

Kinematic analysis to improve the completeness of YANG Hak Seon technique: A case study

Joo-Ho Song¹, Young-Jin Moon², & Jong-Hoon Park^{3*}

¹Korea Institute of Sport Science, ²Chungnam National University, & ³Catholic Kwandong University

[Purpose] The purpose of the study was to perform a comparative analysis of the YANG Hak Seon technique carried out by "K" athlete with the kinematical data of "Y" athlete and propose a method to improve the YANG Hak Seon technique of "K" athlete. **[Method]** The subject recruited for the study was a male athlete from Korean national team (Age: 21, height: 1.65 m, body weight: 59.6 kg, and career: 11 years). Four high - speed cameras were used to analyze the 3D motion of the YANG Hak Seon technique performed by "K" athlete. The variables selected for analysis were the velocity of COM, displacement of COM, the rotational & torsional angle of the trunk and rotational & torsional angular velocity of the trunk. The results obtained were compared to the preexisting data of the "Y" athlete (data set from the published research). **[Results]** Firstly, the horizontal displacement of the YANG Hak Seon technique of the "K" athlete was observed to be shorter along with lower vertical displacement during landing compared to "Y" athlete. In addition, the overall horizontal velocity was low and vertical velocity was not generated which rises during the BC (board contact) phase. Although the rotational angular velocity of the trunk was lower during the BC, HC (horse contact) phase and LD (landing) phase, torsional angular velocity was higher during the LD. **[Conclusion]** In order to improve the completeness of the YANG Hak Seon technique of the K player, it is necessary to enter with a fast and low posture on the footplate during the initial phase. In the BC phase, it is essential to raise the COM simultaneously while landing on the footplate and increase the rotational angular velocity of the trunk.

Key words: Gymnastics, Vaulting horse, YANG Hak Seon, Kinematic

서론

기계체조 도마 YANG Hak Seon 기술은 도마에 손을 짚은 후 앞으로 돌아 몸을 편 상태로 세 바퀴를 비틀어 착지하는 동작이다(Park & Song, 2012). 이 기술은 2012년 런던올림픽 기계체조 남자 도마 결승경기에

서 YHS 선수가 구사하였으며, 역대 최고 점수 16.533점으로 금메달을 획득하였다. 비록 2012 런던올림픽 이후 국제체조연맹(FIG, 2013)의 기술 난도가 개정되어 YANG Hak Seon 기술은 7.4점에서 6.4점, Lopez 기술은 7.0점에서 6.0점으로 하향 조정되었지만 국제대회에서 YANG Hak Seon 기술과 함께 Lopez 또는 Yeo 2 기술을 안정적으로 구사한다면 여전히 메달 획득의 가능성은 높다고 할 수 있다. 또한 가칭 YANG Hak Seon 2(난도 6.4점) 기술이 채점 규칙집(Code of Point)에는 등재되지 못하고 있는 현 실정에서 Y선수

논문 투고일 : 2017. 06. 14.

논문 수정일 : 2017. 07. 12.

게재 확정일 : 2017. 09. 15.

* 교신저자 : 박종훈(pjh@cku.ac.kr).

외의 선수가 YANG Hak Seon 기술을 구사하게 된다면 우리나라의 메달 획득 가능성은 한층 더 높아진다고 할 수 있다.

