



## 도마종목의 Kasamatsu 기술동작 분석

### The Kinematic Analysis of Kasamatus in Vault

이순호\* · 백진호(체육과학연구원) · 김용선 · 공태웅(전주대학교)

Lee, Soon-Ho\* · Back, Jin-Ho(Korea Institute Sport Science),

Kim, Young-Sun · Kong, Tae-Ung(JeonJu University)

---

#### ABSTRACT

S. H. LEE, J. H. BACK, Y. S. KIM, T. U. KONG, The Kinematic Analysis of Kasamatus in Vault, Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 4, pp.1-11, 2005. The study were to assess technical factors between the high score group and the low score group, from the subjects of 8 male national gymnasts, and to analyze the kinematical characteristic and main technical cause on technique of Kasamatsu movement on Vault. The result of this study is this.

In case of horse contact time the high score group was swifter than low score group, and there was significant difference between the high score group and the low score group( $<0.01$ ). On high score group the time of taking on from horse showed shorter than that of taking off from horse, while of the low score group the time of taking on the horse was similar to that of taking off from horse on the average. And in time of pre-flight the high score group on average the was 0.16sec shorter times than the low score group, and so there was significantly difference between groups( $<0.05$ ). Also It is a characteristic that the high score group was short in horse contact time and longer in post-flight. In the horizontal distance of post-flight, the high score group was 0.11m longer than the low score group and there was significantly statistic difference between groups( $<0.05$ ). In the vertical height of the cog in Post-flight's phrase, the high score group was 0.15m higher than the low score group and there was significantly statistic difference between groups( $<0.01$ ). The horizontal velocity and vertical velocity in the event of taking on and off Beat board and Vault weren't significantly statistic differences between two groups. In the slow-down of average horizontal velocity during keeping contact with the beat board, the high score group was larger than the low score group. And in an increased average vertical velocity during keeping contact with the beat board, the high score group was even larger than the low score group. In the projectile angle of cog in taking off the beat board, 40.2deg, the angle of low score group and 39.5deg, the angle of high score group are nearly alike. In the projectile angle of cog in taking off the beat, the high score group showed 1.6Wt larger on average than the low score group. However the average reaction force on the board and Vault wasn't almost different between two groups, showed 0.3-0.6Wt larger in the high score group.

KEYWORDS: KASAMATSU, KINEMATIACAL ANALYSIS, VAULT

---

## I. 서론

도마(Vault)의 가사마스(kasamatsu)계는 손짚고 옆돌아(측진) 몸뿔 뒤공중 돌면서(salto) 몸을 비트는(turn) 기술이다. 가사마스계의 기술의 난이도는 뒤공중 돌면서 몸을 비트는 회전수에 의해 분류된다. 가사마스계는 가사마스, 아코피안(Akopian), 드리그(Driggs) 그리고 로페즈 (Ropez)기술로 분류되며, 로페즈 종목은 공중에서 몸을 3회전 비트는 기술이다.

도마운동 기술은 일반적으로 발구름 구간, 전 비약 구간, 도마접촉 구간, 후 비약 구간 그리고 착지 동작의 구간으로 구분한다. 발구름 구간에서 도마를 접촉하기 직전까지의 구간은 구름판의 탄력에 의한 최대의 수직속도를 일으키는 국면으로서, 이 때의 수직·수평속도는 신체의 체공시간과 회전량을 결정하는 주요 요인이 된다. 도마접촉 구간은 도마이륙 후 공중에서 돌고 비트는 기술의 난이도를 결정하는 중요한 국면이다 (Takei, 1988, 1989, 1990, 2000; Dillman, Cheetham & Smith, 1985; Kwon, Fortney & Shin, 1990, 박종훈, 1999).

손으로 도마를 짚는 기술은 약 0.2초의 순간적인 동작으로서 도움단기의 기술과 같이 팔의 탄력을 최대한 이용하는 기술이며(이동우와 임정수, 1998; 이계산, 성낙준, 최춘덕, 1991; 박준호, 1994), 도마의 손 짚는 위치나 접촉 시간 등에 따라 제 2비약의 회전조건에 큰 영향을 준다. 이는 발구름 동작에서 얻은 수평속도를 도마 접촉 시 탄력에 의해 수직속도로 전환하는 기술로서, 수직속도의 증가는 제 2비약의 체공시간을 연장하는 요인이고, 수평속도는 신체의 회전효과를 증가시키는 요인이다(Takei, 1990, 1992; 윤태진, 1993; 이동우와 임정수, 1998). 또한 공중에서 신체를 비트는 기술은 도마착지의 브로킹(broking)에 의해 효율적인 탄성을 유도하는 것도 주요 기술요인 이지만, 신체를 비트는 방법과 시점이 더욱 중요하다(박종훈, 1999).

가사마스계의 기술은 옆돌아 도마에 두 손이 착지되므로 두 손을 모아 도마를 동시에 착지하는 핸드 스프링계와는 달리 도마접촉 시간이 길고 한쪽 팔에 하중이 치우치므로(Dillman, Charles, Cheetham, Phillip과

Smith, Sarah, 1985) 도마 착지에 의한 탄성을 높이는 데 어려움이 있다. 따라서 도마의 효율적인 탄성력은 공중 돌기와 비틀기에 대한 회전력과 비약의 시간과 높이를 증가시키는 주요 요인이다.

