



## 신 · 구형도마에서 1/1Turn, Stretched, Tucked 기술수행 시 운동역학적 분석

### Comparative Analysis of Biomechanical Factors in Performing Techniques of 1/1Turn, Stretched, and Tucked on the Old Vaulting Horse and the New Vaulting Table

김지태\* (목원대학교) · 허성규(국민대학교)

Kim, Ji-Tae\* (Mokwon University) · Heo Seong-Gyu(Kookmin University)

---

#### ABSTRACT

J. T. KIM, S. G. HEO, Comparative Analysis of Biomechanical Factors in Performing Techniques of 1/1Turn, Stretched, and Tucked on the Old Vaulting Horse and the New Vaulting Table. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 135-145, 2006. The aim of this study was to find out the differences of biomechanical factors from touching down the vaulting board to landing when techniques of 1/1Turn, stretched, and Tucked were performed on the old vaulting horse and on the new vaulting table.

Three national representative men gymnasts were sampled for this study. Three dimension motion analyses by means of six Sony PD-150 video cameras with the velocity of 60 fps were used.

As a result of analyzing the kinetic data from two kind of vaulting table, the following conclusions were made.

1. There was not significant differences of angular momentum between the old and the new vaulting table in all three techniques except the phase of stepping on the vaulting board and contacting the vaulting horse in the Tucked technique. IN the two phases above, the angular momentum in the new vaulting table was greater than that of the old vaulting horse.
2. There were few significant differences between the old and the new vaulting horses in the horizontal and vertical reaction force according to techniques when stepping was performed. However, it appeared tendency that the horizontal and vertical reaction force in the new vaulting table was a little greater than that of the old vaulting horse when the 1/1Turn, the Stretched and the Tucked were performed.

**KEYWORDS:** 1/1TURN, STRETCHED, TUCKED, OLD VAULTING HORSE, NEW VAULTING TABLE

---

## I. 서 론

기계 체조 경기 종목 중 도마 경기는 단순히 장애물을 넘는 데 그치지 않고 무리 없이 아름다운 자세로 넘어야 하기 때문에 다양한 기술이 요구되고, 경기에서 높은 점수를 받기 위해서는 난도(risk), 창의성(originality) 미적 표현(virtuosity) 등이 각각 요구되고 있으며 우리나라 선수들은 그 동안 좋은 성적을 거두었다.

그러나 종전에 사용하였던 도마기구를 경기력과 기술 향상을 피하기 위해 도마표면에 탄성을 유발할 수 있는 장치를 부착하는 등 안전도모를 위해서 2001년 제 35회 세계선수권대회부터 새로운 도마를 사용하면서 도마에 잘 적응하지 못하여 세계대회에 입상을 하지 못한 채 침체기를 겪고 있는 실정이며, 그 이유를 간과해서는 안 될 것이다.

체조 경기는 4년 주기로 개정되는 채점 규칙 및 경기 규칙에 따라 질적, 양적으로 무한한 기술발전이 계속되고 있다. 이에 따라 미적 완성도의 추구보다는 다이내믹(dynamic)하고 곡예적인(acrobatic) 면을 강조하는 전환점이 되었으며, 세계 각국의 우수선수들은 더 높은 득점을 위해 기술의 과학화와 함께 창조성을 가미함으로써 기술의 수준과 연기의 내용이 급속히 발전되어 선수 간에 우열을 가리기가 매우 어려운 실정이 되었다(박중훈, 1999).

또한 국제체조연맹 남자기술위원회(2001)는 2001년 벨기에에 겐트 세계선수권대회 이후 채점규칙의 문제점을 검토하였고, 기술의 실질적 수준 향상과 평가를 용이하게 하기 위해 각종 국제대회의 연기 내용을 파악 분석하여 각각의 기술에 대해 부여할 수 있는 최고의 점수를 정하는 새로운 채점규칙을 설정하였다. 이처럼 최근의 경기에서는 다양한 기술을 수행할 수 있는 능력을 요구하고, 회전계에서 보다 높은 질적 수준과 웅대한 면을 강조하고 있다. 이제 체조의 국제적 흐름은 체조 용구의 발달과 채점규칙의 빠른 변화를 통해 경기력 향상에 따른 선수들의 변별력을 높이고, 보다 더 화려하고 다이내믹한 동작을 연출하여 관람자의 욕구를 충족시키려고 하고 있다.

신형 도마의 형태는 바닥 고격으로 부터 서서히 높

아지는 테이블 형태의 몸통으로 구성되었으며, 기구의 정면은 수직으로 8도 경사지고 두 개의 아치형으로 굽혀져서 합쳐지며 수평으로 3도 기운 직선 표면으로 이어져 있으며, 모든 모서리와 끝은 둥글다.

