



한국운동역학회지, 2004, 제14권 1호, pp. 13-26
Korean Journal of Sport Biomechanics
2004, Vol. 14, No. 1, pp. 13-26

도마 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기의 운동역학적 분석

여홍철* · 류재균**(경희대학교)

ABSTRACT

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

Yeo, hong-chul* · Ryu, Jae-Kyun**(Kyung Hee University)

H. C. YEO, J. K. RYU. The Mechanical Analysis of the Hand spring forward and Salto forward straight with 3/2 Turn on the Vault. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 1, pp. 13-26, 2004. 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 21 body landmarks during each trial were collected using a Direct Linear Transformation method. The raw 3-D coordinates of the 21 body landmarks were smoothed using a second order lowpass, recursive Butterworth digital filter and a cutoff

투 고 일 : 2004년 2월 27일 접수

심 사 일 : 2004년 3월 8일

심사완료일 : 2004년 4월 7일

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

** 교수, 449-701 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지 경희대학교 체육대학

frequency of 10Hz.

Load cells attached on the beneath of a board were used to attain the kinetic variables. It was found that the more angular momentum in the longitudinal axis, the less vertical velocity and these angular momentum effected the height of peak in the preflight. Also, it was revealed that the larger angular momentum in the medio-lateral axis was rather than it in the longitudinal axis to increase vertical height and rotation force of the body. For the reaction force of springboard, the vertical and the horizontal reaction force were 16.52BW and 3.45BW, respectively. It was found that the higher value of the vertical reaction force induced the faster vertical velocity and the higher angular momentum. of the whole body center of gravity.

KEY WORDS : KINETICAL, ANGULAR MOMENTUM, MOTION, FORWARD

I. 서 론

도마 종목의 기술은 전환운동과 회전운동으로 분류할 수 있으며, 채점 규칙에서는 이를 세분화하여 5가지 기술요소를 분류하고 있다. 분류된 기술 요소는 직접 뛰기(direct vaults), 비행 손짚기 전에 1/2 비틀기 동작이 있는 뛰기(vaults with 1/2 turn in the first flight phase), 손짚고 앞돌기 및 몸접어 돌아 뛰기(hand spring and Yamashita style), 옆돌아 1/4틀기 그리고 옆돌아 3/4틀기(vaults with 1/4 and 1/4 turn in the first style vaults), 도움짚기(round-off entry vaults)와 같이 다섯 가지로 구분된다(국제체조연맹 채점규칙집, 2001). 도마 종목에 있어서 기술적 요소들은 시대가 변천되면서 많은 발전을 가져 왔으며, 기구의 형태 및 속성이 변화함에 따라 고난이도의 기술들을 많은 선수들이 실시하고 있다. 도마 기술의 변화를 살펴보면, 80년대 초반에는 옆돌아 1/4 그리고 옆돌아 3/4틀기(Tsukahara and Kasamatsu)의 기술을 많이 실시하였으나, 80년대 후반에는 도움 짚기의 기술로 변화하였으며, 90년대에 들어와서는 손짚고 앞공중돌기의 기술들이 많이 실시되었다.

세계체조연맹은 2001년도부터 체조선수들의 부상방지와 기술향상을 위해 도마 기구 종목을 새롭게 변경하였다. 따라서 새로운 도마의 기구 구조 개량에 맞춰 현재의 기술들은 도움짚기 기술과 손짚고 앞공중돌기의 기술을 많이 실시하고 있는 추세이다. 특히 도마 손짚고 몸펴 앞공중돌아 540도 비틀기 기술은 1988년 서울올림픽대회에 신기술로 발표된 이후 세계체조선수들이 많이 실시하고 있는 기술이다.