이에 Takei(1988, 1989, 1991, 1998)는 도마이륙 시 수직속도가 성공적인 기술의 연기에 중요한 영향을 미친다고 주장하였으며, 전비약과 허들(hurdle)동작에서 수평속도의 증가에 의한 회전량의 증가보다는 완전한 도마착지로부터 탄성을 증가시키는 요인이 더 중요하다고 보고하였다. 또한 Takei(1990, 1988, 1989, 1998, 2000)는 구름판과 도마에 신체가 접촉되는 충격량에 의한 평균 힘을 구하였고, 평균 수평힘과 수직힘의 크기는 501N, 838N으로 보고하였다(Takei, 1988).

국제체조연맹에서는 2001년부터 도마 결승경기에서 1, 2차시기 시 서로 다른 도약기술을 연기해야하는 규정으로 변경하였다. 이에 우수 선수들은 쿠에로보(Cuervo)의 로운(start value; 9.6)보다 start value가 더 높은 가사마스계의 아코피안(9.7)이나 드리그(9.9)를 선호하는 경향으로 바뀌고 있다.

가사마스는 뒤공중 돌면서 1회전의 비트는 기술로서, 가사마스계의 기본기술에 속한다. 아코피안이나 드리그 그리고 로페즈 종목의 고난이 기술은 가사마스와 같은 기본기술이 완속되었을 때만이 가능하다.

가사마스 기술의 특성은 뒤공중돌면서 신체를 회전하는 기술의 난이도를 높이는데 가장 중요한 훈련의 기초 자료가 될 수 있으며, 또한 새로운 기술 개발과 효율적인 신체의 회전기술의 특징을 밝히는데 필요하다.

본 연구는 2001년도 체조세계선수권대회 참가 선발전에서 도마종목의 가사마스 기술동작을 수행한 8명의 선수를 대상으로 운동학적 특성을 분석하고, 고득점집단과 저득점집단 간의 기술요인을 비교 평가하는데 목적이 있다.

## II. 연구방법

본 연구의 대상자, 실험장비 및 절차, 분석변인 자료 처리 방법은 다음과 같다.

1. 대상자

본 연구는 가사마쓰의 start value가 9.3으로서, 8.7이상 득점자는 고득점 집단(KG1, 4명), 8.7미만 득점자는 저득점 집단(KG2, 4명)으로 구분하였으며, 대상자의 신체적 특성과 기술연기의 득점은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 신체적 특성 및 연기점수

집단	평균	신장	체중	경력	연령	득점
KG1	M	163.8	60.8	13.8	23.5	9.0
(4명)	SD	1.5	2.2	2.2	2.4	0.1
KG2	M	164.8	61.8	12.8	22.5	8.3
(4명)	SD	6.6	6.3	1.3	1.0	0.2

2. 영상촬영 및 분석 절차

영상촬영은 2대의 S-VHS 비디오 카메라(panasonic D-5100)를 사용하였다. 한 대의 카메라는 도마경기의 측면에 설치하였고, 다른 한 대의 카메라는 진행방향에 설치하였다. 카메라의 촬영속도는 60Hz이고 셔터 스피드는 1/250초로 하였다. 통제점들은 실험이 종료된 후 도마 및 매트 제거한 후 그 위치에 설치하여 2분 동안 촬영하였다. 통제점들은 1×2×3(m)의 직육면체 3개를 사용하였다(그림 1).

본 연구에서 사용된 통제점 및 인체관절 중심점의 좌표화, 동조, DLT방법(Abdel-Aziz & Kararah, 1971)에 의한 3차원 좌표 계산과 자료처리는 K3D21(Kwon,

1994)프로그램을 사용하였다. 노이즈에 의한 오차의 스무딩(smoothing)은 2nd Order Butter Worth Filter방식을 사용하였으며, 차단주파수는 10Hz로 하였다.

신체관절 중심점의 좌표화를 위한 신체분절의 좌표점은 21개로 하였다. 통제점들의 좌표화는 총 54개의 통제점을 3회 반복 기록하였다. 기준좌표계는 진행방향을 Y축, Y축의 직교 방향을 X축, 수직방향을 Z축으로 설정하였다(그림1).

자료처리는 집단 간 통계적 평균 차이를 검정하기 위하여 종속 t-test를 실시하였고, 통계적 차이의 유의수준은 .05로 하였다.

1) 기술동작의 이벤트와 국면

기술동작의 국면과 이벤트는 구름판(board)을 차지하는 순간에서 매트에 착지하는 순간까지의 구간에서 6개의 이벤트와 4개의 국면으로 구분하였다(그림 2).

(1) 이벤트

- BTO : 구름판에 발이 접촉되는 순간.
- BTF : 구름판에서 발이 이지되는 순간.
- HTO : 도마에 손이 접촉되는 순간.
- HTF : 도마에 손이 이지되는 순간.
- Peak : 후비약에서 신체중심점의 수직높이가 최대인 순간.
- Land : 두 발이 매트에 착지되는 순간

(2) 국면

- BC : 구름판에 발이 착지하는 순간부터 이지하는 순간까지의 구간
- PrF : 구름판에서 이지하는 순간부터 손이 도마에 접촉하는 순간까지의 구간(전비약)
- HC : 손이 도마에 착지하는 순간부터 이륙하는 순간까지의 구간
- PoF : 도마에서 이지하는 순간부터 발이 매트에 착지하는 순간까지의 구간(후비약)