구형 도마와 신형 도마의 규격 차이는, 몸통길이는 구형이 160cm인 반면 신형은 120cm로 구형보다 40cm 짧아졌으며, 몸통의 상단 너비는 구형이 35cm이었으나, 신형은 95cm로 60cm나 넓어졌다 측정점에서의 높이는 구형은 MAG4 135cm, WAG1 120cm이고, 신형은 MGA4 (남자) 135cm, WAG1(여자) 125cm이며 반등(바운드)지역에서 상단의 높이는 구형에는 없고 신형에는 MAG4 122cm, WAG1 112cm이다. 다시 말하면 신형 도마와 구형 도마는 이와 같이 몸통 길이와 몸통 상단너비에서 차이가 있으며, 특히 가장 큰 차이점은 수직으로 8도 경사를 두었다는 점이다. 구형 도마와 신형 도마의 규격은 현저히 다르다. 이와 같은 많은 차이에도 불구하고 그동안 구형 도마를 통한 정량적인 연구는 활발히 진행되어 왔지만, 신형 도마를 이용한 역학적 연구는 전무한 실정이다. 신형도마의 도입은 상해 예방과 더 화려한 동작을 연기하기 위해서인데, 이러한 맥락에서 볼 때 신형 도마를 이용해 기술을 실시할 때 어떠한 변화가 나타나고, 또 경기에서 높은 점수를 받기 위해 어떠한 것에 중점을 두어야 하는 지는 매우 중요하다 하겠으며, 국제적인 흐름으로 볼 때 우리나라 국가대표선수들이 신형도마를 이용한 난도가 높은 손 짚고 옆돌아 몸 펴 뒤 공중 돌아 90도 비틀기 기술을 중심으로 반력측정기 또는 스트레인지지 등을 이용 직접적인 분석 방법을 통해 경기력 향상과 동시에 침체된 체조사의 획기적인 도약대를 마련하는 것은 시기상 매우 의의 있는 일이라 판단된다.

이에 본 연구자는 신형 도마와 구형 도마를 이용한 손짚고 옆돌아 뒤 공중돌기 기술의 난이도별 1/1 Turn Stretched 그리고 Tucked의 기술 동작을 수행할 때 신·구형도마 간에 각 운동량과 구름판 반력의 차이를 알아보는 데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 체조 국가대표 남자 손잡고 옆 돌아 뒤공중돌기 1/1 Turn, Stretched, 그리고 Tucked 동작을 수행할 수 있는 3명을 선정하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

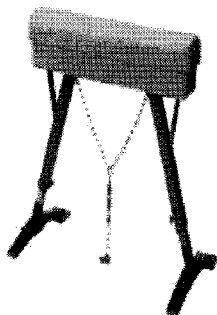
표 1. 피험자의 신체적 특성

피험자	신장 (cm)	체중 (kg)	경력(yrs.)	나이(yrs.)
A	163	54	12	20
B	171	65	12	21
C	165	57	12	23
M	166.3	58.7	12.0	21.3
SD	4.16	5.69	0.00	1.53

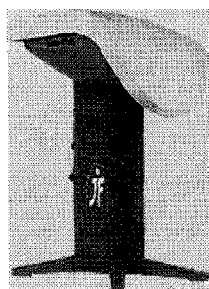
### 2. 도마 기구

이 연구에서 사용된 도마는 <그림 1>의 국제 체조 연맹의 공식 기구였던 구형 도마와 현재 사용되고 있는 신형 도마이다.

구형 도마와 신형 도마의 차이는 신형 도마는 구형 도마 보다 높이는 같지만, 길이가 짧아진 것과는 달리 폭이 60cm 넓어진 구조로 변형되었다.



(1) 구형 도마



(2) 신형 도마

그림 1. 도마 종류

### 3. 실험절차 및 분석절차

촬영도구의 배치는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 공간좌표 설정을 위해 손잡고 옆 돌아 1/1 Turn 동작과, Stretched 동작, 그리고 Tucked 동작을 완전히 포함하는 범위 내에 도마의 조향으로부터 좌·우측 20m 떨어진 지점에 삼각대를 고정시켜 설치한 다음 카메라 필드 안에 기술동작과 통제점 틀, 그리고 램프 인디케이터와 LED가 모두 들어올 수 있도록 렌즈를 조절하였다.

실 공간 좌표를 설정하기 위하여 대상자 전체 동작이 잘 관찰될 수 있도록 공간에 48개의 통제점이 표시된 기준척을 높이 4m, 길이 6.24m, 폭 1.60m로 설치하였다. 촬영 준비가 모두 끝난 후에 6대의 디지털 비디오 카메라(DCR-VX2000-SONY)를 동조(LED)시켜 피험자가 동작을 실시하는 전후, 좌우 면과 진행 방향에 각각 설치하였으며, <그림 3>에서 보는 바와 같이 반력기와 구름판은 구름판 구조물은 구름판에 전달되는 힘을 load cell에 전달하고 구름판을 고정시키는데 목적을 두었다.

