



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

플랫폼 다이빙 Reverse dive(B) 동작의
운동학적 분석

지도교수 남 사 용

제주대학교 교육대학원

체육교육전공

허진

2011年 8月

<국문초록>

플랫폼 다이빙 Revers dive(B) 동작의 운동학적 분석

허진

제주대학교 교육대학원 체육교육전공
지도교수 남사웅

본 연구는 Revers dive(B) 동작의 도약 전 준비동작부터 입수 전 오픈 동작까지 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 변인을 산출하고 분석된 운동학적 자료를 토대로 기술표현의 완성도를 높이고 고난이도 종목을 안전하게 수행할 수 있도록 기초자료를 제시 하는데 있다. 본 연구의 목적을 달성하기 위하여 제주특별자치도내 초등 학교 대표선수 6명을 대상으로 Revers dive(B) 동작을 촬영하고 그 영상을 통하여 3차원 동작분석을 실시하였다.

동작분석은 Revers dive(B) 동작의 국면별 소요시간, 신체중심 위치, 신체중심 속도, 각분절의 속도, 상지분절(어깨, 팔꿈치)의 각변위, 하지분절(고관절, 슬관절, 족관절)의 각변위를 분석하였다.

위와 같은 연구를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. Revers dive(B) 동작의 시간변인

수행시간은 각 국면별로 차이를 나타냈는데 소요시간은 phase 1, phase 3, phase 2, 순으로 나타났으며 phase 1구간에서는 52.21%로 가장 많은 시간이 소요되는 것으로 나타났다.

2. Revers dive(B) 동작의 선운동 변인

수평이동거리가 너무 멀어지게 되면 신체중심 높이가 낮아져 입수동작의 필요한 높이를 확보할 수 없게 되고 수직으로만 도약할 경우에는 포물선 궤적이 작아져 Event 3에서 Event 4까지에 높이변화가 가장 크게 나타났으며, Event 2구간에서 수직속도를 빠르게 하면 높은 도약높이에서 동작을 수행하는 것으로 나타났고 수평속도를 빠르게 하면 대상자중 가장 낮은 높이에서 동작을 수행하는 것으로 나타났다. 전완분절, 상완분절에 속도를 빨리 한 대상자가 수직속도도 빠르게 나타났고 도

약순간 상체를 뒤로 움직인 대상자의 수직 속도가 가장 느리게 나타났으며, Take-off순간 상체를 조금 앞으로 하면서 접어야 하지분절 속도를 빠르게 할 수 있는 것으로 나타났다.

3. Revers dive(B) 동작의 각운동 변인

도약순간 팔꿈치분절의 각을 가장 적게 한 대상자가 수평 속도가 빠르게 되어 수직 속도가 느리게 나타났으며 대상자중 가장 낮은 도약 높이에서 동작을 수행한 대상자는 입수동작을 빨리하기 위하여 어깨분절의 각을 크게 한 것으로 나타났으며, 슬관절 각을 크게 하여 도약한 대상자는 족관절 각이 가장 적게 나타났고, 슬관절 각을 적게 하여 도약한 대상자는 족관절 각이 가장 크게 나타났다.

위와 같이 본 연구결과를 바탕으로 Revers dive(B) 동작은 상체를 움직이지 않고 신체중심 수직속도와 상지분절(팔꿈치, 어깨분절)의 속도를 빨리하고 신체중심 수평 속도를 줄여 신체중심 높이를 높게 하고 신체중심 수평 이동거리를 100cm를 조금 넘게 하여 포물선 궤적을 이루어야 하며, 도약 시 슬관절각과 족관절각을 크게 하여 도약 하고 take-off시에는 하지분절의 속도도 빨리하여 높은 도약 높이를 확보하고 어깨분절의 각도를 작게 하여 입수자세를 취해야 하는 것으로 나타났다.

* 이 논문은 2011년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	3
3. 연구 문제	3
1) 운동학적 변인	3
4. 연구의 제한점	4
5. 용어의 정의	4
II. 이론적 배경	5
1. 다이빙	5
1) 경기 종목	5
2) 동작 형태 및 분류	6
2. 다이빙의 운동 역학적 요인	7
3. 다이빙 선행연구	9
III. 연구방법	11
1. 연구 대상	11
2. 실험도구	11
1) 영상 촬영 장비	12
2) 영상 분석 장비	12
3. 실험절차	12
4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료분석 절차	13
1) 인체 관절점의 좌표화	13
2) 3차원 좌표계산	14
3) 인체좌표계(지역좌표계) 설정	15
4) 관절 중심 계산 방법	15

5) 변인 산출	17
5. 이벤트 및 분석 국면	19
IV. 연구결과	20
1. Revers dive(B) 동작의 국면별 시간변인	20
2. Revers dive(B) 동작의 선운동 변인	21
1) 신체중심 수평이동거리	21
2) 신체 중심 높이 변화	23
3) 신체중심 속도변화	24
3. Revers dive(B) 동작의 각운동 변인	34
1) 팔꿈치 및 어깨 (상지분절)의 각변위	34
2) 고관절 및 슬관절, 족관절(하지분절)의 각변위	37
V 논의	42
1. Revers dive(B) 동작의 시간변인	42
2. Revers dive(B) 동작의 선운동 변인	42
1) 신체중심 수평 이동거리	42
2) 신체중심 높이 변화	43
3) 신체중심 속도변화	43
4) 상지분절의 속도변화	43
5) 하지분절의 속도변화	44
4. Revers dive(B) 동작의 각운동 변인	44
1) 상지분절의 각도변화	44
2) 하지분절의 각도변화	44
VI 결론	46
참 고 문 헌	48

표 목 차

표 1. 대상자 신체적 특성	11
표 2. 실험장비	11
표 3. 인체관절점과 디지털타이징 순서	14
표 4. 국면별 소요시간	20
표 5. 신체중심 수평이동거리	21
표 6. 신체중심 높이변화	23
표 7. 신체중심 수평속도변화	24
표 8. 신체중심 수직속도변화	26
표 9. 전완분절의 속도변화	27
표 10. 상완분절의 속도변화	29
표 11. 대퇴분절의 속도변화	30
표 12. 하퇴분절의 속도변화	31
표 13. 팔꿈치 분절의 각도변화	34
표 14. 어깨 분절의 각도변화	35
표 15. 고관절 분절의 각도변화	37
표 16. 슬관절 분절의 각도변화	38
표 17. 족관절 분절의 각도변화	40

그림목차

그림 1. 동작형태	6
그림 2. 동작분류	6
그림 3. 테이핑 부착위치	13
그림 4. 골반과 대퇴에서 정의된 인체좌표계	15
그림 5. 허프 관절 중심의 계산	16
그림 6. 주요이벤트 및 국면	19
그림 7. 국면별 소요시간	20
그림 8. 신체중심 수평이동거리	22
그림 9. 신체중심 높이	24
그림 10. 신체중심 수평속도	25
그림 11. 신체중심 수직속도	27
그림 12. 전완분절의 속도	28
그림 13. 상완분절의 속도	30
그림 14. 대퇴분절의 속도	31
그림 15. 하퇴분절의 속도	33
그림 16. 팔꿈치 분절의 각변위	35
그림 17. 어깨 분절의 각변위	36
그림 18. 고관절 각변위	37
그림 19. 슬관절 각변위	39
그림 20. 족관절 각변위	39

I. 서론

1. 연구의 필요성

다이빙은 보드에 탄력을 이용하여 연기하는 스프링보드(spring board) 다이빙과 보드가 고정되어 있는 10m 높이에서 연기하는 플랫폼(platform) 다이빙 두 종류로 구분되어 있다. 플랫폼 다이빙은 스프링 다이빙 보다 높이가 높지만 고정된 보드를 사용하기 때문에 자신 스스로의 능력으로 공중에서 동작을 수행하여야 하고 짧은 순간에 연기가 이루어지기 때문에 순간 판단력과 순발력 및 균형성이 절대적으로 요구되는 종목이다(강민경, 2009).

다이빙은 고난이도의 종목을 완벽하게 연기하고 수면과 수직상태를 이루면서 물의 저항을 최대한 줄일 수 있는 자세로 입수하는가를 겨루는 경기로서 높은 도약과 공중동작, 입수의 각도 및 연기의 정확도와 난이도가 좋은 점수를 내기 위한 요소들이다(홍명희, 2007).

도약에서 물에 들어가기까지의 동작이 점수에 가산되는데 높은 점수를 얻기 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(2009 강민경). 또 종목을 수행하는 과정에서 도약(take-off), 공중동작(flight), 입수(entry)시에 고도의 기술을 구사하여 세밀한 동작을 아름답게 표현시키는 예술이다(이종희, 2000).

플랫폼 다이빙 take - off시 지면에 최대한의 반작용 힘을 가하게 되지만 이때의 힘은 종목의 난이도와 관계없이 거의 일정하다(Hamill, Golden 1986). 다이버가 지면으로부터 이탈하여 공중으로 충분히 도약하기 위하여서는 선수 개인 특성에 따른 지면에서 힘, 무릎굴곡을 적절히 굴곡할 때 발생할 수 있으며 또한 발이 중심을 공중으로 충분히 상승시킬 수 있는 시간적 여유를 제공 하며 이것은 선수가 플랫폼으로부터 도약하여 공중동작, 입수동작, 입수 자세로 이어지는 연결동작이라고 볼 때 힘, 무릎굴곡이 이 같은 운동수행에 중요하게 영향을 미친다(Sanders1988). 플랫폼(platform) 다이빙에서의 Reverse dive(앞으로 서서 뒤로 뛰기)동작은 보드의 탄력과 도움닫기 없이 제자리에서 도약, 공중동작, 입수 동작 세 가지로 이루어지는데 세 가지 동작 중 어느 하나 중요하지 않은 동작은 없지만 도약 시기에 상지분절의 각변인, 하지분절의 각변인, 신체중심에 높이와 거리, 속도 요인은 대단히 중요하다고 사료된다.

다이빙의 관한 선행연구를 살펴보면 Miller & Munro(1984)는 보드에서 완벽한 동작을 수행하기 위

하여 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 유지하여야 한다고 하였다. 또한 Golden(1981)은 다이빙 공중동작에서 회전 증가에 따라 수직속도가 감소한다고 주장하였으며, Himill, Golden(1986)는 도약 시 상체각을 변화시킴으로써 각속도가 변화된다고 보고하였다. 국내 선행연구의 경우 오만원과 이병근(1995)은 다이빙 전방 파이크 섬머설팅 동작에 운동역학적 분석에서 회전수가 증가 할수록 체공시간은 길어지며 스프링보드에서 발구르기 및 이륙하는 자세, 속도 등이 중요한 요인이라고 보고하였으며, 이종희(2006)는 Inward 1½ somersault(뒤로 서서 앞으로 1½회전)분석에서 안전한 거리를 유지하는 것도 중요하지만 신체중심이 100cm가 조금 넘는 수평거리를 떨어지는 것이 완성도를 높이는데 이상적으로 보고하고 있으며, 홍명희(2007), 강민경(2009) 등이 다이빙 회전수의 따른 신체중심위치 수평 및 수직속도의 변인 등을 연구하였다.

다이빙은 체력이나 체격에서 오는 신체적인 불리함 보다는 기술에 의해 평가되는 종목이기 때문에 동양인에게는 세계무대에서 우수한 성적을 기대할 수 있는 종목으로 유망 시 되고 있는데 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 있어 한국다이빙이 중국, 일본과 같이 세계무대에서 다른 유럽선수들과 어깨를 나란히 하기 위해서는 다이빙 각 분야에 필요한 지식들을 연구하고 개발하는 자세가 필요하며 선수들이 운동할 수 있는 훈련장(지상훈련장등)확충이 필요하다.

이상의 국내외 선행연구를 살펴보면 고난이도 종목의 take - off 연구가 대부분으로 기초적인 동작 종목에 관한 연구는 다른 종목에 비해 부족한 실정이기 때문에 Reverse dive(B) 종목의 운동학적 자료를 통해 기술의 특징을 밝히고 Reverse 회전이 들어간 고난이도 종목을 수행하였을 때 보다 안전하게 기술의 완성도를 높일 수 있도록 기초 자료를 제시하는 것이 필요하다

2. 연구의 목적

본 연구는 전국대회에 참가 경력이 있는 도내 초등학교 대표선수 6명을 대상으로 Reverse dive(B) 도약 전 준비동작부터 입수 전 오픈동작까지 3차원 영상 분석을 통하여 운동학적 변인을 산출하고 분석된 운동학적 자료를 토대로 기술표현의 완성도를 높이는데 기여하는 운동학적 원리를 규명하는데 본 연구의 목적이 있다.

3. 연구 문제

1) 운동학적 변인

(1) 시간 변인

- Reverse dive(B) 동작 수행 시 국면별 소요시간 변인 분석

(2) 선운동 변인

- Reverse dive(B) 동작의 이벤트별 신체중심 위치변화
- Reverse dive(B) 동작의 이벤트별 신체중심 속도변화
- Reverse dive(B) 동작의 이벤트별 각분절의 속도변화

(3) 각운동 변인

- Reverse dive(B) 동작 수행 시 이벤트별 상지분절(어깨, 팔꿈치)의 각 변위
- Reverse dive(B) 동작 수행 시 이벤트별 하지분절(고관절, 슬관절, 족관절)의 각 변위

4. 연구의 제한점

- (1) 연구의 대상자는 전국대회에 참가 경력이 있는 6명에 초등학교 선수로 제한하였다.
- (2) 공중 국면에서 공기저항의 영향력은 고려하지 않는다.
- (3) 실험 시 발생할 수 있는 심리적 요인 등의 조건들은 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) Reverse dive(B): 앞으로 서서 뒤로 반구부린 자세로 1회전을 하여 뛰는 동작
- (4) 1회전 : 플랫폼 보드를 기준으로 해서 대퇴가 90°를 이루는 시점
- (5) 도약(take-off) : 보드에서 발끝이 떨어지는 순간의 동작
- (6) 오픈(open) : 공중회전 후 입수를 하기위해 몸을 펴면서 하지에서 팔이 떨어진 동작

II. 이론적 배경

1. 다이빙

1) 경기 종목

다이빙 경기는 플랫폼 다이빙과 스프링보드 다이빙, 싱크로나이즈 다이빙 3종류로 나뉜다.

(1) 플랫폼 다이빙

플랫폼 다이빙은 보드가 고정되어 있으며 5M, 7.5M, 10M 높이에서 경기가 이루어진다. 초등학생은 3개의 규정종목과 3개의 자유종목을 실시하여야 하며 중학생부터는 남자는 6개의 자유종목을 각기 다른 6개 그룹으로 실시하고 여자는 5개의 자유종목을 각기 다른 5개 그룹으로 실시하여야 한다.