2) 기술분석 요인

기술분석 요인은 국면별 소요시간, 신체중심의 수직·수평 변위 및 속도, 국면별 고관절과 무릎각, 상체

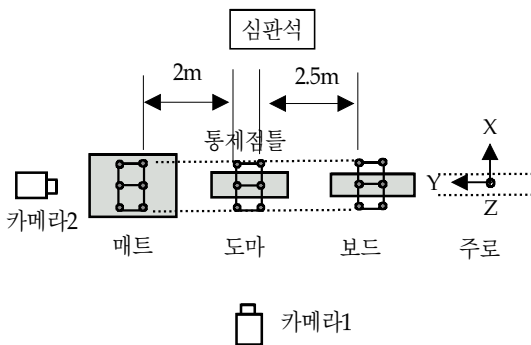


그림 1. 실험장비 설치 모형도

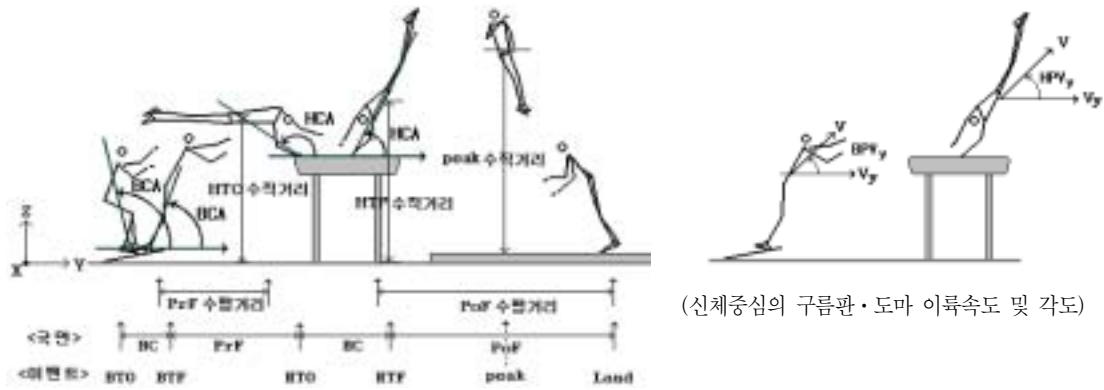


그림 2. 기술동작의 국면과 이벤트 및 주요 분석 요인

중축벡터의 회전(turn) 각위치 그리고 공중회전(salto) 각위치, 신체지지각과 도약각 그리고 구름판과 도마에 작용되는 힘의 요인들이 비교 분석되었다.

구름판과 도마에서 도약각은 구름판과 도마에서 이륙 직후의 신체중심의 속도벡터가 Y성분의 속도벡터와 이루는 각( $\theta = \tan^{-1}(v_z/v_y)$ )으로 유도하였다.

구름판과 도마의 신체 지지각(BBA\_b & BBA\_h)은 기준좌표계의 YZ평면에 사영된 각이며 Y축을 기준으로 하였다. 구름판의 신체 지지각은 두 발의 질량중심점의 중앙에서 신체중심점으로 향하는 벡터와 질량중심점을 이은 벡터의 각이고, 도마의 신체 지지각은 손의 질량중심점에서 신체의 질량중심점으로 향하는 벡터와 질량중심점을 이은 벡터의 각이다.

구름판과 도마에 접촉되는 평균 힘은 Takei (1990, 1988, 2000) 방법( $\vec{F}\Delta t = m\Delta V$ )에 의한 BC와 HC의 충격량으로 유도되었다. 여기서  $\Delta t$ 는 접촉 시간이며, 도마접촉에서는 오른손이 접촉되는 순간에서 오른손이 이탈되는 순간까지로 하였다.

### III. 결과 및 논의

결과 및 논의는 다음과 같으며, <그림 3>은 가사마스 기술의 연속적인 동작을 시뮬레이션(simulation)한 그림이다.

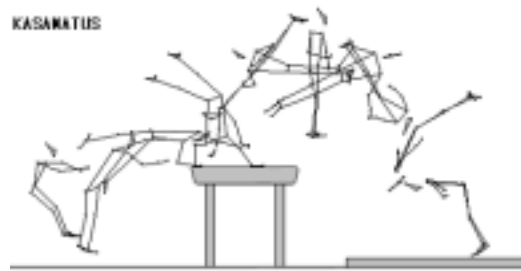


그림 3. 가사마스 기술의 연속적인 동작

#### 1. 국면 별 신체중심의 소요시간

국면 별 소요시간은 구름판 접촉, 도마접촉, 전비약 후비약 그리고 구름판 접촉에서 착지하는 순간까지의 총 연기시간을 분석하였으며, <표 2>와 같다.

가사마스 기술동작에서 도마접촉국면의 소요시간은 고득점집단이 평균 0.27초이고 저득점집단이 0.31초로서, 고득점집단이 저득점집단보다 평균적으로 짧은 시간으로 나타났으며, 통계적으로 집단 간 유의한 차이가 있었다(<0.01). 이에 도마접촉국면에서 고득점집단은 HTO(0.12초)가 HTF(0.16초)보다 짧은 시간을 보인 반면에, 저득점집단은 HTO와 HTF의 시간은 0.15초와 0.16초로서 거의 유사하게 나타났다. 그리고 후비약의 소요시간은 고득점 집단이 0.86초, 저득점집단이 0.78초로서, 고득점 집단이 저득점집단보다 긴 소요시간으로 나타났고, 집단 간 통계적 유의한 차이가 있었다(<0.05). 그리고 B.C와 전비약의 소요시간은 각각 평균 0.10초~0.11로서 유사한 결과를 보였고, 집단 간 통계적

유의한 차이가 나타나지 않았다.

