

Kinematic analysis of success strategy of YANG Hak Seon technique

Joo-Ho Song¹, Jong-Hoon Park², & Jin-Sun Kim^{3*}

¹Korea Institute of Sport Science, ²Catholic Kwandong University, ³Yonsei University

[Purpose] The purpose of this study was to compare Yeo 2 vault and YANG Hak Seon vault to verify the possibility of YANG Hak Seon vault. **[Methods]** The YANG Hak Seon vault and Yeo 2 vault performed by five Korean national gymnastic athletes, and the photographic images were collected using a high-speed camera and their kinematic characteristics were analyzed by 3D image analysis. **[Results]** The main variable of the post-flight phase S1, S4, and S2 were similar to YANG Hak Seon vault. S1 showed the largest at shoulder angle and the highest body center of mass at horse take-off. S4 showed the smallest shoulder angle at horse take-off, slow twisting at the post-flight ascending period, but faster femoral rotation during horse contact. S2 showed the slowest twist velocity in the ascending period of the post-flight and the smallest rotational distance and twist distance at the peak. S3 showed the slowest horse take-off velocity, the least time in the post-flight phase, and the hip joint was flexed at the peak. **[Conclusions]** S1 is required to increase the twist velocity by narrowing the shoulder angle during post-flight. S4 is required to strong push-up and an increase in the twisting velocity in the post-flight ascending period. S2 is required to shorten the horse contact time and increase the horse take-off angle through powerful femoral rotation after board take-off. S3 will have to get enough power from the preparation phase.

Key words: YANG Hak Seon vault, Twist angular velocity, Push-up, Rotation angular velocity

서 론

한국 체조의 도마 종목은 올림픽경기에서 주요 메달 종목으로 1988년 서울올림픽 박중훈 선수의 동메달, 1992년 바르셀로나올림픽 유옥렬 선수의 동메달, 1996년 애틀랜타올림픽 여홍철 선수의 은메달이 명맥을 이었다. 그 후 16년의 공백을 깨고 양학선 선수가 2012년 런던올림픽에서 자신의 이름을 딴 YANG Hak Seon 기술(도마 손 짚고 앞 돌아 몸 펴 앞 공중 돌며 1080° 비틀기)을 구사하여 7.4점의 가장 높은 난도 점수(difficulty score [D-score])를 받음으로써 한국 체

조에서 최초로 금메달을 획득할 수 있었다(Park & Kim, 2014). 이 기술은 한국 역대 올림픽 메달리스트가 구사해왔던 기술과 동일한 핸드스프링 계열의 기술이며, 여홍철 선수에게 은메달을 안겨준 Yeo 2 동작의 제 2비약 시 공중 비틀기 회전보다 180° 회전을 더하여 당시 최고난도의 기술로 인정받았다(Park & Song, 2012).

이후 2013년 국제체조연맹(FIG)이 타 종목과의 형평성을 위해 점수 체도를 개정하면서 도마 종목의 대부분의 기술 난도가 1.0점씩 하향 조정되었다. 양학선 선수가 2012년 런던올림픽에서 구사하였던 YANG Hak Seon 기술의 가치점은 기존 7.4점에서 2013년 당시 6.4점으로 하향되었고 2018년 현재 6.0점으로 책정되고 있으며, 국내 선수들이 주로 구사하는 Lopez 기술과 Yeo 2 기술은 현재 난도 5.6점으로 책정되고 있다. 이

논문 투고일 : 2018. 01. 30.

논문 수정일 : 2018. 02. 28.

게재 확정일 : 2018. 04. 10.

* 교신저자 : 김진선(jinsun@yonsei.ac.kr)

에 따라 국내 체조선수들이 구사할 수 있는 기술보다 더 고난도의 기술을 성공시키기 위한 노력이 계속되어지고 있다. 양학선 선수는 Lopez 기술에 반 바퀴 비틀기를 더한 YANG Hak Seon 2 기술을 개발하여 난도 6.4의 가치점을 인정받아 2014 코리안컵 국제체조대회에서 우승을 차지하였으며 최근 2017년 세계기체조선수권 대회에서 김한솔 선수가 Tsukahara 2.5 기술과 Yeo 2 기술을 완벽히 구사함으로써 동메달을 획득하였다. 따라서 구사할 수 있는 도마 기술의 난도를 향상시킨다면 두 번째 금메달을 획득할 수 있는 가능성이 충분하다고 볼 수 있다.

YANG Hak Seon 기술은 Yeo 2 기술과 손 짚기 형태와 제 2비약의 신체자세가 모두 동일하며 반 바퀴 비틀기가 추가되는 동작으로 Yeo 2 기술을 구사할 수 있는 선수들이 고난도의 기술로 향상시키기에 가장 적합한 동작이라 할 수 있다. 그러나 YANG Hak Seon 기술은 더 많은 비틀기가 요구될 뿐만 아니라 도마를 등지는 정 방향 착지를 취하여 비교적 안정성이 낮은 형태로 착지 동작을 수행해야하기 때문에 기술의 완성을 위해서는 기술동작의 정량적인 비교분석을 통하여 성공 가능성을 진단하고 문제점을 파악하는 연구가 선행되어야할 것이다.

도마 기술을 성공적으로 수행하기 위해서는 도마 접촉 시간을 짧게 하여 도마 이륙 시 수직 속도와 제 2비약의 체공시간을 증가시키고(Park et al., 2003), 블로킹과 푸싱의 크기와 방향을 빠르고 정확하게 판단해야 하며(Lim, 2004), 도마의 접촉과 이륙 시 빠른 수직속도가 중요하다(Yoon & Kim, 2006; Kim & Park, 1994). YANG Hak Seon 기술을 분석한 Park & Song(2012)의 연구에 따르면 성공적인 동작에는 제 2비약의 체공 높이가 2.89m, 체공시간이 1.06초가 요구되며 하강국면에서 동체의 빠른 비틀기 속도, 짧은 도마 접촉시간, 신체중심이 가장 높은 시점에서 충분한 동체의 회전과 같은 특징을 보였고 착지 시 양팔의 신전으로 비틀기 회전 반경을 크게 하였다. 또한 Song et al.(2016)의 연구에 의하면 YANG Hak Seon 기술의 성공 여부는 착지 시 충분한 회전과 비틀기 거리에 있으며, 이를 위해서는 구름판 이륙 시 대퇴를 빠르게 회전시키고 도마 접촉 동안 어깨관절의 신전과 동체의 빠른 회전을 통하여 강한 푸쉬업 동작을 수행

하며 도마 이륙 시 수평 및 수직속도를 빠르게 해야 한다고 하였다.

이와 같은 기술 정보를 바탕으로 선수별 Yeo 2 기술의 운동학적 동작 분석과 YANG Hak Seon 기술과의 비교분석을 통해 YANG Hak Seon 기술 성공 가능성을 진단할 뿐만 아니라 Yeo 2 기술에 대한 다양한 비행 동작을 분석함으로써 향후 국내 체조선수들의 기술향상을 위한 기초적인 정보를 제공하고자 한다.

연구방법

연구대상

연구 대상자로는 YHS 선수와 Yeo 2 기술을 구사할 수 있는 4명의 국내 체조 선수(S1~S4)가 참여하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects

Subject	Height (cm)	Weight (kg)	Age (yrs)
YHS	159.9	52.3	27
S1	166.8	61.1	28
S2	167.3	66.6	27
S3	171.9	65.0	23
S4	165.2	62.7	23
Mean(SD)	166.2(4.3)	61.5(5.6)	25.6(2.4)

실험절차

본 연구에서는 실제 경기 상황에서 YHS 선수가 구사하는 YANG Hak Seon 기술 영상을 3회 수집하고 Yeo 2 기술을 구사할 수 있는 선수들의 각 1회 기술 영상을 수집 하였으며, 경기 영상의 자료 수집 및 분석 방법은 Song et al.(2016)의 연구와 동일하게 설정하였다. 영상 수집을 위하여 고속카메라(NEX-FS700, SONY Tokyo, Japan) 5대를 <Fig. 1>과 같이 조주로, 구름판 측면, 도마 정면기준으로 좌우측에 15 m 떨어진 지점에 설치하였고 한 대는 조주 및 경기 진행상황

(panning)을 촬영하였다. 전역좌표계를 형성하기 위해 <Fig. 1>과 같이 1×1×2 m, 1×1×4 m의 통제점 틀(Visol, Seoul, Korea)을 각각 2개 설치한 후 촬영하였고 착지 동작을 촬영하기 위하여 도마 우측에 위치한 1×1×4 m 통제점 틀을 도마 좌측에 위치한 통제점 틀의 1.5 m 좌측으로 옮겨 촬영 후 제거하였다. 이때 카메라의 촬영 속도는 120Hz, 셔터 스피드는 1/500초로 설정하였다.