(2) 스프링보드 다이빙

스프링보드 다이빙은 보드의 탄력을 이용하여 경기가 이루어지고 높이는 1M 스프링보드 경기와 3M 스프링보드 경기가 있다. 초등학생은 플랫폼 다이빙 경기와 동일하게 3개의 규정종목과 3개의 자유종목을 실시하고 중학생부터 남자는 6개의 자유종목을 각기 다른 5개의 그룹 여자는 5개의 자유종목을 각기 다른 5개의 그룹으로 실시하여야 한다.

(3) 싱크로나이즈 다이빙

싱크로나이즈 다이빙은 3M 스프링보드와 10M 플랫폼에서 경기가 이루어지며 두선수가 동시에 연기를 하여 기술성과 일치성을 평가하며 남자는 2개의 규정종목과 4개의 자유종목을 여자는 2개의 규정종목과 3개의 자유종목을 실시하여야 하며 각기 다른 5개의 그룹이 들어가야 한다.

2) 동작 형태 및 분류

(1) 동작형태

다이빙 동작에는 4가지 형태의 동작이 있는데 A형인 곧게펴기형 과 B형인 굽히기형 C형인 꺾이기형 D형인 자유형이 있다.



A형: 곧게 펴기형

B형: 굽히기형

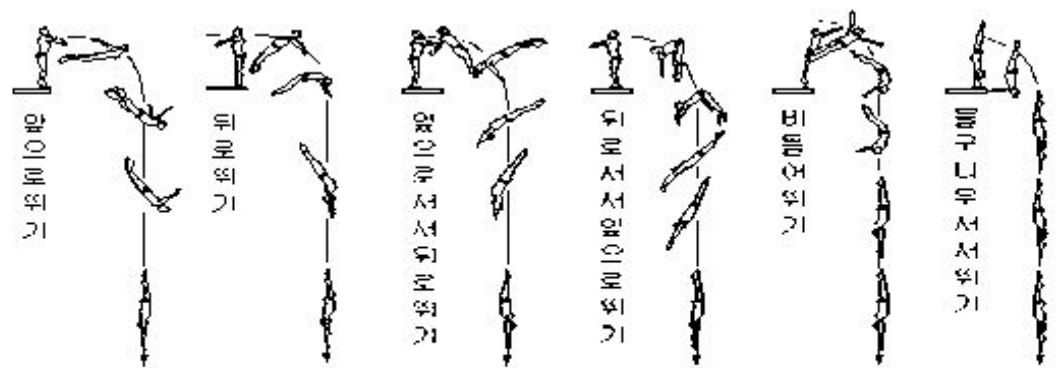
C형: 꺾이기형

D형: 자유형

그림 1 동작형태

(2) 동작분류

다이빙 기술은 6개 그룹으로 나뉘는데 1그룹은 앞으로 서서 앞으로 뛰기 이며 2그룹은 뒤로 서서 뒤로 뛰기 3그룹은 앞으로 서서 뒤로 뛰기 4그룹은 뒤로 서서 앞으로 뛰기 5그룹은 비틀며 뛰기 6그룹은 물구나무서서 뛰기 이다.



(1그룹)

(2그룹)

(3그룹)

(4그룹)

(5그룹)

(6그룹)

그림 2 동작분류

2. 다이빙의 운동 역학적 요인

다이빙 기술을 수행하기 위해서 다이빙 보드로부터 적당한 거리를 떨어져야 한다. 이에 작용하는 운동 역학적 요인을 살펴보면 다음과 같다.

1) 각거리와 각변위

(1) 각거리

회전체가 한 곳에서 다른 곳으로 움직일 때 물체가 이동한 각거리는 물체가 이동한 경로를 측정하여 얻어지는 처음과 마지막 각위(angular position)사이의 각과 같다.

(2) 각변위

각 변위는 물체의 처음 위치와 마지막 위치 사이의 두 각중 작은 각과 크기가 같다. 각변위의 방향은 시계방향 혹은 시계반대방향으로 나타내거나 보통 +, -의 기호로 나타낸다. 시계반대방향을 보통 +로, 그리고 시계방향을 -로 나타낸다. 물체가 이동한 각거리와 각 변위는 물체가 180° 이하로 회전하고 한 방향으로 회전 할 때는 그 크기가 같다.

각 변위의 단위는 도(degree), 라디안(radian), 회전(revolution)등이 있고 각각 deg 또는 $^\circ$, rad, rev로 표기한다.

2) 각속도

각속도는 각도와 시간의 관계로서 회전하는 물체의 평균 각속도는 각 변위를 소요시간으로 나눈 값으로 각도의 변화율로 정의하는데 기호는 그리스 문자 오메가(ω)로 쓰인다. 각운동의 단위로서는 일정한 회전을 하고 있는 물체의 각속도는 1초간에 회전하는 각도이고, 각속도는 매초 몇 회전하는 가를 가지고도 표현 할 수 있다. 각속도의 단위는 주어진 ①의 단위에 따라 rev/sec, rad/sec, deg/sec가 있다.

3) 각가속도

각가속도는 물체의 비 평형 토크가 작용할 때 발생한다. 선 운동에서와 마찬가지로 각가속도는 단위 시간당의 각속도의 변화로 정의할 수 있다. 각가속도는 각속도를 ω 라고 하면 $d\omega/dt$ 로 나타낼 수 있으며, 1초 사이에 1라디안(radian)/sec의 각속도가 변하는 각가속도를 단위로 하여, 이것을 1라디안/sec²으로 표시하고, 각 가속도의 단위에는 rad/sec², rev/sec², deg/sec²등이 있다.

4) 관성 모멘트

물체에는 본래 지니고 있는 운동의 상태를 유지하려고 하는 관성이 있다. 직선운동의 경우 물체의 관성은 그 질량으로 측정된다. 즉 물체가 무거울수록 관성은 더욱 커지며 직선운동을 변화시키기 어렵고 각운동에서도 이러한 속성이 존재하는데 이를 관성모멘트라 한다. 관성모멘트는 어떤 물체를 회전시키려고 할 때 잘 돌아가지 않으려는 성질, 즉 각운동 상태의 변화에 대하여 운동체가 지니고 있는 저항적 성질이다. 각운동에서의 관성모멘트는 물체의 질량뿐만 아니라 질량이 회전축 주위에 어떻게 분포되어 있는가에 의하여 결정되어지고, 각운동에서의 관성은 선운동의 질량 속성에 질량의 분포도, 즉 회전축에 대한 질량의 분포정도에 따라 결정된다. 그러므로 관성모멘트는 같은 질량을 지니고 있다할지라도 운동 축으로부터 질량의 분포, 즉 자세나 모양에 따라 차이가 있다. 이러한 관성모멘트는 I 로 표현하고 있으며 이는 운동 체의 질량에다 회전축까지의 거리의 곱과 같고, 단위로는 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$, $\text{g} \cdot \text{cm}^2$, $\text{slug} \cdot \text{ft}^2$ 를 사용하고 있다.

$$\text{관성모멘트}(I) = \text{운동체의 질량}(m) \cdot \text{회전축까지의 거리의 제곱}(r^2)$$

5) 각 운동량

각운동량은 물체의 관성모멘트와 각속도의 함수로서 회전하는 물체가 가진 특성이다. 더 큰 관성모멘트를 지닌 물체일수록, 또는 더 빠른 각속도로 움직이는 물체일수록 큰 각운동량을 지닌다. 표시되는 벡터량으로 $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rad/sec}$, $\text{g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{rad/sec}$, $\text{slug} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{rad/sec}$ 등의 단위를 사용한다.

$$\text{각운동량}(A) = \text{관성모멘트}(I) \cdot \text{각속도}(\omega)$$

6) 각운동량 보존의 법칙

외부로부터 받는 회전력이 없다면 각운동량은 일정하며 그 물체는 현재 진행하고 있는 회전운동을 그대로 유지한다. 여기서 전체 각운동량은 일정하지만 이를 구성하는 자전적 각운동량과 공전적 각운동량은 상호 간에 보상을 하며 변할 수 있다. 즉 외부로부터의 회전력이 없다면 전신의 각운동량은 일정하지만 신체의 일부가 각운동량을 만들면 전신 또는 신체의 나머지 부분이 그 각운동량을 보상해서 일정한 각운동량을 유지한다는 법칙이다.

다이빙, 체조의 공중동작 등은 각운동량 보존의 법칙에 따라 체공 상태에서의 각운동량이 일정 하다. 예를 들면 다이빙 또는 체조에서 각속도와 관성모멘트는 서로 역상관계가 있는데 다이빙 공중에서 회전동작 후 입수할 때는 수면으로부터 받는 저항력을 줄여야만 감점 요인이 적어지기 때문에 레이아웃 자세를 취하여 회전을 줄이면서 입수한다. 이것은 공중에서는 관성모멘트를 작게 하여 회전을 빠르게 하고, 반대로 입수 시에는 관성모멘트를 크게 하는 레이아웃 자세를 취하여 회전속도를 줄이고 이를 통해 수면의 저항을 감소시키며 입수하는 기술이다.

(7) 각운동량의 전이

각운동량의 전이는 각운동량이 일정할 때 신체의 일부가 각운동량을 만들면 신체의 나머지 부분이 그것을 보상하게 되는 원리이다. 높이뛰기, 멀리뛰기, 체조, 다이빙에서의 공중동작 중 팔다리의 각운동량이 전신 또는 다른 신체 부위의 각운동량으로 전이 되는 것을 말한다.

3. 다이빙 선행연구

다이빙에 관한 선행연구를 살펴보면 Mc Cormick, Subbaiah & Arnold, (1982)는 다이빙 선수가 도약 시 얻은 높이는 동작수행에 결정적인 역할을 하며, 경기상황에서 심판으로부터 평가되는 점수와 연관 지어 질 때 중요한 요인으로 작용한다고 하였고 다이빙세계 챔피언 이었던 Greg Louganis의 경우 전후방 3m 스프링보드 도약시 시간 변인과 신체분절의 변화를 분석한 결과 다른 선수들보다 높은 위치의 도약을 하고 어떤 형태의 다이빙이든 스프링보드에 차지되어 있는 시간이 일정하였으며 다이빙 선수가 얻은 높이는 도약시의 수직속도에 의존한다고 Miller, Munro(1985)는 보고하였다.

Hamill, Golden & Williams (1986)는 플랫폼 다이빙의 도약 시 운동 역학적 요인을 연구하여 take-off시 지면에 최대한의 반작용 힘을 가하게 되지만 이때의 힘은 종목의 난이도와 관계없이 거의 일정한 것을 밝혔고 운동학적 요인에 대한 분석에서는 도약 시 신체 기울기를 변화시킴으로써 각속도가 변화되었음을 보고 하였으며 Sanders와 Wilson(1988)는 다이버가 지면으로부터 이탈하여 공중으로 충분히

도약하기 위하여서는 선수 개인 특성에 따른 지면에서 힘, 무릎굴곡을 적절히 굴곡할 때 발생할 수 있으며 또한 발이 중심을 공중으로 충분히 상승시킬 수 있는 시간적 여유를 제공 하며 이것은 선수가 플랫폼으로부터 도약하여 공중동작, 입수동작, 입수 자세로 이어지는 연결동작이라고 볼 때 힘, 무릎굴곡이 이 같은 운동수행에 중요하게 영향을 미친다고 보고하였다.

국내의 경우 이병근(1995)는 전방 파이크 썸머솔딩 동작의 회전수에 따른 운동역학적 분석을 통해 공중 연기의 성패에 미치는 영향으로 공중에서 신체의 관성 모멘트를 조정함으로써 원하는 회전수에 따른 각속도를 조절할 수 있다고 하였다. 강신, 정철정(1998)은 비틀기가 없는 플랫폼 다이빙에서 Forward ½, 1½회전 시 회전의 증가에 따라 중심을 통과한 횡축선상에서 총 각운동량을 산출하여 인체분절이 미치는 기여도 조사하고 각운동량에 대한 분석을 통해 도약준비 단계에서 힘, 무릎 굴곡이 도약 이후 공중 동작에 큰 영향을 미치는 것을 보고하였다.

플랫폼 다이빙 Inward 1½회전 동작의 운동학적 분석을 통해 시간, 거리, 속도, 각도 각속도의 운동학적 요인을 각 국면과 구간별로 분석한 결과 인체 중심의 변화에 있어 수평거리가 긴 선수일수록 낮은 위치에서 오픈 동작이 이루어져 입수 시간에 여유가 없는 것으로 나타났고, 또한 인체중심의 수직속도가 늦고 수평 속도가 빠른 것으로 나타났으며 수직 거리가 큰 피험자일수록 인체중심의 수직 속도가 빠르며 하지분절의 속도가 빠른 것으로 이종희 (2000)는 보고하고 있으며 김용진(2003)은 플랫폼 Back 1½회전 동작의 운동학적 분석을 통해 다이빙 동작을 완벽하게 구사하기 위해서는 높은 도약으로 높은 위치에서 공중 동작을 수행하여야 하며 이에 따른 높은 도약을 하기 위해서는 하지분절의 수직 속도를 크게 하고 투사각을 수직에 가깝게 해야 한다고 보고 하였다.

플랫폼 다이빙 종목 403B기술의 take - off동작 분석에서 홍명희(2007)는 take - off부분의 수직속도는 크지 않으며 대퇴분절 보다는 상지분절이 회전에 더 큰 영향을 미친다고 보고 하였다.

강민경(2009)은 플랫폼 다이빙 종목 303(B) take - off 동작의 운동학적 분석을 통해 신체중심 높이에서 높은 수직변위를 확보하고 빠른 수직 속도로 인해서 높은 위치에서 동작을 수행할 수 있으며 하지분절의 속도가 빠르게 상승해야 회전 속도가 빠르게 이루어져 여유 있는 입수를 준비할 수 있다고 보고 하였다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 피험자는 전국 대회 참가 경력이 있는 제주특별자치도 초등학교 대표 선수 6명을 연구 대상으로 선정하였으며 이 선수들의 신체적 특성과 개인적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자 신체적 특성

대상자(Subject)	나이(yrs)	신장(cm)	체중(kg)	경력(yrs)
SGK	13	145	36	4
YBK	13	148	36	4
HGK	12	135	29	4
MBK	13	146	37	2
HJK	13	139	30	2
HAK	13	137	29	2
M±SD	12.83±0.41	141.67±5.35	32.83±3.87	3.00±1.10

2. 실험도구

본 연구에 필요한 실험도구는 <표 2>와 같이 영상촬영장비와 영상분석 장비로 구성하였다.

표 2. 실험장비

장비	모델명	제조회사	비고
디지털캠코더(Mini DV)	HDR-HC7/HDV 1080i	SONY	4대
디지털캠코더 삼각대	055XDB	MANFROTTO	4개
통계점틀	2m×2m×1m	VISOL	-
Photo Electric Sensor	BX5M-MDT	-	2개
LED모듈	MP-20B	MATIN	3개
조명등	-	VISOL	4개
A/D sync box	VSAD-101-USB-V2	VISOL	1대
Kwon3D	Motion Analysis Package ver3.016	VISOL	-

1) 영상 촬영 장비

본 연구에서 3차원 영상 촬영을 위하여 SONY사의 HDR-HC7의 디지털 캠코더와 조명등을 삼각대에 부착시켜 약 1.5M 높이로 고정하고, 디지털 캠코더의 장면설정에서 배경을 부드럽게 하면서 인물을 강조하기 위하여 인물(부드러운 초상화)모드로 설정 하였고, 노출시간은 피사체가 받고 어두움에 따라 조절 할 수 있도록 수동으로 설정하여 실험 환경에 적합하게 조절하였으며, 셔터속도는 수동으로 설정하여 120frame/sec로 촬영하였다.

