상분석장비	11
3. 실험절차	11
4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료분석 절차	13
1) 인체 관절점의 좌표화	13
2) 3차원 좌표의 계산	13

3) 변인산출	14
5. 이벤트 및 분석국면	16
IV. 연구결과	17
1. 303(B)의 도약동작 시 국면별 시간변인	17
2. 303(B)의 도약동작 시 선운동변인	19
1) 신체중심 높이변화	19
2) 신체중심 수평이동거리	20
3) 신체중심 속도변화	21
4) 각분절의 속도변화	24
3. 303(B)의 도약동작 시 각운동 변인	29
1) 상지분절의 각변위	29
2) 하지분절의 각변위	32
V. 논의	35
1. 303(B)의 도약동작 시 국면별 시간변인	35
2. 303(B)의 도약동작 시 선운동변인	36
1) 신체중심 높이변화	36
2) 신체중심 수평이동거리	36
3) 신체중심 속도변화	37
4) 각분절의 속도변화	37
3. 303(B)의 도약동작 시 각운동 변인	39
1) 상지분절의 각변위	39
2) 하지분절의 각변위	39
VI. 결론	40
참고문헌	43

표 목 차

표 1. 연구 대상자의 특성	10
표 2. 실험도구	10
표 3. 인체 관절점과 디지털타이징 순서	13
표 4. 관절각 정의	15
표 5. 국면별 소요시간	17
표 6. 신체중심 높이변화	19
표 7. 신체중심 수평이동거리	20
표 8. 신체중심 수평속도변화	22
표 9. 신체중심 수직속도변화	23
표 10. 전완분절의 속도변화	25
표 11. 상완분절의 속도변화	26
표 12. 대퇴분절의 속도변화	27
표 13. 하퇴분절의 속도변화	28
표 14. 어깨분절의 각도변화	30
표 15. 팔꿈치분절의 각도변화	31
표 16. 고관절의 각도변화	33
표 17. 무릎의 각도변화	34

그림 목차

그림 1. 다이빙 동작형태 (1) 곧게 펴기형(Straight position)	6
그림 2. 다이빙 동작형태 (2) 굽히기형(Pike position)	6
그림 3. 다이빙 동작형태 (3) 꺾안기형(Tuck position)	7
그림 4. 다이빙 동작형태 (4) 자유형(Free position)	7
그림 5. 실험장면	12
그림 6. 주요 이벤트 및 국면	16
그림 7. 국면별 소요시간	18
그림 8. 신체중심 높이변화	20
그림 9. 신체중심 수평속도변화	22
그림 10. 신체중심 수직속도변화	23
그림 11. 전완분절의 속도변화	25
그림 12. 상완분절의 속도변화	26
그림 13. 대퇴분절의 속도변화	27
그림 14. 하퇴분절의 속도변화	28
그림 15. 어깨의 각도변화	30
그림 16. 팔꿈치의 각도변화	31
그림 17. 고관절의 각도변화	33
그림 18. 무릎의 각도변화	34

I. 서론

1. 연구의 필요성

수영을 하기 위하여 물가에서 물로 뛰어들면서 시작된 다이빙(diving)은 물속으로 뛰어드는 동작의 기술과 미를 겨루는 수상경기이며, 다이빙이 경기로서 처음 등장하게 된 것은 1883년 영국에서 다이빙 대회가 개최된 것이 시초이다.

다이빙은 크게 두 종류로 나누어지게 되는데 10m에서 행해지는 플랫폼(platform) 다이빙과 1m, 3m높이에서 스프링보드의 탄력성을 이용하여 연기하는 스프링(spring)다이빙으로 구분된다.

다이빙 경기의 기술동작은 제 1군 Forward Dive, 제 2군 Backward Dive, 제 3군 Reverse Dive, 제 4군 Inward Dive, 제 5군 Twist, 제 6군 Armstand로 나뉘어져 있으며 공중에서의 자세는 곧게 펴기형(Straight position)으로 시작하던 것이 점차 응용자세로 발달하여 굽히기형(Pike position)과 꺾이기형(Tuck position)으로 분류되어 발달하였다.

다이빙은 종목을 수행하는 과정에서 도약(take-off), 공중동작(flight), 입수(entry) 시에 고도의 기술을 구사하여 세밀한 동작을 아름답게 표현시키는 예술이다(이종희, 2006).

다이빙은 도약에서 물에 들어가기까지의 동작이 점수에 가산되는데 높은 점수를 연기 위해서는 도약 및 공중동작 과정에서 고도의 기술과 독창성 있는 연기, 미적인 아름다움을 표현하고 입수 시 물의 저항을 최대한 줄일 수 있는 자세가 이루어져야 좋은 점수를 낼 수 있다.

다이빙 경기에서 플랫폼 다이빙은 고정되어 있는 보드에서 반작용력 없이 자신 스스로의 능력으로 공중에서 동작을 수행하여야 하며 짧은 순간에 연기가 이루어지기 때문에 순간적인 판단력과 균형성, 순발력과 공중감각이 필요한 경기종목이다.

플랫폼 다이빙에서 앞으로 서서 뒤로 회전하는 동작은 도움닫기 없이 제자리에 서서 발 구름과 공중자세, 입수의 세 가지 동작으로 이루어지기 때문에 세 가지 동작이 조화를 이루어야 완벽한 종목이 완성될 수 있다. 그리고 이 세 가지 동작 중에

서 입수에 대한 비중이 가장 크지만 공중동작에 들어가기 전인 도약시기가 가장 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 도약 시기에 얻어지는 신체의 기울기와 중심의 높이와 속도는 대단히 중요하다.

다이빙에 대한 역학적 측면에서의 선행연구를 살펴보면 플랫폼 다이빙 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 다이빙보드로부터 적당한 거리를 떨어져야 한다(Miller and Munro, 1984)고 하였으며, Himill, Colden, Williams, Richard(1985)는 플랫폼 다이빙 도약 시 운동학적 요인을 연구하여 Take-off시 지면에 최대한의 반작용 힘을 가하게 되지만 이때의 힘은 종목의 난이도와는 관계없이 거의 일정한 것을 밝혔고 운동학적 요인에 대한 분석에는 도약 시 상체각을 변화시킴으로써 각속도가 증가되었음을 보고하였다.

국내의 경우 오만원과 이병근(1995)은 다이빙 전방 파이크 썸머설팅 동작을 운동역학적 분석을 통해 회전의 수에 따라 수평 및 수직 속도를 적절히 배분하는 것이 중요함을 분석하였고, 강신과 정철정(1998)은 Forward 1½회전, 1½회전시 각운동량에 대한 분석을 통해 회전의 증가에 따라 각운동량도 증가함을 보고하였다. 이종희(2006)는 플랫폼 다이빙 뒤로서서 앞으로뛰기 1½회전동작의 운동학적 분석을 통해 짧은 수평거리와 높은 수직거리를 확보하여야 기술표현의 완성도가 높아진다고 하였다.

이와 같이 선행연구의 경우에도 다이빙 동작은 도약 시 회전과 밀접한 관계가 있으며 가장 중요한 영향을 미치기 때문에 경기력 향상을 위해서는 다양한 연구가 필요하다. 하지만 국내스포츠 경기에 있어서 다이빙은 비인기 종목으로서 얇은 선수층과 낙후된 시설, 미진한 재정적 지원에도 이유가 있지만 아직까지 국내 선수들을 대상으로 한 연구는 다른 종목과 비교했을 때 거의 이루어지지 않고 있다.

다이빙 경기는 다른 여러 운동경기에서의 체력이나 신체적인 열세보다는 기술과 집중력에 승부를 거는 종목이며 중국이나 일본이 국제대회나 세계대회에서 두각을 나타내는 경우만 보더라도 같은 동양인으로써 우리나라도 상위 입상이 가능한 유망 종목으로 기대되고 있다. 그러므로 국내 엘리트 선수들의 동작의 연기 시에 필요한 기술과 운동학적 지식이 무엇보다 필요하겠다.

더욱이 최근에 다이빙 선수들은 매우 어려운 난이도의 동작을 수행하고 있으며

이에 따른 상해의 위험이 뒤따르고 있다.

그러나 아직까지 우리나라에는 지도자나 선수들이 참고할 만한 자료나, 국내선수들의 경기력 향상에 도움을 주기 위한 자료는 거의 전무한 상태로 선수들의 도약과 공중회전 동작, 입수시의 기술수행에 실제적으로 도움이 될 수 있는 자료가 절실하게 필요한 상태이다.

선수가 공중동작 시 자신의 회전에 대한 제어를 통제할 수 없는 상황에서, 회전에 관한 가장 중요한 요소는 보드에서의 도약(take-off) 순간에 결정된다.

국내 선수들이 고난이도 동작을 보다 완벽하고 부상 없이 안전하게 다이빙을 하기 위해 운동학적 기초자료를 제시하고, 분석내용을 토대로 운동수행 능력을 개선시켜 다이빙 지도자나 선수에게 도움을 주는데 이 연구의 필요성이 있다.

2. 연구의 목적

본 연구는 국가대표 후보 선수 경력이 있는 제주도 대표 다이빙선수를 대상으로 플랫폼 다이빙에서 스탠딩(Standing)종목인 앞으로 서서 뒤로 뛰기 303(B)종목의 도약동작에 대한 운동학적 분석을 통해 Reverse 종목이 국내다이빙 지도자와 엘리트 선수들의 운동학적 자료를 제시하고 경기력을 향상시키는데 본 연구의 목적이 있다.

3. 연구 문제

1) 운동학적 변인

(1) 시간 변인

- 303(B)의 도약동작 수행 시 국면별 소요시간 변인 분석

(2) 선운동 변인

- 303(B)의 도약동작 수행 시 국면별 신체중심 변위
- 303(B)의 도약동작 수행 시 국면별 신체중심 속도
- 303(B)의 도약동작 수행 시 각분절의 속도 변화

(3) 각운동 변인

- 303(B) 도약동작 수행 시 국면별 상지분절(팔꿈치, 어깨)의 각 변위
- 303(B) 도약동작 수행 시 국면별 하지분절(고관절, 무릎)의 각 변위

4. 연구의 제한점

- (1) 본 연구는 실험 상황에서 수행될 것이다.
- (2) 실험 시 발생할 수 있는 심리적 요인 등의 조건들은 고려하지 않는다.
- (3) 공중 국면에서 공기저항의 영향력은 고려하지 않는다.

5. 용어의 정의

- (1) 파이크 자세(pike position) : 공중국면에서 동체와 대퇴가 이루는 힙의 경각으로 무릎이 펴진 상태
- (2) 앞으로 서서 뒤로 뛰기(reverse) : 다이빙의 6개의 종목 군 중에서 제 3군으로 앞으로 서서 뒤로 뛰는 동작
- (3) 303(B): 앞으로 서서 뒤로 1½회전을 파이크 동작으로 뛰는 동작
- (4) 0.5회전 : 플랫폼 보드를 기준으로 해서 대퇴가 90°를 이루는 시점
- (5) 1회전 : 0.5회전에서의 대퇴를 기준으로 해서 대퇴가 180°를 이루는 시점
- (6) 도약(take-off) : 보드에서 발끝이 떨어지는 순간의 동작
- (7) 오픈(open) : 공중회전 후 입수를 하기위해 몸을 펴면서 하지에서 팔이 떨어진 동작

II. 이론적 배경

1. 다이빙

정해진 높이에서 물의 파장을 일으키지 않고 수면과 수직선 상태로 입수하는가를 겨루는 경기 다이빙은 1m, 3m높이에서 스프링보드의 탄력성을 이용하여 연기하는 스프링보드 다이빙과 10m에서 행해지는 플랫폼 다이빙, 두 선수가 동시에 다이빙하는 싱크로나이즈드 다이빙 세 종류의 다이빙이 있으며, 공중 자세에 따라 곧게 펴기형(Straight), 굽히기형(Pike), 꺾이기형(Tuck), 자유형(Free)으로 구분된다.

1) 경기 종목

(1) 스프링보드 다이빙 (Springboard Diving)

1m, 3m높이의 스프링보드에서 보드의 탄력성을 이용하여 연기하는 종목으로 우아하고 유연한 동작을 연출할 수 있는 특징을 갖고 있다.

5가지 군의 종목을 실시하게 되는데 1군 앞으로 서서 앞으로 뛰기(Forward), 2군 뒤로 서서 뒤로 뛰기(Back), 3군 앞으로 서서 뒤로 뛰기(Reverse), 4군 뒤로 서서 앞으로 뛰기(Inward), 5군 비틀기(Twist)가 있다.

(2) 플랫폼 다이빙 (Platform Diving)

수면에서부터 5m, 7.5m, 10m의 높이에 있는 고정된 다이빙대 위에서 보드의 반작용 없이 자신 스스로의 능력으로 짧은 순간에 동작을 수행하여야 한다.

플랫폼 높이의 중압감과 공포심으로 자신과의 싸움이 필요로 하는 종목이라 할 수 있다. 6가지의 군의 종목을 실시하게 되는데 1군 앞으로 서서 앞으로 뛰기

(Forward), 2군 뒤로 서서 뒤로 뛰기(Back), 3군 앞으로 서서 뒤로 뛰기(Reverse), 4군 뒤로 서서 앞으로 뛰기(Inward), 5군 비틀기(Twist), 6군 물구나무서서 뛰기(Armstand)가 있다.

(3) 싱크로나이즈드 다이빙(synchronized diving)

2000년 제27회 시드니 올림픽경기대회에서 처음 채택되어진 싱크로나이즈드 다이빙은 동성인 2명의 선수가 한 팀을 이루어 동시에 다이빙 하는 경기로서 두 선수 각각의 다이빙 기술 수행능력과 팀으로서 호흡이 잘 맞는가의 일치성을 평가하게 된다.

2개의 규정종목을 포함하여 남자는 4개의 자유종목, 여자는 3개의 자유종목을 실시하게 되며 반드시 4가지군 이상의 동작을 수행하여야 한다.

