



한국운동역학회지, 2003, 제13권 3호, pp. 47-65  
Korean Journal of Sport Biomechanics  
2003, Vol. 13, No. 3, pp. 47-65

## 도마 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기의 운동학적 분석

여홍철\*(경희대학교) · 윤희중 · 류지선\*\*(한국체육대학교) · 정철정(성균관대학교)

### ABSTRACT

#### The Kinematic Analysis of the Hand spring forward and Salto forward straight with 3/2 Turn on the Vault

Yeo Hong-Chul\* · Yoon Hee-Joong\*\* · Ryu Ji-seon\*\* · Jung Chul-Jung  
(Kyung Hee University\* · Korea National sport University\*\* · Sungkyunkwan University)

H. C. YEO, H. J. YOON, J. S. RYU, C. J. JUNG. The Kinematic Analysis of the Hand spring forward and Salto forward straight with 3/2 Turn on the Vault. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol.13, No.3, pp 47-65, 2003. The purpose of this study was to investigate the differences of the kinematical and the kinetical factors that calculated from preflight to postflight of salto forward straight 3/2 turn motion between skillers and less-skillers. Four S-VHS video cameras operating at 60Hz were used to record the performances. Five elite male gymnasts were participated in this study as subjects. three-dimensional coordinates of 20 body landmarks during each trial were

---

2003년 10월 22일(수) 접수

\* Corresponding Author, 449-701, 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지 경희대학교 체육대학  
연락처 : 528yeo@hanmail.net, Tel : 017-284-6526

\*\* 교수, 138-763, 서울시 송파구 방이동 88 한국체육대학교

\*\* 교수, 138-763, 서울시 송파구 방이동 88 한국체육대학교

collected using a Direct Linear Transformation method. The digitized body landmarks were smoothed using a Butterworth second order with low pass digital filter and a cutoff frequency of 10Hz.

1. A skiller, got a high score for performance, showed shorter time and faster horizontal velocity than a less-skiller at the board contact. also, a skiller extended quickly his knee and hip joint after contacting board for preflight phase.
2. A skiller revealed faster time and horizontal velocity the vault from taking off board than a less-skiller. A skiller took a long time and high distance to get the vertical peak compared with a less-skiller.
3. For the second phase, a skiller, who executes the most optimal motions among the subjects, displayed a long flight time, a high height, and a far flight distance as well as maintaining consistent horizontal speed even at the peak of post flight. On the other side, a less-scorer displayed a slow vertical velocity, distance and a short time at the point of take-off from vault as well as low height at the peak of post flight.

**KEY WORDS : SPRING, KINEMATICAL, VAULT**

## I. 서 론

체조경기에서 도마 종목은 단순한 하나의 장애물을 넘는데 그치는 것이 아니라 채점 규칙에 의거 무리 없이, 아름답게 기술동작을 표현하며 넘어야 하기 때문에 다양한 기술이 요구되고 있다. 도마 종목은 타 체조 종목에 비해 내용이 단조롭지만, 순간적인 판단력과 균형성, 순발력이 요구되는 종목이다. 도마 종목에 있어서 기술적 요소들은 시대적으로 많은 변화를 가져 왔으며, 또한 기구의 형태 및 속성이 발달함에 따라 고난이도의 기술들을 많은 선수들이 실시하고 있다. 시대적으로 기술의 변화를 살펴보면, 80년대 초반에는 옆 돌아 1/4 그리고 옆 돌아 3/4틀기(Tsukahara and Kasamatsu)의 기술을 많이 실시하였으나, 80년대 후반에는 도움 짚기의 기술로 변화하였으며, 90년대에 들어와서는 손 짚고 앞 공중돌기의 기술들을 많이 실시되었다. 2001년도부터 도마 기구 종목은 새로운 도마의 기구 구조 개량에 따라서 현재의 기술들은 도움 짚기 기술과 손 짚고 앞 공중돌기의 기술을 많이 실시하고 있는 추세이다. 도마 종목은 도움닫기, 발구름, 손 짚기, 공중자세, 착지의 다섯 동작으로 구분되며, 운동의 특성상 구분동작 연습이 불가능하므로 동작간에 서로 조화가 잘 이루어져야 한다. 특히 착지는 전체 동작을 마무리 해주는 역할을 하며 기술내용을 평가하는데 있어서 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. 도움닫기는 도약을 결정짓고 도약 능력은 공중동작을 실시하는데 직접적인 영향

