

다이빙 전방파이크 씨머솔팅 동작의 운동 역학적 분석

오만원¹⁾ · 이병근²⁾

- 목 차 -

ABSTRACT

I. 서 론

1. 연구의 필요성
2. 목 적
3. 가 정
4. 제한점
5. 용어 정의

II. 연구방법

1. 피험자
2. 인체모형 및 인체측정자료
3. 실험절차 및 수치화과정
4. 변인설정 및 산출방법
5. 통계처리

III. 연구결과 및 고찰

1. 시간변인
2. 신체 중심의 최고점 높이
3. 수평 및 수직 속도성분
4. 각변위
5. 각속도
6. 각 운동량
7. 신체분절의 공헌도
8. 신체 중심 높이에 영향을 주는 변인간의 상관관계

IV. 결론 및 제언

참고문헌

kinetic analysis of forward pike somersaulting in 3m springboard

Oh, Man-Won · Lee, Byong-Kun

ABSTRACT

This study was undertaken to analysis the forward pike somersaulting in 3m spring board diving with cinematographic method & to suggest quantifying material for performance in spring board diving.

The subjects participated in the experiment were consisted of male athlete(2) & female(2) representing CheJu Do.

The conclusions obtained were as follows:

1. In temporal analysis, elapsed time in air-phases was the longer, and factors influencing significantly in spring board was considered to be touch-down, take-off position, velocity.

2. In vertical & horizontal velocity components, factors influencing significantly in spring board was considered to be horizontal & vertical velocity at the the release instant, the number of rotation, touch-down, and take-off position, therefore it was important factors

1) 제주대학교 체육학과 교수

2) 세화고등학교 교사

absolutely distributing to horizontal & vertical components.

3. In angular displacement, as the number of rotation, the relative angle between thigh and trunk was higher. therefore it was necessary to decrease moment of inertia for more rotation.

4. In angular velocity, it as thought that Succession in the air-phase depend upon the touch-down in board & initial condition, decrease of moment of inertia according to increase of rotation in release in board.

5. In total angular momentum, The more stable variation in function of time, The more stable angular momentum was, the more deviation of it, the more unstable performance was.

6. Angular momentum of body segments from release on board to max. height was showed little relatively in constraint to entering, larger contribution of relative angular momentum.

7. There was a difference of kinetic variables among each rotations but common conclusions was needed to more short, instantaneous vertical component, less vertical angle, larger depression of board, larger local angular momentum. in 3m spring board.

1. 서 론

1. 연구의 필요성

다이빙 경기에서 더 좋은 득점을 하기 위해서는 이륙기 및 공중 국면에서 연기를 수행하는 과정에서 기술의 난이도(risk), 연기의 독창성(originality), 미적인 아름다움(virtuosity) 등의 요인이 요구된다. 이러한 기술을 이용하여 인간의 한계를 0.001%라도 더 극복하기 위해 스포츠 과학자, 지도자들은 여러 가지 방법을 동원하여 노력하여 왔다.

다이빙은 멀리뛰기, 높이뛰기, 달리기, 체조 등과 달리 공중 국면에서 소요하는 시간이 다이빙의 높이에 따라서 다양하며, 스프링보드 이륙시 시작된 회전은 공중 국면에서 시작된 회전력과 합해져 연기가 이루어진다. 공중에서 회전은 각 운동량의 보존 법칙에 의한 결과이고, 다른 운동과 달리 스프링보드에서 이륙을 하면 중력 상황에 남게 됨으로서 선수에게 가해지는 외력은 없게 된다. 따라서 외력의 영향이 없는 상황에서 다이빙 동작의 분석은 운동 역학적 접근 방법밖에 없다.

운동 역학적 측면에서는 스프링보드의 탄력성, 선수들의 이륙기 및 공중기에서 효율성을 기할 수 있는 방안을 찾기 위해 가장 널리 적용하는 방법은 영상 분석법을 이용한 운동 역학적 분석과 이륙시 선수가 발휘하는 힘과 관련한 지면 반력 분석, 및 컴퓨터의 시뮬레이션(simulation)을 이용한 분석법 등으로 요약할 수 있다.

2. 목 적

스프링보드에서 부터 입수하기까지 분석 범위는 크게 1차 스프링보드에서 발생하는 운동 역학적 기전과 이로 인한 스프링보드를 떠난 공중 국면에서 고난도의 기술을 행하기 위한 운동학

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

적 및 운동학적 변인을 규명하는 것이라 볼 수 있다.

따라서 본 연구는 3m 스프링보드에서 전방 파이크 써머솔팅(forward pike somersaulting) 시 다음과 같은 세부 연구 목적을 두었다.

- 1) 각 회전에 따른 일반적 운동학적결과를 국면에 따라 집단 및 개인간 비교 분석한다.
- 2) 신체 중심의 최대 수직 높이에 영향을 미치는 요인들을 회전수의 증가($\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ 회전)시 운동학적 변인과 운동 역학적 변인간의 비교를 한 후 이륙 이전의 변인이 이륙 후의 각 변인에 미치는 영향을 분석한다.
- 3) $\frac{1}{2}$ 회전, $1\frac{1}{2}$ 회전, $2\frac{1}{2}$ 회전을 수행하는 동안 써머솔팅 축에 대한 각 운동량의 차이를 비교 분석하므로써 훨씬 더 고난도의 기술인 $3\frac{1}{2}$ 회전시 필요로 하는 운동 역학적 변인을 예측한다.
- 4) 회전운동에 절대각 운동량(local term)과 상대각 운동량(remote term)의 공헌도를 분석하므로써 이륙후 입수까지 동체 회전에 대한 상하지의 역할을 분석한다.
- 5) 1), 2), 3), 4)의 연구 목적을 달성한 후 결과를 실제 현장에 활용하여 경기력을 향상시키는 데 이용한다.

3. 가정

본 연구의 목적을 위해 다음과 같은 가정을 하였다.

- 1) 공중 국면에서 공기저항의 영향력은 무시하고 신체에 외력이 가해지지 않는다.
- 2) 스프링보드에서 이륙시 선수의 신체 자세는 대칭을 이루고, 트위스팅 동작은 없다.
- 3) 선수들은 단지 회전의 수에 따라서 써머솔팅동작만 수행했다.

4. 제한점

- 1) 다이빙 선수들의 신체 분절을 6개의 강체로 구성하고, 이들의 강체는 상호 연결된 연쇄계(segments-interconnected rigid body)로 하여 모델링을 하였다.
- 2) 전방 써머솔팅(forward pike somersaulting)만을 행하므로써 모든 신체 분절이 신체 중심선에 대하여 대칭이 이룬 동작으로 간주하므로써 나타나는 미세한 오류의 폭은 무시했다.
- 3) 신체 분절들의 무게중심과 관성 모멘트 값은 측정할 수 없으므로 사체를 대상으로 한 실험결과치인 선행 연구 자료(Plagenhoef *et al*, 1983; Witsett,1963)를 이용하므로써 연구 대상자의 신체 분절 지수와는 다소 오차가 있으나 고려하지 않았다.