3m스프링보드와 10m플랫폼에서 실시되고 있다.

2) 동작 형태

다이빙 경기에서 도약 후 입수하기 까지 공중에서 취하는 자세에는 4가지의 형태가 있다.

(1) 곧게 펴기형(Straight position)



(허리나 무릎을 구부리지 않고 몸을 손끝에서 발끝까지 완전히 펴는 형태로 A형이라고 한다.)

<그림 1>

(2) 굽히기형(Pike position)



(무릎과 발끝은 완전히 펴고 몸통을 무릎과 붙여서 신체를 반으로 접은 형태로 B형이라고 한다.)

<그림 2>

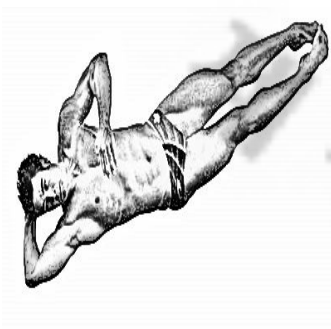
(3) 꺾이기형(Tuck position)



(발끝은 완전히 펴져 허리와 무릎을 구부려 손으로 무릎 아래 부위를 끌어 얹어 가슴에 붙이는 형태로 C형이라고 한다.)

<그림 3>

(4) 자유형(Free position)



(가장 복잡한 종목으로 공중회전을 수반하는 비틀기 동작으로 A형, B형, C형을 마음대로 취하는 형태로 D형이라고 한다.)

<그림 4>

2. 운동역학 관련 선행연구

최근에 다이빙 경기는 고난이도 동작을 필요로 하며 이러한 고난이도의 동작을 연기하기 위해서는 다이빙 종목에 따라 공중돌기(somersault)나 비틀기(twist)를 실행하는데 충분한 회전 운동량을 얻어야 하고, 회전에 필요한 시간과 높이를 확보해야 하므로 플랫폼 다이빙에서 반작용력 없이 자신 스스로의 능력으로 동작을 수행하기 위해서는 도약이 중요하다고 할 수 있겠다.

도약은 인간의 발달과정 중 걷기, 달리기와 더불어 수행되는 기본 동작중의 하나이다.

여러 가지 발구름과 도약이 중요한 경기들을 살펴보면 육상종목에서 제자리멀리뛰기, 수직 뛰기, 멀리뛰기, 장대높이뛰기 등 각각의 운동종목에서 구체화된 도약 동작들이 여러 종류가 있고, 다이빙과 비슷한 상황인 도약이 중요한 종목으로 보여지는 스키점프 등을 살펴볼 수 있다.

스키점프에서의 도약은 여러 요인이 복합적으로 관련된 것이라 하며, 그 중에서도 도약 시 신체중심이 경기력에 영향을 준다고 한다(최규정, 권영후, 1998).

육상 높이뛰기에서는 경기력에 가장 핵심이 되는 단계인 발구름 동작에서는 이륙 시 신체중심의 높이와 수직 상방 속도를 가능한 크게 하는 것, 적절한 발구름 거리를 선택하고 수평속도를 적절히 조절하는 것, 공중에서 신체를 회전시키기 위한 적절한 각운동량을 만드는 것의 세 가지로 분류하였고 도움닫기는 이러한 발구름 동작의 조건을 충족시킬 수 있는 것이어야 한다하였다(성낙준, 1991).

Himill, Colden, Williams, Richard(1985)는 플랫폼 다이빙 도약 시 운동학적 요인을 연구하여 도약 시 지면에 최대한의 반작용 힘을 가하게 되지만 이때의 힘은 종목의 난이도와는 관계없이 거의 일정한 것을 밝혔고 운동학적 요인에 대한 분석에는 도약 시 상체각을 변화시킴으로써 각속도가 증가되었음을 보고하였다.

이성철, 진영완, 문공성(1997)은 도약 시 모든 신체분절을 효율적으로 통합하여 신체를 띄우는 능력과 도약속도는 도약의 거리나 높이를 결정하는 중요한 요소이며, 힘-시간 곡선에서 신체가 지면에 작용하는 힘에 대한 반작용력으로서의 지면반력의 크기와 역적의 크기는 효율적으로 도약 동작 수행의 지표가 된다고 하였다.

또한 도약 시 팔의 스윙보다 무릎반동이 도약높이에 영향을 미치고, 팔의 스윙은

도약의 높이를 향상시키기보다는 각 신체분절에 운동량을 효율적으로 전이시키기 위하여 수행되며, 각 운동 상황에 따라 알맞게 적당한 위치에 놓는 것이 더 중요하다고 보고하고 있다.

Sanders와 Wilson(1988)의 연구보고에 의하면 다이버가 지면으로부터 이탈하여 공중으로 충분히 도약하기 위해서는 선수 개인 특성에 따른 지면에서 힙, 무릎굴곡을 적절히 굴곡 할 때 발생할 수 있으며, 또한 발이 중심을 공중으로 충분히 상승시킬 수 있는 시간적 여유를 제공한다고 보고하였다.

강신과 정철정(1998)은 비틀기가 없는 플랫폼 다이빙에서 Forward $\frac{1}{2}$ 회전, $1\frac{1}{2}$ 회전 시 회전의 증가에 따라 중심을 통과한 횡축선상에서 총 각운동량을 산출하여 인체 분절이 미치는 기여도를 조사하고 각운동량에 대한 분석을 통해 도약준비 단계에서 힙, 무릎 굴곡이 도약 이후 공중동작에 큰 영향을 미치는 것을 보고하였다. 또한 준비단계에서 도약에 이은 정점에 이르기 까지 회전의 증가에 따른 각속도는 증가하였고 시합상황에서 각속도가 증가 할수록 좋은 점수를 획득할 수 있는 것으로 보고하고 있다.

Betterman(1968), Fairbank(1963)에 의하면 스프링보드다이빙은 회전과 밀접한 관계가 있으며 도약 시 신체기울기는 다이빙의 회전수를 결정한다고 보고한바 있으며, McCormick등(1982), Miller(1985), Wilson(1988)은 3m 스프링보드에서 이륙 후 수직 높이 기여하는 요인을 밝힘으로써 공중 곡면에서 더 많은 회전을 할 수 있는 방안을 제시하였고, 스프링보드다이빙에서 높이는 몸통을 위로 가속화시킴으로써 하체의 행위를 보다 수월하게 향상시킬 수 있음을 보고하였다.

오만원과 이병근(1995)은 다이빙 전방파이크 심머선텍 동작에 대한 분석에서 보드에서 발구르기 및 이륙하는 자세, 속도 등이 중요한 요인이라고 주장하였으며 역학적 분석을 통해 공중동작의 성패에 미치는 영향으로 공중에서 신체의 관성모멘트를 조절함으로써 원하는 회전수에 따른 각속도를 조절할 수 있다고 보고하였다.

발구름과 도약이 중요한 경기들의 선행연구에서도 알 수 있듯이 도약 시 여러 요인이 복합적으로 작용하며 인체중심이나 기울기 등이 경기의 승패를 결정짓는 중요한 요인인 것을 알 수 있다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구대상자로 국가대표 후보 선수 경력이 있는 제주도 대표 다이빙선수 2인을 연구대상으로 선정하였으며, 이 선수들의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 특성

Subject	나이(yrs)	신장(cm)	체중(kg)	경력(yrs)
A	18	173cm	62kg	8
B	18	175cm	65kg	8

2. 실험도구

본 연구에 필요한 실험도구는 <표 2>에서와 같이 영상촬영장비와 영상 분석 장비로 구성하였다.

표2. 실험도구

장비	모델명	제조회사	비고
디지털캠코더(Mini DV)	HDR-HC7/HDV 1080i	SONY	4대
디지털캠코더 삼각대	055XDB	MANFROTT	4개
통계점틀	2m X 2m X 1m	VISOL	-
LED모듈	MP-20B	MATIN	3개
조명등	-	VISOL	4개
컴퓨터	VGN-CS26L	SONY	1대
VCR	SR-VS30	JVC	1대
Kwon3D	Motion Analysis Package ver3.016	VISOL	-

1) 영상 촬영 장비

본 연구에서 3차원 영상촬영을 위해서 SONY사의 HDR-HC7의 디지털캠코더와 조명등을 삼각대에 부착시켜 약 2M 높이로 고정하였고, 디지털캠코더의 장면설정에서 배경을 부드럽게 만들면서 사람이나 꽃과 같은 피사체를 강조하기 위하여 인물(부드러운 초상화)모드로 설정하였고, 노출시간은 피사체가 밝고 어두움에 따라 조절할 수 있도록 수동으로 설정하여 실험환경에 가장 적합하게 조절하였으며, 셔터속도는 수동으로 설정하여 60frame/sec로 촬영하였다.

2) 영상 분석 장비

본 연구에서의 영상 분석 장비는 (주)비솔의 Kwon3D Motion Analysis Package ver 3.016 프로그램이 장착된 PC를 이용하여 운동분석에서 선별된 신체부위(분석대상점)의 실제위치를 계측하는 방법 중 하나인 경험적(empirical)방식 중 대표적인 DLT(Direct Linear Transformation)방식을 이용하여 피사점의 실좌표와 상점의 상평면좌표 사이에 존재하는 변환식과 실좌표를 이미 아는 통제점들을 이용하여 변환식의 계수를 계산하여 다이빙의 운동학적 변인에 대한 자료를 산출하였다.

3. 실험 절차

본 실험은 제주 실내 수영장의 5m 플랫폼에서 실시하였다.

다이빙 Reverse 파이크동작을 촬영하는데 있어 3차원 공간좌표를 설정하기 위하여 통제점이 표시된 직사각형 통제점틀(2m×2m×1m)을 <그림 5>와 같이 설치였다.

디지털캠코더 및 조명등은 통제점틀 및 플랫폼에서 Reverse 동작 수행을 완전히 포착 할 수 있는 범위에서 정면, 좌·우 대각선 방향으로 조명등이 카메라와 동일선상에 비추지 않도록 삼각대로 고정시켜 설치하였으며, 디지털캠코더의 속도는 60frame/sec로 하고, 노출시간(exposure time) 1/500초로 설정한 후 통제점틀을 약 1분간 촬영한 다음 통제점틀을 제거하였다. 또한 영상 분석 시 활용할 자료를 얻기 위해 테이핑(taping)을 부착한 실험대상자에게 해부학적 자세를 취하게 한 뒤 약 10

초 동안 촬영을 하고 실험 장면을 촬영하였다.

본 실험에 앞서 피험자는 미리 설정된 인체 관절점에 테이핑을 부착한 후 실험상황을 의식하지 않도록 사전에 충분한 연습을 실시하게 하였고 피험자에게 실험방법에 대해 설명하고 촬영은 도약에서 오픈동작까지를 촬영하기 때문에 입수보다는 공중동작에 유의해줄 것을 당부하였다.

본 실험에서 303(B) 종목을 총 5회 실시하게 한 후 다이빙심판 자격증을 가지고 있는 지도자 3명의 평가에 의해 가장 높은 점수를 획득한 동작을 선정하여 분석하였다. 운동하는 방향을 Y축 방향으로, 지면에 대하여 수직 방향을 Z축 방향으로, Z축에서 Y축으로의 좌·우 방향을 X축으로 설정하였다



<그림 5. 실험장면>

4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료 분석 절차

1) 인체 관절점의 좌표화

본 연구에서 신체 분절의 무게중심 위치에 대한 인체 분절자료는 Plagenhoef, Evans & Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였으며, 디지털화 포인트는 인체관절점 R. Toe(오른쪽 발 끝)부터 Nose(코)까지의 총 31개의 포인트를 디지털화 하였다. 인체관절점과 디지털화 순서는 다음과 같다.

표 3. 인체관절점과 디지털화 순서

순서	인체관절점	순서	인체관절점
1	R. Toe	17	L. medial Epicondyle
2	R. Heel	18	L. Thigh
3	R. lateral Malleolus	19	L. Asis
4	R. medial Malleolus	20	R. lateral Wrist
5	R. Shank	21	R. medial Wrist
6	R. lateral Epicondyle	22	R. lateral Elbow
7	R. medial Epicondyle	23	R. medial Elbow
8	R. Thigh	24	R. Shoulder
9	R. Asis	25	L. lateral Wrist
10	Sacrum	26	L. medial Wrist
11	L. Toe	27	L. lateral Elbow
12	L. Heel	28	L. medial Elbow
13	L. lateral Malleolus	29	L. Shoulder
14	L. medial Malleolus	30	Chin
15	L. Shank	31	Nose
16	L. lateral Epicondyle		

2) 3차원 좌표의 계산

본 연구의 자료처리 방법은 Kwon3D 3.1(Kwon, 2002)프로그램을 사용하였다.

자료처리과정은 36개의 통제점을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 3차원 좌표 값이 산출되며, 축에 대한 정의는 진행방향을 Y축, 진행방향에 대한 좌우방향을 X축, 상 · 하(수직)방향을 Z축으로 정의하였다. 3차원 자료는 Abdel-Ariz 와

Karara(1971)의 DLT방법을 이용하였으며, DLT방법을 이용하여 3차원 좌표값을 계산할 때 디지털이징 오차와 기계적인 오차에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해 Butterworth 저역필터(Low pass filter)를 사용하여 원자료를 필터링 하였고, 이 때 차단주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz로 설정하여 사용하였다.