을 미친다. 도움닫기에서 얻어진 속도는 그대로 발구름으로 연결시키고 발구름 직전의 스텝을 크게 하면 강한 발구름 즉, 큰 제동력을 얻게 되어 높게 뛰어 오를 수 있다. 도마의 손 짚기는 높은 도약을 하기 위해서 매우 중요하기 때문에 제2의 구름으로 볼 수 있다. 제2비약 높이와 체공시간은 다양한 기술을 실시할 수 있으며, 높이에 따라 신기술이 가능하다. 도마 종목에 대한 국내외 선행 연구들을 살펴보면, 일반적으로 도움닫기, 발구름 제1비약, 도마접촉, 제2비약, 착지 등의 국면으로 구성되어 거리변인, 속도변인, 각도변인, 수직력, 수평력의 변인들이 많은 연구자들에 의해 규명되어 왔다 (이대형, 이용인, 최대우, 1987; Kwon, Fortney, Shin, 1990; Elliott, Mitchell, 1991; 박광동, 1993; 김삼국, 박영진, 1994; 윤희중, 류지선, 박종훈, 1996; 신갑호, 박종훈, 1997; 박종훈, 1999; 김진수, 여홍철, 1999; 류지선, 박종훈, 한윤수, 2000; 윤희중, 여홍철, 김태삼, 2001). 이 선행 연구자들의 결과는 구름판 접촉과 이륙시 빠른 수평속도와 수직속도를 유지하며 강한 블로킹과 도마 이륙시 수직속도가 제2비약의 체공 거리와 시간에 직접적인 관련이 있다고 하였고, 또한 고관절과 슬관절의 적절한 굴신 운동으로 전방 수직력에 의한 탄성을 효율적인 수직성분으로 바꾸어 구름판을 터치하는 것이 회전계 도마종목에서 제2비약 국면과 착지국면의 성공여부를 결정한다고 하였다. 한편 Takei(1992) 연구에서 salto forward 동안 Full tuck position 중심의 높이를 결정하는 요소 중에서 도약부터 공중의 peak까지 무게중심에서 일어나는 수직 변인은 peak에서 Full tuck까지의 무게중심의 떨어짐과 도마로부터 도약시 무게중심의 높이보다 매우 중요하다고 보고하였다. 박광동(1993)은 회전계 도마운동은 도움닫기에서의 이미 보존하였던 수평성분을 유지하면서 고관절과 슬관절의 적절한 굴신 운동으로 전방 수직력에 의한 탄성을 효율적인 수직성분으로 바꾸어 구름판을 터치하는 것이 구름판 이륙 시의 가속도와 도마접촉시의 각도에 큰 영향을 미쳐 회전계 도마운동에서 제2비약 국면의 성공여부를 결정하는 것으로 보인다고 하였다. 김진수, 여홍철(1999)은 구름판 발구름과 수평속도, 수직속도가 빠른 시간에 이루어지면 그에 따른 제2비약에서 정점 높이가 크게 나타났다고 하였다. 김진수, 정진수(2000)는 발구름 시 고관절각과 발구름 지지각의 각변위가 커지면 구름판 이륙시 수평속도를 빠르게 만들고 이와 같은 결과는 제1비약시 신체중심의 높이가 낮아지고, 소요시간이 짧아지므로 도마 이륙시 도마 접촉 지지각이 수직에 가깝게 되는데 큰 영향을 미친다고 하였다. 류지선, 박종훈, 한윤수(2001)은 발구름시 우수한 동작일수록 신체가속도와 이륙속도를 빠르게 하여 제1비약의 체공시간과 이동거리를 짧게 만드는 것으로 나타났으며, 이는 도마에 빠르게 접촉할 수 있는 원인을 제공한다고 하였다. 윤희중, 여홍철, 김태삼(2001)은 도마 접촉시간에 있어서 짧은 시간은 추진력을 크게 하여 수평거리와 최대 높이를 크게 하여 원활한 공중동작을 취할 수 있다고 하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 도마의 경기력 향상을 위한 연구는 다양하게 이루어지고 있으나, 모든 연구들이 도마 기구의 구조 변경 전에 이루어진 연구로 최근 구조 변경된 도마 운동에 연구 결과를 적용하기에는 문제점이 있다할 수 있다. 따라서 새로운 기구에서 운동수행을 분석할 필요가 요구된다.

이에 이 연구는 최근 구조가 변경된 도마 기구를 이용해 도마 손 짚고 앞 공중 돌아 540도 비틀기 동작의 특징을 운동학적으로 규명했다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

이 연구의 대상자는 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기 동작을 수행할 수 있는 남자 국가대표 및 실업선수를 선정하였고, 5번의 수행동작 중에서 3명의 남자 국제심판이 채점규칙(국제체조연맹, 2001)을 근거로 채점한 최고의 기술동작을 선정하여 분석하였다.

표 1. 피험자들의 신체적 특성

피험자	신장(cm)	체중(kg)	경력(yr)	나이(yr)	득점
S1	165	63	22	32	9.45
S2	170	62	18	29	9.15
S3	162	57	17	27	9.3
S4	160	59	14	23	9.2
S5	160	58	14	24	9.0
M	163.4	59.8	17	27	9.22
SD	4.63	2.88	3.60	4.09	0.31

### 2. 실험장비 및 촬영장비

이 연구의 사용된 실험장비와 촬영장비는 <표 2>과 같다.

표 2. 실험 장비 및 분석장비

	기기명	제품명	제작사
촬영장비	비디오 카메라 4대	D-5100	Panasonic
	시간코드발생기	Horita SR-50	V-TEC
	Video tape	S-VHS	SKC
분석장비	VCR	AG-7350	Panasonic
	Movitor	PVM-1942Q	Sory
	비디오 분석 프로그램	Kwon3D Ver2.1	V-TEC
	Computer	486-DX	LG

### 3. 실험 절차

이 연구는 도마 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기 동작을 촬영하기 위해 4대의 Panasonic D-5100 비디오카메라는 도마 중앙으로부터 좌, 우측 20m 떨어진 지점에 삼각대로 고정시킨 다음 카메라의 필드 안에 전체동작과 통제점들, 램프 인디케이터, 모두 들어올 수 있도록 카메라의 렌즈를 조절 하였으며, 이때 촬영은 30frames/sec 이다. 그 후 실 공간 좌표를 설정하기 위해 대상자의 전체 동작이 잘 관찰될 수 있도록 공간에 통제점 틀은 높이 3m, 길이 3m, 폭 1m로 설치하였다. 모든 준비가 끝난 후 통제점을 약 3분간 촬영한 다음 이를 제거한 후 실험을 실시하였다. 실험에 들어가기 전에 각 피험자들에게 인체 각 관절 경계점에 가로, 세로 2cm의 형광색 랜드마크(landmark)를 부착한 후 도마 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기 동작을 충분히 연습한 후에 실제 동작을 촬영하였다.

### 4. 자료처리방법

이 연구의 영상분석 자료처리는 KWON3D 2.1프로그램(1994)을 이용한 하였으며, 좌표화에서는 통제 점들에 있는 38개의 통제점을 5번 반복하여 디지털이징하여 그 평균값을 사용함으로써 디지털이징시 발생할 수 있는 오차를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 이 과정에서 실 공간 좌표계의 기준점은 기준척의 1번 막대의 맨 아래 점을 설정하였으며, 좌표축 설정은 좌우 방향을 X축, 전후 방향을 Y축, 상하 방향을 Z축으로 설정하였다. 신체관절 중심점의 좌표화에서는 신체를 총 21개의 관절점을 가진 14개의 분절로 연결된 강체 시스템(linked rigid body system)으로 정의하였다. 이러한 분절의 무게 중심점과 신체중심 위치의 산출은 Plagenhoef(1983)의 신체 분절지수(body segment parameter)자료를 사용하였다. 디지털이징(digitizing)하여 얻은 2차원 좌표를 이용하여 3차원 좌표를 얻기 위해서 DLT(Direct Linear Transformation : Abdel-Aziz, & Kararah, 1971)방법을 사용하였다. 4대의 비디오카메라에서 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용하여 0.02초 간격으로 보간(interpolation)하여 동조를 시켰다. 이 때 램프 인디케이터에 불빛이 들어오는 프레임을 이벤트로 하여 동조시키는 방법을 사용하였다. 3차원 좌표에 포함되는 디지털이징 오차와 기자재 자체에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위하여 Butterworth의 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 사용하여 스무딩(smoothing)하였으며, 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 10Hz로 설정하였다.

