

碩 士 學 位 請 求 論 文

다이빙 전방파이크 씨머솔팅 동작의
운동 역학적 분석

(kinetic analysis of forward pike
somersaulting in 3m springboard)

指導教授 吳 萬 元



제 주 대 학 교 교 육 대 학 원

체 육 교 육 전 공

李 秉 根

1995年 8 月

다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의
운동 역학적 분석

(kinetic analysis of forward pike
somersaulting in 3m springboard)

指導教授 吳萬元

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

1995年 6月 日

濟州大學校 教育大學院 體育教育專攻

제주대학교 중앙도서관
提出者 李秉根 LIBRARY

李秉根의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

1995年 7月 日

審査委員長 金英류
審査委員 成萬재
審査委員 贊元
印 印 印

목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 목 적	3
3. 가 정	5
4. 제한점	5
5. 용어 정의	6
II. 이론적 배경	7
1. 다이빙 분류	7
2. 선행연구	7
III. 연구방법	12
1. 피험자	12
2. 인체모형 및 인체측정자료	12
3. 실험절차 및 수치화과정	13
4. 변인설정 및 산출방법	14
5. 통계처리	16
IV. 연구결과 및 고찰	17
1. 시간변인	17
2. 신체 중심의 최고점 높이	19
3. 수평 및 수직 속도성분	20
4. 각변위	30
5. 각속도	31
6. 각 운동량	35
7. 신체분절의 공헌도	47
8. 신체 중심 높이에 영향을 주는 변인간의 상관관계	52
V. 결론 및 제언	56
참 고 문 헌	58
<Abstract>	60
부 록 (분석프로그램)	

표 목 차

Table 1. Subjects participated in the experiment	12
Table 2 . Anthropometrics. for segment length(%), weight(%), momentof of inertia	13
Table 3. Temporal variables by phase during ½somersaulting.Unit:sec(%)	17
Table 4. Temporal variables by phase during 1½somersaulting.Unit:sec(%)	18
Table 5. Temporal variables by phases during 2½somersaulting.Unit:sec(%)	19
Table 6. Max. vertical C.O.G. displacement during somersaulting (Unit: Cm)	20
Table 7. Horizontal & vertical velocity by phases during ½ pike somersaulting	21
Table 8. Horizontal & vertical Velocity phases during 1½ pike somersaulting	23
Table 9 . Horizontal & vertical velocity by phases during 2½ pike somersaulting	29
Table 10. Angular displacement by phases during ½, 1½, and 2½somersaulting	30
Table 11. Angular velocity by phases during ½ pike somersaulting	31
Table 12. Angular velocity by phases during 1½ pike somersaulting	33
Table 13. Angular velocity by phases during 2½ pike somersaulting	35
Table 14. Angular momentum(remote & local term) by phases during ½ pike somersaulting	38
Table 15 .Angular momentum(remote & local term) by phases during 1½ pike somersaulting	42
Table 16. Angular momentum(remote & local term) by phases during 2½ pikesomersaulting	46
Table 17. Contribution ratio of remote term vs local term angular momentum ½R	48
Table 18. Contribution ratio of remote term vs local term angular momentum 1½R	50
Table 19. Contribution ratio of remote term vs local term angular momentum	51
Table 20. Correlation between kinematic & kinetic variables and C.O.G max height in ½ somersaulting.	53
Table 21. Correlation between kinematic & kinetic variables and C.O.G max height in 1½ somersaulting.	55
Table 22. Correlation between kinematic & kinetic variables and C.O.G max height in 2½ somersaulting.	56

그림 목 차

Fig 1. Spring board reaction torque with respect to the center of gravity during the take-off for a $2\frac{1}{2}$ somersault tuck.	9
Fig 2. The relationship of the rotations in proportion to the total flight time.	10
Fig 3. Horizontal velocity by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting	22
Fig 4. Vertical velocity by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting	23
Fig 5. Horizontal velocity by phases during $1\frac{1}{2}$ pike somersaulting	25
Fig 6. Vertical velocity by phases during $1\frac{1}{2}$ pike somersaulting	26
Fig 7. Horizontal velocity by phases during $2\frac{1}{2}$ pike somersaulting	27
Fig 8. Vertical velocity by phases during $2\frac{1}{2}$ pike somersaulting	28
Fig 9. Angular velocity by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting	32
Fig 10. Angular velocity by phases during $1\frac{1}{2}$ pike somersaulting	34
Fig 11. Total angular momentum by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting	36
Fig 12. Local term angular momentum by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting	37
Fig 13. Remote term angular momentum by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting	39
Fig 14. Total angular momentum by phases during $1\frac{1}{2}$ pike somersaulting	40
Fig 15. Local term angular momentum by phases during $1\frac{1}{2}$ pike somersaulting	41
Fig 16. Remote term angular momentum by phases during $1\frac{1}{2}$ pike somersaulting	43
Fig 17. Total angular momentum by phases during $2\frac{1}{2}$ pike somersaulting	44
Fig 18. Local term angular momentum by phases during $2\frac{1}{2}$ pike somersaulting ..	45
Fig 19. Remote term angular momentum by phases during $2\frac{1}{2}$ pike somersaulting	47

I. 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.

공중 국면에서 회전운동을 경험하게 되는 선수들의 경우 어떤 원리로 회전운동이 유발되는가에 대한 질문에 많은 선수, 코치, 교사는 당황하는 경우가 많다. 자유낙하 상태에 있는 물체는 중력의 작용 상태에 놓이게 되는 데 이 때 발생하는 동작은 써머솔팅(somersaulting)과 트위스팅(twisting)으로, 이 두 동작은 이륙(take-off)시 혹은 공중 국면(airborne)에서 지면 반력(ground reaction force)과 신체 분절의 상호작용(segment's interaction)으로 가능하다. 예를 들면 회전운동이 일어나는 원리를 이해하는 데 도움이 되는 상황으로 고양이를 역자세(inverted position)에서 지면으로부터 10m 높이에서 자유낙하 시켰을 때 착지 동작은 척추 부위로 떨어지는 것이 아니라 앞발로 정확하게 착지

하는 현상을 볼 수 있다. 이는 고양이가 공중 국면에서 트위스팅 동작을 할 수 있고, 분절 상호간의 작용으로 정상 자세로 착지할 수 있다. 이러한 원리를 인간 동작에서 가능한지를 규명하기 위해 Mcdonald(1961)는 인간을 고양이와 똑같은 동작을 시켰을 때 성공의 오차는 다소 있지만 동작의 일치성이 높았다고 보고했다.

이를 재검증하려는 노력에서 Kane 와 Scher(1969)는 각 운동량 보존 법칙에 따른 트위스팅 원리를 설명하기 위한 인체 분절의 모델을 개발하고, Hay(1974)는 다이빙 선수들을 대상으로 3차 원축(수직, 좌우, 전후축)상황에서 회전을 분석하기 위해 다양한 방법을 적용시켜, 정리한 결과 회전은 이륙기 혹은 공중 국면에서 시작이 되고, 이륙 기에서 발생한 회전은 환경(지면 반력, 스프링보드의 탄력, 전방으로의 추진력)물체에 대해 선수가 발휘한 외력(external)과 짝힘(couple)에 의한 결과이고, 공중 국면에서 회전은 단순(simple) 및 복합 회전(complex)으로 세분화되어 발생하였다. 즉 단순 회전은 신체의 한 축에 대한 회전으로 역회전 동작에서, 복합 회전은 두 축에서 교차하면서 발생한 회전운동으로 요약한 바, 이는 결국 신체 관성 모멘트(moment of inertia)의 함수로 정리할 수 있었다.

지금까지 여러 다이빙 기술에 대한 선행 연구로서 먼저 수학적 모델링을 통해 컴퓨터 시뮬레이션 기법으로 공중에서 혹은 이륙시 최적의 경기력을 향상시키려는 시도로 Sprigings 등(1983), Liu 등(1983), Nancy(1980) 등을 들 수 있고, 이들의 경우 트위스팅, 전방썰머솔팅 동작과 후방썰머솔팅 동작 일시시뮬레이션 기법을 통해 분석 결과를 보고했다.

Igarashi(1983)는 다이빙과 상황이 비슷한 공중 동작이 연기되는 철봉 뒤돌아 내리기의 동작을 1/2회전, 1회전, 2 1/2회전 3회전의 동작을 비교 분석한 결과를 토대로 4회전을 연기할 수 있는 가능성을 통계적 분석을 통해 그 가능성을 보고했다.

Hamill등(1986)은 트위스팅 동작이 없는 회전운동(1/2회전, 1 1/2회전, 2 1/2회전)을 파이크 자세로 다이빙하는 동안 각 운동량의 크기를 회전의 수에 따라 변화하는 양상을 비교 분석하였고, McCormick등(1982), Miller등(1985), Wilson(1988)은 3m스프링보드에서 이륙 후 최대 수직 높이에 기여하는 요인을 밝히므로써 공중 국면에서 더 많은 회전을 할 수 있는 방안을 제시하였다.

Sanders 등(1987)은 1 1/2회전 썰머솔팅동작을 3m 스프링 보드위에서 트위스팅과 트위스팅이 없는 동작을 각각 비교 분석하므로써 관련된 운동학적 및 운동 역학적 변인을

제시한 후 각 운동량의 크기를 각각 비교했다.

Miller 등(1990)은 엘리트 선수들의 10m플랫폼에서 역이륙시(inverted take-off) 관련되는 운동학적 및 운동 역학적 변인들을 분석하여 제시하였고, Miller(1983)는 트위스팅이 없는 이륙 자세 동안 스프링보드에 가해지는 지면 반력 토크가 다이빙의 종류별 및 방향별로 크기를 측정하여 보드의 반력이 신체 중심의 수직 높이에 미치는 정도를 분석하였다.

Bruggemann(1983), Dessureault 등(1981), Smith(1975), Vaughan(1980), Ramey(1973), Miller(1987) 등은 발돋움 후 전방 써머솔딩동작에서 스프링보드에 가해지는 지면 반력의 크기를 측정하므로써 최대 지면 반력에서 발의 배측굴곡력과 저측굴곡력의 크기의 비율 분석하므로써 훈련시에 각 근육 군의 활용도 개선을 위한 기초 자료를 제시하였다.

Springs 등(1990)은 경기력을 위한 공중 연기에 직접적 영향을 미칠 수 있는 스프링보드의 최대 탄성력을 내는 데 영향을 미치는 변인을 모델링을 통해 찾아내어 최적 스프링 보드기구 제작을 위한 기초 자료를 제시하였다.

위에 열거한 바와 같이 다이빙의 경기력을 향상시키기 위한 노력의 일환으로 플랫폼(platfome)의 지면 반력, 트위스팅의 분석, 최대 높이에 기여하는 요인, 써머솔딩 동작, 공중에서 4회전을 할 수 있는 방법을 예측하기 위한 통계적 방법 등 많은 연구가 이루어져 왔지만 이들의 연구가 거의 단편적인 연구 및 국제 엘리트 선수들의 연구 결과이다.

이와 반면에 국내엘리트 선수들의 연구 결과는 거의 전무한 실정이고, 이들을 지도하는 과정에서 아직 적량적으로 지도할 만한 자료가 태부족임을 감안하여 본 연구에서는 다양한 전방 회전으로 포스플랫폼에서 발돋움, 발구름, 및 공중에서 발생하는 신체 분절간의 운동량 전이로 인한 회전운동의 개선점 및 세계 엘리트 선수들의 연구 결과와 상호 비교하여 경기력을 향상시킬 수 있는 써머솔딩동작에 운동 역학적 자료를 제시하는 것이 절실하여 본 연구를 시작 하였다.

2. 목 적

스프링보드의 공중 국면 동안 성취한 신체 중심의 높이는 고난도 득점을 받는 데 중요한 기여 요인으로 알려져 있다(Mccormick *et al.*, 1982). 이의 높이는 점수에 직접적인

영향을 주는 것이라기 보다 증가된 수직 높이가 미적으로 아름답고 조정이 된 다이빙을 하게 하는 데 더 많은 시간을 가질 수 있게 하기 때문이다. 잘 알려진 세계선수권자인 게르그로가니스(Greg Louganis)는 다른 선수들에 비해 수직 점프를 많이 하는 것으로 알려져 있다(Miller, 1985).

성취한 수직 높이는 스프링보드의 이륙시 수직 속도와 이륙시 신체 중심의 높이에 영향을 미친다. 이륙시 최종 수직 속도에 미치는 요인으로 보드가 굴곡(deflection)이 되어 다시 거상(elevation, recoil)될 때 수직 속도와 보드의 하방 굴곡 동안 보드에 대한 신체 중심의 상방가속도 및 하방가속도를 들 수 있다. 이 요인들의 역할은 스트레인 에너지(strain energy)를 축적하고 이용하는 것과 관계가 있다. 보드에 착지할 때 수직 속도와 신체 중심의 상방가속도에 비례하여 보드의 굴곡 정도가 결정되며, 에너지가 축적이 된다. 이 에너지의 상당한 부분이 보드가 거상되어 이륙할 때 수직 속도를 증가시키는 데 이용된다. 이와 반대로 신체 중심의 하방가속은 성취한 높이를 감소시키면서 에너지 소비가 일어난다.

Golden(1981)은 이륙시 신체 중심의 수직 높이를 위해 스프링보드의 스트레인 에너지(strain energy)의 축적 및 이용에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과 신체 중심의 위치, 변위, 속도, 이륙시 각도, 이륙시 신체의 경사각, 공중 국면의 최고 정점에서 신체 중심에 대한 전신의 각속도, 신체 분절들의 각위치 등으로 보고했다. 또한 회전수를 증가시키므로써 수직 속도에서 감소하였다고 보고했다.

한편 Igarashi(1983)은 다이빙과 상황이 비슷한 철봉 대차륜 운동후 봉에서 릴리즈 한 후 공중 동작에서 역 공중4회전을 위한 운동학적 모형을 찾기위해 지면에 착지까지 1회전, 2회전, 3회전을 각각 분석하므로써 4회전을 예측할 자료를 산출하였다.

특히 Miller 등(1990)은 10m플랫폼에서 이륙시 공중 국면에서 연기에 직접적인 공헌을 하는 신체 분절들의 각 운동량을 산출하여 분절 자체가 갖는 절대각 운동량과 신체 중심에 대해 분절이 갖는 상대적 각 운동량의 비율을 산출하므로써 상하지 분절의 역할이 공중회전에서 얼마나 기여하는 지를 규명하였다.

이러한 선행 연구의 결과를 볼 때 스프링보드에서 부터 입수하기까지 분석 범위는 크게 1차 스프링보드에서 발생하는 운동 역학적 기전과 이로 인한 스프링보드를 떠난 공

중 국면에서 고난도의 기술을 행하기 위한 운동학적 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. 가 정

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 성질로서 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 경각을 이룬 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. 이론적 배경

1. 다이빙 분류

다이빙경기에서 사용되는 기술유형은 5개로 구분되며, 첫째 전방(forward diving), 후방(backward diving), 역방향(reverse diving), 내향방향(inward diving), 트위스팅(twisting diving)으로 구분되고, 각각의 다이빙을 수행할 때 신체의 자세에 따라서 편자세(layout), 구부린자세(pike), 움추린자세(tuck)로 세분화할 수 있다.

2. 선행연구

스포츠 상황에서 신체가 일단 공중에 접어들면 동체의 회전량은 각 운동량보존법칙(conservation of angular momentum principle)에 의존하게 되며, 신체 중심에 대한 신체의 각 운동량은 신체 중심에 대해 신체에 적용되는 외부의 모멘트가 없는 한 일정한 벡터량을 유지하게 된다. 즉 각 운동량은 신체의 관성모멘트와 각속도의 곱으로 정의할 수 있는데, 동체에 대해 상하지의 각변위를 통한 변화는 동체 각속도의 변화를 유발하는 데 기여를 한다.

따라서 역회전(1차축), 교차축(2차원축)이라는 용어의 차이는 각 운동량에 기인한 회전으로 분류할 수 있고, 역회전은 신체 일부분에서 발생한 회전이 다른 분절을 반대방향에서 회전을 유발하는 개념이고, 교차축은 신체의 주요 다른 2개축에 대해 연속적인 역회전을 적용한 경우가 된다.

한축에서 다른축으로 운동량의 전이는 각 운동량의 입장에서 설명이 가능하다. 이륙시에 선수가 가지는 각 운동량은 수직자세로서있을 때 주요 축은 관성축이 되고, 공중국면에서는 좌우축에 대해 역회전을 수행한다면 수직축에 대한 트위스팅동작을 관찰할 수 있다. 이는 관성축에 대해 축을 재조정된 결과라 할 수 있고 이륙시 신체가 대칭자세를 정확히 이룬다면 절대축에 대한 회전의 불안정성은 발생하지 않을 것이고, 대칭을 이루

지 못하므로서 결과되는 각 운동량의 결과로 나타나는 일부는 관성모멘트축을 따라 발생 할 것이다.

따라서 공중국면에서 경험하게 되는 회전의 량은 이륙시와 공중국면에서 시작되는 회전의 함수로 작용한다. 그러나 아직 이륙과 공중국면에서 시작되는 정확한 회전량은 미지수로 남아있고, 중력상황에 있는 량이 매우짧고, 역회전을 통해 얻을 수 있는 회전의 량은 매우 적기 때문에 다만 이륙시에 최소단위가 회전에 기여될 수 있다(Nancy,1980).

Kane와 Scher(1970)의 경우 우주인들의 자세변화를 위한 써머솔팅동작을 모델링하기 위해 Lagrangian 방정식을 이용하여 분석한 결과 양발을 편상태(pike)로 양팔의 1회전을 위해 성취한 최대각변위는 12도였고, 두 다리가 움추린자세(tuck)에서는 24도로 증가 했다고 보고했다.