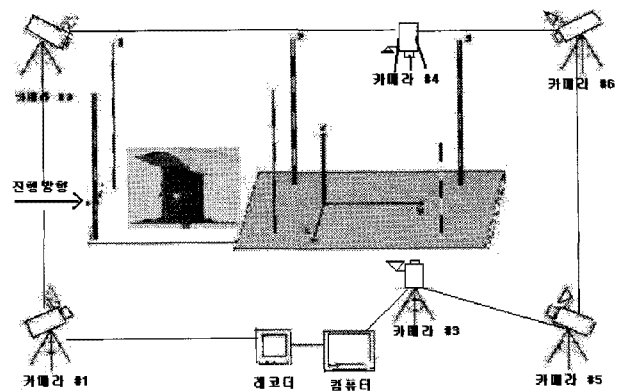


그림 2. 실험배치도

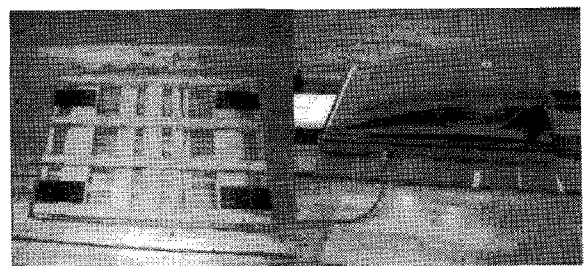


그림 3. 반력기와 구름판

촬영준비가 완성된 후, 우선 디지털 비디오카메라를 작동시켜 통제점 틀을 3분 동안 촬영 하였고 기준척을 제거한 후 본 실험을 실시하였다. 실험에 들어가기 전에 각 피험자들에게 인체 각 관절 경계점에 가로, 세로 2cm 형광색 랜드 마크를 부착한 후 충분히 워밍업을 한 다음 기술동작을 실시하도록 하였으며, 순서는 구형도마 실험 후 신형 도마 순으로 각각 3회씩 실시하였다. 이 때, 3명의 국제심판에 의해 점수화시켜 가장 높게 평가된 시기를 분석대상으로 선정하였다. 본 연구에서 통제점 좌표화와 인체 관절 중심점의 좌표화, 동조, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 자료 스무딩은 Kwon(2001)이 개발한 KWON3D(3.0) 윈도우용 프로그램을 사용하였으며, 획득하고자 하는 자료의 계산을 위하여 Walton(1981)의 DLT(Direct Linear Transformation) 기법을 이용하여 디지털 타이저 좌표계와 실 공간 좌표계로부터 DLT 변환식의 계수를 산출하였다. 그 후 계산된 DLT 계수와 인체관절 중심점의 평면좌표를 이용하여 피험자의 3차원 공간좌표를 산출하였다. 3차원 공간좌표의 산출 후 공간좌표의 우연오차(random error)를 제거하기 위한 스무딩(smoothing)방법으로 2nd-Order Butterworth Low Pass Filtering 방법을 이용하였고, 이 때 cut-off frequency는 6 Hz로 하였으며, 인체는 총 21개의 관절점을 가진 14개의 분절로 연결된 강체시스템으로 정의하였고, 각 분절의 인체 분절의 모수치(body segment parameters)는 Plagenhoef, Abdelnour(1983)의 인체측정학자료(anthropometric data)를 사용하였다. 반력 분석은 피험자가 각 난이도별 동작을 실시할 때 구름판 밑에 부착된 4개의 load cell에서 나온 시그널을 200Hz로 받아들여 컴퓨터에 저장하였다. 이 시그널은 수직 반력, 전후 반력을 포함하고 있는데, 본 연구에서는 구름판의 수직 및 전후 반력 값을 계산하여 분석하였으며, 데이터 수집 및 자료처리는 제작된 프로그램을 사용하였다.

1) 이벤트 및 국면 구분

본 연구는 <그림 3>과 같이 총 6개의 이벤트와 4개의 국면으로 구분하였다.

(1) 이벤트(Event)의 구분

- ① E1(BTD) : 발이 구름판에 접촉(touch down)하는 순간.
- ② E2(BTO) : 발이 구름판에서 이륙(take off)하는 순간.
- ③ E3(VTD) : 도마에 손이 접촉하는 순간.
- ④ E4(VTO) : 도마에서 이륙하는 순간.
- ⑤ E5(peak) : 제 2비약의 공중동작 중 신체중심이 최고 높이가 되는 순간
- ⑥ E6(LD) : 발이 매트에 접촉하는 착지 순간.

(2) 국면(Phase)의 구분

- ① Phase 1(발 구름 국면) : Event 1 - Event 2
- ② Phase 2(제 1비약 국면) : Event 2 - Event 3
- ③ Phase 3(도마 접촉 국면) : Event 3 - Event 4
- ④ Phase 4(제 2비약 국면) : Event 4 - Event 6

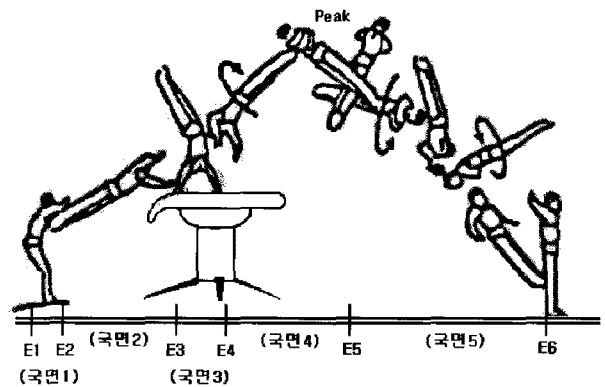


그림 3. 이벤트 및 국면구분

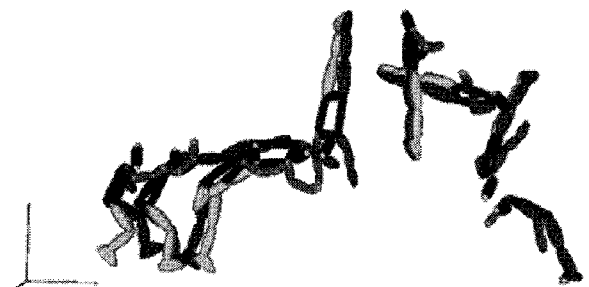


그림 4. 1/1 Turn 종목



그림 5. Stretched 종목



그림 6. Tucked 종목

구형 도마와 신형 도마의 난이도 형태에 따라 평균과 표준편차를 구하였으며, 구형 도마와 신형 도마간에 차이 검증을 위해 SPSS 11.0을 이용하여 t검증을 하였으며, 이때 유의 수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 각 단계별 신체 각운동량

<표 2, 3, 4>는 Event별 신체각운동량의 합성변화와 도마 유형간의 평균 차이를 t 검증한 결과를 나타낸 것이다. <그림 7, 8, 9>는 구형 도마와 신형 도마의 각운동량 변화를 상상블로 나타낸 그림이다.