3) 변인산출

(1) 시간변인

본 연구에서의 국면별 시간변인은 각각의 프레임 간의 시간 간격이 0.017초이므로 각 국면별 이벤트 시작점(D_1)부터 이벤트 마지막지점(D_2)까지의 프레임수를 계산하여 각 프레임수에 0.017초를 곱하여 구한다.

$$\text{국면별 소요시간} = (D_1 - D_2) \times 0.017\text{초}$$

(2) 선운동 변인

본 연구에서의 분석한 선운동 변인은 신체중심 위치, 속도이다. 우선 전신의 신체 중심 위치는 전역좌표계에 대한 각 분절의 중심 위치를 통해 얻어진다. 전역좌표계에 대한 각 분절을 구성하는 좌표점의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대하여 분절 i 의 중심 좌표 cg_i 는

$$cg_i = p_i + (D_i - p_i) \cdot p_i / 100$$

(p_i 는 i 번째 분절의 근위단 좌표, D_i 는 i 번째 분절의 원위단 좌표, p_1 은 분절 길이의 백분율로 표시된 근위단으로부터 중심까지의 거리)로 구할 수 있으며 전역 좌표계에 대한 각 분절 중심의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대한 무게 중심 위치

$$CG = \sum_{i=1}^n (cg_i \cdot m_i) / M$$

(cg_i 는 i 번째 분절의 무게중심위치, m_i 는 전체 질량의 백분율로 표시된 i 번째 분절의 질량, M 은 인체 측정학 자료의 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체 질량)으로

구할 수 있다.

위의 방법에 의해 산출된 신체중심의 위치에 대하여 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용해 시간에 대해 변위 함수 $S(t)$ 를 산출한다. 이러한 변위 함수를 일차 미분하여 시간에 대한 위치의 변화율을 나타내는 속도 함수 $S'(t)$ 를 구하고자 이차 미분하여 가속도 함수 $S''(t)$ 를 얻음으로써 신체 중심 속도와 가속도를 산출한다.

$$S(t) = C_3 t^3 + C_2 t^2 + C_1 t + C_0$$

$$S'(t) = 3C_3 t^2 + 2C_2 t + C_1$$

$$S''(t) = 6C_3 t + 2C_2$$

(S는 변위, t는 시간, C_3, C_2, C_1, C_0 는 스플라인 계수)

(3) 각운동 변인

본 연구에서 각도는 팔꿈치 각도, 어깨 각도, 고관절 각도, 무릎 각도를 산출할 것이며, 관절각의 정의는 다음과 같다.

표 4. 관절각의 정의

구분	정의
1. 팔꿈치 각도	상완과 전완이 이루는 각도
2. 어깨 각도	몸통과 상완이 이루는 각도
3. 고관절 각도	몸통과 대퇴가 이루는 각도
4. 무릎 각도	대퇴와 하퇴가 이루는 각도

각 관절각은 각도를 구성하는 두 벡터의 내적(dot product)을 이용하여 구한다. 즉 내적의 정의에 의해 두 벡터 $U(X_i, Y_i, Z_i)$ 와 $V(X_j, Y_j, Z_j)$ 가 이루는 각 θ 는

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \arccos\left(\frac{U \cdot V}{|U| \cdot |V|}\right) \\ &= \arccos\left(\frac{x_i x_j + y_i y_j + z_i z_j}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \cdot \sqrt{x_j^2 + y_j^2 + z_j^2}}\right) \end{aligned}$$

5. 이벤트 및 분석 국면

본 연구에서 분석구간을 플랫폼에서 도약 후 입수를 준비하는 오픈동작까지 4개의 구간과 3개의 국면으로 나누어 분석 하였다.

1) Event

Event I : 도약을 위해 신체중심이 낮아지며 무릎의 굴곡이 시작된 단계

Event II : 플랫폼에서 발끝이 떨어지는 구간으로 공중으로 도약한 단계

Event III : 신체 중심이 최고로 높이 올라가 파이크동작이 이루어지는 순간

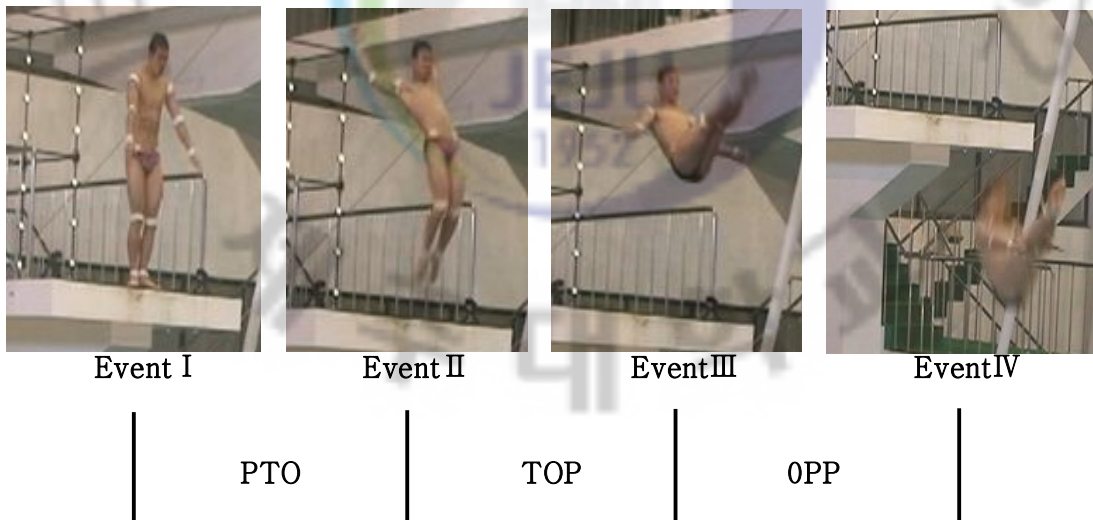
Event IV : 회전이 끝나고 입수를 준비하는 오픈동작

2) phase

phase I (PTO; Preparing Take Off, 준비기): Event I 에서 Event II까지의 구간

phase II (TOP; Take Off Phase, 도약기): Event II 에서 Event III까지의 구간

phase III (OPP; Open Phase, 공중기): Event III에서 Event IV까지의 구간



<그림 6. 주요 이벤트 및 국면>

IV. 연구결과

본 연구는 국가대표 후보 선수 경력이 있는 제주도 대표 다이빙선수 2명을 대상으로 플랫폼 다이빙 종목 303(B)의 도약동작을 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 요인을 분석한 것으로 신체중심 위치 변화, 신체중심 속도 변화, 상지·하지관절의 각운동 변인을 중심으로 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 303(B)의 도약동작 시 국면별 시간 변인

플랫폼 다이빙 종목 303(B) 도약동작에 따른 전체 소요시간 및 국면별 소요시간은 <표 5>와 <그림 7>과 같다.

표 5. 국면별 소요시간

(단위:sec)

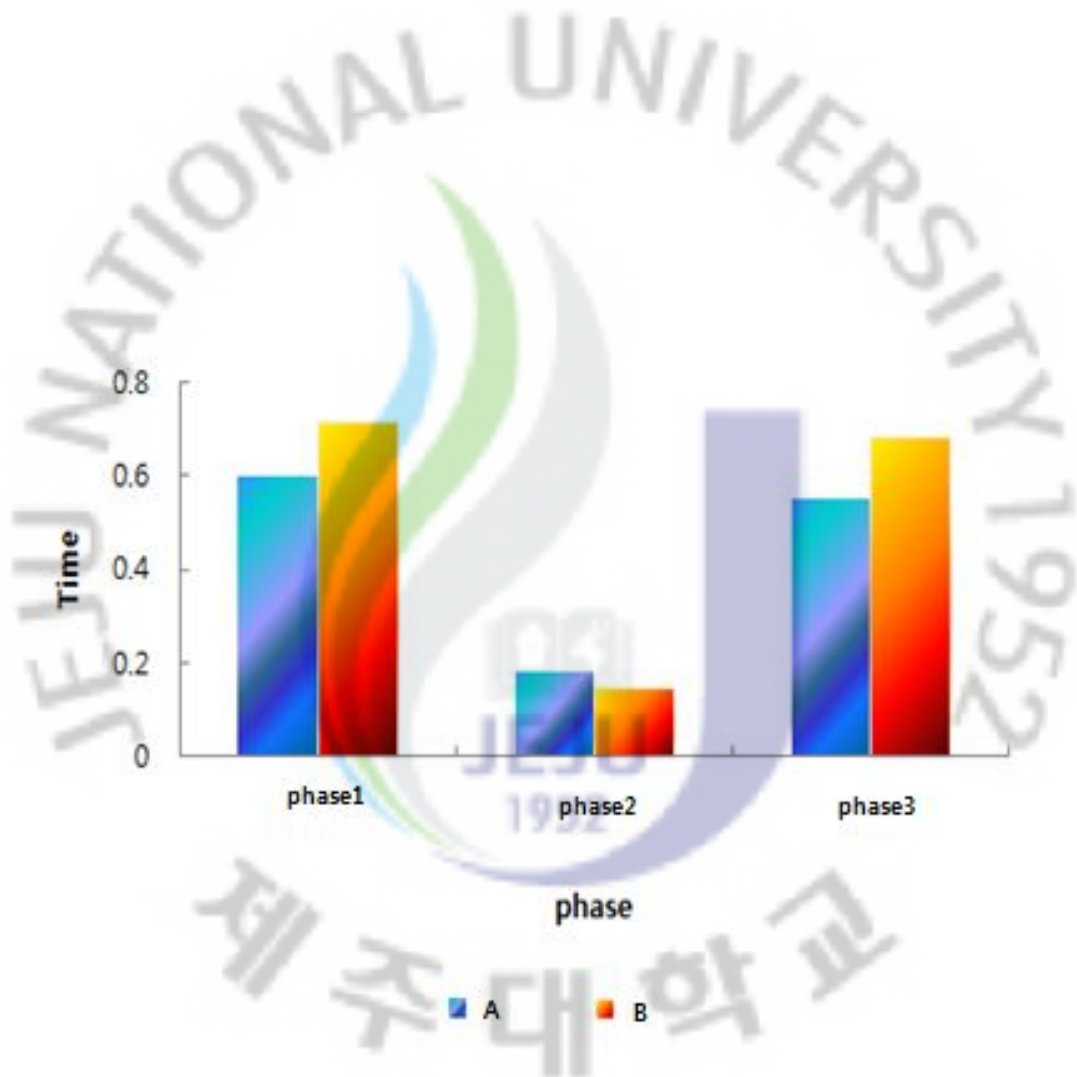
phase Subject	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Total time
A	0.6	0.184	0.55	1.334
B	0.716	0.15	0.684	1.55
M	0.658	0.167	0.617	1.442
SD	0.08	0.024	0.094	0.152

전체 소요시간은 도약 이전 무릎의 굴곡이 시작되는 시점부터 입수를 준비하는 동작까지의 소요시간으로 평균 소요시간은 1.442 ± 0.152 sec로 나타났으며 A는 1.334sec, B는 1.55sec로 B가 더 많은 소요시간을 나타냈다.

각 국면별 소요시간은 제 1국면(PTO)이 0.658 ± 0.08 sec, 제 2국면(TOP)이 0.167 ± 0.024 sec, 제 3국면(OPP)이 0.617 ± 0.094 sec를 나타냈다.

제 1국면은 도약을 얻기 위해 무릎의 굴곡이 시작되어 플랫폼에서 발끝이 떨어지는 도약구간으로 피험자 A가 0.6sec, B가 0.716sec로 B가 A보다 긴 소요시간을 나타냈다.

제 2국면과 제 3국면은 동작에 대한 관성을 유지하여 공중회전과 입수를 위해 오픈동작이 이루어지는 구간으로 소요시간을 살펴보면 제 2국면에서 피험자 A가 0.184sec, B가 0.15sec로 나타나 피험자 A가 다소 긴 소요시간을 나타냈고, 제 3국면에서는 피험자 A가 0.55sec, B가 0.684sec로 나타나 피험자 B가 긴 소요시간을 나타냈다.



<그림 7. 국면별 소요시간>

2. 303(B)의 도약동작 시 선운동 변인

선운동 변인은 인체중심의 높이 변화와 인체중심의 수평이동거리, 신체 중심 속도 변화와 각분절의 속도변화이며 각 이벤트별 높이와 거리 변화는 다음과 같다.

1) 신체중심 높이 변화

신체중심의 높이 변화는 수직방향의 Z축을 기준으로 하여 각 이벤트별로 나타내었으며 <표 6>와 <그림 8>과 같다.

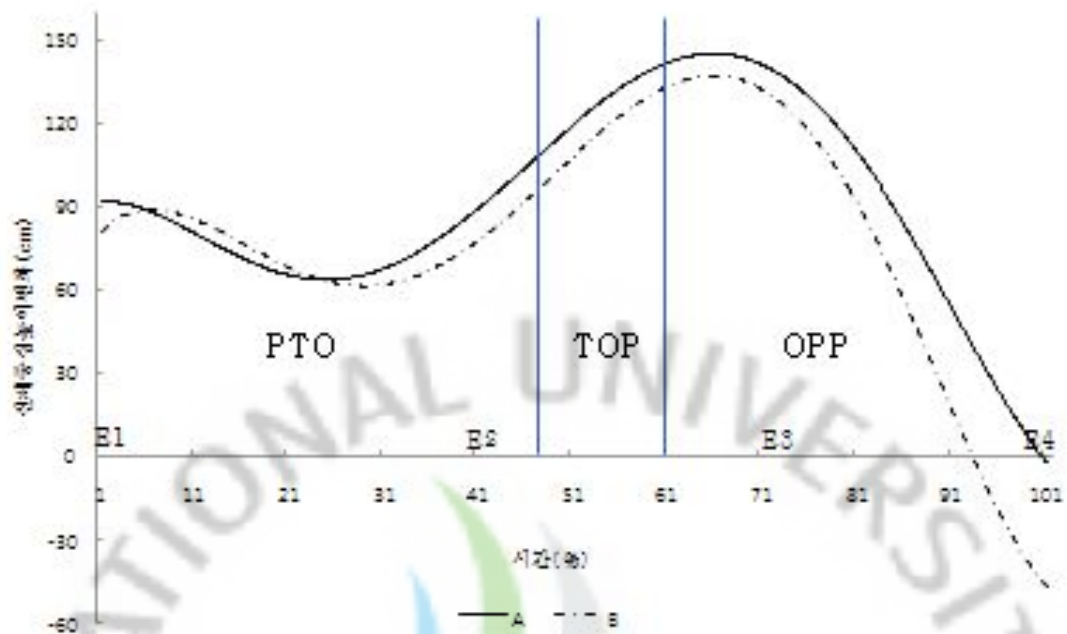
표 6. 신체중심 높이 변화 (단위:cm)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	91.67	107.44	140.04	-7.95
B	85.77	100.69	123.87	-56.53
M	88.72	104.07	131.96	-32.24
SD	4.17	4.77	11.43	34.35

신체중심의 높이 변화를 이벤트별로 살펴보면 도약을 위해 신체중심이 낮아지며 무릎의 굴곡이 시작된 단계인 이벤트1에서 신체중심 높이가 피험자A는 91.67cm, B는 85.77cm로 피험자 B가 신체중심 높이가 낮게 나타났다.