Miller(1984),등은 세계 올림픽 챔피언인 게르그가 사용한 기법을 운동역학적인 측면에서 분석을 해왔지만 체계적이고, 세부적인 접근을 하지는 못한 실정이었다. 따라서 3m 스프링 보드에서 탁월한 경기력 때문에 게르그의 코치 및 지도자가 이의 기술을 더 향상시킬 수 있는 참고자료가 없음을 알고, Miller(1985)는 게르그로가니스(Greg Louganis)의 전후방 3m 스프링 보드 이륙시 시간변인과 신체분절의 변화를 분석하여기 위해 콜로라도 스프링 동계시합에서 게르그로가니스 기법과 1982년 캐나다 동계시합의 결승전에 참가한 선수들간의 비교결과 게르그기법을 사용한 경우 무릎, 어깨, 허프 관절에서 운동범위가 훨씬 더 큰 것으로 나타났고, 또한 더 큰 팔 스윙동작을 사용한 것으로 보고했다. 또한 이륙 시간에서 게르그 기법을 사용한 경우 평균 0.45 ± 0.01 초인 반면 비교집단의 경우 0.38초로 나타나 게르그 기법의 경우가 관절 신전 및 굴곡을 하는 데 더 많은 시간을 소요하였다. 이 결과를 볼 때 게르그 기법의 경우 중단적으로 스킵, 근력을 점진적으로 변화 및 보강해 가는 것이 필요하다고 보고했다.

Miller(1983)는 트위스팅이 없는 이륙자세 동안 스프링 보드에 가해지는 토크가 다이빙의 종류별 및 방향별로 크기를 측정하여 스프링보드의 반력이 신체 중심의 수직높이에 미치는 정도를 분석한 결과 $2\frac{1}{2}$ 회전 움추린자세로 역회전할 동안 이륙시 신체 중심에 대한 스프링 보드의 반력토크는 다른 유형의 경우보다 가장 큰 것으로 나타났으며, 반력의 크기는 최대 스프링 보드 굴곡시 체중의 5.2배(575 N)가 되는 것으로 보고했다(Fig.1).

Igarashi(1983)은 다이빙과 상황이 비슷한 공중동작에서 공중4회전을 위한 모형을 찾기 위해 4회전을 위한 예측치를 통계적인 방법을 이용하여 분석했다. 붕에서 릴리즈한 후 지면에 착지할 때까지 1회전, 2회전, 3회전에 대한 체공시간, 릴리스시 어깨각도와 히프각도, 릴리스시 어깨위치, 체공시간동안 히프각도를 각각 분석하였다.

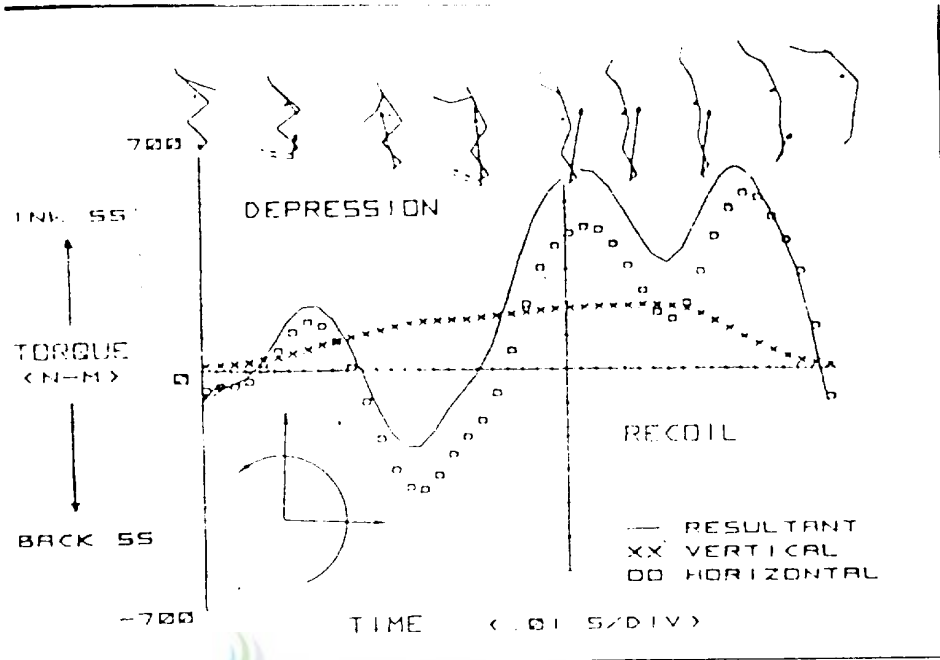


Fig.1. Spring board reaction torque with respect to the center of gravity during the take-off for a 2½ somersault tuck.

분석결과 1회전의 경우 체공시간이 1.319초, 2회전이 1.325초, 3회전이 1.363초가 소요되었고, 어깨위치는 1회전이 85도, 2회전이 75도, 3회전이 67도가 되었음을 보고했다.

릴리스시 어깨 각도는 1회전이 174도, 2회전이 162도, 3회전이 156도였다. 체공중의 히프각도에서 최소치가 나타나는 시간은 전체 소요 시간중의 1회전에서는 23%, 2회전에서는 41%, 3회전에서는 77% 지점이었고, 1회전이 완료되는 시간이 2회전시는 1회전의 절반으로 줄었고, 3회전시는 2회전시와 비슷했다고 보고했다. 결론적으로 4회전시 히프

각도의 최소치는 0.83초에서 0.99초 사이에 나타날 것이고, 총 소요 시간은 1.877초에서 2.037초 사이가 될 것이라고 예측하였다. 또한 4회전을 하기 위해서는 릴리즈전 회전속도를 증가시키고, 릴리즈시 어깨위치 각도를 변화시켜야하며, tuck자세를 오래 유지해야 한다고 보고했다(Fig. 2).

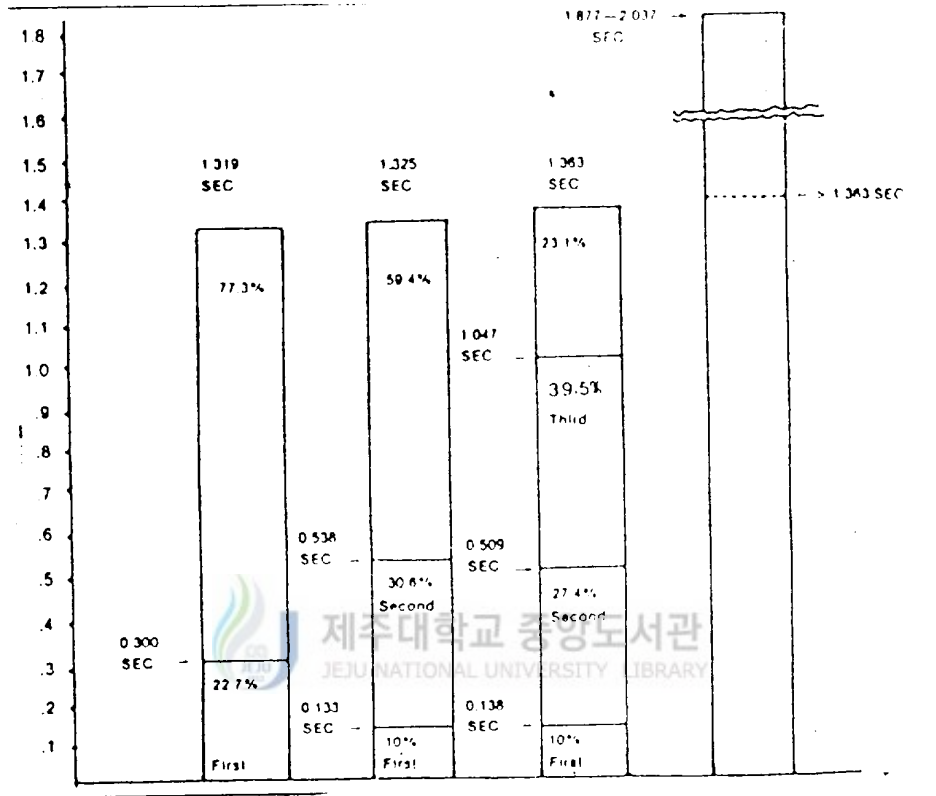


Fig.2 The relationship of the rotations in proportion to the total flight time.

Bruggemann(1983), Dessureault등(1981), Smith(1975), Vaughan(1980), Ramey(1973), Miller(1987) 등은 발돋움 후 전방 씬머솔딩동작에서 스프링 보드에 가해지는 지면 반력의 크기를 측정하므로써 최대 지면 반력에서 발의 배측굴곡력과 저측굴곡력의 크기의 비를 분석하므로써 훈련시에 각 근육군의 활용도 개선을 위한 기초자료를 제시하였다.

특히 Miller(1987)등은 전방 써머솔팅에서 지면 반력의 크기를 9명의 엘리트 선수를 대상으로 측정한 결과 전후방향에서 주로 가해지는 지면 지지기에서 평균 135 ms동안 지지되었고, 수직으로 체중의 13.6배가 가해진 후 1초후 6.1배로 감소하는 결과를 보였다고 보고했다. 수직반력의 상대적인 최소치는 신체위치가 가장 낮은 지지시간의 23% 지점이었고, 이 때가 최대 무릎 굴곡이 일어났고, 신체 중심과 지지점 사이의 거리는 36%와 37% 지점이었다. 두번째 피크점과 최대 배측굴곡이 일어난 지점은 44% 지점인 것으로 나타났다고 보고했다.

Sanders 등(1987)은 1½회전 써머솔팅동작을 3m 스프링 보드위에서 트위스팅과 트위스팅이 없는 동작을 각각 비교 분석하므로써 관련된 운동학적 및 운동역학적 변인을 제시하였다.

즉 각 운동량을 비교분석 결과 이륙후 써머솔팅의 경우가 트위스팅의 경우보다 각 운동량은 훨씬 더 큰 것으로 나타났고, 이 두 실험집단에서 차이의 비는 6%에서 19%에 달했다. 공중 회전동안 큰 차이를 보인 경우는 이륙시 히프굴곡의 각도였고, 써머솔팅의 경우가 트위스팅의 경우보다 이륙시 히프굴곡이 더 크게 이루어 졌으며, 그 차이는 9도에서 18도에 이른 것으로 보고했다.

Saunders 등(1988)은 3m 스프링 보드에서 이륙후 최대 수직 높이가 되게 하는 요인을 분석하기 위해 엘리트선수 남자 12명, 여자 12명을 대상으로 실험을 시합중에 실시하였다. 이륙시 운동학적 및 운동역학적 변인으로 스프링 보드에 대한 신체 중심의 변위, 속도, 가속도 및 선수 신체 중심이 도달하게 하는 역학적 에너지 성분을 분석했다. 신체의 방향은 히프, 무릎, 발목, 및 동체의 경사각을 이용하였다. 분석결과 높이는 회전요인에 매우 종속적변인이었고, 특히 여자의 경우보다 남자의 경우가 더 큰 정도의 종속변인으로 작용했다. 또한 플랫폼으로 부터 터치다운시 수직 속도와 이륙시 전방회전의 경우 히프굴곡의 최소화와 역회전시 무릎굴곡의 최소화 현상이 특징으로 나타났다고 보고했다.

Miller 등(1990)은 1986년 세계선수권 시합에 참가한 선수를 대상으로 10m 플랫폼에서 역으로 이륙하는 자세를 운동학적 및 운동역학변인을 분석하였다. 분석결과 선운동과 각 운동량의 큰 변화는 마지막 체중을 실을 때 (즉 상방 가속도) 일어났고, 마지막 접촉시 수직 속도는 회전의 수가 적을 때가 많을 때보다 더 큰 값을 보였고, 회전에 따라서 힘

모멘트 양상의 차이는 증가된 회전에 필요한 원인과 관계가 있었다. 마지막 접촉시 수직 속도는 후방으로 다이빙하는 경우보다 역으로 다이빙할 경우가 더 적은 것으로 나타났고, 신체 3분절의 수평가속도는 두 폼에서 거의 차이가 없는 것으로 보고했다.

Ⅲ. 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 분절 및 7개 관절로 가정하고, 운동이 평면에서 일어나고, 트위스팅이 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.

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

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

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 ½회전, 1½회전, 2½회전을 실시하였고, 모두 전방 파이크 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 1m 짜리 기준척을 플랫폼 중간에 놓고 촬영하였다.

모든 피험자에 대해 촬영이 끝난 후 공간상에서 움직임을 정량화(quantification) 하기

위해 0.1mm까지 계측이 가능한 투명 모눈종이판을 TV모니터에 부착을 시킨후 X, Y축의 눈금에 고유 수치 값을 설정한 후 신체 각 분절의 움직임을 매 1프레임씩 좌표화시켰다. 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 $cg_i = (P_i(1-(P_i/100))) + (D_i \cdot P_i/100) = P_i + (D_i - P_i)P_i/100$

단 P_i : i 번째 분절의 근위단(proximal endpoint)의 좌표

D_i : i 번째 분절의 원위단(distal endpoint)의 좌표

P_i : 분절길이의 백분율로 표시된 근위단 분절로부터 분절중심까지 거리로 산출하였다. 분절 중심의 속도와 가속도는 분절점의 속도 및 가속도산출 방법과 동일하다.

3) 전신신체 중심의 위치, 속도, 가속도

전신중심의 위치 CG는

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

cg_i : i번째 분절의 무게중심위치

m_i : 전체질량의 백분율로 표시된 i번째 분절의 질량

M : 인체측정학 자료의 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체질량

으로 산출하였다. 전신 무게중심의 속도와 가속도는 분절점의 속도, 가속도 산출방법과 동일 하게 구하였다.

1) 각변위 및 각속도 : 신체 각 분절의 원위단과 근위단을 잇는 일직선에 대한 X, Y 좌표로 수평각과 각속도 벡터는 관성축을 기준으로 각변위를 수평으로 환산하여 1차 미분한 결과이다.

$$\theta_{ij} = \text{Arctan} \frac{Y_i - Y_j}{X_i - X_j}$$

$$\omega_i = \frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{2\Delta t}$$



2) 각 운동량 :

분석 모델링이 결정되면 공중국면에서 신체분절은 각 운동량 보존법칙의 영향을 받게 된다. 만약 공중국면에서 각 운동량이 어느 한점에 대해 측정될 때 신체외부 혹은 내부, 체중이 전신중심에 대해 작용할 때 외적인 토크를 발휘하게 되어 각 운동량은 보존되지 않고 변하게 된다.

① 전신중심에 대한 각 운동량

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

H : 각 운동량 $H_{s/cs}$: 전신중심에 대한 각 운동량

$\sum_{i=1}^5$ = 상호 연결된 분절 모델의 합

$H_{i/ci}$ = 분절자체 중심에 대한 분절 i의 각 운동량

$H_{ci/cs}$ = 전신중심에 대한 분절 i의 중심의 선운동량의 모멘트로 정의 할 수 있다.

② 분절 자세중심에 대한 분절 i의 각 운동량은 (절대각 운동량)

$H_{i/ci} = I_i \omega_i$ I_i = 분절 중심에 대한 분절 i의 관성모멘트

ω_i = 분석시스템의 절대 혹은 관성축 좌표에 대해 측정된 분절 i의 절대각속도로 산출할 수 있다.

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

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

r_i : 전신무게중심과 분절 i의 무게중심간의 선변위 로 나타낼 수 있다.

④ 따라서 전신의 각 운동량은

$$H_{s/cs} = \sum_{i=1}^5 (H_{i/ci} + H_{ci/cs})$$

$$= \sum_{i=1}^5 I_i \omega_i + m_i(r_k * (\omega_i * r_i))$$

로 재 정렬할 수 있다.

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 알아보기 위해 통계패키지인 SAS를 이용하여 변인간의 상관계수, 공중에서 3회전을 연기할 수 있는 조건들을 회귀분석을 통해 알아보았다.

IV. 연구 결과 및 고찰

1. 시간 변인

스프링보드의 최대 굴곡 점에서 입수까지 ½회전, 1½회전, 2½회전의 각 국면별 소요 시간은 Table 3, 4, 5 와 같다. ½회전의 총 소요 시간은 4명 평균 2.821초로 나타났고, 가장 긴 체공 시간을 보인 피험자는 K.H.J.의 3.067초, L.S.W.의 2.821초, K.A.Y.의 2.667초, L.B.S.의 2.666초로 나타난 바, 체공 시간이 길수록 공중 연기에 유리함을 생각할 때 K.H.J. L.S.W.의 경우는 바람직한 이륙 자세를 취하였다고 볼 수 있으나 다른 두 선수의 경우는 이륙 자세에서 운동학적 전인에 문제가 있음을 알 수 있다.

한편 각 국면별 소요 비율은 피험자마다 차이를 보이지 않았고, 최대 굴곡에서 릴리즈 시점까지 총 소요 시간의 8%, 릴리즈에서 최고점까지 32%, 최고점에서 입수까지 59%를 각각 소요했음을 알 수 있는 데, 릴리즈 시점에서 폭발적인 반력을 발휘하기 위해서는 가능한 짧은 시간을 소요하여야 바람직하지만, 공중에서 더 훌륭한 연기를 펼치기 위해서는 릴리즈 부터 최고점까지의 32% 이상을 투자할 수 있는 방안이 필요할 것으로 사료된다.



