

1 **남자 도마 경기의 공중회전에 관한 운동학적 분석**

2 - 로윤 기술과 아코피안 기술을 중심으로 -

3

4 **Kinematical analysis on somersaulting with twist in men's vault**

5 - Focusing on Louyun and Akopian motion -

6

7 **Kyu-Chan Lim¹, Hyung Suh Park²**

8 ¹School of Exercise and Sport Science, University of Ulsan, Ulsan, Korea

9 ²School of Exercise and Sport Science, Graduate School of University of Ulsan, Ulsan, Korea

10

11 **Corresponding Author**

12 Kyu-Chan Lim

13 School of Exercise and Sport Science, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan-si, Korea

14 Tel : +82-52-259-2845 / Fax : +82-52-259-1696 E-mail : kclim@ulsan.ac.kr

15

16 **Acknowledgements**

17 이 논문은 2016 년 울산대학교 연구비에 의해 연구되었음.

18 박형서의 석사학위 논문의 원자료(raw data)를 사용하였음.

19

20 **Abstract**

21

22 **Objectives:** The aim of this study was to determine the kinematical characteristics of somersault
23 with twist in the Lou Yun and Akopian motions and to provide useful information to gymnastic
24 athletes in men's vault.

25 **Methods:** The study subjects were 12 male adult top athletes. After 12 trials (7 Lou Yun and 5
26 Akopian trials) filmed by using two digital high-speed camcorders set at 90 frames/sec, kinematical
27 data were collected through the direct linear transformation (DLT) method. The mean differences
28 in biomechanical variables were compared during the second flight upward phase. The kinematic
29 characteristics of somersault with twist in the Lou Yun and Akopian motions were identified.

30 **Results:** In Lou Yun motion, the vertical release velocity through horse breaking was not difficult to
31 obtain, so the athletes had enough time to prepare for the twist. Therefore, the Lou Yun motion
32 has an advantage to make a cat twist in the pike posture. In the Akopian motion, obtaining the
33 horizontal velocity through horse pushing was so easy that the Akopian athletes attained a large
34 angular impulse and angular momentum. Therefore, the Akopian motion has an advantage to
35 making a tilt twist in the body tilting posture.

36 **Conclusion:** This study suggests that gymnastic athletes should control their body segment
37 movements in order to increase the twisting angular velocity of the whole body, which requires
38 regulation of the longitudinal moment of inertia of the body. Moreover, athletes should prepare
39 for the shoulder and hip twists early in order to make the landing position in advance.

40

41 *Keywords* : Somersault, Twist, Louyun Motion, Akopian Motion, Men's Vault

42

43 **Introduction**

44

45 도마 종목(vault)은 발 구름(board contact), 손 짚기(horse contact), 도약(takeoff), 회전(somersault)과
46 비틀기(twist), 그리고 착지(landing) 등 체조에서 요구되는 기술적인 동작을 모두 포함하는
47 연기(performance)를 보여 주어야 하며, 기술의 난이도는 도약의 형태 및 공중 회전운동의 신체자세와
48 회전량에 따라 결정된다(FIG: International Gymnastics Federation, 2013).

49 국제체조연맹(FIG)은 2013 년 규정개정을 통해 도마운동의 뒹뒹기 유형을 진입형태에 따라 다섯
50 그룹(group)으로 구분하였는데, 제 1 그룹이 핸드스프링 유형(forward handspring and Yamashita style vault),
51 제 2 그룹이 1st flight(제 1 비약: 구름판 이륙 후 도마 착지까지의 구간)에서 1/4 또는 1/2 비트는
52 핸드스프링 유형(handspring with 1/4 or 1/2 turn in the 1st flight phase), 제 3 그룹이 회전하여 발 구름하고
53 2nd flight(제 2 비약: 도마 이륙 후 매트 착지까지의 구간)에서 뒤돌기 유형(round off entry vaults also 1/4
54 turn with backward 2nd flight phase), 제 4 그룹이 회전하여 발 구름하고 1st flight 에서 1/2 비틀기
55 유형(round off entry vaults with 1/2 turn in the 1st flight phase), 제 5 그룹이 회전하여 발 구름하고 1st
56 flight 에서 3/4 또는 1 바퀴 비틀기 유형(round off entry vaults with 3/4 or 1 turn in the 1st flight phase)이
57 그것이다(FIG, 2013).