도마 종목은 도움닫기, 발구름, 손짚기, 공중자세, 착지의 다섯 동작으로 구분되며, 운동의 특성상

구분동작 연습이 불가능하므로 동작간에 서로 조화가 잘 이루어져야 한다. 도움닫기는 도약을 결정 짓고 도약 능력은 공중동작을 실시하는데 직접적인 영향을 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 손짚기는 제2의 구름으로 고난이도 기술을 하기 위해서 매우 중요하다. 또한 제4국면 높이와 체공시간은 다양한 기술을 실시할 수 있으며, 높이에 따라 신기술이 가능하다. 도마 경기력 향상과 관련하여 구름판 및 도마 접촉시 신체중심속도와 지지시간 그리고 지면반력은 적지 않은 연구자들에 의해 규명되었다(Takei, 1988, 1989, 1991; Takei, Kim, 1990; 박광동, 1993; 노영진, 윤양진, 황영성, 1995; 박종훈, 1999, 2001). 이 선행 연구들의 공통적인 결과는 발구름의 수직 반력을 크게 하고 구름판 이륙속도와 신체 각속도를 빠르게 수행하면 신체를 높게 비행시키고 회전에 도움을 준다고 하였다.

도마 기술의 운동수행과 관련하여 신체 각운동량은 몇몇 연구자들(Takei, 1988, 1990; Kwon, Fortney, Shin, 1990)에 의해 규명되었다. 선행연구자들은 기술에 따라 각운동량이 변화한다고 하였고, 구름판 접촉부터 착지까지의 실제거리와 밀접한 관계가 있다고 하였다. 따라서 고난이도 기술과 비틀기 동작일수록 각운동량이 증가하는 것으로 나타났다.

이 연구의 목적은 변경된 도마를 이용하여 도마 손짚고 몸펴 앞공중돌아 540도 비틀기 동작을 3차원 영상 분석하여 구름판 접촉에서 도마 이륙까지 제1국면, 제2국면, 제3국면, 제4국면으로 나누어 도약 단계별 소요시간과 각운동량 및 구름판에 가해지는 반력의 특성을 운동학적 및 운동역학적으로 분석하는데 있다.

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.

피험자들의 특성은 <표 1>과 같다.

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. 실험 장비 및 방법

영상장비 및 구름판 반력을 측정하기 위한 측정 장비를 제조장에 설치하여 다음과 같은 계획에 의해 실험하였다. 국제 체조연맹의 도마 규격에 맞게 1.35m의 높이로 설치하고, 구름판 반력 측정을 위해 제작된 구조물 위에 구름판을 고정시켰으며, 도마 조주로는 구름판 반력 측정을 위해 구조물 높이와 같이 3cm 높이로 설치하였으며, 구름판의 반력 측정은 제작한 반력 측정기(한국 삼우기술)를 사용하였다. 반력 측정기는 구름판에서 발생한 F_x , F_y , F_z 각 각의 하중을 전기적 신호로 변환하는 로드셀(load cell)에 발생하는 신호를 증폭하는 amplifier, 증폭된 신호를 디지털 신호로 바꾸는 A/D 변환기, 그리고 변환된 데이터를 저장하고 분석하는 컴퓨터로 구성하였다. 4대의 비디오카메라는 도마 중앙으로부터 전, 후 및 좌, 우측 20m 떨어진 지점에 삼각대로 고정시킨 다음 카메라의 필드 안에 전체동작, 통제점틀, 램프 인디케이터, 모두 들어올 수 있도록 카메라의 렌즈를 조절하였으며, 이때 촬영은 30frames/s로 하였다.

실 공간 좌표를 설정하기 위해 대상자의 전체 동작이 잘 관찰될 수 있도록 공간에 통제점틀(높이 3m, 길이 8m, 폭 1m)로 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 손잡고 몸펴 앞공중돌아 540도 비틀기 동작을 충분히 연습한 후에 실제 동작을 촬영하였다. 구름판 반력 자료는 피험자가 구름판 발구름 전에 컴퓨터의 스페이스 바를 눌러 구름판 반력 자료를 받아들여 컴퓨터에 저장하였으며, 이 때 컴퓨터 스페이스 바를 누름과 동시에 램프 인디케이터에 불이 들어오도록 하여 이 신호를 기점으로 반력 자료와 영상자료를 동조시켰다.