2) 영상 분석 장비

본 연구에서의 영상분석 장비는 (주)비솔의 Kwon3D Motion Analysis Package ver 3.016 프로그램이 장착된 PC를 이용하여 운동 분석에서 선별된 신체부위(분석 대상점)의 실제위치를 계측하는 방법 중 하나인 경험적(empirical)방식 중 대표적인 DLT(Direct Linear Transformation)방식을 이용하여 피사점의 실 좌표와 상점의 상평면좌표 사이에 존재하는 변환식과 실 좌표를 이미 아는 통제점틀을 이용하여 변환식의 계수를 계산하여 보행의 운동학적 변인에 대한 자료를 산출 하였다.

3. 실험절차

본 실험은 제주 실내 수영장에 설치되어있는 5M 플랫폼에서 실시하였으며, 다이빙 Reverse dive 동작을 촬영 하기위해 3차원 공간 좌표를 설정하기 위하여 통제점이 표시된 직사각형 통제점틀(2m×2m×1m)을 5M 플랫폼 보드에 설치하였다. 디지털 캠코더 및 조명등은 통제점틀 및 실험장면을 완전히 포착할 수 있는 범위에서 좌·우 대각선 방향으로 카메라와 동일선상에서 비추지 않도록 삼각대로 고정시켜 설치하였으며 디지털 캠코더의 속도는 120frame/sec로 하고, 노출시간(exposure time)은 1/500초로 설정한 후 통제점틀을 약1분간 촬영한 다음 통제점틀을 제거하였다. 또한 영상분석 시 활용할 자료를 얻기 위하여 테이핑(taping)을 부착한 실험대상자에게 해부학적 자세를 취하게 한 뒤 약 5초 동안 촬영하였다. 실험대상자는 인체관절 점 지점에 테이핑을 부착하였고 촬영 전 실험 상황에 의식하지 않도록 충분한 연습을 한 후 Reverse dive 동작을 1인당 총 4회 실시하게 한 후 다이빙 심판 자격증 있는 지도자 3명 점수를 합산하여 가장 높은 점수를 획득한 동작을 선정하여 분석하였다. 동작진행 방향을 Y축, 수직방향을 Z축, Z축에서 Y축 으로의 좌·우 방향을 X축으로 설정하였다.

4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료분석 절차

1) 인체 관절점의 좌표화

본 연구에서 인체모형 설계의 번호순으로 좌표화하고 매 프레임마다 이 과정을 반복하며, 한 프레임을 좌표화 할 때마다 컴퓨터에 파일로 저장하였다. 본 연구에서의 인체 분절 자료(Body Segment Parameters)는 Plagenhoef(1983)의 자료를 사용하였고 좌표화를 위한 인체 위치는 총 24개로 다음과 같다. 좌·우 발끝(Toe), 좌·우 뒤꿈치(Heel), 좌·우 외과(Lateral Malleous), 좌·우 내과(Medial Malleous), 좌·우 정강이 중앙(Mid Shank), 좌·우 외측상과(Lateral Epicondyle), 좌·우 내측상과(Medial Epicondyle), 좌·우 대퇴중앙(Mid Thigh), 좌·우 대전자(Greater Trochanter), 좌·우 상전장골극(ASIS), 선골(Sacrum), 좌·우 어깨(Shoulder), 7번 경추(7th Cervical vertebrae) 이며 순서는 <그림 3>와 <표 3> 과 같다.



그림 3 테이핑 부착위치

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 좌표계산

동조된 2차원 좌표 쌍으로부터 3차원 좌표 계산은 Abdel-Aziz와 Kararah(1971)의 DLT(direct linear transformation) 방법을 이용하였고 통제점의 디지털화 좌표값과 실공간 좌표 값으로부터 DLT 계수를 구하였다. DLT 계수와 인체 관절의 2차원 좌표를 이용하여 3차원 실공간 좌표를 얻었다. 3차원 좌표값을 계산할 때 여러 가지 원인에 의해 노이즈(noise)가 발생하는데, 이러한 노이즈에 의한 오차를 제거하기 위하여 스무딩(smoothing)을 수행하였다. 본 연구에서는 저역 통과 필터(lowpass filter) 방법에 의해 스무딩하고, 차단 주파수는 60Hz로 설정하였다.

3) 인체좌표계(지역좌표계) 설정

힙프, 무릎, 발목 관절 중심의 계산과 근위분절에 대한 원위분절의 상대 자세변인의 계산을 위한 인체좌표계(지역좌표계) 설정 방법은 <그림 4>과 같다. 하퇴의 지역좌표계는 대퇴에서 정의된 지역좌표계와 동일한 방법으로 설정하였다.

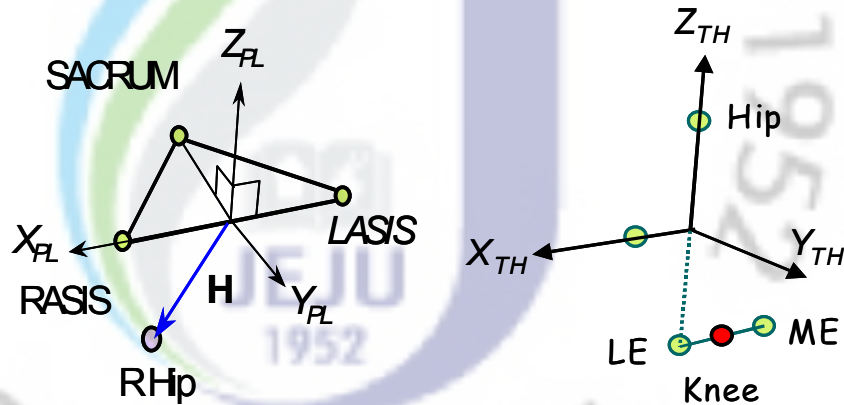


그림 4. 골반과 대퇴에서 정의된 인체좌표계

4) 관절 중심 계산 방법

(1) 힙프 관절 중심

발, 무릎, 힙프 관절 중심은 Tylkowsky 방식(Tylkowski, Simon & Mansour, 1982)을 사용하여 계산한다. 힙프 관절 중심의 계산 방법은 <그림 5>와 같고, 무릎 관절 중심의 계산 방법은 <그림 4>와 같다. 발목 관절 중심의 계산 방법은 무릎 관절 중심의 계산 방법과 동일하다.

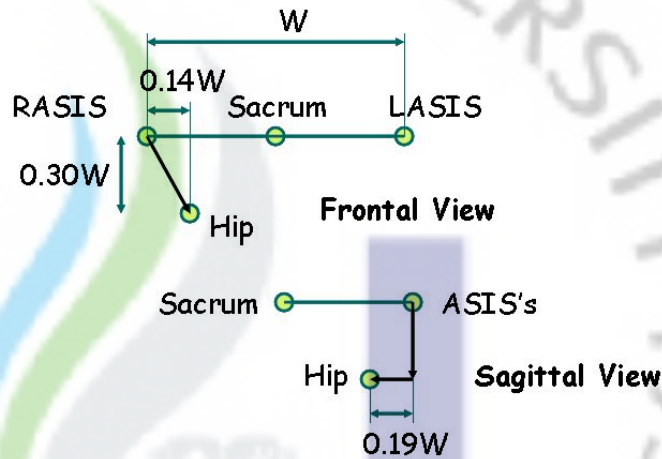


그림 5. 히프 관절 중심의 계산
(Tylkowski, Simon & Mansour, 1982)

(2) 슬관절 및 발목 관절 중심

히프 관절 중심과 lateral epicondyle의 좌표, thigh AP axis 벡터 등을 이용하여 계산하였다.
(Davis et al., 1991).

$$XK = 0$$

$$YK = S \text{ (테이핑의 반경 + } 0.5 \times \text{ 무릎의 넓이)}$$

$$ZK = 0$$

S : +1(오른쪽 부분), -1(왼쪽 부분)

XK, YK, ZK : 대퇴 좌표계에 대한 무릎 관절 중심의 위치

발목 관절 중심은 무릎 중심 관절 계산과 같은 방법으로 계산하였다.

5) 변인 산출

(1) 시간변인

본 연구에서의 국면별 시간변인은 각각의 프레임 간의 시간 간격이 0.017초 이므로 각 국면별 이벤트 시작점 (D1)부터 이벤트 마지막지점(D2)까지의 프레임수를 계산하여 각 프레임 수에 0.0017초를 곱하여 구한다.

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

(2) 선 운동 변인

본 연구에서 분석한 선 운동 변인은 신체중심 위치, 속도이다. 우선 전신의 신체의 신체중심위치는 전역 좌표계의 대한 각 분절의 중심 위치를 통해 얻어진다. 전역좌표계에 대한 각 분절을 구성하는 좌표점의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대하여 I의 중심좌표 cg_i 는

$$= P_i + (D_i - P_i)P_j / 100$$

(P_i 는 I번째 분절의 근위단 좌표, D_i 는 I번째 분절의 원위단 좌표, P_i 는 분절 기이의 백분율로 표시된 근위단 으로부터 중심까지의 거리)로 구할 수 있으며 좌표계에 대한 각 분절 중심의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대한 무게중심위치

$$CG = \sum_{i=1}^5 (\cdot m_i) / M$$

(\cdot 는 I번째 분절의 무게 중심 위치, m 은 전체 질량의 백분율로 표시된 I번째 분절의 질량 m 은 인체 측정학 자료의 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체질량)으로 구할 수 있다.

위에 방법에 의해 산출된 전신의 신체 중심의 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 구하고 이차 미분하여 가속도 함수 $S''(t)$ 를 얻음으로써 신체 중심 속도와 가속도를 산출 한다.

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

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

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

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

(3) 각운동 변인

본 연구에서 각도는 발목 관절, 무릎관절, 고관절에 대하여 각 관절의 굴곡-신전 각을 산출할 수 있으며 이러한 관절각에 대하여 각속도를 계산한다. 우선 각 관절각은 각도를 구성하는 두 벡터의 내적(dotproduct)을 이용하여 구한다. 즉 내적의 정의에 의해 두 벡터 $U(X_i, X_j, X_k)$ 와 $V(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각 Θ 는

$$\cos\Theta = \frac{U \cdot V}{|U| \cdot |V|} = \frac{X_i Y_i + X_j Y_j + X_k Y_k}{\sqrt{X_i^2 + X_j^2 + X_k^2} \cdot \sqrt{Y_i^2 + Y_j^2 + Y_k^2}}$$

로 정의되므로 계산된 $\cos\Theta$ 의 값을 X라고 하면 $\Theta = \arccos X$ 로 구한다.

★ 고관절각의 계산

대퇴의 분절 벡터 $\vec{S}_{sh}(X_i, X_j, X_k)$ 와 상체 분절 벡터 $\vec{S}_v(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각

$$\gamma = \arccos \frac{\vec{S}_{fo} \cdot \vec{S}_{sh}}{|\vec{S}_{fo}| \cdot |\vec{S}_{sh}|}$$

★ 슬관절각

하퇴의 분절 벡터 $\vec{S}_{sh}(X_i, X_j, X_k)$ 와 $-\vec{S}_{th}(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각

$$\beta = \arccos \frac{\vec{S}_{sh} \cdot \vec{S}_{th}}{|\vec{S}_{sh}| \cdot |\vec{S}_{th}|}$$

★ 발목관절각의 계산

발의 분절 벡터 $\vec{S}_{fo}(X_i, X_j, X_k)$ 와 $-\vec{S}_{sh}(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각

$$\alpha = \arccos \frac{\vec{S}_{fo} \cdot \vec{S}_{sh}}{|\vec{S}_{fo}| \cdot |\vec{S}_{sh}|}$$

5. 이벤트 및 분석 국면

본 연구에서 분석 구간은 도약순간 부터 입수준비동작 까지 이벤트는 총 4개로 설정하였고 분석 국면은 3개의 국면으로 나누어 분석하였다.



그림 6. 주요이벤트 및 국면

1) Event

- ① Event I : 다이빙 동작을 시작하려는 순간
- ② Event II : 양발이 플랫폼 보드에서 떨어지는 도약 순간
- ③ Event III : 최고 높이로 도약이 된 순간
- ④ Event IV : 입수직전 입수를 준비하는 오픈동작

2) Phase

- ① Phase I (PTO : Preparing Take off) : Event I 에서 Event II까지 의 구간
- ② Phase II (TOP : Take Off Phase) : Event II 에서 Event III까지 의 구간
- ③ Phase III (OPP : Open Phase) : Event III 에서 Event IV까지 의 구간

IV. 연구결과

본 연구는 전국대회 참가 경력이 있는 제주특별자치도 초등학교 대표 다이빙 선수 6명을 대상으로 플랫폼 다이빙 Reverse dive(B) 동작을 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 요인을 분석한 것으로 국면별 소요시간 및 신체중심위치, 속도변화, 상지·하지분절의 각운동 변인을 분석하였고 분석결과는 다음과 같다.

1. Revers dive(B) 동작의 국면별 시간변인

Revers dive(B) 동작의 국면별 소요시간은 <표 4> 와 <그림 7> 과 같다.