58 제 1 그룹에서 앞으로 somersaulting 해서 반 바퀴 비틀어 도마 쪽으로 내리는 기술을 쿠에르보(Cuervo)라
59 하며, 비트는 회전수가 증가됨에 따라 기술점수를 부여하고 있다. 즉, Cuervo 기술에서 1 바퀴를 더 비틀어
60 내리면 이를 로윤(Louyun)이라 하며 5.2 점을, 이 기술에서 1 바퀴를 더 비틀어 돌면 여(Yeo)2 가 되어
61 6.0 점을 획득하게 된다(FIG, 2013). 또한 제 2 그룹에서 뒤로 somersaulting 해서 내리는 기술을
62 츠카하라(Tsukahara)라 하며, 이 동작에서 이륙 후 반바퀴 비틀어 앞으로 somersaulting 하여 도마 쪽으로
63 내리는 기술을 카사마츠(Kasamatsu)라 한다. 역시 비트는 회전수가 증가됨에 따라 기술점수가 높아지는데,
64 Kasamatsu 기술에서 몸 펴 1 바퀴를 더 비틀어 돌아 내리면 이를 아코피안(Akopian)이라 하며 5.2 점을, 이
65 기술에서 반 바퀴를 더 돌면 드릭스(Driggs)로서 5.6 점을, 여기서 반 바퀴를 더 돌아 도마 쪽으로 내리면
66 로페즈(Lopez)가 되어 6.0 점을 부여 받게 된다(FIG, 2013). 위와 같이 제 1 그룹과 제 2 그룹에서 난이도가
67 더 높은 기술을 수행하려면 Louyun 과 Akopian 기술의 정확한 연기가 바탕이 되어야 한다. 앞서 설명한
68 대로 두 기술들은 기술점수도 동일하며, 체공 중에 몸 펴서 한 바퀴 반을 비트는 동작도 동일하다.

69 Akopian 기술에서는 옆 돌아 도마를 접촉하기 때문에 두 손의 도마 착지에 시간 차이가 생기므로 한 쪽
70 팔에 하중이 치우치게 된다(Dilman, Cheetham 와 Smith, 1985). 따라서 순간적인 탄성을 증가시키는 데
71 어려움이 있다(Lee, Park 과 Lee, 2006; Back 등, 2005). 또한 Lim(2005)은 Louyun 기술의 특성으로 "도마
72 접촉 시 수평속도를 제어하여 도마 반력을 만들고 이를 이용해 수직속도를 증가시켜 큰 linear

73 momentum 을 만들어야 하며, 획득된 angular momentum 을 이용해 적당한 양의 비틀기를 병행해야 빠른
74 twist 가 이루어지고 여유 있게 착지를 준비할 수 있다”고 하였다.

75 제 1 그룹 유형 및 Louyun 과 관련한 선행연구를 살펴보면, Kang(2004)은 ‘남자 도마 경기의 Cuervo 와
76 Tsukahara 2 회전 비틀기의 운동학적 비교분석’에서 Louyun 기술의 horse contact 시 충격력을 산출하였고,
77 Lim(2005)은 ‘도마 몸 펴 Cuervo 비틀기 동작분석’에서 Louyun 기술을 제대로 발휘하려면 수평속도의
78 제어능력이 좋아야 하며, tilt twist 를 하되 cat twist 를 병행해야 한다고 하였다. Kim(2006)은 ‘남자 체조
79 도마경기 Cuervo 앞 돌아 360 도 비틀기 공중동작 및 착지자세 분석’에서 착지 성공자의 angular
80 momentum 이 실패자의 각운동량보다 크므로 착지에 성공하기 위해서는 충분한 angular momentum 이
81 요구된다고 하였으며, Park(2011)은 ‘Tsukahara 의 Akopian 기술과 Cuervo 의 Louyun 기술 비교’에서 도마를
82 수평으로 breaking 하여 큰 수직속도를 획득할 수 있는 선수라면 Louyun 기술이 상대적으로 유리하다고
83 주장하였다.

84 제 2 그룹 유형 및 Akopian 과 관련한 선행연구들을 살펴보면, Ryu, Park 과 Han(2000)은 도마 Cuervo 1 회전
85 비틀기 동작의 역학적 분석을 수행하였고, Park(2001)은 ‘도마 손 짚고 옆 돌아 몸 펴 뒤 공중돌며 2 회전
86 비틀기 동작의 역학적 분석’에서 Akopian 의 속도, 가속도 및 도마 반력 등을 산출하였다. Back 등(2005)은
87 도마 Lopez 동작의 운동학적 분석을 수행하면서 1 명의 두 번의 시기를 대상으로 1st flight 과 2nd
88 flight 에서의 선운동과 각운동 변인 등을 산출하였다. Lee, Park 과 Lee(2006)는 ‘도마 Kasamatsu 계의
89 Akopian 기술동작 분석’에서 Akopian 고득점자 집단과 저득점자 집단 간의 선 운동 변인과 각 운동 변인
90 간의 차이를 분석하면서 특히 “상체 종축의 각속도가 최대로 나타난 시기는 peak 이벤트 전후의
91 시기에서 나타났다. 여기서 각속도의 변화가 음에서 양으로 변화되는 것은 신체의 비틀림 회전이
92 시계방향에서 반 시계방향으로 역회전되는 동작이다”라고 강조하였다. 또한 “도마 이륙하면서 신체의
93 비틀기를 회전방향과 반대방향으로 역회전해야 하는 동작은 대상자들에게 큰 부담을 줄 수밖에 없다.
94 따라서 도마를 이륙하면서 신체를 역방향으로 회전시키는 동작은 신체의 회전관성을 역으로 변환시킬 수
95 있는 도마의 순간적인 강한 블로킹 그리고 이러한 블로킹에 의해 수직속도를 상승시켜야 하는 기술이
96 필요하다고 판단된다”라고 주장하였다.