가사마스 기술동작의 국면별 소요시간에서, 고득점 집단은 도마접촉시간이 짧고, 후비약 시간이 길게 나타난 결과가 특징이다. 도마접촉 시간은 도마의 탄성을 얻어내는 요인으로서 후비약에 직접적인 영향을 준다(Takei, 1988, 2000). 또한 긴 후비약 시간은 안정적인 회전을 유도할 수 있다. 가사마스과 같이 옆돌아 손짚는 기술은 두 손을 모아 도마에 착지하는 핸드스프링계와는 달리 도마접촉 시간을 단축시키고, 도마착지 시 탄성의 효과를 얻어내는 기술이 어렵다. 가사마스는 도마접촉 과정에서 왼 손이 먼저 착지된 후 오른 손이 착지되므로 도마접촉 시간이 다른 종목에 비해 다소 길 수 있다고 판단된다.

박종훈(1999)의 도마접촉 국면 소요시간에서 고득점 집단(0.25초)은 본 연구의 고득점집단과 유사한 범위로 보고 하였으나, 저득점 집단(0.73초)의 소요시간은 아주 긴소요시간으로 보고하였다. 이문표, 신인식 및 배성재(1995)는 쿠에로보(Cuervo)기술동작 분석에서, 도마접촉과 후비약의 소요시간에서 획득점수와 유의한 상관관계( $p \leq .05$ ) 있다고 보고하였으며, 도마접촉 평균 시간은 0.39초로서 본 연구 결과보다 다소 길게 나타났다. 쿠에로보는 손짚고 앞돌아 비틀면서 몸굽혀 뒤공중 도는 동작으로서, 핸드스프링계로서 도마에 두 손이 동시 착지되는 방법이다.

Kwon, et al.(1990)의 유로첸코(Yurchenko)기술 분석은 도마를 손 짚고 옆도는 기술과는 차이가 있으나, 이의 연구에서 총 연기시간과 후 비약의 시간은 본 연구와 유사하였고 도마접촉 시간은 본 연구 결과보다 짧은 것으로 보고하였다. Takei(1998)의 연구는 손짚고 몸굽혀 뒤공중 도는(handspring and salto

forward thcked) 기술로서, 핸드스프링계의 일종이다. 이의 결과에서 총 연기 시간과 후비약의 시간은 본 연구와 유사하였다. 또한 Takei(1988, 2000)는 도마접촉 시간이 짧을수록 수직으로 작용되는 평균 힘과 충격량이 증가되고 수직속도가 커진다고 보고하였다.

## 2. 신체중심의 수평·수직 거리

신체중심의 수평거리는 전비약과 후 비약을 분석하였고, 수직거리는 도마를 착지하는 순간(HTO), 도마를 이륙하는 순간(HTF) 그리고 신체중심의 높이가 최고점(peak)에 이르는 이벤트에서 분석하였으며, <표 3>과 같다.

신체중심의 수평·수직거리에서, 집단 간 통계적 유의한 차이를 보인 결과는 후비약과 peak에서 나타났다. 후비약은 고득점집단(3.22m)이 저득점집단(3.11m)보다 긴 수평거리로 나타났고, 집단 간 통계적 유의 수준은  $<.05$ 로 나타났다. 후 비약의 peak는 고득점집단(2.64m)이 저득점집단(2.49m)보다 평균 0.15m 높은 수직거리로 나타났고, 집단간 통계적 유의한 차이가 있었다( $<.01$ ).

전비약의 수평거리 그리고 도마접촉 국면에서의 수직거리는 고득점집단이 비교적 평균거리가 크게 나타났으나, 통계적으로 집단 간 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 전비약은 구름판과 도마의 간격에 따라 비례할 수 있는 변인이다. 일반적으로 구름판과 도마의 간격은 주로의 속도, 선수의 신장 등과 같은 선수의 특성에 따라 달라질 수 있는 변인이라 판단된다. 국면별 소요시간에서 나타난 집단 간 통계적 유의 수준은 보이지 않았으나, 소요시간이 평

표 2. 국면별 소요시간

		BC	HC			PrF	PoF	PT
			HTO	HTF	Total			
KG1 (4명)	M	0.10	0.12	0.16	0.27	0.10	0.86	1.32
	SD	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02
KG2 (4명)	M	0.11	0.15	0.16	0.31	0.11	0.78	1.32
	SD	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
t		-1.32	-1.91	-0.21	-6.48**	-1.34	3.66*	0.16

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

균적으로 고득점집단이 저득점집단보다 빠르게 나타났다.