도마 기술 유형은 손 짚고 앞돌기, 1/4 또는 1/2 턴이 있는 손 짚고 옆 돌기, 도움 짚기 하여 제 1비약에서 뒤돌아 손 짚고 뒤돌기, 도움 짚기 하여 제 1비약에서 1/2 턴하여 손 짚고 앞돌기, 도움 짚기 하여 제 1비약에서 1/1 턴하여 손 짚고 뒤돌기와 같이 5개의 그룹으로 나누어져 있다(FIG, 2013). YANG Hak Seon 기술은 도마에 양손을 앞으로 짚는 핸드스프링(Handspring) 계열로 성공적인 수행을 위해서는 높은 수평속도를 기반으로 제 2비약의 높이와 체공시간을 늘려야 하고 하강 구간에서는 상체 비틀기 회전속도가 높아야 한다고 하였다(Park & Kim, 2014; Park & Song, 2012). 반면 스카하라(Tsukahara) 계열과 같이 상체를 옆으로 비틀어 순차적으로 손을 짚는 Yoe, 가칭 YANG Hak Seon 2 등의 기술은 도마 접촉 시 발생하는 역회전 비틀기 동작과 수평속도를 수직속도로 전환하기 위한 팔꿈치 관절의 블로킹 작용의 중요성을 설명하여 핸드스프링 계열과의 차이점을 파악할 수 있었다(Park & Kim, 2014; Park & Song, 2015; Yeo, 2003). 또한 발구름 전 옆 돌기 후 뒤돌아 도마를 접촉하는 유리첸코(Yurchenko) 기술을 분석한 연구에서는 고득점자의 경우 제 2비약 구간에서의 체공시간이 길고 신체중심의 위치는 높으나 수평속도가 느린 결과로 보고하여 수직 에너지로 변환의 중요성을 강조하였다(Koh & Jennings, 2003; Yoon & Kim, 2006; Yeo, 2006; Yeo, 2006).

지금까지 수행된 도마 관련 연구를 통하여 다양한 기술의 성공적인 수행을 위한 운동학적 정보를 얻을 수 있었다. 하지만 YANG Hak Seon 기술의 경우 Y선수 외의 선수가 시도하여 성공한 사례가 없기 때문에 여전히 단일사례로 존재하고 있다. 따라서 K선수가 수행한 YANG Hak Seon 기술에 대한 정량적 평가는 신체조건이 다른 선수의 기술 구사 가능성을 검토할 수 있어 도마 경기력 향상 측면에서 매우 의미 있는 연구가 될 것이다. 이에 본 연구의 목적은 K선수가 시행한 YANG Hak Seon 동작을 기존 Y선수의 운동학적 정보와 정량적·정성적으로 비교 분석하여 K선수의 YANG Hak

Seon 기술 구사 가능성을 높일 수 있는 방안을 제시하기 위하여 수행하였다.

연구방법

연구대상자

본 연구의 연구대상자는 한국 기계체조 남자국가대표 K선수로 연령 21세, 신장 1.65 m, 체중 59.6 kg, 선수경력 11년이다. K선수가 수행한 YANG Hak Seon 기술을 비교 분석하기 위하여 2011년 코리안컵에서 성공적인 기술을 수행한 Y선수의 자료(이하 YHS)를 함께 제시하였다(Park & Song, 2012).

실험절차

영상자료 수집은 2016년 5월부터 7월까지 진행된 2016 리우올림픽 최종 선발전(이하 T1), 자체 평가전(이하 T2), 최종 평가전(이하 T3)으로 총 3회에 걸쳐서 진행하였다. 촬영에는 고속카메라 4대(Sony NEX-FS700, JPN)를 동원하여 조주로, 구름판 측면, 도마 정면을 기준으로 좌측과 우측에 배치하였다(Fig. 1). 기준척은 1×1×2 m, 1×1×4 m 각각 2개씩을 설치한 후 약 5초 동안 촬영한 후 제거하였다. 이후 K선수가 YANG Hak Seon 기술을 수행하는 동안 고속카메라 4대를 동기화 촬영하여 내장된 SD카드에 저장하였다. 고속카메라의 촬영속도는 120 Hz, 셔터 스피드는 1/500 sec로 설정하였으며, 3번의 시도 모두 동일한 방법으로 영상자료를 수집하였다.

자료처리

수집된 영상자료는 분석구간을 중심으로 K선수가 노출될 수 있도록 동영상 편집 프로그램(Sony Vegas 9.0, JPN)을 사용하여 카메라별로 정리하였다. 기술 수행 전에 촬영한 기준척 정보는 DLT(Direct Linear Transformation) 방법에 의하여 공간좌표계를 형성하였다(Abdel-Aziz & Karara, 1971). 공간좌표계는 좌