97 이와 같은 선행연구의 자료가 있지만 대부분의 분석들이 board contact 부터 mat landing 까지 전
98 구간에서의 kinematical 변인 및 angular momentum 을 분석하는 데 초점을 맞추었고, 체공기에
99 이루어지는 twist 기술에 대한 언급이 부재하며 그 설명력이 부족하다(Lee 등, 2006).

100 체공 중 상체 종축의 각속도가 최대로 나타난 시기는 신체중심의 높이가 최정점인 peak height 순간
101 전후이므로(Lee 등, 2006) peak height 순간을 포함하는 반 바퀴가 비틀어지는 half twist 시점까지의
102 체공동작을 분석하는 것은 매우 중요하며, 특히 어깨 및 골반 틀기의 정도를 분석하여 선수들에게
103 비틀기에 관한 정보를 feedback 해 주는 것은 매우 시의 적절하다.

104 따라서 본 연구는 Louyun 기술과 Akopian 기술의 somersaulting 에 따른 twist 의 운동학적
105 특성을 파악하여 선수들에게 그 정보를 feedback 하는 데 그 목적을 두었다.

106

107 **Method**

108

109 1. Participants

110

111 제 37 회 문화체육관광부 장관기 체조대회 도마 종목 결승 경기에 Louyun 기술과 Akopian 기술을 발휘한
112 남자선수 중 horse takeoff 후 반시계 방향으로 twist 하여 착지자세가 안정적인 12 시기(trial)를 선정하여
113 두 집단(Louyun 7 trial, Akopian 5 trial)으로 나누었다. Louyun 집단(나이: 24.7±3.8 year; 키: 1.67±0.02 m;
114 질량: 61.0±1.1 kg; 획득점수: 14.6±0.1)과 Akopian 집단(나이: 29.6±1.5 year; 키: 1.70±0.02 m; 질량:
115 62.2±1.9 kg; 획득점수: 14.1±0.5)의 총 12 명을 본 연구의 대상으로 선정하였으며, 실험 후
116 연구대상자에게 연구의 취지를 설명하였고 분석 후의 feedback 에 관한 동의를 받았다.

117

118 2. Measurement

119

120 남자 도마 종목의 경기장면을 촬영하기 위해 2 대의 digital high speed camcorder(VFC-300), 4 m×4 개의
121 control pole, SOKKIA EZS21S theodolite 1 대가 각각 사용되었다. Sampling rate 를 90 frame/ s로 설정하고
122 도마 경기가 시작할 때부터 촬영하여 Louyun 과 Akopian 기 술을 포함시켰고, 경기가 끝난 직후에 control
123 pole 을 촬영하고 각도를 측정하였다. global coordinate 의 origin 은 마루 면의 pole 하단으로 설정하고
124 진행방향을 Y 축으로, 수직 방향을 Z 축으로 설정하였고, 좌우 방향을 X 축으로 설정하였다.

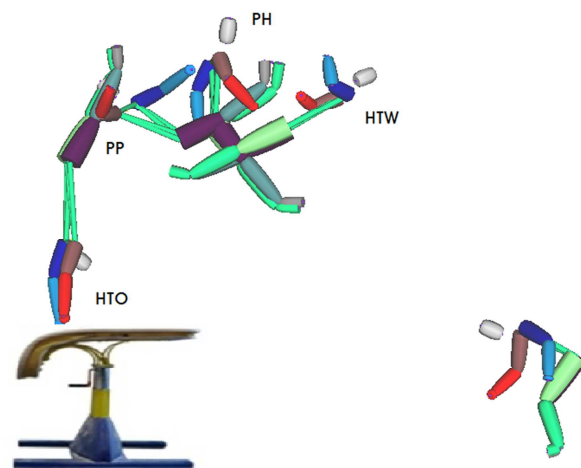
125

126 3. Data processing

127

128 Board touchdown 5 frame 전부터 mat landing 후 5 frame 까지의 18 개의 body landmark 를 분석대상으로
129 하였으며, Kwon3D 3.1 동작분석 프로그램을 사용하여 DLT 방식(Abdel-Aziz 와 Karara, 1971)으로 위치좌표를
130 산출하였고, BSP 는 Hanavan-Kwon 자료를 사용하였다(Visol, 2005). 자료를 smoothing 할 때의 cutoff
131 frequency 는 6.0 Hz 로 하였다.

