



도마종목 Kasamatsu계의 Akopian 기술동작 분석 Kinematic Analysis of Acopian in Vault

이순호(체육과학연구원)* · 박종훈(관동대학교) · 이종훈(서울산업대학교)

Lee, Soon-Ho*(Korea Institute of Sport Science) · Park, Jong-Hoon(Kwandong University)

· Lee Chong-Hoon(Seoul National University of technology)

ABSTRACT

S. H. LEE, J. H. PARK, C. H. LEE, Kinematic Analysis of Acopian in Vault. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 1, pp.89-99, 2006. The study were to assess technical factors between the high score group and the low score group, from the subjects of 16 male national gymnasts, and to analyze the kinematical characteristic and main technical cause on technique of Akopian's 3D motion analysis of the male vaulting game in 2001 classification championship. The result of this study is this.

There were not so much difference between the two groups in terms of the time of board contact, pre-flight, and total performance, but it takes shorter time when the players who are in the high point group take down the board, and they take long time for post-flight($p < .01$). The high point group has a longer perpendicular distance in the moment of horse taking off, 0.05m on the average, than the low point group. The high point group shows 0.16m higher on the average than the other group in terms of the height of post-flight($p < .01$). In the phase of board contact, the range of horizontal velocity at board take on were 7.66^{m/s}~7.33^{m/s}, but there weren't significantly statistic differences between two groups. The hight score group were 0.68^{m/s} faster than the low point group at the horizontal velocity at board take off event($<.05$). About the average horizontal velocity of deceleration, AG1(-1.95^{m/s}) reduces the speed more than AG2(-1.57^{m/s})($p < .05$). And the hight score group were 0.37^{m/s} faster than the low point group at the vertical velocity at horse take off event($<.05$). When board taking off, the projectile angle of com were 38.7~37.8degree on the average. the comparative groups show almost same results. When horse taking off, the HPVy of the high point group were 37.6 degree which were a little higher than the low point group.

The angular velocities of the players who takes on the horse with a right hand and then takes off with a left hand in the high point group were 14.97rad/sec, 10.82rad/sec in the low point group. However, the angular velocity of the players who takes on the horse with a left hand and then takes off on a right hand with the high point group were 14.97rad/sec, 15.56rad/sec in the low point group.

KEYWORDS: GYMNASTICS, VAULT, AKOPIAN, KINEMATIC ANALYSIS

I. 서론

손짚고 옆돌기 종류의 동작은 순간적으로 도마를 손으로 짚고 이륙하는 탄성에 의해 회전량을 증가시키는 고난도의 기술이다. 아코피안은 옆돌아 도마에 두 손이 착지되므로 두 손을 모아 도마를 동시에 착지하는 핸드스프링계(hand spring)와는 달리 도마접촉 시간이 길고 한쪽 팔에 하중이 치우치므로(Dilman Cheethem 와 Smith, 1985) 도마 착지 시 순간적인 탄성을 증가시키는데 어려움이 있다.

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. 이에 Takei(1990, 1988, 1989, 2000)는 구름판과 도마에 신체가 접촉되는 충격량에 의해 평균 힘을 구하였다.

이외 도마종목의 연구에서, 이문표, 신인식, 배성재(1995)는 1992년 올림픽 lay out 쿠에로보의 기술동작 분석에서 득점이 높은 선수일수록 총 연기시간과 후비약 시간이 길었고, 구름판 이륙 시의 수직속도와 도마접촉 시 수평속도가 크게 나타났다고 보고하였다. 또한 각 국면 별 도약각은 획득점수와 상관성이 적었다고 보고하였다.

아코피안 기술은 가사마스계의 기본기술에 속하며, 난이도가 가장 높은 드리그나 로페즈의 기술은 아코피안 기술의 정확한 연기를 수행할 수 있을 때 가능하다. 따라서 아코피안 기술동작의 자세 및 주요 국면에 따른 운동학적 분석은 가사마스계의 난이도가 높은 종목의 기술을 수행하는데 기초자료로서 필요하다.

또한 경기 현장에서 연기되는 도마종목의 아코피안 기술을 대상으로 고득점 집단과 저득점 집단 간의 주요 요인들을 비교 분석하는 것은 도마 운동의 주요 회전기술을 밝히는 데 필요하다.

본 연구는 2001년 체조 종별선수권대회 참가선수 16명을 대상으로 도마종목의 아코피안 기술의 운동학적 특성과 회전 기술의 주요 요인을 규명하고, 주요 기술 요인을 분석·평가하는데 목적이 있다.

II. 연구 방법

본 연구는 체조종목의 아코피안 기술을 대상으로 3차원 영상분석을 실시하였으며, 본 연구의 대상자, 실험장비, 절차, 분석변인 및 자료 처리 방법은 다음과 같다.