수평거리와 관련한 선행연구에서, 박종훈(1999)은 숙련자가 3.30m, 비숙련자가 2.46m로 보고하였고, 이문표 등(1995)은 쿠에로보(Cuervo)기술동작 분석에서 전비약 거리를 3.99m로 보고하였다. 박종훈(1999)은 HTO와 HTF에서 수직 높이가 낮으면 도마접촉 시 두 팔의 간격이 멀거나 팔이 굽혀진 상태로 설명하였고, 이는 감점의 대상뿐만 아니라 도마의 탄성을 높이는데 큰 저해가 될 수 있다고 하였다. 신체중심의 최저점 높이인 peak는 도마이륙 시 도약각과 오른손의 도마접촉 시간에 따른 평균 힘과 직접적인 상관을 갖는다(Takei, 1998; Kwon, et al, 1990; Takei와 Kim, 1990). 또한 peak의 수직 높이는 공중에서 신체를 비틀고 도는 기술의 난이도에 따라 달라질 수 있다고 판단된다. 이에 peak의 수직높이에서, 박종훈(1998)은 2.55~2.74 m의 높이를 보고하였고, 이문표 등(1995)은 평균 2.47m로 보고한 바와 같이 본 연구의 결과와 유사함을 보였다.

3. 신체중심의 수평 · 수직 속도

각 이벤트 별 신체중심의 수직 · 수평속도는 <표 4>와 같다. BC 및 HC 착지와 이륙의 수직 · 수평 속도에 대한 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. BTO와 BTF의 수평속도에서, 고득점집단은 7.16m/s와 5.57m/s로 나타났고, 저득점집단은 평균 6.27m/s와 5.35m/s로 나타났다. 구름판을 접촉하는 동안 고득점 집단은 1.59m/s만큼 감속되었고,

저득점 집단은 0.92m/s만큼 감속된 것으로 나타났다.

BTO와 BTF 시 수직속도에서, 고득점집단은 평균 -1.07m/s와 3.91m/s를 보였고, 구름판을 착지하고 이륙하는 동안 증가된 속도가 평균 4.98m/s로 나타났다. 저득점집단은 평균 -0.75m/s와 3.78m/s로 나타났고, 구름판을 착지하고 이륙하는 동안 증가된 속도가 평균 4.52m/s로 나타났다. HTO와 HTF의 수직속도에서, 고득점집단은 평균 0.85m/s와 2.61m/s로서 구름판을 접촉하는 동안 평균 1.76m/s의 속도가 증가되었고, 저득점집단은 평균 0.88m/s와 2.26m/s로서 구름판을 접촉하는 동안 평균 1.38m/s만큼 속도가 증가된 것으로 나타났다.

구름판이나 도마를 접촉하는 동안 신체중심의 수평 · 수직속도 변화에서, Takei (2000)는 BTF의 수평속도가 6.64~6.02m/s로 보고하였고, 박종훈(1999), 이문표 등(1995), Takei(1988), Dillman (1985)는 4.93~ 4.46m/s의 수직속도를 보고함으로써, 본 연구 결과와 유사하였다.

주로에서 구름판에 도달하는 빠른 속도는 중요하다. 그러나 이러한 빠른 속도는 안정된 구름판 착지의 균형(balance)이 더 필요하다. 도마이륙의 적절한 수평 · 수직속도의 분배는 균형 있는 도마착지가 될 때 효과적이라 판단된다. 또한 구름판 이륙 시 수직속도는 신체를 상승시키고, 수평속도는 신체의 회전에 영향을 준다. 구름판 접촉 과정은 도마접촉 시 큰 탄성을 얻기 위한 전 동작으로서 빠른 전비약과 구름판 이륙의 적절한 수평속도 크기를 유도해야 한다. 이러한 구름판 이륙 시 적절한 수평 · 수직속도의 크기는 신체중심의 속도 성분에 의한 도약각의 크기와 깊은 상관성이 있다.

표 3. 신체중심의 수평 · 수직 거리

		수평거리			수직거리		단위 : m
		PrF	PoF	HTO	HTF	Peak	
KG1	M	0.57	3.22	1.57	2.35	2.64	
	SD	0.01	0.05	0.05	0.06	0.02	
KG2	M	0.54	3.11	1.54	2.13	2.49	
	SD	0.03	0.05	0.03	0.04	0.05	
t		1.99	2.92*	0.86	1.02	6.18**	

\* p<.05 \*\* p<.01



표 4. 신체 중심의 수직·수평속도

			단위 :m/sec					
			BTO	BTF	ΔV	HIO	HIF	ΔV
KG1	수평속도	M (SD)	7.16 (±0.78)	5.57 (±0.20)	-2.48 (±0.80)	4.68 (±0.73)	3.62 (±0.23)	-1.95 (±0.56)
	수직속도	M (SD)	-1.07 (±0.45)	3.91 (±0.53)	4.98 (±0.86)	0.85 (±0.23)	2.61 (±0.25)	1.76 (±0.34)
KG2	수평속도	M (SD)	6.27 (±1.22)	5.35 (±0.29)	-1.79 (±1.25)	4.48 (±0.73)	3.33 (±0.12)	-2.02 (±0.71)
	수직속도	M (SD)	-0.75 (±1.07)	3.78 (±0.28)	4.52 (±0.98)	0.88 (±0.12)	2.26 (±0.29)	1.38 (±0.29)
	수평속도	t	1.23	1.12	-0.93	0.14	2.16	0.84
	수직속도	t	-0.56	0.46	0.71	2.14	1.79	-0.53

\* p<.05 \*\* p<.01

#### 4. 신체중심의 지지각과 도약각

신체중심의 지지각과 도약각은 구름판과 도마의 접촉과 이륙에서 분석하였고, 결과는 <표 5>와 같다.

구름판과 도마의 신체 지지각 그리고 도약각에서 모두 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다는 점이 특징이다. 이에 집단 간 평균적인 결과로 비교해 볼 때, 구름판과 도마를 접촉하는 과정에서 나타난 지지각은 모두 고득점집단이 저득점집단보다 큰 각도로 나타났다. 구름판과 도마 이륙에서 신체중심의 추진각에서도 통계적 유의한 차이를 보이지 못하였다.

