

# 3m 스프링보드 다이빙시 이륙동작과 신체중심의 최고 도달점에 미치는 요인분석(I)

이창준<sup>1)</sup> · 남사웅<sup>2)</sup> · 류재청<sup>3)</sup>

## - 목 차 -

### ABSTRACT

#### I. 서론

1. 연구필요성 및 목적

#### II. 연구방법

1. 피험자

2. 분석모형 및 변인

3. 실험상황 및 자료처리

4. 통계처리

#### III. 연구결과 및 논의

1. 시간변인

2. 이륙 국면별 각위

3. 신체중심변인

4. 변인간 상호관계

#### IV. 결론

참고문헌

## Factor analysis influencing to COG max. height and takeoff of forward pike sommersaulting in 3m spring board dive

Lee, Chang-Joon · Nam, Sa-Woong · Ryu, Che-Chung

### ABSTRACT

The study was undertaken to analysis takeoff motion and factor influencing to cog max height in flight phase in 3m springboard dive. for this subject participated in the study was 1 male national representative level diving athlete, was compared with "Greg Louganis" world champion in 3m spring board dive.

#### 1. Temporal

Total takeoff time was elapsed mean  $0.486 \pm 0.049$ sec., of this  $73.50 \pm 7.141\%$  was in spring board depression with  $61.75 \pm 8.05\%$  in active push,  $1.113 \pm 0.056$ sec in hurdle. Depression Range of spring board was mean  $66.75 \pm 4.66$ cm. When compared with Miller and Munro(1985), Total takeoff time wasn't difference rarely, but more elapsed in board flexion and active push, less flexion range of spring board.

#### 2. Flexion and extension range of knee

1) 제주대학교 체육학과 교수

2) 제주대학교 체육학과 교수

3) 제주대학교 체육학과 조교수

3m 스프링보드 다이빙시 이륙동작과 신체중심의 최고 도달점에 미치는 요인분석(1)(이창준·남사웅·류재청)

Flexion was continue to first 40% point of springboard depression, flexion range was max  $120 \pm 5.77 \text{deg.}$ , max. extension of  $130 \pm 14.14 \text{deg.}$ ,  $105 \pm 5.77 \text{deg.}$  in max. springboard flexion,  $171.25 \pm 7.50 \text{deg.}$  at just before of board takeoff. When compared with result of Miller and Munro(1985), knee flexion degree was rather larger in springboard depression and touchdown, extension range was significantly larger than that of max depression phase of springboard and larger at Just before takeoff of board.

### 3. Flexion and extension range of hip

Hip motion was extension of  $101.25 \pm 6.29 \text{deg.}$  in touchdown,  $32.50 \pm 15.54 \text{deg.}$  in extension range,  $133.75 \pm 17.96 \text{deg.}$  in last takeoff, flexion of  $128.75 \pm 16.53 \text{deg.}$  in board max. depression.

when compared with result of Miller and Munro(1985), takeoff posture showed significantly unstable in overflexed trunk to vertical axis,

### 4. Stride length

The stride length showed more length according to more sommersaulting, and more reduction in cog max height with Approach stride length of  $120.50 \pm 8.42 \text{cm}$  and max height of cog of  $141.87 \text{cm}$ ,

### 5. Correlation of variables influencing cog max height

Variables influencing cog max height showed active push, flexion ranges of springboard, elapsed time during hurdle, ankle, hip's extension, max ankle dorsiflexion, extension range of ankle, knee in max board depression, knee, hip extension in takeoff, trunk incline to vertical axis, projectile angle of cog., approach length as result of analysis of variables related

## 1. 서 론

### 1. 연구필요성 및 목적

높이, 거리, 회전 동작의 3요인이 모두 스프링보드 다이빙 경기력에 영향을 미치지만 이중 절대적으로 영향을 미치는 요인은 공중 국면에서 회전동작, 트위스팅 등의 연기를 완수할 시간을 확보하기 위해 신체중심을 최대한 높이는 것이 중요하다.

신체중심의 적절한 높이는 공중국면 시작시 수직속도에 좌우되고, 이 수직속도는 공중국면 바로 직전 이륙국면에서 발생하는 모든 현상과 직접 관련을 가진다.

어프로치로 시작한 후 이륙의 시작은 허들동작 후 보드에 두발이 접촉함과 동시에 시작된다. 이륙은 스포링보드의 움직임의 방향에 따라 굴곡(depression)과 회복(recoil)기로 구분된다.

굴곡기의 주요 목적은 위치에너지를 최대한 축적하기 위해 가능한 많이 스프링보드를 하방으로 굴곡을 시키는 데 있다. 축적된 에너지는 회복기 동안 선수를 상방으로 투사시키는 데 활용된다. 회복기 동안 스프링보드가 상방으로 움직일 때 축적된 에너지를 최대한 활용하는 문제는 각운동량, 관성모멘트 및 각속도와 관련하여 고려해야 하기 때문에 추후 연구로 남긴다.

신체중심의 높이는 득점을 하는 데 가장 중요한 요인으로 연기에 직접적인 득점요인이 아니

라 하더라도 공중국면에서 증가된 신체중심의 높이는 요구하는 동작을 수행하고, 회전동작을 더욱 아름답게 연기할 수 있는 더 많은 시간을 가질 수 있게 한다.

스프링보드 다이빙으로 잘 알려진 Greg Louganis는 다이빙시 신체중심의 높이를 더 높게 하므로서 공중연기를 원활히 수행하는 선수로 잘 알려져 있다.(Miller & Munro, 1985).

다이빙에서 얻어진 신체중심의 높이는 스프링보드로부터 이륙순간 수직속도와 이륙순간 신체중심의 수직높이에 큰 영향을 받는다. Miller와 Munro(1984)의 연구 보고에 의하면 이륙시 수직속도에 영향을 주는 요인으로는 보드위에서 마지막 허들국면 순간 수직속도와 보드의 하향 굴곡 동안 보드에 대한 신체중심의 상방가속도, 보드에 대한 신체중심의 하향가속도 등으로 지적했다.

이러한 요인의 역할은 탄성에너지의 축적 및 활용과 관련이 있다. 허들 국면부터 착지시 수직속도, 보드에 대한 신체중심의 상방가속도가 보드의 굴곡을 더 크게 하고, 굴곡동안 탄성에너지를 축적시킨다. 이 축적된 에너지는 이륙순간 수직속도를 증가시키기 위해 보드가 원 위치로 회복하는 동안 활용된다. 보드에 대해 신체중심의 하향 가속도는 보드의 높이를 낮게 하면서 활용된다.

공중국면에서 신체중심을 더 높게 하기 위해 보드의 탄성에너지의 축적 및 활용에 영향을 미치는 요인에 대한 분석은 거의 없는 실정이다.