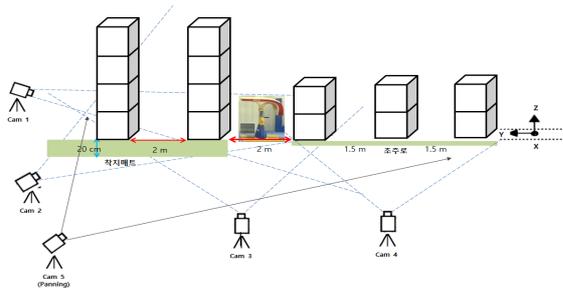


Fig. 1. Layout of camera and control point installation (Song et al., 2016)

이벤트 및 국면 정의

이벤트와 국면은 Song et al.(2016)와 Song et al.(2011, 2014)의 선행연구를 근거로 하였으며, <Fig. 2>와 같이 설정하였다.

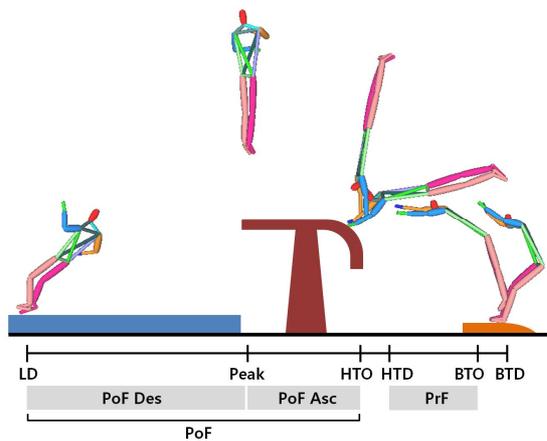


Fig. 2. Events and phases of Yeo 2 and YANG Hak Seon techniques (Song, 2017)

이벤트

- BTD(board touch-down): 구름판에 발이 접촉하는 시점
- BTO(board take-off): 구름판에서 이륙하는 시점
- HTD(horse touch-down): 도마에 손이 접촉하는 시점
- HTO(horse take-off): 도마에서 이륙하는 시점
- Peak: 제 2비약의 공중동작 중 신체중심이 최고 높이가 되는 시점
- LD(landing): 발이 매트에 접촉하는 착지 시점

국면

- BC(board contact): 발이 구름판에 접촉하고 있는 발구름 국면
- PrF(pre-flight): 구름판 이륙 시부터 도마에 왼손이 접촉 순간까지의 제 1비약 국면
- HC(horse contact): 양손이 도마에 접촉하고 있는 도마 접촉국면
- PoF(post-flight): 도마에서 오른손 이륙 시부터 발이 매트에 접촉하는 순간까지의 제 2비약 국면
- PoF Asc(post-flight ascending period): 제 2비약 중 도마에서 오른손 이륙 시부터 신체중심이 최고 높이가 되는 시점까지의 국면
- PoF Des(post-flight descending period): 제 2비약 중 신체중심이 최고 높이가 되는 순간부터 발이 매트에 접촉하는 시점까지의 국면

분석요인

본 연구의 분석요인은 Song & Park(2016), Park & Song(2015), Takei et al.(1996), Takei (2007)과 Lee et al.(2006)의 선행연구를 근거로 소요시간, 국면별 신체중심의 위치 및 속도변화, 신체의 회전 위치에 따른 신체 분절과 관절의 각도, 각속도 변화 등을 분석하였으며 각도 정의는 <Fig. 3> 및 아래와 같다.

- 엉덩관절각: 대퇴와 동체가 이루는 상대 각도로, 180° 이상 신전 시 과신전(hyperextension)으로 표기(1)

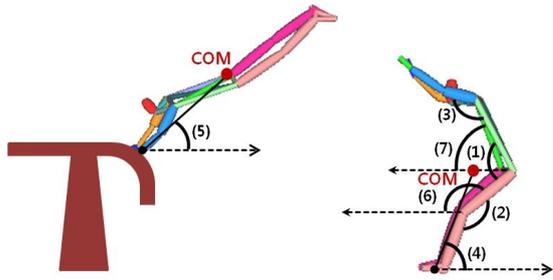


Fig. 3. Definition of angles (Song, 2017)

- 무릎관절각 : 대퇴와 하퇴가 이루는 상대 각도(2)
- 어깨관절각: 상완과 동체가 이루는 상대 각도(3)
- 구름판 지지각과 도약각: YZ 평면으로 투영된 각도로 -Y축에 대한 두 발의 질량중심점의 중앙에서 신체중심점으로 향하는 벡터의 각도(4)
- 도마 지지각과 도약각: YZ 평면으로 투영된 각도로 -Y축에 대한 손의 질량중심점에서 신체의 질량중심점으로 향하는 벡터의 각도(5)
- 대퇴 회전각: 대퇴가 YZ평면으로 투영된 각도로 Y 축과 이루는 절대각(6)
- 동체 회전각: 동체가 YZ평면으로 투영된 각도로 Y 축과 이루는 절대각(7)
- 동체 비틀기각: 동체가 XY평면으로 투영된 각도로 X축을 기준으로 시계 방향으로 비틀기 시 음의 각도, 반시계 방향으로 비틀기 시 양의 각도

자료처리

본 연구의 영상자료 처리는 KWON3D 3.1(Visol, Seoul, Korea) 프로그램을 사용하였다. 통제점 틀을 이용하여 실공간좌표를 계산한 후 인체의 3차원 좌표를 얻었다. 이 때 축 정의는 좌·우 방향을 X축, 운동 진행 방향인 전·후 방향을 Y축, 상·하 방향을 Z축으로 정의하였고, 인체 모델은 총 21개의 관절점에 의한 16개의 신체 분절로 연결된 강체 시스템으로 정의하였다. 각각의 카메라로부터 얻은 2차원 좌표는 3차 스플라인 함수에 의한 보간법을 이용하여 동조하였으며, 3차원 좌표 계산은 Abdel-Aziz & Karara(1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방식을 사용하였

다. 디지털이징과 같은 여러 원인에 의해 발생하는 노이즈에 의한 오차 제거는 Butterworth 2차 저역통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 스무딩하였으며, 차단 주파수는 10Hz로 설정하였다.

연구결과

본 연구는 YHS 선수 외의 타 선수들이 YANG Hak Seon 기술을 구사하기 위한 개선 요인을 파악하기 위하여 YHS 선수가 수행한 YANG Hak Seon 기술과 타 선수들이 수행한 Yeo 2 기술을 비교분석하였다.

소요 시간

〈Table 2〉에 나타난 국면별 소요시간 결과에서 YANG Hak Seon 동작이 Yeo 2 동작에 비해 도마 지지 구간에 0.02 초, 제 2비약의 하강구간에 0.08 초, 총 소요 시간이 0.13 초 짧았으며, 두 기술의 구름판 지지구간과 제 2비약의 상승구간동안의 소요 시간은 동일한 시간을 보였다.

Yeo 2 동작에서 S1 동작과 S4 동작의 도마 접촉시간이 가장 짧았고, 제 2비약의 체공시간은 S2동작이 가장 길고 S3 동작이 가장 짧은 시간을 보였다.