#### 1) 용어 및 각도 정의

- (1) 발구름(board contact) : 발이 구름판에 접촉하고 있는 구간.
- (2) 제1비약(preflight) : 구름판 이륙 시부터 도마 접촉 순간까지의 구간.
- (3) 도마접촉(vault contact) : 손이 도마에 접촉하고 있는 구간.

- (4) 제2비약(post flight) : 도마 이륙시부터 발이 매트에 접촉하는 순간까지의 공중 회전운동 구간.
- (5) 구름판 접촉(board touchdown, BTD) : 구름판에 발이 접촉하는 순간.
- (6) 구름판 이륙(board takeoff, BTO) : 구름판에서 이륙하는 순간.
- (7) 도마 접촉(vault touchdown, VTD) : 도마에 손이 접촉하는 순간.
- (8) 도마 이륙(vault takeoff, VTO) : 도마에서 이륙하는 순간.
- (9) 체공높이(peak) : 제 2비약의 공중동작 중 신체중심이 최고 높이가 되는 순간.
- (10) 착지(landing, LD) : 발이 매트에 접촉하는 착지 순간.
- (11) 슬관절각( $\theta_1$ ) : 하퇴와 대퇴가 이루는 각도.
- (12) 고관절각( $\theta_2$ ) : 대퇴와 몸통이 이루는 각도.
- (13) 주관절각( $\theta_3$ ) : 전완과 상완이 이루는 각도.
- (14) 견관절각( $\theta_4$ ) : 고관절에서 어깨관절로 가는 벡터와 상완의 장축이 이루는 각도.

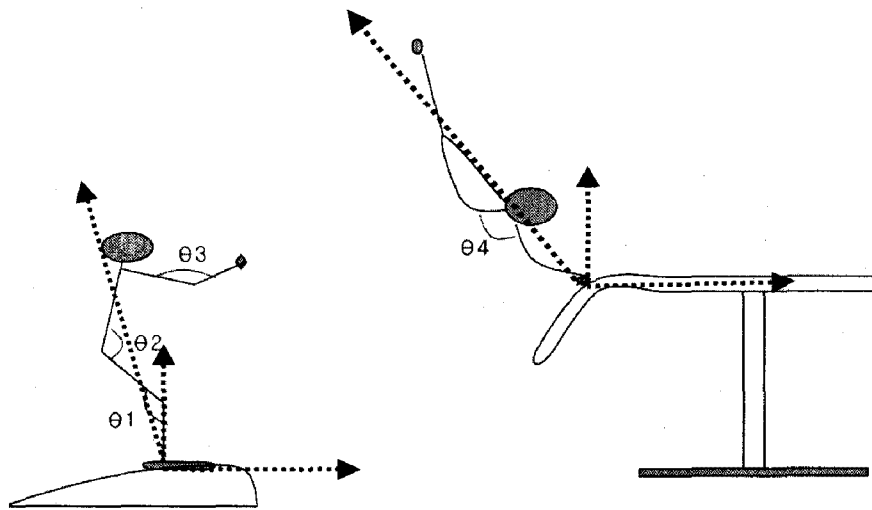


그림 1. 각관절의 각도정의.

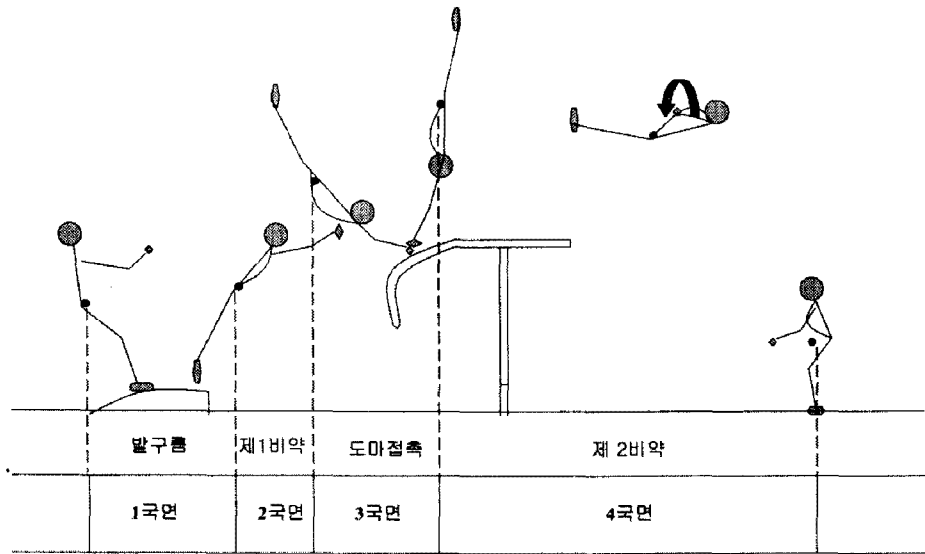


그림 2. 전체 동작의 국면구분.