집단 간 평균 도약각의 비교에서, 구름판을 이륙할 때의 도약각은 고득점집단이 39.8deg.와 저득점집단이 40.2deg.로서, 저득점집단이 고득점집단보다 0.4deg. 높게 나타났으나 거의 유사한 결과로 볼 수 있다. 그러나 도마를 이륙할 때의 도약각은 고득점집단이 평균 35.7deg. 저득점집단이 평균 34.1deg.로서, 고득점집단

이 저득점집단보다 평균 1.6deg. 큰 각의 결과로 나타났다.

선행연구(Takei, 1988, 1992, 2000 ; 박종훈, 1999)에서도 구름판이나 도마의 지지각은 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 박종훈(1999)은 BTO와 BTF 시 BCA를 106~107deg.와 66~69deg.의 범위로 서, 본 연구의 결과 보다 비교적 높은 각도로 보고하였다. 또한 HIO 시 HCA에서, 박종훈(1999)은 평균 170deg.로 보고 하였고, Takei(1988, 1992)는 평균 160deg. 내외 그리고 이문표 등(1995)은 평균 143.8deg.를 보고하였다. 그리고 HIF 시 HCA에서, Takei(1992)와 이문표 등(1995)은 90.1~92.0deg.로 보고한 반면에 박종훈(1999)은 고득점 집단과 저득점 집단이 106deg.와 99deg.로서, 고득점 집단이 본 연구의 결과보다 큰 각도로 보고하였다.

본 연구에서 구름판 도약각이 39.8~40.2deg.의 범위로 나타난 바와 같이, 박종훈(1999), Takei(1992, 1998)의 선행연구에서도 36.3~41.5deg.의 범위로 유사하게

표 5. 신체 중심의 지지각과 도약각

			단위 : deg.					
			BCA		BPA_b	HCA		BPA_h
			BTO	BTF		HIO	HIF	
KG1	M		102.1	68.3	39.8	161.9	97.3	35.7
	SD		2.9	6.8	3.5	2.1	6.2	1.7
KG2	M		93.5	64.2	40.2	151.0	90.2	34.1
	SD		7.2	2.4	2.0	12.2	9.1	3.5
	t		2.22	1.13	-0.19	1.76	1.28	0.83

\* p<.05 \*\* p<.01

나타났다. 보드의 신체중심 이륙각도에서, 선행 연구 결과의 특징은 숙련자와 미숙련 집단이 유사한 각으로 보고한 점과, 도마 이륙의 도약각에서 숙련자 집단이 미숙련자 집단보다 비교적 큰 평균값(Takei, 2000)으로 보고한 점이다. 지지각은 구름판이나 도마를 착지하고 이륙할 때의 자세와 깊은 상관성이 있는 변인인 반면에, 도약각은 구름판이나 도마의 지지반력에 의해 신체중심이 공중으로 투사되는 각으로 해석할 수 있다. 구름판 접촉 시의 지지각은 신체 지지각은 신체중심의 속도를 감속시키지 않고, 수평·수직속도의 성분을 적정하게 변화시키는 비약동작의 준비자세이다. 구름판 접촉의 자세는 고관절을 굴곡·신전 시키면서 수평속도와 수직속도를 증가시키게 된다.

가사마스계와 같이 도마를 옆돌아 손짚는 기술은 구름판 이륙 시기부터 도마를 짚는 손의 방향으로 상체의 회전이 시작된다. 따라서 가사마스계의 구름판 착지는 핸드스프링계의 손짚는 방법보다는 적절한 리듬이 더 요구된다.

따라서 본 연구 결과에서 평균의 차이로서 경향을 예측할 수는 있으나, 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않은 것 과 같이, 구름판과 도마 접촉과정에서의 자세가 경기력의 결정적인 요인으로 단정하기는 어렵다고 판단된다.

5. 구름판과 도마에 작용되는 평균 힘

구름판과 도마에 작용되는 평균 힘은 구름판과 도마

접촉 시간동안 신체의 충격량으로부터 산출하였다 (Takei, 1988, 1990). 이에 도마 접촉 시간은 오른 손이 도마에 착지된 시점부터 오른 손이 이륙되는 시점까지로 하였다. 구름판과 도마의 접촉 국면의 평균힘은 진행 방향의 힘의 성분( $\vec{F}_y$ ) 및 수직으로 작용되는 힘의 성분( $\vec{F}_z$ )의 평균 힘을 분석하였으며, 좌·우로 작용되는 힘의 성분( $\vec{F}_x$ )은 크기(절대값)로 제시하였다. 구름판과 도마에 작용되는 평균 힘의 성분 결과는 <표 6>과 같으며, 평균 힘(N)은 체중(Wt)에 대한 표준화를 하였다.

구름판과 도마에 작용되는 평균 힘은 구름판과 도마 접촉에서 모두 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 집단 간 평균 결과로 비교해 볼 때, 구름판이나 도마를 접촉하는 동안 작용된 힘은 고득점집단이 저득점집단보다 전체적으로 크게 나타났으며, 구름판의  $\vec{F}_R$ 은 고득점집단(3.7Wt)이 저득점집단(3.4Wt)보다 체중의 0.3배 크게 나타났다. 그러나 좌·우로 작용되는 힘의 성분은 고득점집단이 0.6Wt, 저득점집단이 1.2Wt로서, 저득점집단이 고득점집단보다 체중의 0.6배 크게 나타난 것이 특징이다.