Table 2. Phase time (unit: sec)

		BC	PrF	HC	PoF	PoF Asc	PoF Des	Vaulting time
YANG Hak Seon	Mean	0.10	0.11	0.14	1.05	0.41	0.64	1.41
	(SD)	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.03)	(0.03)	(0.01)	(0.01)
Yeo 2	S1	0.11	0.15	0.14	1.14	0.40	0.74	1.66
	S2	0.10	0.10	0.17	1.21	0.42	0.79	1.58
	S3	0.10	0.12	0.18	1.05	0.38	0.67	1.45
	S4	0.10	0.13	0.15	1.10	0.42	0.68	1.48
	Mean	0.10	0.13	0.16	1.13	0.41	0.72	1.54
	(SD)	(0.0)	(0.02)	(0.02)	(0.06)	(0.02)	(0.05)	(0.08)

Table 3. Horizontal and vertical displacements of the center of mass (unit: m)

		Horizontal								Vertical							
		BTD	BTO	HTD	HTO	Peak	LD	Displacement		BTD	BTO	HTD	HTO	Peak	LD	Displacement	
								PrF	PoF							PoF Asc	PoF Des
YANG Hak Seon	Mean	0.0	0.6	1.2	1.8	3.0	5.0	0.6	3.3	0.9	1.1	1.6	2.1	3.0	1.0	0.9	2.0
	(SD)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.0)	(0.2)	(0.0)	(0.0)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)
Yeo 2	S1	0.0	0.7	1.6	2.1	3.6	6.3	0.9	4.1	1.0	1.2	1.7	2.3	3.1	0.9	0.9	2.3
	S2	0.0	0.7	1.2	1.8	2.8	4.8	0.6	3.1	1.0	1.1	1.5	2.1	3.0	0.5	1.0	2.6
	S3	0.0	0.5	1.1	1.7	2.8	4.6	0.6	2.9	1.0	1.2	1.6	2.3	3.1	0.9	0.8	2.2
	S4	0.0	0.7	1.4	1.9	3.2	5.3	0.7	3.4	1.0	1.2	1.6	2.2	3.0	0.7	0.9	2.3
	Mean	0.0	0.7	1.3	1.9	3.1	5.3	0.7	3.4	1.0	1.2	1.6	2.2	3.0	0.7	0.9	2.4
	(SD)	(0.0)	(0.1)	(0.2)	(0.2)	(0.4)	(0.8)	(0.1)	(0.5)	(0.0)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.2)	(0.1)	(0.2)

Table 4. Horizontal and vertical velocities of the center of mass (unit: m/s)

		Horizontal							Vertical				
		BTD	BC		HTD	HC		PoF Mean	BTD	BTO	HTD	HTO	LD
			BTO	ΔV		HTO	ΔV						
YANG Hak Seon	Mean	7.7	5.3	-2.4	5.0	2.9	-2.1	3.1	-0.1	4.0	3.7	3.9	-5.3
	(SD)	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.1)	(0.3)	(0.3)	(0.1)	(0.3)	(0.2)	(0.1)	(0.2)	(0.3)
Yeo 2	S1	7.6	5.7	-1.9	5.5	3.2	-2.3	3.6	-0.1	3.4	3.0	3.9	-3.4
	S2	7.5	5.5	-2.0	5.0	2.1	-2.9	2.5	-0.5	3.2	3.3	4.3	-1.7
	S3	7.2	4.8	-2.4	4.4	2.4	-2.0	2.8	-0.3	3.6	3.0	3.7	-5.4
	S4	7.8	5.5	-2.3	4.9	2.9	-2.0	3.1	-0.4	3.2	3.4	3.9	-2.7
	Mean	7.5	5.4	-2.2	5.0	2.7	-2.3	3.0	-0.3	3.4	3.2	4.0	-3.3
	(SD)	(0.2)	(0.4)	(0.2)	(0.5)	(0.5)	(0.4)	(0.5)	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.3)	(1.4)

위치 변화

신체중심의 수평 및 수직방향으로의 위치 변화는 <Table 3>에 나타내었다. 신체중심의 수평위치 결과에서 YANG Hak Seon 동작에 비하여 Yeo 2 동작이 도마에 접촉하는 시점과 Peak 시점의 수평위치는 0.1 m 멀고, 착지 지점은 0.3 m 먼 거리를 보였다.

Yeo 2 동작에서 Peak 시점과 착지 시의 수평 이동거리는 S1 동작이 가장 멀고 S3 동작이 가장 가까운 거리를 보였다.

신체중심의 수직방향으로의 위치 결과에서 두 기술의 제 2비약의 체공 높이는 동일하고, 착지 시에는 Yeo 2

동작의 위치가 0.3 m 낮은 위치를 보였다.

Yeo 2 동작에서 Peak 시점에 S1, S3 동작이 S2, S4 동작에 비해 체공높이가 0.1 m 더 높았고 착지 시에도 신체중심의 수직위치가 더 높았다. 그러나 제 2비약의 상승구간과 하강구간에는 S2 동작이 수직방향으로 가장 많은 이동거리를 보였다.

속도 변화

신체중심이 수평 및 수직 방향으로 이동하는 속도는 <Table 4>에 나타내었다.

신체중심의 수평속도 결과에서 구름판에 진입하는 속

도는 YANG Hak Seon 동작이 더 빠르고 발구름 구간에서의 속도 변화량 또한 Yeo 2 동작보다 컸다. 도마에 진입하는 시점에는 두 기술의 수평속도가 동일하고 도마 이륙 시점에는 YANG Hak Seon 동작의 속도가 0.2 m/s 더 빨랐으며 도마 지지구간의 속도 변화량은 Yeo 2 동작이 0.2 m/s 컸다. 제 2비약동안의 수평속도는 YANG Hak Seon 동작이 0.1 m/s 더 빠른 속도를 보였다.

신체중심의 수직속도 결과에서 Yeo 2 동작에 비해 YANG Hak Seon 동작의 수직속도가 구름판에서 이륙하는 시점에 0.6 m/s 더 빠르고, 도마에 접촉하는 순간에는 0.5 m/s 더 빨랐다. 도마에서 이륙하는 순간에는 Yeo 2 동작의 수직속도가 0.1 m/s 더 빨랐고, 착지 시에는 YANG Hak Seon 동작의 수직속도가 2.0 m/s 더 빠른 속도를 보였다.

Yeo 2 동작에서 구름판에서 이륙하는 순간에는 S3 동작의 수직속도가 가장 빨랐고 도마에 진입하는 순간에는 S4 동작의 수직속도가 가장 빨랐다. 도마에서 이륙하는 순간에는 S2 동작의 속도가 가장 빨랐고 착지 시에는 S3 동작이 가장 빠른 속도를 보였다.

각도 변화

두 기술을 수행하는 동안 주요 관절(엉덩관절, 무릎관절, 어깨관절)의 각도와 구름판과 도마 지지각, 착지각, 대퇴 회전각, 동체 회전각 및 동체의 비틀기 각도의 변화를 분석하였다.

주요관절의 각도 변화

두 기술을 수행하는 동안 이벤트별 엉덩관절, 무릎관절 및 어깨관절의 각도 변화는 <Table 5>, <Fig. 4>에 나타내었다.

엉덩관절의 경우 <Table 5>와 <Fig. 4>에 나타난 바와 같이 도마에 접촉하는 순간에 YANG Hak Seon 동작에 비해 Yeo 2 동작의 각도가 20.2° 더 과신전(hyperextension)되었고 도마에서 이륙하는 순간에는 12.3° 더 과신전되었다. Peak 시점에 180°를 기준으로 YANG Hak Seon 동작은 5.5° 과신전되었고 Yeo 2 동작은 2.4 도 굴곡되었다.