132 본 연구목적 달성을 위해 4 개의 event 즉, 도마
133 이륙 순간(horse takeoff: HTO), 이륙 후 떠 올라
134 신체가 눕혀진 상태에서 Y 축에 가장 근접하여
135 twist 를 준비하는 순간(preparation: PP), 이륙 후
136 body COG 가 가장 높은 최정점 순간(peak height:
137 PH), 그리고 상체의 종축 각속도 (trunk
138 longitudinal angular velocity)가 최대로
139 이루어지는 반 바퀴를 비트는 순간(half twist:
140 HTW)을 설정하였다(Figure 1).



141 Event 에 따른 중요 변인으로서 첫째, 체공 중의
142 신체의 linear momentum 과 angular
143 momentum 을 결정하는 HTO 에서는 body COG
144 velocity, moment arm(horse takeoff 순간의 손
145 또는 양손 중심과 body COG 의 Y 축 거리)
146 그리고 전신의 X 축 angular momentum 를

Figure 1. Events during 2nd flight of Louyun motion

147 산출하였고 둘째, twist 를 준비하는 PP 에서는 horse takeoff 후의 lapse time, 골반 비틀기 정도인
 148 고관절각(hip joint angle: mid-hip 에서 mid-foot 중심으로의 벡터와 mid-shoulder 중심으로의 벡터가 이루는
 149 각)과 Z 축 고관절각(hip joint angle 을 XY 평면에 projection 시킨 각), 그리고 상체의 종축각속도인 어깨
 150 각속도(shoulder angular velocity: 몸통 벡터(Z 축)와 왼 어깨에서 오른 어깨로의 벡터(X 축)로 만든 local
 151 reference frame 으로서 원점은 양 어깨의 중심)와 엉덩이 각속도(hip angular velocity: 몸통 벡터(Z 축)와 왼
 152 엉덩이에서 오른 엉덩이로의 벡터(X 축)로 만든 local reference frame 으로서 원점은 양 엉덩이의 중심)를
 153 산출하였다. 셋째, body COG 가 가장 높은 PH 에서는 horse takeoff 후의 lapse time, 고관절각과 X 축
 154 고관절각(hip joint angle 을 YZ 평면에 projection 시킨 각), 그리고 어깨 각속도와 엉덩이 각속도 그리고
 155 전신의 angular momentum 를 제시하였고 넷째, 신체를 반 바퀴 비트는 HTW 에서는 horse takeoff 후의
 156 lapse time, 고관절각과 Y 축 고관절각(hip joint angle 을 XZ 평면에 projection 시킨 각), 어깨 각속도와
 157 엉덩이 각속도를 산출하였으며, 그리고 global coordinate 의 Z 축으로 전신이 기울어진 각(tilt angle: mid-
 158 foot 중심에서 mid-shoulder 중심으로의 벡터가 Z 축과 이루는 각을 XZ 평면에 projection 시킨 각)을
 159 산출하였다. 그리고 angular momentum 은 연구 대상자의 body mass 와 height 의 제공으로 나누어
 160 normalization 하였고, 그 값이 너무 작아 1000 을 곱하였다.

161

162 4. Statistical analysis

163

164 본 연구의 통계처리는 SPSS 18.0 을 이용하여 평균과 표준편차를 기술통계(descriptive statistics)하였고, 두
 165 기술 간 변인들의 평균차이에 대한 검증은 유의수준 .05 에서 독립표본 t-test 를 실시하였다.

166

167 **Results**

168

169 1. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at HTO

170

171 Horse takeoff 순간 중요 변인들에 대한 결과와 평균차이는 <Table 1>과 같이 나타났다

172

173 Table 1. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at HTO

Variables	Motion	Mean±SD	t
Horizontal velocity of body COG(m/sec)	Louyun	2.87±.19	-4.063**
	Akopian	3.30±.15	
Vertical velocity of body COG(m/sec)	Louyun	2.98±.22	3.546**
	Akopian	2.56±.17	
Moment arm of body COG(m)	Louyun	.09± .03	1.008
	Akopian	.06± .05	
X axis angular momentum of whole body(10 ⁻³ /sec)	Louyun	-410.5±15.5	6.415***
	Akopian	-488.4±26.6	

Note. Significant at **p<.01, ***p<.001

174

175 위와 같이 horse takeoff 순간 Louyun 은 Akopian 에 비해 전신의 수평 투사속도가 작았으나($p = .002$) 수직
176 투사속도가 컸으며($p = .005$), 전신의 X axis Angular momentum 은 시계방향으로 작았다($p = .000$). 그리고
177 moment arm 간에는 차이가 나타나지 않았다.