표 4. 국면별 소요시간

(단위:sec)

subject	phase 1	phase 2	phase 3	total
SGK	0.72	0.17	0.33	1.22
YBK	0.62	0.20	0.43	1.25
HGK	0.55	0.17	0.33	1.05
MBK	0.68	0.15	0.35	1.18
HJK	0.58	0.13	0.45	1.17
HAK	0.60	0.13	0.38	1.12
M \pm SD	0.63 \pm 0.06	0.16 \pm 0.03	0.38 \pm 0.05	1.16 \pm 0.07

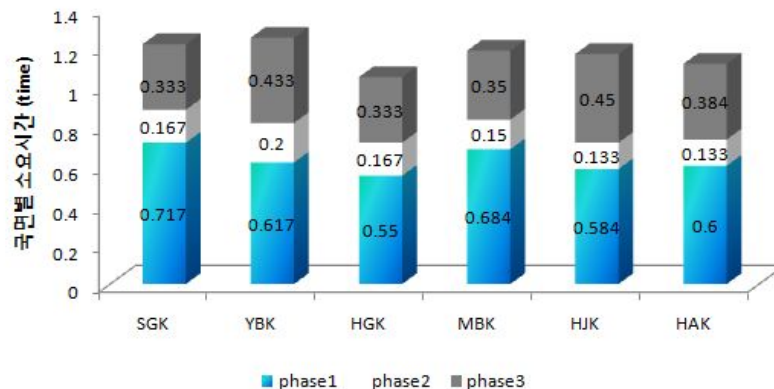


그림 7 국면별 소요시간

Reverse dive(B) 종목의 따른 국면별 소요시간은 SGK가 총소요시간 1.22sec로 phase 1일 때 0.72sec, phase 2일 때 0.17sec, phase 3일 때 0.33sec로 나타났으며, YBK는 총소요시간 1.25sec로 phase 1일 때 0.62sec, phase 2일 때 0.20sec phase 3일 때 0.43sec로 나타났고, HGK가 총소요시간 1.05sec이며 phase 1일 때 0.55sec, phase 2일 때 0.17sec, phase 3일 때 0.33sec로 나타났다. 또 MBK는 총소요시간 1.18sec로 phase 1일 때 0.68sec, phase 2일 때 0.15sec, phase 3일 때 0.35sec로 나타났으며, HJK는 총소요시간 1.17sec로 phase 1일 때 0.58sec, phase 2일 때 0.13sec, phase 3일 때 0.45sec로 나타났고, 마지막으로 HAK는 총소요시간 1.12sec로 phase 1일 때 0.60sec, phase 2일 때 0.13sec, phase 3일 때 0.38sec로 나타냈다. 즉 전체 소요시간을 비교해 볼 때 YBK가 총소요시간 1.25sec로 가장 긴 시간이 소요되었고 HGK는 총소요시간 1.05sec로 가장 적은 시간이 소요 되었다. 국면별 소요시간을 비교해 보면 phase 1은 0.72sec로 A가 가장 긴 소요시간을, HGK가 0.55sec 가장 적은 시간이 소요시간 이 나타났다. phase 2는 YBK가 0.20sec로 가장 긴 시간을 소요하였고 HJK와 HAK가 0.13sec로 가장 적은 시간이 소요되었다. phase 3에서는 HJK가 0.45sec로 가장 긴 소요 시간을 SGK와 HGK가 가장 적은 소요시간인 0.33sec로 나타냈다.

2. Revers dive(B) 동작의 선운동 변인

선운동 변인은 신체중심위치 높이변화와 신체중심의 수평이동거리, 신체 중심 속도변화이며 각 Event별로 높이와 거리 속도 변화는 다음과 같다.

1) 신체중심 수평이동거리

Event 별 신체중심 이동거리는 <표 5>와 <그림 8>과 같다.

표 5. 신체중심 수평이동거리 (단위 cm)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	179.9	204.5	230.9	271.9
YBK	181.8	205.3	233.8	280.1
HGK	180.7	200.7	225.2	263.1
MBK	179.0	211.8	240.5	296.8
HJK	176.5	207.7	230.7	291.5
HAK	178.5	206.8	229.1	280.7
M _± SD	179.4 _± 1.85	206.1 _± 3.68	231.7 _± 5.15	280.7 _± 12.36

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 신체이동거리는 SGK가 Event 1일 때 179.9cm, Event 2일 때 204.5cm, Event 3일 때 230.9cm, Event 4일 때 271.9cm 으로 나타났으며, YBK는 Event 1일 때 181.8cm, Event 2일 때 205.3cm, Event 3일 때 233.8cm, Event 4일 때 280.1cm으로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 180.7cm이며 Event 2일 때 200.7cm, Event 3일 때 225.2cm, Event 4일 때 263.1cm로 나타났다. 또 MBK가 Event 1일 때 179.0cm, Event 2일 때 211.8cm, Event 3일 때 240.5cm, Event 4일 때 296.8cm로 나타났으며, HJK는 Event 1 176.5cm로 Event 2일 때 207.7cm, Event 3일 때 230.7cm, Event 4일 때 291.5cm로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 178.5cm, Event 2일 때 206.8cm, Event 3일 때 229.1cm, Event 4일 때 280.7cm로 나타났다. 즉 Event별 신체이동거리를 비교해 보면 MBK가 Event 4에서 296.8cm로 플랫폼에서 가장 먼 신체이동 거리를 나타냈고, HGK가 263.1cm로 플랫폼에서 가장 가까운 신체이동 거리를 나타냈다.

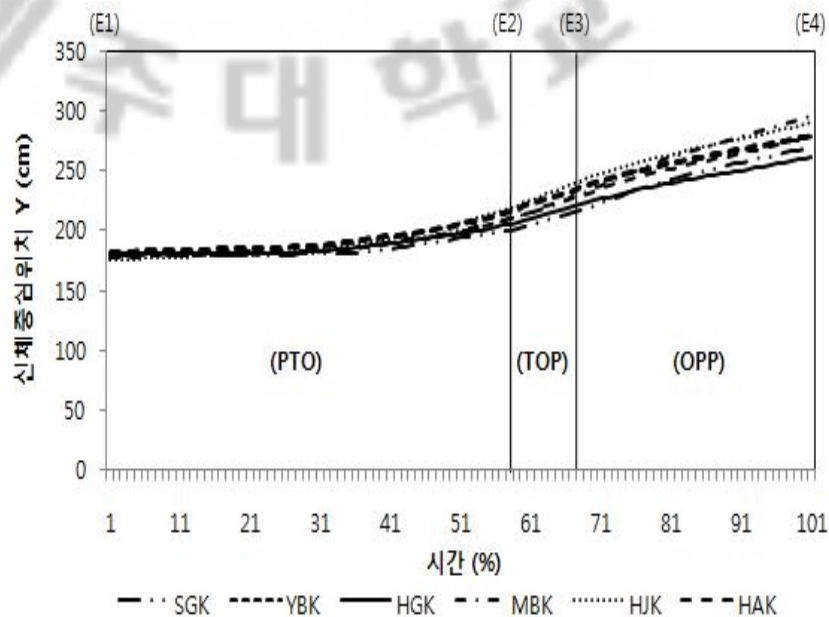


그림 8 신체중심 수평이동거리

2) 신체 중심 높이 변화

Event별 신체 중심 높이 변화는 다음 <표 6>과 <그림 9>과 같다.

표 6. 신체중심 높이변화

(단위 cm)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	79.69	85.72	109.09	83.36
YBK	86.68	91.57	119.02	50.96
HGK	74.41	81.69	107.46	83.12
MBK	85.77	87.10	106.86	78.57
HJK	78.26	86.56	102.60	36.71
HAK	81.10	83.55	101.43	63.65
M ± SD	80.99 ± 4.64	86.03 ± 3.38	107.74 ± 6.26	66.06 ± 19.19

Revers dive(B) 종목의 다른 Event별 신체중심 높이는 SGK가 Event 1일 때 79.69cm, Event 2일 때 85.72cm, Event 3일 때 109.09cm, Event 4일 때 83.36cm 으로 나타났으며, YBK는 Event 1일때 86.68cm, Event 2일 때 91.57cm, Event 3일 때 119.02cm, Event 4일 때 50.96cm으로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 74.41cm이며 Event 2일 때 81.69cm, Event 3일 때 107.46cm, Event 4일 때 83.12cm로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 85.77cm Event 2일 때 87.10cm Event 3일 때 106.86cm Event 4일 때 78.57cm로 나타났으며, HJK는 Event 1일때 78.26cm로 Event 2일 때 86.56cm, Event 3일 때 102.60cm, Event 4일 때 36.71cm로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 81.1cm, Event 2일 때 83.55cm, Event 3일 때 101.43cm, Event 4일 때 63.65cm로 나타났다. 즉 Event별 신체중심 높이를 비교해 볼 때 YBK가 Event 3에서 보면 119.02cm로 플랫폼에서 가장 높은 신체중심 높이를 나타냈고, HAK가 101.43cm로 플랫폼에서 가장 낮은 신체중심 높이를 나타냈다.

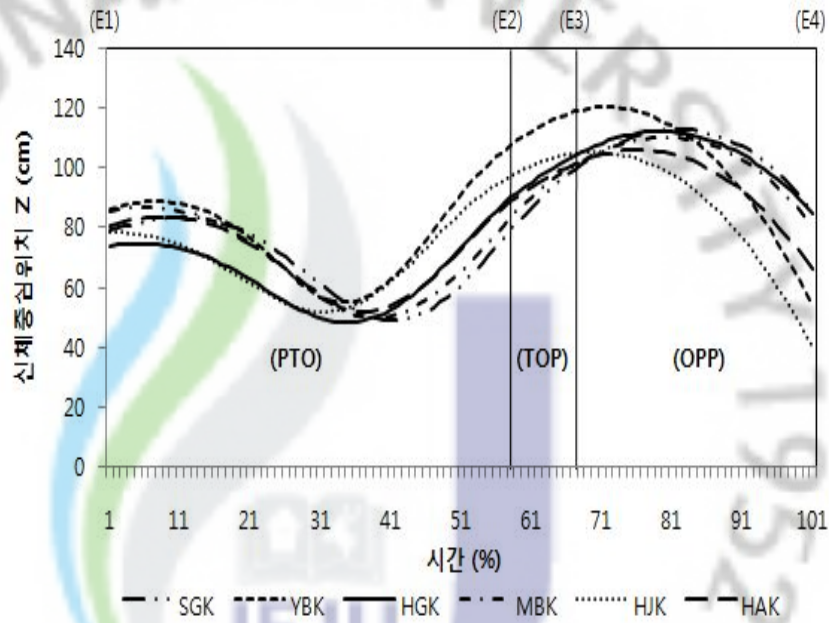


그림 9 신체중심 높이

3) 신체중심 속도변화

(1) 수평속도변화

Event 별 신체중심 수평속도 변화는 다음 <표 7>과<그림 10>와 같다.

표 7. 신체중심 수평속도변화

(단위 cm/sec)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	6.80	115.45	168.07	115.56
YBK	22.86	106.48	149.59	87.69
HGK	0.10	107.77	152.73	108.59
MBK	16.46	151.95	210.22	143.63
HJK	16.01	137.09	194.69	123.58
HAK	16.16	148.40	176.98	121.58
M _± SD	13.07 _± 8.16	127.86 _± 20.50	175.38 _± 23.75	116.77 _± 18.47

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 신체중심 수평속도 변화는 SGK가 Event 1일 때 6.80cm/sec, Event 2일 때 115.45cm/sec, Event 3일 때 168.07cm/sec, Event 4일 때 115.56cm/sec 으로 나타났으며, YBK는 Event 1일때 22.86cm/sec, Event 2일 때 106.48cm/sec, Event 3일 때 149.59cm/sec, Event 4일 때 87.69cm/sec으로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 0.10cm/sec이며 Event 2일 때 107.77cm/sec, Event 3일 때 149.59cm/sec, Event 4일 때 108.59cm/sec로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 16.46cm/sec Event 2일 때 151.95cm/sec Event 3일 때 210.22cm/sec Event 4일 때 143.63cm/sec로 나타났으며, HJK는 Event 1일때 16.46cm/sec로 Event 2일 때 137.09cm/sec, Event 3일 때 194.69cm/sec, Event 4일 때 123.58cm/sec로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 16.16cm/sec, Event 2일 때 148.4cm/sec, Event 3일 때 176.98cm/sec, Event 4일 때 121.58cm/sec로 나타났다. 즉 Event별 신체중심 수평속도를 비교해 볼 때 MBK가 Event 3에서 보면 210.22cm/sec로 가장 빠른 신체중심 수평속도를 나타냈고, YBK가 149.59cm/sec로 가장 느린 신체중심 수평속도를 나타냈다.

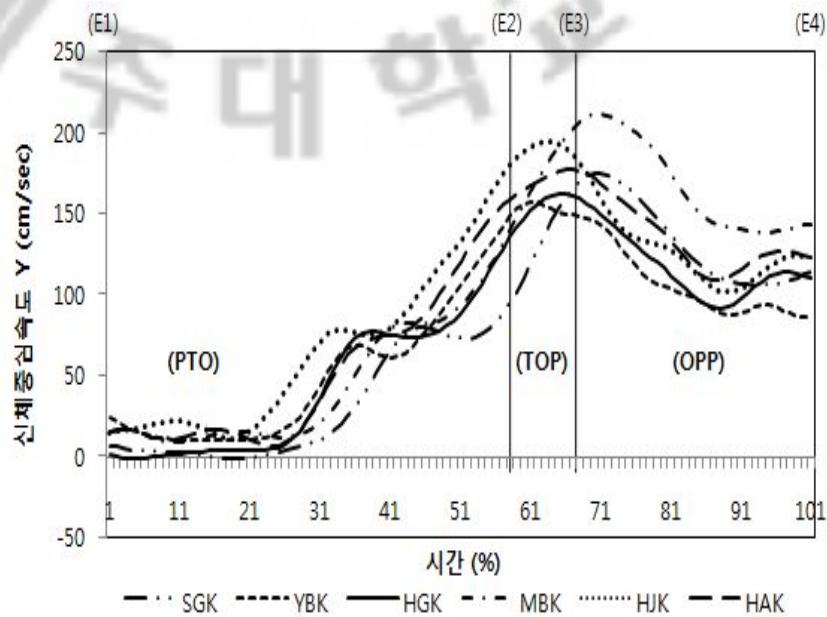


그림 10 신체중심 수평속도

(2) 수직속도 변화

Event 별 신체중심 수직속도 변화는 다음 <표 8>과<그림 11> 같다.

표 8. 신체중심 수직속도변화 (단위cm/sec)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	46.68	201.81	76.91	-257.65
YBK	61.05	230.01	54.47	-383.80
HGK	16.29	226.63	93.21	-242.84
MBK	39.63	204.51	76.30	-256.63
HJK	-14.76	178.14	69.29	-383.42
HAK	55.47	195.11	85.66	-295.28
M _± SD	34.06 _± 28.55	206.04 _± 19.58	75.97 _± 13.41	-303.27 _± 64.62

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 신체중심 수직속도 변화는 SGK가 Event 1일 때 46.68cm/sec, Event 2일 때 201.81cm/sec, Event 3일 때 76.91cm/sec, Event 4일 때 -257.65cm/sec 으로 나타났으며, YBK는 Event 1일때 61.05cm/sec, Event 2일 때 230.01cm/sec, Event 3일 때 54.47cm/sec, Event 4일 때 -383.8cm/sec으로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 16.29cm/sec이며 Event 2일 때 226.63cm/sec, Event 3일 때 93.21cm/sec, Event 4일 때 -242.84cm/sec로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 39.63cm/sec Event 2일 때 204.51cm/sec Event 3일 때 76.30cm/sec Event 4일 때 -256.63cm/sec로 나타났으며, HJK는 Event 1일때 -14.76cm/sec로 Event 2일 때 178.14cm/sec, Event 3일 때 69.29cm/sec, Event 4일 때 -383.42cm/sec로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 55.47cm/sec, Event 2일 때 195.11cm/sec, Event 3일 때 85.66cm/sec, Event 4일 때 -295.28 cm/sec로 나타났다. 즉 Event별 신체중심 수직속도를 비교해 볼 때 YBK가 Event 2에서 보면 230.01cm/sec로 가장 빠른 신체중심 수직속도를 나타냈고, HAK가 178.14cm/sec로 가장 느린 신체중심 수직속도를 나타냈다.