5. 용어 정의

본 연구 전역에서 자주 쓰이는 용어에 대해 이해를 돕기 위해 다음과 같이 정의하였다.

- 1) 상대각 운동량(relative angular momentum) : 신체 중심에 대한 신체 분절이 갖는 각 운동량(local term angular momentum)
- 2) 절대각 운동량(absolute angular momentum) : 신체 중심이 갖는 각 운동량(remote term angular momentum)
- 3) 각 운동량보존법칙(conservation of angular momentum): 외력이 신체에 적용되지 않는 한 공중 국면에서 신체 중심이 갖는 각 운동량은 항상 일정함
- 4) 관성모멘트(moment of inertia) : 어떤 물체를 회전시키려 할 때 잘 돌아가지 않으려는 성

질로서 그 물체가 지니는 저항적인 개념

- 5) 파이크자세(pike position): 공중 국면에서 동체와 대퇴가 이루는 허프의 경각으로 무릎은 편 상태
- 6) 턱자세(tuck position) : 무릎을 구부린 상태에서 동체와 대퇴가 이루는 허프의 경각을이룬 상태
- 7) 레이아웃 자세(layout position) : 신체의 수직 축에 대해 동체 및 하지를 일직선으로 편 자세
- 8) 전방파이크 써머솔팅(forward pike somersaulting): 신체 좌우 대칭을 이루면서 앞으로 공중회전하는 다이빙 자세
- 9) 원위단 분절(distal endpoint): 신체 중심에서 신체 분절의 먼쪽 끝부분
- 10) 근위단 분절(proximal endpoint): 신체 중심에서 신체 분절의 가까운 쪽 끝부분

II. 연구방법

1. 피험자

본 연구에 참여한 피 실험자는 제주도 대표 선수들로 초중학교에 재학중인 남(2명) 여(2명)으로 구성하였다.

<Table - 1> Subjects participated in the experiment.

Subjects	Weight(kg)	Height(cm)	Sex(m.f)	experience(yr.)
LSW	45	160	F	3
KAY	40	149	F	2
KHJ	48	159	M	3
LBS	40	150	M	3

2. 인체모형 및 인체측정자료

분석할 인체의 모형은 모두 6개 분절및 7개 관절로 가정하고, 운동이 평면에서 일어나고, 트 위스팅이 발생하지 않고, 줄곧 좌우 대칭을 이루는 인체모형으로 설정했다. 따라서 6개분절점은 ① 손 + 전완, ② 상완, ③ 동체, ④대퇴, ⑤하퇴 + 발, ⑥목 + 머리로 구성되고, 이의 관절점은 7개점으로 ①손목, ②팔목 ③ 어깨, ④귀, ⑤ 허프, ⑥ 무릎 ⑦발목으로 구성했다.

<Table - 2> Anthropometrics for segment length(%), weight(%), moment of inertia

segments	proximal endpoint cm/seg. length	seg. weight /tot. weight	moment of inertia(kg.m ²)
head + neck	.5385	.0730	.024
trunk	.4330	.5080	1.3080
upperarm	.4360	.0270	.0213
forearm + hand	.682	.0220	.0081
thigh	.4383	.0988	.1052
shank + foot	.606	.061	.0542

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

운동역학적 변인과 신체 중심 변인, 및 각 운동량을 산출하는 과정에서 신체 분절들의 관성 모멘트를 실제 인체를 이용하여 산출할 수 없기 때문에 사체(cadaver)를 이용하여 산출한 선행연구결과(Plagenhoef et al,1983; Whitsette,1963)를 활용하였다(Table 2)

3. 실험절차 및 수치화과정

본 실험은 정규 다이빙 경기장 시설을 갖춘 3m 스프링 보드에서 실시하였다. 실험전 피험자로 하여금 충분한 연습을 실시하게끔 하고, 실패했을 때는 다시 실시하게 하였다. 실시방법은 보드를 달려와 1차 발구름 후 2차 이륙을 위해 발구름한 후 공중국면을 맞이한 후 회전의 수를 조정하여 공중 연기를 하였다. 공중 연기는 1/2회전, 1 1/2회전, 2 1/2회전을 실시하였고, 모두 전방파이크 써머솔팅(forward pike somersaulting)을 하였다.

연기를 실시하기 전에 카메라 줌에서 연기자까지의 거리는 12m위치였고, 카메라 상에 비친 피험자의 실제 상의 크기를 실물의 상으로 환산하여야 하므로, 실험전에 미리 1m짜리 기준척을 플랫폼 중간에 놓고 촬영하였다.

모든 피험자에 대해 촬영이 끝난 후 공간상에서 움직임을 정량화(quantification) 하기 위해 0.1mm까지 측정이 가능한 투명 모눈종이판을 TV모니터에 부착을 시킨후 X, Y축의 눈금에 고유 수치 값을 설정한 후 신체 각 분절의 움직임을 매 1프레임씩 좌표화 시켰다. 좌표화의 시작 지점은 스프링 보드가 최하로 내려간 2차 굴곡시점부터 시작하여 손이 입수하는 시점까지 실시하였다.

매 프레임에 대해 좌표화가 된 수치값을 각 피험자마다 운동학적 및 운동역학적 자료를 산출하기 위해 파일링을 한 후 자체 작성한 GYMS, BAS프로그램을 이용하여 처리하였다.

실험에 사용된 카메라는 Normal Video(삼성)로 초당 30프레임으로 가동되고, 1프레임당 소요 시간은 0.012초(360/30)이고, 수치화판으로 이용한 TV는 20인치(삼성), 매프레임을 가동시킬 수 있는 Jog Shuttle(삼성)을 이용하였다.

투영된 상을 실제 실물의 크기로 환산하면 그 비는 배율 = 실제크기 / 투영된 크기 = 0.37(37%)이다.

4. 변인설정 및 산출방법

분석 변인은 연구의 목적에 부합되게 하기 위해 운동학적 및 운동역학적 변인으로 하였으며, 이들의 산출방법은 다음과 같다.

1) 인체분절의 위치, 속도, 가속도

위치좌표 P_i 의 속도 V_i 는 $V_i = (P_{i+1} - P_{i-1})/2\Delta t$

가속도 $a_i = (P_{i+1} - 2P_i + P_{i-1})/(\Delta t)^2$ 로 산출하였다.