178

179 2. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at PP

180

181 Twist 를 준비하는 preparation 순간 중요 변인들에 대한 결과와 평균차이는 <Table 2>와 같이 나타났다.

182

183 Table 2. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at PP

Variables	Motion	Mean±SD	t
Lapse time from HTO(sec)	Louyun	.15±.02	-4.537***
	Akopian	.22±.02	
Hip joint angle(degree)	Louyun	128.4±12.2	-5.483***
	Akopian	162.2± 7.2	
Z axis hip joint angle(degree)	Louyun	161.0±13.1	-1.468
	Akopian	170.4± 6.3	
Z axis shoulder angular velocity(rad/sec)	Louyun	3.39±1.83	-10.390***
	Akopian	15.12±2.05	
Z axis hip angular velocity(rad/sec)	Louyun	4.56±3.10	-5.755***
	Akopian	15.74±3.62	

Note. Significant at *** $p < .001$

184

185 위와 같이 twist 를 준비하는 preparation 순간 Louyun 은 Akopian 에 비해 horse takeoff 후의 lapse time 이
186 짧았고($p = .001$), hip joint angle 이 작았으며($p = .000$), 어깨와 엉덩이의 Z 축 angular velocity 가 작았다(p
187 $= .000, p = .000$). 그리고 Z 축 hip joint angle 에는 차이가 없었다.

188

189 3. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at PH

190

191 신체가 최적점 높이에 도달하는 peak height 순간 중요 변인들에 대한 결과와 평균차이는 <Table 3>과
192 같이 나타났다.

193

194 Table 3. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at PH

Variables	Motion	Mean±SD	t
Lapse time from HTO(sec)	Louyun	.27±.03	2.559*
	Akopian	.23±.01	
Maximum height of body COG(m)	Louyun	2.80±.07	1.729

	Akopian	2.73±.06	
Hip joint angle(degree)	Louyun	147.5±15.5	-2.500*
	Akopian	164.4± 3.3	
X axis hip joint angle(degree)	Louyun	149.1±14.4	-2.357*
	Akopian	165.6± 2.1	
Z axis shoulder angular velocity(rad/sec)	Louyun	12.85±3.99	-1.569
	Akopian	15.75± .96	
Z axis hip angular velocity(rad/sec)	Louyun	10.17±4.26	-2.304*
	Akopian	15.31±2.99	
Total angular momentum of whole body(10 ⁻³ /sec)	Louyun	384.3±23.7	-4.267*
	Akopian	435.2±13.9	

Note. Significant at *p<.05

195

196 위와 같이 신체가 최정점 높이에 도달하는 peak height 순간 Louyun 은 Akopian 에 비해 horse takeoff
 197 후의 lapse time 이 길었고($p = .028$), hip joint angle 과 X 축 hip joint angle 이 작았으며($p = .031$; $p = .040$),
 198 엉덩이의 Z 축 angular velocity 가 작았다($p = .044$). 그리고 전신의 total angular momentum 도 작게
 199 나타났다($p = .002$). 그러나 신체의 maximum height 와 어깨의 Z 축 angular velocity 에는 차이가 없었다.

200

201 4. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at HTW

202

203 신체가 반바퀴 twist 에 도달하는 half twist 순간 중요 변인들에 대한 결과와 평균차이는 <Table 4>와 같이
 204 나타났다.

205

206 Table 4. Descriptive statistics and mean differences between Louyun and Akopian motion at HTW

Variables	Motion	Mean±SD	t
Lapse time from HTO(sec)	Louyun	.41±.04	.113
	Akopian	.41±.05	
Y axis body tilt angle(degree)	Louyun	8.7± 5.1	-.597
	Akopian	10.8± 6.9	
Hip joint angle(degree)	Louyun	167.5± 4.4	.611
	Akopian	164.8±10.9	
Y axis hip joint angle(degree)	Louyun	164.1± 8.4	-.880
	Akopian	170.0±14.6	
Z axis shoulder angular velocity(rad/sec)	Louyun	17.37±4.45	.307
	Akopian	16.70±2.28	
Z axis hip angular velocity(rad/sec)	Louyun	19.16±2.86	-.532
	Akopian	20.08±3.08	

Total angular momentum of whole body($10^{-3}/\text{sec}$)	Louyun	411.2±19.4	-2.403*
	Akopian	438.4±19.0	

Note. Significant at * $p < .05$

207

208 위와 같이 신체를 반바퀴 twist 하는 half wist 순간 Louyun 은 Akopian 에 비해 whole body total angular
209 momentum 이 작았고($p = .037$), horse takeoff 후의 lapse time, 신체의 Y 축 tilt angle, hip joint angle 과 Y 축
210 hip joint angle, 그리고 어깨와 엉덩이의 Z 축 angular velocity 에는 차이가 없었다.