Table 3. Temporal variables by phases during ½ 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)

1½회전에서 스프링보드의 최대 굴곡 시점에서 입수까지 총 소요 시간은 피험자 L.S.W. .800초, K.A.Y.의 3.073초, K.H.J.의 3.833초, L.B.S.의 1.79초로 각각 나타난 바, L.S.W. K.H.J. 경우 다른 두명의 피험자에 비해 체공 시간이 상당히 긴 것으로 나타났고, 시험자 L.B.S.의 경우 가장 긴 경우와 비교할 때 약 ½배에 가까운 체공 시간을 가진 바, 체공에서 충분한 연기를 할 수 없는 상황으로 발구름 및 릴리즈시 동작을 개선해야 할 것으로 사료된다

한편 각 국면별 소요 시간의 백분율을 보면 각 피험자마다 비슷한 소요 비율을 보여, 총 소요 시간을 고려하지 않으면 각 국면마다 소요 비율은 안정된 것을 알 수 있고, 최저점에서 릴리즈까지 6%, 릴리즈에서 최고점까지 18%, 최고점에서 1½회전까지 29%, 1½회전에서 입수까지 45%를 각각 소요한 것으로 나타났다.

Table 4. Temporal variables by phases during 1½ 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)

2½회전의 경우 총 체공 시간은 피험자 K.H.J.의 경우 4.816초, L.B.S.의 4.533초를 소요하였다. 각 국면마다의 소요 시간의 비율 역시 릴리즈에서 최고점까지 도달 시간이 11%였고, 최고점에서 1½회전의 경우는 전체의 2%로서 가장 적은 소요 시간을 나타냈다.

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 1/2회전에서 1 1/2회전까지 증가율은 11%, 1/2회전에서 2 1/2회전까지 42%증가, 1 1/2회전에서 2 1/2회전까지 증가율은 36%의 증가율을 나타냈다. 이러한 증가율은 1회전이 더 증가하므로써 소요 시간이 거의 직선적으로 증가함을 볼 때, 이를 조정하는 방법은 스프링보드에서 릴리즈 순간 동체의 릴리즈 각도, 초기 속도, 발구름시 반력 등의 운동학적 전인을 조정하여야 할 것으로 사료된다.

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

신체 중심의 최고점 높이의 분석 결과는 Table 6 과 같이 스프링보드를 릴리즈 한 후 부터 수직 전위가 최고에 달했을 때까지로 4명 피험자 모두 1/2회전시 평균은 255.57cm, 1 1/2회전시 평균 219.86cm, 2 1/2회전시 평균 193.30cm로 각각 나타났다.

분석 결과 특이한 사항은 회전의 수가 증가할수록 거의 직선적으로 수직 전위가 작아지는 결과를 보인바 회전수가 증가할수록 수평 전위와 수직 전위의 균형을 이루므로써 공중연기를 성취함을 알 수 있다. 즉 회전수가 많을수록 고난도의 기술을 발휘하여야 하기 때문에 수직 전위보다는 수평 전위를 크게하므로써 피크점이 완만한 포물선 운동을 이루도록 하면서 연기를 한 것으로 사려된다. 한편 1/2회전에서 K.H.J.의 경우 최고점이 289.71cm로 가장 여유있는 연기를 하였고, 가장 불안한 연기를 한 경우는 K.A.Y.의 199.80cm, L.B.S.의 263.07cm의 경우로 볼 수 있고, 이들의 경우 수직 전위를 더 높이는 방안을 스프링보드 및 릴리즈시 관련된 전인을 고려하여야 할 것으로 사려된다.

1½회전의 경우 L.S.W. 의 243.09cm, K.H.J.의 259.74cm는 ½회전에 비해 회전의 수가 증가하므로써 수직 변위는 감소하고 수평 변위가 증가하는 경향에서 볼 때 타당한 감소 현상이라 볼 수 있으나, L.B.S.의 216.45cm, K.A.Y.의 160.17cm 경우는 다소 감소한 비율이 바람직하지 못한 결과를 보였다. 2½회전의 경우 K.H.J.의 210.12cm, L.B.S.의 176.49cm는 회수의 증가에 따라 너무 큰 비율로 수직 변위가 감소하므로써 2½회전 연기를 정확히 할 수 있는 상황인 것으로 사료된다. 즉 모든 피험자에서 회전의 수에 따라 변화하는 비율을 보면, ½회전에서 1½회전의 14%감소, ½회전에서 2½회전까지 12%감소, 1½회전에서 2½회전까지 13%감소 현상인 반면, K.H.J. 의 ½회전에서 1½회전까지 감소율은 11%, ½회전에서 2½회전까지감소율은 28%, 1½회전에서 2½회전까지는 20%로 각각 나타났고, L.B.S.의 경우는 ½회전에서 1½회전까지 18%, ½회전에서 2½회전까지 33%, 1½회전에서 2½회전까지는 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 하지못하는 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

각 회전수에 따른 수평 및 수직 속도성분의 분석결과는 Table 7,8,9 및 Fig. 3,4,5,6,7,8

과 같다. Table 7 Fig. 3,4에서 ½회전의 경우 전체적인 변화양상은 수평 속도의 경우 최대굴곡에서 릴리즈시까지 최대값을 보이는 시간은 다소 다르지만 릴리즈 순간 최대의 수평 속도를 보이고 있음을 알 수 있고 릴리즈 이후 체공에서의 수평 속도의 변화는 거의 무시할 정도로 나타났다.

Table 7. Horizontal & vertical velocity by phases during ½ pike somersaulting

Phase		M.DP - RE			RE - M.H			M.H. -EN		
Subj.		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±	H	1.40±0.53			0.72±0.35			0.50±0.39		
SD	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)

스프링 보드의 최대굴곡시에 4명 모든 피험자의 평균 수평 속도는 $1.40 \pm 0.53 \text{m.s}^{-1}$, 릴리즈에서 최고높이까지 평균 수평 속도는 $0.72 \pm 0.35 \text{m.s}^{-1}$, 최고점에서 입수까지 평균 수평 속도는 $0.50 \pm 0.39 \text{m.s}^{-1}$ 로 나타난 바 3국면에서 제 1국면인 스프링 보드 최하점에서 릴리즈순간까지의 속도가 최대값을 보이고 있음을 알 수 있다.

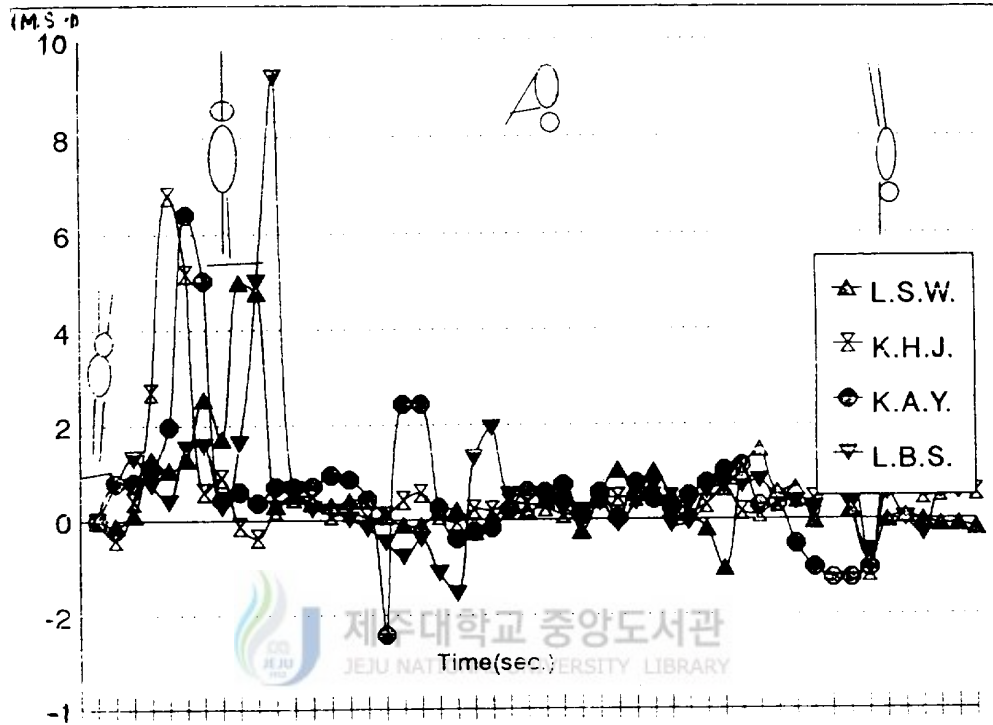


Fig.3. Horizontal velocity by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting

한편 수직 속도의 경우 스프링 보드의 최하점에서 릴리즈순간까지 평균 속도는 $14.19 \pm 5.29 \text{m.s}^{-1}$, 릴리즈 순간에서 최고점까지 평균수직 속도는 $0.22 \pm 0.81 \text{m.s}^{-1}$ 최고점에서 입수까지 평균 $-1.90 \pm 1.08 \text{m.s}^{-1}$ 로 각각 나타난 바, 수평 속도와 마찬가지로 수직 속도의 경우 역시 초기에 최대의 값을 보였고, 수평 속도보다 그 크기는 훨씬 더 큰 값으로 나타났으며, 공중국면에 들어서는 거의 전화가 없이 일정한 속도의 전화를 보였음을 알 수 있고, 결과적으로 다이빙 승패의 결정적인 요인은 공중국면에서 외력의 영향을 받지 않는한 최하점

에서 릴리즈순간의 수평 및 수직 속도를 적절히 배분하는 것이 절대적임을 알 수 있다.

가장 큰 값을 보인 최하점에서 릴리즈까지 개인별 분석결과를 수평 속도 및 수직 속도의 비율을 보면 피험자 L.S.W.의 경우 수직 속도가 5.2배, K.H.J.의 경우 3배, K.A.Y.의 경우 4.3배, L.S.W.의 경우 10.3배로 수직 속도 성분이 큰 것으로 나타난 바, 이들 평균 수직 속도가 5.7배인것에 반하여 L.B.S.의 경우는 10.3배로서 수평 및 수직 속도성분의 배분을 잘하지 못하고 있음을 알 수 있다.

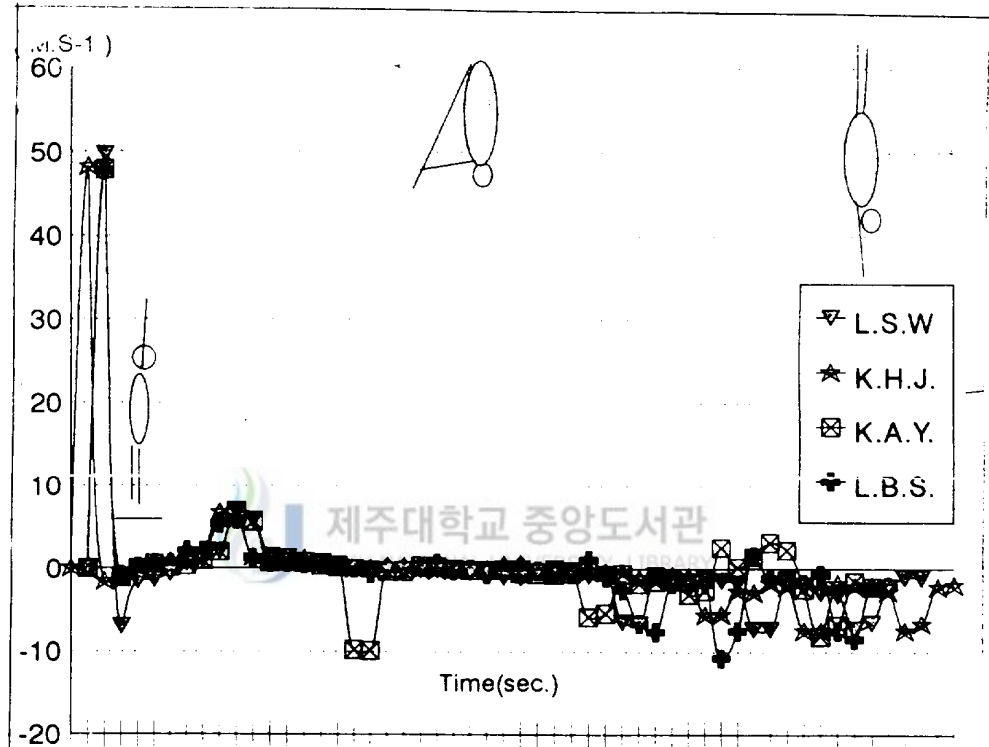


Fig.4. Vertical velocity by phases during 1/2 pike somersaulting

1½회전의 경우 분석결과는 Table 8 및 Fig. 5.6 에서 알수 있듯이 스프링보드 최하점에서 릴리즈순간까지의 폭발적인 수직 속도와 초기의 완만한 수평 속도의 변화와 입수

시점에서 다소 큰 전화를 알수 있다.

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	8.97	-9.60
	V	.00	2.55	-1.59	1.32	6.33	-1.93	.78	1.64	.05	-2.46	3.19	-9.60
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
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
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
M ± S D		1.75±0.87			5.40±3.25			0.50±0.49			1.23±0.35		
		0.66±0.59			0.15±0.42			-0.08±1.48			-0.17±2.71		

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

스프링 보드의 최하점에서 릴리즈까지 평균 수평 속도는 평균 $1.75 \pm 0.87 \text{ m.s}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 수평 속도 $5.40 \pm 3.25 \text{ m.s}^{-1}$, 최고점에서 1½회전까지 평균 수평 속도는 $0.50 \pm 0.49 \text{ m.s}^{-1}$, 1½회전에서 입수까지 평균 속도는 $1.23 \pm 0.35 \text{ m.s}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

한편 수직 속도의 경우 스프링보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 $0.66 \pm 0.59 \text{ m.s}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $0.15 \pm 0.42 \text{ m.s}^{-1}$, 최고점에서 1½회전까지 평균 $-0.08 \pm 1.48 \text{ m.s}^{-1}$, 1½회전에서 입수까지 평균 $-0.17 \pm 2.71 \text{ m.s}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

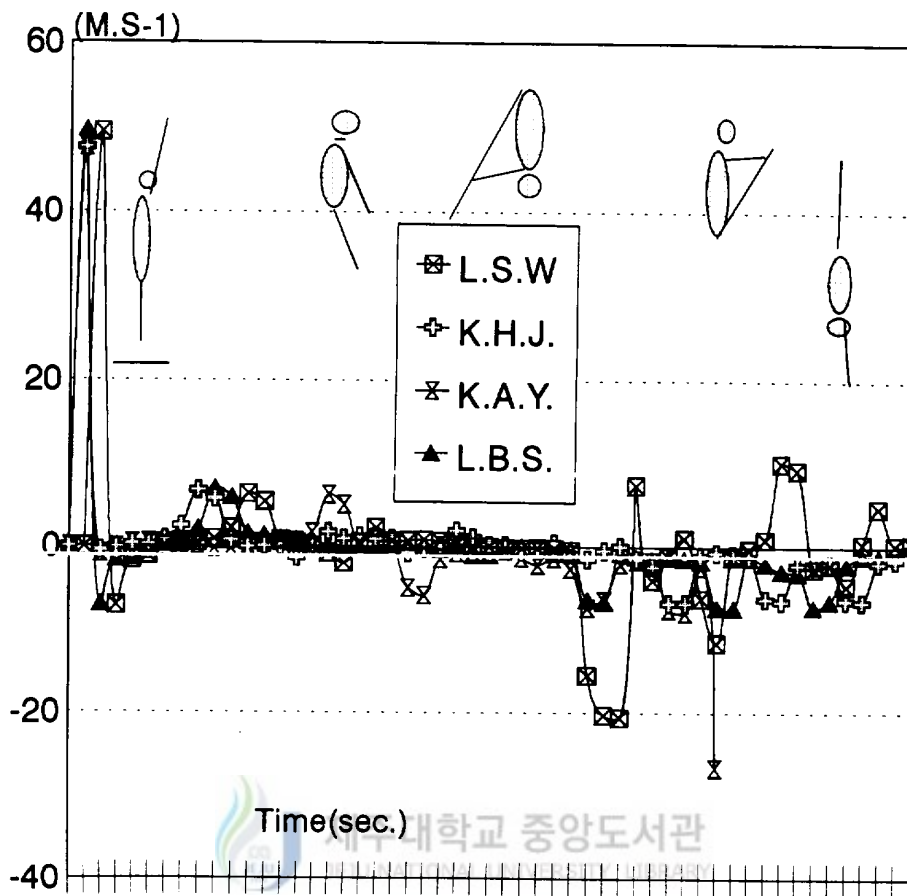


Fig.5. Horizontal velocity by phases during 1½ pike somersaulting

공중연기에 영향을 가장 많이 미치는 최하점에서 릴리즈시까지 수평 및 수직 속도의 분력비율을 보면 모든 피험자 전체 수평 및 수직 평균 분력은 수직성분의 경우가 3.2배 더 큰 값을 보였다. 즉 피험자별 L.S.W.의 경우 .002배, K.H.J.의 경우 3배, K.A.Y.의 2.95배, L.B.S.의 6.5배가 수직성분이 더 큰 것으로 볼 때 ½회전의 평균 5.2배 수직성분이 더 큰 것과 비교할 때 다소 감소한 값을 알 수 있고, ½회전과 1½회전의 개인별 감소비율은 비슷한 정도였으나, L.S.W.의 경우 ½회전시 수직성분이 5.2배 더 큰 값을

가졌으나, 1½회전에서는 .002배로 가장 큰 감소현상을 보였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 L.S.W.의 경우 1½회전에서 최적의 공중동작에 어려움이 있었을 것으로 사료된다.