도마에 작용되는 각 힘의 성분들은 고득점집단이 저득점집단보다 모두 크게 나타났다. 도마의  $\vec{F}_R$ 은 고득점집단(2.0Wt)이 저득점집단(1.7Wt)보다 체중의 0.3배 크게 나타났다. 또한 도마의  $\vec{F}_x$ 는 구름판과 달리 고득점집단(0.6Wt)이 저득점집단(0.3Wt)보다 체중의 0.3배 크게 나타났다.

표 6. 구름판과 도마에 작용되는 평균 힘.

단위: N/Wt

		구름판				도마			
		$\vec{F}_x$	$\vec{F}_y$	$\vec{F}_z$	$\vec{F}_R$	$\vec{F}_x$	$\vec{F}_y$	$\vec{F}_z$	$\vec{F}_R$
KG1	M	358.2  ( 0.6 )	-957.63 (-1.6)	1903.2 (3.2)	2185.6 (3.7)	325.7 ( 0.6 )	-794.2 (-1.4)	700.7 (1.2)	1157.1 (2.0)
	SD	(0.7)	(0.7)	(0.8)	(0.9)	(0.6)	(0.5)	(0.3)	(0.5)
KG2	M	707.6  ( 1.2 )	-657.6 (-1.2)	1710.7 (2.8)	2018.7 (3.4)	208.2 ( 0.3 )	-783.7 (-1.3)	520.5 (0.9)	989.4 (1.7)
	SD	(0.7)	(0.9)	(0.4)	(0.7)	(0.3)	(0.5)	(0.2)	(0.4)
	t	(0.00)	(-1.45)	(2.36)	(1.84)	(2.38)	(-0.14)	(1.65)	(1.10)

\* p<.05 \*\* p<.01



Takei(1988)는 구름판에 작용되는 수직힘( $\overrightarrow{F_z}$ )이 2175~3312N(4.6Wt~5.2Wt)이고,  $\overrightarrow{F_y}$ 는 -819~1272N (-1.7 ~-2.0Wt)의 범위로 본 연구보다 큰 결과로 보고하였다. Takei(1988)는 도마에 작용되는 힘에서,  $\overrightarrow{F_z}$ 가 521~838N (1.1~1.3Wt)로서 본 연구결과와 유사하였으나,  $\overrightarrow{F_y}$ 는 -313~-501N(0.7~0.8Wt)로서 본 연구보다 작은 힘으로 보고하였다.

구름판 접촉 소요시간에서 고득점집단(0.27초)이 저득점집단(0.31초)보다 짧게 나타난 결과(표 1)와 같이, 구름판과 도마 접촉에서 나타나는 평균 힘은 접촉과정에서 수평속도와 수직속도의 변화량의 크기뿐만 아니라 짧은 접촉시간이 더 큰 영향을 줄 것으로 판단된다. 이에 도약에서 공중돌기와 비틀기는 수평성분의 힘에 의해 결정되고, 수직 힘의 성분은 체공시간을 연장하여 안정된 회전 동작을 유도한다. Takei(1988), Hay & Reid(1982)는 도약에서 비행시간이 짧고 수평성분의 힘이 부족하면 회전 운동량의 부족과 연속적인 공중돌기와 비틀림 동작을 할 수 없다고 보고 하였다.

옆돌아 도마를 손짚는 동작에서, 왼손으로 도마를 착지하면 신체는 시계 방향으로 회전하게 되고, 다시 오른 손이 도마에 착지되면서 신체는 반 시계 방향으로 역회전이 된다. 여기서 오른 손이 도마에 착지되는 과정에서 일어나는 마찰력은 신체의 회전관성을 정지시키고 역회전을 유도한다. 이러한 과정에서 좌·우로 작용되는 힘의 성분  $\overrightarrow{F_x}$ 는 신체의 회전관성을 정지시키고 역회전하는 마찰력에 기여한다고 판단된다. 이에 도마접촉 시  $\overrightarrow{F_x}$ 에서 고득점집단이 저득점집단보다 더 크게 나타난 결과는 도마이륙 시 신체의 회전관성을 정지시키고 역회전시키는 힘이 더 크게 발휘된 것으로 판단된다. 따라서 도마접촉 과정에서 수평성분이 힘이 수직성분의 힘으로 전환되면서 강한 탄성의 효과를 높이게 되는 것도 중요하지만, 구름판 이륙에서 얻은 수평속도를 최소로 감소하도록 유도하면서 수직속도를 크게 전환하여 증가시키는 방법이 효율적인 도마접촉의 기술이라 판단된다.

## IV. 결론

본 연구는 도마종목의 가사마스 기술동작에 대한 운동학적 특성을 분석하고, 고득점집단과 저득점집단 간의 기술요인을 비교 평가하였으며, 결론은 다음과 같다.