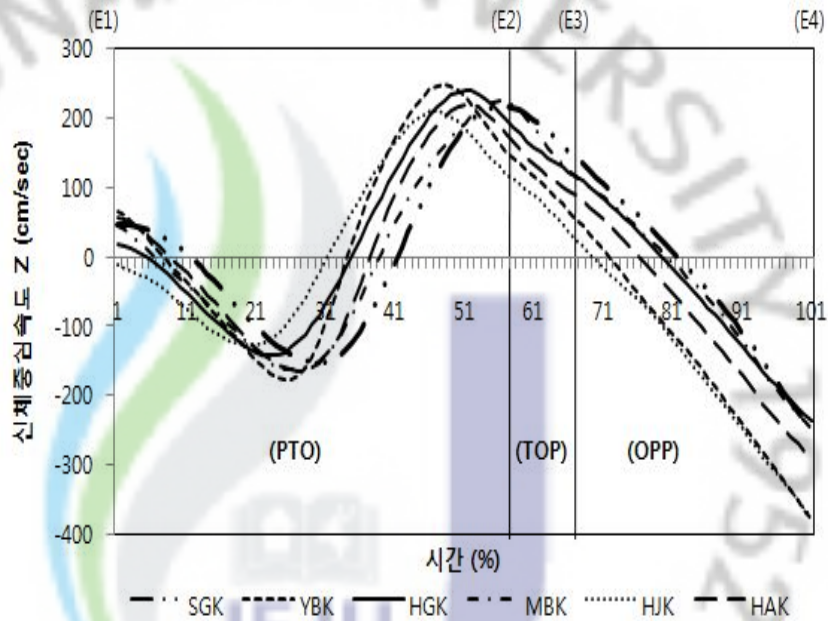


그림 11 신체중심 수직속도

(3) 상지분절의 속도

상지분절의 속도변화는 전완, 상완의 수직 속도를 나타냈으며 Event별 속도변화는 다음<표 9>,<표 10> <그림 12>,<그림 13>와 같다.

표 9. 전완분절의 속도변화

(단위cm/sec)

subject	Event			
	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	-42.46	337.99	-148.09	-365.23
YBK	46.45	408.85	-93.33	.509.20
HGK	-27.81	344.36	-82.93	-315.80
MBK	-68.39	312.68	-67.75	-341.77
HJK	-98.42	199.74	30.92	-531.34
HAK	31.29	313.05	-6.55	-383.07
$M \pm SD$	-26.56 ± 56.29	319.45 ± 68.37	-61.29 ± 64.14	-407.74 ± 90.32

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 전환분절의 속도 변화는 대상자 SGK가 Event 1일 때 -42.46cm/sec, Event 2일 때 337.99cm/sec, Event 3일 때 -148.09cm/sec, Event 4일 때 -365.23cm/sec으로 나타났으며, 대상자 YBK는 Event 1일 때 46.45cm/sec, Event 2일 때 408.85cm/sec, Event 3일 때 -93.33cm/sec, Event 4일 때 -509.20cm/sec으로 나타났고, 대상자 HGK는 Event 1일 때 -27.81cm/sec이며 Event 2일 때 344.36cm/sec, Event 3일 때 -82.93cm/sec, Event 4일 때 -315.80cm/sec로 나타났다. 대상자 MBK가 Event 1일 때는 -68.39cm/sec Event 2일 때 312.68cm/sec Event 3일 때 -67.75cm/sec Event 4일 때 -341.77cm/sec로 나타났으며, 대상자 HJK는 Event 1일 때 -98.42cm/sec로 Event 2일 때 199.74cm/sec, Event 3일 때 30.92cm/sec, Event 4일 때 -531.34cm/sec로 나타났고, 마지막으로 대상자 HAK는 Event 1일 때 31.29cm/sec, Event 2일 때 313.05cm/sec, Event 3일 때 -6.55cm/sec, Event 4일 때 -383.07cm/sec로 나타났다. 즉 Event별 전환분절의 속도를 비교해 볼 때 YBK가 Event 2에서 살펴보면 408.85cm/sec로 가장 빠른 전환분절의 속도를 나타냈고, HJK가 199.74cm/sec로 가장 느린 전환분절의 속도를 나타냈다.

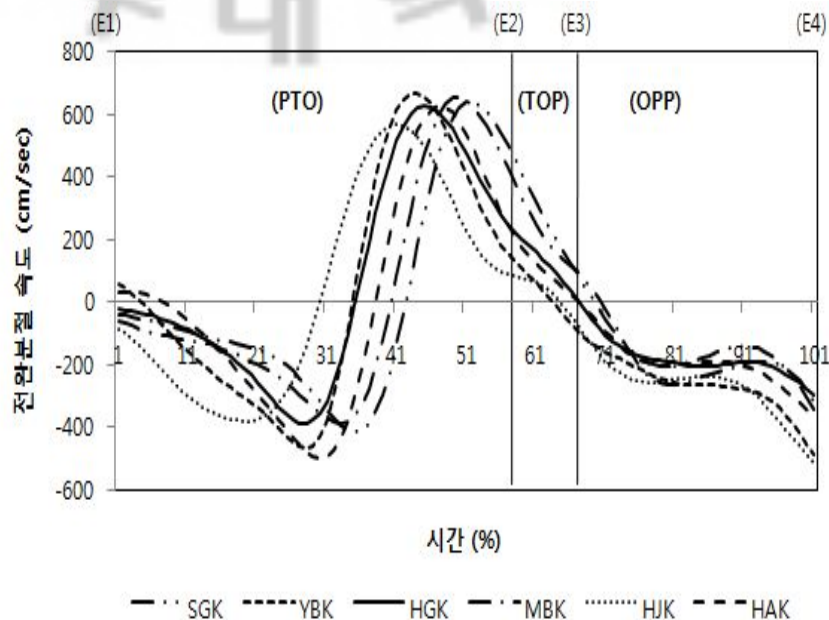


그림 12 전환분절의 속도

표 10. 상완분절의 속도변화

(단위cm/sec)

Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
subject				
SGK	22.82	278.16	-64.46	-342.70
YBK	52.08	305.31	-51.18	-491.64
HGK	6.80	281.06	-49.70	-316.07
MBK	7.42	264.75	-34.23	-356.69
HJK	-40.87	203.75	-1.70	-520.80
HAK	62.25	240.76	12.88	-377.00
M _± SD	18.42 _± 37	262.30 _± 35.64	-31.40 _± 30.56	-400.82 _± 84.52

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 상완분절의 속도 변화는 대상자 SGK가 Event 1일 때 22.82cm/sec, Event 2일 때 278.16cm/sec, Event 3일 때 -64.46cm/sec, Event 4일 때 -342.70cm/sec로 나타났으며, 대상자 YBK는 Event 1일 때 52.08cm/sec, Event 2일 때 305.31cm/sec, Event 3일 때 -51.18cm/sec, Event 4일 때 -491.64cm/sec로 나타났고, 대상자 HGK는 Event 1일 때 6.80cm/sec이며 Event 2일 때 281.06cm/sec, Event 3일 때 -49.70cm/sec, Event 4일 때 -316.07cm/sec로 나타났다. 대상자 MBK가 Event 1일 때는 7.42cm/sec Event 2일 때 264.75cm/sec Event 3일 때 -34.23cm/sec Event 4일 때 -356.69cm/sec로 나타났으며, 대상자 HJK는 Event 1일 때 -40.87cm/sec로 Event 2일 때 203.75cm/sec, Event 3일 때 -1.7cm/sec, Event 4일 때 -520.8cm/sec로 나타났고, 마지막으로 대상자 HAK는 Event 1일 때 62.25cm/sec, Event 2일 때 240.76cm/sec, Event 3일 때 12.88cm/sec, Event 4일 때 -377cm/sec로 나타났다. 즉 Event별 상완분절의 속도를 비교해 볼 때 YBK가 Event 2에서 살펴보면 305.31cm/sec로 가장 빠른 상완분절의 속도를 나타냈고, HJK가 203.75cm/sec로 가장 느린 상완분절의 속도를 나타냈다.

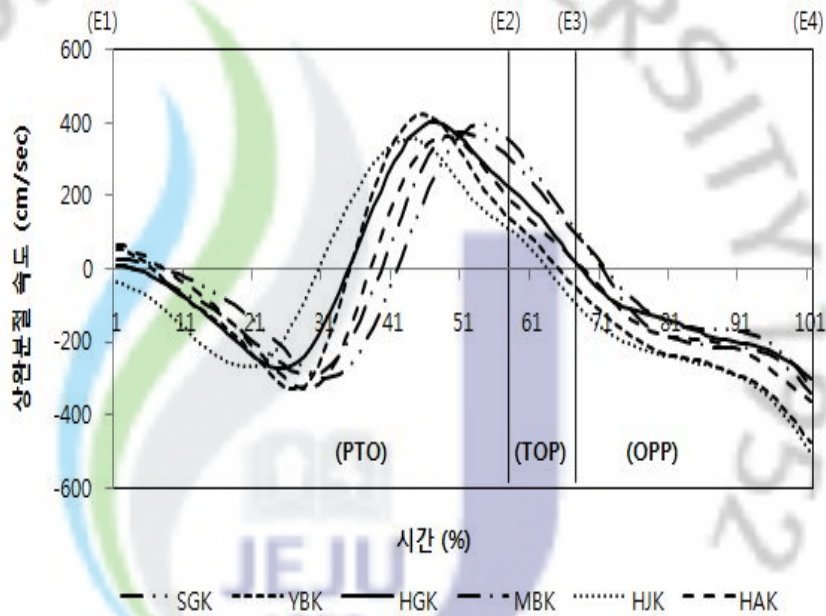


그림 13 상완분절의 속도

(4) 하지분절의 속도

상지분절의 속도변화는 대퇴, 하퇴의 수직 속도를 나타냈으며 Event별 속도변화는 다음<표 11>, <표 12>와 <그림 14>, <그림 15>와 같다.

표 11. 대퇴분절의 속도변화

(단위cm/sec)

Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
subject				
SGK	53.24	186.46	101.6	-231.41
YBK	69.19	212.59	68.95	-328.65
HGK	23.85	213.91	105.29	-226.82
MBK	53.20	203.33	90.82	-233.05
HJK	-10.75	182.44	68.73	-336.22
HAK	61.26	189.42	86.49	-242.59
M _± SD	41.67 ± 29.91	198.03 ± 13.74	86.98 ± 15.63	-266.46 ± 51.42

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 대퇴분절의 속도변화는 대상자 SGK가 Event 1일 때 53.24cm/sec, Event 2일 때 186.46cm/sec, Event 3일 때 101.60cm/sec, Event 4일 때 -231.41cm/sec로 나타났으며, 대상자 YBK는 Event 1일 때 69.19cm/sec, Event 2일 때 212.59cm/sec, Event 3일 때 68.95cm/sec, Event 4일 때 -328.65cm/sec로 나타났고, 대상자 HGK는 Event 1일 때 23.85cm/sec이며 Event 2일 때 213.91cm/sec, Event 3일 때 105.29cm/sec, Event 4일 때 -226.82cm/sec로 나타났다. 대상자 MBK가 Event 1일 때는 53.20cm/sec Event 2일 때 203.33cm/sec Event 3일 때 90.82cm/sec Event 4일 때 -233.05cm/sec로 나타났으며, 대상자 HJK는 Event 1일 때 -10.75cm/sec로 Event 2일 때 182.44cm/sec, Event 3일 때 68.73cm/sec, Event 4일 때 -336.22cm/sec로 나타났고, 마지막으로 대상자 HAK는 Event 1일 때 61.26cm/sec, Event 2일 때 189.42cm/sec, Event 3일 때 86.49cm/sec, Event 4일 때 -242.59cm/sec로 나타났다. 즉 Event별 대퇴분절의 속도를 비교해 볼 때 HGK가 Event 3에서 살펴 보면 105.29cm/sec로 가장 빠른 대퇴분절의 속도를 나타냈고, HJK가 68.73cm/sec로 가장 느린 대퇴분절의 속도를 나타냈다.

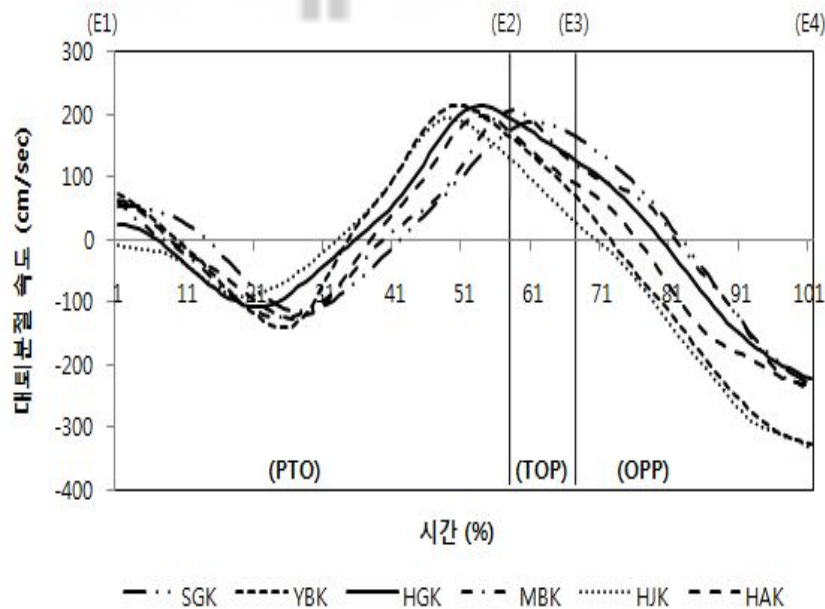


그림 14 대퇴분절의 속도

표 12. 하퇴분절의 속도변화

(단위cm/sec)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	45.15	149.11	244.09	203.33
YBK	66.20	190.71	202.55	-300.50
HGK	23.39	189.73	263.99	-199.88
MBK	50.04	163.70	203.83	-197.53
HJK	-9.38	151.41	166.50	-309.84
HAK	52.81	163.51	197.33	-227.43
M _± SD	38.04 _± 27.09	168.03 _± 18.21	213.05 _± 35.12	-239.75 _± 51.87

Revers dive(B) 종목의 다른 Event별 하퇴분절의 속도변화는 대상자 SGK가 Event 1일 때 45.15cm/sec, Event 2일 때 149.11cm/sec, Event 3일 때 244.09cm/sec, Event 4일 때 -203.33cm/sec로 나타났으며, 대상자 YBK는 Event 1일 때 66.20cm/sec, Event 2일 때 190.71cm/sec, Event 3일 때 202.55cm/sec, Event 4일 때 -300.5cm/sec로 나타났고, 대상자 HGK는 Event 1일 때 23.39cm/sec이며 Event 2일 때 189.73cm/sec, Event 3일 때 263.99cm/sec, Event 4일 때 -199.88cm/sec로 나타났다. 대상자 MBK가 Event 1일 때는 50.04cm/sec Event 2일 때 163.70cm/sec Event 3일 때 203.83cm/sec Event 4일 때 -197.53cm/sec로 나타났으며, 대상자 HJK는 Event 1일 때 -9.38cm/sec로 Event 2일 때 151.41cm/sec, Event 3일 때 166.50cm/sec, Event 4일 때 -309.84cm/sec로 나타났고, 마지막으로 대상자 HAK는 Event 1일 때 52.81cm/sec, Event 2일 때 163.51cm/sec, Event 3일 때 197.33cm/sec, Event 4일 때 -227.43cm/sec로 나타났다. 즉 Event별 하퇴분절의 속도를 비교해 볼 때 HGK가 Event 3에서 살펴보면 263.99cm/sec로 가장 빠른 하퇴분절의 속도를 나타냈고, HJK가 166.50cm/sec로 가장 느린 하퇴분절의 속도를 나타냈다.