<표 2>는 1/1 Turn 동작시 구형 도마와 신형 도마의 각운동량의 합성 변화를 나타낸 것으로, 발구름 국면의 접촉과 이륙에서는 구형 도마와 신형 도마간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 구형 도마가 평균  $0.338\pm 0.08$  1/s와  $1.332\pm 0.15$  1/s로 신형 도마보다 큰 각운동량을 가지고 구름판 접촉과 이륙을 하는 것으로 나타났다.

#### 4. 통계처리

표 2. Tucked 동작의 국면별 소요 시간

(단위: sec)

Phase	A		B		C		M±SD		t	p
	구형	신형	구형	신형	구형	신형	구형	신형		
Phase1	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117±0.00	0.117±0.00	.	.
Phase2	0.167	0.167	0.117	0.100	0.084	0.084	0.123±0.04	0.117±0.04	1.00	.423
Phase3	0.251	0.200	0.251	0.217	0.284	0.251	0.262±0.02	0.223±0.03	6.74	.021*
Phase4	0.819	0.819	0.885	0.935	0.869	0.935	0.858±0.03	0.896±0.07	-1.95	.191
전체 시간	1.354	1.303	1.370	1.369	1.354	1.387	1.359±0.01	1.353±0.04	.260	.819

표 3. Stretched 동작시 Event별 신체각운동량의 변화

(단위: 1/s)

Event	A		B		C		M±SD		t	p
	구형	신형	구형	신형	구형	신형	구형	신형		
BTD	0.249	0.368	0.387	0.318	0.379	0.332	0.338±0.08	0.339±0.03	-0.17	.988
BTO	0.972	1.398	1.363	1.139	1.222	1.312	1.185±0.20	1.283±0.13	-5.19	.656
VTD	1.110	1.601	1.497	1.330	1.269	1.504	1.292±0.19	1.479±0.14	-9.73	.433
VTO	1.170	1.573	1.362	1.322	1.371	1.516	1.301±0.11	1.470±0.13	-1.318	.318
Peak	1.145	1.402	1.285	1.142	1.242	1.396	1.224±0.07	1.313±0.15	-7.45	.534

표 4. Tucked 동작시 Event별 신체각운동량의 변화

(단위: 1/s)

Event	Subjects Types		A		B		C		M±SD		t	p
	구형	신형	구형	신형	구형	신형	구형	신형				
BTD	0.272	0.395	0.314	0.413	0.324	0.328	0.303±0.03	0.378±0.04	-2.073	.174		
BTO	1.206	1.292	1.456	1.604	1.197	1.294	1.286±0.15	1.397±0.18	-5.777	.029*		
VTD	1.382	1.526	1.574	1.822	1.308	1.464	1.421±0.14	1.604±0.19	-5.561	.031*		
VTO	1.315	1.458	1.566	1.607	1.388	1.509	1.423±0.13	1.525±0.08	-3.281	.082		
Peak	1.130	1.341	1.436	1.402	1.115	1.251	1.227±0.18	1.332±0.08	-1.440	.287		

도마접촉 국면의 접촉과 이륙에서도 구형도마와 신형도마 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 구형 도마가 평균  $1.475 \pm 0.15$  1/s와  $1.598 \pm 0.12$  1/s를 보이면서 신형 도마보다 큰 각운동량을 가지고 도마 접촉과 이륙을 하는 것으로 나타났다. 최대 정점의 Peak에 있어서도 구형 도마가 평균  $1.560 \pm 0.15$  1/s로 신형 도마의 평균  $1.380 \pm 0.12$  1/s보다 큰 운동량을 보이면서 회전운동을 수행하는 것으로 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

따라서 1/1 Turn 동작에서는 구형 도마와 신형 도마간의 유의한 차이를 보이지 않았지만, 평균적으로 구형 도마가 신형 도마보다 큰 각운동량을 가지고 동작을 수행하는 것으로 나타났다.

<표 3>은 Stretched 동작에서의 각운동량 합성 변화를 나타낸 것으로, 발구름 국면의 접촉과 이륙에서는 구형 도마와 신형 도마 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형 도마가 평균  $0.339 \pm 0.03$  1/s와  $1.283 \pm 0.131$  1/s로 구형 도마의 평균  $0.338 \pm 0.08$  1/s와  $1.185 \pm 0.20$  1/s보다 큰 운동량을 가지고 구름판 접촉과 이륙을 하는 것으로 나타났다.