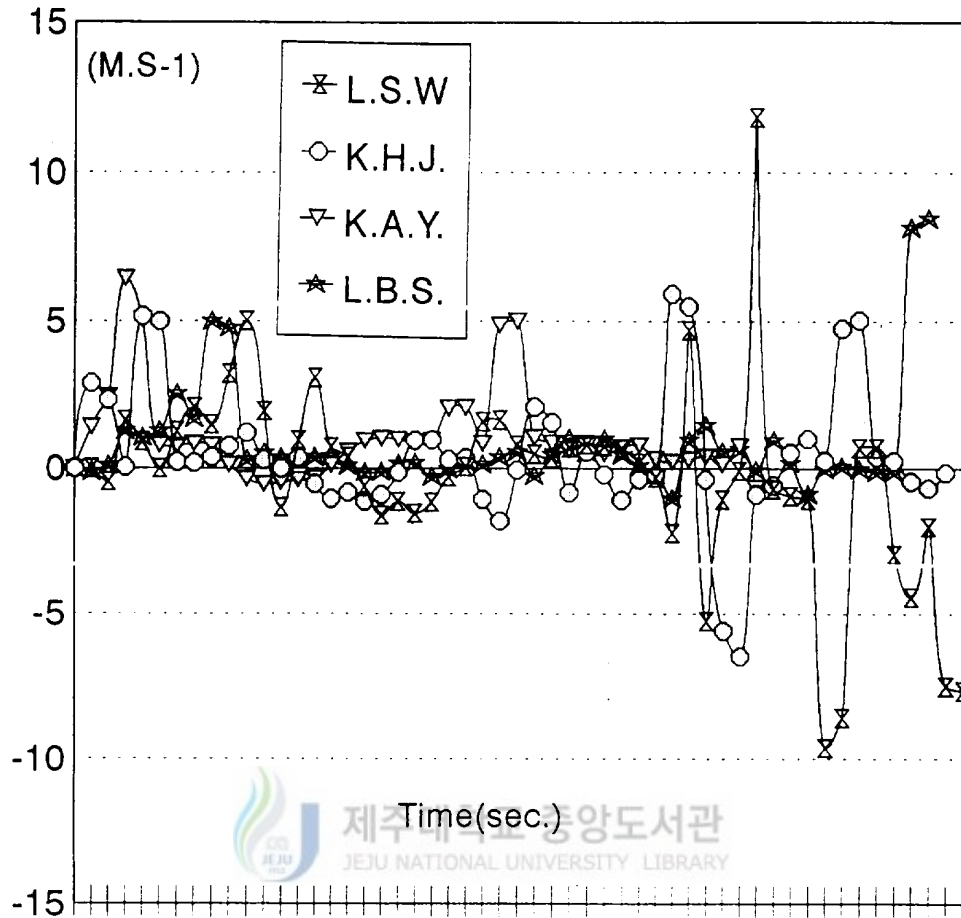


Fig.6. Vertical velocity by phases during 1½ pike somersaulting

2½회전의 경우 수평 및 수직 속도 분석 결과는 Table 9 및 Fig. 7,8과 같으며, 전체적인 전화 양상은 수평 및 수직 속도에서 스프링보드의 최하점에서 릴리즈 순간까지 폭발적인 스프링반력으로 최대의 피크값을 가졌으나 수평 속도보다 수직 속도의 경우가 훨씬 더 큰 분력을 가진 것으로 나타났다. 릴리즈 이후 국면에서는 수평 및 수직 속도의 전화는 거의 미세할 정도이고, 따라서 2½회전의 경우에도 공중연기에 가장 큰 영향을 미치는 국면은 스프링 보드 최하점에서 릴리즈 순간까지임을 알 수 있다.

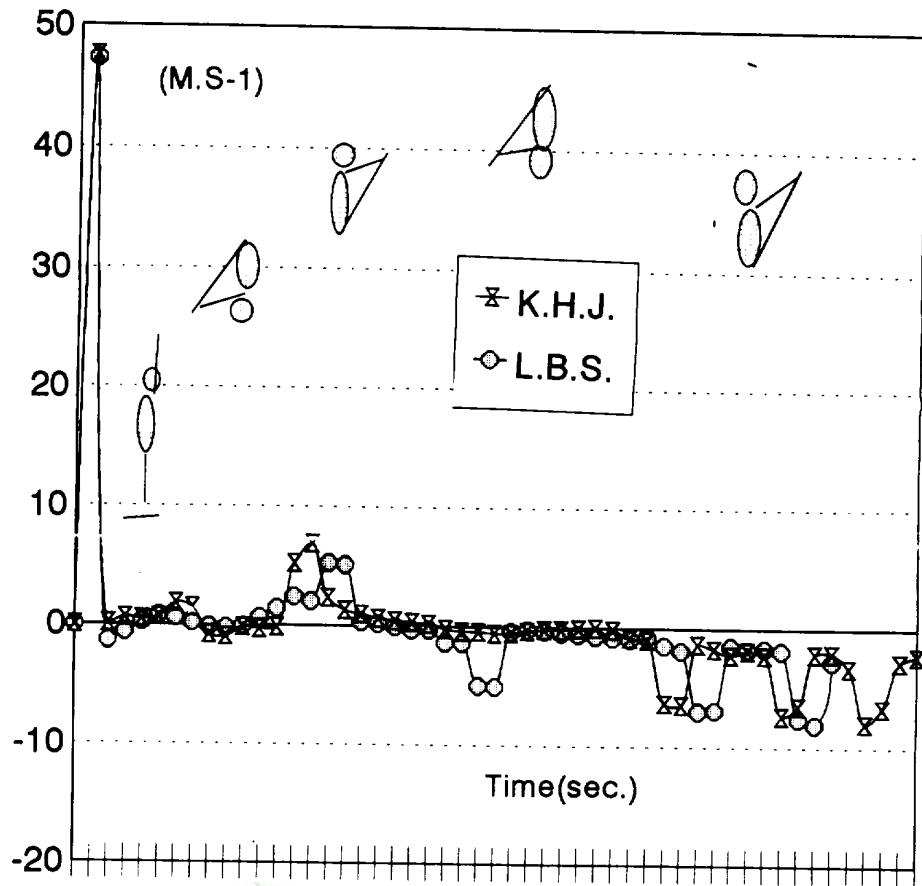


Fig. 7. Horizontal velocity by phases during 2½ pike somersaulting

모든 피험자에서 각 국면별 평균값은 최하점에서 릴리즈까지 평균수평 속도는 $2.52 \pm 0.39 \text{m.s}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $-0.04 \pm 0.09 \text{m.s}^{-1}$, 최고점에서 1½회전까지 평균 $0.56 \pm 0.16 \text{m.s}^{-1}$, 1½회전에서 2½회전까지 평균 $0.79 \pm 0.19 \text{m.s}^{-1}$, 2½회전에서 입수까지 평균 수평 속도는 $0.46 \pm 0.13 \text{m.s}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

수직 속도의 경우 최하점에서 릴리즈까지 평균 속도는 $7.98 \pm 0.24 \text{m.s}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $1.14 \pm 0.38 \text{m.s}^{-1}$, 최고점에서 1½회전까지 평균 $-0.48 \pm 0.16 \text{m.s}^{-1}$, 1½회전에서 2½회전까지 평균 $-1.17 \pm 0.08 \text{m.s}^{-1}$, 2½회전에서 입수까지 평균 $-2.15 \pm 0.39 \text{m.s}^{-1}$ 의 수직 속도의 전화를 보였다.

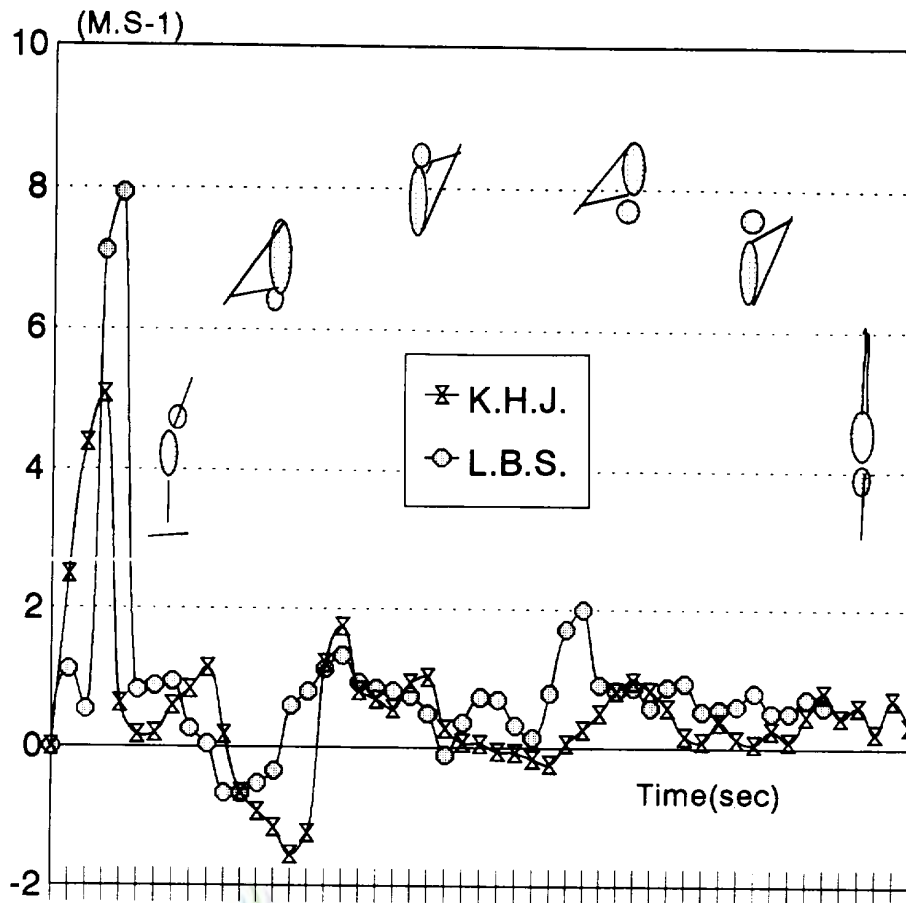


Fig. 8. Vertical velocity by phases during 2½ pike somersaulting

한편 2½회전의 공중연기에 가장 큰 영향을 미치는 국면은 초기국면인 보드 최하점에서 릴리즈순간이므로, 이 국면에서 수평 및 수직 성분 분력의 비를 보면, 전체 수직성분이 수평성분에 비해 평균 3.25배 더 큰 분력을 가졌고, 피험자 L.B.S.의 3.86배, K.H.J.의 .264배가 수평성분보다 수직성분에 더 큰 비중을 두고 릴리즈했음을 알 수 있다.

이상 ½회전, 1½회전, 2½회전동안 모든 피험자의 공중연기를 수평 및 수직 속도의 관점에서 정리하면, 전 국면동안공중회전에 가장 큰 영향을 미치는 국면은 보드의 최하점에서 릴리즈시 사이로서, 회전의 수에따라 수평 및 수직성분의 적절한 배분을 잘 하므로써 최상의 연기를 할 수 있는 것으로 나타났다.

½회전시 최하점에서 릴리즈까지 모든 피험자의 평균 수평 및 수직 속도성분의 배분은 수직성분이 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.

Table 9 .Horizontal & vertical velocity by phases during 2½ pike somersaulting

Phas	Subj	MDP. - RE.	RE. - MH.	MH. - 1+1/2R	1+1/2-2+1/2R	2+1/2-EN.
		M ± SD Max Min	M±SD Max Min	M±SD Max Min	M±SD Max Min	M±SD Max Min
L	H	2.13 5.08 0	-.13 1.22 -1.57	.40 1.74 -.23	.60 .96 .09	.33 .79 -.32
	V	2.02	.97	.53	.26	.30
B	H	8.23 47.55 0	1.52 6.87 -94	-.02 .97 -.56	-1.26-.15-2.22	-2.54 -1.84-3.34
	V	17.58	2.40	.44	.57	.47
K	H	2.92 7.93 0	.05 .38 -.30	.73 1.83 -1.78	.99 1.99 .5	.60 .70 .51
	V	3.28	.18	.83	.42	.09
J	H	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
	V	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

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 1/2, 1 1/2, and 2 1/2 somersaulting

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	60.5	35	12	81.8	83.8	95.5	15.75	15.75	18	22.5	35.25	46.5
±SD	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 전인에 의해 좌우된다.

따라서 릴리즈시 동체의 각도가 회전수의 증가에 따라 전화하는 양상은 1/2회전시 평균 60.5도, 1 1/2회전시 평균 35도, 2 1/2회전시 12도로 회전수의 증가에 따라 수직에 대한 릴리즈 각도는 감소하는 것으로 나타났다. 즉 1/2회전이 1 1/2회전보다 1.73배 증가, 1/2회전이 2 1/2회전보다 5.1배 증가하였고, 1 1/2회전이 2 1/2회전보다 2.9배 더 큰 각도를 이루고 있음을 알 수 있다.

스프링 보드의 각도는 1/2회전시 수평면에 대해 15.75도, 1 1/2회전시 15.75도로 차이가 없지만, 2 1/2회전시는 18도로 굴곡을 하였다. 이러한 결과는 회전수가 증가할수록 보드의 굴곡각도가 상대적으로 비례하여 증가하는 현상이 수직 전위와 수평 전위를 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 공중동작에서 관성 모멘트의 영향을 적게 가질 수 있으며, 따라서 원하는 회전의 연기를 조정할 수 있다. 즉 1/2회전시 평균각 22.5도보다 1 1/2회전시 평

균각 35.25도가 1.31배 증가하였고, 1½회전보다 2½회전의 평균각 46.5도가 1.56배 증가, ½회전의 평균각 22.5도보다 2½회전의 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

각 회전수에 따른 하지와 동체간의 각속도의 변화를 분석한 결과는 Table 11,12,13 및 Fig. IV-9,10,과 같다. 공중 연기의 성패는 보드의 발구름 및 릴리즈시 초기 조건이 크게 영향을 미치지만 다음으로 큰 영향을 미치는 변인은 공중에서 신체의 관성 모멘트를 감소시키므로서 원하는 회전수에 따른 각속도를 조정할 수 있다.

본 연구 결과 ½회전의 경우 전체적인 변화 양상은 보드 최하점에서 입수까지 각국면마다 약간의 불규칙한 변화 양상을 보였지만, 대체로 모든 피험자에서 증가하는 양상을 보였다.

Table 11. Angular velocity by phases during ½ pike somersaulting

국면 피험자	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	8.94	33.94	-21.98	-11.59	16.65	-41.57	21.22	44.72	0
	18.44			15.08			12.97		
K.H.J	13.40	37.59	-10.59	-20.18	33.43	-45.72	24.82	45.37	-41.74
	16.27			25.04			27.39		
K.A.Y.	8.63	31.30	-12.52	-1.47	40.52	-43.56	26.57	46.04	-45.87
	17.57			30.09			27.59		
L.B.S.	-1.89	42.13	-44.98	-.02	43.89	-22.59	13.63	43.97	-44.95
	30.35			17.89			22.38		
M±SD	7.27±5.61			-8.31±8.17			21.56±4.96		

각 국면별 4명 피험자의 각속도는 보드 최하점에서 릴리즈시까지 평균 7.27±

5.61deg.s⁻¹, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $-8.31 \pm 8.17 \text{deg.s}^{-1}$, 최고점에서 입수까지 평균 $21.56 \pm 4.96 \text{deg.s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 보드 최하점에서 릴리즈 순간까지 하지의 굴곡 및 신전 동작이 순간적으로 크게 발생했음을 알 수 있고, 입수를 준비하는 과정인 최고점에서 입수까지 하지와 동체의 각운동을 시간 단위당 많이 했음을 알 수 있다. 피험자별 분석하면 L.S.W.의 -11.59deg.s^{-1} 와 K.H.J.의 -20.18deg.s^{-1} 로서 최고점에서 파이크된 자세를 계속 유지한 후 입수 동안 하지와 동체를 편 것으로 나타났지만, K.A.Y.와 L.B.S.는 -1.47deg.s^{-1} , -0.02deg.s^{-1} 은 최고점에서 완전한 파이크 자세를 취하지 못한 채, 입수 과정에서 갑작스런 동체와 하지의 편 자세를 취한 것으로 사료된다.

따라서 K.A.Y.와 L.B.S.는 아름답고 훌륭한 공중 연기를 위해서는 최고점에서 완전한 파이크자세를 취한 후 입수 과정에서 편 자세를 취할 수 있는 방안을 모색해야 할 것으로 사료된다.