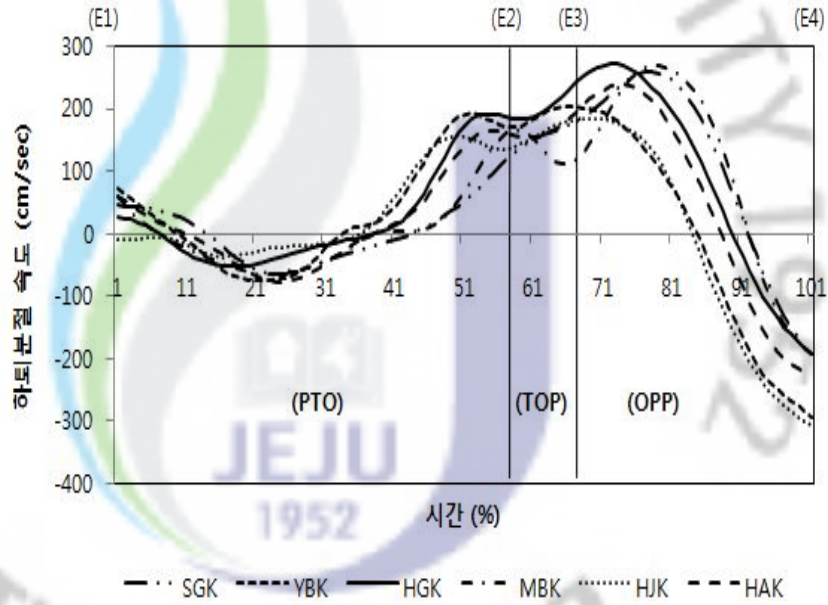


그림 15 하퇴분절의 속도

3. Revers dive(B) 동작의 각운동 변인

각운동 변인은 팔꿈치와 어깨(상지분절), 고관절과 슬관절, 족관절(하지분절)의 각도를 산출한 것으로 각 Event별 각변위는 다음과 같다.

1) 팔꿈치 및 어깨 (상지분절)의 각변위

Event별 팔꿈치 및 어깨(상지분절)의 각변위는 다음 <표 13>,<표 14>와<그림 16>,<그림 17>과 같다.

표 13. 팔꿈치 분절의 각도변화 (단위:deg)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	173.00	143.28	162.47	160.45
YBK	169.65	151.84	154.78	157.46
HGK	176.98	123.44	131.13	144.59
MBK	168.36	163.79	171.14	169.36
HJK	178.25	125.17	113.25	155.77
HAK	169.08	154.16	163.85	154.46
M ± SD	172.55 ± 4.25	143.61 ± 16.34	149.44 ± 22.46	157.02 ± 8.09

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 팔꿈치분절의 각도 변화는 SGK가 Event 1일 때 173.00deg, Event 2일 때 143.28deg, Event 3일 때 162.47deg, Event 4일 때 160.45deg로 나타났으며, YBK는 Event 1일때 169.65deg, Event 2일 때 151.84deg, Event 3일 때 154.78deg, Event 4일 때 157.46deg로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 176.98deg이며 Event 2일 때 123.44deg, Event 3일 때 131.13deg, Event 4일 때 144.59deg로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 168.36deg, Event 2일 때 163.79deg, Event 3일 때 171.14deg, Event 4일 때 169.36deg로 나타났으며, HJK는 Event 1일때 178.25deg로 Event 2일 때 125.17deg, Event 3일 때 113.25deg, Event 4일 때 155.77deg로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 169.08deg, Event 2일 때 154.16deg, Event 3일 때 163.85deg, Event 4일 때 154.46deg로 나타났다. 즉 Event별 팔꿈치 분절의 각도를 비교해 볼 때 발끝이 플랫폼에서 떨어지는 Event 2 에서 보면 MBK가 163.79Ddeg로 팔꿈치 각이 가장 큰 것으로 나타났고, HGK가 123.44deg로 팔꿈치 각이 가장 적은 것으로 나타났다.

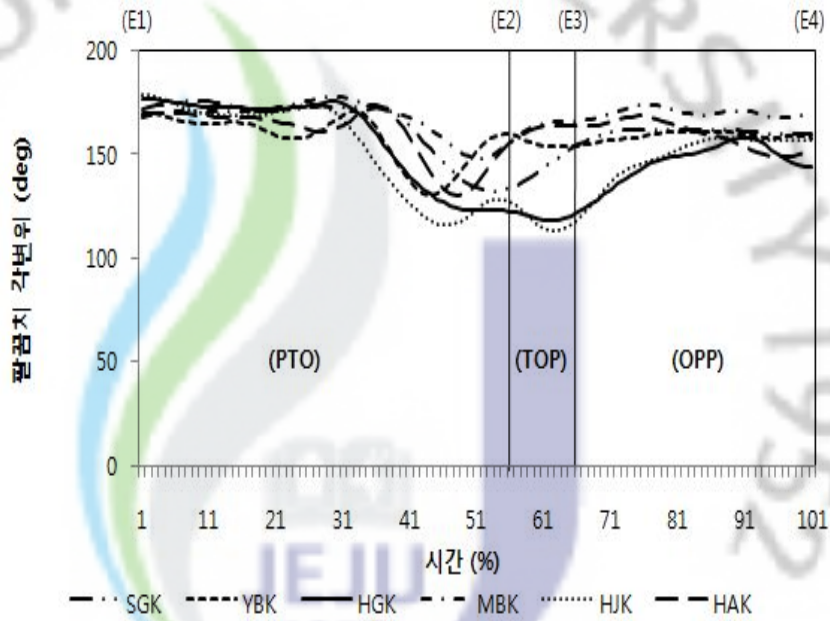


그림 16 팔꿈치 분절의 각변위

표 14. 어깨 분절의 각도변화

(단위:deg)

subject	Event			
	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	132.31	163.54	154.14	97.40
YBK	138.37	153.10	162.93	101.95
HGK	96.12	143.95	164.52	99.83
MBK	113.93	163.44	169.02	102.83
HJK	143.73	168.63	164.67	99.61
HAK	142.69	164.59	165.75	107.22
M _± SD	127.86 ±18.99	159.54 ±9.21	163.51 ±5.02	101.47 ±3.40

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 어깨분절의 각도 변화는 SGK가 Event 1일 때 132.31deg, Event 2일 때 163.54deg, Event 3일 때 154.14deg, Event 4일 때 97.40deg로 나타났으며, YBK는 Event 1일 때 138.37deg, Event 2일 때 153.10deg, Event 3일 때 162.93deg, Event 4일 때 101.95deg로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 96.12deg이며 Event 2일 때 143.95deg, Event 3일 때 164.52deg, Event 4일 때 99.83deg로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 113.93deg, Event 2일 때 163.44deg Event 3일 때 169.02deg, Event 4일 때 102.83deg로 나타났으며, HJK는 Event 1일 때 143.73deg로 Event 2일 때 168.63deg, Event 3일 때 164.67deg, Event 4일 때 99.61deg로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 142.69deg, Event 2일 때 164.59deg, Event 3일 때 165.75deg, Event 4일 때 107.22deg로 나타났다. 즉 Event별 어깨 분절의 각도를 비교해 볼 때 가장 최고 높이로 올라간 Event 3에서 보면 MBK가 169.02deg로 어깨 각이 가장 큰 것으로 나타났고, SGK가 97.40deg로 어깨 각이 가장 적은 것으로 나타났다.

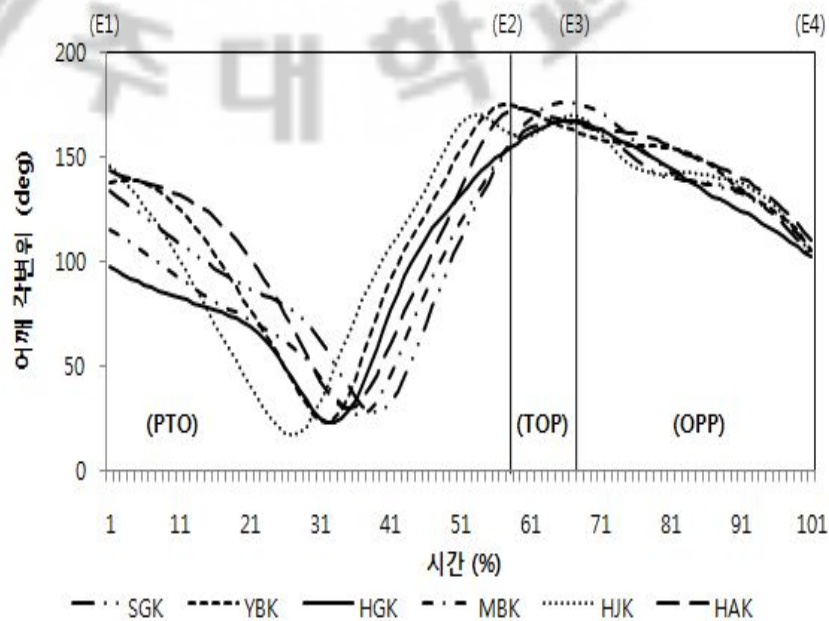


그림 17 어깨 분절의 각변위

2) 고관절 및 슬관절, 족관절(하지분절)의 각변위

Event별 고관절 및 슬관절, 족관절(하지분절)의 각변위는 다음 <표 15>, <표 16>, <표 17>과 <그림 18>, <그림 19>, <그림 20>과 같다.

표 15. 고관절 분절의 각도변화

(단위:deg)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	170.01	155.23	117.25	50.87
YBK	171.49	158.25	109.95	40.55
HGK	165.44	168.15	115.22	47.68
MBK	168.62	160.65	134.13	52.26
HJK	170.36	168.72	137.06	52.84
HAK	170.01	144.07	117.46	49.53
M _± SD	169.32 ± 2.11	159.18 ± 9.15	121.85 ± 11.03	48.96 ± 4.52

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 고관절 분절의 각도 변화는 SGK가 Event 1일 때 170.01deg, Event 2일 때 155.23deg, Event 3일 때 117.25deg, Event 4일 때 50.87deg로 나타났으며, YBK는 Event 1일 때 171.49deg, Event 2일 때 158.25deg, Event 3일 때 109.95deg, Event 4일 때 40.55deg로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 165.44deg이며 Event 2일 때 168.15deg, Event 3일 때 115.22deg, Event 4일 때 47.68deg로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 168.62deg, Event 2일 때 160.65deg, Event 3일 때 134.13deg, Event 4일 때 52.26deg로 나타났으며, HJK는 Event 1일 때 170.36deg로 Event 2일 때 168.72deg, Event 3일 때 137.06deg, Event 4일 때 52.84deg로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 170.01deg, Event 2일 때 144.07deg, Event 3일 때 117.46deg, Event 4일 때 49.53deg로 나타났다. 즉 Event별 고관절 분절의 각도를 비교해 볼 때 가장 최고 높이로 올라간 Event 3에서 보면 HJK가 137.06deg로 고관절 각이 가장 큰 것으로 나타났고, YBK가 109.95deg로 고관절 각이 가장 적은 것으로 나타났다.

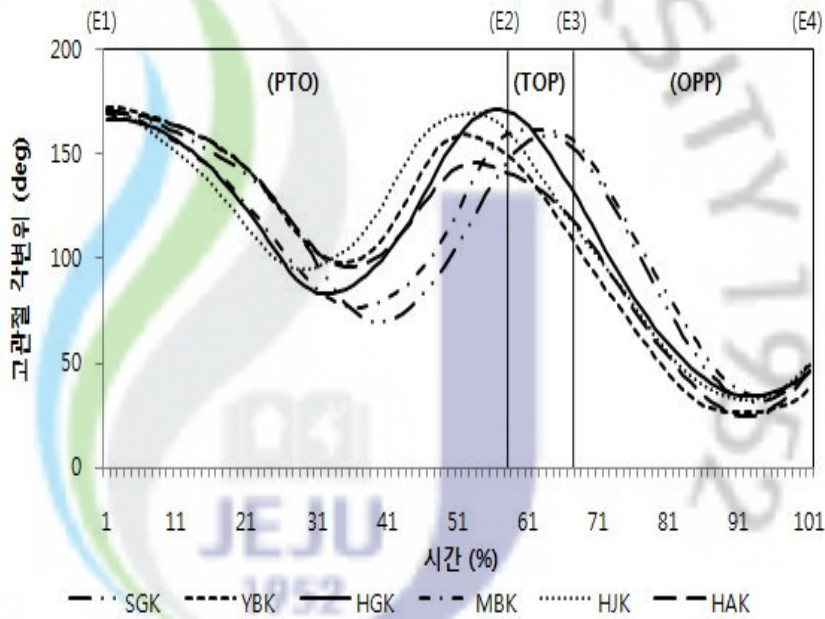


그림 18 고관절 각변위

표 16. 슬관절 분절의 각도변화

(단위:deg)

subject	Event			
	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	169.80	145.81	167.53	163.64
YBK	172.36	147.67	163.33	157.13
HGK	170.79	156.99	170.04	168.41
MBK	172.39	141.63	171.40	161.67
HJK	172.74	145.02	171.01	170.19
HAK	168.26	133.57	166.98	159.60
M \pm SD	171.06 \pm 1.78	145.12 \pm 7.66	168.38 \pm 3.07	163.44 \pm 5.06

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 슬관절의 각도 변화는 SGK가 Event 1일 때 169.80deg, Event 2일 때 145.81deg, Event 3일 때 167.53deg, Event 4일 때 163.64deg로 나타났으며, YBK는 Event 1일 때 172.36deg, Event 2일 때 147.67deg, Event 3일 때 163.33deg, Event 4일 때 157.13deg로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 170.79deg이며 Event 2일 때 156.99deg, Event 3일 때 170.04deg, Event 4일 때 168.41deg로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 172.39deg, Event 2일 때 141.63deg Event 3일 때 171.4deg, Event 4일 때 161.67deg로 나타났으며, HJK는 Event 1일때 172.74deg로 Event 2일 때 145.02deg, Event 3일 때 171.01deg, Event 4일 때 170.19deg로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 168.26deg, Event 2일 때 133.57deg, Event 3일 때 166.98deg, Event 4일 때 159.60deg로 나타났다. 즉 Event별 슬관절의 각도를 비교해 볼 때 플랫폼에서 발이 떨어지는 순간인 Event 2에서 보면 HGK가 156.99deg로 슬관절 각이 가장 큰 것으로 나타났고, HAK가 133.57deg로 슬관절 각이 가장 작은 것으로 나타났다.