3. 자료처리방법

이 연구는 도마 손짚고 몸퍼 앞공중돌아 540도 비틀기 동작을 촬영하기 위해 5번의 수행동작 중 최고의 기술동작을 선정하여 분석하였다. 영상분석 자료처리는 KWON3D 2.1프로그램(1994)을 이용하였으며, 구름판 반력은 제작한 반력 측정 프로그램을 이용하여 자료 처리하였다. 좌표화에서는 통제점들에 있는 38개의 통제점을 5번 반복하여 디지털라이징하였으며, 그 평균값을 사용함으로써 디지털라이징시 발생할 수 있는 오차를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 이 과정에서 실 공간 좌표계의 기준점은 통제점의 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. 분절의 무게 중심점과 신체중심 위치의 산출은 Plagenhoef(1983)의 신체 분절지수(body segment parameter) 자료를 사용하였다. 디지털라이징(digitizing)하여 얻은 2차원 좌표를 이용하여 3차원 좌표를 얻기 위해서 DLT(Direct Linear Transformation : Abdel-Aziz, & Kararah, 1971)방법을 사용하였다. 4대의 비디오 카메라에서 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용하여 0.02초 간격으로 보간(interpolation)하여 동조 시켰다.

3차원 좌표에 포함되는 디지털라이징 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.

반력측정은 구름판에 가해지는 수평 및 수직반력은 load cell 4개가 부착된 구조물을 구름판 밑면에 설치하여 측정하였고, 이들 각각의 구조물에서 나온 신호는 증폭기와 변환기가 내장되어 있는 컴퓨터를 통해서 각각 1초당 180회의 신호를 받아들여 컴퓨터에 저장하였다.

정확한 반력의 분석을 위해서 구름판 구조물의 Fz값(수직하중)은 20kg 분등을 500kg 까지 올려 중량을 Newton으로 환산하여 설정하였다. 또한 Fx값과 Fy값 (수평하중)은 이미 Newton 단위로 중량 조정된 load cell과 별도의 indicator, 그리고 특별히 제작된 지그를 이용, Fx와 Fy신호만 측정하여 indicator의 숫자와 컴퓨터의 숫자를 일치시켰다.

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) : 제2비약의 공중동작 중 신체중심이 최고 높이가 되는 순간.
- (10) 착지(landing, LD) : 발이 매트에 접촉하는 착지 순간.
- (11) 발구름시 신체각(θ_1) : 발의 중앙과 신체중심을 잇는 선이 Y축과 이루는 각도.
- (12) 도마 접촉시 신체각(θ_2) : 손의 중앙과 신체중심을 잇는 선이 Y축과 이루는 각도.