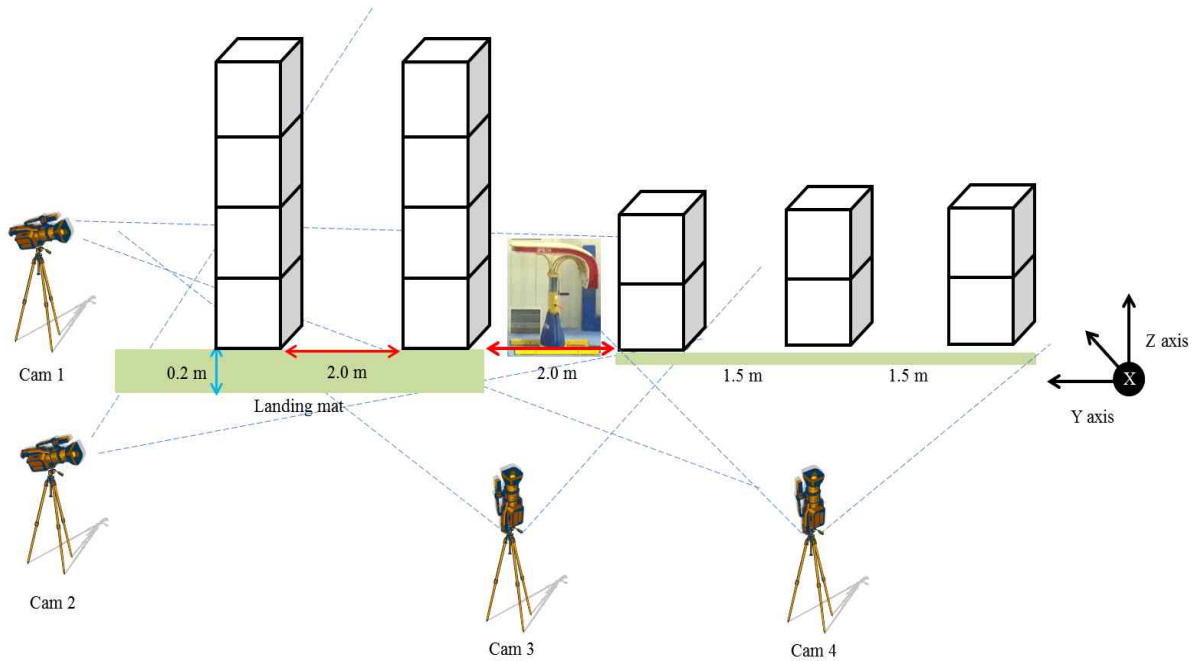


Fig. 1. Layout of High-speed camera and DLT installation

우를 X축, 전후를 Y축, 상하를 Z축으로 정의하였으며 오차수준은 0.84 cm이다. 인체모델은 신체 주요 관절 21개와 16개의 분절로 연결된 강체로 구성하였다 (Dempster, 1955). 디지털라이징 과정을 통하여 얻어진 자료는 Butterworth 2차 저역통과필터(Butterworth second order lowpass filter) 차단주파수 10 Hz로 평활화 후 3차 스플라인 함수에 의한 보간법을 적용하여 누락된 정보를 보정하였다(Park & Song, 2012). 자료처리에는 Kwon3D 3.1(Visol, Korea) 프로그램을 사용하였다.

자료 분석

본 연구의 분석 변인은 신체중심의 변위와 속도 변화, 상체의 각도와 각속도 변화로 정하였고 각 정의는 다음과 같다(Lee et al., 2006; Park & Song, 2012; Takei et al., 1996; Takei, 2007).

- 상체 회전각 : 상체와 Y축과 이루는 각도로 YZ 평면에서 투영함(θ_1)

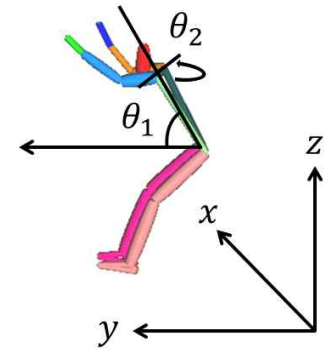


Fig. 2. Angles definition

- 상체 비틀기각 : 상체와 X축이 이루는 각도로 상체가 XY평면에서 투영함(θ_2)

기존 Y선수의 자료와 용이한 비교 분석을 위하여 본 연구에서도 기존 선행연구와 동일한 6개의 분석시점으로 구성하였으며, 그 내용은 다음과 같다(Park & Song, 2012).