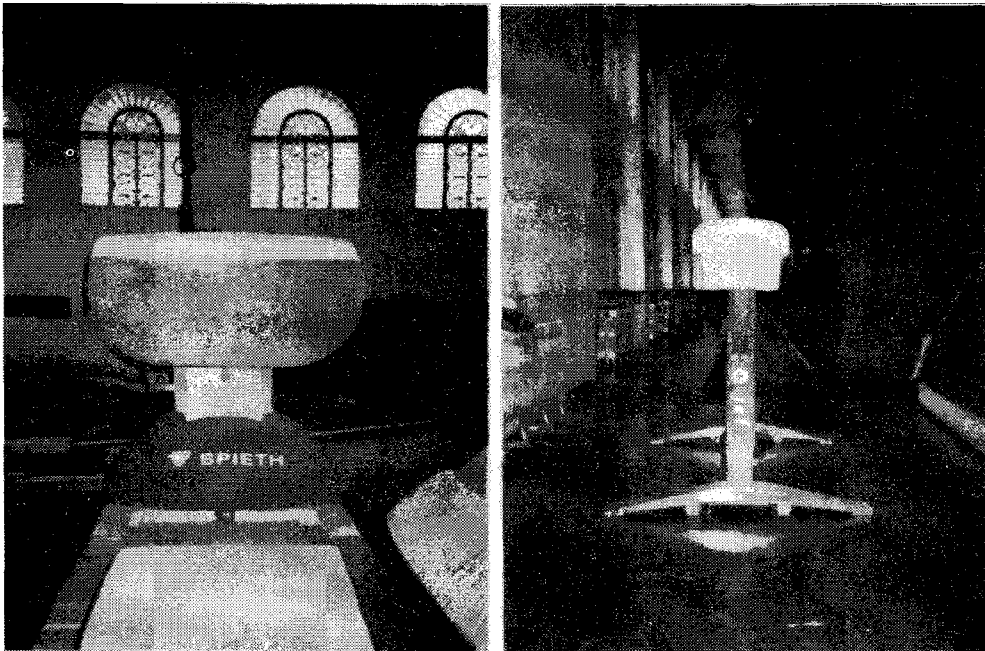


그림 3. 신형도마(좌)와 구형도마(우)의 전면모양.

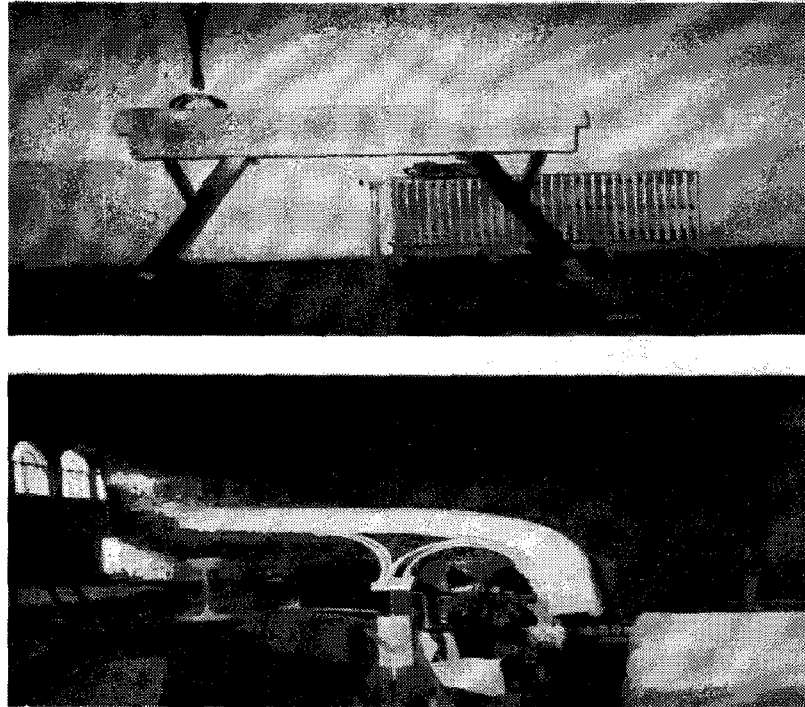


그림 4. 신형도마(하)와 구형도마(상)의 측면모양.

### Ⅲ. 결과 및 논의

이 연구의 목적은 도마기구의 구조변경으로 인하여 변경 후 도마 손 쥐고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기 동작을 3차원 영상 분석하여 구름판 접촉에서 도마 이륙까지 제1국면과 제2국면 그리고 제3국면의 도약 단계별 신체중심의 수평, 수직위치와 수평, 수직, 합성속도 그리고 각 단계별 각도요인을 분석한 결과 다음과 같다.

#### 1. 각 단계별 신체중심의 위치

##### 1) 각 단계별 신체중심의 수평위치

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 신체중심의 수평위치 변화를 나타낸 것은 <표 3>과 같다.

이와 신체중심의 수평위치는 구름판 이륙시 저득점자 S5의 피험자는 신체중심 위치가 짧은 반면 고득점자 S1은 긴 위치를 차지하고 있으며, 도마 접촉시 신체중심 위치 S2가 가장 많은 거리를 나타냈고, S3이 가장 가까운 위치를 차지하였으며, 도마 이륙시 S1, S2가 비슷한 반면 S3, S4, S5가 낮은



수평위치가 나타났으며, 착지시 고득점자 S1이 가장 먼 위치를 나타낸 반면 저득점자 S4는 가까운 위치를 나타냈다.

표 3. 각 단계별 신체중심의 수평위치 (단위 : cm)

Subject \ Phase	BTO	VTD	VTO	Peak	LD
S1	65.7	137.7	212.3	370.2	661.7
S2	62.4	162.1	228.4	350.4	587.4
S3	58.5	117.1	187.6	308.4	499.4
S4	54.1	107.4	174.1	294.4	486.2
S5	61.3	128.1	194.8	305.8	525
M	60.4	130.48	199.44	325.84	551.94
SD	4.36	21.03	21.12	32.73	72.65

BTO=board touchdown; BTO=board takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.  
DL=landing

박광동(1993)은 숙련군과 미숙련군으로 나누어 손 짚고 앞 공중돌기 동작 기술을 역학적 분석 한 결과 제1비약의 신체중심의 수평 변위는 숙련군이 1.41m이고, 미숙련군은 1.54m로 나타났다.

Dillman(1985)은 1984년 L.A 올림픽 결승 경기에 출전한 선수를 대상으로 분석한 결과 제1비약 수평 변위는 1.54m이고, 김진수, 정진수(2000)는 국가대표 선수 3명을 대상으로 쿠에르보 동작을 분석한 결과 도마 접촉까지의 수평 변위는 1.86m이며, 제2비약 peak시에는 평균 3.59m로 나타났다. 이러한 연구 결과는 제1비약 신체중심의 수평 변위는 전체적으로 선행연구 결과보다 짧은 것으로 나타나 빠른 도마 접촉은 제2비약의 체공 높이에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

## 2) 각 단계별 신체중심의 수직위치

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 신체중심의 수직위치 변화를 나타낸 것은 <표 4>와 같다.