1. 기술동작의 평균 연기시간은 두 집단이 1.32초로서 같았으며, 도마접촉시간은 고득점집단이 저득점집단보다 평균 0.04초 빠르게 나타났고 통계적으로 집단 간 유의한 차이가 있었다(<01). 고득점집단은 도마를 이륙하는 소요시간보다 착지하는 소요시간이 더 짧은 반면에, 저득점집단은 도마를 착지하고 이륙하는 소요시간이 유사하게 나타났다. 그리고 전비약의 소요시간은 고득점집단이 저득점집단보다 0.16초 더 짧게 나타났고 집단 간 통계적 유의한 차이가 있었다(<05). 또한 고득점집단은 도마접촉시간이 짧고, 후비약 시간이 길게 나타난 것이 특징이다.
2. 후비약 수평거리는 고득점 집단이 저득점집단보다 0.11m 더 긴 거리로 나타났으며, 집단 간 통계적 유의한 차이가 있었다(<05). 후비약 국면에서 신체중심의 최고 수직높이는 고득점집단이 저득점집단보다 평균 0.15m 높게 나타났고, 집단 간 통계적 유의한 차이가 있었다(<01). 또한 전비약의 수평거리 그리고 도마접촉 국면에서의 평균 수직거리는 고득점집단이 비교적 크게 나타났으나, 통계적으로 집단 간 의미 있는 차이를 보이지 않았다.
3. 구름판과 도마를 착지하고 이륙하는 이벤트에서 수평속도와 수직속도는 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이에 구름판을 접촉하는 동안 수평속도의 감속은 고득점집단이 평균 1.59%의 속도가 감속되었고, 저득점집단은 평균 0.29%만큼 속도가 감속된 것으로 나타났다. 또한 구름판을 접촉하는 동안 증가된 수직속도 크기는 고득점집단이 평균 4.98%로 나타났고, 저득점집단이 평균 4.52%로서 유사하였다.
4. 구름판을 이륙할 때의 도약각은 고득점집단이

39.5도 그리고 저득점집단이 40.2도로서 유사하게 나타났고, 도마를 이륙할 때의 도약각은 고득점집단이 저득점집단보다 평균 1.6도 큰 각으로 나타났다.

5. 구름판과 도마에 작용되는 평균 힘은 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 구름판과 도마에 작용되는 평균 힘은 고득점집단이 체중의 0.3~0.6배 더 크게 나타났다.

## 참 고 문 헌

- 박종훈(1999). 도마 손 짚고 옆돌아 몸굽혀 뒤 공중돌기 동작의 국면별 역학적 분석, *한국체육대학교 대학원 박사학위 논문*.
- 박준호(1994). 도마 가사마스 동작에 있어서 주요 운동학적 변인과 획득점수와의 상관연구. *서울대학교 석사학위논문*.
- 윤태진(1993). 도마 손짚고 앞돌이360도 비틀기 동작의 주요 운동학적 변인과 획득점수와의 상관관계. *서울대학교 석사학위논문*.
- 이계산, 성낙준, 최춘덕(1991). 도마운동에서 손짚고 앞돌아 몸접어 180도 틀기 동작에 대한 3차원 분석. *체육과학논총 제 1권 3호*
- 이동우, 임정수(1998). 유르첸코 뛰기 동작의 분석, *체육과학연구과제종합보고서 체육과학연구원*,
- 이문표, 신인식, 배성재(1995). 1992년 올림픽 체조 도마 Layout Cuervo 동작의 주요 운동학적 변인과 획득점수와의 상관관계, *한국운동역학회지*, 제 15권 1호, P11-29.
- Abdel-Aziz, Y. I, & Kararah, M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates object space coordinates in close-range photogrammetry. *In Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry*(pp. 1-18). Falls Church, VA: American Society of Photo-grammetry.
- Dilman, Charles., Cheetham, Phillip., & Smith, Sarah L.(1985). A Kinematic Analysis of Men's Olympic Long Horse Vaulting. *International Journal of sport Biomechanics*, 1, 96-110.
- Hay, J.G., & Reid, J.G.(1982). *The anatomical and mechanical bases of human motion*, pp.319-332. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kwon, Young-Hoo, Fortney, Virginia L., & Shin, In-Sik. (1990). 3-D Analysis of Yurchenko Vault Performed by Female Gymnasts During the 1988 Seoul Olympic Games. *International Journal of sport Biomechanics*, 6, 157-175.
- Kwon, Young-Hoo, Fortney, Virginia L., & Shin, In-Sik. (1990). 3-D Analysis of Yurchenko Vault Performed by Female Gymnasts During the 1988 Seoul Olympic Games. *International Journal of sport Biomechanics*, 6, 157-175.
- 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*, 6, 29-55.
- Takei, Y. (1990). Techniques Used by Elite Women Gymnasts Performing the Handspring Vault at the 1987 Pan American Games. *International Journal of sport Biomechanics*, 6, 29-55.
- 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 Postflight Techniques of Male Gymnastic Performing the Compulsory Vault at the 1988 Olympic. *International*

- Journal of sport Biomechanics*, 8, 87-110.
- Takei, Y.(1998). Three-dimensionnal analysis of handspring with full turn vault; Deterministic model, coaches' beliefs, and judges' scores, *Journal of Applied Biomechanics*, **14**, 190-210.
- Takei, Y.(1998). Three-dimensionnal analysis of handspring with full turn vault ; Deterministic model, coaches' beliefs, and judges' scores, *Journal of Applied Biomechanics*, **14**, 190-210.
- Takei, Y.(2000). Techniques used in high-and low-scoring Hecht Vaults Performed at the 1995 World Gymnastics championships, *Journal of Applied Biomechanics*, **16**, 180-195.

투 고 일 : 10월 30일

심 사 일 : 11월 20일

심사완료일 : 12월 07일