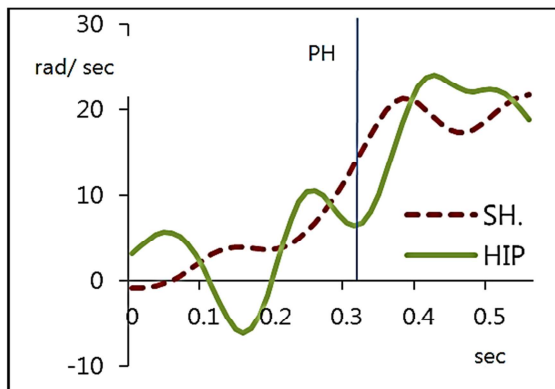
211

212 5. Patterns of angular velocity winning the highest score during 2nd flight upward phase in each motion

213

214 획득점수가 가장 좋은 Louyun 선수와 Akopian 선수의 어깨와 엉덩이의 Z 축 angular velocity pattern
215 변화는 <Figure 2>와 <Figure 3>과 같이 나타났다.

216



217 Figure 2. Angular velocity winning the highest
218 score during 2nd flight upward phase in Louyun
219 motion

220

221 그림과 같이 upward phase 에서 peak height 전후로 양 기술의 Z 축 angular velocity 의 변화 패턴은
222 유사한 것으로 보인다. 즉, upward phase 초기에는 어깨 회전이 twist 를 주도하고 upward phase 후기에는
223 엉덩이 회전이 twist 를 주도한 후 peak height 를 지나는 것을 볼 수 있다. peak height 이후부터 Louyun
224 기술을 발휘하는 선수는 엉덩이 회전의 twist 기여 정도가 일시적으로 크게 나타났으나, Akopian 기술을
225 발휘하는 선수는 어깨 회전이 twist 를 주도하는 패턴을 보였다. 따라서 양 기술의 어깨 틀기와 골반 틀기
226 pattern 은 upward phase 에선 유사했으나, downward phase 에서는 다른 경향을 보이는 것으로 판단된다.

227

228 Discussion

229

230 대부분의 스포츠에는 체공 동작(aerial movement)이 있으며 이는 기계체조(artistic gymnastics)의 vault 경기
231 평가의 한 부분이다. 선수들은 horse takeoff 후 최정점까지 올라가는 동안 신체중심의 vertical velocity 가

232 감소하기 때문에 twist 동작에 대한 timing 과 감(感)을 파악해야 한다. 특히 freefall 하는 구간에서는
 233 내이기관(inner ear)의 balance mechanism 은 정상적으로 작동하지 않으므로(Graybiel, 1970) peak height 로
 234 올라가는 구간(upward phase)에서는 선수들이 somersaulting 에 따른 twist 를 조절하기가 상대적으로
 235 용이하다.

236 본 연구는 전국체전의 사전 성격을 갖는 문체부장관기 대회에 참여한 국내 정상급 선수들을 대상으로 2nd
 237 flight upward phase 에서의 Louyun 기술과 Akopian 기술의 운동학적 및 운동역학적 변인들을 분석하였다.
 238 본 연구의 결과와 비교 가능한 선행연구로서 Louyun 기술의 Lim(2005), Kim(2006)과 Akopian 기술의
 239 Park(2001), Lee 등(2006)을 중심으로 고찰해 보고자 한다.

240 <Table 1>에서와 같이 Louyun 기술을 수행하는 선수들은 horizontal velocity 를 vertical velocity 로
 241 변환시키는 breaking 능력을 발휘하여 충분한 체공 높이(2.80 m)를 획득했다고 판단되며, Akopian 기술을
 242 수행하는 선수들은 도마를 충분히 pushing 하여 수평거리와 체공시간(.98 sec)을 획득하는 선운동 능력을
 243 보였다고 판단된다. 본 연구 horse takeoff 순간에서의 Louyun 기술과 Akopian 기술의 horizontal velocity
 244 2.87(m/sec), 3.30(m/sec)을 Lim(2005)과 Kim(2006)의 3.30(m/sec), 2.74(m/sec) 그리고 Park(2001), Lee
 245 등(2006)의 3.82(m/sec), 4.00(m/sec)와 비교해 볼 때 본 연구의 Louyun 선수들의 수평 속도는 중간
 246 정도였고 Akopian 선수들의 수평 속도는 크지 않은 것으로 판단된다. 또한 horse takeoff 순간에서의
 247 Louyun 기술과 Akopian 기술의 vertical velocity 2.98(m/sec), 2.56(m/sec)을 Lim(2005)과 Kim(2006)의
 248 3.10(m/sec), 3.29(m/sec) 그리고 Park(2001), Lee 등(2006)의 2.72(m/sec), 3.66(m/sec)와 비교해 볼 때 본
 249 연구의 대상자들은 수직 속도가 크지 않았음에도 충분한 체공 시간을 획득한 것으로 판단된다.

250 <Table 2>에서와 같이 Louyun 의 twist 준비는 horse takeoff 후 짧은 순간(.15 sec)에 이루어지고,
 251 handspring 으로 떠 올라 cat twist 를 준비하기 위해 바로 pike 자세를 만들어 골반 틀기를 준비하는
 252 것으로 판단된다. Akopian 은 측전이란 옆돌기의 preceding movement 가 있기 때문에 어깨 틀기(15.12 rad/
 253 sec)와 골반 틀기(15.74 rad/ sec)를 수행해야만 twist 준비 시점까지 도달할 수 있어 비교적 많은 시간(.22
 254 sec)을 소요한다.