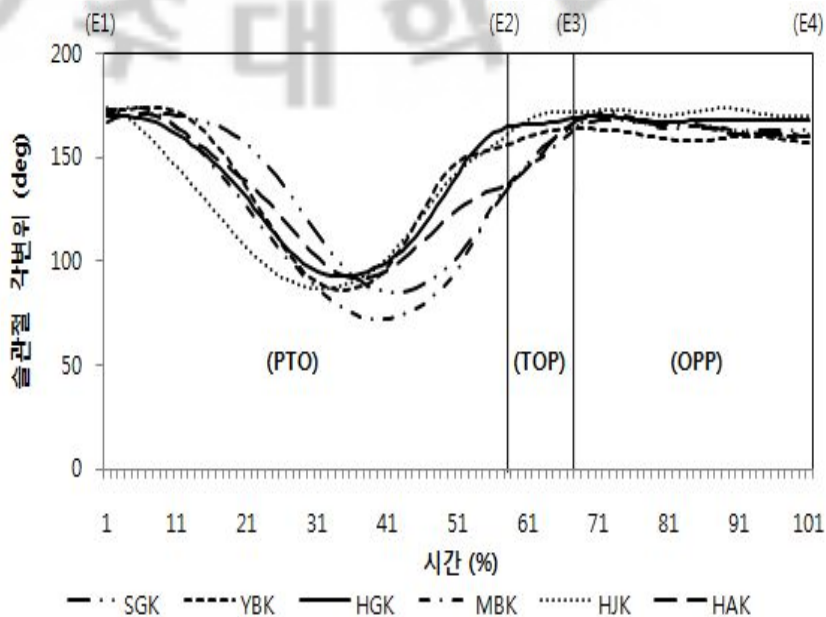


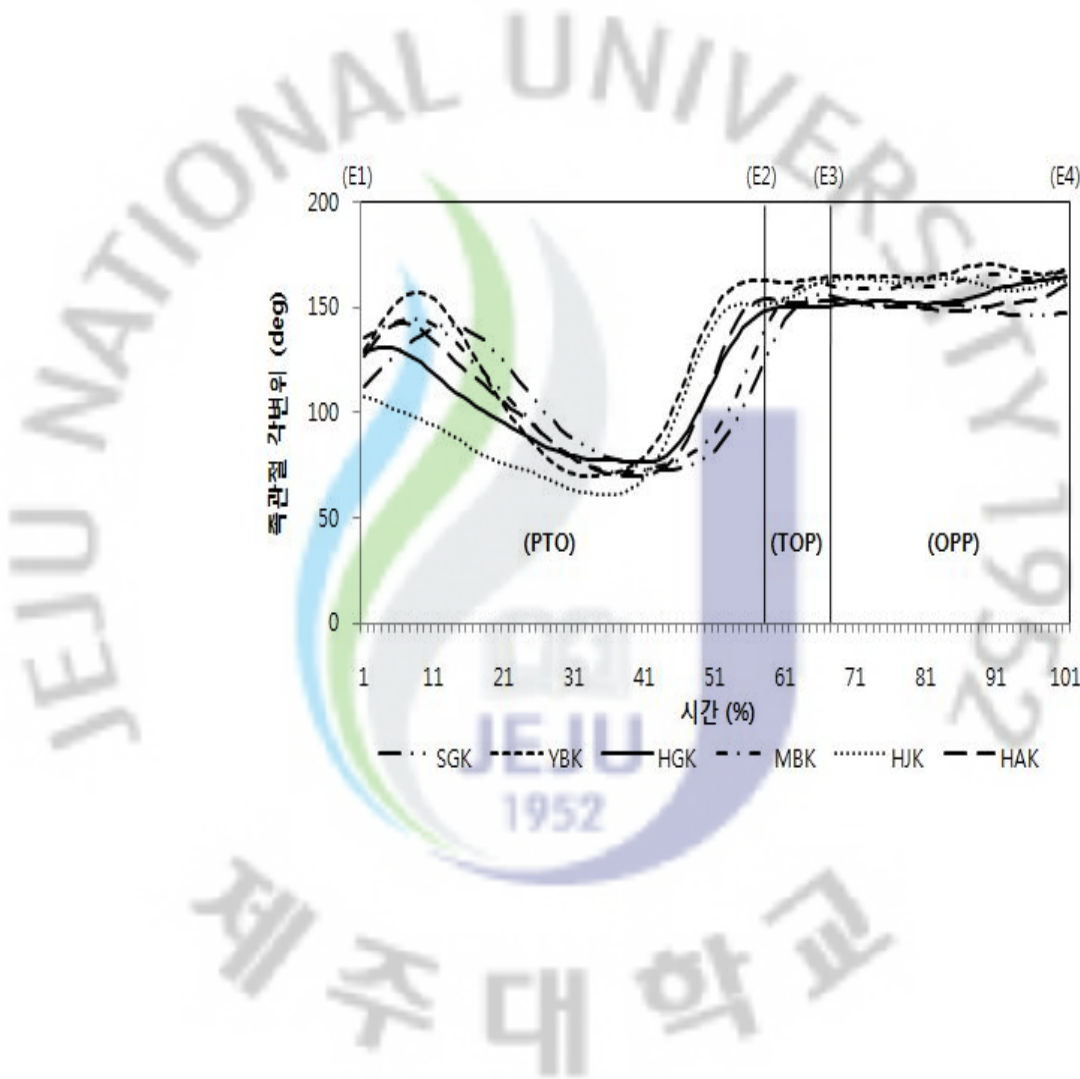
그림 19 슬관절 각변위

표 17. 족관절 분절의 각도변화

(단위:deg)

Event subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
SGK	114.20	140.97	149.43	147.38
YBK	133.05	149.53	164.17	167.59
HGK	129.59	136.72	151.52	165.08
MBK	137.19	148.20	159.23	169.73
HJK	106.59	146.13	157.20	163.34
HAK	130.53	149.39	153.09	161.67
M _± SD	125.19 _± 12.00	145.16 _± 5.21	155.77 _± 5.48	162.47 _± 7.94

Revers dive(B) 종목의 따른 Event별 족관절의 각도 변화는 SGK가 Event 1일 때 114.20deg, Event 2일 때 140.97deg, Event 3일 때 149.43deg, Event 4일 때 147.38deg로 나타났으며, YBK는 Event 1일 때 133.05deg, Event 2일 때 149.53deg, Event 3일 때 164.17deg, Event 4일 때 167.59deg로 나타났고, HGK는 Event 1일 때 129.59deg이며 Event 2일 때 136.72deg, Event 3일 때 151.52deg, Event 4일 때 165.08deg로 나타났다. MBK가 Event 1일 때는 137.19deg, Event 2일 때 148.20deg Event 3일 때 159.23deg, Event 4일 때 169.73deg로 나타났으며, HJK는 Event 1일때 106.59deg로 Event 2일 때 146.13deg, Event 3일 때 157.20deg, Event 4일 때 163.34deg로 나타났고, 마지막으로 HAK는 Event 1일 때 130.53deg, Event 2일 때 149.39deg, Event 3일 때 153.09deg, Event 4일 때 161.67deg로 나타났다. 즉 Event별 족관절의 각도를 비교해 볼 때 플랫폼에서 발이 떨어지는 순간인 Event 2에서 보면 YBK가 149.53deg로 족관절 각이 가장 큰 것으로 나타났고, HGK가 136.72deg로 족관절 각이 가장 작은 것으로 나타났다.



V 논의

본 연구는 Revers dive(B) 동작을 도약 전 준비동작부터 입수 전 오픈동작 까지 4개의 이벤트와 3개의 국면으로 나누어 3차원 동작분석을 통하여 운동학적 변인을 산출하여 분석된 운동학적 자료를 활용하여 기술표현의 완성도를 높이기 위한 기초 자료를 제시하고자 전국대회 참가 경력이 있는 6명의 제주특별자치도내 초등학생을 대상으로 하여 1인당 4회의 기술을 수행하여 다이빙 심판 자격증이 있는 3명의 심판이 점수를 주어 가장 높은 점수를 얻은 기술을 선정하여 영상분석을 실시하였다.

1. Revers dive(B) 동작의 시간변인

동작을 시작하는 순간부터 입수 직전 입수를 준비하는 오픈 동작까지 6명 대상자의 평균 소요시간은 $1.16 \pm 0.07\text{sec}$ 로 나타났다. 각 국면별 소요시간은 phase 1 에서는 $0.063 \pm 0.06\text{sec}$ 로 총 소요 시간에 54.21% 비율을 차지하였으며 phase 2 에서는 $0.16 \pm 0.03\text{sec}$ 로 총 소요 시간에 13.34% 비율을 차지하였고 마지막으로 phase 3에서는 $0.38 \pm 0.05\text{sec}$ 로 총 소요 시간에 32.45% 비율을 차지하였다. 3개의 국면에서 가장 긴 소요시간을 보인 곳은 phase 1 으로 나타났고 그 다음으로 phase3, phase2 순으로 나타났다. 이는 플랫폼 다이빙 종목 303(B) take-off 동작의 운동학적 분석(강민경 2009)의 phase 1, phase3, phase2 순으로 나타난 연구결과와 유사한 실험결과로서 제 1국면에서는 높은 도약을 준비하기 위해 슬관절과 고관절을 크게 굴곡 시켜 신체중심위치를 낮춤으로서 가장 긴 소요시간을 나타낸 것으로 사료된다.

2. Revers dive(B) 동작의 선운동 변인

1) 신체중심 수평 이동거리

신체중심 수평이동거리는 평균 신체중심 수평이동거리가 $280.7 \pm 12.36\text{cm}$ 로 대상자간 차이를 보였으며 대상자중 MBK는 296.8cm 로 평균 수평이동거리보다 플랫폼에서 가장 긴 거리를 이동한 것으로 나타났다. 이는 Revers 종목에 특성상 안전성을 높이기 위해 먼 거리를 이동한 것으로 판단되나 수평이동거리가 멀어지게 되면 신체 중심의 높이가 낮아져 입수동작에 필요한 높이를 확보할 수 없게 된다.

수평거리가 너무 멀어지게 되면 포물선 궤적이 커지기 때문에 입수처리가 힘들어지게 되므로 보드로부터 적당한 거리를 유지해야 한다. 이종희(2006) 그러므로 수평이동 거리를 조금 줄이고 수직높이를

중대 시키면 기술 표현에 완성도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

2) 신체중심 높이 변화

신체중심 높이 변화는 최고 높이로 도약된 순간인 Event 3 에서 살펴보면 평균 신체중심 높이 107.74 ± 6.26 으로 대상자간 차이를 보였는데 YBK가 대상자중 가장 높은 119.02cm 로 나타났다. 그러나 입수직전 입수를 준비하는 오픈동작인 Event 4에서는 대상자중 5번째인 50.96cm 로 나타났다. 이것은 높은 도약 위치는 확보 하였으나 복근 및 배근력이 약하여 상지분절과 하지분절이 느리게 접혀 포물선 궤적이 작아져 높이변화가 가장 크게 나타나는 것으로 판단된다. 또한 Event 3에서 대상자 HJK가 102.6cm , 대상자 HAK가 101.43cm 최고 높이로 도약된 순간이 대상자중 5번째 6번째 로 낮은 것을 알 수 있는데, 이는 대상자 HJK, HAK가 여자 대상자이기 때문에 남자 대상자들 보다는 일반적으로 근력 및 순발력이 약하기 때문인 것으로 판단된다.

다이빙 훈련지도서(2010)의 근력 강화 및 순발력 강화 훈련을 체계적으로 한다면 기술의 완성도를 보다 높일 수 있을 것으로 사료된다.

3) 신체중심 속도변화

신체중심 수직속도 변화는 양발이 플랫폼보드에서 떨어지는 도약순간인 Event 2에서 살펴보면 평균 신체중심 수직속도 $206.04 \pm 19.58\text{cm/sec}$ 로 대상자간 차이가 나타났으며, 대상자중 YBK가 230.01cm/sec 로 수직속도가 가장 빠른 것으로 나타났다. 이는 수직속도를 빠르게 하고 높은 도약위치를 확보하여 종목 수행하는 것으로 판단된다. 신체중심 수평속도 변화는 양발이 플랫폼보드에서 떨어지는 도약 순간인 Event 2일 때 평균 신체중심 수평속도 $127.86 \pm 20.50\text{cm/sec}$ 로 대상자간 차이가 나타났으며 최고높이로 도약된 순간인 Event 3일 때 평균 신체중심 수평속도 $175.38 \pm 23.75\text{cm/sec}$ 대상자간 차이가 나타났다. 대상자중 MBK가 Event 2일 때 151.95cm/sec Event 3일 때 210.22cm/sec 로 빠른 수평속도를 보였는데 이는 빠른 수평속도 때문에 수직으로 높은 도약위치를 확보하지 못하여 포물선 궤적이 커져서 Rivers dive(B)동작의 완성도가 떨어진다고 판단되며, 신체중심 속도 변화가 신체중심 위치변화에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

4) 상지분절의 속도변화

상지분절의 속도변화는 전완분절과 상완분절의 속도 변화로서 양발이 플랫폼보드에서 떨어지는 도약 순간인 Event 2에서 살펴보면 평균 전완분절 속도 $319.45 \pm 68.37\text{cm/sec}$ 평균 상완분절 속도 $262.30 \pm 35.64\text{cm/sec}$ 로 대상자간 차이가 나타났다. 대상자중 YBK가 전완분절, 상완분절 모두

408.85cm/sec, 305.31cm/sec로 가장 빠른 것으로 나타났다. 이는 신체중심의 속도를 빠르게 하기위하여 상지분절의 수직속도를 빠르게 한 것으로 판단된다, 대상자중 HJK는 전완분절, 상완분절의 속도가 199.74cm/sec, 203.75cm/sec로 가장 느린 것으로 나타났으며, 대상자 HJK는 신체중심의 속도를 빠르게 하기 위하여 전완분절, 상완분절보다 몸통을 움직였기 때문에 분절의 속도가 느려진 것으로 판단된다. 상체를 움직이지 않고 전완분절 및 상완분절을 수직방향 편자세로 빨리 들어야 신체중심 속도를 빠르게 할 수 있을 것으로 사료된다.