구름판 접촉과 이륙시 피험자 모두 비슷하게 나타난 반면 도마 접촉시 S2가 높은 수직 위치를 나타내 있으며, 제2비약의 수직 위치는 고득점자 S1이 매우 높은 위치를 나타냈다. Takei(1988)은 손 짚고 앞 공중돌기 기술의 연구결과는 제1비약시 신체중심의 수직 높이는 140cm이고, 제2비약 체공 높이는 239cm로 나타났고, 김진수, 여홍철(1999)은 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기 동작을 분석한 결과 제1비약시 123cm, 제2비약시 274.5cm 나타나 이 연구의 결과 보다 제1비약은 평균 10cm 정도가 낮은 반면 제2비약의 peak시 14cm정도 높은 위치를 나타냈다.

표 4. 각 단계별 신체중심의 수직위치

(단위 : cm)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	99.	122.5	175.3	230.8	311.1
S2	98.6	115.7	182.8	236.7	299.7
S3	95.7	112.7	159.9	222.4	304.9
S4	94.4	112.7	166.1	235.7	290.8
S5	95.4	117.7	175.6	229.8	284.9
M	96.74	116.26	171.94	231.08	298.24
SD	2.24	4.08	8.97	5.70	10.52

BTD=board touchdown; BTO=board takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

구름판 이륙, 도마접촉, 도마이륙 국면의 수직 변위는 선행 연구결과보다는 평균적으로 구름판 이륙시 신체중심 수직 변위는 낮고 제2비약 peak시 높은 위치를 나타냈다. 따라서 도마를 접촉하는 위치가 낮고 빠른 blocking이 이루어지면 제2비약에 영향을 주는 것으로 생각된다.

## 2. 각 단계별 신체중심의 속도

### 1) 각 단계별 신체중심 수평속도

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 신체중심 수평속도 변화를 나타낸 것은 <표 5>와 같다.

표 5. 각 단계별 신체중심의 수평속도

(단위 : m/s)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	8.32	4.53	6.19	3.39	4.47
S2	8.09	5.36	5.45	3.09	3.73
S3	7.85	5.00	5.47	2.48	2.69
S4	7.68	4.16	4.34	2.69	3.50
S5	7.53	4.26	4.88	2.94	3.29
M	7.89	4.66	5.27	2.92	3.54
SD	0.32	0.51	0.70	0.35	0.65

BTD=board touchdown; BTO=board takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

고득점자 S1이 구름판 접촉시 빠른 수평속도를 나타냈고, 저득점자 S5가 느린 수평속도로 나타났으며, 도마 접촉시에도 고득점자 S1 빠른 수평속도를 보인 반면, 저득점자 S5는 느린 수평속도로 나타났다.

이러한 연구결과는 Takei(1989), 박광동(1993), 박종훈(2001)등의 연구와 구름판 접촉과 이륙시 비슷한 결과를 보인 반면 도마 접촉시 Takei 5.19m/s, 박광동 2.92m/s, 박종훈 3.96m/s로 이 연구 결과가 빠른 수평속도를 유지하는 것으로 나타났으며, Takei 보다는 평균 0.12m/s, 박광동 보다는 평균 2.35m/s, 박종훈 보다는 평균 1.33m/s가 빠른 수평속도가 나타났다.

이러한 연구 결과는 현재 도마의 기구가 빠른 접촉이 가능하게 제작되어 도마 접촉시 선행연구보다 빠른 수평속도를 나타낸 것으로 생각된다. 특히 고득점자 S1은 다른 피험자들 보다 구름판 접촉과 도마 접촉시 빠른 수평속도의 결과로 수직높이도 영향을 주는 것으로 나타나 제1비약의 속도 증가가 도마 이륙시 수직 상승할 수 있는 역할을 주었다고 생각된다.

## 2) 각 단계별 신체중심 수직속도

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 신체중심 수직속도 변화를 나타낸 것은 <표 6>과 같다.

구름판 이륙시 신체중심 수직 속도는 저득점자 S5가 빠른 수직상승 속도를 보였으며, 도마 접촉시 S1, S2, S3, S4가 비슷한 반면, 저득점자 S5가 느린 수직속도를 나타냈고, 도마 이륙시 고득점자 S1이 빠른 수직속도를 나타낸 반면 저득점자 S5가 느린 수직속도를 나타냈다. 구름판 이륙시 빠른 수직상승은 도마 접촉시 느린 블로킹이 이어져 도마 이륙시 수직속도를 저해하는 요인으로 작용되며, 제2비약 체공높이에도 영향을 줄 수 있다고 생각된다.

이러한 결과 보고에 의하면 Takei(1992), 김상국, 박영진(1994), 김진수, 여홍철(1999)의 도마 이륙시 수직속도는 Takei는 2.98m/s이고, 김상국, 박영진이 연구한 쿠에르보 동작은 3.49m/s, 로운 동작은 3.51m/s로 나타났으며, 김진수, 여홍철의 연구 결과 도마 이륙시 수직 속도는 3.10m/s로 나타났다. 이 연구 결과는 김상국, 박영진의 연구 결과보다 낮은 반면 다른 선행 연구보다는 빠른 수직속도를 보이고 있었다.

고득점자 S1은 도마 접촉과 이륙시 빠른 수직속도를 보여 제2비약시 체공높이를 증가시키는 것으로 나타나 도마 접촉에서 강한 블로킹은 수평속도를 감속시키고 수직속도를 높여주는 것으로 생각된다. 따라서 도마 이륙시 빠른 수직속도는 제2비약의 높이를 증가시켜 공중동작에서 완벽한 기술과 안정적인 착지준비를 할 수 있도록 도와주는 효과가 있다고 생각된다.