Golden(1981)은 전방 파이크(forward pike)와 내향파이크(inward pike) 다이빙을 수행하는 3명의 남자 선수들을 대상으로 신체 방위에 대한 면밀한 연구 결과를 보고하였다. 이 보고는 신체중심의 위치, 변위, 속도, 이륙시 동체의 각도, 이륙시 비행각도, 공중 최고점에 대한 전신의 각속도, 신체분절의 각위 등의 변인을 분석하였다. 이 연구 결과 주요 결론은 회전수가 증가할수록 수직속도가 감소하는 경향을 보였다고 보고했다.

이와 비슷한 연구로서 Miller(1984), Miller와 Munro(1984)등은 신체중심의 최고점에 미치는 요인을 분석하기 위해 Greg Louganis를 대상으로 전방(forward) 및 역회전(reverse)의 특성에 대해 면밀한 연구 결과를 보고했다. 이 연구들은 경기 수행에 대한 기술 측면을 운동역학 측면에서 예증적으로 분석을 해왔다.

지금까지 3m 스프링보드 다이빙에서 선행 연구들의 결과를 종합하면 다이빙 세계 챔피언인 Greg Louganis의 연기를 표준모델로 삼아 각국 선수들의 동작을 운동역학 및 운동학적 측면에서 분석 비교하여 왔으며, 이들 또한 극히 제한된 연구로서 다이빙의 기술 측면에서 발전을 위해서는 다각적인 측면에서 연구가 활발히 이루어 져야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구 목적은 전방파이크 스프링보드 다이빙에서 이륙동작과 신체중심의 최고점에 영향을 미치는 요인을 분석하여 선행 연구에 참여한 세계적인 선수와 국내 우수 다이빙 선수와 비교 분석하므로써 상호 결함 및 개선점을 규명하고, 더 나은 연기를 위한 방안을 제시하는 데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 피험자

본 연구에 참여한 피험자는 국가 대표선수급 제주도 대표 선수 남자 1명으로, 현재 대학교에

3m 스프링보드 다이빙시 이륙동작과 신체중심의 최고 도달점에 미치는 요인분석(1)(이창준·남사웅·류재청)

재학 중인 학생으로 각종 국내 선수권에서 우승을 한 경험이 있는 선수로 선정하였다. 이의 신체적 특성으로서 체중은 62Kg, 신장은 165cm였고, 선수 생활의 경력은 7년이었다.

## 2. 분석 모형 및 변인

다이빙 동안 신체분절을 7개로 구성된 강체로 간주하여 분석하였고, 그 분절은 손 + 전완, 상완, 동체, 대퇴, 하퇴, 발, 목 + 머리로 구성했다. 연기 수행 동안 각 상황에 따른 각 분절의 신체중심은 불변하는 것으로 간주하였고, 각 분절 중심 및 매개변수는 Hanavan(1967)의 인체측정 자료를 활용하였다.

분석면은 카메라 줌렌즈와 거의 평면상에서 일어나는 전방파이크 써머솔딩 동작이므로 2차원적인 측면에서 분석을 하여 발생하는 오차는 무시했다.

분석변인은 본 연구의 목적에 맞게 1차적으로 각 국면마다의 시간변인과 신체위치 및 분절간의 각도 변인만을 분석 대상으로 했으며, 시간변인에서 그 세부적인 내용은 어프로치, 허들국면, 이륙국면시(보드에서 허들한 다음 보드와 접촉이 이루어지는 첫프레임에서 시작하여, 스프링보드의 굴곡이 시작되어 공중국면이 시작하기 직전 마지막 접촉 시점까지). 총 소요시간, 능동적인 보드굴곡시간(active push of depression), 회복시간(recoil), 이륙시간에 대한 굴곡소요시간(depression/total), 보드굴곡시간(board depression)으로 구성했고, 신체위치 및 각도 변인에서는 이륙시 발목의 운동범위 및 각도를 보드터치다운, 보드최대굴곡시, 보드마지막접촉시, 발목 배측굴곡범위, 발목 저측굴곡범위와 이륙시 무릎과 허프에 대한 운동 범위와 각도를 터치다운, 무릎의 최소굴곡, 보드의 최대굴곡, 무릎의 최대굴곡, 보드 마지막 접촉시 무릎각도, 무릎굴곡범위, 무릎 신전범위를 각각 분석했다.

이륙동안 동체와 어깨관절각도, 어깨관절의 운동범위 및 이륙후 최고 높이 점에서 보드 이륙 지점과 기울기 각도 등을 각각 분석하였다.

## 3. 실험상황 및 자료처리

실험에 참가한 선수는 3m 스프링 보드에서 어프로치, 허들국면을 지나 전방파이크 써머솔딩 동작을 수행하도록 했으며, 회전수는 1/2회전, 1회전, 1+1/2회전, 2회전을 각각 실시하는 동안 성공적인 연기만을 본 연구의 분석에 사용했다. 이때 수행하는 연기를 촬영할 카메라는 정규다이빙장 시설을 갖춘 3m스프링 보드 끝에서 일직선상으로 12m위치에 설치하였고, 이 때 사용한 카메라는 삼성 Normal Video로 초당 30프레임으로 촬영하였고, 촬영된 필름은 Jog Shuttle(삼성)을 이용하여 X, Y 축에 대해 신체 각 분절에 대해 좌표화 시켰다. 좌표화된 원자료는 자체 작성한 GYM.BAS로 필요한 자료를 처리 및 분석하였다. 촬영 이전 필름을 화면에 투영시켰을 때 실물의 크기를 환산하기 위해 1m짜리 기준 척도를 먼저 촬영하였다. 수치화 된 원자료를 이용하여 변인을 산출하기 전 인위적인 오차를 최소화하기 위해 2차 Butterworth digital filtering 을 하였고, Cut-off frequency는 5Hz에서 차단시켰다.

## 4. 통계처리

분석되어 나온 자료를 정리하기 위해 개인별 평균 및 편차를 구하고, 최고점 높이에 미치는

변인간의 관계를 분석하기 위해 Parson 상관계수를 통계패키지인 SAS를 이용하여 산출하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 시간변인

시간 분석을 용이하게 하기 위해 보드 마지막 스트라이드인 어프로치시간, 총 이륙시간을 크게 스프링보드의 굴곡시간(depression)과 회복시간(recoil), 허들시간으로 구분하였고 능동적 추진기(active push)는 허들 후 보드가 하방으로 굴곡되는 동안 신체의 분절이 상방가속을 위해 하방으로 능동적으로 힘을 가하는 시간으로 정의하였다(Miller 와 Munro(1985)). 또한 선행연구의 결과와 상호 비교가 될 수 있도록 각 국면의 시간을 백분율로 표준화시켰다. 또한 본 연구의 경우 Greg Louganis의 연기에서 보인 회전수에서 약간의 차이가 있지만 무시했고, 본 연구 역시 회전수에서 차이가 있지만 전체적인 분석 결과 유의할 만한 차이가 없기 때문에 회전수의 난이도를 고려하지 않고 확일적으로 분석하였다.