1. 대상자

본 연구의 대상자는 2001년 체조 종별선수권대회 도마종목에 참가한 선수 중, 아코피안 기술을 연기한 16명의 선수를 선정하였다. 아코피안의 start value는 9.7로서 9.2이상 득점자들은 고득점 집단(8명, AG1), 9.2미만 득점자는 저득점 집단(8명, AG2)으로 구분하였다. 대상자의 신체적 특성과 기술연기의 득점에 대한 평균 및 표준편차는 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 신체적 특성 및 연기 점수

집단	평균	신장	체중	경력	연령	득점
AG1 (8명)	M SD	165.6 27	60.9 0.99	11.5 2.8	22.3 2.5	9.3 0.1
AG2 (8명)	M SD	166.3 4.6	61.9 4.0	11.5 2.9	21.9 1.5	8.6 0.2

2. 영상촬영 및 분석절차

영상촬영 대상경기는 2001년 체조종별선수권대회의 도마경기를 촬영하였다. 경기의 영상촬영은 2대의 S-VHS 비디오 카메라(panasonic D-5100)를 사용하였다. 한 대의 카메라는 도마경기의 측면에 설치하였고, 다른 한 대의 카메라는 진행방향에 설치하였다(그림 1). 카메라의 촬영속도는 60Hz이고 셔터 스피드는 1/250초로 하였다. 영상촬영은 대회가 시작하는 시점부터 종료되는 시점까지 연속적으로 기록하였다. 통제점들은 대회가 완전히 종료된 후 도마 및 매트를 제거한 후 그 위치에 설치하여 1분 동안 촬영하였다. 통제점들은 1×2×3(m)의 직육면체 3개를 사용하였다.

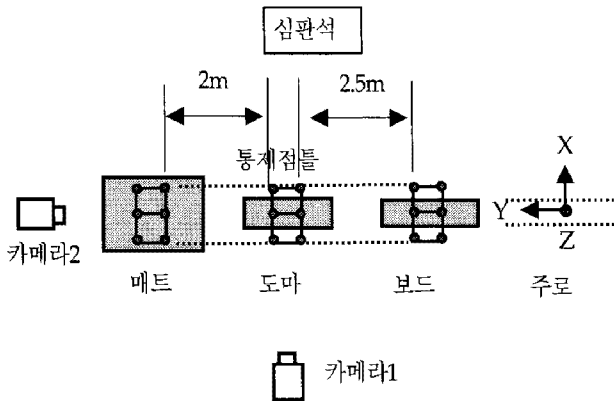


그림 1. 실험장비 배치도

3. 기술동작의 이벤트와 국면

기술동작의 국면과 이벤트는 구름판(board)을 착지하는 순간에서 매트에 착지하는 순간까지를 6개의 이벤트와 4개의 국면으로 정의하였다(그림 2). 이벤트는 구름판에 발이 접촉되는 순간(BTO), 구름판에서 발이 이직되는 순간(BTF), 도마에 손이 접촉되는 순간(HTO), 도마에 손이 이륙되는 순간(HTF), 후비약에서 신체중심점의 수직높이가 최대인 순간(Peak), 두 발이 매트에 착지되는 순간(Land)으로 하였다. 발구름 국면(BC)은 구름판에 발이 착지하는 순간부터 이륙하는 순간까지의 구간, 전비약 국면은 구름판에서 이륙하는 순간부터 손이 도마에 접촉하는 순간까지의 구간, 도마접촉 국면(HC)은 손이 도마에 착지하는 순간부터 이륙하는 순간까지의 구간 그리고 후비약 국면은 도마에서 이륙하는 순간부터 발이 매트에 착

지하는 순간까지의 구간으로 하였다.

4. 기술분석 요인

주요 분석 변인은 국면별 소요시간, 신체중심의 수직·수평 변위 및 속도, 국면별 고관절과 무릎각, 상체 종축벡터의 회전(turn) 각속도 그리고 신체지지각과 도약각들(그림 2)이 비교 분석되었다.

보드와 도마의 신체 지지각(BBA & BPA, HBA & HPA)은 기준좌표계의 YZ평면에 사영된 각이다. BBA와 BPA는 y축에 대한 두 발의 질량중심점의 중앙에서 신체중심점으로 향하는 벡터의 각이고, HBA와 HPA는 수평축에 대한 손의 질량중심점에서 신체의 질량중심점으로 향하는 벡터의 각이다. 보드와 도마에서 도약각(BPV_y, HPV_y)은 보드와 도마에서 이륙 직후의 신체중심의 속도벡터가 Y성분의 속도벡터와 이루는 각($\theta = \tan^{-1}(v_z/v_y)$)으로 유도하였다. 상체 종축(\vec{L})의 각속도는 어깨선벡터(\vec{S})와 고관절선벡터(\vec{H})의 평균 각속도를 구한 다음, 상체종축의 단위벡터(\vec{n})와 \vec{S} 과 \vec{H} 의 평균 각속도의 내적(scalar product)에 의해 유도(이상연, 1988; Kwon et. al., 1990)되었다(그림 3). 상체종축각속도는 구름판 이륙직후부터 후비약의 착지직전까지 구간에서 측정하였다.