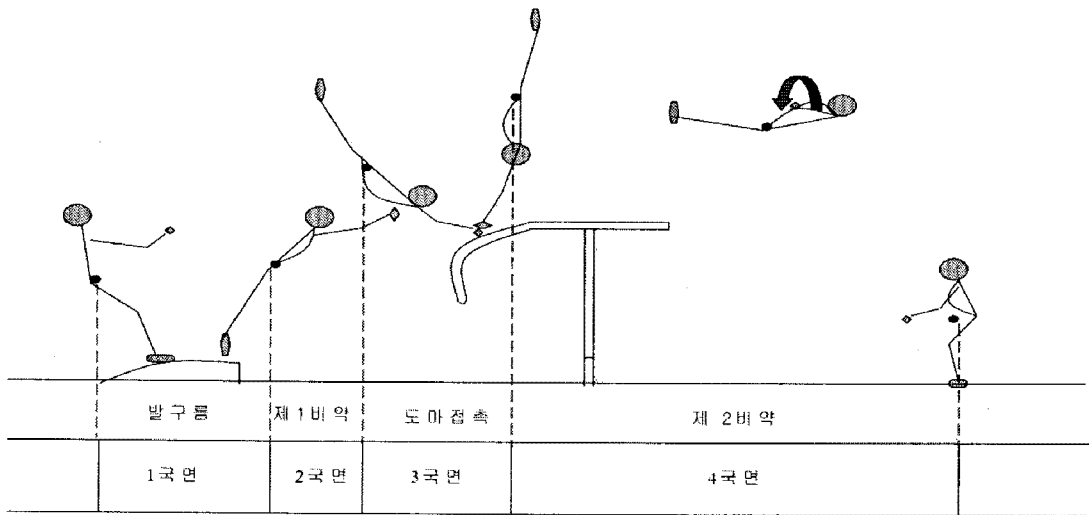


그림 1. 전체동작의 국면구분.

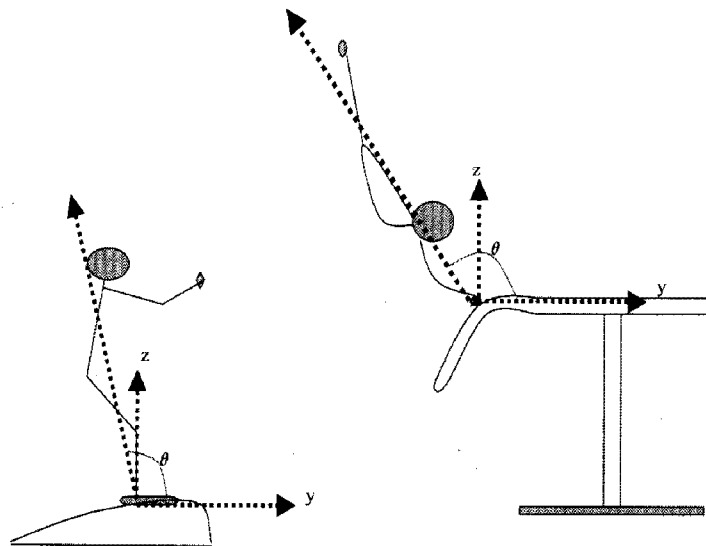


그림 2. 구름판 접촉 및 도마 접촉 신체각.

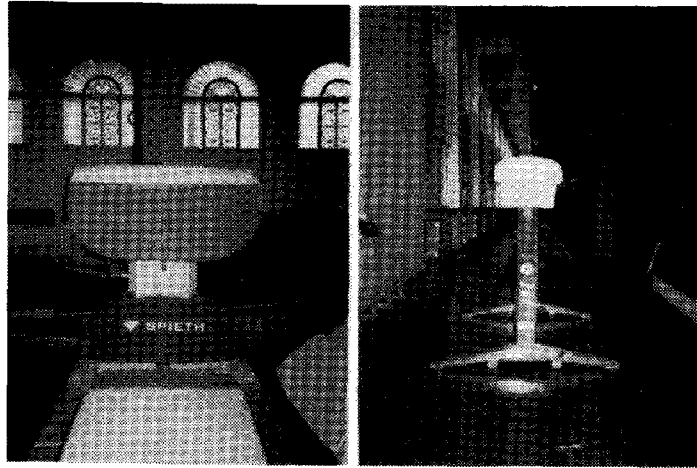


그림 3 신형도마(좌)와 구형도마(우)의 전면모양.