255 <Table 3>에서와 같이 Louyun 은 twist 를 빨리 준비하기 때문에 peak height 에 도달하는 데에 시간적
 256 여유가 있다(.27 sec). 신체를 stretched 하고 150 degree 정도의 pike 자세에서 cat twist 를 시도하고 있고,
 257 Akopian 보다는 작은 어깨 틀기(12.85 rad/ sec)와 골반 틀기(10.17 rad/ sec)를 수행하고 있음을 알 수 있다.
 258 Akopian 은 측전의 영향으로 어깨 틀기(15.75 rad/ sec)가 골반 틀기(15.31 rad/ sec)를 지배하고 있는 것으로
 259 판단되며, 전신의 total angular momentum 이 큰 것은 horse takeoff 시 생성된 전신의 X 축 angular
 260 momentum 의 결과이다. 본 연구 2nd flight 에서의 Louyun 기술과 Akopian 기술의 body COG maximum
 261 height 2.80(m), 2.73(m)를 Lim(2005)과 Kim(2006)의 2.97(m), 2.74(m) 그리고 Park(2001), Lee 등(2006)의
 262 2.69(m), 2.73(m)와 비교해 볼 때 본 연구의 대상자들은 충분한 체공 높이를 획득한 것으로 판단된다.

263 <Table 4>에서와 같이 도마 이륙 후 half twist 순간이 되면 Louyun 과 Akopian 의 lapse time 이 비로서
 264 같아지므로 성공적인 landing position 은 twist 회전율에 의존된다. 양 기술의 tilt angle 은 유의한 차이가
 265 없이 10 도 내외에서 이루어지므로 선수들은 가급적 신체를 더 많이 기울여 상체의 twist 각속도를
 266 증가시키는 것이 바람직하다. Yeadon(1990)은 somersaulting 동안 팔 동작으로 전신을 기울어지게 만들면
 267 약 8 도 정도 신체의 기울임으로 twist 된다고 하였다. 본 연구 2nd flight 에서의 Louyun 기술과 Akopian
 268 기술의 whole body total angular momentum 411.2(10⁻³/sec), 438.4(10⁻³/sec)을 Lim(2005)과 Kim(2006)의

269 421.2(10^{-3} /sec), 374.1(10^{-3} /sec)와 비교해 볼 때 본 연구의 대상자들은 충분한 각운동량을 획득한 것으로
270 판단된다. 또한 본 연구의 Louyun 기술 과 Akopian 기술의 2nd flight time 1.06(sec), .98(sec)을 Lim(2005)과
271 Kim(2006)의 .97(sec), .98(sec) 그리고 Park(2001), Lee 등(2006)의 .87(sec), .89(sec)와 비교해 볼 때 본
272 연구의 대상자들은 충분한 체공시간을 획득한 것으로 판단된다.

273 이와 같이 본 연구에 참여한 연구대상자들의 2nd flight 에서의 선운동량과 각운동량은 충분한 것으로
274 판단된다. 다만 어깨 틀기와 골반 틀기의 timing 이 선수들마다 다른 pattern 을 보였는데, twist 를
275 성공적으로 수행하여 준비된 착지를 위해서는 upward phase 에서 어깨 틀기와 골반 틀기를 좀 더 빠르게
276 준비해야 한다.

277 전체적으로 볼 때 Louyun 기술은 Akopian 기술에 비해 twist 를 준비하는 데 여유가 있으며, 도마를
278 breaking 하여 이륙하고, 골반을 틀어주는 cat twist 의 이점이 있는 것으로 판단된다. 다만 신체가
279 stretched 되어야 감점을 받지 않기 때문에 선수들은 적당한 선에서 타협을 시도해야 할 것이다. 또한
280 Akopian 기술은 축전으로 도마에 진입하므로 큰 angular impulse 를 획득하기 위해서는 도마를 짚는
281 양손의 간격을 가급적 좁혀 angular impulse time 을 줄이는 것이 바람직하다. 또한 whole body total
282 angular momentum 이 상대적으로 크기 때문에 이를 twist 회전율로 transfer 시킬 수 있도록 whole body
283 longitudinal moment of inertia 를 제어해야 한다. 그러므로 도마 이륙 후의 vertical velocity 가 부족하여
284 체공높이를 확보하지 못하더라도 angular motion 으로 자연스럽게 transfer 시킬 수 있는 능력이
285 중요하다고 판단된다.