표 6. 각 단계별 신체중심의 수직속도

(단위 : m/s)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	-42	4.19	3.43	3.87	-12
S2	-32	3.77	3.18	3.21	-7
S3	-60	3.97	3.58	3.90	-6
S4	-31	3.94	3.76	3.24	-44
S5	-69	4.46	2.99	3.14	-2
M	-47	4.07	3.39	3.47	-2
SD	0.17	0.27	0.31	0.38	0.17

BTD=board touchdown; BTO=board, takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

## 3) 각 단계별 합성속도

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 신체중심 합성속도 변화를 나타낸 것은 <표 7>과 같다. 신체중심의 합성속도를 살펴보면, 구름판 접촉시 피험자들 중 고득점자 S1이 가장 빠르게 이동하였고, 저득점자 S5가 가장 느리게 나타났으며, 도마 접촉에서도 고득점 S1이 빠른 반면, 저득점자 S5가 낮은 합성속도를 나타냈다. 또한 S1은 도마 이륙시에서 제2비약 채공높이까지의 합성속도가 전체 피험자보다 빠르게 나타났다.

이러한 연구 결과는 박광동(1993), 박종훈(2001), 김진수, 정진수(2000)의 선행 연구 결과 보다 구름판 접촉시부터 제2비약의 peak시까지 합성속도가 전체적으로 빠르게 나타났고, 특히 구름판 접촉시부터 도마 접촉시까지의 약 1.5배정도가 빠르게 나타났다.

표 7. 각 단계별 신체중심의 합성속도

(단위 : m/s)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	8.33	6.17	7.08	5.15	4.48
S2	8.10	6.55	6.31	4.46	3.74
S3	7.87	6.38	6.53	4.62	2.70
S4	7.69	5.73	5.74	4.22	3.53
S5	7.56	6.17	5.73	4.31	3.29
M	7.91	6.20	6.28	4.55	3.55
SD	0.31	0.31	0.57	0.37	0.65

BTD=board touchdown; BTO=board, takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

따라서 도마기구 구조 변경에 따른 합성속도에서도 영향을 주는 것으로 생각되며, 구름판 이륙에서 도마 접촉까지 저득점자 S5는 합성속도가 줄어든 반면 고득점자 S1은 속도가 증가되는 것으로 나타났으며 고득점자 S1이 합성속도가 증가되는 것은 구름판 이륙에서 도마 접촉까지 수평속도에만 의존하기보다는 수직속도와 함께 증가시켜야 한다고 생각된다. 제2비약 수직높이는 고득점자 S1이 311cm로 나타나 가장 높은 위치를 나타냈으며, 특히 S1은 제1비약시 수평과 수직속도가 빠르게 나타나 제2비약 peak시에 수직속도만 증가시키는 것보다는 수평속도를 유지하는 것이 이상적인 것으로 생각된다.

### 3. 각도 요인

#### 1) 각 단계별 고관절각

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 대퇴와 동체의 상대각으로 정의된 고관절각의 각 단계별 각도변화를 나타낸 것은 <표 8>와 같다.

고관절 각도를 살펴보면, 구름판 접촉시 피험자들 간에 고관절각은 큰 차이가 없으며, 구름판 이륙시 고득점자 S1과 저득점자 S5간에 약 30°정도의 차이를 보였으며, 도마 접촉시 S2, S4간에 약 36°에 큰 차이를 나타냈으며, 제2비약의 고관절각은 저득점자 S5가 가장 큰 각을 나타냈다. Takei(1990), 박광동(1993)등 고관절각은 구름판 접촉시 38°의 차이를 보였고, 구름판 이륙시 30°의 차이가 나타났으며, 도마 접촉과 이륙에서는 비슷한 각도가 나타났다.

표 8. 각 단계별 고관절각

(단위 : deg)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	105.4	152.2	147.1	166.3	165.6
S2	104.4	145.9	132.2	161.1	148.4
S3	107.9	149.5	157.7	147	169.4
S4	109.4	136.6	168.1	158.5	161
S5	100.9	115.3	159.7	164.7	170.2
M	105.58	139.90	152.96	159.52	162.92
SD	3.26	14.96	13.81	7.63	8.90

BTD=board touchdown; BTO=board takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

구름판 이륙시 선행 연구와 고관절 각도가 다소 차이를 나타낸 것은 도마기구의 구조 변경 후 실

질적으로 선수들이 도마에 접촉할 때 위치가 다르기 때문으로 생각된다. 고득점자 S1은 구름판 이륙시 고관절각이 크게 나타난 것은 구름판 접촉에서 구름판 이륙시까지 고관절각이 신체중심의 수평속도와 수직속도에 영향을 줄 수 있다고 생각된다. 또한 다른 피험자들 보다 구름판 접촉시까지는 수평속도를 빠르게 진행되지만 구름판 이륙시 수평속도를 감속시키고 수직속도를 높여 줌에 따라 도마 접촉시 다리를 짧게 빨리 차올린 결과로 제2비약시 회전운동을 증가시켜 여유 있는 공중동작을 수행하는 것으로 나타났다. 저득점자 S5의 경우에는 구름판 이륙시 고관절 각도가 접혀있는 형태를 보이고 있어 구름판 이륙시 수평속도를 감속시키지 못하고 신체가 도마와 가까운 상태로서 강한 블로킹을 작용 할 수 없기 때문에 견관절각에 큰 영향을 주는 것으로 생각된다. 구름판 이륙시 고관절각이 너무 작을 경우 빠르게 수평속도가 진행되어 도마 접촉시 견관절각에도 직접적으로 영향을 줄 수가 있으며, 견관절각은 강한 블로킹을 하는데 장애를 받을 수 있기 때문에 고관절 각을 크게 하여 동작이 실시되어야 한다고 생각된다.

2) 각 단계별 슬관절각

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 대퇴와 하퇴의 상대각으로 정의된 슬관절각의 각 단계별 각도변화를 나타낸 것은 <표 9>과 같다.

구름판 이륙시 저득점자 S5는 다른 피험자들 보다 무릎이 굽혀있는 상태에서 이륙을 하는 것으로 나타났고, 도마 접촉시 고득점자 S1은 S4보다 약 35° 각을 보여 S1은 무릎관절이 다른 피험자들 보다 구부러져 있는 상태로 실시되었다. 특히 저득점자 S5는 구름판 이륙시 슬관절이 굽혀있는 것으로 나타났으며, 이는 체조 경기에서 감점이 적용될 뿐만 아니라 슬관절이 굽힌 상태로 구름판을 이륙하게 되면, 고관절에 영향을 줄 수 있다. 실제로 저득점자 S5는 구름판 이륙시 다른 피험자들보다 고관절각이 약 30°의 차이를 보이고 있었으며, 따라서 구름판 이륙시 무릎을 빨리 펴 줌으로써 도마 접촉시 빠른 신체속도를 유지할 수 있을 것으로 생각된다.