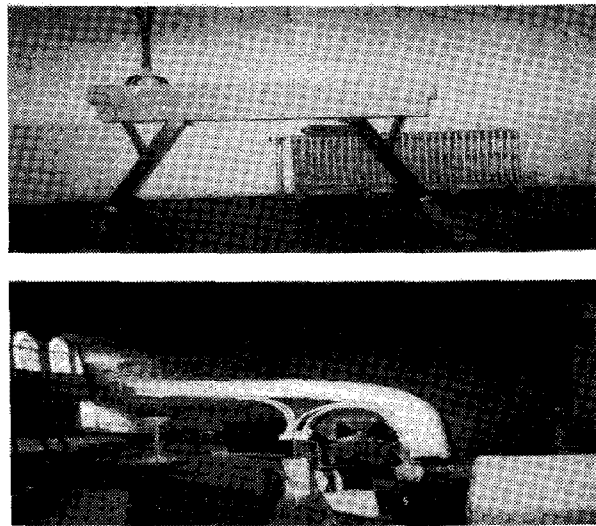


그림 4 신형도마(하)와 구형도마(상)의 측면모양.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 각 국면별 소요시간

피험자들이 동작을 실시하는 동안 각 국면별 신체중심의 소요시간은 <표 2>와 같다.

고득점자 S1과 저득점자 S5는 다른 피험자들 보다는 제1국면에서 긴 시간이 나타났다. 그러나 제 2국면에서 고득점자 S1은 짧은 시간을 보인 반면 저득점자 S5는 긴 시간이 나타났다.

표 2. 각 국면별 소요시간 (단위 : sec)

Subject	제1국면	제2국면	제3국면	제4국면	Total Time
S1	0.112	0.128	0.160	1.120	1.520
S2	0.096	0.176	0.160	1.040	1.472
S3	0.096	0.112	0.176	1.072	1.456
S4	0.096	0.128	0.192	0.992	1.408
S5	0.112	0.144	0.176	0.976	1.408
M	0.102	0.137	0.172	1.04	1.452
SD	0.01	0.02	0.01	0.06	0.05

제3국면에서 고득점자 S1은 짧은 시간을 보인 반면 저득점자 S5는 긴 시간이 나타났고, 도마 운동에서 결정적인 요인의 제4국면은 고득점자 S1은 비행시간이 길게 나타난 반면 저득점자 S5는 짧은 시간이 나타났다. 이러한 연구결과 도마 접촉 시간을 짧게 하는 동작이 제4국면에 도움을 주는 것으로 나타났다.

Takei(1991)가 보고한 손짚고 앞공중돌기 기술의 연구결과를 살펴보면, 서울 올림픽대회에 참가한 선수들에 제2국면 소요시간은 평균 0.15초이며, 제4국면은 평균 0.81초로 제시하였다. 김상국, 박영진(1994)은 국가대표선수 두 명을 대상으로 쿠에르보와 쿠에르보 홀턴 동작을 분석한 결과 제2국면의 소요시간은 평균 0.16초이며, 제4국면은 평균 0.99초로 나타났다.

이 연구 결과는 제2국면에서는 짧은 시간을 보였고, 제4국면은 소요시간이 길게 나타났다. 또한 제4국면에서 비행시간이 길게 나타낸 고득점자 S1은 다른 피험자들보다 제2국면과 제3국면에서 짧은 시간을 나타냈다. 따라서 이 연구는 선행 연구 결과보다 제2국면과 제3국면은 빠른 시간으로 나타났고, 제4국면에서는 긴 시간으로 나타났다. 이는 제2국면, 제3국면의 짧은 시간은 제4국면에서 도움을 주는 것으로 나타나 빠른 블로킹은 도마운동에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

2. 각 단계별 신체각

발구름 국면과 제1비약 국면의 신체각은 발의 중앙과 신체중심을 잇는 선이 Y축과 이루는 각과 도마 접촉 국면의 신체각은 손의 중앙과 신체중심을 잇는 선이 Y축과 이루는 각도이다.

각 피험자들의 동작을 실시하는 동안 각 단계별 신체각의 각도 변화를 나타낸 것은 <표 3>과 같고 이들의 변화 패턴을 나타낸 것은 <그림 5, 6>와 같다.