Table 5. Change in hip, knee and shoulder joint angles (unit: °)

		BTD	BTO	HTD	HTO	Peak	LD		
Hip	YANG Hak Seon	Mean	109.1	143.5	186.9	188.8	185.5	181.6	
		(SD)	(6.1)	(8.7)	(8.2)	(12.0)	(12.0)	(14.6)	
	Yeo 2	S1	105.3	170.2	227.2	211.2	188.1	95.4	
		S2	117.8	159.4	196.8	196.6	187.0	108.7	
		S3	116.0	154.3	214.2	191.8	159.6	127.1	
		S4	111.2	145.7	190.3	204.8	175.8	134.9	
	Mean		112.6	157.4	207.1	201.1	177.6	116.5	
	(SD)		(5.6)	(10.2)	(16.8)	(8.6)	(13.2)	(17.9)	
	Knee	YANG Hak Seon	Mean	147.3	168.1	168.8	173.3	171.5	134.9
			(SD)	(3.0)	(3.3)	(5.4)	(2.6)	(2.3)	(14.8)
Yeo 2		S1	148.7	177.2	160.7	171	172.6	124.7	
		S2	158.8	169.7	171.9	175.4	174.0	126.3	
		S3	146.8	167.8	158.7	170.5	165.0	156.2	
		S4	153.0	167.9	175.9	161.7	161.9	140.9	
Mean		151.8	170.7	166.8	169.7	168.4	137.0		
(SD)		(5.3)	(4.5)	(8.4)	(5.7)	(5.9)	(14.7)		
Shou lder		YANG Hak Seon	Mean	126.0	127.6	121.8	146.7	29.6	99.9
			(SD)	(6.9)	(12.8)	(18.2)	(11.5)	(4.6)	(24.1)
	Yeo 2	L	114.5	133.2	125.4	149.5	64.4	53.1	
		R	(5.8)	(7.5)	(13.5)	(13.6)	(2.9)	(7.9)	
		S1	L	112.7	112.3	102.5	136.6	57.5	42.5
		R	96.0	107.7	110.5	147.9	37.3	78.4	
	Yeo 2	S2	L	116.1	122.1	124.4	139.1	39.7	76.9
		R	110.6	119.6	118.1	132.3	37.1	28.8	
		S3	L	138.9	134.7	120.2	164.2	34.9	19.8
		R	124.0	125.5	107.8	117.8	21.9	42.9	
Yeo 2	S4	L	131.5	131.9	119.2	129.9	45.3	56.0	
	R	130.9	132.0	122.9	108.6	28.0	57.4		
	Mean		124.8	125.3	116.6	142.5	44.4	48.8	
	(SD)		(12.5)	(10.2)	(9.7)	(15.0)	(9.7)	(24.0)	
		R	115.4	121.2	114.8	126.7	31.1	51.9	
		(15.4)	(10.3)	(6.9)	(17.2)	(7.5)	(21.2)		

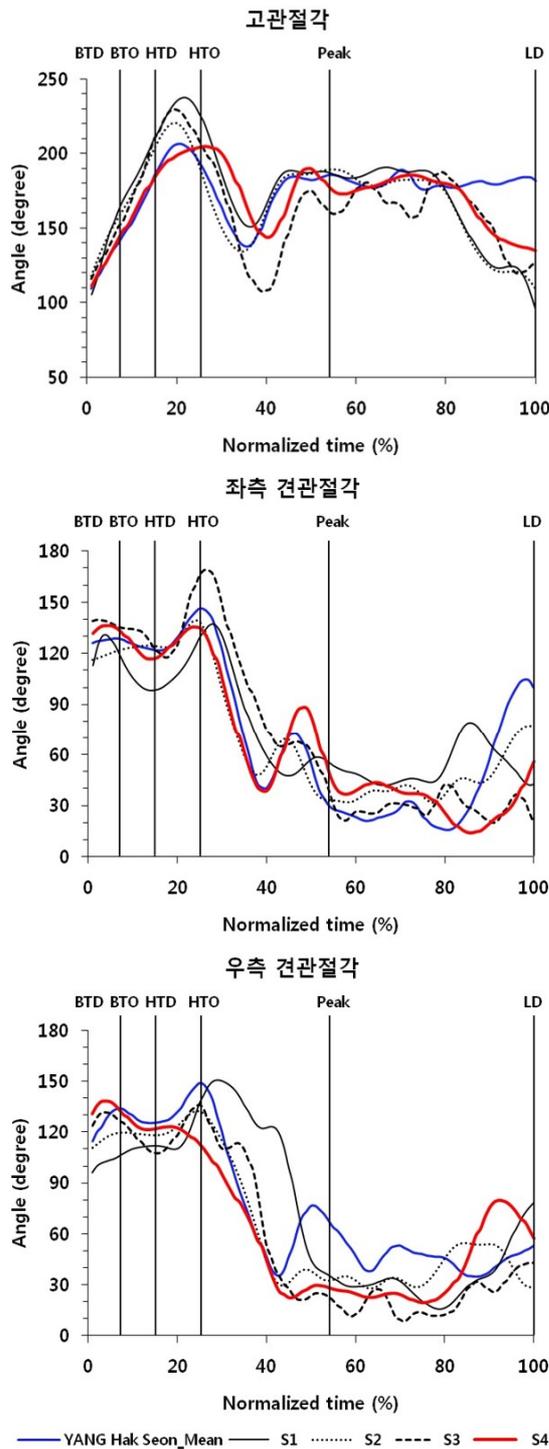


Fig. 4. Change in hip and shoulder joint angles

Yeo 2 동작에서 도마에 접촉하는 순간과 이륙하는 순간에는 S1 동작의 엉덩관절이 가장 많이 과신전되었다. 도마를 지지하는 동안에 S1 동작과 S3 동작은 엉덩관절 각이 감소하였고 S4 동작은 증가하였으며, S2 동작은 비슷한 각도를 유지하였다. Peak 시점에는 S1 동작이 8.1°, S2 동작이 7.0° 과신전되었고 S4 동작은 4.2° 굴곡되었으며 S3 동작은 20.4° 굴곡되었다. 착지하는 순간에는 S4 동작의 엉덩관절각이 가장 크고 S1 동작이 가장 작은 각도를 보였다.

무릎관절의 경우 두 기술이 모든 시점에서 큰 차이 없이 유사한 각도를 보였다. Yeo 2 동작에서 구름판에서 이륙하는 순간에는 S1 동작의 무릎각이 가장 크고 도마에 진입하는 순간에는 S4 동작의 무릎각이 가장 컸으며, 도마에서 이륙하는 시점과 Peak 시점에는 S2 동작의 무릎각이 가장 큰 각도를 보였다. 착지하는 순간에는 S3 동작의 무릎각이 가장 크고 S1 동작이 가장 작은 각도를 보였다.

어깨관절의 경우 <Table 6>과 <Fig. 4>에 나타난 바와 같이 도마에 접촉하는 순간에 YANG Hak Seon 동작의 양측 어깨관절각이 더 큰 각도를 보였다. 도마에서 이륙하는 순간에는 관절각이 클 뿐만 아니라 양측 어깨관절각의 차이가 YANG Hak Seon 동작은 2.8°로 유사하고, Yeo 2 동작은 15.8°로 큰 차이를 보였다. Peak 시점에는 Yeo 2 동작에 비해 YANG Hak Seon 동작의 좌측 어깨관절각이 14.8° 더 몸통에 가깝게 굴곡되었으며 우측 어깨관절각은 Yeo 2 동작이 33.3° 더 몸통에 가깝게 굴곡되었다. 착지 순간에는 YANG Hak Seon 동작의 좌측 어깨관절각이 51.1° 더 신전되었다.

Yeo 2 동작에서 도마에 접촉하는 순간에는 S4 동작의 어깨관절각이 크고 양측 어깨관절각의 차이가 3.7°로 가장 작았다. 도마에서 이륙하는 순간에는 S3 동작의 양측 어깨관절각의 차이가 46.4°로 가장 크고 S2 동작이 6.8°로 가장 작았다. Peak 시점에는 S3 동작이 양측어깨관절을 가장 몸통에 가깝게 굴곡하였고 S1 동작의 좌측어깨관절이 가장 많이 신전되었다. 착지 시에는 S2 동작이 좌측어깨관절을 가장 넓게 벌리고 S1 동작이 우측어깨관절을 가장 넓게 벌려 착지하였으며, S4 동작은 양측 어깨관절을 유사하게 벌려 착지하였다.

Table 6. Touch-down and take-off angles of board and horse, landing angle (unit: °)

		BC		HC		LD
		BTD	BTO	HTD	HTO	
YANG Hak Seon	Mean	63.4	106.0	24.0	81.7	54.2
	(SD)	(1.6)	(6.4)	(3.0)	(10.0)	(7.5)
Yeo 2	S1	63.8	113.5	32.5	83.2	78.6
	S2	65.2	107.5	23.3	75.8	89.7
	S3	64.8	107.7	28.9	86.1	69.6
	S4	62.3	102.4	29.8	81.8	77.0
	Mean	64.0	107.8	28.6	81.7	78.7
	(SD)	(1.3)	(4.5)	(3.9)	(4.3)	(8.3)

구름판과 도마 지지각 및 착지각 변화

이벤트별 구름판과 도마 지지각 및 착지각의 변화는 <Table 6>에 나타내었다.

두 기술의 구름판 지지각은 0.6° 차이로 유사하게 나타났고, 도마에 진입하는 각도는 YANG Hak Seon 동작이 4.6° 더 작은 각도를 보였다.