286

287 **Conclution**

288

289 본 연구는 제 37 회 문화체육관광부 장관기 체조대회 도마 종목 결승 경기에 Louyun 기술과 Akopian
290 기술을 발휘한 남자선수 중 horse takeoff 후 반시계 방향으로 twist 하여 착지자세가 안정적인 12
291 trial(Louyun 7 trial; Akopian 5 trial)을 연구대상으로 하였다. Louyun 기술과 Akopian 기술 동작을
292 90frame/s 의 sampling rate 로 촬영하고 DLT 방식으로 위치좌표를 산출하여 horse takeoff 후 반 바퀴
293 비틀기까지의 운동학적 및 운동역학적 변인들의 평균값을 산출하여 비교한 결과 다음과 같은
294 somersaulting 에 따른 twist 특성을 얻었다.

295 Louyun 기술은 horse breaking 으로 vertical velocity 를 획득하는 것이 용이하여 twist 를 준비하는 데
296 시간적 여유가 있으며, 체공 중 pike 자세를 만들어 골반을 트는 cat twist 의 이점이 있다.

297 Akopian 기술은 축전으로 도마에 진입하므로 horse pushing 으로 horizontal velocity 를 획득하는 것이
298 용이하고, 큰 whole body total angular momentum 을 생성한다. 또한 축전의 관성 움직임으로 어깨 틀기가
299 쉽게 이루어지므로 신체의 기울임이 좋아 body tilt twist 가 용이하다.

300 Louyun 과 Akopian 양 기술 모두 체공 중의 twist 회전율이 증가될 수 있도록 신체분절 움직임을 제어해
301 전신의 longitudinal moment of inertia 를 조절할 수 있어야 하며, 준비된 착지를 위해서는 upward
302 phase 에서 어깨 틀기와 골반 틀기를 좀 더 빠르게 준비해야 한다.

303

304 **References**

305

306 Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space
307 coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry*, 1-18.
308 Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.

309 Back, J. H., Lee, S. H., Choi, K. J., Moon, Y. J., Kim, D. M., & Park, J. H. (2005). Kinematical analysis of Ropez motion in horse
310 vault. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(2), 119-127.

311 Dilman, C., Cheetham, P., & Smith, S. L. (1985). A kinematic analysis of men's Olympic long horse vaulting. *International
312 Journal of Sport Biomechanics*, 1, 96-110.

313 F. I. G. (2013). *Code of points for men's artistic gymnastics competitions at world championship, Olympic games, regional
314 and international competitions events with international participants*. International Gymnastics Federation Men's
315 Technical Committee.

316 Graybiel, A. (1970). *Vestibular problems in prolonged manned space flight*. In: *Vestibular Function on Earth and in Space*(ed.
317 Stahle. J.), 9-25. Pergamon Press, Oxford.

318 Kang, S. Y. (2004). *The Comparative mechanical analysis of the Cuervo and Tsukahara with 720 degree turn on the vault*. Un-
319 published Doctor's Dissertation. Graduate School of Kyungsoong University.

320 Kim, K. H. (2006). *The analysis of airbourne and landing motion of Cuervo salto forward straight with single twist*. Un-
321 published Master's Thesis. Graduate School of Education of University of Ulsan.

322 Kim, Y. J. (2005). The kinematic analysis of Driggs motion in horse vaulting - a case study. *Korean Journal of Sport
323 Biomechanics*, 15(3), 175-183.

324 Lee, S. H., Park, J. H., & Lee, J. H. (2006). Kinematic analysis of Akopian in vault . *Korean Journal of Sport Biomechanics*,
325 16(1), 89-99.

326 Lim, K. C. (2005). The biomechanical analysis of the Curvo salto forward straight vaults with twists. *Korean Journal of Sport
327 Biomechanics*, 15(4), 143-151.

328 Park, J. H. (2001). A kinetic analysis of Akopian motion at horse vaulting. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 11(2), 287-
329 305.

330 Park, H. S. (2011). *The comparative analysis with Tsukahara's Akopian and Cuervo's LouYun on the men's vault
331 event*. Un-published Master's Thesis. Graduate School of Education of University of Ulsan.

332 Rezzette, D., & Amblard, B. (1985). Orientation versus motion visual cues to control sensorimotor skills in some acrobatic leaps.
333 *Human Movement Science*, 4, 297-306.

334 Ryu, J. S., Park, J. H., & Han, Y. S. (2000). *Biomechanical analysis of Cuervo single twist motion*. Proceedings of Sports Science
335 Congress, 38, 642-650.

336 Visol (2005). Kwon3d motion analysis package version 3.1 User's reference manual. Seoul, Visol.

337 Yeadon, M. R. (1990). The simulation of aerial movement-III. The determination of the angular momentum of the human
338 body. *Journal of Biomechanics*, 23, 75-83.

339 Yeadon, M.R. (2000). *Biomechanics in sport, performance enhancement and injury prevention* (ed. Zatsiorsky, V.M.). 2000
340 International Olympic Committee, Blackwell Science Ltd., 273-283.