모든 변인의 분석은 세계적인 스프링보드 3m다이빙 선수인 Greg Louganis의 분석결과(Miller 와 Munro;1985)의 연기 분석결과와 비교 분석하였다.

본 연구의 난이도는 선행연구의 것과는 다르지만 2회전의 경우는 상호 비교가 될 수 있으리라 보며, 1/2회전, 1회전, 및 1+1/2회전의 경우는 개인 기술을 분석하기 위해 수행하도록 하였으며, 이의 분석 결과는 <Table - 1>과 같다..

<Table - 1> Temporal analysis of dive takeoffs performed in forward pike sommersaulting

dive	depression		recoil		depression/recoil		total board depression	hurdle
	(s)	(s)	(s)	(s)	(%)	(%)		
		Active push						
		(s)	(%)	(s)	(%)	(s)	(cm)	(s)
1/2	0.297	0.198	67	0.231	78	0.528	70.50	1.056
1	0.297	0.198	67	0.231	78	0.528	69.00	1.122
1+1/2	0.264	0.165	63	0.165	63	0.429	67.50	1.089
2	0.264	0.132	50	0.198	75	0.462	60.00	1.188
M	0.280	0.173	61.750	0.206	73.500	0.486	66.750	1.113
SD	0.019	0.031	8.057	0.031	7.141	0.049	4.663	0.056

※ 총소요시간(total time) : 보드 하방굴곡과(depression) 상방회복(recoil)후 발이 보드로부터 이지 하는 순간까지

※ 능동적 추진기(active push) : 보드가 하방으로 굴곡되는 동안 신체의 분절이 상방가속을 위해 하방으로 힘을 가하는 시간

표에서 모든 회전 연기에서 총 이륙시간은 평균  $0.4486 \pm 0.049$ 초로서 스프링 보드 굴곡시간이 회복하는 시간보다 모든 연기에서 더 큰 비중을 차지한 것으로 나타난 결과 평균 73.50±7.141%가 굴곡시간에 소요하였고, 스프링 굴곡기동안 능동적인 추진기는 평균  $0.173 \pm 0.031$ 초로서 61.75±8.05%가 소요되었다.

스프링보드의 굴곡의 정도는 최대로 굴곡되었을 경우 평균  $66.75 \pm 4.66$ cm로 나타났고, 어프

로치 한 직후 발이 보드에 접촉하기 직전 단계인 허들의 소요시간은 평균  $1.113 \pm 0.056$ 초로 각각 나타났다.

이러한 결과는 피험자 9명에 대해 분석한 Miller 와 Munro(1985)의 연구결과 이륙시간은 평균  $0.45 \pm 0.01$ 초로서 본 연구와 거의 비슷한 것으로 나타났고, 또한  $56 \pm 2\%$ 가 스프링보드의 굴곡에 사용 된 결과 보드굴곡의 시간은 항상 회복 시간보다 더 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 본 연구의  $73.50 \pm 7.141\%$ 보다는 보드굴곡시간의 비율이 훨씬 적었음을 말해 주지만, 회복 시간보다 더 큰 비중을 차지한 것은 일치된 결과로 나타났다. 이러한 결과에 대해 본 연구의 경우 회전수가 증가할수록 점점 낮은 비율을 보인 바, 선행 연구의 회전수와 본 연구의 2회전을 비교할 때 역시 선행 연구의 결과보다 더 큰 비중을 차지하고 있는 것을 알 수 있다.

이러한 이륙시간을 선행연구와 서로 비교하기 위해 표준화시켜 보면 Miller와 Munro(1985)의 이륙시간은 본 연구의 90-102%에 달한 것으로 나타났고, 또한 미국 국내선수권(National sports festival(Miller,1984))에서 2.5 역회전 써머솔팅수행의 여자선수의 경우 80%에서 95%로 각각 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 이륙시간에 본 연구의 피험자와 선행연구의 선수간에 고도로 숙련된 선수임을 알 수 있고, 이륙시간에서 거의 일치도를 볼 수 있다.

능동적인 추진기에서 보드의 굴곡을 돕기 위해 본 연구에서는 평균  $61.75 \pm 8.057\%$ 가 소요되었으나, Miller 와 Munro(1984)의 경우 평균적으로 Louganis는 스프링 보드의 굴곡을 위해 처음 58%시간동안 하방으로 능동적으로 추진한 결과와 일치함을 알 수 있으나, 1982년 캐나다 동계국내선수권에서 여자8명 결승전에서  $52 \pm 2\%$ 보다는 훨씬 더 능동적 추진기를 가진 것으로 나타났다.

이론적인 측면에서 볼 때 보드가 시작시 보다 더 최대로 굴곡이 될 때 능동적 추진력을 더 많이 발휘하는 것이 더 효율적인 것으로 사료되지만 각운동량이 유발되어야 하고, 수직 및 각운동량이 이륙시점에서 발생하도록 최적화하기 위해서 다각적으로 고려해야 할 것으로 사료된다.

이 결과로 볼 때 총 이륙시간은 다양한 난이도에 따라 거의가 일치 정도가 있는 것으로 보이며, 굴곡에 소요한 시간은 회복과 관련한 시간을 초과한 것으로 나타났다. 이는 능동적 추진기가 굴곡되는 동안 발생한 사실에 기인되고, 힘은 회복기 동안 흡수된 것으로 사료된다.

보드의 굴곡정도는 본 연구의 경우 평균  $66.75 \pm 4.663$ cm로서 Miller 와 Munro(1985)의 86.77cm보다 거의 20cm가 더 적은 굴곡을 하였기 때문에 굴곡기에 축적되는 탄성에너지가 회복기에 본 연구의 경우가 더 적을 것이고, 따라서 최대 신체중심의 수직높이 역시 더 낮을 것으로 사료된다. 따라서 보드굴곡의 정도를 더 크게 하기 위해서는 마지막 허들 국면에서의 변인과 굴곡동안 능동적인 추진력을 더 발휘하므로써 가능하리라 사료된다.