신체각을 살펴보면, 고득점자 S1은 다른 피험자들 보다 구름판 접촉에서 도마 이륙까지 가장 큰 신체각을 나타냈고, 고득점자에 속하는 S3의 경우 좁은 신체각을 나타내어 서로 상반된 각을 보이고 있었다. 이러한 결과 어떠한 신체각이 이상적인 동작이라 표현할 수 없지만 고득점자 S1의 경우 구름판 이륙시 신체를 쪽 뺀어 수직방향으로 다리를 빨리 차주는 동시에 블로킹이 이루어지는 것으로

나타났다.

선행 연구 결과에 의하면 김상국, 박영진(1994), 김진수, 여홍철(1999), 김진수, 정진수(2000), 구름 판 접촉과 이륙시 신체각은 비슷한 각도를 유지하고 있지만 도마 접촉시 신체각은 약 30°의 차이를 나타내고 있었다.

그 원인은 도마기구의 구조 변경으로 선수들이 실질적으로 도마를 접촉하는 높이의 위치가 낮아 신체가 빠른 움직임이 있기 때문이라고 생각된다.

표 3. 각 단계별 신체각 (단위 : deg)

Subject	BTD	BTO	VTD	VTO
S1	110.6	121.3	32.7	91.1
S2	105.4	117.6	31.8	80.3
S3	110.7	117.5	17.6	80.5
S4	109.3	108.6	21.2	84.4
S5	107.3	110.8	20.8	83.2
M	108.66	115.16	24.83	83.90
SD	2.28	5.27	6.93	4.39

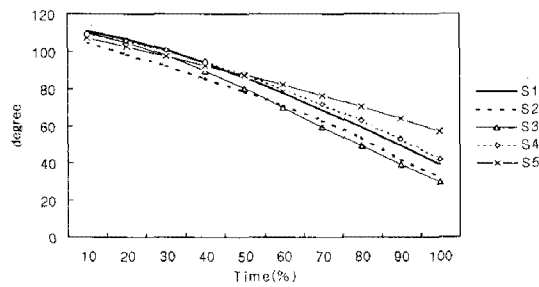


그림 5 발구름 국면의 신체각 변화.

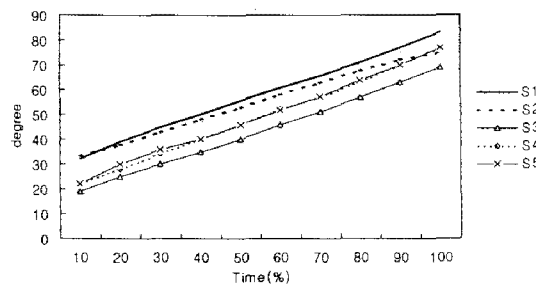


그림 6 도마접촉 국면의 신체각 변화.

3. 각 단계별 신체 각운동량

각 피험자들의 동작을 실시하는 동안 각 단계별 신체 좌·우축, 전·후축, 수직축 각운동량은 <표 4, 5, 6>와 같다.

좌·우축 각운동량을 살펴보면, 도마 이륙시 고득점자에 속하는 S3이 좌·우축으로 큰 각운동량을 나타내고 있지만 peak시 낮은 각운동량을 나타내고 있다. 도마 이륙시 저득점자 S2, S4, S5는 twisting으로 크게 나타났다. 이러한 결과는 성분의 각운동량의 제2비약시 Somersaulting 성분의 각운동량에 장애요인으로 작용하여 회전력을 감속하는 동작이라 할 수 있다. 고득점자 S1은 도마 이륙시 신체중심에 twisting 성분의 각운동량이 작게 보였지만 peak시에는 신체중심 Somersaulting 성분의 각운동량이 크게 나타났다. 전·후축 신체 각운동량은 Peak시 고득점자 S1의 경우 큰 각운동량을 나타내고 있지만, 저득점자 S2의 경우 낮은 각운동량을 나타내고 있다. 이는 Peak시 전·후축 신체 각운동량이 낮은 경우 신체중심 Somersaulting 성분의 회전력을 방해하여 매트 착지시 짧은 거리를 보이고 있었다. 제2비약시 수직높이와 회전력을 높이기 위해서는 도마 이륙시 twisting 성분의 각운동량 보다는 Somersaulting을 증가시켜야 한다.