이벤트2구간은 플랫폼에서 발끝이 떨어지며 공중으로 도약하는 구간으로써 피험자 A가 107.44cm, B가 100.69cm로 나타났고, 신체중심이 최고로 높이 올라가 파이크동작이 이루어지는 구간인 이벤트3에서 피험자 A는 140.04cm, B는 123.87cm로 나타났으며 피험자 B는 A보다 낮은 신체중심 높이에 위치하는 것으로 나타났다.

입수를 위해 몸을 오픈하기 바로 전 순간인 이벤트4에서 신체중심의 높이는 피험자 A가 -7.95cm, B가 -56.53cm로 나타났으며, 높은 수직변위를 얻은 피험자 A가 보다 높은 위치에서 이미 오픈동작을 수행하고 있음을 알 수 있으며 피험자간의 신체 중심 높이에서 다소 많은 차이를 보였다.



<그림 8. 신체중심의 높이변화>

2) 신체중심 수평이동거리

신체중심의 수평 이동거리는 전후축인 Y축을 기준으로 플랫폼으로부터의 수평거리를 <표 7>로 나타낼 수 있으며 다음과 같다.

표 7. 신체중심 수평이동거리 (단위:cm)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	116.93	140.48	172.87	248.85
B	116.5	138.67	166.88	264.09
M	116.72	139.58	169.88	256.47
SD	0.3	1.28	4.24	10.78

303(B)의 도약동작 수행 시 두 피험자의 신체중심 수평이동거리는 평균 $256.47 \pm 10.78\text{cm}$ 로 나타났으며, 피험자 A가 이벤트1에서 이벤트4까지의 수평이동거리가 248.85cm 로 나타났고, B가 264.09cm 로 피험자 B가 플랫폼으로부터의 이동거리가 먼 것으로 나타났다.

도약의 시작인 이벤트1에서 피험자 A는 116.93cm 나타났고, B는 116.5cm 로 두 피험자간의 큰 차이는 나타나지 않았다.

공중으로 도약하여 신체중심이 최고로 높이 올라가 파이크동작이 이루어지는 구간인 이벤트2와 이벤트3에서 피험자 A가 각각 140.48cm , 172.87cm 를 나타냈고, B가 각각 138.67cm , 166.88cm 로 나타났으며, 공중동작 수행 시 수평이동거리는 피험자 A가 B보다 조금 멀게 나타났다.

입수를 준비하는 오픈동작 구간 이벤트4에서는 피험자 A가 248.85cm 로 나타났고, B가 264.09cm 로 나타났다.

전체적으로 두 피험자의 신체중심 전후 이동변위가 증가하는 것으로 나타났다.

3) 신체중심 속도변화

신체중심의 수평속도와 수직속도는 각 이벤트별로 <표 8>, <표 9>과 <그림 9>, <그림 10>을 통해서 나타냈다.

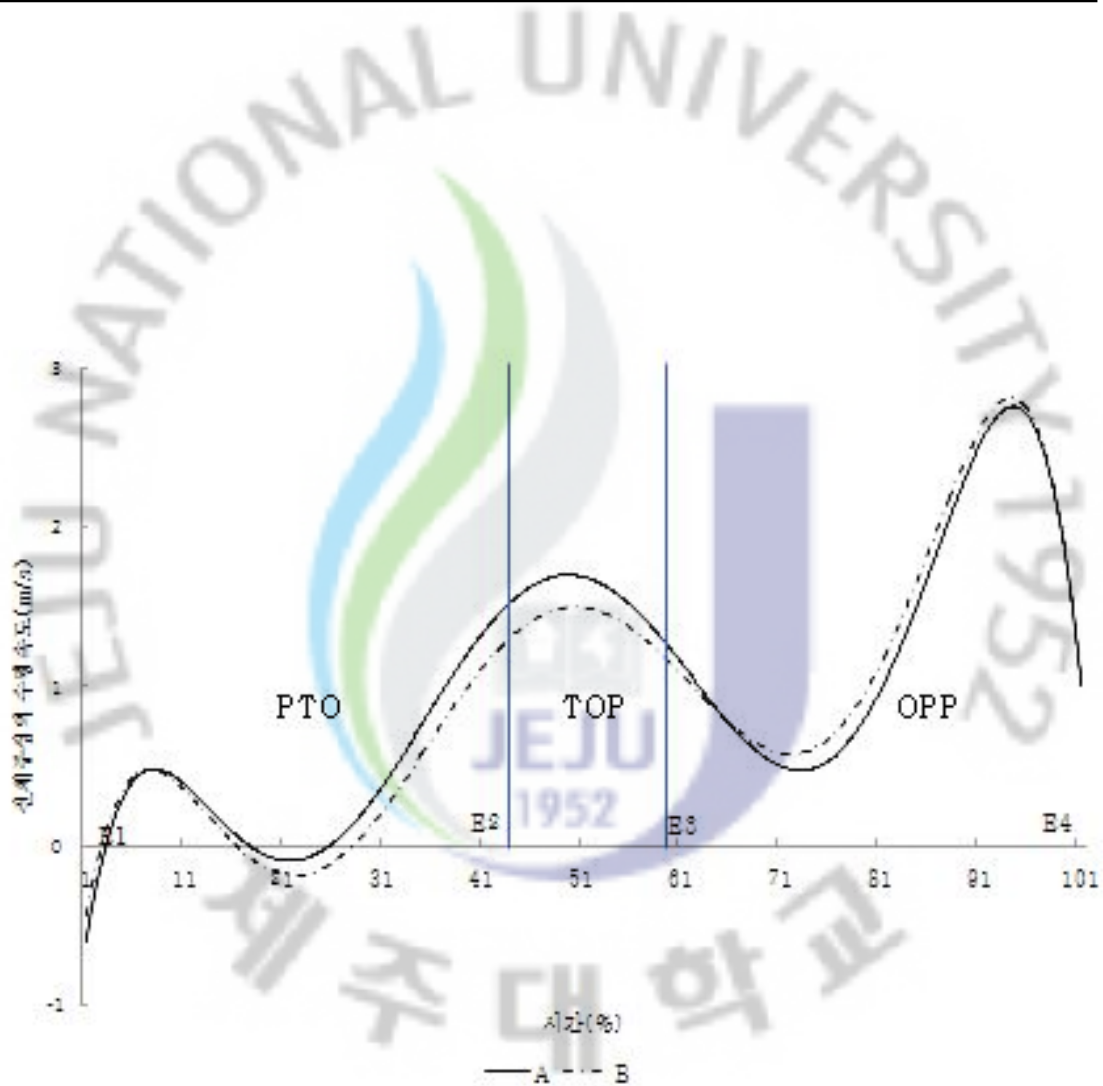
동작의 각 이벤트별 신체중심의 수평속도를 살펴보면 공중으로 도약하는 시점인 이벤트2에서 피험자 A가 1.45m/s , B가 1.15m/s 로 나타났고, 수직속도에서는 피험자 A가 2.03m/s , B가 1.94m/s 로 나타났으며 피험자 A가 B보다 수직속도가 빠르게 나타난 것을 볼 수 있다.

신체중심이 최고로 높이 올라가 파이크동작이 이루어지는 이벤트3에서 수평속도는 피험자 A가 1.49m/s , B가 2.11m/s 로 나타났고, 수직속도는 피험자 A가 0.96m/s , B가 1.34m/s 로 나타났으며, 입수를 준비하는 오픈동작 구간인 이벤트4에서 피험자 A의 수평속도는 1.48m/s , B가 1.42m/s 로 나타났고, 수직속도는 피험자 A가 -4.56m/s , B가 -4.94m/s 로 나타났다.

표 8. 신체중심 수평속도 변화

(단위:m/s)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	0.01	1.45	1.49	1.48
B	0.07	1.15	2.11	1.42
M	0.04	1.3	1.8	1.45
SD	0.04	0.21	0.43	0.04

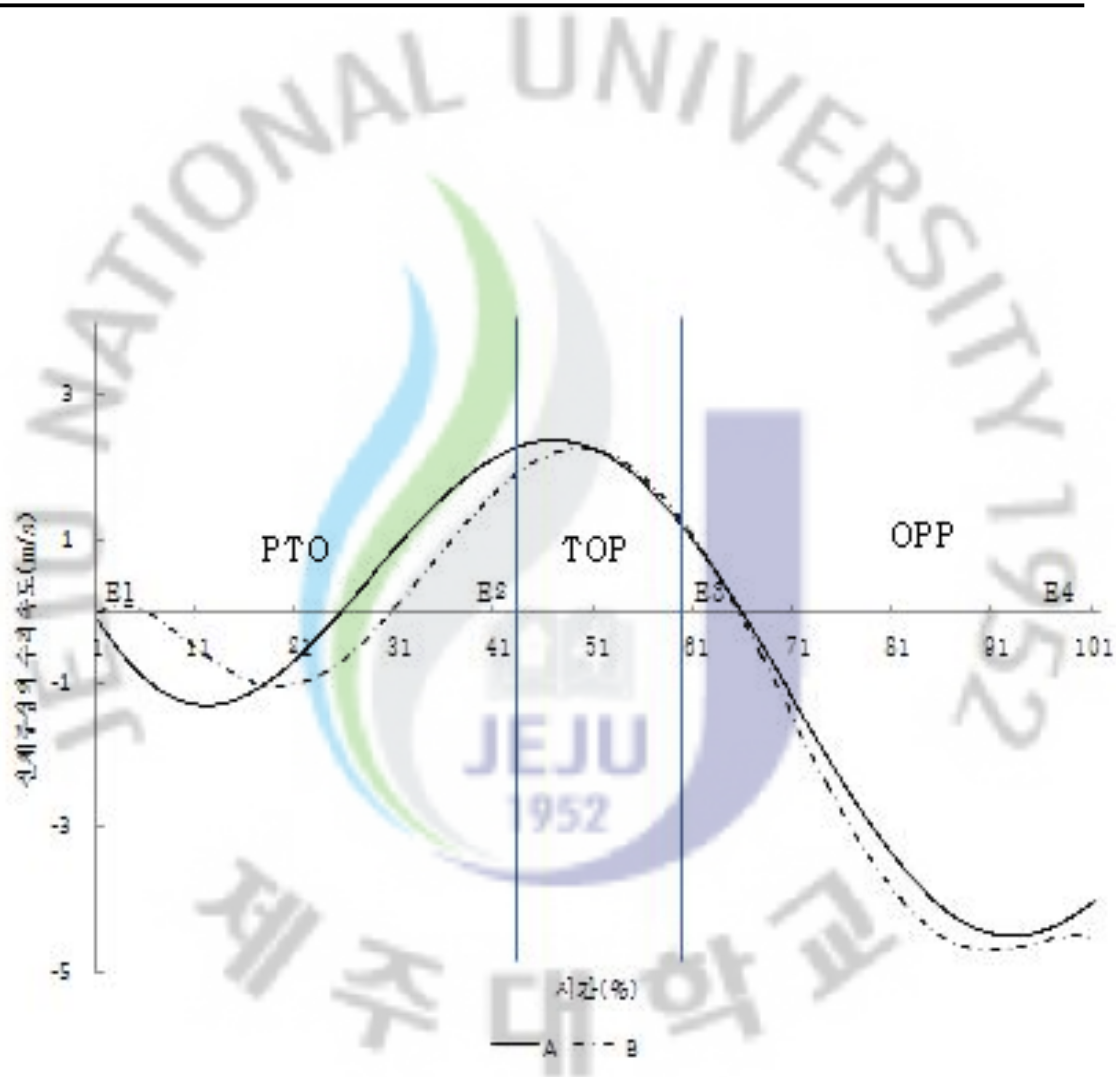


<그림 9. 신체중심 수평속도 변화>

표 9. 신체중심 수직속도 변화

(단위:m/s)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	-0.38	2.03	0.96	-4.56
B	0.05	1.94	1.34	-4.94
M	-0.17	1.99	1.15	-4.75
SD	0.3	0.06	0.27	0.27



<그림 10. 신체중심 수직속도 변화>

4) 각분절의 속도 변화

각분절의 속도 변화는 각 이벤트별로 상지분절(전완, 상완), 하지분절(대퇴, 하퇴)의 속도를 나타내었으며 <표 10>, <표 11>, <표 12>, <표 13>, <그림 11>, <그림 12>, <그림 13>, <그림 14>에 각각 제시하였다.

상지분절 속도를 각 이벤트별로 살펴보면 이벤트1구간에서 전완분절 속도는 피험자 A가 0.38m/s, B가 0.7m/s를 나타냈고, 상완분절 속도에서는 피험자 A가 0.41m/s, B가 0.42m/s로 나타났으며, 이벤트2구간에서 전완분절 속도는 피험자 A가 -3.14m/s, B가 -4.01m/s를 나타냈고, 상완분절 속도에서 피험자 A가 -1.56m/s, B가 -2.06m/s로 나타났으며 대체적으로 피험자 B가 A에 비해 빠른 속도를 보이고 있다.