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

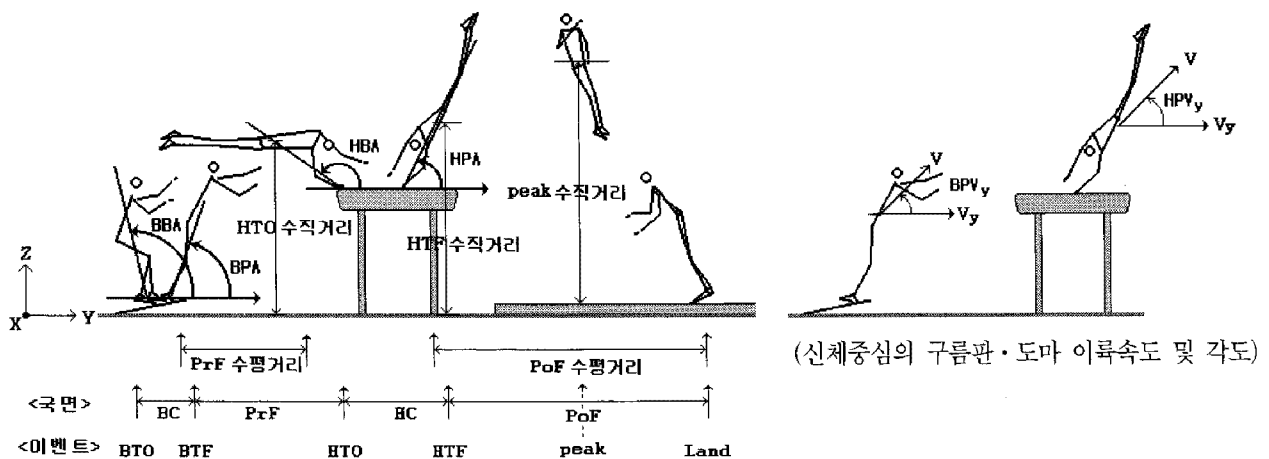
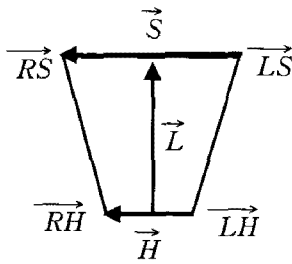


그림 2. 기술동작의 국면과 이벤트 및 주요 분석 요인



- RS; R Shoulder Joint
- RH; R Light Hip Joint
- LS; L Shoulder Joint
- LH; L Hip Joint

그림 3. 상체 중추벡터 정의

III. 결과 및 논의

본 연구는 아코피안 기술동작에 대한 고득점자 집단 (AG1)과 저득점자 집단(AG2)을 비교 평가하였으며, 이와 관련한 선행연구(박종훈, 1999 ; 이문표 등, 1995 : Kwon, 1990 ; Takei, 1998) 결과를 제시하였다. 박종훈(1999)는 가사마스계의 기술로서 본 연구의 대상과 동일한 기술이고, 이문표(1999)는 쿠에로보 기술로서 손집고 앞돌아 비틀면서 몸굽혀 뒤공중 도는 동작이며, Takei(1998)는 손집고 몸굽혀 뒤공중 도는 기술이다. 또한 권영후(1990)은 손집고 옆도는 유로첸코 기술이다.

1. 국면 별 신체중심의 소요시간

국면 별 소요시간은 구름판 접촉, 도마접촉, 전비약, 후비약 그리고 구름판 접촉에서 착지하는 순간까지의 총 연기시간을 분석하였다. 도마접촉 시간은 왼손(오른손)의 도마 접촉 순간부터 오른손(왼손)의 도마 접촉 순간까지의 시간과 오른손이 도마에 접촉되는 시간으로 구분하였다. 국면별 소요시간은 고득점집단과 저득점집단 간 차이의 유의성을 검증하였다(표 2).

구름판 접촉, 전비약, 총 연기시간에서는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 구름판 접촉과 전비약 시간은 약 0.1~0.11초 그리고 도마의 오른손 접촉 시간이 0.15~0.16초, 총 연기시간이 0.32~0.35초의 범위에서 고득점집단과 저득점집단 간 모두 유사하게 나타났다.

도마접촉 시간은 모두 고득점집단이 저득점집단보다 짧은 시간으로 나타났고, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). 이에 도마를 착지하는 동안의 소요시간은 고득점집단(0.07초)이 저득점집단(0.12초)보다 짧게 나타났고 통계적으로 유의한 차이가 나타났으나($p < .01$), 도마를 이륙하는 소요시간은 고득점집단과 저득점집단의 평균이 0.15초와 0.16초로서 유사하게 나타났고, 통계적 유의한 차이가 없었다.