Yeo 2 동작에서 구름판 이륙각은 S1 동작이 가장 크고 S4 동작이 가장 작았으며, 도마에 진입하는 각도는 S1 동작이 가장 크고 S2 동작이 가장 작게 나타났다. 착지각은 S2 동작이 가장 크고 S3 동작이 가장 작은 각도를 보였다.

회전각 및 비틀기각 변화

대퇴 회전각 및 동체 회전각의 변화는 <Table 7>에 나타내었다.

구름판에서 이륙하는 순간에 Yeo 2 동작의 대퇴회전각이 6.6° 더 크고 도마에 접촉하는 순간에는 10.4° 더 큰 각도를 보였다. 도마에서 이륙하는 순간에는 6.1° 더 큰 각도로 이륙하였으나 Peak 시점에는 YANG Hak Seon 기술의 각도가 12° 더 큰 각도를 보였다.

Yeo 2 동작에서 구름판 이륙 시 S1 동작의 대퇴회전각이 가장 크고 S4 동작이 가장 작았으며, 도마 진입 시에는 S1 동작의 회전각이 가장 크고 S2 동작이 가장 작은 회전각을 보였다. 도마 이륙 시에는 S1 동작의 회전

Table 7. Rotation angles of the thigh and trunk (unit: °)

		BTD	BTO	HTD	HTO	Peak	LD	
YANG Hak Seon	Mean	42.2	105.1	188.4	261.2	455.5	770.0	
	(SD)	(4.3)	(11.1)	(5.4)	(7.8)	(5.4)	(14.6)	
Thigh	S1	39.7	119.6	219.2	278.2	436.5	825.8	
	S2	51.0	113.1	186.2	258.4	429.5	822.8	
	Yeo 2	S3	45.2	111.2	195.5	267.6	451.2	787.7
	S4	49.3	103.0	194.4	265.0	456.6	805.0	
	Mean	46.3	111.7	198.8	267.3	443.5	810.3	
	(SD)	(5.0)	(6.8)	(14.2)	(8.2)	(12.6)	(17.7)	
YANG Hak Seon	Mean	112.7	141.1	179.9	250.5	457.8	766.5	
	(SD)	(2.7)	(4.7)	(8.9)	(10.5)	(6.8)	(1.7)	
Trunk	S1	113.9	129.3	172.1	248.6	451.3	741.8	
	S2	112.6	133.3	168.5	240.5	436.9	753.9	
	Yeo 2	S3	109.6	136.6	161.3	253.9	433.3	729.7
	S4	117.7	136.9	184.2	241.2	450.9	758.0	
	Mean	113.5	134.0	171.5	246.1	443.1	745.9	
	(SD)	(3.4)	(3.5)	(9.6)	(6.4)	(9.4)	(12.8)	

각이 가장 크고 S2 동작이 가장 작은 각도를 보였다. 그러나 Peak 시점에는 S4 동작의 대퇴회전이 가장 크게 나타났으며 S2 동작이 가장 작은 각도를 보였다.

동체회전각의 경우 도마에 진입하는 순간에 YANG Hak Seon 기술의 회전각이 8.4° 더 크고 도마 이륙 시 4.4° 더 많이 회전하였다. Peak 시점에는 14.7° 더 큰 회전각을 보였다.

Yeo 2 동작에서 도마 진입 시 S4 동작의 동체회전각이 가장 크고 S1 동작이 가장 작은 각도를 보였으며, 도마 이륙 시에는 S3 동작의 회전각이 가장 크고 S2 동작이 가장 작은 회전각을 보였다. Peak 시점에는 S1 동작의 동체가 가장 크게 회전하였고 S4 동작이 유사한 각도를 보였으며, S3 동작이 가장 작은 각도로 회전하였다.

두 기술을 수행하는 동안 이벤트별 동체 비틀기각의 변화는 <Table 8>에 나타내었다.

YANG Hak Seon 동작은 음의 비틀기각으로 도마에 진입한 후 양의 방향으로 2.7° 비틀어 도마에서 이륙하였

Table 8. Twist angle of the trunk (unit: °)

		BTD	BTO	HTD	HTO	Peak	LD
YANG Hak Seon	Mean	-2.7	-7.1	-14.1	-11.4	222.8	1049.5
	(SD)	(13.3)	(10.8)	(6.2)	(5.7)	(17.0)	(4.3)
Yeo 2	S1	1.3	2.3	1.8	8.4	220.4	896.2
	S2	0.3	1.4	8.4	-10.8	180.1	903.7
	S3	3.7	-4.0	-3.3	-35.8	153.2	846.2
	S4	-0.2	-6.3	2.1	-12.5	205.0	877.7
	Mean	1.3	-1.7	2.3	-7.3	189.7	881.0
	(SD)	(1.7)	(4.2)	(4.8)	(21.7)	(29.4)	(25.6)

다. Yeo 2 동작은 양의 비틀기각으로 도마에 진입한 후 음의 방향으로 9° 비틀어 도마에서 이륙하였다. Peak 시점에는 YANG Hak Seon 동작의 비틀기각이 33.1° 더 컸고, 168.5° 더 많이 비틀기 회전하여 착지하였다.

Yeo 2 동작에서 도마 지지구간에 S3 동작과 S4 동작은 도마 접촉 후 음의 방향으로 비틀어 도마에서 이륙하였으며, S1 동작과 S2 동작은 양의 방향으로 비틀어 도마에서 이륙하는 형태를 보였다. Peak 시점에는 S1 동작의 비틀기 회전각이 가장 크고 S3 동작의 회전각이 가장 작았다. 착지 시에는 S2 동작의 비틀기 회전량이 가장 많고 S3 동작이 가장 작았다.

각속도 변화

두 기술을 수행하는 동안 대퇴 회전, 동체 회전, 동체 비틀기의 각속도 변화는 <Table 9>에 나타내었다.

대퇴 회전 각속도 결과에서 YANG Hak Seon 동작이 Yeo 2 동작에 비해 구름판 이륙 시 각속도가 75.3°/s 더 빠르게 회전하였고, 제 1비약동안 70.2°/s 더 빠른 속도를 보였다. 도마 지지구간에는 70.2°/s, 제 2비약의 상승구간에는 36.9°/s 더 빠른 속도로 회전하였다.

Yeo 2 동작에서는 S3 동작이 가장 빠른 대퇴 회전 속도로 구름판에서 이륙하여 제 1비약구간을 비행하였고, S1 동작의 속도가 가장 느린 회전 속도를 보였다. 도마 지지 구간에는 S4 동작이 가장 빠른 속도로 회전하였고 S3 동작이 가장 느린 속도로 회전하였다. 제 2비약의 상

승구간에는 S3 동작이 가장 빠른 속도를 보였고 S1 동작이 가장 느리게 회전하였다.

동체 회전 각속도 결과에서 도마 접촉 시점 외의 모든 이벤트 및 국면에서 YANG Hak Seon 동작이 Yeo 2 동작에 비해 더 빠른 회전 속도를 보였다. 구름판지지 구간에는 81.7°/s, 제 1비약동안에는 56.6°/s, 도마지지 구간에는 13.3°/s, 제 2비약의 상승구간에는 20°/s 더 빠른 속도로 동체가 회전하였다.

Yeo 2 동작에서 구름판 지지구간의 동체 회전 속도는 S3 동작이 가장 빠르고 S1 동작이 가장 느리게 나타났으나, 제 1비약동안에는 S4 동작이 가장 빠르고 S3 동작이 가장 느린 속도를 보였다. 도마지지 구간에서는 S1 동작의 회전 속도가 가장 빨랐고 S4 동작이 가장 느린 속도를 보였다. 제 2비약의 상승구간에는 S1 동작이 가장 빠른 속도로, S3 동작이 가장 느린 속도로 동체를 회전하였다.

동체 비틀기 각속도 결과에서는 도마 이륙 시점부터 착지까지 전 구간에서 YANG Hak Seon 동작이 Yeo 2 동작에 비해 더 빠른 속도로 비틀기 회전하였다. 도마에서 이륙하는 시점에는 YANG Hak Seon 동작의 음의 방향 비틀기 각속도가 20.6°/s 더 빨랐고 Peak 시점에는 180.6°/s, 제 2비약의 상승구간에는 62.3°/s, 하강구간에는 318.8°/s, 착지 순간에는 443.5°/s 더 빠른 속도로 비틀기 회전하였다.