2) 인체분절 중심점의 위치, 속도, 가속도

분절 i 의 중심점의 좌표 $cg_i = (P_i(1-(P_i/100))) + (D_i \cdot P_i/100) = P_i + (D_i - P_i)P_i/100$

3) 전신신체 중심의 위치, 속도, 가속도

전신중심의 위치 CG는

$$CG = \frac{\sum_{i=1}^6 (cg_i \cdot m_i)}{M}$$

(1) 각 변위 및 각속도 :

$$\theta_{ij} = \text{Arctan} \frac{Y_i - Y_j}{X_i - X_j} \quad \omega_i = \frac{\theta_{i-1} - \theta_{i-2}}{2\Delta t}$$

(2) 각 운동량 :

① 전신중심에 대한 각 운동량

$$H_{s/cs} = \sum_{i=1}^5 (H_{v/ci} + H_{ci/cs}) \quad (\text{절대각 운동량} + \text{상대각 운동량})$$

② 분절 자세중심에 대한 분절 i의 각 운동량은 (절대각 운동량) $H_{v/ci} = I_i \omega_i$

③ 전신 무게중심에 대한 분절 i의 선운동량의 모멘트는 (상대각 운동량)

$$H_{ci/cs} = m_i (r_k * (\omega_i * r_i))$$

④ 따라서 전신의 각 운동량은

$$H_{s/cs} = \sum_{i=1}^5 (H_{v/ci} + H_{ci/cs}) = \sum_{i=1}^5 I_i \omega_i + m_i (r_k * (\omega_i * r_i))$$

5. 통계처리

운동방정식을 통해 산출된 운동학적 및 운동역학적 변인으로 스프링 보드 이전과 이후에 관련된 변인들간 영향을 미치는 관계분석, 회전수의 증가에 따른 관련된 변인의 변화 등을 알아 보기 위해 통계패키지인 SAS를 이용하여 변인간의 상관계수, 공중에서 3회전을 연기할 수 있는 조건들을 회귀분석을 통해 알아보았다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 시간 변인

시간 변인을 전체적으로 정리하면 ½회전시 4명의 피험자 총 체공 시간의 평균은 2.805초, 1½회전시 3.124초, 2½회전시 4.816초로 회전의 수가 증가할수록 체공 시간은 더 길어짐을 볼 때, 공중 국면에서 외력이 가해지지 않는 한 낙하 시간 및 운동량은 일정하다는 법칙에 근거하여 볼 때 결국 스프링보드에서 발구르기 및 이륙하는 자세, 속도 등의 영향에 좌우된다고 볼 수 있다.

즉 회전수의 증가에 따라 체공 시간의 증가율을 보면 ½회전에서 1½회전까지 증가율은 11%, ½회전에서 2½회전까지 42%증가, 1½회전에서 2½회전까지 증가율은 36%의 증가율을 나타냈다. 이러한 증가율은 1회전이 더 증가하므로써 소요 시간이 거의 직선적으로 증가함을 볼 때, 이를 조정하는 방법은 스프링보드에서 릴리즈 순간 동체의 릴리즈각도, 초기 속도, 발구

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

몸시 반력 등의 운동학적 변인을 조정하여야 할 것으로 사료된다.

<Table - 3> Temporal variables by phases during 1/2 somersaulting. Unit: sec(%)

Phase Subj	M.DP - RE	RE - M.H.	M.H - EN
L.S.W.	0.267(9)	0.933(32)	1.700(58)
K.H.J.	0.267(8)	1.000(32)	1.800(58)
K.A.Y.	0.200(7)	0.867(32)	1.600(59)
L.B.S.	0.200(7)	0.833(31)	1.633(61)
M±SD	0.233±0.033(8)	0.908±0.064(32)	1.680±0.076(59)

RE: Release(이륙), M.DP.: Max. Depression(최하점), M.H.:Max. Height, EN:Entering(입수)

<Table - 4> Temporal variables by phases during 1 1/2 somersaulting. Unit:sec(%)

Phase Subj	M.DP - RE	RE - M.H.	M.H - 1+1/2R	1+1/2R - E.N
L.S.W.	0.267(7)	0.733(19)	1.067(28)	1.733(45)
K.H.J.	0.200(5)	0.733(19)	1.167(30)	1.733(45)
K.A.Y.	0.200(6)	0.567(18)	0.933(30)	1.367(44)
L.B.S.	0.119(7)	0.324(19)	0.477(26)	0.870(47)
M±SD	0.196±0.052(6)	0.589±0.167(18)	0.911±0.263(29)	1.425±0.353(45)

<Table - 5> Temporal variables by phases during 2 1/2 somersaulting. Unit: sec(%)

Phase Subj	M.DP - RE	RE - M.H.	M.H - 1+1/2R	1+1/2R - E.N	2+1/2R - EN
K.H.J.	0.200(4)	0.567(11)	1.067(21)	1.333(27)	1.700(34)
L.B.S.	0.200(4)	0.500(11)	1.033(22)	1.267(27)	1.533(33)
M±SD	0.2±00 (4)	0.533±0.033(11)	1.05±0.017(2)	1.30±.032(27)	1.61±.08(34)

2. 신체 중심의 최고점 높이

모든 피험자에서 회전의 수에 따라 변화하는 비율을 보면, 1/2회전에서 1 1/2회전의 14%감소, 1/2회전에서 2 1/2회전까지 12%감소, 1 1/2회전에서 2 1/2회전까지 13%감소 현상인 반면, K.H.J. 의 1/2회전에서 1 1/2회전까지 감소율은 11%, 1/2회전에서 2 1/2회전까지감소율은 28%, 1 1/2회전에서 2 1/2회전까지는 20%로 각각 나타났고, L.B.S.의 경우는 1/2회전에서 1 1/2회전까지 18%, 1/2회전에서 2 1/2회전까지 33%, 1 1/2회전에서 2 1/2회전까지는 19%로 각각 감소율을 보인바, 전체 평균치에 비해 회전수의 증가에 따라 변화하는 비율이 불규칙한 양상을 나타냈다. 따라서 투사체의 수직 및 수평성분의 분력과 합력의 관계를 고려할 때 회전의 수가 증가함에 따라 두 성분의 변화하는 비율도 비례하여 변하는 것이 정상이라 볼 때 L.B.S.와 K.H.J.의 경우 회전수 증가에 따라

수직 및 수평 변위의 안배를 잘 하지 못하는 것으로 사료된다.

<Table - 6> Max. Vertical C.O.G. displacement during somersaulting (Unit: Cm)

Subj \ Phase	1/2 R	1 + 1/2R	2 + 1/2R
L.S.W.	269.73	243.09	
K.H.J.	199.80	160.17	
K.A.Y.	289.71	259.74	210.1
L.B.S.	263.07	216.45	176.49
M±SD	255.57±33.66	219.86±37.76	193.30±16.81

3. 수평 및 수직 속도성분

이상 1/2회전, 1 1/2회전, 2 1/2회전동안 모든 피험자의 공중연기를 수평 및 수직 속도의 관점에서 정리하면, 전 국면동안공중회전에 가장 큰 영향을 미치는 국면은 보드의 최하점에서 릴리즈 사이로서, 회전의 수에따라 수평 및 수직성분의 적절한 배분을 잘 하므로써 최상의 연기를 할 수 있는 것으로 나타났다.