도마접촉국면의 접촉과 이륙에서도 신형도마가 평균  $1.479 \pm 0.14$  1/s와  $1.470 \pm 0.13$  1/s로 구형 도마보다 큰 각운동량으로 보였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 최대 정점의 Peak에서도 신형도마가  $1.313 \pm 0.15$  1/s로 구형도마의 평균  $1.224 \pm 0.07$  1/s보다 큰 각운동량을 가지고 동작을 수행하는 것으로 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

따라서 Stretched 동작은 구형 도마와 신형 도마간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형도

마보다 구형 도마가 큰 운동량을 보인 1/1 Turn 동작과 달리 구형 도마보다 신형 도마가 큰 각운동량을 가지고 회전운동을 수행하는 것으로 나타났다.

<표 4>의 Tucked 동작에 있어서의 각운동량 변화를 살펴보면, 발구름 국면의 접촉에서는 신형 도마가 평균  $0.378 \pm 0.04$  1/s를 나타내면서 구형 도마의 평균  $0.303 \pm 0.03$  1/s보다 큰 각운동량을 보였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 구름판이륙에서는 구형 도마와 신형도마 간에  $P > .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였는데, 신형 도마가 평균  $1.397 \pm 0.18$  1/s로 구형 도마의 평균  $1.286 \pm 0.15$  1/s보다  $0.111$  1/s 큰 각운동량을 가지고 구름판을 이륙하는 것으로 나타났다.

도마접촉 국면의 접촉에서도 구형 도마와 신형 도마 간에  $P > .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였는데, 구형 도마는 평균  $1.421 \pm 0.14$  1/s를, 신형도마는 평균  $1.604 \pm 0.19$  1/s로 신형 도마가  $0.183$  1/s 큰 각운동량을 가지고 도마에 접촉하는 것으로 나타났다. 그러나 도마 이륙에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형 도마가 평균  $1.525 \pm 0.08$  1/s로 구형도마보다  $0.102$  1/s 큰 각운동량을 가지고 도마를 이륙하는 것으로 나타났다. 최대 정점의 Peak에 있어서도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 구형 도마보다 신형 도마가 평균  $1.332 \pm 0.08$  1/s로 구형 도마보다  $0.105$  1/s 큰 각운동량을 가지고 공중동작을 수행하는 것으로 나타났다.

따라서 Tucked 동작에 있어서는 구름판이륙과 도마접촉에서 구형 도마와 신형 도마 간에 유의한 차이를 보이면서 신형 도마가 구형 도마보다 큰 각운동량을 가지고 구름판 이륙과 도마 접촉을 하는 것으로 나타났

고, 구름 관절축과 도마 이륙에서 그리고 Peak에서는 구형 도마와 신형 도마간에 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형 도마가 구형 도마보다 다소 큰 각운동량을 가지고 동작을 수행 하는 것으로 나타났다.

Takei(1999)의 연구에 의하면, 신체각운동량의 크기는 기술 난이도에 따라 각운동량이 크게 나타나는 것으로 보고하였고, 여흥철(2003)의 연구에서도 고난이도 기술과 비틀기 동작일수록 큰 각운동량을 가지는 것으로 보고하였는데, 본 연구에서도 동작 종목에 따라 많은 차이를 보이고 있는데, 구형 도마보다 신형 도마에서 큰 각운동량을 가지고 동작을 수행하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 <그림 7, 8, 9>에서 볼 수 있듯이, 1/1 Turn 동작에 있어서는 구형 도마와 신형 도마가 유사한 형태의 각운동량 변화를 보이고 있지만, Stretched 동작과 Tucked 동작에서는 구형 도마 보다 신형도마가 큰 각운동량을 보이면서 동작을 수행하는 것으로 나타났다. 특히, 발구름 국면에서 각운동량 증가는 박중훈(1999)이 제시한 것처럼, 발구름 시 반력에 따른 신체 각속도의 증가한 결과로 볼 수 있으며, 도마 착수 순간의 감소된 각운동량은 낮은 blocking각에 따른 신체 회전의 억제력과 신체 관성모멘트 증가에 따른 결과로 보여 진다.

또한 제 2비약에서의 각운동량이 구형 도마에서 크게 나타났는데, 이는 신체중심의 높이에서 볼수 있듯이 구형 도마가 다소 낮은 정점 높이를 보여 주고 있어, 접촉 직전 신체의 신전을 가능케 하여 착지 시 안정된 자세를 취할 수 있게 한 것으로 사료된다.

따라서 신체각운동량은 도마 이륙 후 일정한 운동량을 유지하기 때문에 도마 이륙 시 가능한 한 큰 각운동량을 갖는 것이 보다 유리한 것으로 볼 수 있다. 이를 위해서는 발구름 국면에서부터 도마 이륙까지 각속도 증가에 따른 신체의 빠른 회전운동이 이루어져야 하는 것을 볼 수 있다.