회전이 이루어지는 이벤트3구간에서 전완분절 속도는 피험자 A가 4.22m/s, B가 3.06m/s를 나타냈고, 상완분절 속도는 피험자 A가 1.98m/s, B가 1.52m/s로 나타났으며, 입수를 준비하는 이벤트4에서 전완분절 속도는 피험자 A가 0.82m/s, B가 0.87m/s, 상완분절속도에서는 피험자 A가 -0.92m/s, -0.86m/s로 나타났다.

전체적으로 상지분절의 속도는 도약이 이루어지는 시점인 이벤트2에서 속도가 떨어지고 공중회전동작을 수행하는 이벤트3에서는 속도가 증가하다가 입수를 준비하는 이벤트4에서는 오픈동작을 하면서 속도가 감소하는 것을 알 수 있으며 두 피험자 모두 비슷한 변화를 보인다.

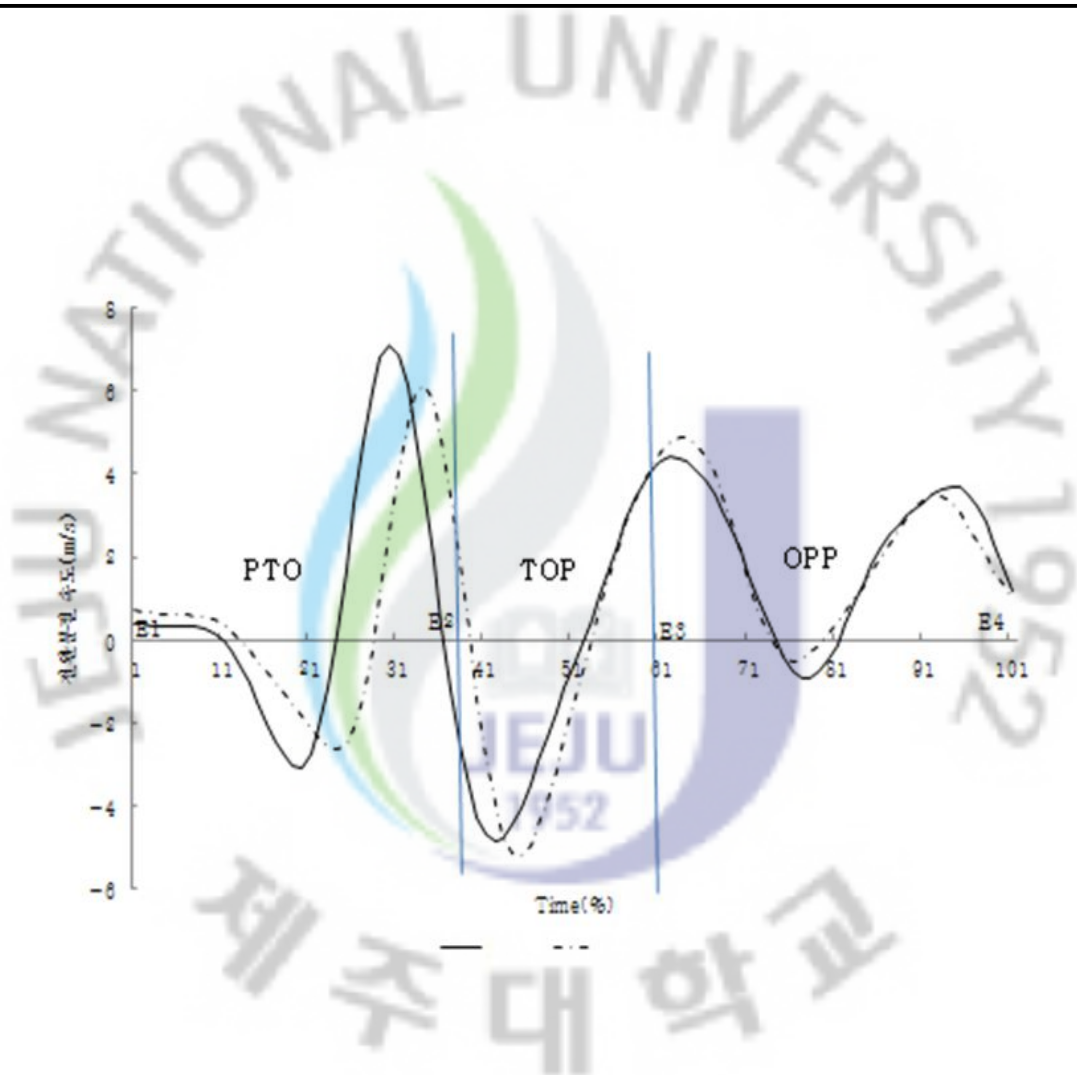
하지분절 속도를 각 이벤트별로 살펴보면 이벤트1구간에서 피험자 A의 대퇴분절 속도는 -0.38m/s, 하퇴분절 속도는 0.16m/s로 나타났고 피험자 B의 대퇴분절 속도는 -0.18m/s, 하퇴분절 속도는 0.14m/s로 나타났다.

이벤트2에서 피험자 A의 대퇴분절 속도는 3.02m/s, 하퇴분절 속도는 3.17m/s로 나타났고 피험자 B의 대퇴분절 속도는 2.83m/s, 하퇴분절 속도는 2.6m/s로 나타났으며 Event3에서는 피험자 A의 대퇴분절 속도가 0.71m/s, 하퇴분절 속도가 2.21m/s로 나타났고 피험자 B의 대퇴분절 속도는 0.98m/s,, 하퇴분절 속도는 4.22m/s로 나타났으며 피험자 A가 B에 비해 빠른 속도가 나타나는 것을 볼 수 있다.

표 10. 전완분절의 속도 변화

(단위:m/s)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	0.38	-3.14	4.22	0.82
B	0.7	-4.01	3.06	0.87
M	0.54	-3.58	3.64	0.85
SD	0.23	0.62	0.82	0.03

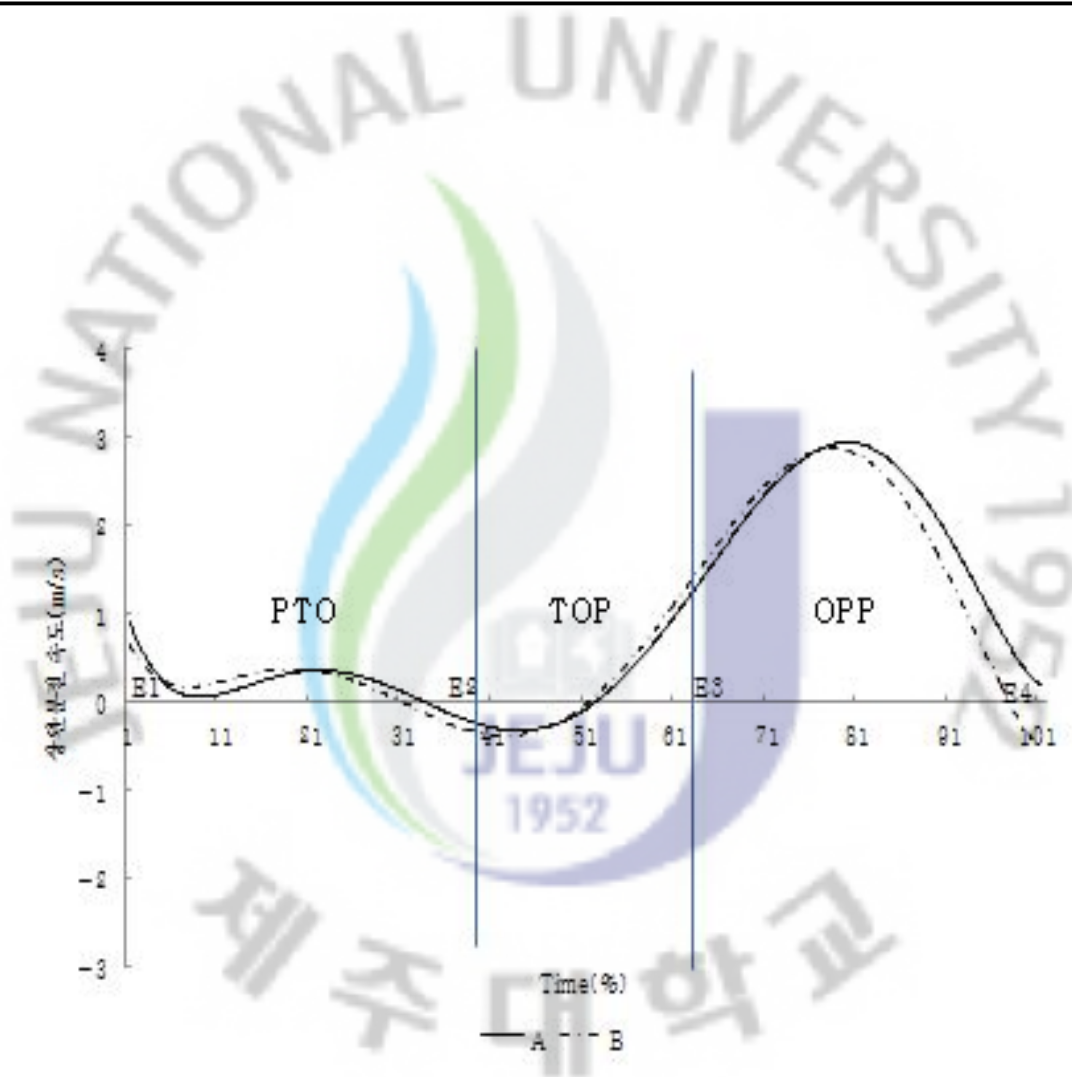


<그림 11. 전완분절 속도 변화 >

표 11. 상완분절의 속도 변화

(단위:m/s)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	0.41	-1.56	1.98	-0.92
B	0.42	-2.06	1.52	-0.86
M	0.415	-1.81	1.75	-0.89
SD	0.007	0.36	0.33	0.04

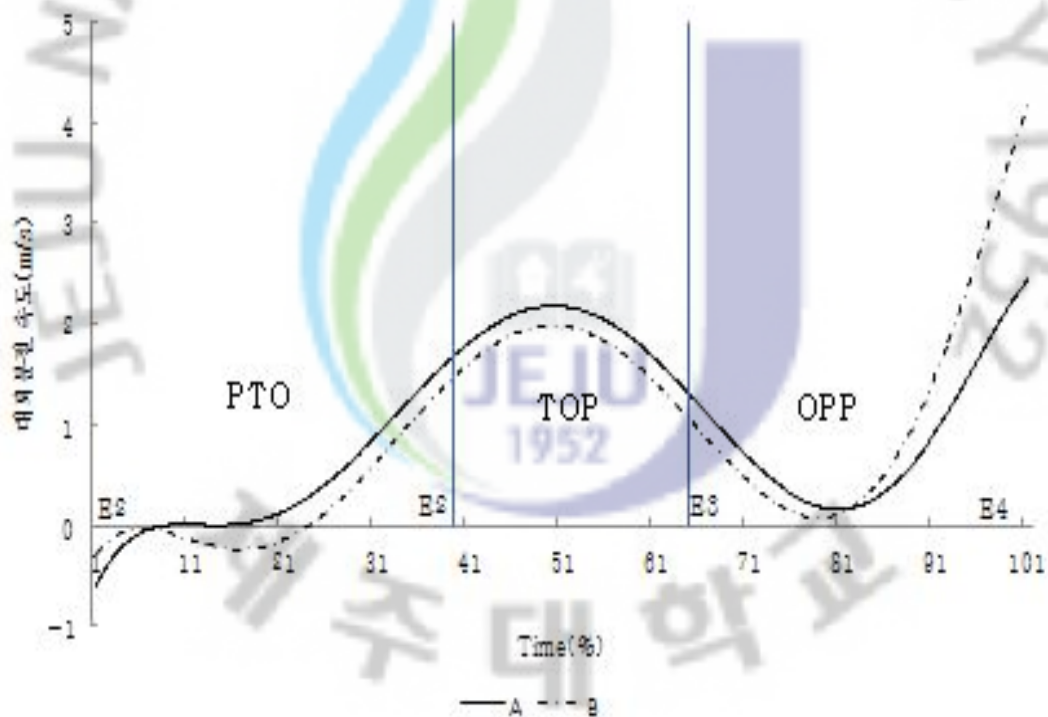


<그림 12. 상완분절 속도 변화 >

표 12. 대퇴분절의 속도 변화

(단위:m/s)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	-0.38	3.02	0.71	3.05
B	-0.18	2.83	0.98	3.35
M	-0.28	2.93	0.58	3.2
SD	0.14	0.13	0.57	0.21