<Table - 7> Horizontal & vertical velocity by phases during 1/2 pike somersaulting

Subj \ Phase	MDP - RE			RE - M.H			M.H. - EN			
	M±S.D	Max	Min	M±S.D	Max	Min	M±S.D	Max	Min	
L S W	H	.98	2.54	-.11	.76	4.99	-.27	.94	8.46	-1.03
			.87			1.43			2.29	
	V	5.11	9.70	-6.97	.84	7.00	-1.07	-2.79	.08	-7.31
			17.01			2.05			2.55	
K H J	H	2.02	6.82	-.39	.21	.56	-.04	.80	5.88	-1.14
			2.48			.22			1.40	
	V	5.94	48.22	-1.61	1.08	6.77	-.24	-2.68	-.26	-7.54
			16.0			1.77			2.39	
K A Y	H	1.84	6.41	0	1.21	6.41	-2.43	-.06	5.09	-20.17
			2.12			2.08			4.56	
	V	7.91	47.88	-1.15	-.02	6.96	-9.90	-.09	5.09	-20.17
			17.88			3.76			4.65	
L B S	H	.78	1.52	0	.71	9.24	-3.63	.35	1.28	-.67
			0.52			2.67			.39	
	V	8.04	47.80	-.88	.99	5.97	-.67	-2.06	1.61	-10.73
			17.78			1.79			3.08	
M± SD	H	1.40±0.53			0.72±0.35			0.50±0.39		
	V	14.19±5.29			0.22±0.81			-1.90±1.08		

H: Horizontal linear velocity, V: vertical linear velocity (Unit: M.S⁻¹)

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

<Table - 8> Horizontal & vertical velocity phases during 1½ pike somersaulting

Phase		M.DP. - RE.			RE. - M.H.			M.H. - 1+1/2R			1+1/2R- EN.		
Subj.		M±S.D Max Min			M±S.D Max Min			M±S.D Max Min			M±S.D Max Min		
		L S W	H	.87	2.08	-.45	.54	5.01	-1.62	1.09	3.19	.05	-2.64
	V	.00	2.55	-1.59	1.32	6.33	-1.93	.78	1.64	.05	-2.46	3.19	-9.60
			.85			2.00			.82			4.90	
			1.28			2.12			.46			3.70	
K H J	H	2.57	5.17	0	.05	1.21	-1.12	.01	2.30	-2.80	.50	5.92	6.47
	V	7.95	47.59	-.46	.93	2.76	-23.74	.26	15.12	-24.22	-3.30	-.62	-6.74
			2.07			.72			1.34			3.30	
			17.72			6.42			8.94			2.40	
K A Y	H	2.69	6.46	0	.12	.84	-.53	1.39	4.86	.12	.85	5.01	-1.76
	V	7.96	47.63	-.82	.91	6.22	-.22	-.05	6.22	-5.80	-3.04	-.42	-7.84
			2.32			.54			1.22			1.70	
			17.74			1.75			3.42			2.52	
L B S	H	.88	2.54	-.10	1.30	4.99	-.10	.15	.57	-.26	.93	.46	-1.03
	V	5.69	49.69	-6.96	1.79	7.00	-.14	-.36	.07	-1.07	-2.91	-.17	-7.30
			.88			1.72			.24			2.29	
			18.10			2.20			.35			2.53	
M ± SD		1.75±0.87 0.66±0.59			5.40±3.25 0.15±0.42			0.50±0.49 -0.08±1.48			1.23±0.35 -0.17±2.71		

H: Horizontal linear velocity, V: Vertical linear velocity (Unit: M.S⁻¹)

<Table - 9> Horizontal & vertical velocity by phases during 2½ pike somersaulting

Phas		M.DP. - RE.			RE. - M.H.			M.H. - 1+1/2R			1+1/2-2+1/2 R			2+1/2-EN.		
Subj.		M±S.D Max Min			M±S.D Max Min			M±S.D Max Min			M±S.D Max Min			M±SD Max Min		
		L B S	H	2.13	5.08	0	-.13	1.22	-1.57	.40	1.74	-.23	.60	.96	.09	.33
	V	8.23	47.55	0	1.52	6.87	-.94	-.02	.97	-.56	-1.26	-.15	-2.22	-2.54	-1.84	-3.34
			17.58			2.40			.44			.57			.47	
K H J	H	2.92	7.93	0	.05	.38	-.30	.73	1.83	-1.78	.99	1.99	.5	.60	.70	.51
	V	7.73	47.30	-1.34	.76	2.42	-.21	-.34	1.24	-1.97	-1.08	-.70	-1.8	-1.76	-1.06	-2.76
			3.28			.18			.83			.42			.09	
			17.70			.93			.82			.40			.45	
M ± S D	H	2.52±0.39			-0.04±0.09			0.56±0.16			0.79±0.19			0.46±0.13		
	V	7.98±0.24			1.14±0.38			-0.48±0.16			-1.17±0.08			-2.15±0.39		

H: Horizontal linear velocity, V: Vertical linear velocity

½회전시 최하점에서 릴리즈까지 모든 피험자의 평균 수평 및 수직 속도성분의 배분은 수직 성분이 5.7배로서 회전수가 적을 수록 수직성분의 비율이 큰 값을 가짐을 볼때 평균치와 가장 근접하고 가장 이상적인 배분을 한 피험자는 L.S.W.의 수직 속도가 5.2배였고, 가장 비이상적인

경우는 L.B.S.의 경우 10.3배로 수직 속도 성분으로 적절한 배분을 하지 못한 것임을 알 수 있다.

1½회전의 경우 초기국면에서 ½회전보다 수직성분의 비율이 일정하게 감소한 반면 수평성분이 증가하였고, 평균 비율은 3.2배로 수직성분의 비중이 큰 것으로 나타났다. 특이한 상황은 피험자 L.S.W.의 경우 .002배로 평균치에 훨씬 더 적은 분배를 하므로써 1½회전을 완결하게 수행을 하지 못했을 것으로 사료된다.

2½회전의 경우 초기국면에서 평균 수직성분이 수평성분보다 3.2배 더 큰 값을 가진 것으로 나타난 바, 회전수에 따라 수평성분을 상대적으로 증가하는 양상을 보였고, 수직성분은 상대적으로 회전의 수가 적을수록 그 비율이 커짐을 알 수 있다.

4. 각변위

스프링 보드의 최하위점에서 릴리즈시, 입수시 동체의 각, 스프링 보드의 굴곡각도, 최고점에서 하지와 동체가 이루는 각도 등을 분석한 결과는 Table 10과 같다.