## 2. 이륙국면별 각위

### 1) 발목관절

허들 이후 보드 터치다운에서 이륙시까지 발목각도의 신전 및 굴곡상태를 분석한 결과는 <Table - 2>와 같다. 허들 이후 보드에 발이 터치다운 한 후 스프링 보드의 굴곡동안 발목관절이  $20 \pm 9.12$ 도 범위로 계속 배측굴곡을 하였고, 이는 굴곡시간의 40%지점까지 계속된 결과 Miller and Munro(1984,1985)의 Greg Louganis발목은 스프링보드 굴곡시간의 첫 35%지점까지

로 굴곡범위는  $18 \pm 5$ 도인 결과와 본 연구의 배측굴곡범위는 거의 비슷한 수준이었고, 굴곡시간에서 다소 더 긴 특성을 보였다. 한편 저측굴곡의 범위는  $86.25 \pm 11.81$ 도로서 Miller와 Munro(1985)의 결과인  $60 \pm 6$ 도와 비교할 때 본 연구의 경우가 약 26도 더 큰 정도로 저측굴곡을 하는 것으로 나타났다.

터치다운기 발목의 평균 각은  $87.50 \pm 15.54$ 도의 발목의 굴곡된 상태로 보드에 접촉을 하기 시작하였고, 회복기를 지나 공중국면에 접어들 때 보드마지막 접촉시 발목각은  $148.75 \pm 6.29$ 도 신전되어 나타난 바, Greg Louganis를 대상으로 분석한 Millier와 Munro(1984, 1985)의  $125 \pm 6$ 도,  $166 \pm 2$ 도와 비교할 때 터치다운의 각도는 본 연구의 경우가 38도 더 적은 배측굴곡된 상태였고, 보드 마지막 접촉의 국면에서도 본 연구의 경우가 선행연구에 비해 18도나 더 적은 정도로 저측굴곡을 하면서 이륙하였다.

보드 최대굴곡시 발목의 각도는 본 연구의 경우  $62.50 \pm 8.66$ 도였으나, Greg Louganis의 경우는  $107 \pm 5$ 도로서 24.5도나 더 적은 각을 유지한 결과를 볼 때 선행연구의 경우는 보드가 최하수준일 때 이미 이륙을 할 자세가 완전히 갖추어진 것을 알 수 있고, 반면 본 연구의 경우는 최하수준에서 여전히 배측굴곡이 된 상태로 이륙의 준비가 덜 된 상황임을 알 수 있다.

이러한 세계적 선수인 Greg Louganis의 연기수준과 본 연구의 선수와 차이점은 허들 이후 보드 터치다운 순간, 보드최대굴곡수준, 및 마지막 이륙순간에서 다음 단계와 연계하여 신전 및 굴곡에서 준비가 미비한 것으로 나타난 바, 이의 자세 수정이 필요할 것으로 사료된다.

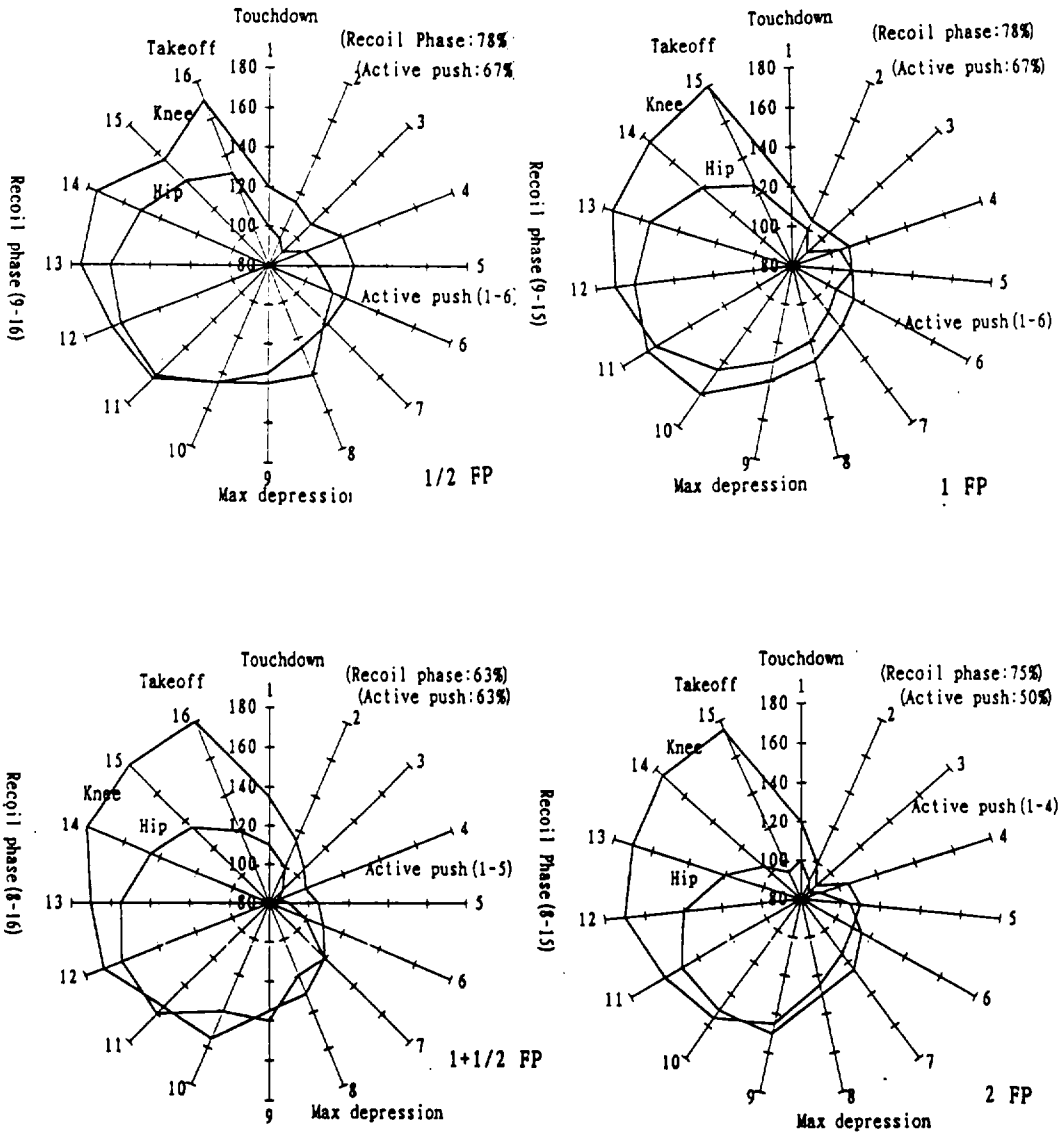
<Table - 2> Ankle range of motion and positions(deg) at critical points in takeoff

dive	touch down	maximum dorsiflexion	maximum depression	final contact	dorsi flexion range	plantar flexion range
1/2	110	140	70	140	30	70
1	75	60	55	150	15	95
1+1/2	85	60	55	150	25	95
2	80	70	70	155	10	85
M	87.50	82.50	62.50	148.75	20.00	86.25
SD	15.54	38.62	8.66	6.29	9.12	11.81