Yeo 2 동작에서 도마 이륙 시점에 S3 동작은 가장 큰 음의 비틀기 속도를 보였고 S2 동작은 가장 큰 양의 방향 비틀기 속도를 보였다. Peak 시점에는 S4 동작의 비틀기 속도가 가장 빨랐고 S1 동작의 속도가 가장 느린 속도를 보였다. 제 2비약의 상승구간에는 S1 동작이 가장 빠르고 S2 동작이 가장 느리게 회전하였으며, 하강구간에는 S3 동작이 가장 빠르고 S2 동작이 가장 느린 속도로 비틀기 회전하였다. 착지하는 순간에는 S3의 비틀기 속도가 가장 빠르고 S2 동작이 가장 느린 속도를 보였다.

논 의

본 연구에서는 YANG Hak Seon(손 짚고 앞돌아 몸 펴 앞 공중 돌며 1,080° 비틀기) 동작의 특성을 살펴보

Table 9. Angular velocities of the thigh and trunk (unit: °/s)

		BTO	HTD	HTO	Peak	LD	BC	PrF	HC	PoF	PoF Asc	PoF Des	
Thigh rotation	YANG Hak Seon	Mean (SD)	758.5 (30.2)	741.9 (54.2)	231.4 (104.7)	-	212.3 (93.7)	-	759.6 (37.4)	495.0 (75.9)	-	470.1 (3.5)	485.8 (22.4)
	Yeo 2	S1	578.5	670.8	48.6	-	289.6	-	653.5	407.2	-	391.5	526.4
		S2	681.5	704.7	52.8	-	289.2	-	702.0	427.0	-	408.5	495.1
		S3	780.7	682.1	122.3	-	576.8	-	723.6	393.5	-	473.4	505.8
		S4	692.0	583.2	368.2	-	337.4	-	678.4	471.4	-	459.3	508.1
		Mean (SD)	683.2 (82.8)	660.2 (53.2)	148.0 (150.7)	-	373.3 (137.6)	-	689.4 (30.2)	424.8 (34.0)	-	433.2 (39.4)	508.9 (13.0)
Trunk rotation	YANG Hak Seon	Mean (SD)	-	302.6 (22.5)	564.4 (44.9)	-	442.5 (34.5)	277.1 (28.7)	355.4 (35.6)	471.1 (12.3)	-	506.5 (47.0)	479.8 (13.2)
	Yeo 2	S1	-	357.2	598.7	-	292.1	137.8	281.8	528.0	-	507.0	391.1
		S2	-	306.9	583.7	-	14.0	196.4	337.2	429.5	-	472.9	398.5
		S3	-	201.6	525.6	-	496.2	255.5	222.6	493.4	-	468.0	444.8
		S4	-	351.1	400.8	-	257.7	191.7	353.7	380.2	-	498.1	445.2
		Mean (SD)	-	304.2 (72.0)	527.2 (90.0)	-	265.0 (197.7)	195.4 (48.1)	298.8 (59.4)	457.8 (65.9)	-	486.5 (19.0)	419.9 (29.1)
Trunk twist	YANG Hak Seon	Mean (SD)	-	-	-90.4 (65.8)	1308.8 (120.4)	684.2 (184.8)	-	-	-	997.7 (24.4)	573.9 (26.8)	1278.2 (14.2)
	Yeo 2	S1	-	-	15.1	1027.0	193.3	-	-	-	791.3	570.8	914.8
		S2	-	-	22.6	1077.2	136.9	-	-	-	752.5	460.3	910.6
		S3	-	-	-296.0	1195.9	489.9	-	-	-	828.5	490.3	1035.4
		S4	-	-	-20.9	1212.6	142.5	-	-	-	797.9	525.0	976.8
		Mean (SD)	-	-	-69.8 (152.0)	1128.2 (90.5)	240.7 (168.1)	-	-	-	792.6 (31.2)	511.6 (47.5)	959.4 (59.0)

고, Yeo 2(손 짚고 앞돌아 몸 꺾 앞 공중 돌며 90° 비틀기) 동작을 수행하는 선수들의 연기를 대상으로 YANG Hak Seon 동작과 운동학적 변인의 비교를 통해서 YANG Hak Seon 기술 수행 가능성을 진단하고자 하였다.

YANG Hak Seon 동작은 Yeo 2 동작과 손 짚기 형태, 제 2비약의 신체자세 모두 동일하나 제 2비약에서의 비틀기는 180° 더 많이 비틀고, 도마를 등지면서 착지를 수행해야 하는 부담이 있다. 따라서 Yeo 2 동작 구사 선수가 YANG Hak Seon 기술을 수행하기 위해서는 제

2비약에서 180° 비틀기를 추가하고 안정적으로 착지해야 하며, 이를 위해서는 제 2비약에서 체공 시간과 비틀기 속도의 증가가 요구된다.

Yeo 2 동작은 도마 이륙속도나 제 2비약의 체공 높이에서 YANG Hak Seon 동작과 매우 유사한 공중 비행 운동을 이루고 있으며, Yeo 2 동작 제 2비약의 체공 시간을 살펴보면 모든 피험자가 YANG Hak Seon 동작보다 긴 시간을 보였다. 이는 Yeo 2 동작 제 2비약의 상승시간은 S3 선수를 제외한 대부분의 선수들이 YANG Hak Seon 동작과 유사하나 하강시간이 Yeo 2 동작의

선수들 모두 YANG Hak Seon 동작보다 길었기 때문이며 이는 Yeo 2 동작이 도마를 보면서 착지하기 때문에 착지 높이가 다소 낮게 유지된 결과로 이해된다. 이와 같은 결과에 의하면 Yeo 2 동작의 도약을 바탕으로 YANG Hak Seon 동작을 시도할 경우 체공 시간과 체공 높이로 인한 어려움은 거의 없다는 결론이며, 따라서 제 2비약에서 비틀기 운동을 효율적으로 수행할 수 있는 요인을 파악하는 데 초점을 맞추어야 할 것이다.

YANG Hak Seon 동작은 제 2비약의 비틀기 거리가 1,049°로, YANG Hak Seon 동작을 시도하려면 Yeo 2 동작 제 2비약에서 비틀기를 S1 동작은 153°, S2 동작은 146°, S3 동작은 200°, S4 동작은 172°를 더 추가해야만 하며, 200°를 더 비틀어야 하는 S3 동작은 매우 부담이 클 것이다. 또한 YANG Hak Seon 동작은 Park & Song(2012)의 연구결과와 동일하게 제 2비약의 하강 시 급속도로 빠르게 비트는 특징을 보였는데, 이는 상승 동안의 비틀기의 회전관성의 영향과 하강 시 신체 자세의 변화에 따른 결과로 판단된다.

Yeo 2 동작에서도 마찬가지로 상승 시 보다는 하강 시에 더 빠르게 동체를 비트는 현상을 보였는데, S1 동작은 상대적으로 상승 시 가장 빠르게 비틀고 있으나 하강 시 다소 느린 비틀기 형태를 보인 반면 S3 동작은 하강 시 매우 빠른 비틀기의 특징을 보이고 있다. 즉 S1 동작은 제 2비약의 비틀기 초반에 비틀기에 치중하여 하강 시 여유로움을 나타낸 결과이고, S3 동작은 착지 높이가 높아 하강 시간이 짧아진 이유로 동작 완수를 위해 하강 시 무리하게 비틀기 운동에 치중한 결과로 보인다. S2 동작은 상승 시 가장 느리게 비틀었음에도 불구하고 하강 시 가장 긴 체공시간에 힘입어 여유로운 비틀기를 수행하였으며, S4 동작은 보편적인 비틀기 속도를 보였다.

YANG Hak Seon 동작과 Yeo 2 동작은 제 2비약의 회전거리는 동일하다. 이때 YANG Hak Seon 동작 제 2비약의 Peak 시 동체의 회전각은 457°로서 신체가 수직보다 7° 넘어선 자세를 유지하면서 상승 국면동안 평균 573°/s로 빠른 속도의 비틀기를 보였다. Yeo 2 동작에서 Peak 시 동체의 회전거리는 S1 동작은 450°, S4 동작은 451°로서 매우 큰 각도를 보였으며, Yeo 2 동작 Peak 시 동체의 회전거리가 클수록 상승국면 동안 비틀기 속도가 YANG Hak Seon 동작과 유사하게 매우 빠

른 속도를 보였다.