표 2. 국면별 소요시간

		B.C	HC			PrF	PoF	Vaulting time
			HIO	HTF	Total			
AG1	M	0.10	0.07	0.15	0.22	0.10	0.92	1.35
	SD	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
AG2	M	0.11	0.12	0.16	0.28	0.10	0.85	1.33
	SD	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.33
t		-1.33	-8.02**	-0.27	-7.42**	0.16	4.64**	1.07
박(1999)	숙련자	0.11	—	—	0.246	0.09	0.87	1.32
	미숙련자	0.12	—	—	0.726	0.08	0.73	1.26
이(1995)		0.09	—	—	0.390	0.17	1.00	1.39
Kwon(1990)	Y_{LF}	0.15	—	—	0.184	0.13	0.82	1.29
	Y_L	0.16	—	—	0.202	0.14	0.76	1.27
Takei(1988)		0.13	—	—	0.20	0.17	0.83	1.33

* $p < .05$, ** $p < .01$

표 3. 신체중심의 수평·수직 거리

		수평거리		수직거리		
		PrF	PoF	HIO	HIF	Peak
AG1	M	0.62	3.44	1.61	2.41	2.81
	SD	0.04	0.22	0.08	0.05	0.04
AG2	M	0.59	3.35	1.58	2.35	2.65
	SD	0.08	0.17	0.07	0.05	0.05
t		0.80	0.99	0.92	2.27*	6.87**
박(1999)	숙련자	0.52	3.30	1.64	2.41	2.74
	미숙련자	0.39	2.46	1.59	2.43	2.55
이(1995)		—	3.99	—	—	2.47
Takei(1998)		0.86	3.48	1.86	1.41	—

* p<.05, ** p<.01

후비약 소요시간은 고득점집단이 저득점집단보다 0.075초 더 긴 시간으로 나타났고, 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다(p<.01).

짧은 도마접촉시간의 결과와 같이, 아코피안 기술의 옆돌아 손짚는 기술은 두 손을 모아 도마에 착지하는 핸드스프링계와는 달리 도마접촉 시간을 단축시키고, 도마접촉 시 탄성의 효과를 얻어내는 기술이 어렵다. 또한 도마접촉시간에서 도마착지의 시간이 짧게 나타난 결과와 같이, 도마접촉의 과정에서 도마의 탄성을 증가시키려면 도마를 이륙하는 시간보다 도마를 착지하는 시간을 단축시켜야 효율적인 기술이 될 것으로 판단된다. 도마접촉의 시간에서, 왼 손 착지 후 오른 손이 착지되는 소요 시간이 저득점 집단에서 긴 시간을 보인 것은 왼 팔을 충분히 펴지 못하거나 혹은 왼손이 도마에서 밀려나가는 현상으로 해석될 수 있다.

2 신체중심의 수평·수직 거리

신체중심의 수평거리는 전비약과 후비약 국면으로 구분하여 분석하였다. 수직거리는 도마를 착지하는 순간, 도마를 이륙하는 순간 수직거리 그리고 신체중심의 높이가 최고점(peak 수직거리)에 이르는 이벤트에서 분석하였으며, <표 3>와 같다.

전비약 수평거리, 후비약 수평거리 그리고 도마착지 순간의 수직거리에서는 통계적으로 집단 간 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 통계적으로 집단 간 유의한 차이를 보인 요인은 도마이륙 순간의 수직거리 HIF와

peak의 수직거리에서 나타났다. HIF는 AG1이 평균 2.41m이고 AG2가 평균 2.36m로서, 고득점집단이저득점집단보다 평균 0.05m 더 높게 나타났으며 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다(p<.05).

후비약의 peak는 고득점집단이 평균 2.81m 그리고 저득점집단이 평균 2.65m로서, 고득점집단이 저득점집단보다 평균 0.16m 높게 나타났고, 집단 간 차이의 유의성을 보였다(p <.01).

전비약 수평거리는 고득점집단이 저득점집단보다 평균 0.03m 길었으며, Takei (1988)의 연구결과보다는 짧게 나타났고, 박종훈(1999)의 연구 결과보다 다소 길게 나타났다. 후비약 수평거리는 집단 간 통계적 유의한 차이가 없었고, 평균의 크기도 거의 유사하였다. 그리고 후비약 수평거리는 선행연구자들(박종훈, 1999; 이문표 등, 1995; Takei, 1988)의 결과와 유사한 경향을 보였다.

이와 같이 저득점집단의 전비약 수평거리가 짧게 나타난 것은 발구름판과 도마의 간격을 짧게 위치하였거나, 혹은 발구름판을 이륙하는 도약각이 작을 때 영향을 줄 수 있는 결과라 판단된다. 이는 수직속도와 수평속도를 감소시키는 원인이 될 수 있을 것으로 판단된다. 이동우와 임정수(1998)는 전비약 수평거리가 짧으면 효율적인 구름판의 동작이 이루어지지 못한다고 보고하였다. 이는 본연구의 구름판 이륙 수평·수직속도(표 5, 6: BTF)에서 나타난 결과와 상관성을 보이고 있다.

이에 Takei(1997), Kwon 등(1989), Takei와 Kim(

1990)은 신체중심의 최정점 높이 peak가 후비약의 체공시간과 회전동작에 직접적인 관련이 있다고 보고하고 있다. 이러한 후비약의 높이와 시간은 도마이륙 시 도약각과 오른손의 도마접촉 시간에 따른 평균 힘과도 직접적인 상관성을 가질 것으로 판단된다.