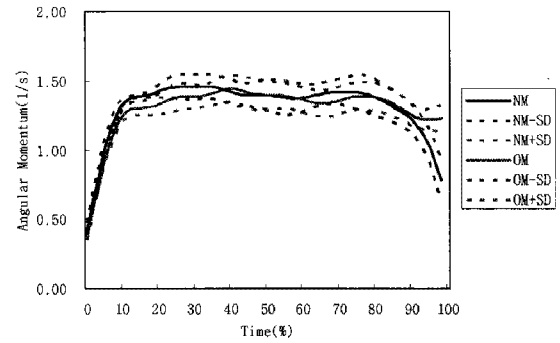


그림 7. 1/1 Turn 동작시 신체각운동량의 변화

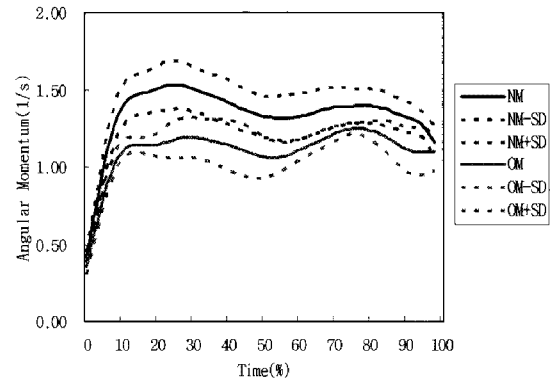


그림 8. Stretched 동작시 신체각운동량의 변화

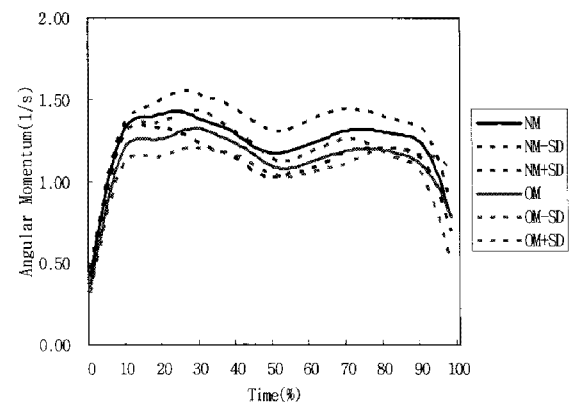


그림 9. Tucked 동작시 신체각운동량의 변화

## 2. 구름판 반력

### 1) 발구름시 수평반력

<표 5, 6, 7>은 발구름 국면에서 나타나는 최대 수평 힘(Fy)과 도마 유형간의 평균 차이를 t 검증한 결과를 나타낸 것이다. 표에 제시된 BW는 각 피험자의 체중으로 표준화(normalization)된 값이다.

표 5. 1/1 Turn 동작의 발구름시 Fy의 최대 힘 값

(단위: N/BW)

Subjects	Types			M±SD	t	p
	A	B	C			
구형	N	1692.4	1937.2	1306.4	-0.328	.774
	BW	(3.20)	(3.04)	(2.34)		
신형	N	1579.5	1815.4	1706.2		
	BW	(2.98)	(2.85)	(3.05)		
DM	N	112.9	121.8	-339.6		
	BW	(0.22)	(0.19)	(-0.17)		

표 6. Stretched 동작의 발구름시 Fy의 최대 힘 값 (단위: N/BW)

Subjects	Types			M±SD	t	p
	A	B	C			
구형	N	1914.6	1485.3	1150.2	-1.00	.422
	BW	(3.62)	(2.33)	(2.06)		
신형	N	1861.3	1880.8	1219.7		
	BW	(3.52)	(2.95)	(2.18)		
DM	N	53.3	-39.5	-69.5		
	BW	(0.1)	(0.62)	(0.12)		

표 7. Tucked 동작의 발구름시 Fy의 최대 힘 값 (단위: N/BW)

Subjects	Types			M±SD	t	p
	A	B	C			
구형	N	1794.6	1666.9	1737.6	4.06	.056
	BW	(3.39)	(2.62)	(3.11)		
신형	N	1557.5	1548.8	1470.0		
	BW	(2.94)	(2.43)	(2.63)		
DM	N	237.1	118.1	207.6		
	BW	(0.45)	(0.19)	(0.37)		

<표 5>에 나타난 1/1 Turn 동작의 힘 값을 살펴보면, 구형 도마와 신형 도마간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형 도마가 평균 2.96±0.46BW로 구형도마의 평균 2.96±0.46BW보다 신형 도마가 0.1BW 큰 수평 힘을 보였다.

그러나 피험자 A와 B는 신형도마보다 구형 도마에서 각각 0.22BW와 0.19BW 큰 수평 힘을 보였고, 피험자 C는 구형도마의 2.34BW보다 신형 도마가 0.71BW 큰 수평 힘을 보이면서 피험자 간에 많은 편차를 보였다.

수평 힘 크다는 것은 결과적으로 구름관접축 시 제어력이 커짐으로서 해서 그에 따른 수직 반력이 작아져, 이륙 후 제 1비약의 수직 속도를 크게 증가시키지 못한다. 즉, 수평 힘이 크다는 것은, 결과적으로 수직속

도를 저해하는 요인으로 볼 수 있다. 따라서 1/1 Turn 동작에 있어서는 피험자 A와 B가 구형도마보다 신형도마에서 작은 수평 힘을 보이면서 신형도마에서의 수직 속도를 크게 할 수 있는 것으로 나타났다.

<표 6>의 Stretched 동작에 있어서는 구형 도마와 신형도마 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 구형 도마가 평균 2.67±0.83BW를 보였고, 신형 도마는 평균 2.88±0.67BW를 보이면서 신형 도마가 0.21BW 큰 수평 힘을 보였지만, 피험자 간에 많은 편차를 보였다.

그러나 Stretched 동작에 있어서는 피험자 A가 구형도마보다 신형 도마에서 다소 작은 수평 힘을 보임에 따라 피험자 B와 C보다 수직속도를 크게 할 수 있는 것으로 나타났다.