Takei(1991)는 도마 손잡고 앞공중돌기 기술의 제1비약은 평균 $111\text{Kgm}^2/\text{s}$, 제2비약 평균 $64\text{Kgm}^2/\text{s}$ 로 보고하였고, Tsukahara 기술에서는 제1비약시 $50\text{Kgm}^2/\text{s}$, 제2비약시 $33\text{Kgm}^2/\text{s}$ 로 보고하여 기술에 따라 각운동량이 변화한다고 하였고, 구름판 접촉부터 착지까지의 실제거리와 밀접한 관계가 있다고 하였다. 이 연구에서 나타난 결과가 선행연구보다 큰 각운동량을 보이는 것은 위에서 언급했듯이 저난이도 동작보다는 고난이도 동작일수록 큰 각운동량이 요구되는 것으로 나타났다.

표 4. 각 단계별 좌·우축 신체 각운동량 (kgm²/s)

subject	BTD	BTO	VID	VTO	Peak
S1	-3.921	2.647	1.481	3.737	-6.761
S2	-3.504	1.979	1.165	2.882	-4.825
S3	-3.980	2.476	2.165	3.704	-3.825
S4	-4.062	3.537	3.327	3.458	-5.488
S5	-3.637	2.649	2.219	3.089	-5.765
M	-3.821	2.658	2.071	3.374	-5.333
SD	0.24	0.56	0.83	0.71	1.09

표 5. 각 단계별 전·후축 신체 각운동량 (kg m²/s)

subject	BTD	BTO	VID	VTO	Peak
S1	0.033	-0.761	-0.720	-0.778	0.508
S2	0.136	-0.858	-0.880	-0.845	0.061
S3	0.219	-0.987	-0.962	-0.966	0.296
S4	0.239	-1.075	-1.152	-0.927	0.261
S5	0.132	-0.806	-0.814	-0.889	0.258
M	0.152	-0.897	-0.906	-0.881	0.277
SD	0.08	0.13	0.16	0.07	0.16

표 6. 각 단계별 수직축 신체 각운동량 (kg m²/s)

subjec	BTD	BTO	VID	VTO	Peak
S1	2.122	0.714	1.063	0.598	0.346
S2	1.925	1.227	1.562	1.055	0.648
S3	2.058	1.411	1.401	0.625	0.166
S4	1.908	1.211	1.510	1.109	0.604
S5	1.737	1.127	1.154	1.136	0.390
M	1.950	1.138	1.338	0.905	0.431
SD	0.15	0.26	0.22	0.27	0.20

4. 구름판 반력

각 피험자들이 기술을 실시하는 동안 구름판 가해지는 최대 수평반력과 수직반력은 <표 7>과 같다.

발구름 국면에서 구름판에 가해지는 최대 수평반력은 체중의 평균 3.45BW로 나타났으며, 최대 수직반력은 체중의 평균 16.52BW로 나타났다. 수평반력에서는 전체적으로 비슷한 반력이 나타난 반면 수직반력에서는 고득점자 S1이 가장 높게 나타났으며, S2가 가장 낮은 수직반력을 나타냈다. Takei(1990, 1991), 박종훈(1999)보고에 의하면 발구름 국면에서 최대 수평반력과 수직반력의 발생시간은 모두 발구름 초기에 가장 크게 발생한다고 하였다. 박종훈(1999)의 수평반력은 숙련자 집단이 평균 3.20BW 미숙련자 집단이 3.09BW이라고 보고하였고, 수직반력은 숙련자 집단이 체중에 평균 14.96BW, 미숙련자 집단이 체중에 평균 12.90BW이라고 보고하였다.