도마 손 짚기(handspring)를 하여 앞 공중 돌면서 비틀기를 수행할 때 양 팔을 오므리면서 채는 동작은 신체의 회전속도를 증가시켜서 Peak 이전에 신체를 빨리 세울 경우 훨씬 수월할 것이다. 이는 도마 이륙 직후 상승하며 공중회전을 추진하는 것은 심리적인 부담으로 비틀기 운동을 수행하기 힘들며, Peak 이후 하강하며 회전하는 것은 선수에게 안정감을 줄 수 있어서 비틀기 운동에 집중할 수 있기 때문이다. 따라서 도마 이륙 후 신체의 공중회전운동은 제 2비약에서의 비틀기 운동에 지대한 영향을 미치므로 발구름에서부터 도마 이륙에 이르는 준비국면 동안의 과정에서 Peak 이전에 공중회전거리리를 최대한 크게 확보할 수 있는 요인을 찾는 것이 중요할 것이다(Park & Song, 2012).

S1 동작은 제 2비약의 체공시간, 체공 높이, 도마 이륙 속도 등의 주요 변인에서 YANG Hak Seon 동작과 큰 차이가 없으며, 제 2비약의 상승 동안 비틀기 속도와 Peak 시 동체의 회전과 비틀기 거리 모두 가장 큰 값을 보였다. 이는 YANG Hak Seon 동작의 결과에 가장 근접한 것이며, 도마 이륙 높이가 가장 높은 것에서 알 수 있듯이 강한 푸쉬업 동작을 통해 동체의 회전운동을 매우 빠르게 수행한 결과로 보인다. 다만 제 2비약의 Peak 시 어깨관절각이 Yeo 2 동작 중 가장 큰 각도를 유지한 것에서 알 수 있듯이 비틀기 회전반경의 크기로 인하여 효율적이지 못한 비틀기가 이루어진 것으로 파악되었다. 따라서 S1 동작에서 제 2비약의 공중회전운동 동안 양 팔을 오므리면서 비틀기 속도를 증가시킨다면 YANG Hak Seon 동작을 완성하는데 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

S4 동작은 제 2비약의 체공시간, 체공 높이, 도마 이륙 속도 등의 주요 변인이 YANG Hak Seon 동작과 유사한 값을 보였다. 제 2비약의 상승 동안 비틀기 속도가 YANG Hak Seon 동작보다는 느리지만 Yeo 2 동작 중에서는 비교적 빠르고, Peak 시 동체의 공중회전거리가 YANG Hak Seon 동작 제 2비약의 상승 시 회전거리에 근접하므로 Peak 이후 하강동안 빠른 비틀기 운동을 수행할 수 있는 여건을 갖추었다고 생각된다. 다만 도마 이륙 직후 상승 동안 비틀기 속도가 YANG Hak Seon 동작보다 다소 느리고, 도마 이륙 시 어깨관절각

이 Yeo 2 동작 중 가장 작은 각을 유지한 단점을 보였다. 그러나 S4 동작은 도마 접촉 동안 YANG Hak Seon 동작과 유사한 대퇴회전속도를 보였으며 도마 이륙 시에는 YANG Hak Seon 동작을 능가하는 빠른 회전운동이 지속되었다. 도마 접촉국면동안 충분히 푸쉬업을 하지 않았지만 강력한 대퇴회전운동에 힘입어 Peak 시 동체의 회전거리를 비교적 크게 확보할 수 있었음을 알 수 있다. 이는 발구름 이후 제 1비약 동안 동체를 YANG Hak Seon 동작과 유사한 수준으로 빠르게 회전시켜 손 짚기 시 Yeo 2 동작 중 가장 큰 동체의 회전각을 형성함과 동시에 수직속도를 가장 빠르게 유지하여 원활한 제 1비약 운동을 수행함으로써 도마 접촉 동안 다리 뒤차기에 치중할 수 있었던 결과로 생각된다(Park & Song, 2012). 따라서 현재의 준비국면의 운동학적 요인을 유지한 채 도마 접촉 동안 어깨관절각을 크게 신전하여 강력한 푸쉬업 동작을 수행하여 2비약의 상승국면 동안 수평 속도 및 비틀기 속도의 빠르기에 긍정적인 영향을 주고(Kim & Park, 1994), 제 2비약의 공중회전운동동안 양 팔을 매우 작게 오므려서 비틀기 속도를 증가시킨다면 YANG Hak Seon 동작을 완성할 수 있을 것으로 보인다.

S2 동작은 제 2비약의 체공시간, 체공 높이, 도마 이륙 속도 등의 주요 변인에서 모두 YANG Hak Seon 동작과 큰 차이가 없었으나 제 2비약의 상승 동안 비틀기 속도가 Yeo 2 동작 중에 가장 느린 속도를 보였고, Peak 시 동체의 회전과 비틀기 거리 모두 상대적으로 매우 작은 값을 보였다. 이와 같은 결과는 제 2비약에서 180° 비틀기를 추가하는데 충분한 비행운동이기는 하나 효율적인 비틀기가 이루어지지 않는 것으로서 이를 극복하기 위해서는 Peak 이전에 보다 많은 양의 빠른 비틀기를 하도록 노력해야만 할 것이다. S2 동작이 제 2비약에서 공중회전과 비틀기 운동을 원활히 수행하지 못하는 원인을 살펴보면, 발구름 이후 다리 뒤차기의 회전속도를 빠르게 유지하지 못한 상태에서 도마 접촉 시 대퇴회전각과 블로킹각을 너무 낮게 형성함으로써 도마 이륙 순간 수직상승속도 증가에는 도움을 줄 수 있었지만 도마 접촉 동안 수평속도가 크게 감속되고 도마 이륙각을 매우 낮게 제공함으로써 이후 동체의 회전과 비틀기 운동에 지장을 초래했던 이유로 파악된다. 따라서 제 2비

약의 공중 회전력을 향상시키기 위해 강력한 발구름과 함께 수직 중심으로 구름판을 이륙하고 다리 뒤차기를 보다 강력히 실시하면서 블로킹함으로써 도마 접촉 동안 수평속도 감속을 최소화하고, 접촉 시간을 짧게 하며, 도마 이륙각을 크게 하는 노력이 필요하다.

S3 동작은 제 2비약의 체공시간이 상대적으로 가장 적고, 도마 이륙 속도 또한 가장 느린 속도를 보였다. 체공 높이는 다른 피험자들과 유사하나 이는 Peak 시 신체가 곧추 세워진 상태로서 상대적으로 큰 신장에 따른 결과로 보인다. 또한 S3 동작은 Peak 시 엉덩관절이 곧게 펴지지 않았으며, 제 2비약의 비틀기 속도가 가장 빠르게 나타났으나 이는 매우 적은 비행시간 안에 정해진 비틀기 거리를 완수하기 위한 행위로 볼 수 있다. 이와 같은 결과에 의해 S3 동작은 몸 꺾어 공중돌기의 자세에 있어서 큰 결함이 있을 뿐만 아니라 도약력이 크게 떨어지는 단점이 있는 것으로 파악되었다. S3 동작은 구름판 점프가 이루어지는 모든 국면에서 상대적으로 매우 느린 수평 및 수직 속도를 보였으며, 도마 접촉 시 신체의 회전거리가 가장 작고 회전속도가 가장 느리게 나타났는데, 이는 도움닫기 스피드의 저하로 강력한 발구름을 하지 못했을 뿐만 아니라(Lim, 2004), 신체의 회전을 통한 도마 손 짚기가 원활히 수행되지 않았다는 것을 의미한다. 이렇듯 준비국면에서의 도약력이 떨어지는 상황에서 도마 접촉 동안 푸쉬업 동작에 치중하다 보니 도마 접촉시간이 지체되어 오히려 주요국면에서의 도약력을 떨어뜨리는 결과를 초래한 것으로 파악된다. 따라서 S3 동작은 도움닫기에서부터 준비국면의 도약운동에 이르기까지 파워풀한 동작을 구사함으로써 전반적인 운동학적 변화를 도모하지 않는다면 YANG Hak Seon 동작 수행은 어려울 것으로 판단된다.