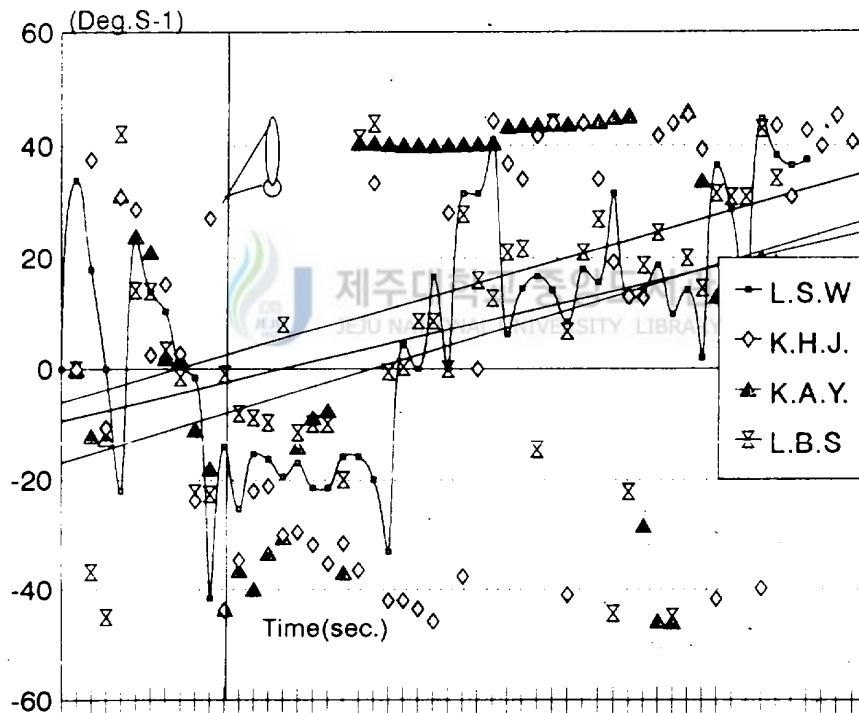


Fig. 9. Angular velocity by phases during 1/2 pike somersaulting (Unit:deg.s⁻¹)

1½회전의 경우 보드 최하점에서 입수까지 변화는 ½회전의 경우와 비슷한 양상을 보였다. 즉 모든 피험자의 경우에서 입수하는 과정과 스프링보드를 릴리즈하는 순간에 큰 변화의 가속도를 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 1½회전까지 평균 $7.09 \pm 12.31 \text{ deg.s}^{-1}$, 1½회전에서 입수까지 평균 $19.37 \pm 6.22 \text{ deg.s}^{-1}$ 로 각각 나타난 바, ½회전의 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 가속도는 42.92 deg.s^{-1} , K.A.Y.의 9.83 deg.s^{-1} 로서 ½회전과 달리 1½회전을 완수하기 위해 릴리즈 순간부터 동체와 하지 파이크자세를 취하여 여유있는 1½회전의 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 1½회전의 동작을 입수하는 과정에서 1½회전의 불완전한 자세를 취하여 입수했음을 간접적으로 알 수 있다. 따라서 완전한 입수동작을 취하기 위해서는 릴리즈순간부터 최고점까지 가는 도중 파이크자세를 빠르게 취하여야 할 것으로 사료된다.

Table 12. Angular velocity by phases during 1½ 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	23.94	-8.64	42.92	42.92	-41.62	7.35	44.82	-39.56	9.26	45.66	-42.69
	11.24			22.78			27.43			28.26		
K.H.J	-10.56	2.98	-39.44	-10.76	43.71	-42.63	27.10	38.62	-0.42	26.16	45.45	-45.84
	17.00			21.01			15.06			32.16		
K.A.Y.	16.36	45.27	0	9.83	40.58	-20.66	-2.52	44.88	-40.58	20.40	42.38	14.59
	17.21			19.85			26.55			8.00		
L.B.S.	9.64	33.94	-21.98	-15.17	10.48	-41.57	-3.56	31.53	-33.05	21.69	44.72	2.03
	17.16			12.87			18.75			12.58		
M±SD	5.52±9.92			6.70±22.93			7.09±12.31			19.37±6.22		

최고점에서 1½회전국면을 보면 L.S.W.의 경우 7.35 deg.s^{-1} 및 1½회전에서 입수까지

9.26deg.s⁻¹를 볼 때 다른 피험자에 비해 더 정확한 입수가 가능했으나 개선해야 할 여지가 있음을 알 수 있고, 이외 다른 피험자 K.H.J.의 26.16deg.s⁻¹, K.A.Y.의 20.40deg.s⁻¹, L.B.S.의 21.69deg.s⁻¹를 보인 결과를 볼 때 입수하는 과정에서 동체와 하지의 펴는 동작을 나타내므로써 불안정한 입수동작이었을 것으로 사료된다.

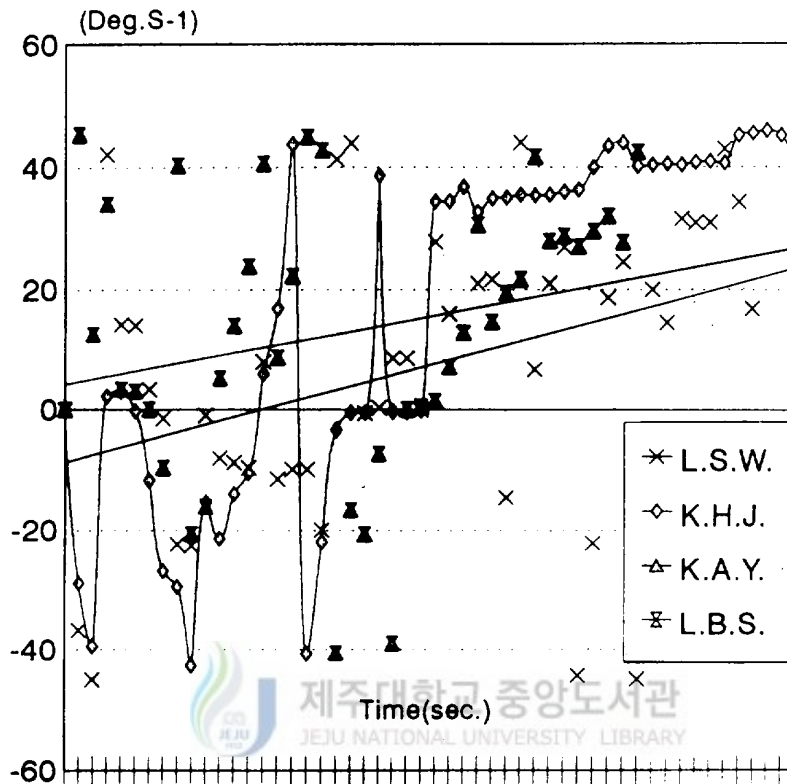


Fig. 10. Angular velocity by phases during 1½ pike somersaulting(Unit:deg.s⁻¹)

2½회전의 경우 두명의 피험자 각속도는 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 $-3.46 \pm 4.28 \text{deg.s}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $-7.12 \pm 8.78 \text{deg.s}^{-1}$, 최고점에서 1½회전까지 평균 $-1.89 \pm 4.86 \text{deg.s}^{-1}$, 1½회전에서 2½회전까지 평균 $-11.29 \pm 4.19 \text{deg.s}^{-1}$, 2½회전에서 입수까지 평균 $7.49 \pm 4.69 \text{deg.s}^{-1}$ 로 나타난 바, ½회전 및 1½회전의 경우와 아주 다른 양상으로 연기가 되었음을 알 수 있다. 즉 보드 최하점에서 2½회전까지 줄곧 부적(negative)인 각속도를 보인 결과로 볼 때 릴리즈 순간부터 하지와 동체분절의 파이크

자세를 만들기 위해 시도했음을 알 수 있고, 2½회전이 완료되고 입수하는 과정에서 동체와 하지의 파이크 자세를 풀어감을 알 수 있다.

즉 2½회전의 경우 2명 피험자 모두 2½회전 완료가 입수직전에 이루어 졌고, 릴리즈부터 2½회전까지 하지와 동체간의 각운동 속도가 전화가 거의 없었으나, 입수하는 과정에서 갑작스런 각운동을 하여, 정확한 입수동작이 이루어 지지 못한 결과를 볼 때 더 정확한 입수동작을 위해서는 릴리즈국면에서 단위시간당 더 빠른 파이크동작이 필요했을 것으로 사료된다.

Table 13. Angular velocity by phases during 2½ pike somersaulting

Phas	M.DP. - RE.	RE. - M.H.	M.H. - 1+1/2R	M.H. - 2+1/2R	2+1/2R- EN
Subj.	M±S.D Max Min	M±S.D Max Min	M±S.D Max Min	M±S.D Max Min	M±S.D Max Min
G.H.J.	-7.75 4.96 -38.7 15.58	-15.91 30.86 -43.7 23.51	-6.76 39.31 -41.73 24.21	-7.1 34.02 -43.49 26.85	12.19 45.43 -44.82 31.91
L.B.S.	.82 40.58 -33.27 24.57	1.66 34.0 -36.76 21.74	2.97 44.98 -34.92 29.60	-15.48 23.79 -44.5 20.83	2.80 44.19 -42.28 37.46
M±S D	-3.46±4.28	-7.12±8.78	-1.89±4.86	-11.29±4.19	437.49±4.69

6. 각 운동량

½회전, 1½회전 및 2½회전동안 각 운동량을 분석한 결과는 Table 14,15,16 및 Fig. 11,12,13,14,15,16,17,18,19,와 같다. 각 운동량의 분석은 총 각운동량(HS)와 절대각 운동량(HL) 및 상대각 운동량(KR)로 구분하여 보드 최하점에서 입수까지 각 국면별 분석하였다.

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

½회전의 총 각 운동량에서 전체적인 전화양상은 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 전화없이 일정하게 유지하였음을 알 수 있다.

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

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

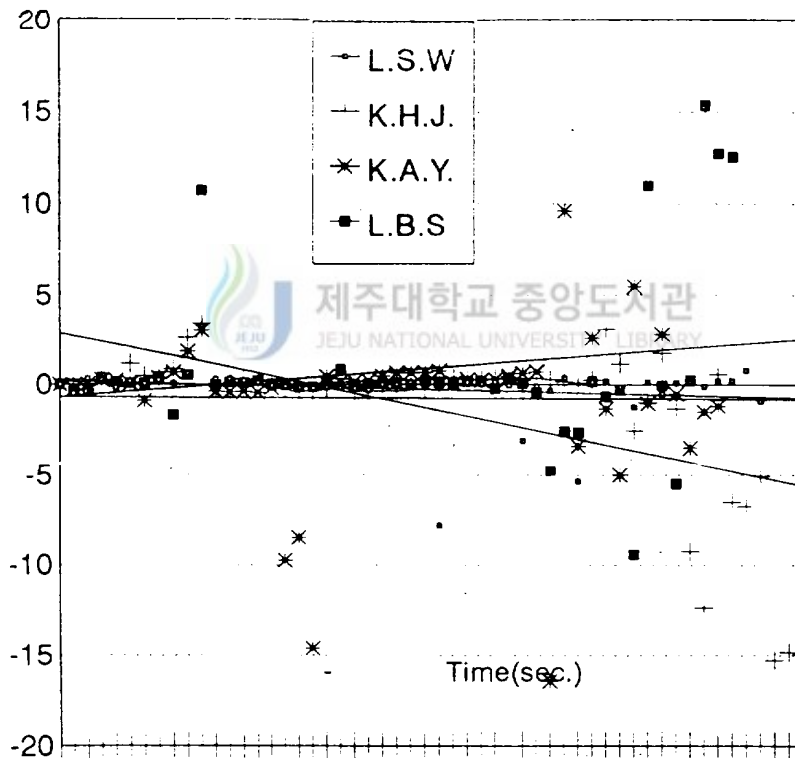


Fig 11. Total angular momentum by phases during ½ pike somersaulting

각 운동량의 전반적인 양상을 보면, 상대각 운동량의 경우 거의 전화를 볼 수 없으나 절대 각 운동량의 경우 각 국면마다 전화의 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 릴리즈까지 $0.092 \pm 0.12 \text{ Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 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.

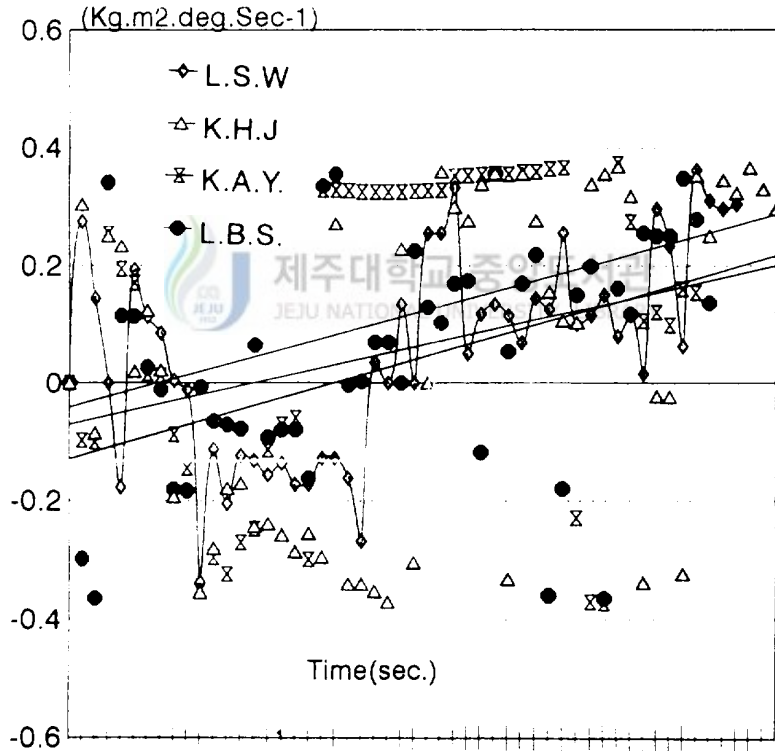


Fig 12. Local term angular momentum by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting

Table 14. Angular momentum(Remote & Local term) by phases during 1/2 pike somersaulting

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

$\frac{1}{2}$ 회전의 이러한 결과를 볼 때 공중국면에서 공중회전을 하는 데 신체분절의 공현도가 신체 중심이 가지는 공현도에 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.

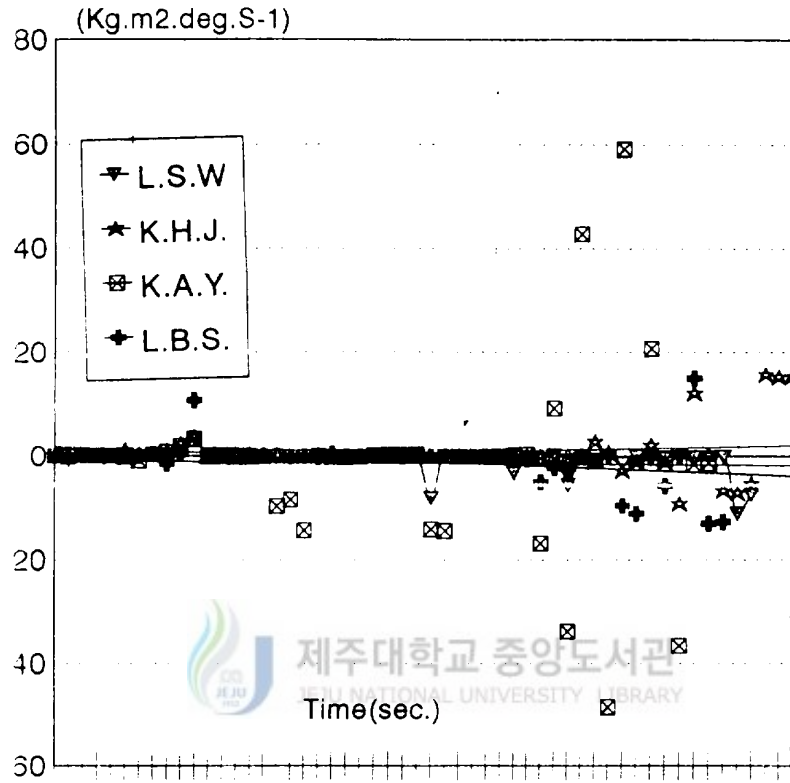


Fig 13. Remote term angular momentum by phases during $\frac{1}{2}$ pike somersaulting

$1\frac{1}{2}$ 회전의 경우 역시 총 각운동량(HS)은 거의 큰 변화가 없이 보드 최하점에서 입수까지 유지한 것으로 나타났고, 릴리즈지점과 입수하는 지점에서 총 각운동량의 변화가 있음을 알 수 있는 데 이는 보드릴리즈과정과 공중연기를 완수하고 입수하는 과정에서 동체와 하지의 각운동이 발생하므로써 신체분절이 갖는 상대각 운동량이 결국 총 각운동량에 영향을 미친 결과이다.

상대 각 운동량(HR)의 경우는 피험자 L.S.W.와 K.H.J.의 경우 입수하는 과정에서 다소 변화가 있는 양상을 보였지만 다른 피험자의 경우 거의 일정한 양상을 유지한 것으로 나타났다.

반면 절대 각 운동량(HL)의 경우 1/2회전의 경우와 마찬가지로 각 국면마다 변화의 폭이 크게 변화하면서 전체적인 양상은 증가하는 결과를 보였다. 이러한 결과로 볼 때 총 각 운동량에 영향을 미치는 것은 절대각 운동량임을 알 수 있고, 따라서 공중연기에서 신체 중심의 각 운동량이 절대적으로 큰 기여를 함을 알 수 있고, 상대적인 신체분절의 운동량은 극히 적은 기여를 하고있다.