선행연구의 결과와 비교해 보면 발구름시 수평 및 수직반력 모두 영상분석을 통해 간접적으로 측정된 Takei 등(1989, 1990, 1991)의 분석결과에 비해 2배 이상 큰 값의 반력이 나타났고, 박종훈(1999)의 연구결과보다 조금 높은 값을 보이는 것으로 나타났다.

표 7. 구름판에 가해지는 최대 힘

{단위 : B.W.(Newton.)}

Subject	Board Contact	
	Fy	Fz
S1	3.28(2030)	17.5(10845)
S2	3.51(2133)	15.3(9312)
S3	3.68(2057)	17.0(9511)
S4	3.36(2061)	15.7(9129)
S5	3.43(2088)	17.1(10393)
M	3.45(2073.8)	16.52(9838)
SD	35.14(0.15)	720.39(0.86)

이 연구결과가 선행연구의 결과보다 수평과 수직의 반력이 숙련자 집단보다 높게 나타난 결과는 발구름의 경우 반력이 형성되는 발구름 직전에 웅크렸던 고관절과 슬관절을 발구름 순간부터 강하고 빠르게 신전하여 발구름시 수평 및 수직속도를 증가시키는 결과로 생각된다. 이와 같이 형성되는 발구름의 반력을 도마 접촉하는 순간 강한 블로킹을 향상시킨다면, 강한 힘을 발휘하여 제2비약시 체공 높이와 소요시간이 길어짐으로서 기술의 완성도를 높이고 나아가 새로운 기술 개발을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 도마기구의 구조변경으로 인하여 변경 후 도마 손 짚고 몸피 앞공중돌아 540도 비틀기 동작을 3차원 영상 분석하여 구름판 접촉에서 도마 이륙까지 제1국면, 제2국면, 제3국면, 제4국면의 도약 단계별 소요시간과 각운동량 및 구름판에 가해지는 반력 측정을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 국면 소요시간은 도마의 구조변경 이후 선행연구 결과와 비교해 볼 때 제2국면과 제3국면에서의 소요시간을 짧아진 반면 제4국면에서는 길어진 것으로 나타났다.
신체각에서는 구름판 접촉시 선행연구와 비슷한 반면 도마접촉에서는 약 30°의 신체각의 차이를 보이고 있었다.
2. 도마 이륙시 신체중심이 twisting 성분의 각운동량이 증가될수록 수직속도를 감소시키는 것으로 나타났고, 제4국면에 비행높이와 거리에 직접적인 영향을 주는 것으로 나타났다.
회전력을 높이기 위해서는 twisting 성분의 각운동량 보다는 Somersaulting 성분의 각운동량을

증가시키는 것으로 나타났다.

3. 구름판 반력에서 수평반력은 평균 3.45BW, 수직반력은 평균 16.52BW로 선행연구 보다 크게 나타났다.

위의 결론을 종합해 보면 도마 접촉 소요시간을 짧게 하고 제4국면시 신체중심을 회전축으로 하는 twisting 성분의 큰 각운동량은 Somersaulting 성분의 각운동량을 저해시켜 회전력을 방해요인으로 작용하기 때문에 제4국면 체공시간을 높이기 위해서는 완전한 블로킹을 한 다음 비틀기가 수행되어야 한다.

참고문헌

- 김상국, 박영진(1994). 체조 쿠에르보와 쿠에르보 풀턴 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, 한윤수(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 대학원박사학위 논문**.
- 박종훈(2001). 도마 손 짚고 옆 돌아 몸 펴 뒤 공중 돌며 2회전 비틀기 동작의 역학적 분석. **한국운동역학회지**, 제11권, 2호, 287-305.
- 여홍철(2003). 도마 Yeo동작에 대한 운동학적 요인 분석. **한국운동역학회 학술발표회 논문집**, 47-57
- 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.
- Dillman, C. J, Cheatham, 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.
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (1995). *Biomechanical basis of human movement*, Williams & Wilkins.
- 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.
- 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 PanAmerican 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.