<Table - 10> Angular displacement by phases during ½, 1½, and 2½somersaulting

Phase Subj.	Release Angle			Entering Angle			Depression Angle			Pike Angle in Peak		
	1/2	1 1/2	2 1/2	1/2	1 1/2	2 1/2	1/2	1 1/2	2 1/2	1/2	1 1/2	2 1/2
L.S.W.	62	42		92	85		5	15		19	33	
K.A.Y.	65	27		75	71		14	14		47	50	
K.H.J.	50	48	19	75	98	71	19	18	20	16	44	30
L.B.S.	65	23	5	85	81	120	15	16	16	8	14	63
M ±SD	60.5	35	12	81.8	83.8	95.5	15.75	15.75	18	22.5	35.25	46.5
	6.18	10.31	7	7.18	9.67	24.5	1.92	1.47	2	14.7	13.69	16.5

공중동작에서 외력의 영향을 받지 않는 한 가운데량은 일정하다는 원리에 따라서, 공중에서 연기의 성패는 결국 스프링보드의 릴리즈시에 운동역학적 변인에 의해 좌우된다.

따라서 릴리즈시 동체의 각도가 회전수의 증가에 따라 변화하는 양상은 ½회전시 평균 60.5도, 1½회전시 평균 35도, 2½회전시 12도로 회전수의 증가에 따라 수직에 대한 릴리즈 각도는 감소하는 것으로 나타났다. 즉 ½회전이 1½회전보다 1.73배 증가, ½회전이 2½회전보다 5.1배 증가하였고, 1½회전이 2½회전보다 2.9배 더 큰 각도를 이루고 있음을 알 수 있다.

스프링 보드의 각도는 ½회전시 수평면에 대해 15.75도, 1½회전시 15.75도로 차이가 없지만, 2½회전시는 18도로 굴곡을 하였다. 이러한 결과는 회전수가 증가할수록 보드의 굴곡각도가 상대적으로 비례하여 증가하는 현상이 수직 변위와 수평 변위를 더 크게 할 수 있다는 점을 고려할 때 모든 피험자에서 바람직한 발구름을 하지 못한 것으로 사료된다.

한편 최고점에서 동체와 하지가 이루는 각도(파이크자세)에 따라 공중 동작에서 관성 모멘트의 영향을 적게가질 수 있으며, 따라서 원하는 회전의 연기를 조정할 수 있다. 즉 ½회전시 평균각 22.5도보다 1½회전시 평균각 35.25도가 1.31배 증가하였고, 1½회전보다 2½회전의 평균각

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

46.5도가 1.56배 증가, 1/2회전의 평균각 22.5도보다 2/2회전의 평균각 46.5도가 2.06배로 증가한 결과를 볼 때, 회전수의 증가에 따라 하지와 동체가 이루는 상대 각도가 증가하는 현상을 보였다. 회전의 수를 늘리기 위해서는 관성 모멘트를 가능한 감소시켜야 함을 볼 때 본 연구의 모든 피험자들은 최고점에서 파이크 자세를 감소시켜야 할 것으로 사료된다.

5. 각속도

본 연구 결과 1/2회전의 경우 보드 최하점에서 입수까지 변화는 1/2회전의 경우와 비슷한 양상을 보였다. 즉 모든 피험자의 경우에서 입수하는 과정과 스프링보드를 릴리즈하는 순간에 큰 변화의 각속도를 유지한 것으로 나타났다. 즉 보드 최하점에서 릴리즈순간까지 평균 $5.52 \pm 9.92 \text{ deg.s}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $6.70 \pm 22.93 \text{ deg.s}^{-1}$, 최고점에서 1/2회전까지 평균 $7.09 \pm 12.31 \text{ deg.s}^{-1}$, 1/2회전에서 입수까지 평균 $19.37 \pm 6.22 \text{ deg.s}^{-1}$ 로 각각 나타난 바, 1/2회전의 경우와 마찬가지로 입수하는 과정에서 하지와 동체의 각운동이 빠른 속도로 발생했음을 알 수 있다.

개인별로 각 국면을 분석하면 릴리즈에서 최고점까지 피험자 L.S.W.의 평균 각속도는 42.92 deg.s^{-1} , K.A.Y.의 9.83 deg.s^{-1} 로서 1/2회전과 달리 1/2회전을 완수하기 위해 릴리즈순간부터 동체와 하지 파이크자세를 취하여 여유있는 1/2회전의 동작을 취할 수 있는 반면 반면 K.H.J.의 $-10.76 \text{ deg.s}^{-1}$, L.B.S.의 $-15.17 \text{ deg.s}^{-1}$ 를 보인 결과 1/2회전의 동작을 입수하는 과정에서 1/2회전의 불완전한 자세를 취하여 입수했음을 간접적으로 알 수 있다. 따라서 완전한 입수 동작을 취하기 위해서는 릴리즈순간부터 최고점까지 가는 도중 파이크자세를 빠르게 취하여야 할 것으로 사료된다.

최고점에서 1/2회전국면을 보면 L.S.W.의 경우 7.35 deg.s^{-1} 및 1/2회전에서 입수까지 9.26 deg.s^{-1} 를 볼 때 다른 피험자에 비해 더 정확한 입수가 가능했으나 개선해야 할 여지가 있음을 알 수 있고, 이외 다른 피험자 K.H.J.의 26.16 deg.s^{-1} , K.A.Y.의 20.40 deg.s^{-1} , L.B.S.의 21.69 deg.s^{-1} 를 보인 결과를 볼 때 입수하는 과정에서 동체와 하지의 퍼는 동작을 나타내므로써 불완전한 입수동작이었을 것으로 사료된다.

<Table - 11> Angular velocity by phases during 1/2 pike somersaulting

국면 피험자	M.DP. - RE.			RE. - M.H.			M.H. - 1+1/2R			1+1/2R - EN.		
	M±S.D	Max	Min	M±S.D	Max	Min	M±S.D	Max	Min	M±S.D	Max	Min
L.S.W	6.67 11.24	23.94	-8.64	42.92 22.78	42.92-41.62		7.35 27.43	44.82	-39.56	9.26 28.26	45.66	-42.69
K.H.J	-10.56 17.00	2.98	-39.44	-10.76 21.01	43.71-42.63		27.10 15.06	38.62	-0.42	26.16 32.16	45.45	-45.84
K.A.Y.	16.36 17.21	45.27	0	9.83 19.85	40.58-20.66		-2.52 26.55	44.88	-40.58	20.40 8.00	42.38	14.59
L.B.S.	9.64 17.16	33.94	-21.98	-15.17 12.87	10.48-41.57		-3.56 18.75	31.53	-33.05	21.69 12.58	44.72	2.03
M±SD	5.52±9.92			6.70±22.93			7.09±12.31			19.37±6.22		

6. 각 운동량

각 운동량의 분석은 총 각운동량(HS)와 절대각 운동량(HL) 및 상대각 운동량(KR)로 구분하여 보드 최하점에서 입수까지 각 국면별 분석하였다.