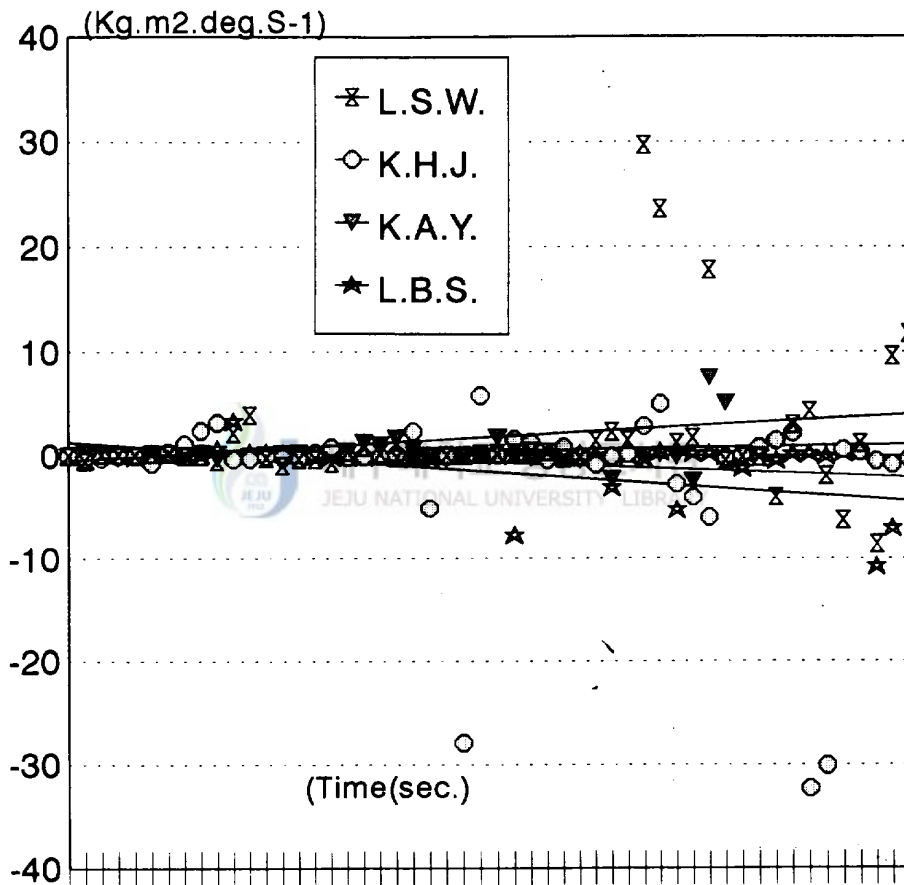


Fig 14. Total angular momentum by phases during 1 1/2 pike somersaulting

보드 최하점에서 입수까지 각 국면별 각 운동량을 분석하면 최하점에서 릴리즈시까지 평균 총 각운동량은 $-0.037 \pm 0.10 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $0.30 \pm 0.13 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 최고점에서 $1\frac{1}{2}$ 회전까지 평균 $0.12 \pm 0.32 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, $1\frac{1}{2}$ 회전에서 입수까지 평균 $0.54 \pm 0.84 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 보였고, 이 총 각운동량에 가장 큰 영향을 미치는 절대각 운동량은 각 국면별 결과는 보드 최하점에서 릴리즈시까지 평균 $0.07 \pm 0.09 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 릴리즈에서 최고점까지 평균 $0.037 \pm 0.16 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 $1\frac{1}{2}$ 회전까지 평균 $0.06 \pm 0.09 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ $1\frac{1}{2}$ 회전에서 입수까지 평균 $0.28 \pm 0.14 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

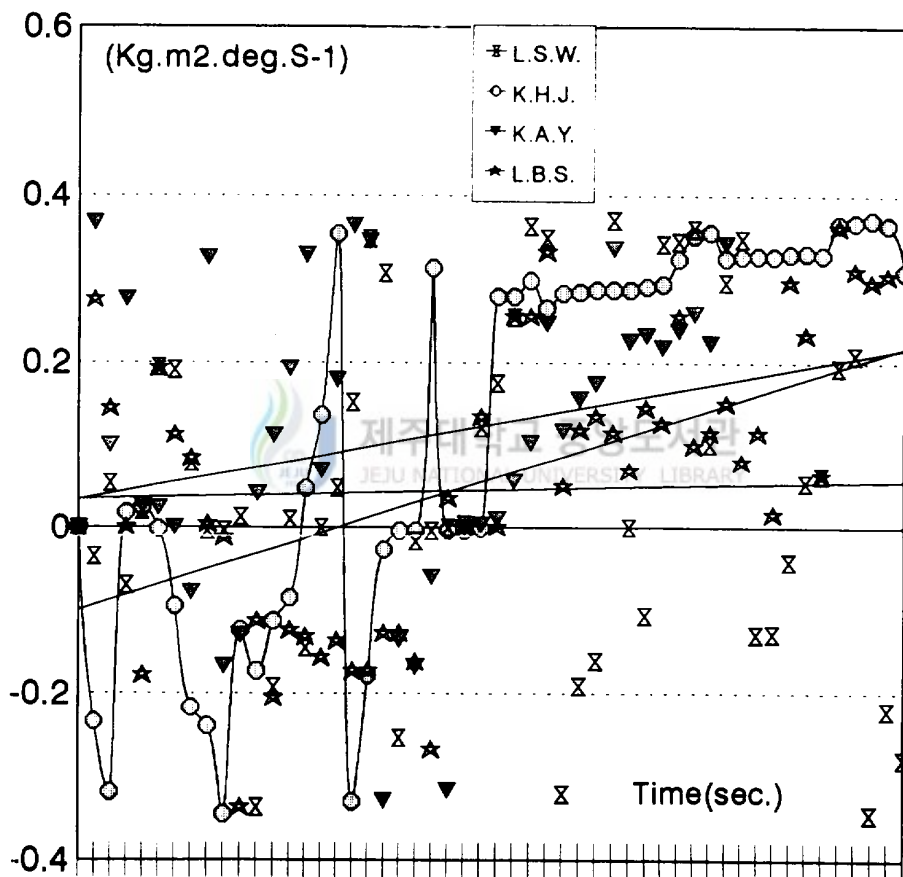


Fig 15. Local term angular momentum by phases during $1\frac{1}{2}$ pike somersaulting

상대각 운동량의 경우 각 국면별 평균치를 보면 보드 최하점에서 릴리즈시까지 평균 $-0.75 \pm 0.04 \text{ Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $0.26 \pm 0.17 \text{ Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 1½회전까지 평균 $-0.037 \pm 0.11 \text{ Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 1½회전에서 입수까지 평균 $-0.31 \pm 1.19 \text{ Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

Table 15 .Angular momentum(remote & local term) by phases during 1½ pike somersaulting

Phase Subj.		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	HS	.00	.23	-.53	.28	3.88	-.97	.19	1.42	-.31	1.99	17.81	-8.58
		.22			1.24			.43			5.89		
S	HL	.05	.19	-.07	.28	3.88	-.97	.07	.36	-.31	.54	2.67	-4.02
		.09			1.24			.20			1.88		
W	HR	-.04	.172	-.5	.28	4.21	-.98	.00	.03	-.02	.75	2.82	-2.89
		.190			1.29			.01			1.77		
K	HS	-.21	.01	-.77	.45	2.37	-.36	-.00	1.75	-2.82	.04	2.98	-2.73
		.27			.89			1.15			1.62		
H	HL	-.08	.02	-.31	-.08	.35	-.34	.21	.31	0	.21	.36	-.37
		.13			.17			.11			.26		
J	HR	-.13	.05	-.77	.50	2.61	-.38	-.22	2.75	-2.92	.51	3.68	-3.39
		.28			.88			1.43			1.99		
K	HS	.04	.36	-0.22	.09	.32	-.24	.59	1.78	-.29	-.08	3.12	-2.40
		.19			.17			.73			1.47		
A	HL	.13	.36	0	.07	.32	-.16	-.02	.36	-.32	.22	.34	.10
		.13			.16			.21			.06		
Y	HR	-.08	.16	-.49	.01	.12	-.07	.61	1.84	-.15	-.22	3.77	-2.66
		.20			.05			.74			1.63		
L	HS	.02	.32	-.48	.38	3.26	-.19	-.29	.11	-1.79	.24	.36	-1.78
		.26			.89			.54			.60		
B	HL	.07	.27	-.17	-.12	.08	-.33	-.02	.25	-.26	.17	.36	.01
		.13			.10			.15			.10		
S	HR	-.05	.25	-.76	.25	.64	.02	-.03	-.00	-.08	-2.29	.24	-1.39
		.30			.22			.02			.42		
M	HS	-0.037 ± 0.10			0.30 ± 0.13			0.12 ± 0.32			0.54 ± 0.84		
		0.07 ± 0.09			0.037 ± 0.16			0.06 ± 0.09			0.28 ± 0.14		
±S	HL	-0.75 ± 0.04			0.26 ± 0.17			-0.037 ± 0.11			-0.31 ± 1.19		
		-0.75 ± 0.04			0.26 ± 0.17			-0.037 ± 0.11			-0.31 ± 1.19		
D	HR	-0.75 ± 0.04			0.26 ± 0.17			-0.037 ± 0.11			-0.31 ± 1.19		
		-0.75 ± 0.04			0.26 ± 0.17			-0.037 ± 0.11			-0.31 ± 1.19		

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

1½회전시 각 운동량을 정리하면 ½회전의 경우와 마찬가지로 전체각 운동량에 영향을 미치는 경우는 절대각 운동량으로서 공중국면에서 상대각 운동량에 영향을 주는 신체분절의 기여도가 적음을 알 수 있고, 전체각 운동량에 절대적인 기여를 하는 요인은 절대각 운동량이며, 이를 더 크게하는 방법은 보드 최하점에서 릴리즈시 관련되는 요인의 조정 및 공중국면에서 신체분절들의 움직임을 적게하는 방법이다. 따라서 이를 개선하는 방법으로 보드 최하점에서 릴리즈시까지 피험자 K.A.Y.의 경우 절대각 운동량과 상대각 운동량의 비율을 보면 절대보다는 상대 각 운동량의 비율이 더 크게 나타났지만, 이의 다른 피험자의 경우 상대각 운동량보다 절대 각 운동량이 더 큰 것으로 나타났다.

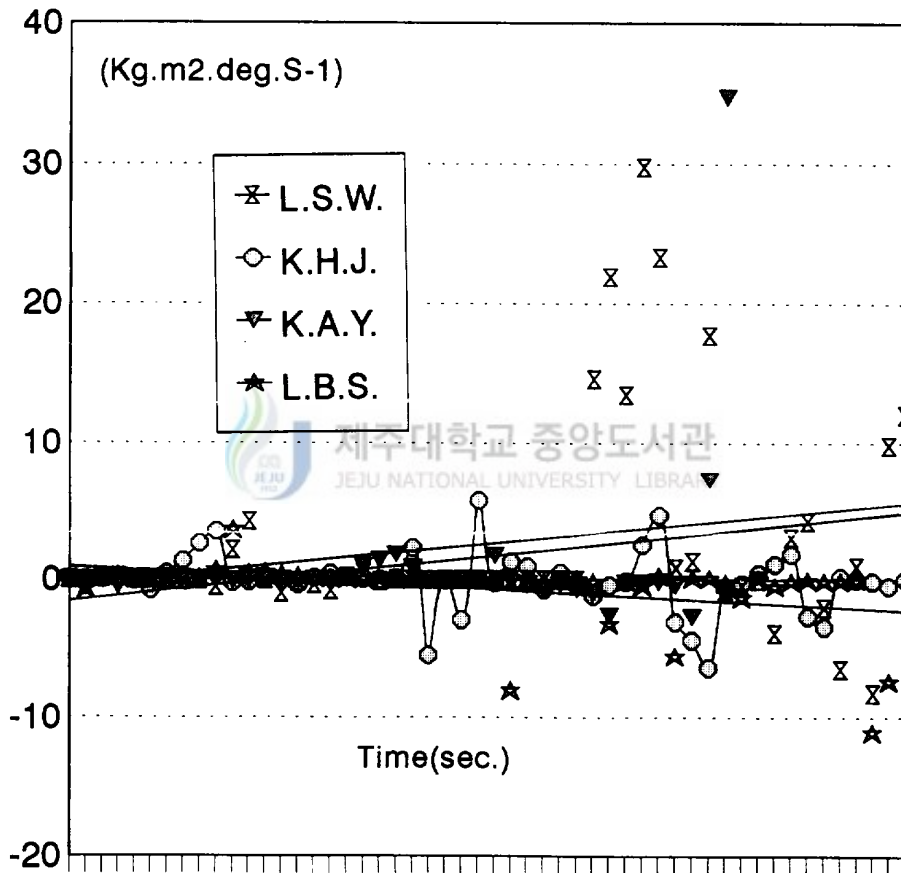


Fig 16. Remote term angular momentum by phases during 1½ pike somersaulting

한편 1½회전에서 입수하는 과정의 각 운동량을 상대 및 절대의 비율을 보면 모든 피험자에서 상대 각 운동량이 절대각 운동량보다 더 비중이 큰 결과를 볼 수 있다. 이러한 결과는 입수하는 과정에서 하지와 동체의 파이크자세에서 펴는자세를 취하는 경우로써 상대각 운동량이 클수록 더 바람직한 연기로 볼 수 있다.

2½회전시 각 운동량의 경우 보드 최하점에서 입수과정까지 전체적인 총 각운동량의 전화양상은 보드최하점에서 릴리즈 및 최고점까지 및 다시 입수하는 과정에서 약간의 전화의 폭을 보였다.

이러한 총 각운동량에 영향을 미친 요인은 신체분절이 갖는 상대각 운동량의 경우는 초기 및 입수하는 과정에서 하지분절 및 동체간의 각운동이 다소 발생했음을 알 수 있고, 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 경우 초기부터 입수까지 거의 큰 전화폭을 보인 결과를 볼 때 역시 2½회전의 경우에서도 총 각운동량에 큰 영향을 미치는 요인은 절대각 운동량임을 알 수 있다.

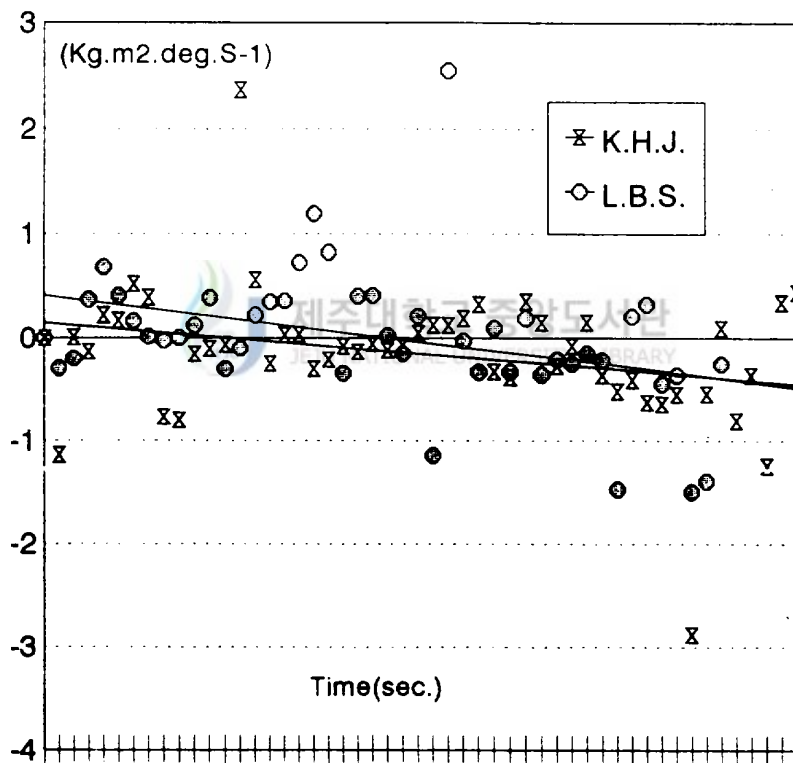


Fig 17. Total angular momentum by phases during 2½ pike somersaulting

이러한 전화양상을 각 국면별 분석하면 총 각운동량의 경우 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 $0.005 \pm 0.14 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $0.055 \pm 0.00 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 $1\frac{1}{2}$ 회전까지 평균 $0.10 \pm 0.15 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, $1\frac{1}{2}$ 회전에서 $2\frac{1}{2}$ 회전까지 평균 $-0.155 \pm 0.035 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, $2\frac{1}{2}$ 회전에서 입수까지 평균 $-0.475 \pm 0.044 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 나타났으며, 신체 중심이 갖는 절대 각 운동량의 경우 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 $-0.03 \pm 0.03 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $-0.055 \pm 0.06 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 $1\frac{1}{2}$ 회전까지 평균 $-0.015 \pm 0.04 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, $1\frac{1}{2}$ 회전에서 $2\frac{1}{2}$ 회전까지 평균 $-0.085 \pm 0.04 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 및 $2\frac{1}{2}$ 회전에서 입수까지 평균 $0.055 \pm 0.035 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

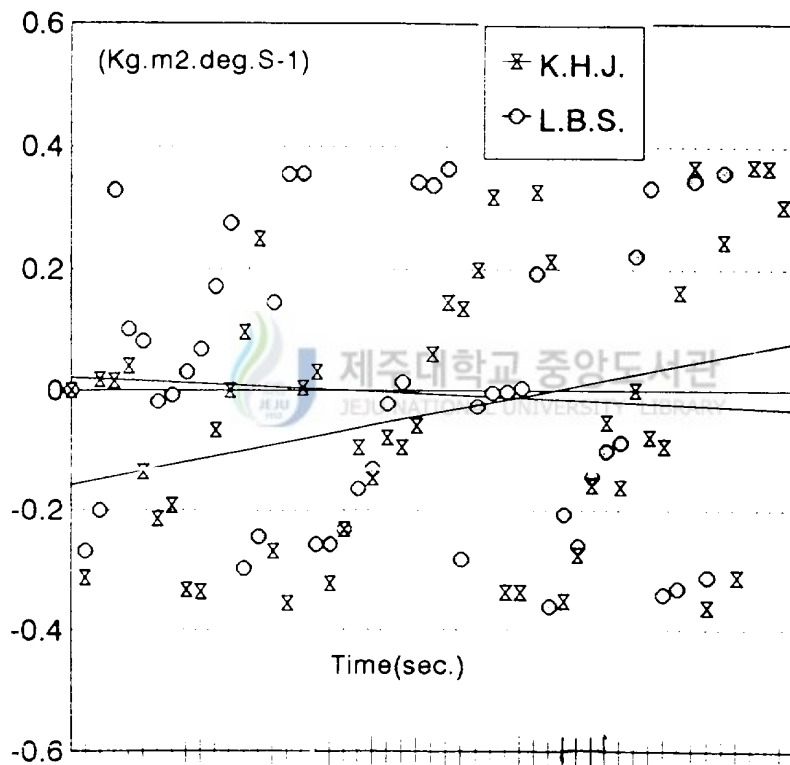


Fig 18. Local term angular momentum by phases during $2\frac{1}{2}$ pike somersaulting

신체 중심에 대한 신체분절이 갖는 상대각 운동량의 경우 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 $0.035 \pm 0.12 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 릴리즈에서 최고점까지 평균 $0.11 \pm 0.08 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 최고점에서 1½회전까지 평균 $0.145 \pm 0.14 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 1½회전에서 2½회전까지 평균 $-0.015 \pm 0.00 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$, 및 2½회전에서 입수까지 평균 $-0.85 \pm 0.41 \text{Kg.M}^2.\text{Deg.S}^{-1}$ 로 각각 나타났다.