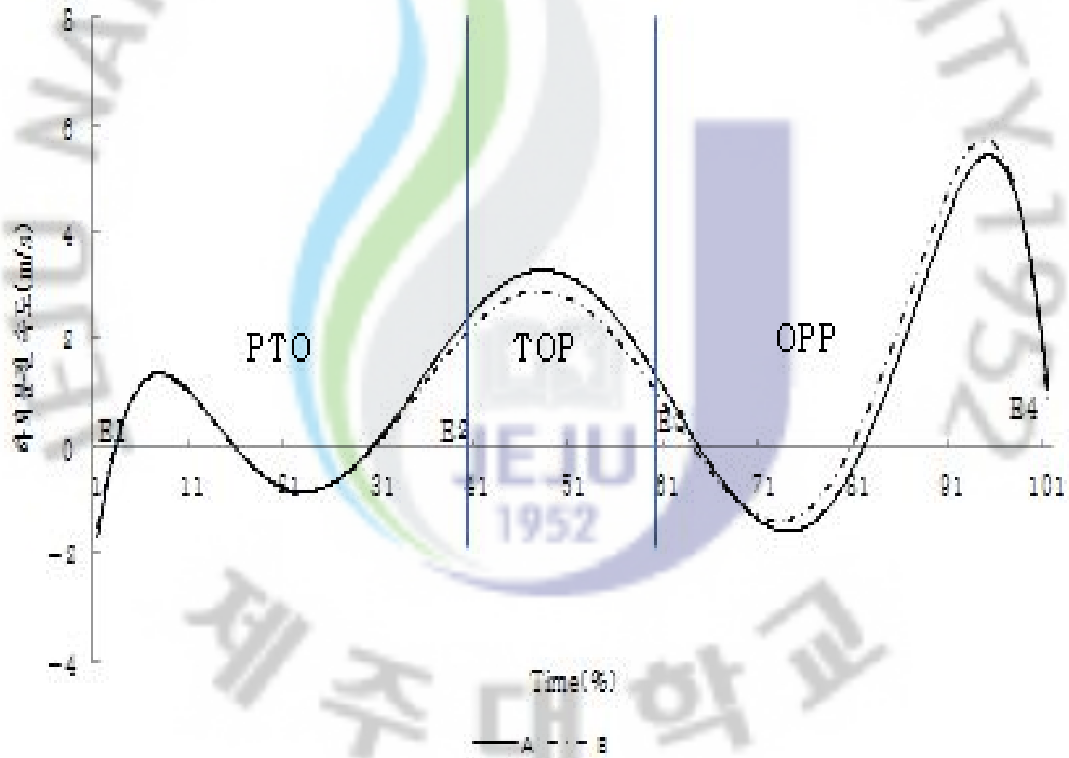


<그림 13. 대퇴분절 속도변화>

표 13. 하퇴분절의 속도 변화

(단위:m/s)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	0.16	3.17	2.21	3.3
B	0.14	2.6	4.22	2.63
M	0.15	2.89	3.22	2.97
SD	0.01	0.4	1.42	0.47



<그림 14. 하퇴분절 속도변화 >

3. 303(B)의 도약동작 시 각운동 변인

각운동 변인은 상지분절(팔꿈치, 어깨)과 하지분절(고관절, 무릎)의 각도를 산출하였으며 각 이벤트별 각변위는 다음과 같다.

1) 상지분절의 각변위

상지분절의 각변위는 팔꿈치와 어깨의 각도로 팔꿈치각은 상완과 전완이 이루는 각이며 어깨 각은 몸통과 상완이 이루는 각으로 정의하였고, 각 이벤트별 각변위에 대한 결과는 <표 14>, <표 15>, <그림 15>, <그림 16>과 같다.

피험자 A의 어깨분절 각도 변화를 살펴보면 이벤트1에서 어깨 각은 67.25deg, 이벤트2에서는 151.87deg, 이벤트3에서는 66.54deg, 이벤트4에서는 36.8deg로 나타났으며, 피험자 B의 어깨분절 각도변화를 보면 이벤트1에서의 어깨 각은 31.13deg, 이벤트2에서는 146.64deg, 이벤트3에서는 96.85deg, 이벤트4에서는 47.73deg로 나타났다.

도약을 시작하는 이벤트2에서 피험자 A의 어깨 각이 B의 어깨각보다 큰 것으로 나타났으며, 회전동작을 수행하는 이벤트3에서 피험자 A의 어깨 각이 B의 어깨 각보다 작게 나타났다.

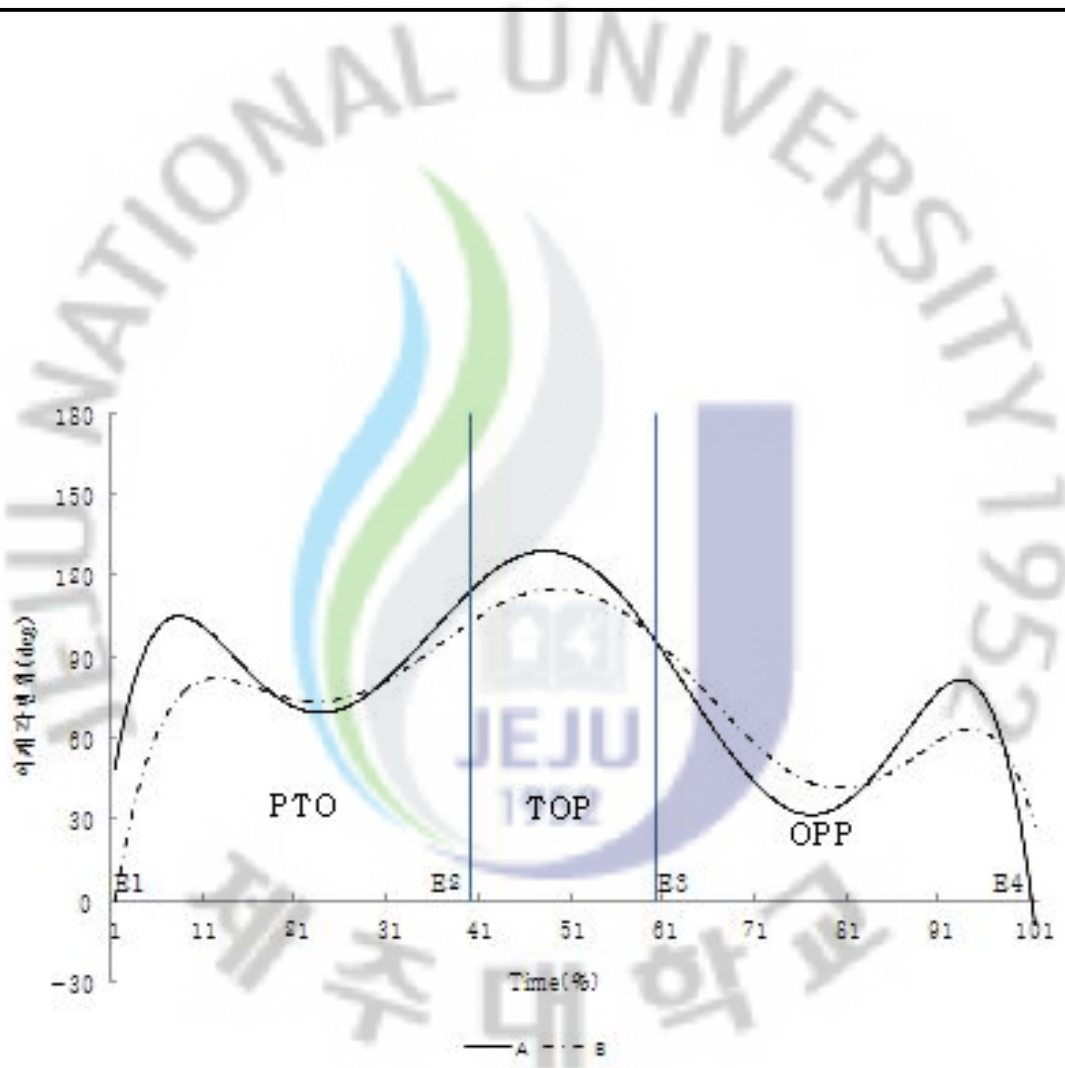
팔꿈치 분절의 각도 변화를 살펴보면 피험자 A의 팔꿈치 각이 이벤트1에서 173.1deg, 이벤트2에서 114.55deg, 이벤트3에서는 132.59deg, 이벤트4에서는 116.64deg로 나타났으며, 피험자 B의 팔꿈치 각은 이벤트1에서 176.98deg, 이벤트2에서 116deg, 이벤트3에서는 167.08deg, 이벤트4에서는 143.95deg로 나타났다.

회전동작이 이루어지는 이벤트3구간에서 피험자 A의 팔꿈치 각이 피험자 B의 팔꿈치 각보다 작게 나타났으며, 피험자 A의 어깨 각과 팔꿈치 각이 B의 상지분절 각변위보다 작게 나타났음을 알 수 있다.

표 14. 어깨분절의 각도 변화

(단위:deg)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	67.25	151.87	66.54	36.8
B	31.13	146.64	96.85	47.37
M	49.19	149.26	81.7	42.09
SD	25.54	3.7	21.43	7.47

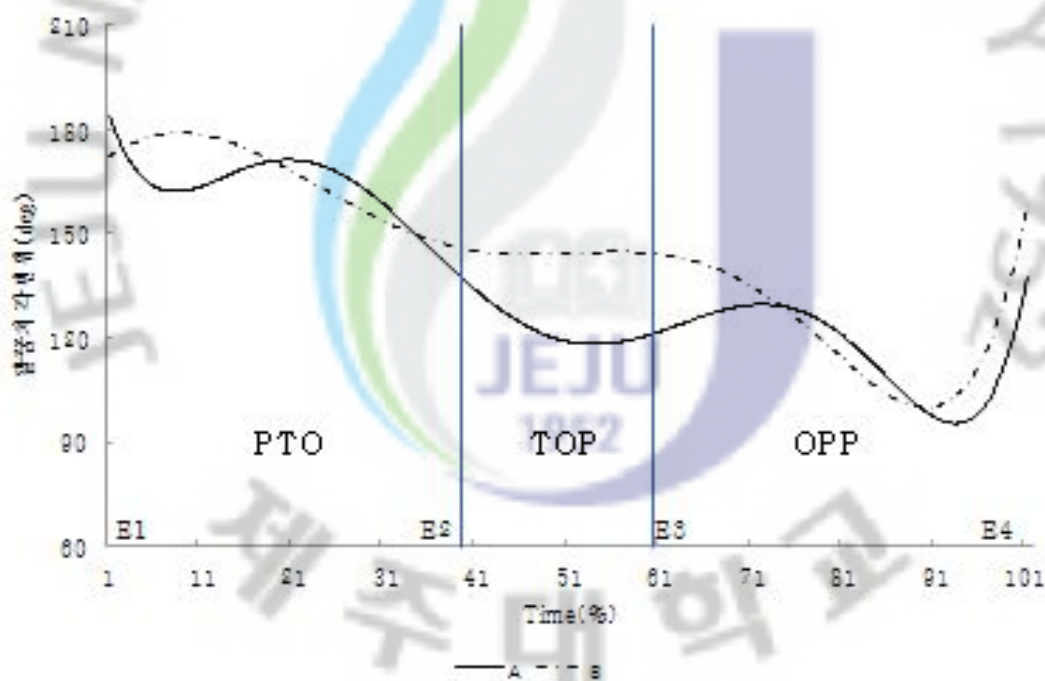


<그림 15. 어깨의 각도변화>

표 15. 팔꿈치분절의 각도 변화

(단위:deg)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	173.1	114.55	132.59	116.64
B	176.98	116	167.08	143.95
M	175.04	115.28	149.83	130.3
SD	2.74	1.03	24.39	19.31



<그림 16. 팔꿈치의 각도변화>

2) 하지분절의 각변위

하지분절의 각변위는 고관절과 무릎의 각도로 고관절 각은 몸통과 대퇴의 상대각이며, 무릎 각은 대퇴와 하퇴의 상대각으로 정의하였고 각 이벤트별 각변위에 대한 결과는 <표 16>, <표 17>, <그림 17>, <그림 18>와 같다.

피험자 A의 고관절 각도 변화를 살펴보면, 이벤트1에서는 147.85deg, 이벤트2에서는 162.79deg, 이벤트3에서는 128.91deg, 이벤트4에서는 82.62deg로 나타났고, 피험자 B의 고관절 각은 이벤트1에서 159.2deg, 이벤트2에서 154.33deg, 이벤트3에서는 156.61deg, 이벤트4에서는 76.95deg를 나타냈다.

피험자 A의 경우 이벤트1에서 피험자 B보다 고관절 각이 작게 나타났고 이벤트2에서는 가장 큰 각도가 나타난 것을 알 수 있으며, 입수를 준비하는 시점인 이벤트4에서는 피험자 B가 A에 비해 고관절 각이 작게 나타났음을 알 수 있다.

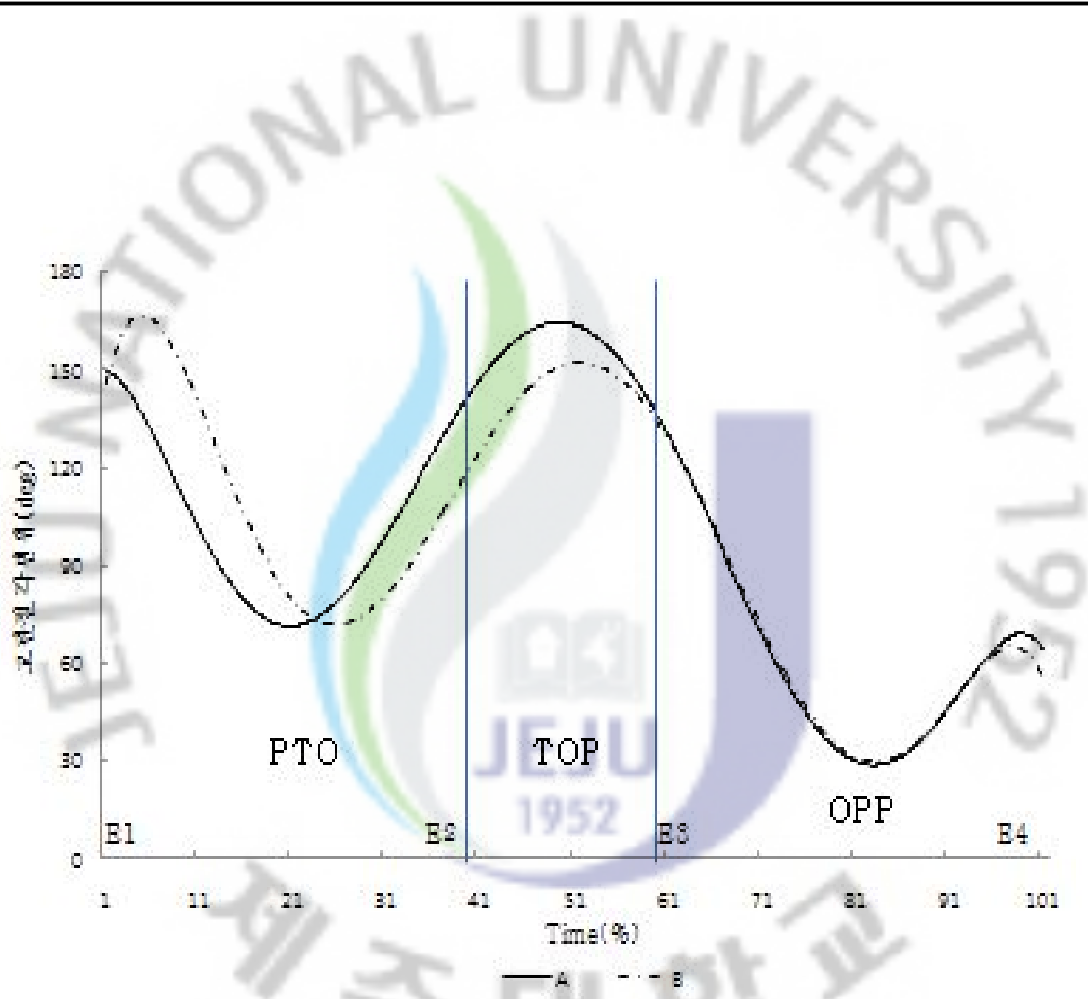
무릎 각을 살펴보면 피험자 A가 이벤트1에서 159.24deg, 이벤트2에서 149.96deg, 이벤트3에서는 118.15deg, 이벤트4에서는 171.81deg로 나타났고, 피험자 B의 무릎 각은 이벤트1에서 167.11deg, 이벤트2에서 123.29deg, 이벤트3에서는 125.08deg, 이벤트4에서는 164.73deg로 나타났다.