<Table - 12> Angular momentum(Remote & Local term) by phases during ½ pike somersaulting

Phase Subj.		M.DP. - RE.			RE. - M.H.			M.H. - EN.		
		M±S.D	Max	Min	M±S.D	Max	Min	M±S.D	Max	Min
L S W	HS	.05 .26	.32	-.49	.21 1.89	3.26	-7.79	-1.16 2.77	.37	-10.78
	HL	.08 .13	.28	-.17	-.09 .13	.26	-.34	.17 .10	.36	0
	HR	-.03 .30	.25	-.76	-.12 1.98	3.6	-8.05	-1.33 2.80	.24	-11.08
K H J	HS	.30 .37	1.14	-.06	.36 1.09	3.39	-.37	-2.63 5.20	3.11	-15.27
	HL	.11 .13	.30	-.09	-.14 .24	.36	-.37	.19 .22	.37	.34
	HR	.19 .04	1.12	-.29	-.15 .22	.36	-.37	-3.45 5.62	2.78	-15.64
K A Y	HS	.04 .17	.25	.26	-1.38 4.23	3.01	-14.62	-1.32 21.75	59.48	-48.99
	HL	.07 .14	.25	-.10	-.01 .25	.33	-.35	.21 .23	.37	-.37
	HR	-.03 .10	.11	-.17	-1.37 4.17	3.37	-14.32	-1.62 22.19	59.10	-48.62
L B S	HS	-.02 .25	.37	-.36	.59 2.43	10.72	-1.70	-1.83 5.47	15.36	-12.74
	HL	-.02 .25	.34	-.36	-.002 .14	.36	-.18	.11 .19	.36	-.36
	HR	-.00 .02	.00	-.04	.59 2.42	10.72	-1.52	-2.02 5.56	15.01	-13.01
M ± SD	HS	0.092±0.12			-0.055±0.77			-1.84±0.48		
	HL	0.06±0.04			-0.06±0.05			0.17±0.03		
	HR	0.035±0.09			-0.26±0.70			-2.10±0.81		

HS : Sum of Angular momentum, HL : Local term angular momentum,
HR : Remote term angular momentum

즉 공중국면에서 총 각 운동량은 외력이 없는 한 항상 일정한 수준을 유지하지만, 신체분절은 다축관절로 이루어진 강제이기 때문에 총 각 운동량에 영향을 미치는 요인은 신체 중심자가 가지는 절대각 운동량과 중심에 대해 분절이 갖는 상대각 운동량으로 구분하여 분석을 하여

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

야 한다. 총 각 운동량을 분석한 결과 시간을 함수로 가장 일정하게 유지하는 피험자일수록 더 안정된 분절의 운동을 유지한 결과라 할 수 있고, 편차가 심할수록 불안한 동작을 하였다고 평가할 수 있다.

1/2회전의 총 각 운동량에서 전체적인 변화양상은 피험자 K.H.J.의 경우 보드 최하점에서 입수까지 점차 감소하는 양상을 보였고, L.B.S.의 경우 점차 증가하는 양상을 보였지만 L.S.W.와 K.A.Y.의 경우 거의 변화없이 일정하게 유지하였음을 알 수 있다.

릴리즈지점과 입수하는 지점에서 총 각운동량의 변화가 있음을 알 수 있는 데 이는 보드릴리즈과정과 공중연기를 완수하고 입수하는 과정에서 동체와 하지의 각운동이 발생하므로써 신체 분절이 갖는 상대각 운동량이 결국 총 각운동량에 영향을 미친 결과이다.

한편 상대각 운동량의 전체적인 변화양상을 보면 모든 피험자에서 거의 큰 변화없이 일정한 수준을 유지하였음을 알 수 있으나, 절대각 운동량의 경우 변화양상은 모든 피험자에서 공히 점차 증가하는 양상을 보였고, 보드 최하점에서 최고점까지 부적의 경향을 보였으나 최고점에서 입수까지 정적인 각 운동량을 보이고 있음을 알 수 있고, 각 국면의 경과에 따라 변화양상이 심함을 알 수 있다.

각 운동량의 전반적인 양상을 보면, 상대각 운동량의 경우 거의 변화를 볼 수 없으나 절대 각 운동량의 경우 각 국면마다 변화의 폭이 심함을 알 수 있고, 또한 시종 증가하는 양상을 보였다. 이러한 결과를 볼 때 총 각 운동량에 영향을 미치는 경우는 신체 각 분절의 각 운동량이 아니라 신체 중심이 갖는 절대 각 운동량에 의해 거의 좌우됨을 알 수 있다.

이러한 양상을 각 국면별 분석하면 4명 피험자 평균 총 각운동량은 보드 최하점에서 릴리즈 시까지 $0.092 \pm 0.12 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $-0.055 \pm 0.77 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 입수까지 평균 $-1.84 \pm 0.48 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 을 보였고, 신체 중심이 가지는 절대각 운동량은 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 $0.06 \pm 0.04 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $-0.06 \pm 0.05 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 입수까지 평균 $0.17 \pm 0.03 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 나타났고, 상대각 운동량의 경우 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 $0.035 \pm 0.09 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $-0.26 \pm 0.70 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 입수까지 평균 $-2.10 \pm 0.81 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

1/2회전의 이러한 결과를 볼 때 공중국면에서 공중회전을 하는 데 신체분절의 공헌도가 신체 중심이 가지는 공헌도에 비해 상대적으로 적음을 알 수 있고, 따라서 릴리즈 이후 신체분절의 운동보다는 신체 중심이 되는 동체의 역할을 정상적으로 수행하므로써 더 나은 공중연기를 할 수 있을 것으로 사료된다.

7. 신체분절의 공헌도

2/2회전의 경우 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 경우 보드 최하점에서 릴리즈까지 공헌율은 평균 21%, 릴리즈에서 최저점까지 평균 110%, 최고점에서 1/2회전까지 평균 4.5%, 1/2회전에서 2/2회전까지 평균 52%, 2/2회전에서 입수까지 평균 10%로 각각 나타났고, 신체 중심에 대한 신체 분절이 가지는 상대각 운동량의 공헌율은 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 29%, 릴리즈에서 최고점까지 평균 188%, 최고점에서 1/2회전까지 평균 4%, 1/2회전에서 2/2회전까지 평균 52%, 2/2회전에서 입수까지 평균 188%의 공헌율을 보였다.

이러한 결과를 볼 때 3가지 공중 연기중 가장 고난도의 기술인 만큼, 최하점에서 릴리즈시

까지 절대 각 운동량보다 상대 각 운동량을 더 크게하므로써 최고점까지 가는 도중 완전한 공중회전의 준비를 한 결과로 볼 수 있고, 입수하는 과정에서 역시 절대 보다 상대 각 운동량의 공헌율이 훨씬 더 큼을 볼 때 2½회전에서 입수까지 매우 불안한 입수 동작이 이루어 졌음을 알 수 있다.