Table 16. Angular momentum(remote & local term) by phases during 2½ pike somersaulting

Phase		MDP. - RE.			RE. - M.H.			M.H.-1+1/2R			1+1/2R- 2+1/2R			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±S.D Max Min		
		K	HS	.14	.22	-1.14	.06	1.36	-.79	-.05	.32	-.38	-.12	.34	-.52	-.52
H	HL	.45			.59			.19			.29			1.00		
J	HL	-.06	.04	-.31	-.12	.25	-.35	-.05	.31	-.33	-.05	.32	-.35	.09	.36	-.36
	HR	.12			.19			.19			.21			.25		
	HR	-.08	.30	-.82	.19	1.11	-.46	-.00	.02	-.04	-.07	.30	-.4	-.44	1.30	-1.61
	HR	.36			.50			.01			.25			.71		
L	HS	.15	.68	-.29	.05	.38	-.30	.25	1.54	-1.14	-.19	.19	.36	-.43	.32	-1.47
B	HL	.35			.18			.62			.16			.54		
S	HL	.00	.32	-.26	.01	.27	-.29	.02	.36	-.28	-.12	.19	-.36	.02	.35	-.34
	HR	.19			.17			.23			.16			.30		
	HR	.15	.58	-.02	.03	.18	-.06	.29	2.83	-1.51	-.06	.00	-.33	-1.26	-.01	-4.08
	HR	.22			.08			.93			.11			1.62		
M	HS	0.005±0.14			0.055±0.00			0.10±0.15			-0.155±0.035			-0.475±0.044		
±S	HL	-0.03±0.03			-0.055±0.06			-0.015±0.04			-0.085±0.04			0.055±0.035		
D	HR	0.035±0.12			0.11±0.08			0.145±0.14			-0.015±0.00			-0.85±0.41		

HS:Sumof angular momentum, HL:Local term angular momentum, HR:Remote term angular momentum

이러한 결과를 각 국면별 종합하면 보드 최하점에서 릴리즈까지 상대 각 운동량이 절대 각 운동량의 1.16배 더 적은 값을 가졌고, 릴리즈에서 최고점까지 역시 상대 각 운동량이 더 큰 값을 보인바 2½회전을 완수하기 위해서는 초기의 상대 각 운동량이 더 큰 값을 가지는 것은 바람직하지만, 2½회전에서 입수하는 과정에서 절대 각 운동량이 상대 각 운동량에 비해 훨씬 더 큰 값을 가지므로써 2½회전을 완료는 했지만 정상적인 입수

를 하지 못하고 오히려 불안전 혹은 동체부위로 입수한 결과를 초래한다.

따라서 완전한 입수를 위해서는 2½회전에서 입수까지 상대각 운동량이 절대 각 운동량보다 더 커야 하며, 이를 위해서는 그 이전 국면에서 동작을 완료 혹은 동체 및 하지의 각운동을 더 빨리 시작해야 할 것으로 사료된다.

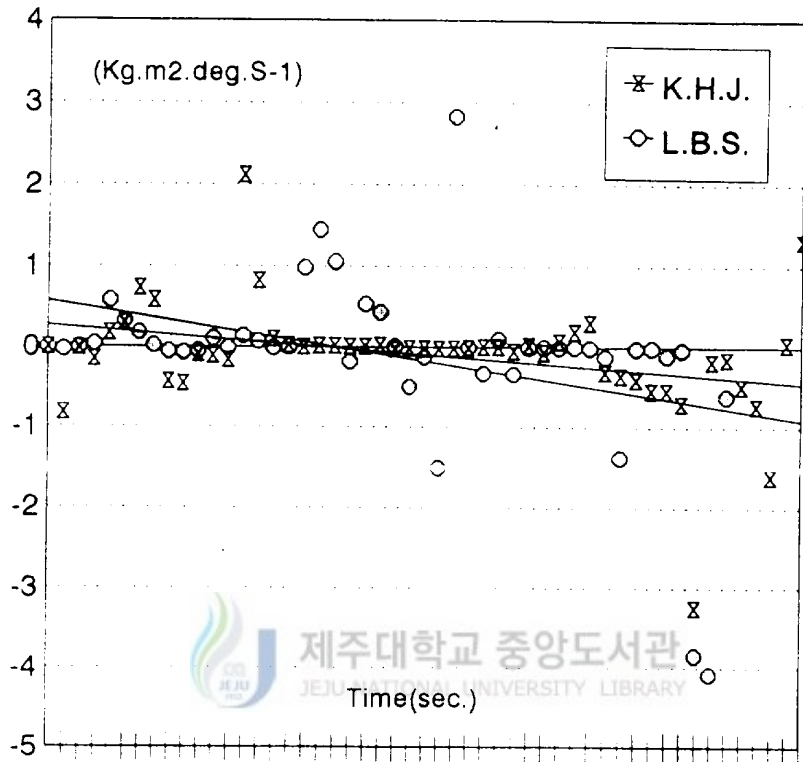


Fig 19. Remote term angular momentum by phases during 2 ½ pike somersaulting

7. 신체분절의 공헌도

각 회전동안 총 각 운동량에 대한 절대 및 상대 각 운동량의 공헌율을 분석한 결과는 Table 17,18,19 와 같다.

Table 17. Contribution ratio of remote term vs. Local term angular momentum($\frac{1}{2}R$)

Phase Subj.		M.D.P. - RE.	RE. - M.H.	M.H. - EN.
		(%)	(%)	(%)
L	HL	160	42	10
S	HR	60	57	83
W	ER	120	1	7
K	HL	38	38	7
H	HR	63	41	131
J	ER	1	21	38
K	HL	175	0.7	15
A	HR	75	99	122
Y	ER	150	0.3	37
L	HL	1	0.3	8
B	HR	1	1	110
S	ER	98	98.7	18
M±S	HL	93 ± 75.70	49.75 ± 28.69	17.25 ± 11.75
	HR	20.25 ± 19.80	24 ± 24.44	84.75 ± 43.71
	ER	17.25 ± 11.75	30.25 ± 40.38	24.50 ± 13.38

HE: Error term, HL: Local term angular momentum,
HR: remote term angular momentum

$\frac{1}{2}$ 회전의 경우 신체 중심이 갖는 절대각 운동량에서 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 93%, 릴리즈에서 최고점까지 평균 49%, 최고점에서 입수까지 평균 17%의 공헌율을 보인 반면, 신체 중심에 대해 신체분절이 갖는 상대 각 운동량의 경우 보드 최하점에서 릴리즈까지 20%, 릴리즈에서 최고점까지 24%, 최고점에서 입수까지 평균 84%의 공헌율을 보였다.

이러한 결과로 보아 $\frac{1}{2}$ 회전의 경우 공중연기에 다소 여유가 있기 때문에 초기 보드 릴리즈부터 최고점까지는 신체분절의 각운동이 상대적으로 적음을 알 수 있고, 대신 입수하는 과정에서 다소 신체분절이 갖는 상대각 운동량의 공헌도가 큰 것은 입수하는 과정에서 하지와 동체간의 각운동이 많이 일어났음을 알 수 있다.

따라서 $\frac{1}{2}$ 회전에서 절대각 운동량이 많을수록 더 아름다운 동작을 취할 수 있기 때문

에 절대 각 운동량의 비율이 높은 경우는 피험자 L.S.W.(160%)과 K.A.Y.(175%)이고, K.H.J.과 L.B.S.의 경우는 초기에 필요이상으로 신체분절의 운동을 한 결과로 나타난 바, 이러한 동작을 개선해야 할 것이다.

또한 입수하는 과정에서 모든 피험자의 경우 절대 및 상대 각 운동량의 공헌도는 약간의 차이는 있지만 상대각 운동량의 공헌율이 모두 크게 나타난 바, 입수과정에서 동체 및 하지간의 각운동을 크게 하였음을 알 수 있다.

1½회전의 경우 보드 최하점에서 릴리즈시까지 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 공헌율은 평균 178%, 릴리즈에서 최고점까지 평균 31%, 최고점에서 1½회전까지 평균 11%, 1½회전에서 입수까지 평균 97%의 공헌율을 보였고, 신체 중심에 대해 신체분절이 갖는 상대각 운동량의 공헌율은 보드 최하점에서 릴리즈까지 평균 128%, 릴리즈에서 최고점까지 평균 23%, 최고점에서 1½회전까지 평균 6%, 1½회전에서 입수까지 평균 318%의 공헌율을 보였다.

이러한 결과를 볼 때 ½회전의 경우보다 더 고난도의 기술이기 때문에 초기 즉 보드 최하점에서 릴리즈국면에서 상대 및 절대 각 운동량이 훨씬 더 많이 작용했고, 이는 신체 분절과 신체 중심의 혼합 각운동을 일으킨 결과라 생각되며, 1½회전에서 입수 국면에서 역시 ½회전의 경우보다 절대 및 상대각 운동량의 공헌율이 훨씬 더 큰 것으로 나타난 바, 입수하는 과정에서도 신체 분절 및 신체 중심의 역할을 혼합한 것을 알 수 있지만 특히 신체 분절의 공헌율이 큰 것으로 나타났다. 즉 입수하는 과정에서 정확한 동작을 취하기 위해 신체 분절을 많이 활용했음을 알 수 있다.

피험자별 보면 L.S.W.의 경우 보드 최하점에서 릴리즈시 상대 및 절대 공헌율이 같음을 알 수 있고, 1½회전에서 입수하는 과정 역시 같은 공헌율을 보여, 안정된 입수 동작을 취했음을 알 수 있다.

가장 불규칙한 공헌율을 보인 피험자는 L.B.S.의 경우로 초기 및 입수하는 과정에서 신체 분절이 타이밍에 맞게 활용을 하지 못한 결과로 볼 때, 보드 최하점에서 최고점까지 및 입수하는 과정에서 동작을 개선해야 할 것으로 사료된다.

Table 18. Contribution ratio of remote term vs. local term angular momentum($1\frac{1}{2}R$)

Phase		M.DP. - RE.	RE. - M.H.	M.H.- 1+1/2R	1+1/2R- EN.
Subj.		(%)	(%)	(%)	(%)
L	HL	1	1	36	27
S	HR	1	1	0	37
W	ER	98	98	64	36
K	HL	38	17	0	19
H	HR	61	110	0	7
J	ER	1	11	0	72
K	HL	325	77	3	275
A	HR	200	11	16	275
Y	ER	425	12	81	450
L	HL	350	31	6	70
B	HR	250	65	10	954
S	ER	500	4	84	924
M±S	HL	178.5±159.78	31.5±28.33	11.25 ±14.44	97.75±104.15
	HR	128 ±100.85	23.5±24.63	6.5 ±6.83	318.45±381.45
	ER	256 ±211.00	46.75±43.88	59.25 ±30.55	370.50±358.35

HE:Error term , HL:Local term angular momentum,
HR:Remote term angular momentum

2½회전의 경우 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 경우 보드 최하점에서 릴리즈까지 공헌율은 평균 21%, 릴리즈에서 최고저까지 평균 110%, 최고점에서 1½회전까지 평균 4.5%, 1½회전에서 2½회전까지 평균 52%, 2½회전에서 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 1½회전까지 평균 4%, 1½회전에서 2½회전까지 평균 52%, 2½회전에서 입수까지 평균 188%의 공헌율을 보였다.

이러한 결과를 볼 때 3가지 공중 연기중 가장 고난도의 기술인 만큼, 최하점에서 릴리즈시까지 절대각 운동량보다 상대각 운동량을 더 크게하므로써 최고점까지 가는 도

중 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 이루어졌음을 알 수 있다.

Table 19. Contribution ratio of remote term vs. local term angular momentum

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 ±S	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
	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

즉 입수 과정에서 팔, 하지 및 동체의 분절이 안정되지 못한 채 입수하였고, 이를 개선하기 위한 방법은 최고점에서 1½회전까지 상대 공헌율이 절대 공헌율에 비해 훨씬 더 큰 결과는 완전한 파이크 자세를 이루지 못하고 회전을 시작한 결과라 사료된다.

피험자별 분석하면 특히 L.B.S.의 경우 최고점에서 1½회전 국면에서 상대각 운동량이 절대각 운동량의 공헌율보다 훨씬 더 큰 값을 가진 결과 이 때까지 완전한 파이크자세를 취하지 못한 결과라 사료되며, 이를 시정을 하므로써 입수를 더 정확하게 할 수 있는 방안이 될 수 있다.

8. 신체 중심 높이에 영향을 주는 변인간의 상관관계

신체 중심의 수직 높이에 영향을 주는 요인간의 상관관계 분석 결과는 Table 20,21,22와 같다.

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 지니는 운동량은 항상 일정하게 유지된다. 단 공중에서 관성 모멘트를 조정하여 각운동의 속도를 조절할 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.

먼저 1/2회전에서 신체 중심의 수직 높이와 각 변인간의 관계를 보면 보드에서 릴리즈되기까지 소요 시간과 이 1/2회전에서 최대 수직 높이와의 상관 $r=-.64$, 릴리즈에서 최고점까지와의 상관 $r=-.78$ 로 각각 나타난 바, 신체 중심의 수직 높이와 소요된 시간과는 높은 역 상관을 보인 바, 스프링보드에서 가능한 짧은 시간에 큰 힘을 발휘하는 것이 유리함을 알 수 있다.

수평 속도의 경우 초기 치인 보드에서 릴리즈까지 평균 수평 속도와 수직 높아와는 $r=-.41$ 로 다소 역 상관이 있음을 알 수 있고, 수직 속도와의 관계는 $r=.41$ 로 정적인 상관을 보인 바, 보드에서 초기 수평 속도와 수직 높아와는 역으로 비례함을 알 수 있고, 수직 고도와는 이와 반대로 비례함을 알 수 있다 따라서 신체 중심의 수직 높이를 높이기 위해서는 수평보다는 수직 속도에 주안점을 두어야 할 것으로 사료된다.

각속도와 신체 중심 높이와의 관계는 $r=-.83$ 으로 아주 높은 역 상관을 보인바, 최소한

스프링보드에서 릴리즈하는 순간 신체 분절의 굴곡 및 신전 작용을 많이 하면 할수록 신체 중심의 높이에는 손실이 따름을 알 수 있다.

동체의 릴리즈각도 및 보드굴곡각도와 수직 높이와는 $r=-.66$ 및 $r=.74$ 으로 나타난 바, 보드를 릴리즈 할 때 동체의 수직 각도가 클수록 수직 높이는 낮아지고, 반면 수평거리는 길어짐을 알 수 있다. 반면 보드의 굴곡 각도가 클수록 그 반력을 이용한 수직 거리는 높아짐을 알 수 있다. 따라서 수직 높이를 최대한으로 하기 위해서는 최대한 순간적인 발구름 동작으로 이루어질 때 수직 높이에서 이득을 취할 것으로 사료된다.

초기의 각 운동량과 수직 높이와의 관계에서 절대각 운동량과 수직 높이와의 관계는 $r=.93$ 으로 나타났고, 상대각 운동량과의 관계는 $r=-.37$ 로 나타난 바, 신체 중심에 의한 각 운동량과는 거의 직선적인 관계를, 신체 분절과의 관계는 역 상관을 보인바에 의하면 수직 높이를 최대한 얻기 위해서는 보드릴리시시 신체 분절을 가능한 사용하지 말아야 할 것으로 사료된다. 즉 이는 곧은 자세로 릴리즈하는 경우가 최대한의 수직 높이를 얻는 데 이득을 취할 수 있다는 의미가 된다.

Table 20. Correlation between kinematic & kinetic variables and C.O.G max height in $\frac{1}{2}$ somersaulting.

Phase Variable	MDP. - RE.	RE. - MH.	M.H. - 1+1/2R
Time	-.64	-.78	-.92
H.Vel	-.41		
V.Vel	.41		
Ang.Vel	-.83		
RA. DA. PA	-.66 (Release angle)	.74(Depression Angle)	-.88(Pike Angle)
HL(Ang.Mo)	.93		
HR(Ang.Mo)	-.37		

이상 $\frac{1}{2}$ 회전의 경우 수직 높이와의 관계를 종합하면 릴리즈시 스프링보드의 발구름 동작 시간을 가능한 짧고 강하게 하고, 수직 속도를 크게 하고, 동체의 릴리즈 각도를 적게, 보드의 굴절 각도를 크게, 신체 분절의 운동을 가능한 억제하는 것이 수직 높이에

유리할 것으로 사료된다.

1½회전의 경우 역시 신체 중심의 수직 높이에 대한 스프링보드에서 릴리즈시 소요한 시간과 관계는 $r=-.21$ 로 역 상관을 보였고, 수평 속도와는 $r=-.21$ 로 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 $r=.35$ 로 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.

각 속도의 경우를 보면 $r=.71$ 로 ½회전의 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 1½회전을 완료하려는 시도라고 사료된다. 이러한 결과를 증명할 수 있는 것이 보드 릴리즈시 동체의 각도 역시 ½회전과 달리 $r=.76$ 으로 ½회전과는 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 ½회전의 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 ½회전의 경우와 같이 절대 각 운동량의 경우가 신체 중심의 수직 높이에 거의 직선적인 관계가 있음을 볼 때, 릴리즈시 동체 보다는 신체 다른 분절들의 운동들도 절대 각 운동량의 비율이 크게 나타난 것으로 사료된다.