3. 신체중심의 수평 · 수직 속도

각 이벤트 별 신체중심의 수평속도와 수직속도는 <표 4>와 <표 5>과 같다. 구름판 착지 시 평균 수평속도는 고득점집단이 7.16%, 저득점집단이 6.27%로서, 고득점집단이 0.89%더 빠르게 나타났으며, 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 구름판 이륙 시 평균 수평속도는 고득점집단이(6.08%)이 저득점집단(5.42%)보다 더 빠르게 나타났고, 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타났다(<.05). 또한 구름판 착지와 이륙하는 과정에서 감소된 수평속력의 평균 크기는 저득점집단이 2.30%이고 고득점집단이 1.25%로서, 저득점집단이 고득점집단보다 더 큰 감속으로 나타났다.

도마접촉 국면에서, 도마를 착지하는 순간의 평균 수평속도는 고득점집단이가 저득점집단보다 0.29% 더 빠르게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

구름판 착지 시 평균 수직속도는 저득점집단이 고득점집단보다 더 큰 감속이 되었으나 집단 간 통계적 유

의한 차이는 없었다. 구름판 이륙 시 평균 수직속도는 고득점집단이 저득점집단보다 더 빠르게 나타났고, 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타났다(<.05). 구름판 착지와 이륙하는 과정에서 증가된 수직속력의 크기는 고득점집단과 저득점집단이 4.93%와 5.12%로 나타났으며, 집단간 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05).

도마접촉 국면에서, 도마착지 시 평균 수직속도는 고득점집단이(1.40%) 저득점집단(1.64%)보다 0.24% 더 느린 속도로 나타났으나 통계적으로 집단 간 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 도마이륙의 평균 수직속도는 고득점집단이(3.21%)이 저득점집단(2.84%)보다 0.37% 더 빠르게 나타났고 통계적으로 집단 간 의미 있는 차이를 보였다(p<.05). 또한 도마접촉 국면에서, 증가된 수직속도의 크기는 고득점집단이 저득점집단보다 0.48% 더 크게 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05).

본 연구의 구름판 착지 시 수평속도는 Takei(1988), Dillman 등(1985)의 결과와 유사하였고, 박종훈(1999)과 이문표(1995)의 연구결과(약 4.6%)보다 더 빠르게 나타났다. 박종훈(1999)은 구름판의 착지와 이륙의 수평속도에서 숙련 그룹과 비숙련 그룹이 유사하였고 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였으나, 이문표(1995)는 구름판 이륙 시 수평 속도와 획득점수 간의 상관관계(p <.05)가 있음을 보고하였고, Takei (2000)는 구름판 이륙에서 유의한 차이(p <.05)가 있었

표 4. 신체 중심의 수평속도

grou. & Item		event						단위: m/sec
		BTO	BTF	ΔV	HTO	HIF	ΔV	
AG1	M	7.33	6.08	-1.27	5.65	4.19	-1.95	
	SD	0.53	0.45	0.73	0.37	0.46	0.21	
AG2	M	7.66	5.42	-2.30	5.36	3.82	-1.57	
	SD	0.66	0.40	0.65	0.33	0.15	0.37	
	t	-1.10	3.09*	2.95	1.41	1.26	-0.54	
박(1999)	숙련자	4.32	5.07	-0.75	5.03	4.11	-0.89	
	미숙련자	4.61	4.71	0.1	4.67	3.49	-1.18	
Takei(2000)	고득점 집단	—	6.64	—	6.63	4.93	-1.70	
	저득점 집단	—	6.02	—	6.02	4.46	-1.56	
이(1995)	—	4.96	2.08	-2.88	4.34	3.28	-1.11	
Takei(1988)	—	7.33	5.02	-2.31	—	3.59	—	
Dillman 등(1985)	—	7.79	5.11	-2.68	—	3.57	—	

* p<.05, ** p<.01

표 5. 신체 중심의 수직속도

단위: m/sec

grou. & Item	event	BTO	BTF	ΔV	HIO	HIF	ΔV
AG1	M	-0.44	4.50	4.93	1.40	3.21	1.81
	SD	0.55	0.26	0.74	0.38	0.25	0.23
AG2	M	-0.80	4.32	5.12	1.64	2.84	1.33
	SD	0.48	0.31	0.63	0.59	0.38	0.44
	t	1.67	2.16*	-2.52*	-0.95	2.33*	-2.77*
박(1999)	숙련자	0.14	4.40	4.26	3.75	2.72	-0.98
	미숙련자	0.27	4.17	3.90	3.40	1.62	-1.78
Takei(2000)	고 득점집단	—	3.44	—	1.46	2.48	-1.02
	저 득점집단	—	3.18	—	1.40	2.20	-0.61
이(1995)		—	—	4.13	3.14	3.08	-0.06
Takei(1988)		-1.17	3.69	4.86	2.23	2.78	0.55
Dillman등(1985)		-0.27	4.49	4.76	2.75	2.79	0.04

* p<.05 ** p<.01

다고 보고하였다.

구름판 착지 시 수평속도는 주로에서 달려오는 속도의 결과이나, 구름판 착지과정에서 자세를 너무 낮추면 수평속도나 수직속도를 감소시키는 원인이 될 수 있다고 판단된다. 이에 본 연구 결과에서 나타난 구름판 접촉과 이륙의 수평속도 크기는 선행연구 결과(Takei, 2000; Dillman 등, 1985)와 유사한 범위로서, 기술을 수행하는데 크게 문제되지 않을 것으로 판단된다.