표 9. 각 단계별 슬관절각 (단위 : deg)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	149.9	172	136.9	166.9	169.6
S2	141.5	163.5	161.5	167.8	171.2
S3	160.4	172	170.4	170.1	170.8
S4	147.2	169.4	174.9	166.1	173
S5	144.9	155.2	165.2	175.5	166.1
M	148.78	166.42	161.78	169.28	170.14
SD	7.19	7.17	14.81	3.79	2.57

BTD=board touchdown; BTO=board takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

### 3) 각 단계별 주관절각

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 전완과 상완이 이루는 상대각으로 정의된 주관절각의 도마 접촉 국면의 각도 변화를 나타낸 것은 <표 10>와 같다.

표 10. 각 단계별 주관절각 (단위 : deg)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	153.3	162.9	153	167.1	70
S2	148.3	142.5	155.8	160.8	79.2
S3	117.2	139.8	151.7	151.8	83.5
S4	110.5	122.1	124.8	116	111.4
S5	109.3	175	142.5	162.6	117.3
M	127.72	148.46	145.56	151.66	92.28
SD	21.36	20.73	12.63	20.70	20.83

BTD=board touchdown; BTO=board takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

도마 접촉시 모든 피험자들은 팔이 굴곡되어 있는 형태를 가지고 있으며, S4는 다른 피험자들의 비해 상대적으로 많은 굴곡이 나타나 이는 도마를 블로킹을 할 때 주관절이 심하게 구부러져 있어 긴 시간 도마를 접촉하고 있는 것을 알 수 있다. 도마 접촉시 주관절이 완전히 펴 있는 상태로 도마를 접촉하게 되면 무게 충격을 흡수하지 못하고 주관절에 상해로 이어질 수가 있으며, 주관절각은 쪽 뻗어 있는 상태보다는 약간의 굴곡이 있는 블로킹이 좋은 동작으로 생각되지만, S4와 같이 도마를 접촉할 때 긴 시간은 수직속도 및 수직높이를 약화시켜 제2비약의 peak시 영향에 미칠 수가 있다. 따라서 주관절 각도는 발구름의 탄성력과 신체중심의 수평속도와 수직속도의 빠르기에 따라 달라질 수 있으며, 빠를수록 주관절 각도는 크게 실시하는 것이 제2비약에 높이와 긴 체공시간을 유지할 수 있다고 생각된다.

### 4) 각 단계별 전관절각

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 고관절에서 어깨관절로 가는 벡터와 상완의 장축이 이루는 상대각으로 정의된 전관절각의 도마 접촉 국면에 대한 각도 변화를 나타낸 것은 <표 11>과 같다.

표 11. 각 단계별 견관절각

(단위 : deg)

Subject \ Phase	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak
S1	105.5	130.8	116.2	151.8	23.7
S2	102.4	119.7	119.7	152	47.2
S3	88.3	119.7	114.3	141.7	47.2
S4	95.8	119.2	119	115.7	34.9
S5	97.3	148.7	127.6	152.3	42.5
M	97.86	127.62	119.36	142.70	32.86
SD	6.61	12.76	5.09	15.74	12.86

BTD=board touchdown; BTO=board takeoff; VTD=vault touchdown; VTO=vault takeoff.

주관절각과 견관절각의 각도유지는 도마 접촉시 blocking이 제2비약에 영향을 미치기 때문에 완전한 blocking을 하기 위해서는 빠른 수평속도를 유지하면서 진행방향인 앞으로 밀리지 않게 주관절각과 견관절각을 유지하는 것이 중요하다. 도마 접촉시 견관절각을 보면 피험자들간에 다소 차이 있지만 평균적으로 119°의 각도를 보이고 있었다. 박광동(1993), 김상국, 박영진(1994), 김진수, 여홍철(1999)의 보고에 의하면 박광동(1993)은 숙련군과 미숙련군의 견관절의 경우 평균 135°~133°, 김상국, 박영진(1994)은 피험자 A와 B 경우 135°~144°, 김진수, 여홍철 평균 136°의 각도를 나타냈다.

이러한 연구의 결과를 보면 견관절각도에서 선행연구 보다 적은 각도를 유지하는 것으로 나타났으며, 이런 결과는 도마의 구조변경으로 인하여 선수들이 도마를 접촉하는 위치가 다르기 때문에 나타나는 결과로 생각된다. 또한 위에서 언급했듯이 고관절각이 견관절각에 영향을 줄 수 있으며, 특히 고관절각이 좁게 접혀 있으면 상체가 숙인 상태에서 구름판을 이륙하게 되어 수평속도를 감속시키지 못하고 도마 접촉시 진행방향으로 어깨가 밀리는 현상이 일어나며 제2비약 peak시 영향을 미칠 수 있다고 생각된다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구는 도마기구의 구조변경으로 인하여 변경 후 도마 손 짚고 몸 퍼 앞 공중 돌아 540도 비틀기 동작을 3차원 영상 분석하여 구름판 접촉에서 도마 이륙까지 제1국면과 제2국면 그리고 제3국면의 도약 단계별 신체중심의 수평, 수직위치와 수평, 수직속도 그리고 각 단계별 각도요인을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.



## 1. 결 론

- 1) 발구름 국면은 고득점자 S1경우 저득점자 S5의 비해 구름판 접촉시간을 짧게 하고 빠른 수평속도를 나타냈고, 구름판 접촉순간 고관절각과 슬관절각을 빠르게 신전시키는 것으로 나타났다.
- 2) 도마 접촉 국면은 고득점자 S1경우 저득점자 S5의 비해 도마 접촉시 시간은 짧게 하고 수직속도는 빠르게 증가했으며, 고관절각은 크게 하는 것으로 나타났다. 구름판 이륙시 빠른 신체속도와 신체각 속도는 도마 이륙시 수직 상승 속도를 증가시킬 수 있었던 원인으로 작용하여 고득점자 S1은 제2비약의 긴 시간과 가장 높은 위치를 나타냈다.
- 3) 제2비약 국면은 피험자들 중 이상적인 동작을 수행하는 고득점자 S1은 긴 시간과 체공 높이 그리고 넓은 비행거리를 나타냈으며, 제2비약 peak시에도 수평속도를 유지하는 것으로 나타났다. 반면 저득점자 S5는 도마 이륙시 낮은 수직속도와 짧은 거리, 시간을 나타냈으며, 제2비약의 peak시 낮은 체공높이를 나타냈다.