- o BTD(board touch-down) : 구름판에 발이 접촉하는 순간
- o BTO(board take-off) : 구름판에서 이륙하는 순간
- o HTD(horse touch-down) : 도마에 손이 접촉하는 순간
- o HTO(horse take-off) : 도마에서 이륙하는 순간
- o PC(Peak position of center of mass) : 제 2비약의 공중동작 중 신체중심이 최고 높이가 되는 순간
- o LD(landing) : 발이 매트에 접촉하는 착지 순간
분석구간은 PC 시점을 제외한 4개의 구간으로 정의하였으며 아래와 같다.
- o BC(board contact) : 발이 구름판에 접촉하고 있는 발구름 구간

- o PrF(pre-flight) : 구름판 이륙 시부터 도마에 왼손이 접촉 순간까지의 제 1비약 구간
- o HC(horse contact) : 양손이 도마에 접촉하고 있는 도마 접촉 구간
- o PoF(post-flight) : 도마에서 오른손 이륙 시부터 발이 매트에 접촉하는 순간까지의 제 2비약 구간

이상과 같이 산출한 K선수의 자료와 기존 선행연구에 제시된 Y선수의 자료를 함께 제시하였다(Park & Song, 2012).

다수의 선수가 YANG Hak Seon 기술을 구사할 수 없는 특수성으로 인하여 통계처치를 실시하지 않고 사례별 정성적, 정량적 평가를 수행하였다.