고득점집단이 도마착지에서 저득점집단보다 더 빠른 수평속도로 나타난 것은 도마착지의 순간적인 충격량을 증가시키는데 더 효율적이라 판단된다. 이에 Takei(2000), 박종훈(1999)은 도마이륙 수평속도가 미숙련집단보다 숙련집단이 더 크고 통계적으로도 유의한 차이의 결과를 보고하였다.

도마착지의 수직속도는 고득점집단이 저득점집단보다 더 느리게 나타난 반면에 도마이륙에서 고득점집단이 저득점집단보다 0.37% 더 빠르게 나타났다.

선행연구(박종훈, 1999, 이문표, 1995; Takei, 1988; Dillman 등, 1985)에서도 발구름 접촉 국면에서의 수직속도 변화는 증가되었고, 도마접촉 국면에서의 수직속도 변화는 감소되는 경향으로 보고하였다.

도마 이륙에서의 수직속도는 AG1에서 빠른 상승속도를 보여준 결과와 같이 후비약의 최고 높이와 시간에 직접적인 영향을 주게 된다. 구름판 이륙에서 얻은 속도 성분은 짧은 시간의 도마접촉에 의해 큰 수직속도

성분으로 전환되어야 한다. 이러한 동작의 자세는 도마 착지 시 두 손이 거의 동시에 착지되어야 하며, 두 손의 간격은 가능한 좁게 하고, 팔이 굽혀지지 않도록 펴서(박종훈, 1999, 이동우와 임정수, 1998, 이계산 등, 1991) 강한 탄성의 효과를 얻어내야 할 것으로 본다. 도마이륙의 수직속도 증가는 짧은 도마접촉의 시간과 도마접촉의 강한 탄성으로부터 유도되고, 이러한 수직속도의 증가는 후비약 시간의 연장은 물론 신체중심의 최고점 높이를 증가시킬 수 있다(Takei, 1988)고 판단된다.

4. 신체중심의 지지각과 도약각

신체중심의 지지각은 구름판 착지와 구름판이륙의 이벤트, 도마착지와 도마이륙의 이벤트에서 분석하였다. 구름판과 도마이륙 시 신체중심의 도약각은 신체중심의 합성속도와 수평속도 성분에 대한 각을 분석하였고, 결과는 <표 6>과 같다.

구름판접촉과 도마접촉 국면에서의 신체 지지각 및 도약각은 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 구름판 착지의 지지각은 집단 간 유사하였고, 구름판 이륙의 지지각은 고득점 집단이 평균적으로 큰 경향을 보였다. 도마접촉 국면에서, 구름판 착지의 지지각은 평균적으로 고득점 집단이 저득점 집단보다 작은 각을 보였고, 도마이륙의 지지각은 평균적으로 고

득점 집단이 저득점 집단보다 비교적 큰 각으로 나타났다.

구름판 이륙 시 신체중심의 도약각(BPVy)은 평균 38.7~37.8 deg.로서 비교 집단이 거의 유사한 결과로 나타났다으나, 도마 이륙 시 신체중심의 도약각(HPVy)은 고득점집단이(37.6 deg.)이 저득점집단(36.5 deg.)보다 다소 높게 나타나는 경향을 보였다.

본 연구의 지지각과 도약각의 결과는 Takei (1988)의 결과와는 유사하였으나, Takei(1992, 2000), 박종훈(1999) 그리고 이문표(1995)의 결과보다는 큰 각으로 나타나는 경향을 보였다. 박종훈(1999), Takei(2000)는 구름판 도약각에서 숙련자와 미숙련 집단이 유사한 각으로, 도마 이륙의 도약각에서 숙련자(고득점) 집단이 미숙련자(저득점) 집단보다 큰 평균값이 나타난 것으로 보고하였다(Takei, 2000).

신체 지지각은 신체중심의 속도를 감속시키지 않고, 수평·수직속도의 성분을 적절하게 변화시키는 과정이며 전·후비약의 준비 자세를 결정하는 요인이 된다. 구름판 접촉의 자세는 고관절을 굴곡·신전 시키면서 수평속도와 수직속도를 변화시키게 된다. 이 때 구름판 착지 직전까지의 최대 속도는 구름판의 탄성에 의해 수직속도를 증가시키고 수평속도의 감소를 최소화시키는 기술이다.

옆돌아 도마를 착지하는 기술은 핸드스프링계보다 도마 착지 시간이 더 길 수 있고 평형감각이 더 요구된

다. 본 연구에서, 도마이륙의 도약각이 비교적 크게 나타난 것은 바람직하다고 판단된다. 저득점집단이 고득점집단에 비해 도마이륙의 도약각이 낮은 것은 수직속도가 느리거나 도마접촉 시간이 증가하는 경우 그리고 도마접촉의 감각적인 평형이 안정되지 못한 이유로 판단된다.

5. 상체 종축의 회전 각속도

상체 종축의 평균 각속도는 비틀기(turn) 동작에서 상체의 종축을 기준으로 회전되는 각도의 변화율을 분석하였다. 상체종축각속도 분석구간은 구름판 이륙직후부터 제 2비약의 착지 직전까지로 하였다.