## 2. 제언

이 연구 결과를 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

- 1) 고난이도의 동작을 수행하기 위해서는 무엇보다도 제2비약시 체공 높이와 체공 시간이 절대적으로 필요하게 된다. 이를 위해서는 제1비약과 도마 접촉 소요시간을 짧게하고, 도마 이륙시 수평속도 보다 수직속도를 증가시켜야 한다. 또한 구름판 이륙시 고관절각이 너무 작을 경우 수평속도가 빠르게 진행되어 도마 접촉시 견관절각도와 주관절각도에도 영향을 줄 수 있다. 그러므로 완전한 블로킹이 이루어지기 위해서는 구름판 이륙시 고관절각도를 크게 실시하는 것이 제2비약 높이와 긴 체공시간을 유지할 수 있다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 김상국, 박영진(1994). 체조 쿠에르보와 쿠에르보 플턴 동작의 운동학적 분석. **한국체육학회지**, 제33권 제2호, 133-143.
- 김진수, 여홍철(1999). 남자 도마에서 손 짚고 앞 공중돌아 540도 비틀기의 운동학적 분석. **경희대학교 체육학 논문집**, 제27집, 329-340.
- 김진수, 정진수(2000). 도마 Cuervo 동작의 운동학적 분석. **경희대학교 체육학 논문집**, 제28집,

371-388

- 노영택, 윤양진, 황영성(1995). 跳馬 몸펴 Tsukahara 뛰기의 運動 力學的 分析. 부산대학교 사대 논문집, 제30권, 297-316.
- 대한체조협회(2001). 체점규칙. 대한체조협회
- 류지선, 박종훈, 한운수(2000). 도마 Cuervo 1회전 비틀기 동작의 역학적 분석. 제38권 한국체육학회 학술발표회 논문집, 642-650.
- 박광동(1993). 회전계 도마운동 발구름 동작의 역학적 분석. 한국체육학회지, 제34권, 제1호, 251-272.
- 박종훈(1999). 도마 손 짚고 옆 돌아 몸 굽혀 뒤 공중돌기 동작의 국면별 역학적 분석. 한국체육대학교 대학원 박사학위 논문.
- 박종훈(2001). 도마 손 짚고 옆 돌아 몸 펴 뒤 공중 돌며 2회전 비틀기 동작의 역학적 분석. 한국운동역학회지, 제11권, 2호, 287-305.
- 신갑호, 박종훈(1992). 도마 Tsukahara동작의 전환계 운동이 착지거리에 미치는 영향. 한국체육학회지, 제36권, 제1호, 318-325.
- 윤희중, 류지선, 박종훈(1996). 도마 전환계 동작의 운동학적 요인이 착지 거리에 미치는 영향. 제34권 한국체육학회 학술발표회 논문집, 623-629.
- 윤희중, 여홍철, 김태삼(2001). 도마 Yeo2동작에 대한 운동학적 요인 분석. 한국운동역학회 학술발표회 논문집, 79-89.
- 이대형, 이용인, 최대우(1987). 跳馬 Handspring動作의 力學的 分析. 충남대학교 체육과학연구지, 제5권, 제1호, 137-149.
- Dillman, C. J, Cheetham, J. & Smith, Sarah L. (1985). A Kinematic Analysis of Men's Olympic Long Horse vaulting. *Internatinal Journal of sport Biomechanics*, 1, 96-110.
- Elliott, B., & Mitchell, J. (1991). A Biomechanical Comparison of the Yurchenko vault and Two Associated teaching Drills. *Internatinal Journal of sport Biomechanics*, 7, 91-107.
- Hinrichs, R. N. (1987). Upper extremity funtion in running: II. Angular momentum considerations. *International Journal of sport Biomechanics*, 3, 242-263.
- Kwon, Y. H. (1994). KWON3D Motion analysis package version 2.1 User's Reference Manual. Anyang, Korea:V. TEK corporation.
- Kwon, Y. H., Fortney, Virginia L., & Shin, In-Sik. (1990). 3-D Analysis of Yurchenko vaults Performed by Female Gymnasts During the 1988 Seoul Olympic Games. *International Journal of sport Biomechanics*, 6, 157-175.
- McNitt-Gray, Jill L. (1991). Kinematics and Impulse Charateristics of Drop Landings From Three Heights. *International Journal of sport Biomechanics*, 7, 201-224.
- Plagenhoef, S.(1971). Patterns of human motion: A cinematographic analysis. Prentice-Hall,

Englewood Cliffs, New Jersey.

- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and sport* 54(2), 169-178.
- Takei, Y. (1988). techniques Used in Performing handspring and salto forward tucked in Gymnastic Vaulting *International Journal of sport Biomechanics*, 4, 260-281.
- Takei, Y. (1989). Techniques Used by Elite Male Gymnasts Performing a Handspring vault at the 1987 Pan American Games *International Journal of sport Biomechanics*, 5, 1-25.
- Takei, Y., & Kim, E. J. (1990). techniques Used in Performing the handspring and salto forward tucked vault at the 1988 Olympic Games *International Journal of sport Biomechanics*, 6, 111-138
- Takei, Y. (1991). A Comparison of techniques Used in Performing Men's Compulsory Gymnastic vault at the 1988 Olympic *International Journal of sport Biomechanics*, 7, 54-75.
- Takei, Y. (1992). blocking and Post flight techniques of Male Gymnastic Performing the Compulsory vault at the 1988 Olympic *International Journal of sport Biomechanics*, 8, 87-110.
- Takei, Y., Blucker, Erik P., Hudert Dunn, J., Myers, Scott A., & Fortney, Virginia L. (1996). A Three-Dimensional Analysis of the Men's Compulsory vault Performed at the 1992 Olympic Games *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 237-257.