## 2. 무릎각도

터치다운에서 보드 마지막 이륙시까지 무릎의 신전 및 굴곡각도의 변화를 분석한 결과는 <Table - 3>과 같다. 표에서 허들 이후 보드 터치다운이 시작된 후부터 본 연구의 무릎각도는 보드굴곡기의 첫 40%지점까지 계속하여 굴곡을 하였고, 이의 범위는 터치다운시 최대  $120 \pm 4.08$ 도에서 시작하여 최소  $105.00 \pm 5.77$ 도 범위까지 계속 굴곡하여, 그 범위는 15도에 걸쳐 이루어 졌다. 이러한 결과는 Miller와 Munro(1985)의 터치다운 이후 Greg Loughanis 연기사 무릎각은 보드의 굴곡기 첫 31%까지 계속 굴곡하는 상태를 보였고, 굴곡은 터치다운시  $131 \pm 7$ 도에서

3m 스프링보드 다이빙시 이륙동작과 신체중심의 최고 도달점에 미치는 요인분석(1)(이창준·남사웅·류재청)



<Fig. 1> Knee and hip motion range from touchdown to takeoff during forward pike sommersault



시작하여 최소  $111 \pm 3$ 도를 유지하면서  $20 \pm 5$ 도의 범위에서 굴곡을 했다. 이러한 결과는 선행연구의 경우 본 연구에 비해 보드 굴곡 시간 동안 본 연구가 8%더 굴곡 시간을 지연하였고, 터치다운시 본 연구에 비해 11도 서 신전된 자세로 터치다운하여, 최대굴곡의 정도는 역시 본 연구의 경우가 6도 더 큰 것으로 나타났다.

최대 신전은 본 연구의 경우  $130 \pm 14.14$ 도, 최대 보드굴곡시  $105 \pm 5.77$ 도를 보였고, Greg Louganis의 경우 최대신전이  $179 \pm 6$ 도, 보드 최대 굴곡시  $147 \pm 7$ 도를 보인 결과와 비교할 때 본 연구의 경우가 최대 신전에서 49도, 보드최대굴곡시 42도가 더 적은 것으로 나타난 바, 선행연구의 경우는 최대 신전에서 무릎의 신전각을 일직선으로 편 상태와 보드 최대 굴곡 상태에서 역시 본 연구보다 훨씬 더 신전된 상태를 유지한 반면, 본 연구에서는 너무 무릎을 꾸부린 굴곡상태가 큰 자세를 유지하고 있음을 알 수 있다.

보드의 이륙직전 마지막 접촉시 본 연구의 경우  $171.25 \pm 7.50$ 도로서 평균 185도를 유지한 바, 이륙시에 무릎의 자세는 Greg Louganis의 경우와 거의 14도나 차이가 있는 것으로 나타났다.

이러한 마지막 접촉시 더 큰 무릎신전의 자세 차이로 미루어 본 연구의 경우 무릎관절을 완전히 신전하지 못한 채 공중국면을 접한 반면, 선행연구의 경우 완전한 신전자세로 공중국면에 접하므로써 더 깨끗한 연기를 펼칠 수 있었을 것으로 사료된다. 무릎신전 상태는 역회전 다이빙 집단에서와 전방다이빙 집단에서의 차이는 훨씬 차이가 있으며, 본 연구와 비교한 경우 역시 전방 다이빙 집단끼리 비교를 한 결과이다.

Miller와 Munro(1985)는 역회전의 경우 Louganis(1979)의 역 회전 턱동작에서 71도로서 다른 4명의 선수들보다 11-13도 더 큰 신전을 하였고, 캐나다 여자선수들(30-49도 범위)의 동일한 다이빙 동작에 대해 평균 37도로 비교되었다.

1983년 National sport Festival에서 Louganis의 평균 9회 이륙동작에서 평균 무릎신전은  $68 \pm 7$ 도 였고, 3.5회전 전방 파이크에서는 80도로 높았고, 2.5회전 후방파이크에서는 61도로 낮은 등 회전수에 따라서 후방다이빙의 경우 전방다이빙의 경우와 전혀 무릎의 신전이 다르다.

<Table - 3> Knee range of motion and positions(deg) at critical points in takeoff

dive	touch down	min. flexion	max. depression	max. extension	final contact	flexion range	extension range
1/2	120	110	130	165	160	10	50
1	115	110	110	165	175	5	50
1+1/2	125	100	140	170	175	25	45
2	120	100	140	175	175	20	45
M	120.00	105.00	130.00	169.00	171.25	15.00	47.50
SD	4.08	5.77	14.14	4.78	7.50	9.12	2.88

### 3. 히프각도

허들 이후 터치다운 국면에서 마지막 이륙까지 히프각의 신전 및 굴곡정도는 <Table - 4>와 같다. 표에서 터치다운 시에  $101.25 \pm 6.29$ 도로 나타난 바, Greg Louganis의  $117 \pm 6$ 도에 비해

다소 거의 16도 더 굴곡된 자세를 보였고, 터치다운시 무릎신전이 허벅지관절의 신전보다 더 먼저 유발된 것으로 나타났다. 그러나 특이한 상황은 Miller와 Munro(1985)의 Greg Louganis의 경우 터치다운에서 허벅지관절의 신전이 하퇴관절의 신전으로 연결되었다고 보고한 바, 하퇴관절의 신전은 허벅지관절의 신전에 의해 유발되는 것으로 보고했고, Greg Louganis 경우 시합에 참여한 다른 선수들 보다 허벅지관절의 신전동작이 0.01초에서 0.02초 무릎 신전보다 더 빠른 것으로 나타났다고 보고했다..

허벅지의 신전 범위에서 본 연구의 경우  $32.50 \pm 15.54$ 도로 나타난 바 Greg Louganis의 허벅지 신전 범위는 허벅지 신전범위가 76도였고, 시합에 참여한 여자선수 56도와 비교가 되었으며, 본 dsum에 비해서 무려 44도나 더 큰 범위로 신전을 한 것으로 나타났다. 이러한 Greg Louganis의 특징은 전 세계적인 선수들에 비해 독특한 특징은 다른 선수들의 경우보다 더 큰 최대허벅지 굴곡과 더큰 허벅지 신전각도를 보였다고 보고했다(Miller와 Munro, 1985)..