구름판 이륙직후 왼손으로 도마를 착지하고 오른손으로 도마를 이륙하는 대상자들 중 고득점자(6명)는 AGH(L)이고, 저득점자(6명)는 AGL(L)이다. 이와 반대로 오른손으로 도마를 착지하고 왼손으로 도마를 이륙하는 대상자들 중 고득점자(2명)는 AGH(R)이고, 저득점자(2명)는 AGL(R)이다.

<그림 4>는 아코피안 기술에서 고득점자와 저득점자의 도마착지 방법에 따른 상체 종축의 평균 회전 각속도를 나타낸 것이며, 기술 수행시간을 100%로 표준화하였다. <그림 5>는 득점자와 저득점자의 도마착지 방법에 따른 상체 종축의 평균 회전 각위치이다. <표 7>은 상체 종축의 평균 회전각속도의 최대값이다. <그림 4>에서 나

표 6. 신체 중심의 지지각과 도약각.

		단위:각도(degree)					
		BBA	BPA	BPVy	HBA	HPA	HPVy
AG1	M	102.9	66.0	38.8	158.5	96.6	37.6
	SD	3.72	5.07	1.81	7.39	9.74	2.98
AG2	M	103.6	62.7	38.7	163.2	83.7	36.5
	SD	5.18	4.11	1.96	22.10	16.11	3.15
t		-0.31	1.45	0.12	-0.58	1.93	0.76
박(1999)	숙련자	107	69	41.0	170	106	33.5
	미숙련자	106	66	41.5	170	99	24.9
Takei(2000)	고득점 집단	—	—	27.4	—	—	26.4
	저득점 집단	—	—	27.8	—	—	24.2
이(1995)		—	—	41.2	143.8	90.1	35.9
Takei(1992)		—	—	—	160.0	92.0	39.9
Takei(1988)		—	—	36.3	—	—	37.8

* p<.05 ** p<.01

타난 바와 같이, 구름판 이륙한 이후 도마를 왼손으로 착지하고 오른 손으로 이륙하는 대상자들은 각속도의 변화가 음(-)에서 양(+)으로 변화되는 결과를 볼 수 있다. 그러나 오른손으로 도마를 착지하고 왼손으로 이륙하는 대상자들은 그래프가 연속적으로 양(+)으로 변화되었고, 전체적인 각속도와 최대값이 고득점집단과 저득점집단 모두 왼손 도마 착지 대상자들보다 크게 나타났다. 도마 이륙과 peak의 이벤트 시점은 <그림 4>에서 제시한 범위에서 나타났다. 도마를 오른손으로 착지하고 왼손으로 이륙하는 대상자들의 최대 각속도는 AGH(L)이 11.76rad/sec, AGL(L)이 10.82rad./sec로 나타났다. 반면에 도마를 왼손으로 착지하고 오른손으로 이륙하는 대상자들의 최대 각속도는 AGH(R)이 14.97rad./sec, AGL(R)이 15.56rad./sec로 나타났다. 상체 종축의 각속도가 최대로 나타난 시기는 peak이벤트 전·후의 시기에서 나타났다.

상체종축 각속도의 변화가 음(-)에서 양(+)으로 혹은 양(+)에서 음(-)으로 변화하는 시기는 도마이륙 직전에서 이루어진다. 도마를 이륙하면서 breaking force에 의한 신체의 회전 방향을 역회전해야 하는 기술은 큰 부담을 줄 수 있다.

도마를 왼손과 오른손이 교차하여 착지하고 이륙되는 과정은 축전동작으로 이루어지고, 도마이륙직전의 상태는 완전히 물구나무를 선 상태이다. 따라서 구름판 이륙 후부터 도마이륙 전까지의 신체회전 방향을 도마 이륙 하면서 신체를 역방향으로 회전시키는 것은 축전의 회전관성을 이용하게 되고, 이륙 시기는 완전히 물구나무 선 상태이므로 신체를 역회전시키는 부담을 다소 줄여 줄 수 있다고 판단된다.

그러나 전비약의 신체 종축회전방향을 도마이륙하면서 역방향으로 회전시키는 동작은 도마의 순간적인 강한 블로킹(breaking force) 그리고 이러한 블로킹에 의해 수직속도를 상승시키는 기술이 가장 중요한 요인이라 판단된다.

표 7. 상체종축 평균 최대 각속도

	단위 : rad./sec			
	AGH(L)	AGH(R)	AGL(L)	AGL(R)
최대값	11.76	10.82	14.97	15.56
(SD)	(0.28)	(0.98)	(0.24)	(0.81)