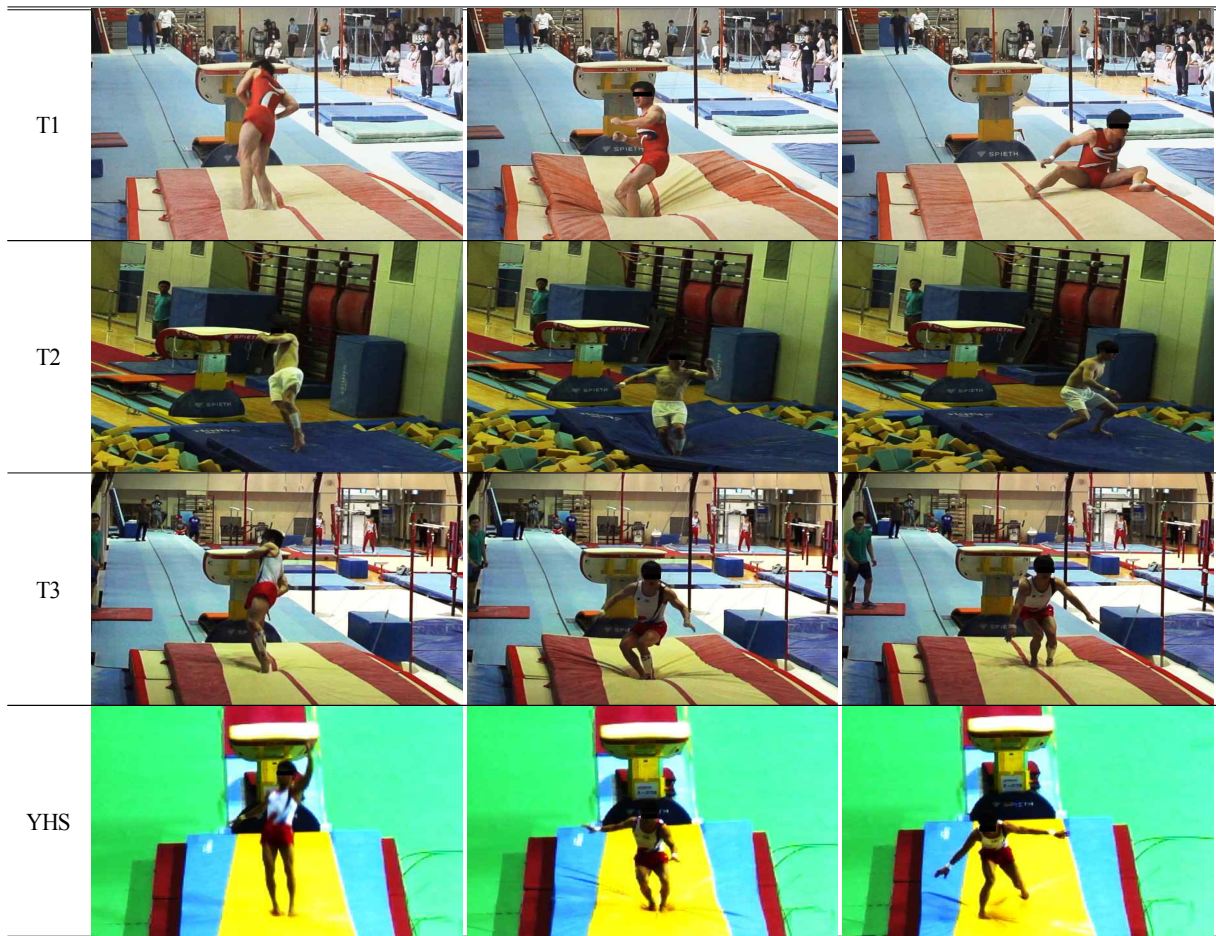


Fig. 3. Landing posture sequence of T1, T2, T3, and YHS

Table 1. Center of mass displacement and velocity at each event

Variables		BTD (%)	BTO (%)	HTD (%)	HTO (%)	PC (%)	LD (%)
Horizontal displacement of COM (m)	T1	-	0.64 (38.8)	1.34 (81.2)	1.80 (109.1)	3.00 (181.8)	4.95 (300.0)
	T2	-	0.64 (38.8)	1.28 (77.6)	1.77 (107.3)	2.84 (172.1)	4.68 (283.6)
	T3	-	0.62 (37.6)	1.24 (75.2)	1.67 (101.2)	2.84 (172.1)	4.75 (287.9)
	YHS	-	0.72 (45.3)	1.24 (78.0)	1.83 (115.1)	3.27 (205.7)	5.50 (345.9)
Vertical displacement of COM (m)	T1	1.01 (61.2)	1.17 (70.9)	1.61 (97.6)	2.11 (127.9)	3.03 (183.6)	0.84 (50.9)
	T2	1.00 (60.6)	1.17 (70.9)	1.54 (93.3)	2.10 (127.3)	3.05 (184.8)	0.72 (43.6)
	T3	1.00 (60.6)	1.19 (72.1)	1.57 (95.2)	2.07 (125.5)	3.08 (186.7)	0.86 (52.1)
	YHS	0.73 (45.9)	1.00 (62.9)	1.39 (87.4)	1.96 (123.3)	2.89 (181.8)	0.95 (59.7)
Horizontal velocity of COM (m/sec)	T1	7.50	5.56	4.72	2.58	-	-
	T2	7.40	5.67	5.00	2.00	-	-
	T3	7.32	5.47	4.75	2.27	-	-
	YHS	7.61	5.62	5.09	2.82	-	-
Vertical velocity of COM (m/sec)	T1	-0.23	3.14	3.27	3.94	-	-4.28
	T2	-0.31	3.24	2.99	4.05	-	-3.63
	T3	-0.07	3.38	3.06	4.23	-	-4.01
	YHS	0.25	4.14	3.70	3.94	-	-5.10

YHS data were extracted from Park & Song (2012). (%) refers to data normalized to height.

연구결과

정성적 분석 결과

YANG Hak Seon 기술이 성공적으로 이루어졌는지를 판단하기 위한 기준으로 안정된 착지 동작 수행여부에 대한 평가가 가장 대표적이다. 이 평가는 착지 순간의 신체중심의 위치, 신체가 매트와 이루는 각도, 신체의 회전과 비틀기 동작 수행 여부, 그리고 신체의 좌·우 균형 정도 등을 고려한다. <Fig. 2>에서 제시한 바와 같이 YHS의 착지 동작은 신체중심이 높고 충분한 회전과 비틀기가 확보된 것을 알 수 있다. 반면에 T1의 착지는 비틀기 거리가 부족해 보이고 이후 기술의 완성을 위하여 신체를 비틀면서 신체의 균형을 잃는 결과로 나타났다. T2에서는 난도로 인정될만한 비틀기 거리를 유지하였으나 착지 이후 왼쪽으로 과도하게 움직이는 불안한 착지 동작을 수행하였다. T3의 회전관성은 다소 부족한 것으로 보이나 YANG Hak Seon 기술로 인정될 수 있

는 착지로 마무리하였다. 또한 신체중심의 높이와 착지 동작이 종료된 후 다른 움직임을 보이지 않았기 때문에 K선수가 수행한 기술 중 가장 안정적인 YANG Hak Seon 기술을 수행한 것으로 보인다. 이와 같이 K선수가 수행한 기술은 평가가 진행되면서 점차 향상된 결과를 보여주고 있으나 매트 접촉 시 상체의 회전은 다소 부족한 결과를 확인할 수 있었다.