<표 7>의 Tucked 동작에서는 구형 도마와 신형 도마 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 1/1 Turn 동작과 Stretched 동작과 달리 구형 도마가 평균 3.04±0.39BW로, 신형 도마의 평균 2.67±0.26BW보다 구형 도마가 0.37BW 큰 수평 힘을 보였다. 이는 신형 도마가 구형 도마보다 수직반력을 크게 함으로서 제 1비약에서의 수직속도를 크게 하는 것으로 나타났다.

Takei(1999)의 손짚고 앞돌아 앞공중돌기 동작의 연구에서는 구름판에 가해지는 수평 힘이 2.00BW로 보고하였고, Takei(1991)의 손짚고 앞돌기 동작에서는 1.90BW를, Takei & Kim(1990)의 손짚고 앞돌아 앞공중돌기 동작에서는 2.10BW를, 그리고 박종훈(1999)의 연구에서는 숙련자가 평균 3.20BW를, 비숙련 자가 평균 3.09BW의 힘을 발휘하는 것으로 나타났다.

또한 여홍철(2003)의 연구에서는 수평 힘이 평균 3.45BW의 힘을 발휘하는 것으로 보고된 것과 비교할 때, 이 연구에서 나타난 결과가 선행 연구에 비해 다소 작은 수평 힘을 발휘하는 것으로 나타났다. 그러나 박종훈(1999)의 연구 결과에 의하면, 동작 난이도에 따라 힘의 차이가 크게 나타난다고 보고한 것처럼, 이 연구에서도 동작 유형의 난이도와 도마 유형에 따라 가해지는 수평 힘의 차이를 보였다.

이를 종합해보면, 수평 힘이 크다는 것은 수직 반력이 상대적으로 작아져 제 1비약에서의 수직 속도가 낮아져 제 2비약의 공중 동작에 영향을 줄 수 있다. 따라서 원활한 공중 동작을 수행하기 위해서는 발구름 국면의 구름판접촉에서 신체각을 작게 하여 수평 힘보다 수직반력을 크게 하는 것이 보다 유리하다고 볼 수 있는데, 1/1 Turn 동작과 Stretched 동작과 달리 Tucked 동작이 신형 도마에서 작은 수평 힘을 보이면서 상대

적으로 수직 반력을 크게 하는 것으로 나타났다.

2) 발구름 시 수직반력

<표 8, 9, 10>은 발구름 국면에서 나타나는 최대 수직힘(Fz)과 도마 유형간의 평균 차이를 t 검증한 결과를 나타낸 것이다. 수직 힘은 구름판을 밟을 때의 수직 반력을 나타내는 힘 값으로 볼 수 있으며, 제 1비약의 수직속도 변화에 직접적으로 영향을 주는 요인이라 할 수 있다.

<표 8>에 나타난 1/1 Turn 동작에서는 구형 도마와 신형 도마 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형 도마가 평균 10.32±0.30BW로 구형 도마의 평균 9.99±0.79BW보다 신형도마가 0.33BW 큰 수직 힘을 보이면서 제 1비약의 수직속도를 크게 하는 것으로 나타났다.

<표 9>에 나타난 Stretched 동작에 있어서도 구형 도마와 신형 도마 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형 도마가 평균 10.43±0.77BW로 구형 도마의 평균 9.88±0.52BW보다 신형 도마가 0.55BW 큰 수직 힘을 보이면서 제 1비약의 수직속도를 크게 하는 것으로 나타났다.

<표 10>의 Tucked 동작에 있어서도 구형 도마와 신형 도마 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신형 도마가 평균 10.17±0.55BW로 구형 도마의 평균 9.83±0.23BW보다 신형 도마가 0.34BW 큰 수직 힘을 주는 것으로 나타났다.

따라서 동작 난이도에 따라 구형 도마와 신형도마 간에 있어서의 수직 힘은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 구형 도마보다 신형 도마가 큰 수직 힘을 주는 것으로 나타났다.

표 8. 1/1 Turn 동작의 발구름시 Fz의 최대 힘 값

(단위: N/BW)

Subjects	Types	Types			M±SD	t	p
		A	B	C			
구형	N	5663.5	5822.3	5652.5	5712.8±95.02	-9.56	.440
	BW	(10.70)	(9.14)	(10.12)	(9.99±0.79)		
신형	N	5642.8	6477.4	5661.4	5927.2±476.58		
	BW	(10.66)	(10.17)	(10.13)	(10.32±0.30)		
DM	N	20.7	-665.1	8.9	214.4±318.56		
	BW	(0.04)	(1.03)	(0.01)	(0.33±0.49)		

표 9. Stretched 동작의 발구름시 Fz의 최대 힘 값 (단위: N/BW)

Subjects	Types			M±SD	t	p
	A	B	C			
구형	N	5307.3	5924.5	5754.8	5662.2±318.85 (9.88±0.52)	
	BW	(10.03)	(9.30)	(10.30)		
신형	N	5885.8	6118.7	5893.6	5966.0±132.27 (10.43±0.77)	-2.033
	BW	(11.12)	(9.61)	(10.55)		
DM	N	-578.5	-194.2	138.8	-303.8±186.58 (0.5±0.25)	
	BW	(1.09)	(0.31)	(0.25)		

표 10. Tucked 동작의 발구름시 Fz의 최대 힘 값 (단위: N/BW)