피험자 A가 도약을 시작하는 이벤트2와 회전동작이 이루어지는 이벤트3구간의 차이를 보이고 있으며, 이벤트3에서는 가장 작은 각이 나타났다.

표 16. 고관절의 각도 변화

(단위:deg)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	147.85	162.79	128.91	82.62
B	159.2	154.33	156.61	76.95
M	153.53	158.56	142.76	79.79
SD	8.03	5.98	19.59	4

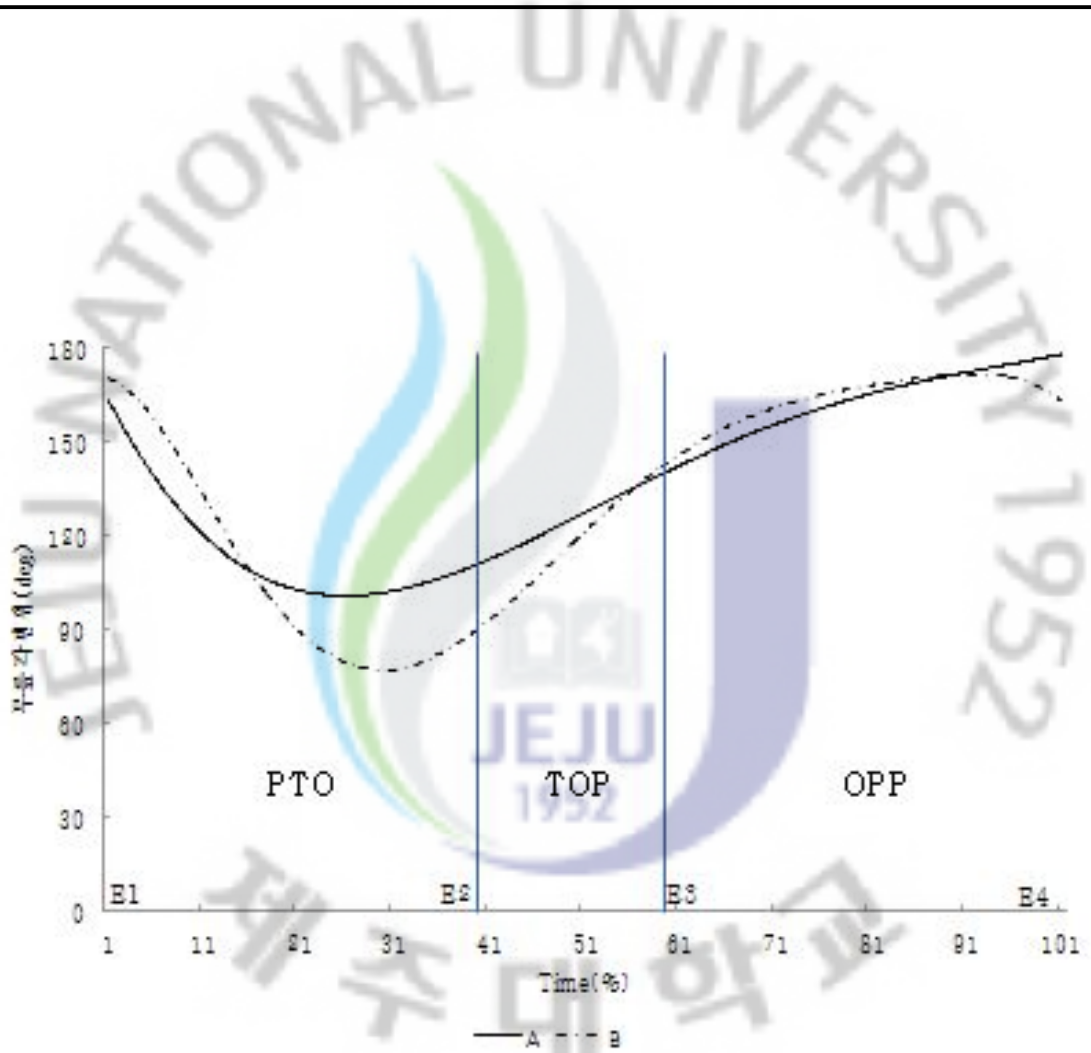


<그림 17. 고관절의 각도변화>

표. 17 무릎의 각도 변화

(단위:deg)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	159.24	149.96	118.15	171.81
B	167.11	123.29	125.08	164.73
M	163.16	136.63	121.62	168.27
SD	5.56	18.86	4.9	5



<그림 18. 무릎의 각도변화>

V. 논 의

본 연구는 플랫폼 다이빙 종목 303(B)의 도약동작을 보드에서 도약 순간부터 입수를 준비하는 오픈동작까지 총 3개의 국면과 4개의 이벤트로 나누어 구분하고 신체 분절의 운동학적 변인들을 분석하여 303(B) 종목 수행 시 훈련이나 지도에 유용한 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다. 본 실험에서 분석한 변인들로는 국면별 소요시간, 신체중심 위치 변화, 신체중심 속도 변화, 각 국면별 상지·하지분절의 각 변위를 분석하였다.

1. 시간변인

303(B)의 도약동작 수행 시 소요되는 시간은 각 국면마다 차이가 있었다.

국면별 총 소요시간은 평균 $1.442 \pm 0.152\text{sec}$ 로 나타났으며, 이는 플랫폼 다이빙 Reverse 1½회전동작의 운동학적 분석(전보임, 2004)의 연구결과 나타난 Group B의 총 소요시간 (0.92 ± 0.02)보다 길게 나타났다.

각 국면별 소요시간은 제 1국면(PTO)이 $0.658 \pm 0.08\text{sec}$, 제 2국면(TOP)이 $0.167 \pm 0.024\text{sec}$, 제 3국면(OPP)이 $0.617 \pm 0.094\text{sec}$ 로 나타났다.

제 1국면은 도약을 얻기 위해 무릎의 굴곡이 시작되어 플랫폼에서 발끝이 떨어지는 도약구간 즉 공중으로 도약한 시점으로 소요시간이 길수록 높은 도약을 위해 신체중심이 낮아지며 무릎굴곡이 심하게 나타난 것으로 판단되나 각 개인별 점프 습관이 다르기 때문에 일반화를 시키기는 어렵다.

제 2국면과 제 3국면의 소요시간을 살펴보면 제 2국면에서 피험자 A가 긴 소요시간을 보였고, 제 3국면에서 피험자 B가 긴 소요시간을 보였다. 이는 피험자 A가 보다 높은 수직변위를 가지게 된 결과로 판단되며, 이에 따라 빠른 공중회전을 마친 후 오픈동작에서의 소요시간이 짧은 것으로 판단된다.

제 2국면과 제 3국면은 동작에 대한 관성을 유지하여 공중회전과 입수를 위해 오픈동작이 이루어지는 구간으로 종목 연기의 성패에 중요한 영향을 미치게 되므로

소요시간이 짧을 수 록 빠른 회전동작을 나타내서 공중동작 수행에 유리하며 높은 위치에서 입수를 준비 할 수 있는 시간적 여유가 커져서 완벽한 입수동작을 할 수 있다.

2. 선운동 변인

1) 신체중심 높이 변화

류재청(1995)등의 3m 스프링보드 다이빙 시 이륙동작과 신체중심이 최고 도달점에 미치는 요인분석(I)에서 신체중심의 적절한 높이는 공중국면 시작 시 수직속도에 의해서 좌우되고, 이 수직속도는 공중국면 바로 직전 이륙국면에서 발생하는 모든 현상과 직접 관련을 갖는 다고 보고하였다.

신체중심의 높이 변화를 이벤트별로 살펴보면 이벤트1에서 신체중심 높이가 피험자 A는 91.67cm, B는 85.77cm로 피험자 B가 신체중심 높이가 낮게 나타났다.

이는 피험자 B가 높은 도약을 위해서 신체중심을 낮추고 무릎을 최대한 굴곡 시켜 보다 높은 수직변위를 얻기 위한 결과라고 판단된다. 하지만 발끝이 플랫폼에서 떨어지며 신체중심이 최고로 높이 올라가 파이크동작이 이루어지는 구간인 이벤트2와 이벤트3에서 피험자 B는 A보다 낮은 신체중심 높이에 위치한다. 이것은

이벤트1에서 높은 도약을 위해 무릎을 최대한 굴곡 시켜 낮은 신체중심의 위치를 보였지만 높은 수직변위를 얻지 못하고 낮은 위치에서 종목의 연기를 수행하는 것을 나타낸다. 입수를 위해 몸을 오픈하기 바로 전 순간인 이벤트4에서 신체중심의 높이는 피험자 A가 -7.95cm, B가 -56.53cm로 피험자 A가 보다 높은 위치에서 이미 오픈동작을 수행하고 있음을 알 수 있으며, 높은 수직변위를 얻고 회전동작도 높은 위치에서 수행해야 입수 시 보다 완벽한 자세를 취할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 신체중심 수평이동거리

신체중심의 수평이동거리에서는 피험자 B가 이벤트1에서 이벤트4까지의 이동거리가 264.09cm로 플랫폼으로부터의 이동거리가 먼 것으로 나타났는데 수평거리가

커지면 수직거리가 짧아지기 때문에 동작 수행 시 낮은 위치에서 회전동작이 이루어지는 것을 알 수 있다.

도약의 시작인 이벤트1에서부터 공중으로 도약해 파이크동작이 이루어지는 순간인 이벤트3까지의 구간에서 피험자 A의 수평거리가 피험자 B보다 다소 조금 멀게 나타난 것은 Reverse종목의 특성상 보드와의 접촉으로 인한 부상을 방지하기 위해 수평이동거리가 조금 떨어진 것으로 판단되어진다.

303(B)의 도약동작 수행 시 플랫폼에서 이지 시 도약력과 도약각도가 중요한 요인이라 할 수 있으며 높은 수직위치에서 종목의 연기를 수행하기 위해서는 수평이동거리가 짧아야 유리하기 때문에 피험자 B는 수평성분 보다는 수직성분을 증대시켜야 종목의 완성도를 높일 수 있을 것이라 사료된다.

신체중심의 수평이동거리는 동작 수행 시 안정성을 보장하기 위해서 플랫폼과 일정한 수평거리를 유지해야 하지만 수평이동거리가 너무 멀어지게 되면 수평거리의 이동시간이 길어지고 신체중심도 낮아져서 비효율적인 동작을 수행하게 되므로 이종희(2006)는 수평거리가 너무 멀어지게 되면 포물선 궤적이 커지기 때문에 입수처리가 힘들어지게 되므로 보드로부터 적당한 거리를 유지해야 한다고 하였다.

3) 신체중심 속도 변화

303(B)의 도약동작의 각 이벤트별 신체중심의 수직속도를 살펴보면 공중으로 도약하는 시점인 이벤트2에서 피험자 A가 2.03m/s로 나타났고, B가 1.94m/s로 평균 1.99 ± 0.06 m/s를 나타냈으며, 이는 김용진(2003)의 플랫폼 다이빙 Back Pike 1½회전 동작에서 공중도약 구간에서의 결과인 1.7 ± 0.50 m/s보다 빠르게 나타났다.

공중도약 구간인 이벤트2에서 피험자 A가 B보다 수직속도가 빠르게 나타난 것을 볼 수 있는데 이는 도약 시 빠른 수직속도로 인해 높은 위치를 확보하여 종목을 수행 할 수 있으며 높은 위치에서 여유 있게 입수를 준비 하는 것을 알 수 있다.

이벤트4에서 피험자 A의 수평속도는 1.48m/s, B가 1.42m/s로 나타났고, 수직속도는 피험자 A가 -4.56m/s, B가 -4.94m/s로 나타났으며, 이종훈(2008)은 오픈동작 구간에서 수평속도 1.12 ± 0.28 m/s, 수직속도 -9.53 ± 0.32 m/s라고 보고하였고 본 연구 결과와는 차이를 보였다.

입수를 준비하는 오픈동작 구간인 이벤트4에서 피험자 A가 B보다 수평속도에서 빠른 속도를 보이고 수직속도에서는 느린 것을 볼 수 있는데 이러한 현상이 나타난

이유는 입수를 준비할 때 몸을 빠르게 오픈 시켰기 때문인 것으로 판단된다.