신체중심 변위와 속도 분석 결과

K와 Y선수가 YANG Hak Seon 기술을 수행하는 동안 신체중심 변위와 속도 변화 결과는 <Table 1>에 제시하였다. BTO에서 T3의 수평 변위는 0.62 m (37.6%)로 YHS의 0.72 m (45.3%) 보다 낮았다. HTD에서는 T3과 YHS 1.24 m로 동일하였으나 신장으로 표준화 한 결과에서는 2.8%의 차이를 보였다. 이러한 차이는 HTO, PC를 지나면서 증가하여 LD의 T3는 4.75 m (287.9%)로 YHS의 5.50 m(345.9%)와 0.75 m의 차이가 나타났다. BTD에서 T1, T2, T3의

수직 변위는 1.00 m (60.6%)로 YHS의 0.73 m (45.9) 보다 높았다. 이러한 차이는 BTO, HTD, HTO, PC를 지나면서 감소하여 LD에서는 T1, T2, T3가 YHS 보다 낮은 결과로 나타났다.

BTD에서 T1의 수평속도는 7.50 m/sec, T2는 7.40 m/sec, T3는 7.32 m/sec로 YHS의 7.61 m/sec 보다 다소 낮았다. 이러한 경향은 BTO, HTD, HTO까지 유사한 결과로 나타났고 특히, HTO의 T2는 2.00 m/sec로 YHS의 2.82 m/sec와 가장 큰 차이를 보였다. BTD에서 T1, T2, T3의 수직속도는 음의 값으로 나타났다. 하지만 YHS는 양의 값으로 나타나 발 구름판에 접지하는 동시에 신체중심을 상승시키는 특징을 보였다. 이러한 작용으로 인하여 BTO, HTD에서 수직속도는 YHS가 최대 1.0 m/sec 정도 높은 결과로 나타났다. HTO에서 수직속도는 T1, T2, T3가 YHS 보다 다소 높은 결과로 나타났다.

상체 각도와 각속도 분석 결과

K와 Y선수가 YANG Hak Seon 기술을 수행하는 동안 상체 회전과 비틀기 각도 및 각속도 결과는 <Table

2>에 제시하였다.

BTD에서 T1의 상체 회전 각도는 큰 차이를 보이지 않았으며, 이러한 경향은 BTO와 HTD까지 유지되었다. 하지만 HTO에서는 T1이 238°, T2는 240°, T3는 233°로 YHS의 259° 보다 최대 26° 낮은 결과로 나타났다. PC에서도 HTO와 유사한 경향을 보였으나 LD에서는 K선수가 시기한 T1, T2, T3가 YHS의 764° 보다 최대 26° 높은 결과로 나타나 K선수는 착지 시 상체가 YHS 선수에 비하여 굴곡 된 자세를 취하였다.

상체 비틀기 각도는 BTD에서 T1, T2, T3, YHS 모두 YANG Hak Seon 기술의 역방향 비틀기 동작을 수행하는 양상을 보였으나 큰 차이는 보이지 않았다. 하지만 K선수는 HTD와 HTO 사이에서 역방향 비틀기 각도를 증가시키는 동작을 수행하였으나 Y선수는 BTD부터 HTO까지 역방향 비틀기 동작을 수행한 결과로 나타났다. PC에서는 두 선수 모두 정방향 비틀기 동작을 수행하여 T1이 200°, T2는 200°, T3는 215°로 YHS의 244° 보다 최대 44° 낮은 결과로 나타났다. 이러한 경향은 LD까지 유지되어 K선수의 상체 비틀기는 Y선수에 비해 부족하다는 결과를 확인할 수 있었다(Fig 2).