결론

첫째, Yeo 2 기술 S1 동작은 제 2비약의 체공시간, 체공 높이, 도마 이륙 속도 등의 주요 변인에서 YANG Hak Seon 동작과 큰 차이가 없으며, 제 2비약의 상승 동안 비틀기 속도와 Peak 시 동체의 회전거리 및 비틀기 거리가 YANG Hak Seon 동작의 결과에 가장 근접

하였다. 또한 도마 이륙 시 어깨관절각이 가장 크게 푸쉬하고 신체중심이 높게 도약하였다. 따라서 제 2비약 국면에서 어깨관절각을 좁혀주어 비틀기 속도를 빠르게 수행할 경우 YANG Hak Seon 동작을 완성할 수 있을 것이다.

둘째, Yeo 2 기술 S4 동작은 제 2비약의 체공시간, 체공 높이, 도마 이륙 속도 등의 주요 변인에서 YANG Hak Seon 동작과 큰 차이가 없으며, Peak 시 동체의 회전거리가 상대적으로 컸다. 도마 이륙 시 어깨관절각이 가장 작고, 2비약 상승 동안 비틀기 속도가 다소 느렸으나 도마 접촉 동안 다리 뒤차기속도를 빠르게 하여 도약력 상승을 꾀하는 형태를 보였다. 따라서 S4 동작은 준비국면에서 원활한 도약이 이루어지는 관계로 도마 접촉 동안 강력한 푸쉬업 동작과 제 2비약의 상승 시 비틀기 회전속도를 증가시키는 노력을 한다면 YANG Hak Seon 동작을 완성할 수 있을 것이다.

셋째, Yeo 2 기술 S2 동작은 제 2비약의 체공시간, 체공 높이, 도마 이륙 속도 등의 주요 변인에서 YANG Hak Seon 동작과 큰 차이가 없었으나 제 2비약의 상승 동안 비틀기 속도가 가장 느리고 Peak 시 동체의 회전거리 및 비틀기 거리가 가장 작았다. 이는 도마 접촉 동안 블로킹각이 너무 낮고 수평속도가 감속된 원인이며, YANG Hak Seon 동작을 완성하기 위해서는 보다 강력한 발구름과 구름판 이륙 후 다리 뒤차기를 더욱 강력히 수행하여 도마 접촉시간을 짧게 하고 도마 이륙각을 크게 하는 노력이 필요하다.

넷째, Yeo 2 기술 S3 동작은 도마 이륙 속도가 가장 느리고, 제 2비약의 체공시간이 가장 짧았으며, Peak 시 엉덩관절각이 매우 크게 굴곡되어 감점이 많은 자세를 보였다. 이는 강력한 발구름이 이루어지지 않았고 도마 접촉 국면에서 원활한 회전운동이 이루어지지 않아서 제 2비약의 도약력이 떨어뜨린 결과이다. 따라서 준비국면의 도약운동에서 충분한 파워를 얻지 못할 경우 YANG Hak Seon 동작 시도 자체가 매우 어려울 것이다.

참고문헌

Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). *Direct linear*

transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close range photogrammetry. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana: University of Illinois.

Kim, S. K. & Park, Y. J. (1994). A Kinematic Analysis of Cuervo and Cuervo Full - turn Motions of Gymnastics. *Korean Journal of Physical Education*, 33(2), 133-143.

Park, J. H., Youn, S. H., Back, J. H., Kim, D.M., Chung, N. J. (2003). The Kinematical Analysis of Ropez Motion in Horse Vaulting. *Korean Journal of Physical Education*, 42(3), 697-708.

Park, J. H. & Song, J. H. (2012). The Kinematic Analysis of YANG Hak Seon Vault. *Korean Journal of Sport Science*, 23(3), 702-717.

Park, J. H. & Song, J. H. (2015). The Kinematic Analysis of Tsukahara Stretched with 7/2 Turn (YANG Hak Seon 2) in Vault. *Korean Journal of Sport Science*, 26(2), 413-429.

Park, C. H., Kim, Y. K. (2014). Kinematic Comparisons between Yang-1 and Yang-2 Vaults in Men's Artistic Gymnastics. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 24(4), 317-327.

Song, J. H. (2017). *A Study of the Possibility of New Technique in Vault for the 2020 Olympic Games in Tokyo.* Seoul: Korea Institute of Sport Science.

Song, J. H., Kim, K. J., Park, J. H. (2016). *A Study on the Optimization of YANG Hak Seon Vault for the 2016 Liu Olympic Games.* Seoul: Korea Institute of Sport Science.

Song, J. H., Moon, Y. J., Kim, K. J., Kwon, Y. H., Park, J. H. (2014). *A study to improve the completeness of new technique (tsukahara stretched with 7/2 turn) in vault.* Seoul: Korea Institute of Sport Science.

Song, J. H. & Park, J. H. (2016). A Comparative Study of Kinematic Characteristics of Ri Se Gwang Motion in Vault. *Korean Journal of Sport Science*, 27(3), 644-655.

Song, J. H., Lee, S. H., Song, H. S., Park, J. H., Ha, C. S. (2011). *Analysis to improve the completeness of new technique (handspring forward and salto forward straight with triple twist) in vault.* Seoul: Korea Institute of Sport Science.

Lee, S. H., Park, J. H., Lee, J. H. (2006). Kinematic Analysis of Acopian in Vault. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 16(1), 89-99.

- Lim, K. C. (2004). Biomechanical Analysis of Tsukahara Vault with Double Salto Backward Piked. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(3), 135-147.
- 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.
- Takei, Y. (2007). The Roche Vault Performed by Elite Gymnasts: Somersaulting Technique, Deterministic Model and Judges' Scores. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 1-11.
- Yoon, C. S. & Kim, T. S. (2006). The Kinematic Difference to the Skill Level in the Yurchenko Stretch Skill of Horse Vaulting. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 16(2), 135-144.

도마 YANG Hak Seon 기술의 성공전략 분석

송주호(한국스포츠정책과학원), 박종훈(가톨릭관동대학교), 김진선(연세대학교)

【목적】 본 연구에서는 YANG Hak Seon 기술과 Yeo 2 기술의 운동학적 비교분석을 통해 Yeo 2 기술 구사 선수들의 YANG Hak Seon 기술 수행 가능성을 진단하고자 하였다. **【방법】** 한국 체조 국가대표선수 5인이 경기 상황에서 실시한 도마종목 YANG Hak Seon 기술과 Yeo 2 기술 영상을 고속카메라를 이용하여 수집하였으며, 3차원 영상분석을 통해 운동학적 특성을 비교분석하였다. **【결과】** S1, S4, S2 동작은 제 2비약의 주요 변인에서는 YANG Hak Seon 동작과 큰 차이가 없었다. 이에 더하여 S1 동작은 도마 이륙 시 어깨관절각이 가장 크게 푸쉬하고 신체중심을 높게 도약하였고, S4 동작은 도마 이륙 시 어깨관절각이 가장 작고 2비약 상승 동안 비틀기 속도가 느렸으나 도마 접촉 동안 대퇴회전 속도가 빨랐다. S2 동작은 제 2비약의 상승 동안 비틀기 속도가 가장 느리고 Peak 시 동체의 회전거리 및 비틀기 거리가 가장 작았다. 마지막으로 S3 동작은 도마 이륙 속도가 가장 느리고, 제 2비약의 체공시간이 가장 적으며, Peak 시 엉덩관절각이 크게 굴곡되었다. **【결론】** S1 동작은 제 2비약 국면에서 어깨관절각을 좁혀주어 비틀기 속도를 빠르게 수행하고, S4 동작은 도마 접촉 동안 강력한 푸쉬업 동작과 제 2비약의 상승 시 비틀기 회전속도를 증가시키며, S2 동작은 강한 발구름과 구름판 이륙 후의 강한 다리 뒤차기를 통해 도마 접촉시간을 짧게 하고 도마 이륙각을 크게 한다면 YANG Hak Seon 기술 구사가 가능할 것으로 보이며, S3 동작은 준비국면의 도약운동에서부터 충분한 파워를 얻어야 할 것이다.

주요어: YANG Hak Seon 기술, 비틀기 속도, 푸쉬업, 대퇴회전속도