<Table - 13> Contribution ratio of remote term vs. local term angular momentum 2½

Phase		M.DP. - RE.	RE. - M.H.	M.H.- 1+1/2R	1+1/2 - 2+1/2R	2+1/2- EN.
Subj		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
K	HL	42	200	1	41	17
H	HR	57	316	0	58	84
J	ER	1	416	99	1	1
L	HL	0	20	8	63	4
B	HR	1	60	116	31	293
S	ER	99	20	24	6	197
M	HL	21 ± 21	110.5±89.5	4.5±3.5	52 ±11	10.5±6.5
±	HR	29 ± 28	188±128	58 ±58	44.5±13.5	188.5±104.5
S	ER	50 ± 49	218±198	61.5±37.5	11 ±5	99±98

E:error term,HL:local term angular momentum,HR:remote term angular momentum

8. 신체 중심 높이에 영향을 주는 변인간의 상관관계

도움닫기를 하여 스프링보드에서 최대한의 반력을 이용하여 릴리즈 한 후에는 어떠한 외력이 가해지지 않는다. 따라서 최대한 스프링보드와 신체 상호 분절간의 협응 동작으로 힘을 얻은 후 공중 국면에서 이를 최대한 활용하여야 한다. 일단 신체가 공중에 뜬 후에는 어떠한 외력이 가해지지 않기 때문에 신체 분절간의 에너지 전이, 흡수 및 발현은 가능하지만 외부의 힘은 없게 된다. 따라서 공중 국면에서 신체가 지나는 운동량은 항상 일정하게 유지된다. 단 공중에서 관성 모멘트를 조정하여 각운동의 속도를 조절은 할 수 있다. 따라서 공중에서 연기의 성패는 보드에서 릴리즈하는 순간 운동학적 요인의 초기 조건 및 공중에서 신체 분절의 상호작용에 좌우된다.

또한 이러한 영향으로 신체 중심의 수직 높이가 높을 수록 공중 연기에 유리하게 된다.

따라서 본 연구에서는 공중 연기에 직접적으로 영향을 주는 변인인 초기 조건과 공중 국면에서 신체 분절의 상호작용으로 인한 각도를 중심으로 각 회전에 따른 신체 중심의 수직 높이에 영향을 주는 요인과의 상관관계를 보았다.

1½회전의 경우 신체 중심의 수직 높이에 대한 스프링보드에서 릴리즈시 소요한 시간과 관계는 r=-.21로 역 상관을 보였고, 수평 속도와는 r=-.21로 나타난 바, 초기에 짧은 시간 동안 강한 힘을 발휘해야 함을 알 수 있고, 수평 속도를 가능한 감소시키는 경우가 유리함을 알 수 있다. 반면 수직 속도의 경우 r=.35로 ½회전의 경우보다는 수평 및 수직의 상관 비가 낮아짐을 알 수 있고, 다소 상관이 낮은 편이지만 수직 속도와 수직 높이는 다소 정적인 상관이 있음을 알 수 있다.

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

각 속도의 경우를 보면 $r=.71$ 로 $\frac{1}{2}$ 회전의 경우와는 반대의 상관을 보인 결과를 볼 때 회전의 수가 많아질수록 수직 및 수평 속도의 비가 변하는 경우 상관의 비가 변하듯, 초기부터 신체 분절을 가능한 신체 중심에 가까이 함으로서 관성 모멘트를 줄이고 $\frac{1}{2}$ 회전을 완료하려는 시도라고 사료된다. 이러한 결과를 증명할 수 있는 것이 보드 릴리즈시 동체의 각도 역시 $\frac{1}{2}$ 회전과 달리 $r=.76$ 으로 $\frac{1}{2}$ 회전과는 정 반대의 값을 보였고, 이로 볼 때 더 많은 회전을 위해서 릴리즈 순간부터 동체 및 하지의 각도를 감소시켜 원하는 회전을 완수하려는 시도로 사료된다. 한편 보드의 굴곡 각도는 $r=.78$ 로 $\frac{1}{2}$ 회전의 경우와 같은 양상으로 수직 높이와 높은 정적인 상관을 나타냈다.

각 운동량의 경우 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 경우 $r=.91$, 신체 중심에 대해 신체 분절이 갖는 상대각 운동량은 $r=.20$ 으로 $\frac{1}{2}$ 회전의 경우와 같이 절대 각 운동량의

경우가 신체 중심의 수직 높이에 거의 직선적인 관계가 있음을 볼 때, 릴리즈시 동체보다는 신체 다른 분절들의 운동들도 절대 각 운동량의 비율이 크게 나타난 것으로 사료된다.

이상 $\frac{1}{2}$ 회전시 수직 높이와 초기 조건들과의 상관 분석 결과 보드에서 가능한 짧은 시간 동안 큰 힘을 발휘하되, 회전의 수가 증가한 만큼 수직 및 수평 분력의 비를 재조정하되, 수직의 분력을 더 가하는 것이 유리하다. 그리고, 각속도를 증가시키되, 신체 중심이 속한 동체의 분절은 가능한 고정시키고 다른 신체 분절의 운동으로 절대각 운동량을 조정해야 할 것으로 사료된다.

<Table - 14> Correlation between kinematic & kinetic variables and C.O.G max height in $\frac{1}{2}$ somersaulting.

Phase Variable	M.DP. - RE.	RE. - M.H.	M.H. - 1+1/2R	1+1/2R - EN
Time	-.21	-.20	-.20	-.23
H.Vel.	-.21			
V.Vel.	.35			
Ang.Vel.	.71			
RA. DA. PA	.76(Release Ang.)	.78(Depression)	-.24(Pike Angle)	
HL(Ang.Mo)	.91			
HR(Ang.Mo)	.20			

IV. 결론 및 제언

1. 결 론

본 연구는 3m 스프링보드 전방 파이크 써머솔팅 동작을 운동 역학적으로 분석하여 실제 훈련에 필요한 기초 자료를 제시하기 위해 실시하였다. 본 연구의 목적을 실현하기 위한 연구 방법은 영상 분석법이었고, 참여한 피험자는 제주도 대표 다이빙 선수 남녀 4명으로 구성하였다.

연구 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 회전의 수가 증가할수록 체공 시간은 더 길어짐을 볼 때, 공중 국면에서 외력이 가해지지 않는 한 낙하 시간 및 운동량은 일정하다는 법칙에 근거하여 볼 때 결국 스프링보드에서 발구

르기 및 이륙하는 자세, 속도 등의 영향에 좌우된다고 볼 수 있다.