마지막 보드 접촉시 허벅지의 신전각도는 본 연구의 경우  $133.75 \pm 17.96$ 도, Greg Louganis의 경우  $179.95$ 도를 보인 바, 본 연구와는 무려 46도나 차이가 있는 것으로 나타났다. 전방다이빙의 여러 회수에서 허벅지는 공중국면 바로 직전에 최대의 신전을 보였고, 곧 바로 2차 굴곡기가 시작되었으며, 다이빙의 자세(파이크)에 대해 마지막 접촉시 허벅지굴곡각은 전방 다이빙에서 회전수가 더 많을수록 감소하는 추세를 보였다.

보드 최대굴곡시에 허벅지관절의 굴곡각은  $128.75 \pm 16.52$ 도로 나타났고, 선행연구의 경우 평균  $156.33$ 도로서 본 연구의 경우보다  $27.58$ 도나 더 큰 굴곡을 한 것으로 나타난 바, 이는 보드회복기에 축적된 탄성에너지와 굴곡된 만큼의 신전작용으로 타이밍에 맞게 더 큰 회복 에너지를 활용한 것으로 사료된다.

<Table - 4> Hip range of motion and positions(deg) at critical points in takeoff

Dive	touch down	min. flexion	max. depression	final contact	flexion range	extension range
1/2	110	85	120	150	25	40
1	100	80	110	145	20	45
1+1/2	95	105	145	130	10	35
2	100	90	140	110	10	10
M	101.25	90.00	128.75	133.75	16.25	32.50
SD	6.29	10.80	16.52	17.96	7.50	15.54

#### 4. 동체 및 어깨각도

##### 1) 동체각도

터치다운에서 보드 이륙시까지 동체각도 및 어깨각도를 분석한 결과는 <Table - 5>와 같으며, 표에서 본 연구의 결과 보드 터치다운시 수직축에 대한 동체의 기울기는 평균  $28.00 \pm 8.04$

도로 나타났고, 보드 최대 굴곡시 역시 동체가  $28.75 \pm 5.37$ 도로서 같은 기울기를 보였다. 이러한 결과는 Miller와 Munro(1985)의 연구결과 Greg Louganis는 수직축에 대해 동체가 평균 25도 전방으로 기울린 채 보드와 접촉했고, 이 기울기는 보드 최대 굴곡에서 같은 경사각을 보인 점은 본 연구의 상황과 같은 결과이지만, 본 연구의 경우가 선행연구의 경우보다 평균 약 3도 정도 더 기울기를 가진 것으로 나타났다. 이러한 Greg Louganis의 동체 기울기의 정도는 캐나다 여자선수권 결승전 선수들의 보드접촉시 평균  $22 \pm 4$ 도의 결과와 비슷한 것으로 나타났다.

보드 마지막 이륙시 동체의 각은  $57.50 \pm 26.37$ 도로 나타난 바, Greg Louganis의 전방 파이크 다이빙의 수직에 대한 평균 각도는 평균 37도로 나타난 바, 선행연구의 경우가 평균 20.5도나 더 수직에 가깝게 기울기를 가진 것으로 나타났다. 이 결과 본 연구의 경우는 수평변위의 면에서는 더 멀리 보드로부터 비행할 수 있지만, 수직높이를 크게 하여 공중에서 더 많은 시간을 가져 연기를 하는 데는 불리할 것으로 사료된다.

또한 보드에서 수직에 대한 동체의 최대 기울기를 보인 경우 본 연구의  $37 \pm 5.00$ 도, 선행연구의 30.33도로 각각 나타난 바, 이 역시 공중연기에 필요한 시간을 더 많이 가지는 데는 수직성분에 더 적은 기울기를 준 선행연구의 경우가 더 유리할 것으로 사료된다.

## 2) 어깨각도

보드 터치다운에서 이륙시까지 어깨의 각도에서 변화는 다른 분절의 경우보다 큰 것으로 나타났다, 특히 보드로부터 이륙시작에서 변화가 심한 것으로 나타났다. 터치다운에서 어깨각은 평균  $55.00 \pm 4.08$ 도로서 Greg Louganis의 전방파이크 다이빙에서 평균 31.66도보다 다소 더 신전된 자세로 터치하였음을 알 수 있고, 보드 최대 굴곡시 평균  $113.75 \pm 4.78$ 도는 Greg Louganis의 평균 137.66도 보다 약 24도 더 굴곡한 자세였으며, 이로 볼 때 본 연구의 경우 최대굴곡시 보드 회복기에 활용할 탄성에너지를 위해 하방을 향해 더 이상 하방으로 가할 굴곡각의 여분이 더 적을 알 시사해주는 결과라고 사료된다.

<Table - 5> Trunk and shoulder positions(deg) at critical points and range of shoulder motion during springboard takeoff

dive	touchdown trunk	touchdown shoulder	trunk max	maximum- trunk	depression shoulder	shoulder max.	last contact trunk	last contact shoulder	shoulder flex range
1/2	24	50	35	35	115	150	35	140	190
1	23	60	35	22	110	152	55	160	190
1+1/2	40	55	45	30	120	155	45	150	210
2	25	55	35	28	110	180	95	110	145
M	28.00	55.00	37.00	28.75	113.75	159.25	57.50	140.00	183.75
SD	8.04	4.08	5.00	5.37	4.78	13.98	26.29	21.60	27.50

보드 이륙시 어깨각은 평균  $140.00 \pm 21.60$ 도로서 Greg Louganis의 평균 157.33도 보다는 약

17도 덜 신전된 상태로 이륙하고 있음을 알 수 있고, 이로 인해 본 연구의 경우 이륙자세가 깨끗하나 못하고, 더 높은 수직높이를 얻는 데 더 큰 저항력을 가졌을 것으로 사료된다.

또한 전 과정에서 어깨관절의 굴곡범위는 본 연구의 평균  $183.75 \pm 27.50$ 도로서 Greg Louganis의 평균 203.66도 보다 약 20도 더 적은 범위로 굴곡하였다.

이러한 결과에도 불구하고, Miller와 Munro(1985)는 터치다운에서 이륙까지 어깨 변인은 상완이 터치다운에서 동작의 1차면(primary plane)으로부터 벗어나는 경우에 가 있을 수도 있지만, 전방 파이크 회전인 경우 회전의 수에 따라서 어깨를 덜 신전 혹은 더 많은 굴곡으로 착지하는 뚜렷한 경향을 보였다고 보고했다. 즉 상대적인 어깨 각도의 차이는 최대 보드굴곡 시점에서 역시 뚜렷하게 보인바, 이러한 양상은 recoil동안 팔 회전의 방향이 변해야 하는 과정 때문에 역회전의 경우와 다를 수 있고, 선수들마다 터치다운하는 형태가 다양하기 때문에 개인변이의 폭이 크기 때문에 다이빙에서 어깨각의 뚜렷한 양상을 지속하기는 어려운 것으로 보고했다.