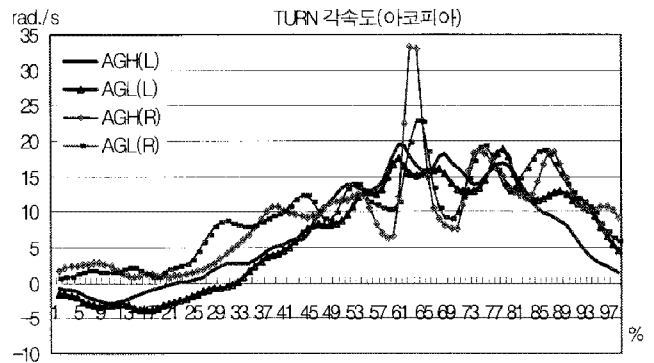


그림 4. 아코피안 기술의 상체 종축 회전 각속도

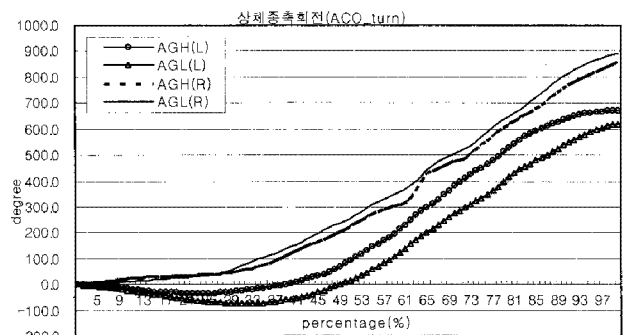


그림 5. 상체 종축의 평균 회전 각위치

IV. 결론

본 연구는 2001년 체조 종별선수권대회의 남자 도마 종목 가사마스계의 아코피안의 운동학적 특성을 분석하였고 고득점자와 저득점자 간의 기술요인을 비교 평가하였으며, 결론은 다음과 같다.

1. 구름판 접촉, 전비약, 총 연기시간에서는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 도마접촉시간은 고득점집단이 저득점집단보다 0.06초 더 짧은 시간으로 나타났다($p < .01$). 도마접촉에서 도마를 착지하는 동안의 소요시간은 고득점집단(0.07초)이 저득점집단(0.12초)보다 짧게 나타났다($p < .01$). 후비약 소요시간은 고득점집단이 0.92초로서 저득점집단보다 0.07초 더 긴 시간으로 나타났다($p < .01$).
2. 전비약 수평거리(PrF), 후비약 수평거리 그리고 도마착지 순간의 수직거리에서는 통계적으로 집단 간 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 도마이륙 순간의 수직거리는 고 득점집단이 저득점집단보다

- 평균 0.05m 높게 나타났다($p < .05$). 후비약의 peak는 고득점집단이 저득점집단보다 평균 0.16m 높게 나타났다($p < .01$).
3. 구름판 접촉국면에서, 구름판 착지 시 평균 수평속도는 7.66%~7.33%의 범위로 나타났고 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 구름판 이륙 시 평균 수평속도는 고득점집단(6.08%)이 저득점집단(5.40%)보다 크게 나타났다($p < .05$). 도마접촉 국면에서, 감속되는 수평속도는 고득점집단(-1.95%)이 저득점집단(-1.57%)보다 더 큰 감속이 되는 특징이 나타났다($p < .05$).
 4. 구름판 착지와 이륙 순간 수평속도는 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 도마착지 시 고득점집단이 저득점집단보다 0.75% 더 큰 수평속도로 나타났다($p < .01$). 또한 도마 이륙 시 수직속도는 고득점 집단이 저득점집단보다 0.37% 더 큰 속도로 나타났다($p < .05$).
 5. 구름판 및 도마 착지 구간에서, 신체 지지각 및 도약각은 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 구름판 착지 시 지지각은 집단 간 유사하였고, 구름판 이륙 시 지지각은 고득점 집단이 평균적으로 3.3deg. 더 큰 경향을 보였다. 구름판 이륙 시 신체중심의 도약각은 평균 38.7~37.8도로서 비교 집단이 거의 유사한 결과로 나타났으나, 도마 이륙 시 신체중심의 도약각은 고득점집단이 저득점집단보다 다소 높게 나타나는 경향을 보였다.
 6. 도마를 오른손으로 착지하고 왼손으로 이륙하는 대상자들의 최대 각속도는 고득점집단이 11.76rad/sec, 저득점집단이 10.82rad./sec 55.0rad/sec로 나타났다. 반면에 도마를 왼손으로 착지하고 오른손으로 이륙하는 대상자들의 최대 각속도는 고득점집단이 14.97rad./sec, 저득점집단이 AGL(R)이 15.56rad./sec로 나타났다.
- 동작의 국면별 역학적 분석, 한국체육대학교 대학원 박사학위 논문.
- 이상연(1988). DLT기법을 이용한 동체자체비틀기의 3차원 분석: 1/2비틀어 내리기 동작, 서울대학교 석사학위논문.
- 이계산, 성낙준, 최춘덕(1991). 도마운동에서 손잡고 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 Photogrammetry.
- 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.
- 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 valting, *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 260-281.
- Takei, Y.(1989). Techniques used by Elite Male Gymnasts performing a handspring valult at the 1987 Pan American Games, *International Journal of Sport Biomechanics*, 6, 29-55.
- Takei, Y. (1990). Techniques Used by Elite Women

참 고 문 헌

박종훈(1999). 도마 손 잡고 옆돌아 몸굽혀 뒤 공중돌기

- 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., Blucker, Erik P., Hubert Durn, 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.
- 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 : 1월 30일

심 사 일 : 2월 5일

심사완료일 : 3월 1일