Subjects	Types			M±SD	t	p
	A	B	C			
구형	N	5275.5	6092.7	5557.8	5642.0±415.06 (9.83±0.23)	
	BW	(9.97)	(9.56)	(9.95)		
신형	N	5071.5	6516.2	5968	5851.9±729.31 (10.17±0.55)	-.926
	BW	(9.58)	(10.23)	(10.68)		
DM	N	204.0	486.5	410.2	209.9±314.25 (0.34±0.32)	
	BW	(0.39)	(0.67)	(0.91)		

윤창선(2005)에 의하면, 수직반력이 클수록 제 1비약의 각운동량에 영향을 주는 것으로 보고하면서, 제 1비약에서의 큰 각운동량은 제 2비약의 각운동량으로 전이될 수 있기 때문에 가능한 한 수직 반력을 크게 하는 것이 보다 유리한 조건으로 보고한 것처럼, 본 연구에서는 구형 도마보다 신형 도마의 수직반력이 크게 나타난 것은 결과적으로 신형 도마의 각운동량을 크게 하기 위한 것으로 판단된다.

그러나 선행연구에서 나타난 수직 힘 값을 비교할 때, 박종훈(1999)의 연구에서는 숙련자가 평균 14.96BW, 비숙련 자가 12.9BW의 수직 반력을 보였고, 여홍철(2003)은 평균 16.62BW의 수직 힘을 발휘하는 것으로 보고된 것과 비교하면, 이 연구에서 나타난 결과와 많은 차이를 보였다. 그러나 이는 구름판 탄성의 정도가 이전 구름판에 비해 크게 향상된 결과로 볼 수 있으며, 박종훈(2001)이 보고한 것처럼, 고난이도 동작일수록 큰 수직반력을 필요로 하기 때문에 선행연구와 많은 차이를 보이는 것으로 판단 및 사료된다.

## IV. 결 론

국가대표 남자 기계체조 선수 3명을 선정하여 신형 도마와 구형 도마를 이용한 손잡고 옆돌아 뒤 공중돌기 기술의 난이도별 1/1 Turn Stretched 그리고 Tucked의 기술 동작을 수행할 때 신·구형도마 간에 각 운동량과 구름판 반력의 차이를 알아 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 단계별 신체각운동량의 변화에 있어서 구형 도마와 신형 도마간 에 유의한 차이를 보이는 것은 Tucked 동작에 있어서 발구름 국면의 이륙과 도마접촉 국면의 접촉에서 신형도마가 구형도마보다 큰 운동량을 보였고, 1/1 Turn 동작과 Stretched 동작은 차이가 없었다.
2. 구름판 발구름 시 수평 반력은 동작 난이도에 따라 구형 도마와 신형 도마간 에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 평균적으로 1/1 Turn 동작과 Stretched 동작에서는 구형 도마보다 신형 도마가 다소 큰 힘을 보였고, Tucked 동작에서는 신형 도마보다 구형 도마가 다소 큰 힘 받

휘하였다.

수직반력에 있어서도 동작 난이도에 따라 구형 도마와 신형 도마간 에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 1/1 Turn 동작과 Stretched 동작, 그리고 Tucked 동작에서 평균적으로 구형 도마보다 신형 도마가 다소 큰 수직 힘을 보였다.

본 연구에서는 도마의 접촉이륙순간에 있어 많은 차이점은 보였지만 이는 동작의 특성과 난이도 형태에 따라 큰 차이가 있으며 이는 도마의 구조변경에 따른 접촉의 위치가 다르기 때문이다. 따라서 신체의 각운동량은 도마의 이륙 후 일정한 운동량을 유지하기 때문에 이륙 시 가능한 큰 각의 운동량을 갖는 것이 좋은 경기 기술의 발전에 도움이 되며 이를 위해서는 발구름 국면부터 도마이륙까지 각속도의 증가에 따른 신체의 빠른 회전운동이 이루어 져야하며 이를 위해서 팔의 힘을 밀어주는 삼두박근의 훈련과 도마의 접촉 순간까지 빠른 속도 훈련이 경기력 향상에 도움을 줄 수 있다.

## 참 고 문 헌

대한체조협회(2001). 체점규칙. 대한체조협회.  
 박종훈(1999). 도마 손 짚고 옆 돌아 몸 굽혀 뒤 공중돌기 동작의 국면별 역학적 분석. 미간행 박사학위 논문 한국체육대학교 대학원.  
 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 손 짚고 몸 펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기 역학적 분석. 박사학위논문. 한국체육대학교 대학원.  
 여홍철(2003). 도마 Yeo 동작에 대한 운동학적 요인 분석. 한국운동역학회지, 13(1).  
 윤창선, 김태삼, 윤희중(2003). 도마운동 유리첸코 몸 펴 공중돌기 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제13권, 제3호, 67-79.  
 Elliott, B. & Mitchell, J. (1991). A Biomechanical Comparison of the Yurchenko Vault and Two Associated Teaching Drills. *International Journal of sport Biomechanics*, 7, 91-107.  
 Kwon, Y, H.(2001). KWON3D Motion analysis package version 3.0 User's Reference Manual. Anywang, Korea; VISOL corporation.  
 Plagnehoef, S. C, Evans, F.G. & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 58, 132-149.  
 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.

투 고 일 : 2006. 10. 30  
 심 사 일 : 2006. 11. 10  
 심사완료일 : 2006. 12. 20