### 5. 어프로치 스트라이드, 신체중심의 비행각도 및 신체중심의 최고점 높이

어프로치 시 스트라이드 길이, 보드 이륙시 신체중심의 비행각도, 및 최고점 높이에 대한 분석결과는 <Table - 6>과 같다. 즉 허들이전 마지막 어프로치시 스트라이드의 길이는 평균  $120.50 \pm 8.42$ cm로 나타났으며, 이는 회전의 수에 따라 길이가 다소 차이를 보인 바, 회전수가 많아질수록 스트라이드의 길이는 더 긴 것 경향을 보였다.

보드로부터 신체중심의 최고점 높이는 평균 241.87cm로 나타났고, 회전수의 증가에 따라 그 높이에서 다소 감소하는 추세를 보인 것은 공중으로 이륙순간부터 회전의 연기를 하는 가운데 적은 회전수의 경우보다 더 많은 공기저항을 받는 자세를 취하였기 때문으로 사료된다.

신체중심 최고점 높이에서 보드 끝점과의 투사각도는 평균  $120.50 \pm 8.42$ 도로 각각 나타났으며, 회전의 수가 증가함에 따라서 각이 더 감소하는 경향은 가능한 수직높이를 높게 하는 것이 연기를 하는 데 더 유리한 시간적, 공간적 이점 때문인 것으로 사료되며, 이를 위해서는 보드 끝점으로부터 가능한 일직선으로 투사하는 경우가 가장 적은 저항을 받게 되고, 따라서 체공 높이도 높고, 시간도 더 가지는 데 유리한 것으로 사료된다.

<Table - 6> The length of last approach stride and projectile angle from spring board edge to cog in max. height and max. height of cog

dive	projectile angle (deg)	max. height (cm)	last approach stride (cm)
1/2	130	292.50	138.00
1	125	232.50	142.5
1+1/2	115	247.50	144.00
1	112	195.00	147.00
M	120.50	241.87	142.87
SD	8.42	40.33	3.75

<Table - 7> Correlation among variables related with cog max. height.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22
x1		.75	.90	.96	.16	-.50	.37	.52	.00	-.68	-.70	-.57	-.57	.68	-.96	.88	-.64	-.05	-.54	.95	.59	-.80
x2			.39	.54	.49	-.85	.36	.32	-.46	-.73	-.20	-.43	-.43	.30	-.64	.96	.01	.05	-.92	.81	.79	-.82
x3				.98	-.09	-.15	.27	.51	.30	-.48	-.85	-.52	-.52	.76	-.92	.60	-.90	-.11	-.16	.80	.30	-.59
x4					.00	-.29	.32	.53	.19	-.57	-.81	-.55	-.55	.75	-.95	.72	-.82	-.09	-.31	.88	.42	-.68
x5						-.87	.87	.79	.16	-.81	.57	-.74	-.74	.44	.11	.49	.37	.87	-.78	.43	.88	-.71
x6							-.72	-.59	.16	.89	-.23	.68	.68	-.42	.28	-.82	-.24	-.55	.98	-.70	-.97	.87
x7								.95	.55	-.89	.26	-.96	-.96	.80	-.11	.49	-.09	.90	-.59	.59	.84	-.79
x8									.67	-.87	.00	-.99	-.99	.94	-.30	.51	-.37	.79	-.46	.69	.76	-.80
x9										-.22	.00	-.57	-.57	.68	.08	-.24	-.50	.59	.32	.06	.05	-.11
x10											.00	.92	.92	-.78	.46	-.82	.16	-.65	.83	-.86	-.97	.98
x11												.00	.00	-.32	.86	-.34	.86	.60	-.15	-.48	.15	.16
x12													.88	-.92	.35	-.60	.33	-.71	.57	-.75	-.83	.86
x13														-.92	.35	-.60	.33	-.77	.57	-.75	-.83	.86
x14															-.54	.53	-.65	.55	-.32	.77	.62	-.76
x15																-.76	.72	.31	.35	-.84	-.35	.61
x16																	-.21	.13	-.87	.94	.83	-.90
x17																		-.17	-.25	-.49	.05	.24
x18																			-.49	.20	.64	-.48
x19																				-.70	-.92	.84
x20																					.79	-.94
x21																						-.94
x22																						

## 6. 변인간의 상호관계

스프링 보드로부터 신체중심의 최고점 높이에 미치는 요인을 분석하기 위한 결과는 <Table - 7>과 같다. 표에서 신체중심의 최고점과 관련하여 영향을 미치는 변인들은 본 연구에서 분석한 거의 모든 변인이 포함되는 것으로 나타났다. 특히 신체중심의 최고점 높이와 뚜렷한 관계를 보인 변인은 스프링 보드의 굴곡 시간과의 관계는  $r=.59$ , 굴곡시간중에 능동적 추진시간(active push)이 차지하는 시간과는  $r=.79$ , 스프링보드의 굴곡되는 정도와의 관계  $r=.88$ , 스프링 보드의 회복시간(recoil)과는  $r=.42$ , 어프로치가 끝나고 터치다운 직전까지의 허들하는 데 소요한 시간과는  $r=-.97$ , 보드에 터치다운시 발목의 신전 각도와는  $r=.84$ , 발목 최대 배측굴곡과  $r=.76$ , 스프링 보드 최대굴곡시 발목의 각도와  $r=-.97$ , 스프링 보드의 최대굴곡에서 무릎각과  $r=-.83$ , 스프링 보드 이륙시 무릎각과  $r=-.83$ , 터치다운 힌프각과는  $r=.62$ , 스프링 보드 이륙시 힌프각과  $r=.83$ , 스프링 보드 최대굴곡시 수직에 대한 동체의 경사각과는  $r=.64$ , 스프링 보드를 릴리즈 순간 동체 투사각과는  $r=-.92$ , 스프링 보드 어프로치 길이와는  $r=.79$  로 각각 나타났다.

이러한 결과를 볼 때 신체중심의 최고점 높이에 미치는 변인을 재정리하면, 스프링보드 터치다운시 발목, 무릎 및 힌프의 각도변인, 스프링보드의 굴곡, 회복 및 능동적인 추진과 관련된 시간변인, 터치다운 및 릴리즈시 동체의 투사각과 높은 상관관을 보였다.

특히 관련이 높은 변인은 허들의 시간과 관계에서 어프로치하여 가능한 허들의 시간을 적게 하고 순간적으로 강한 충격을 하방으로 향하여 보드를 최대로 굴곡시키는 것이 중요함을 알 수 있다. 또한 보드 릴리즈시 동체의 투사각을 가능한 수직에 대해 적은 각을 유지하는 것이 최대 수직 높이를 가지는 데 유리할 것으로 사료된다.