5) 하지분절의 속도변화

하지분절의 속도변화는 대퇴분절과 하퇴분절의 변화로서 최고 높이로 도약된 순간인 Event 3에서 살펴보면 평균 대퇴분절 속도 86.98 ± 15.63 cm/sec 평균 하퇴분절 속도 213.05 ± 35.12 로 대상자간 차이가 나타났으며, 대상자중 HGK가 105.29cm/sec, 263.99cm/sec로 가장 빠른 것으로 나타났으며, 이는 Take-off순간 상체중심을 조금 앞으로 하여 반동을 주어 접었기 때문에 판단된다. 대상자중 HJK는 68.73cm/sec, 166.5cm/sec로 가장 느린 것으로 나타났는데, 도약 순간 상체중심을 너무 수직방향으로 하였기 때문에 복근력 만으로 Take-off 자세를 취하기 때문인 것으로 판단된다. 종목 수행시 상체중심을 수직방향으로 하퇴 동작을 취할 때는 상체중심을 조금 앞으로 하여 접어야 빠른 동작수행이 가능하여 입수를 준비하는 시간이 길어져 안정적인 입수준비를 할 수 있을 것으로 사료된다.

4. Revers dive(B) 동작의 각운동 변인

1) 상지분절의 각도변화

상지분절의 각도변화는 팔꿈치 와 어깨분절의 각도 변화로서 팔꿈치분절은 양발이 플랫폼에서 떨어지는 도약 구간인 Event 2에서는 평균 팔꿈치 각도가 143.61 ± 16.34 deg로 대상자간 차이가 나타났으며 최고 높이로 도약된 순간인 Event 3구간에서는 149.44 ± 22.46 deg로 대상자간 차이가 나타났다. Event 2 구간에서 Event 3구간 까지 각도가 커지는 것을 알 수 있는데, 이는 더 높은 도약을 하기위해서 상지분절을 수직으로 높게 들기 때문인 것으로 사료 된다. 그러나 대상자중 HJK는 최고높이로 도약된 순간인 Event 3 구간에서 113.25deg로 Event 2구간인 125.17deg 보다 각도가 적은 것으로 나타났는데 팔의 빠른 회전을 위해 팔꿈치 각도를 적게 한 플랫폼 다이빙 BACK PIKE 1회전에 영향을 미치는 운동학적 요인 (김용진2003)과 유사한 실험결과로서 Revers dive(B)동작의 특성상 팔의 회전이 크게 필요하지 않기 때문에 팔꿈치 각을 크게 하여 수직으로 높게 올려야 기술의 완성도를 높일 수 있을 것으로 사료된다. 어깨분절의 각도는 최고 높이로 도약된 순간인 Event 3구간에서 평균 어깨분절 각도가

163.51±5.02deg로 대상자간 차이가 나타났으며 입수를 준비하는 Event 4 구간에서는 101.47±3.40deg로 대상자간 차이가 나타났다. Event 4 구간에서 보면 각도가 급격히 작아진 것을 알 수 있는데 이는 회전속도를 줄여서 안정된 입수 동작을 수행하기 위해서 어깨분절의 각도를 작게 한 것으로 판단된다. 대상자중 HAK가 107.22deg로 가장 각도가 큰 것으로 나타난 것은 높은 도약을 하지 못했기 때문에 입수 동작을 빨리 하기 위해서 각도를 크게 한 것으로 사료된다.

2) 하지분절의 각도변화

하지분절의 각도변화는 고관절 및 슬관절의 각도 변화로서 대상자간 큰 차이는 없었으나 최고 높이로 도약된 순간인 Event 3 구간에서 평균 고관절 각이 121.85±11.03deg로 대상자간 차이가 나타났다. 대상자중 YBK가 109.95deg로 가장 적은 각도를 보였으며 대상자중 HJK가 137.06deg로 가장 큰 각도를 나타냈다. 대상자 YBK는 도약높이를 높게 하여 충분한 입수 거리를 확보 할 수 있었기에 플랫폼과 안전한 거리를 확보하기 위하여 상체중심을 앞으로 하였을 것으로 판단되며 반대로 대상자 HJK는 도약높이를 충분히 확보하지 못하였기 때문에 입수의 정확도를 높이기 위하여 상체중심을 뒤로하여 고관절 각이 크게 나타난 것으로 사료된다.

슬관절의 각도와 족관절의 각도는 양발이 플랫폼 보드에서 떨어지는 도약순간인 Event 2 구간에서 평균 슬관절 각도가 168.38±3.07deg로 대상자간 차이가 나타났으며 슬관절은 대상자중 HGK가 156.99deg로 가장 각도가 큰 것으로 나타났고 대상자중 HAK가 133.57deg로 가장 각도가 적은 것으로 나타났으며, 평균 족관절 각도는 145.16±5.21deg로 대상자간 차이가 나타났으며 대상자중 YBK가 149.53deg로 족관절각이 가장 큰 것으로 나타났으며 대상자중 HGK가 136.72deg로 족관절각이 가장 적은 것으로 나타났다. 슬관절은 HGK가 도약순간에 더 높은 도약을 위하여 슬관절의 각을 최대한 크게 하였을 것으로 판단되며 HAK는 도약순간 대퇴근력이 약하여 슬관절의 각도를 크게 하지 못하였을 것으로 사료된다. 반대로 슬관절의 각도를 크게 한 HGK는 족관절각이 가장 적게 나타났고 슬관절각을 가장 적게 한 HAK는 149.39deg로 대상자중 2번째로 족관절각을 크게 한 것으로 나타났다. 이는 HAK 대퇴근력이 약하여 슬관절로 높은 도약을 하지 못하기 때문에 족관절을 사용하여 도약하였을 것으로 판단된다.

VI 결론

본 연구는 Revers dive(B) 동작을 전국대회참가 경력이 있는 제주특별자치도내 초등학교 대표선수 6명을 대상으로 3차원 영상분석을 통해 안전하게 기술표현의 완성도를 높이는데 기여하기 위하여 실시하였으며 다이빙 동작을 시작하려는 순간인 준비기부터 입수직전 입수를 준비하는 오픈동작 까지 준비기, 도약기, 공중기 3국면으로 나누어 분석하였고 이에 대한 결론은 다음과 같다.

1. Revers dive(B)에 동작의 평균 소요시간은 1.16 ± 0.07 로 나타났으며 phase 1 구간에서는 총 소요시간에 52.21%비율로 가장 소요시간이 많은 것으로 나타났고 phase 2 구간에서는 총 소요시간에 13.38% 비율로 가장 소요시간이 적은 것으로 나타났다.

2. 선운동 변인에서 수평이동거리는 멀어지게 되면 신체중심 높이가 낮아져 입수동작의 필요한 높이를 확보할 수 없는데 대상자 MBK가 플랫폼에서 가장 긴 거리를 이동하였고 대상자 YBK는 높은 도약 위치를 확보 하였으나 포물선 궤적이 작아져 Event 3에서 Event 4까지에 높이변화가 가장 크게 나타났다.

3. 신체중심 속도변화는 Event 2구간에서 가장 빠른 수직속도를 보인 대상자 YBK가 가장 높은 도약높이에서 동작을 수행하는 것으로 나타났고 가장 빠른 수평속도를 보인 대상자 MBK는 남자대상자 중 가장 낮은 높이에서 동작을 수행하는 것으로 나타났다.

4. 각분절의 속도는 신체중심의 속도를 빠르게 하기위하여 전완분절, 상완분절에 속도를 빨리한 것으로 판단되는 대상자 YBK가 가장 빠른 것으로 나타났고 도약순간에 상체를 뒤로 움직인 대상자 HJK가 전완분절, 상완분절의 속도가 가장 느린 것으로 나타났다. 최고 높이로 도약된 순간인 Event 3에서 대상자 HGK는 Take-off순간 상체를 앞으로 하여 하지분절의 속도 가장 빠른 것으로 나타났으며 대상자 HJK는 상체를 수직으로 움직여 반동 없이 Take-off를 하여 가장 하지분절의 속도가 느린 것으로 나타났다.

5. 상지분절 각변위 에서는 최고 높이로 도약이 된 순간인 Event 3 구간에서 팔의 회전을 빨리 하기 위하여 팔꿈치를 구부린 대상자 HJK가 각이 가장 적은 것으로 나타났으며 어깨분절의 각은 Event 4에

서 높은 도약을 하지 못하여 입수동작을 빨리 준비한 대상자 HAK가 가장 각을 크게 한 것으로 나타났다.

6. 하지분절 각변위 에서는 플랫폼 보드에서 양발이 떨어지는 도약 순간인 Event 2 구간에서 슬관절각을 크게 하여 도약한 HGK는 족관절각을 가장 적게 한 것으로 나타났으며, 슬관절각을 크게 하지 못한 HAK는 족관절각을 크게 하여 도약한 것으로 나타났다.

위와 같은 결론을 종합해보면 Revers dive(B)동작의 있어서의 총소요시간은 1국면에서 가장 긴 시간을 소요하는 것으로 나타났으며, 제1국면은 동작을 준비하는 국면으로서 선수들 각자 개인에 점프 습관이 다르기 때문에 사료된다. Revers dive(B) 동작은 상체를 움직이지 않고 신체중심 수직속도와 상지분절(팔꿈치, 어깨분절)의 속도를 빨리하고 신체중심 수평속도를 줄여 신체중심 높이를 높게 하고 신체중심 수평 이동거리를 100cm를 조금 넘게 하여 포물선 궤적을 이루어야 하며, 도약 시 슬관절각과 족관절각을 크게 하여 도약 하고 take-off시에는 하지분절의 속도도 빨리하여 높은 도약 높이를 확보하고 어깨분절의 각도를 작게 하여 안정된 입수자세를 취해야 기술의 완성도를 높일 수 있을 것이다.

또한 앞으로는 다이빙 기술발전에 도움이 되는 초등학생을 대상으로 한 보다 많은 연구가 필요하며 나아가 이 대상자들의 중학교, 고등학교 성장 과정에서의 운동학적 자료를 규명할 필요가 있다.

참고 문헌

- 강민경(2009), 플랫폼 다이빙 종목 303(B)의 take-off 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위 논문, 제주대학교 대학원.
- 김용진(2003), 플랫폼 다이빙 Back pike 1½ 회전에 영향을 미치는 운동학적 요인 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.
- 오만원, 이병근(1995). 다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석. 체육과학연구, 창간호, 209-226.
- 이병근(1995). 다이빙 전방 파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석. 석사학위 논문, 제주대학교 교육대학원.
- 이종훈(2008). 플랫폼 다이빙 종목 205B 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 18(1), 53-62
- 이종희(2000). 플랫폼 다이빙 뒤로 서서 앞으로 뛰기 1½회전 동작의 운동학적 분석. 석사학위 논문, 한국체육대학교 대학원.
- 이종희, 소재무, 임영태(2006). 플랫폼 다이빙 624C 동작의 운동학적 사례분석. 한국운동역학회지, 16(4) 13-20.
- 이창준, 남사용, 류재청(1995). 3m스프링보드 다이빙 시 이륙동작과 신체중심의 최고 도달점에 미치는 요인분석(I). 체육과학연구, 창간호, 138-153.
- 정철정, 강신(1998). Nontwisting Platform Dives에서 Forward 1/2. 1 1/2회전 시 각운동량에 대한 분석. 박사학위 논문, 성균관대학교 대학원.
- 전보임(2004). 플랫폼 다이빙 Reverse 1½회전동작의 운동학적 분석. 석사학위 논문, 수원대학교 교육대학원.
- 체육지도자 훈련지도서 다이빙(2010). 국민체육진흥공단 체육과학연구원
- 홍명희(2007). 플랫폼 다이빙 종목 403B 기술의 Take-off 동작분석. 1급 경기 지도 연수수료 논문.

- 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
- Kwon, Y. F.(2004). KWON 3D Motion Analysis Packge ver. 3. 1. Seoul : Visol corp
- 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 & Golden, D.M.,(1986) Angular momentum in multiple rotation nontwisting platform dives. *Human Kinetics*, I JSVB 2, 78-87
- 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*, 53, 234-242.
- Miller, D.I & Munro C.F(1984). Body segement 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. Liner and Angular Momentum considerations. *Inter-national Journal of Sport Biomechanics*, 1(4), 288-307.
- Plagenhoef, S. C. Evans, & Abdelnour, T.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 169 - 178.
- 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

<Abstract>

A Kinematic Analysis of Platform Diving Revers Dive(B) Movement

Hue, Jin

Jeju National University
Graduate School of Education
Physical Education Major
Supervised by Nam, Sa Woong

This study is to calculate kinematic variables by conducting a three-dimensional video analysis of the preparation before the jump of the Revers dive(B) movement and the open movement before entering the water and to present basic data on the basis of the analyzed kinematic data in order to increase the completeness of technique expressions and to safely conduct difficult items. This study photographed the Revers dive(B) movement of 6 representative athletes of elementary schools in Jeju Special Self-governing Island and conducted a three-dimensional movement analysis through that video in order to achieve the purpose of this study.

This study analyzed the variables of the time spent for each aspect of Revers dive(B) movement, the location of the center of body, the speed of the center of body, the angular displacement of arm segment(shoulders, elbows) and the angular displacement of leg segment(hip joint, knee joint, ankle).

The results of the analysis are as follows.

1. The time variable of the Revers dive(B) movement

The time of execution showed a difference for each aspect, and the time was spent more in order of phase 1, phase 3 and phase 2. The most time was spent in phase 1 at 52.21%.

2. The linear motion variable of the Revers dive(B) movement

When the horizontal distance is too long, the height of the center of body gets lower, and one come to fail to secure the height needed for the movement of entering the water. When one jumps only vertically, the parabolic trajectory gets smaller and the changes of height were the most from Event 3 to Event 4. When one lets the vertical speed more rapid in the Event 2 section, one came to conduct the movement at a high jump height, and when one lets the horizontal speed more rapid, one came to conduct the movement at the lowest height among the subjects. The subject that let the speed of the forearm segment and the brachial segment showed a fast vertical speed also, and the vertical speed of subjects who moved the upper part of their body backward at the moment of jump was the slowest. One had to fold moving the upper part of his or her body somewhat forward at the moment of take-off in order to make the speed of the leg segment faster.

3. The angular motion variable of the Revers dive(B) movement

The horizontal speed of the subject who made the angle of the elbow segment the smallest at the moment of jump got faster and the vertical speed became slow. The subject that conducted the movement at the jump height which was the lowest among those of the subjects made the angle of the shoulder segment in order to make the movement of entering the water fast. The angle of the ankle of the subject that jumped by making the angle of the knee joint large was the smallest, and the angle of the ankle of the subject that jumped by making the angle of the knee joint small was the largest.

On the basis of the above results of this study, we can see that in order to conduct the Revers dive(B) movement well, one has to not move the upper part of the body and to make the vertical speed of the center of body and the speed of the arm segment(elbow, shoulder segment) fast and to reduce the horizontal speed of the center of body and thereby to make the height of the center of body high. Also, one has to make a parabolic trajectory by making the horizontal distance of the center of body a little longer than 100cm and to jump by making the angle of the knee joint and the angle of the ankle large. In addition, one has to secure a high jump height by making the speed of the leg segment at the time of take-off and to take a position of entering the water by making the angle of the shoulder segment small.

* This paper is a master's thesis that was submitted to the Committee of the Graduate School of Education of Jeju National University in August 2011.