2. 다이빙 승패의 결정적인 요인은 공중 국면에서 외력의 영향을 받지 않는 한 최하점에서 릴리즈순간, 그리고 회전의 수에 따라 수평 및 수직 속도를 적절히 배분하는 것이 절대적임을 알 수 있다.

3. 회전수의 증가에 따라 하지와 동체가 이루는 상대 각도가 증가하는 현상을 보였다. 회전의 수를 늘리기 위해서는 관성 모멘트를 가능한 감소시켜야 함을 볼 때 본 연구의 모든 피험자들은 최고점에서 파이크 자세를 감소시켜야 할 것으로 사료된다.

4. 스프링보드에서 지체하는 시간을 가능한 짧게 하고, 순간적인 수직 힘을 발휘하고, 수직 각도를 가능한 적게, 보드의 굴곡 각도를 크게 하고, 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 크기를 크게 하는 것이 유리할 것으로 사료된다.

5. 공중 연기의 성패는 보드의 발구름 및 릴리즈시 초기 조건이 크게 영향을 미치지만 다음으로 큰 영향을 미치는 변인은 공중에서 신체의 관성 모멘트를 감소시키므로써 원하는 회전수에 따른 각속도를 조정할 수 있다.

6. 총 각 운동량을 분석한 결과 시간을 함수로 가장 일정하게 유지하는 피험자일수록 더 안정된 분절의 운동을 유지한 결과라 할 수 있고, 편차가 심할수록 불안한 동작을 하였다고 평가할 수 있다.

7. 공중 연기에 다소 여유가 있기 때문에 초기 릴리즈에서 최고점까지는 신체 분절의 각운동이 상대적으로 적음을 알 수 있고, 대신 입수하는 과정에서 다소 신체 분절이 갖는 상대각 운동량의 공헌도가 큰 것은 입수하는 과정에서 하지와 동체간의 각운동이 많이 일어났음을 알 수 있다.

8. $\frac{1}{2}$ 회전, $1\frac{1}{2}$ 회전 및 $2\frac{1}{2}$ 회전의 경우 회전수에 따라 비의 차이는 있지만 공통된 결과에 대해 결론을 내리면 스프링보드에서 지체하는 시간을 가능한 짧게 하고, 순간적인 수직 힘을 발휘하고, 수직 각도를 가능한 적게, 보드의 굴곡 각도를 크게 하고, 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 크기를 크게 하는 것이 유리할 것으로 사료된다.

2. 제 언

본 연구에서는 4명의 피험자로 구성된 까닭에 참여한 피험자들만을 대상으로 분석하였지만 추후 연구 시는 기술수준이 더 좋은 선수들을 대상으로 실시하여 본 피험자들과 비교하므로써 더 신뢰 있는 훈련 처방을 내릴 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Bruggemann, P. (1983) Kinematics and kinetics of the backward somersault take off from the floor. *Human kinetics, Biomechanics*, VIII-B: 793-800
- Dessureault, J., & Lafortune, M.A.(1981). Biomechanical feature of two styles of high jumping. *Biomechanics*, VII-B:264-270.
- Golden, D. (1981). Kinematics of increasing rotation in spring board diving. in D. Golden(ED.), *proceedings of the 1981 US diving sport science seminar* : 55-81.
- Hamill, J., Richard, M.D. and Golden, D.M., (1986) Angular momentum in multiple rotation

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동 역학적 분석(오만원 · 이병근)

- nontwisting platform dives. *Human kinetics, IJSB* 2 : 78-87.
- Hay, J.G.(1985). The biomechanics of sports techniques(3rd ED). *Sydney :prentice Hall.* 143-162.
- Igarashi, H.(1983). The prediction of the quadruple backward somersault on the horizontal bar. *Biomechanics VIII-B*: 787-792.
- Liu, Z.C. and Nelson, R.C.,(1983). Analysis of twisting somersaulting dives using computer diagnostics. *Biomechanics IX-B*: 401-406.
- McCormick, J.H., Subbaiah, P., & Arnold, H.J.(1982). A method for identification of some components of judging spring board diving. *R.Q. for exercise and sports*, Vol 53 ; 313-322.
- Miller, D.J.(1983). Springboard reaction torque patterns during nontwisting dive takeoffs. *Biomechanics VIII-B*: 822-827.
- Miller D.I.(1984). Biomechanical characteristics of the final approach step, hurdle and takeoff of elite American springboard divers. *J. of human movement studies*, Vol. 10(4): 189-212,
- Miller D.I. and Munro C.F.(1984). Body segment contributions to height achieved during the flight of a springboard dive. *Medicine and Science in sport and exercise*, 16(3) : 234-242.
- Miller D.I. and Munro C.F.(1985 a). Greg Louganis' springboard takeoff I : tempora; and joint position analysis. *Human kinetics, IJSB*, Vol. 1: 209-220.
- Miller D.I. and Munro C.F.(1985 b). Greg Louganis' springboard takeoff II. Linear and angular momentum considerations. *Human kinetics, IJSB*, 1:288-307.
- Miller, D.I., and Nissinen, M.A.(1987). Critical examination of ground reaction force in the running forward somersault. *Human kinetics, IJSB* 3:189-206.
- Miller D.J., Henning E., Pizzimenti M.A., Jones I.C., and Nelson R.C.(1989). Kinetic and kinematic characteristics of 10m platform performances of elite divers: *Back takeoffs.* *Human kinetics IJSB* Vol.:159-87.
- Miller, D.I., Jones, I.C., Pizzimenti, M.A., Henning, E., and Nelson, R.C.,(1990). Kinetic and kinematic characteristics of 10m platform performances of elite diver: II-reverse takeoffs. *Human kinetics IJSB* 6 : 283-308.
- Sanders R.H. and Wilson B.D.(1988). Factors contributing to maximum height of dives after takeoff from the 3m springboard. *Human kinetics IJSB* vol. 4:231-259.
- Springs, E.J. and Watson, L.G.(1985). A mathematical search for the optimal timing of the armswing during springboard diving takeoffs. *Biomechanics IX-B*:389-394.
- Springs, E.J., Stilling, D.S., Watson, L.G., and Dorotich, P.D.,(1990). Measurement of the modeling parameters for a maxiflex "B" springboard. *Human kinetics IJSB* 6: 325-335.
- Sanders, R.H., and Wilson, B.D.,(1987). Angular momentum requirements of the twisting and nontwisting forward 1½ somersault dive. *Human kinetics IJSB* 3 : 47-62.
- Smith, A.J.(1975). Estimates of muscle and joint force at the knee and ankle during a

- jumping activity. *J. of human movement studies*, 1:75-86.
- Vaughan, C.L.(1981). A kinetic analysis of the basic trampoline stunts. *J. of human movement studies*, 6:236-251.
- Yeadon, M.R., and Atha, J.(1985). The production of a sustained aerial twist during a somersault without the use of asymmetrical arm action. *Biomechanics IX* : 395-400.