보드 최대 굴곡시 발목의 신전정도 및 무릎의 신전정도를 타이밍에 맞게 적정 각도를 잘 유지하는 것이 매우 중요한 변인으로 작용하였 던 것으로 사료된다.

## IV. 결 론

본 연구는 3m 스프링 보드 다이빙에서 이륙동작과 신체중심의 최고점에 미치는 변인들을 분석하기 위해 국가대표급 제주도 선수 1명을 대상으로 분석한 결과를 세계적인 다이빙 선수 Greg Louganis를 대상으로 분석한 결과(Miller와 Munro ; 1984,85)와 비교 분석한 후 훈련 자료로 활용하기 위해 착수하였다. 1/2, 1, 1+1/2, 및 2회전 전방파이크 써머롤팅동작을 영상분석법을 이용하여 나온 결과를 분석한 후 얻은 결론은 다음과 같다.

### 1. 시간변인

총 이륙시간은 평균  $0.4486 \pm 0.049$ 초 중  $73.50 \pm 7.141\%$ 가 굴곡시간에 소요했고, 이중 능동적 추진기에  $61.75 \pm 8.05\%$ 가 소요되었다. 스프링보드의 굴곡은 평균  $66.75 \pm 4.66$ cm, Miller와 Munro(86.77cm)이었고, 허들 소요시간은 평균  $1.113 \pm 0.056$ 초 였다.

Miller와 Munro(1985)의 결과와 비교할 때 전체 이륙 시간은 차이가 없었지만, 보드굴곡과 능동적 추진기에 다소 시간을 많이 소요했고, 보드 굴곡정도가 다소 약한 것으로 나타났다.

### 2. 무릎의 굴곡 및 신전

보드굴곡기의 첫 40%지점까지 굴곡을 하였고, 범위는 터치다운시 최대  $120 \pm 4.08$ 도에 15도의 범위였고, 최대 신전은  $130 \pm 14.14$ 도, 최대 보드굴곡시  $105 \pm 5.77$ 도였고, 보드의 이륙직전  $171.25 \pm 7.50$ 도인 것으로 나타났다.

이러한 결과는 Miller와 Munro(1985)와 비교하면 보드 굴곡기와 터치다운에서 무릎굴곡 다소 더 굴곡된 상태였고, 신전범위는 42도로 선행 연구보다 훨씬 더 굴곡이 된 상태로 보드 최대 굴곡기에 나타났다. 보드의 이륙직전 역시 14도 더 굴곡된 자세를 취하므로써 다소 신전된 이륙자세 훈련이 필요하다.

### 3. 허프 굴곡 및 신전

터치다운 시에  $101.25 \pm 6.29$ 도, 신전범위는  $32.50 \pm 15.54$ 도, 마지막 이륙시 신전은  $133.75 \pm 17.96$ 도, 보드 최대굴곡시에 굴곡각은  $128.75 \pm 16.52$ 도로 나타난 바, Miller와 Munro(1985)의 결과와 비교하면 터치다운 시에 다소 더 많은 굴곡을, 신전범위는 44도나 더 큰 정도인 바, 이륙 동작 동안 너무 큰 신전 및 굴곡작용을 하였다. 마지막 이륙시 역시 46도나 더 굴곡된 자세로 이륙을 하여, 상당히 불안한 자세였고, 또한 신체중심 높이에 좋지 않은 영향을 주는 요인이 될 수 있다.

### 4. 어깨각도

터치다운에서 평균  $55.00 \pm 4.08$ 도, 보드 최대 굴곡시 평균  $113.75 \pm 4.78$ 도, 이륙시 어깨각은 평균  $140.00 \pm 21.60$ 도, 굴곡범위는 평균  $183.75 \pm 27.50$ 도로 나타났다. 이를 Miller와 Munro(1985)의 결과와 비교하면, 터치다운 자세에서 다소 더 신전된 자세였고, 보드 최대 굴곡시 약 24도 더 굴곡, 이륙시 어깨각에서 17도 덜 신전된 상태였고, 굴곡범위는 평균 20도 더 적은 범위로 굴곡 운동을 하였다.

### 5. 스트라이드

어프로치시 스트라이드는 평균  $120.50 \pm 8.42$ cm, 신체중심의 최고점 높이는 평균 241.87cm로 회전수가 많아질수록 스트라이드의 길이는 더 길고, 높이는 감소하는 경향을 보였다.

### 6. 변인 상호관계

신체중심의 최고점 높이와 뚜렷한 관계를 굴곡시간중에 능동적 추진시간 비율, 스프링보드의 굴곡 정도, 허들 소요 시간( $r = -.97$ ), 터치다운시 발목, 허프의 신전( $r = .84, .62$ ), 발목 최대 배측 굴곡( $r = .76$ ), 최대굴곡시 발목, 무릎의 신전정도( $r = -.97, -.83$ ), 이륙시 무릎, 허프각 ( $r = -.83, .83$ ), 최대굴곡시 동체 수직 경사각( $r = .64$ ), 릴리즈 시 동체 투사각과는( $r = -.92$ ), 어프로치 길이( $r = .79$ )로 각각 나타났다.

이로 볼 때 능동적 추진시간, 스프링보드에 대한 각 국면에서 허프, 무릎, 발목의 타이밍에 맞는 신굴전운동, 릴리즈시 동체의 수직 경사각 및 투사각 및 어프로치의 변인들이 신체중심 높이에 영향을 미치는 중요한 요인으로 지적할 수 있다.

## 참고문헌

- 이병근(1985). 다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동역학적 분석. 제주대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
- Ariel, G. B.(1979). Utilization of biomechanics in the assessment of athletic performance. In J. Teraud & G.G. Dales(Eds.), Science in athletics(31-39). Del Mar : Academic Press.
- Golden, D.(1981). Kinematics of increasing rotation in springboard diving. In D. Golden(ED.), Proceedings of the 1981 United States Diving Sports Science Seminar ; 55-81, United States Diving.
- Miller, D. I.(1974). A comparative analysis of the takeOff employed in springboard dives from the forward and reserve groups. Biomechanics IV(223-228)
- Miller, D. I.(1984). Biomechanical characteristics of the final approach step, huddle and takeoff of elite American springboard divers. J. of Human Movement Studies, 10(4) : 189-212.
- Miller, D. I., & 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) : 234-242.
- Miller, D. I. & Munro, C. F.(1985). Greg Louganis' springboard takeoff : I : Temporal and joint position analysis
- Saunders, R. H., and Wilson, B. D.(1988). Factors contributing to maximum height of dives after takeoff from the 3m springboard. I. J. of Sports Biomechanics, vol 4, 231-259