신체중심 속도에서는 수평속도는 느리고 수직 상방향의 속도는 빠르게 함으로써 도약 시 높은 위치를 확보하여 연기를 수행 할 수 있는 체공시간을 얻을 수 있으며 보다 안정되게 입수를 준비 할 수 있을 것으로 사료된다.

4) 각분절의 속도 변화

각 이벤트별로 살펴보면 이벤트1과 이벤트2에서 대체적으로 피험자 B가 A에 비해 빠른 속도를 보이고 있는데 이것은 도약 시에 높이와 수직속도가 피험자 A보다 낮은 위치에서 동작을 수행했으므로 상지분절의 속도를 빠르게 하여 동작수행에 적합한 회전을 내려 하는 것으로 판단된다.

상지분절의 속도 변화에서는 이벤트2와 이벤트3이 중요한 구간이라 할 수 있다.

그 이유는 이벤트2에서 도약을 시작하는 구간으로 상지분절의 속도에 따라 회전력이 결정되어지기 때문이며 이벤트3에서는 상지분절의 속도에 따라 신체의 각 분절을 회전축에 가까이 당겨서 회전속도에 영향을 미치기 때문에 중요하다.

이벤트4는 입수를 준비하는 오픈동작이 일어나는 시점으로 신체 측면에 상지분절을 위치하고 있는 상태로 입수 시기까지 오픈동작 이외에는 거의 움직임이 없기 때문에 공중동작 시 회전력에는 큰 영향을 주지 않는다.

전완분절의 속도는 공중으로 도약이 이루어지는 시점인 이벤트2에서 피험자 A는 -3.14m/s , B는 -4.01m/s 로 두 피험자가 전완분절의 속도가 감소하는 양상을 보이는데 이는 상지분절을 점프동작과 함께 수직 상 방향으로 도약한 후 공중에서 동작이 이루어지기 때문으로 사료되며 회전이 이루어지는 이벤트3구간에서는 속도가 증가하며 이벤트4에서 빠른 속도를 보이는데 이것은 입수 준비를 위하여 상지분절을 오픈시키기 때문에 속도가 빠르게 나타난다고 판단된다.

상완분절의 속도는 공중 도약으로 이루어지는 이벤트2에서 속도가 떨어지고 공중 회전동작을 수행하는 이벤트3에서는 속도가 증가하다가 이벤트4에서 오픈동작을 하면서 속도가 감소하는 것을 알 수 있으며 두 피험자 모두 비슷한 변화를 보인다.

하지분절의 속도변화에서도 상지분절의 속도와 마찬가지로 도약을 시작하는 이벤트2와 회전동작이 이루어지는 이벤트3이 중요한데, 회전동작이 이루어진 후에 입수를 마치는 시점까지 파이크동작을 유지하며 변화가 거의 없기 때문이다.

이벤트와, 이벤트3에서는 피험자 A가 B에 비해 빠른 속도가 나타나는 것을 볼 수

있는데 이러한 결과는 피험자 A가 공중으로 도약이 이루어지는 이벤트2에서 하지분절의 빠른 속도로 인하여 공중회전동작인 이벤트3까지 빨리 이루어지는 것을 알 수 있다.

3. 각운동 변인

1) 상지분절의 각변위

상지분절의 각변위에서는 도약을 시작하는 이벤트2에서 피험자 A의 어깨 각이 B의 어깨 각보다 큰 것으로 나타났는데 이것은 팔의 회전 시에 큰 운동량을 얻기 위해서 팔의 회전반경을 크게 했기 때문인 것으로 사료되며, 회전동작을 수행하는 이벤트3에서 피험자 A의 어깨 각이 B의 어깨 각보다 작게 나타난 것은 공중으로 도약 이후 상지분절을 이용하여 하지분절을 몸통 쪽으로 당겨 신체를 회전축에 최대한 가깝게 하여 회전속도를 유지하기 위한 것으로 판단된다.

팔꿈치 각은 이벤트3이 팔꿈치의 각에 따라 회전축을 중심으로 신체 분절이 위치하는 지점을 변화시키는 중요한 구간이라 할 수 있다.

이벤트3에서 피험자 A의 팔꿈치 각은 132.59deg를 나타냈고, 피험자 B는 167.08deg를 나타냈는데 팔꿈치 각이 작게 나타난 피험자는 A로 어깨 각과 마찬가지로 팔꿈치 각을 작게 함으로써 회전속도를 떨어지지 않게 하기 위해 회전축을 중심으로 신체를 최대한 가깝게 한 것으로 판단된다.

2) 하지분절의 각변위

하지분절의 각변위에서는 피험자 A의 경우 이벤트1에서 피험자 B보다 고관절 각이 작게 나타났고 이벤트2에서는 가장 큰 각도를 나타내었는데 이는 충분한 하체의 반동을 이용하여 높은 도약을 위해 몸을 최대한 위로 신전시켰기 때문인 것으로 판단된다. 이벤트4에서는 피험자 B가 A에 비해 고관절 각이 작게 나타난 이유는 다소 낮은 위치에서 느린 회전으로 동작을 수행하였기 때문에 파이크동작의 특성상 몸통과 대퇴가 이루는 각이 작아야 만이 신체 분절이 회전축 중심에 가깝게 위치해 조금 늦은 시점에서 입수의 정확도를 높이기 위한 것으로 판단된다.

무릎 각은 피험자 A가 공중으로 도약을 시작하는 동작을 나타내는 이벤트2와 회전동작이 이루어지는 이벤트3구간에서 차이를 보이는데 이것은 파이크동작 시 무릎을 구부리며 회전동작을 수행하였기 때문에 이벤트2와 이벤트3간의 차이가 나타난 것으로 판단되며, 이벤트3에서 가장 작은 각이 나타나는데 이는 빠른 회전 속도를 얻기 위해서 무릎의 신전이 완전히 이루어지기도 전에 하지의 회전을 준비 하기 때문 인 것으로 판단된다. 피험자 A는 동작의 정확성을 높이기 위해서는 공중 회전 동시에 파이크동작이 이루어지는 시점에서 무릎을 곧게 펴서 회전동작을 수행 해야 종목의 완성도를 높일 수 있을 것이라 사료된다.



VI. 결 론

본 연구는 국가대표 후보 선수 경력이 있는 제주도 대표 다이빙선수 2명을 대상으로 플랫폼 다이빙 종목 303(B)의 도약동작을 3차원 영상분석을 통해 국내 엘리트 선수들에게 훈련에 도움을 줄 수 있는 유용한 자료를 제시해 선수들의 경기력을 향상시키기 위해서 실시하였다. 준비 동작에서부터 입수 전까지 준비기 국면, 도약기 국면, 공중기 국면으로 나누어 운동학적 자료를 분석하였으며, 이에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 수행 시간에 있어서 두 피험자간의 큰 차이는 나타나지 않았고, 평균 소요시간은 $1.442 \pm 0.152 \text{sec}$ 로 나타났다. 준비기 국면에서 피험자의 점프습관이나 형태에 따라서 소요시간이 다르게 나타나기 때문에 일반화시키기는 어렵고 도약기 국면에서 피험자 A가 긴 소요시간을 나타냈다.
2. 신체중심 변화에 있어서는 피험자 A가 수평거리 보다는 높은 수직변위를 확보하여 높은 위치에서 회전동작과 입수동작을 수행한 것으로 나타났으며, 피험자 B는 높은 수직변위를 얻지 못해 피험자 A보다 다소 낮은 위치에서 종목의 연기를 수행하는 것으로 나타났다.
3. 신체중심 속도변화에 있어서는 공중으로 도약하는 시점인 이벤트2구간에서 피험자 A가 빠른 수직속도로 인해서 도약 시 높은 위치를 확보하여 종목을 수행할 수 있으며 보다 여유 있는 입수동작을 준비 하는 것으로 나타났다.
4. 각분절의 속도변화에서 상지분절의 속도는 피험자 B가 다소 낮은 위치에서 동작을 수행하였기 때문에 상지분절의 속도를 빠르게 함으로써 회전속도를 증가시키기 위한 것으로 나타났으며, 하지분절의 속도는 피험자 A가 하지분절의 빠른 속도로 인하여 높은 도약과 공중회전 동작이 빠르게 이루어진 것으로 나타났다.

5. 상지 분절의 각변위에서 회전동작을 수행하는 이벤트3에서 피험자 A의 어깨 각이 작게 나타났고, 하지분절의 각변위에서 피험자 A의 무릎 각이 파이크동작을 수행 할 때 무릎을 구부리며 회전동작을 수행하였기 때문에 이벤트2와 이벤트3간의 차이가 나타났다.

이와 같은 결론을 종합해 볼 때 전체적인 수행시간에 있어서는 큰 차이가 없었지만 도약기에서 긴 소요시간을 나타낸 피험자 A가 신체중심 높이에서 높은 수직변위를 확보하고 빠른 수직속도로 인해서 높은 위치에서 동작을 수행할 수 있으며 하지분절의 속도가 빠르게 상승해야 회전속도가 빠르게 이루어져 여유 있는 입수를 준비하는 것으로 나타났다.

Reverse 종목의 특성상 보드와의 접촉으로 인한 부상을 방지하기 위해 안전한 수평거리를 유지 하는 것도 중요하지만 이상적인 수평거리라고 생각되는 80cm가 조금 넘는 수평거리를 이동해 303(B)의 도약동작을 수행한다면 보다 완벽한 동작을 표현할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 보다 심층적인 연구를 위하여 도약 동작 뿐 만 아니라 입수동작 향상을 위한 운동역학적 변인을 분석하고 선수들이 수행하기 어려워하는 Reverse동작을 응용한 Twist종목에 관한 연구가 이루어진다면 다이빙 기술발전에 도움이 될 수 있을 것이라고 사료된다.

참고문헌

- 강신, 정철정(1998). Nontwisting Platform Dives에서 Forward 1/2. 1 1/2회전 시 각운동량에 대한 분석. 미간행 박사학위 논문, 성균관대학교 대학원.
- 김용진(2003). 플랫폼 다이빙 Back Pike 1½회전에 영향을 미치는 운동학적 요인. 미간행 석사학위 논문, 공주대학교 대학원.
- 김현숙, 문영진(2003). 다이빙 스프링보드 받침축 변화가 Forward Dive Pike(101B) 비행높이에 미치는 영향에 관한 연구. 한국체육학회지, (42)6, 953-962.
- 다이빙 규정집(2006). 대한수영연맹
- 성낙준(1991). 포스베리 높이뛰기의 발구름 동작에 관한 운동역학적 분석. 미간행 박사학위 논문, 서울대학교 대학원.
- 송재웅(1993). 스프링보드 다이빙 Reverse Dive Pike(301B)의 Take-off동작의 분석. 한국체육과학연구원, 일급경기 지도 연수수료 논문집.
- 오만원, 이병근(1995). 다이빙 전방 파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석. 제주대학교 체육과학연구소, 체육과학연구논문집, 창간호, 209-226.
- 이순호(2000). 신체의 회전관성과 운동기술. 스포츠 과학, 한국체육과학연구원, 7(1) 21-27.
- 이성철, 진영완, 문곤석(1997)높이뛰기 선수들의 수직점프 유형에 따른 지면반력 형태 비교. 한국운동역학회지, 7(2), 247-265.
- 이종훈(2008). 플랫폼 다이빙 종목 205B동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, (18)1, 53-62.
- 이종희(2000). 플랫폼 다이빙 뒤로서서 앞으로 뛰기 1½회전 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위 논문, 한국체육대학교 대학원.
- 이종희, 소재무, 임영태(2006). 플랫폼 다이빙 624C동작의 운동학적 사례분석. 한국운동역학회지, 16(4), 13-20.
- 이창준, 남사웅, 류재청(1995). 3m스프링보드 다이빙 시 이륙동작과 신체중심의 최고 도달점에 미치는 요인분석(I). 제주대학교 체육과학연구소, 체육과학연구논문집, 창간호, 138-153.

- 전보임(2004). 플랫폼 다이빙 Reverse 1½회전동작의 운동학적 분석. 미간행 석사 학위 논문, 수원대학교 교육대학원.
- 최규정, 권영후(1998). 스키 점프 도약 동작에 관한 운동학적 연구. *체육과학 연구*, 9(2), 1-20.
- Golden, D(1981). Kinematics of increasing rotation in spring board diving in D. Golden(ED.), *Proceedings of the 1981 US diving sport science seminar*, 55-81.
- Dessureault, J., & Lafortune, MA.(1981). Biomechanical feature of two styles of high jumping. *Biomechanics, VII- B* : 246-270.
- Hamill, J., Richard, D.M., & Williams, M. A.(1985). Dynamics of selected tower dive take-offs. In J. Terauds & J.N. Barham(Eds.), *Biomechanics in sports II*. Del Mar, CA: Academic Publ, 200-207.
- Hamill, J., Richard, M.D and Golden, D.M.,(1986) Angular momentum in multiple rotation nontwisting platform dives. *Human Kinetics*, I JSB 2: 78-87.
- Hay, J.G.(1985). *The Biomechanics of sports techniques* (3rd ED). Sydney : prentice Hall. 143-162.
- Liu, Z.C. and Nelson, R.C,(1983). Analysis of twisting somersaulting dives using computer diagnostics. *Biomechanics IX-B*: 401-406.
- Mc cormick, 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: 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 contribution to height achieved during the flight of a springboard dive. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(3) : 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) : 209-220.

Miller, D.I and Munro C.F(1985b). Greg Louganis springboard take-off :

II. Linear and Angular Momentum considerations. *Inter-national journal of sport biomechanics*, 1(4) : 288-307.

Sanders R.H. & Wilson B.D.(1998). Factors contributing to maximum height of dives after takeoff from the 3m springboard Human Kinetics International *journal of sport biomechanics*, 3 : 47-62.