이상 1½회전시 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.

2½회전의 경우는 고난도의 기술이고 피험자가 2명으로 제한된 입장이기 때문에 정확한 분석을 하기는 곤란하지만, 전반적인 결과를 볼 때 보드에서 릴리즈까지 소요 시간

과 신체 중심의 수직높이와는 역상관으로 $r=-.21$, 수평 속도와는 $r=-.10$ 으로 보여 1/2회전 및 1 1/2회전과는 다소 비의 차이는 있지만 시간을 지체할수록, 수평 분력을 크게 할수록 신체 중심의 수직 높이에는 손실이 따름을 알 수 있다. 반면 수직 속도와는 $r=.10$ 으로 정적인 상관을 보였다. 릴리즈시 동체의 수직 각도와는 $r=.10$, 보드 굴곡 각도와는 $r=.10$ 으로 정적인 상관을 보였지만 너무 낮은 상관으로 사료되며, 오히려 1/2회전 및 1 1/2회전의 경우보다 더 큰 정적 상관을 보여야 할 것으로 사료된다.

또한 신체 중심이 갖는 절대각 운동량의 경우 $r=-.10$, 신체 분절에 의한 상대각 운동량과는 $r=.10$ 으로 나타난 바, 결론을 내리기에 곤란한 점이 많지만 다른 회전의 경우와 비례하여 분석할 때 너무 불규칙한 결과이기 때문에 결론을 내리기에 다소 어려움이 있다.

이상 2 1/2회전의 경우를 종합하면 스프링보드에서 소요 시간을 가능한 짧게 하고, 수평 보다는 수직 분력을 더 가하고, 보드의 굴곡 각도를 크게 하는 것이 유리한 것을 알 수 있다.

Table 21 Correlation between kinematic & kinetic variables and C.O.G max height in 1 1/2 somersaulting.

Phase Variable	MDP. - RE	RE. - MH	MH. - 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			

1/2회전, 1 1/2회전 및 2 1/2회전의 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.

Table 22. Correlation between kinematic & kinetic variables and C.O.G max height in 2½ somersaulting.

Phase Variable	M.DP. - RE.	RE. - M.H.	M.H. - 1+1/2R	1+1/2R -2+1/2R	2+1/2R - EN
Time	-.21	-.31	-.12	-.22	-.45
H.Vel.	-.10				
V.Vel.	.10				
Ang.Vel.	-.10				
RA. DA. PA	.10(Release A)	.10(Depression)	-.10(Pike Angle)		
HL(Ang.Mo)	-.10				
HR(Ang.Mo)	.10				

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 3m 스프링보드 전방 파이크 썸머솔딩동작을 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.

- 회전의 수가 증가할수록 채공 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.
- 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 늘이기 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 미치지 않지만 다음으로 큰 영향을 미치는 전인은 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. 제언

본 연구에서는 4명의 피험자로 구성된 까닭에 참여한 피험자들만을 대상으로 분석하였지만 추후 연구 시는 기술수준이 더좋은 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 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.

<Abstract>

kinetic analysis of forward pike somersaulting in 3m springboard

Lee, Byoung-Keun

Physical Education Major

Graduate School of Education , Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Oh Man-won

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 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.



A thesis submitted to the Committee of the graduate School of Education,
Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the
degree of Master of Education in August,1995.

부록: 분석 프로그램



```

10 'ON ERROR GOTO 1060
20 DIM GETARRAY(14), INS1(2,7), INS2(2,7), INS3(2,7)
30 DIM SEGLEN(6), STHE(6), SOMEGA(6), CMOFS(2,6,3), R(6)
40 DIM HS(6), SEGV(2,6), SEVXY(6), RROCAL(6), RREMOT(6)
50 'HEADER -----
60 'Constant Declare
70 '
80 DIM LENR(6):'Length rate(segment length per statues)
90 LENR(3)=.124: LENR(4)=.304: LENR(5)=.244
100 LENR(1)=.159: LENR(2)=.169: LENR(6)=.249
110 '
120 DIM ISIG(6) :'Inertia moment of Segments
130 ISIG(3)=.0248: ISIG(4)=1.2607: ISIG(2)=.0213
140 ISIG(1)=.0081: ISIG(5)=.1052: ISIG(6)=.0542
150 '
160 DIM SWPTBW(6) :'Segments weight per Total body weight
170 SWPTBW(3)=.073: SWPTBW(4)=.5070001: SWPTBW(2)=.028*2
180 SWPTBW(1)=.022*2: SWPTBW(5)=.2: SWPTBW(6)=.061*2
190 '
200 DIM SCMPSL(6) :'Segment C.M. per Segments length
210 SCMPSL(3)=.535: SCMPSL(4)=.4383: SCMPSL(2)=.436
220 SCMPSL(1)=.682: SCMPSL(5)=.433: SCMPSL(6)=.606
230 '
240 DIM ROGPSL(6) :'Radius of gyration per Segments length
250 ROGPSL(3)=.47: ROGPSL(4)=.42: ROGPSL(2)=.542
260 ROGPSL(1)=.827: ROGPSL(5)=.44 : ROGPSL(6)=.735
270 '-----
280 '           M           A           I           N
290 '-----
300 GOSUB 1750 :'logo and ask input data
310 CNN=4:'FOR CNN=1 TO 4
320   GOSUB 1960 :'Open input data file and read data for GETARRAY
330   GOSUB 2050 :'Open output file & Simulation file
340   GOSUB 1880 :'Initialize frame variables
350   FRAMENUM=.01705 :NT=0
360   GOSUB 2190 :'Modify GETARRAY to INS3
370   FOR I=1 TO 7 :'INS3 -> INS1
380     INS1(1,I)=INS3(1,I)
390     INS1(2,I)=INS3(2,I)
400   NEXT I
410   FOR I=1 TO 6
420     IF I=4 THEN GOTO 530
430     XP=INS1(1,I): XN=INS1(1,I+1)
440     YP=INS2(2,I): YN=INS2(2,I+1)
450     GOSUB 2390 :' Calculate Segment Length
460     SEGLEN(I)=LENGTH
470     GOSUB 2440 :' Calculate Theata
480     STHE(I)=THEATA
490     GOSUB 2820 :' Calculate C.M. of Segments
500     CMOFS(1,I,1)=CMSX: CMOFS(2,I,1)=CMSY
510     CMOFS(1,I,2)=CMSX: CMOFS(2,I,2)=CMSY
520     GOTO 630
530     XP=INS1(1,3): XN=INS1(1,5)
540     YP=INS2(2,3): YN=INS2(2,5)
550     GOSUB 2390 :' Calculate Segment Length

```

```

560          SEGLEN(4)=LENGTH
570          GOSUB 2440 : ' Calculate Theata
580          STHE(4)=THEATA
590          GOSUB 2820 : ' Calculate C.M. of Segments
600          CMOFS(1,4,1)=CMSX : CMOFS(2,4,1)=CMSY
610          CMOFS(1,4,2)=CMSX : CMOFS(2,4,2)=CMSY
620          GOTO 630
630      NEXT I
640      GOSUB 2710 : ' Calculate C.O.G
650      GOSUB 2880 : ' Calculate R(I)
660      IF ((SML$="n")OR(SML$="N")) THEN GOTO 700
670      'Calculate Simulation Initial Value
680      DTH=0
690      DHS4=0 : DH0=0
700      GOSUB 3580 : ' Print FRAME
710  -----
720      FRAMENUM=2*.01705
730      'GOSUB 1880 : 'Initialize frame variables
740      GOSUB 2000 : 'Read data from data file
750      GOSUB 2190 : 'Modify GETARRAY to INS3
760      FOR I=1 TO 7 : ' INS3 -) INS2
770          INS2(1,I)=INS3(1,I)
780          INS2(2,I)=INS3(2,I)
790      NEXT I
800      GOSUB 2000 : 'Read data from data file
810      GOSUB 2190 : 'Modify GETARRAY to INS3
820      FOR I=1 TO 6
830          IF I=4 THEN GOTO 970
840          XP=INS2(1,I) : XN=INS2(1,I+1)
850          YP=INS2(2,I) : YN=INS2(2,I+1)
860          GOSUB 2390 : ' Calculate Segment Length
870          SEGLEN(I)=LENGTH
880          GOSUB 2440 : ' Calculate Theata
890          STHE(I)=THEATA
900          GOSUB 2820 : ' Calculate C.M. of Segments
910          CMOFS(1,I,2)=CMSX : CMOFS(2,I,2)=CMSY
920          XP=INS3(1,I) : XN=INS3(1,I+1)
930          YP=INS3(2,I) : YN=INS3(2,I+1)
940          GOSUB 2820 : 'Calculate next CMOFS
950          CMOFS(1,I,3)=CMSX : CMOFS(2,I,3)=CMSY
960          GOTO 1090
970          XP=INS2(1,3) : XN=INS2(1,5)
980          YP=INS2(2,3) : YN=INS2(2,5)
990          GOSUB 2390 : ' Calculate Segment Length
1000         SEGLEN(4)=LENGTH
1010         GOSUB 2440 : ' Calculate Theata
1020         STHE(4)=THEATA : PT=NT : NT=THEATA
1030         GOSUB 2820 : ' Calculate C.M. of Segments
1040         CMOFS(1,4,2)=CMSX : CMOFS(2,4,2)=CMSY
1050         XP=INS3(1,3) : XN=INS3(1,5)
1060         YP=INS3(2,3) : YN=INS3(2,5)
1070         GOSUB 2820 : 'Calculate next CMOFS
1080         CMOFS(1,4,3)=CMSX : CMOFS(2,4,3)=CMSY
1090         GOSUB 2500 : 'Calculate Ohmega
1100         SOMEGA(I)=OMEGA
1110         X1=CMOFS(1,I,1) : Y1=CMOFS(2,I,1)
1120         X3=CMOFS(1,I,3) : Y3=CMOFS(2,I,3)

```

```

3500 'Modify CMOFS(I,J,k)
3510 FOR I=1 TO 2
3520     FOR J=1 TO 6
3530         CMOFS(I,J,1)=CMOFS(I,J,2)
3540         CMOFS(I,J,2)=CMOFS(I,J,3)
3550     NEXT J
3560 NEXT I
3570 RETURN
3580 '-----PRINT FRAME
3590 'INPUT VALUE : FRAMENUM ETC..
3600 IF CNN=2 THEN GOTO 3650
3610 IF CNN=3 THEN GOTO 3670
3620 IF CNN=4 THEN GOTO 3690
3630 GOSUB 3730
3640 GOSUB 3870:GOTO 3710
3650 GOSUB 4010
3660 GOSUB 4150:GOTO 3710
3670 GOSUB 4290
3680 GOSUB 4430:GOTO 3710
3690 GOSUB 4570
3700 IF((SML$="Y")OR(SML$="y")) THEN GOSUB 4650
3710 RETURN
3720 '-----Print Sub-ITEM
3730 PRINT#2,USING "##.###,";FRAMENUM;
3740 PRINT#2,USING "###.####,";STHE(1);
3750 PRINT#2,USING "#####.###,";SEGLN(1);
3760 PRINT#2,USING "#####.###,";R(1)^2;
3770 PRINT#2,USING "#####.###,";SEGV(1,1);
3780 PRINT#2,USING "#####.###,";SEGV(2,1);
3790 PRINT#2,USING "#####.###,";SEVXY(1);
3800 PRINT#2,USING "#####.###,";SOMEGA(1);
3810 PRINT#2,USING "#####.###,";CMOFS(1,1,2);
3820 PRINT#2,USING "#####.###,";CMOFS(2,1,2);
3830 PRINT#2,USING "#####.###,";HS(1);
3840 PRINT#2,USING "#####.###,";RROCAL(1);
3850 PRINT#2,USING "#####.###,";RREMOT(1)
3860 RETURN
3870 PRINT#3,USING "##.###,";FRAMENUM;
3880 PRINT#3,USING "###.####,";STHE(2);
3890 PRINT#3,USING "#####.###,";SEGLN(2);
3900 PRINT#3,USING "#####.###,";R(2)^2;
3910 PRINT#3,USING "#####.###,";SEGV(1,2);
3920 PRINT#3,USING "#####.###,";SEGV(2,2);
3930 PRINT#3,USING "#####.###,";SEVXY(2);
3940 PRINT#3,USING "#####.###,";SOMEGA(2);
3950 PRINT#3,USING "#####.###,";CMOFS(1,2,2);
3960 PRINT#3,USING "#####.###,";CMOFS(2,2,2);
3970 PRINT#3,USING "#####.###,";HS(1);
3980 PRINT#3,USING "#####.###,";RROCAL(1);
3990 PRINT#3,USING "#####.###,";RREMOT(1)
4000 RETURN
4010 PRINT#2,USING "##.###,";FRAMENUM;
4020 PRINT#2,USING "###.####,";STHE(3);
4030 PRINT#2,USING "#####.###,";SEGLN(3);
4040 PRINT#2,USING "#####.###,";R(3)^2;
4050 PRINT#2,USING "#####.###,";SEGV(1,3);

```

```

4060 PRINT#2, USING "#####.###,";SEGV(2,3);
4070 PRINT#2, USING "#####.###,";SEVXY(3);
4080 PRINT#2, USING "#####.###,";SOMEGA(3);
4090 PRINT#2, USING "#####.###,";CMOFS(1,3,2);
4100 PRINT#2, USING "#####.###,";CMOFS(2,3,2);
4110 PRINT#2, USING "#####.###,";HS(3);
4120 PRINT#2, USING "#####.###,";RROCAL(3);
4130 PRINT#2, USING "#####.###,";RREMOT(3)
4140 RETURN
4150 PRINT#3, USING "##.###,";FRAMENUM;
4160 PRINT#3, USING "###.####,";STHE(4);
4170 PRINT#3, USING "#####.###,";SEGLN(4);
4180 PRINT#3, USING "#####.###,";R(4)^2;
4190 PRINT#3, USING "#####.###,";SEGV(1,4);
4200 PRINT#3, USING "#####.###,";SEGV(2,4);
4210 PRINT#3, USING "#####.###,";SEVXY(4);
4220 PRINT#3, USING "#####.###,";SOMEGA(4);
4230 PRINT#3, USING "#####.###,";CMOFS(1,4,2);
4240 PRINT#3, USING "#####.###,";CMOFS(2,4,2);
4250 PRINT#3, USING "#####.###,";HS(4);
4260 PRINT#3, USING "#####.###,";RROCAL(4);
4270 PRINT#3, USING "#####.###,";RREMOT(4)
4280 RETURN
4290 PRINT#2, USING "##.###,";FRAMENUM;
4300 PRINT#2, USING "###.####,";STHE(5);
4310 PRINT#2, USING "#####.###,";SEGLN(5);
4320 PRINT#2, USING "#####.###,";R(5)^2;
4330 PRINT#2, USING "#####.###,";SEGV(1,5);
4340 PRINT#2, USING "#####.###,";SEGV(2,5);
4350 PRINT#2, USING "#####.###,";SEVXY(5);
4360 PRINT#2, USING "#####.###,";SOMEGA(5);
4370 PRINT#2, USING "#####.###,";CMOFS(1,5,2);
4380 PRINT#2, USING "#####.###,";CMOFS(2,5,2);
4390 PRINT#2, USING "#####.###,";HS(5);
4400 PRINT#2, USING "#####.###,";RROCAL(5);
4410 PRINT#2, USING "#####.###,";RREMOT(5)
4420 RETURN
4430 PRINT#3, USING "##.###,";FRAMENUM;
4440 PRINT#3, USING "###.####,";STHE(6);
4450 PRINT#3, USING "#####.###,";SEGLN(6);
4460 PRINT#3, USING "#####.###,";R(6)^2;
4470 PRINT#3, USING "#####.###,";SEGV(1,6);
4480 PRINT#3, USING "#####.###,";SEGV(2,6);
4490 PRINT#3, USING "#####.###,";SEVXY(6);
4500 PRINT#3, USING "#####.###,";SOMEGA(6);
4510 PRINT#3, USING "#####.###,";CMOFS(1,6,2);
4520 PRINT#3, USING "#####.###,";CMOFS(2,6,2);
4530 PRINT#3, USING "#####.###,";HS(6);
4540 PRINT#3, USING "#####.###,";RROCAL(6);
4550 PRINT#3, USING "#####.###,";RREMOT(6)
4560 RETURN
4570 '---
4580 PRINT#2, USING "##.####,";FRAMENUM;
4590 PRINT#2, USING "#####.###,";X0;
4600 PRINT#2, USING "#####.###,";Y0;
4610 PRINT#2, USING "#####.###,";DIST;

```

```
5200 PRINT#3,"w(4)      ";
5210 PRINT#3,"CG(4)x   ";
5220 PRINT#3,"CG(4)y   ";
5230 PRINT#3,"Hs(4)    ";
5240 PRINT#3,"Local(4) ";
5250 PRINT#3,"Remote(4) ":PRINT#3,""
5260 RETURN
5270 PRINT#2,"Time     ";
5280 PRINT#2,"5)      ";
5290 PRINT#2,"L(5)     ";
5300 PRINT#2,"r^2(5)   ";
5310 PRINT#2,"V(5)x    ";
5320 PRINT#2,"V(5)y    ";
5330 PRINT#2,"mag.      ";
5340 PRINT#2,"w(5)     ";
5350 PRINT#2,"CG(5)x   ";
5360 PRINT#2,"CG(5)y   ";
5370 PRINT#2,"Hs(5)    ";
```