Table 2. Angle and angular velocity of the trunk at each event

Variables	BTD	BTO	HTD	HTO	PC	LD
Rotation angle of the trunk (°)	T1	114	140	187	238	454
	T2	119	143	182	240	459
	T3	113	141	182	233	457
	YHS	118	146	177	259	469
Twist angle of the trunk (°)	T1	-2	2	1	-11	200
	T2	-9	-5	-3	-18	200
	T3	-6	-7	-6	-16	215
	YHS	-2	-10	-16	-17	244
Rotation angular velocity of the trunk (°/sec)	T1	365	390	242	254	356
	T2	290	467	234	237	332
	T3	347	402	271	274	356
	YHS	353	643	411	331	320
Twist angular velocity of the trunk (°/sec)	T1	-	-	-	-74	1111
	T2	-	-	-	-142	1118
	T3	-	-	-	-60	1194
	YHS	-	-	-	29	1293

YHS data were extracted from Park & Song (2012).

BTD에서 상체 회전 각속도는 Y선수과 K선수 간 큰 차이는 나타나지 않았다. BTO에서는 T1, T2, T3가 YHS의 643°/sec 보다 크게 낮은 결과로 나타났다.

이러한 경향은 HTD와 HTO까지 유사한 결과로 나타났다으나 PC에서는 K선수의 각속도가 Y선수 보다 높았다. 하지만 LD에서는 T1(383°/sec), T2(383°/sec), T3(379°/sec)로 YHS의 555°/sec 보다 크게 낮은 결과로 나타났다.

HTO에서 상체 비틀기 각속도는 T1이 -74°/sec, T2는 -142°/sec, T3는 -60°/sec로 역방향으로 비틀는 결과로 나타났으나 YHS의 경우에는 29°/sec로 정방향의 비틀기 각속도를 보였다. 또한 PC에서는 T1(1111°/sec), T2(1118°/sec), T3(1194°/sec)로 YHS의 1293°/sec 보다 크게 낮은 결과로 나타났다. 하지만 LD에서는 YHS의 비틀기 각속도가 낮았다.

논 의

본 연구에서는 K선수가 최근 수행한 YANG Hak Seon 기술의 정성적, 정량적 분석 결과와 Park & Song(2012)이 보고한 Y선수의 자료를 비교 분석하여 제시하였다. 먼저 K선수의 수평변위는 4 m 후반으로 YHS의 5.50 m 보다 낮았다. 또한 Y선수를 대상으로 진행한 다수의 선형연구에서도 5 m 초반 또는 중반으로 보고하여 PoF에서 순조로운 회전과 비틀기 기술을 수행하였다는 것을 확인할 수 있었다(Park & Kim, 2014; Park & Song, 2012; Park & Song, 2012). 절대값과 신장으로 표준화한 수직변위에서는 LD를 제외한 모든 구간에서 K선수가 낮은 결과로 나타났다. Park & Song(2012)의 연구에 의하면 Y선수가 안정적인 착지를 수행한 경우 LD의 신체중심은 상대적으로 높았고 착지에 실패한 경우 그 반대로 보고하였다. 따라서 K선수가 안정적인 YANG Hak Seon 기술을 구사하기 위해서는 BC 구간에서 낮은 자세로 진입하여 PoF에서는 수평방향으로 비행한 후 착지 직전 상체를 보다 빠르게 신전시켜 안정적인 착지를 도모해야 할 것으로 판단된다.

K선수의 수평속도는 Y선수에 비하여 대부분 낮은 결과로 나타났다. 특히, BTD에서 T1의 수평속도는 7.50

m/sec, T2는 7.40 m/sec, T3는 7.32 m/sec로 YHS의 7.61 m/sec 보다 낮았다. 또한 Ri Se Gwang 기술 7.67 m/sec와 Yeo 7.82 m/sec 보다 낮은 결과로 나타나 K선수는 보다 빠른 속도로 발 구름판에 접근해야 할 것으로 판단된다(Park & Song, 2015; Yeo, 2003). K선수의 BTD에서 수직속도는 음의 값, Y선수는 양의 값으로 나타났다. 이후 BTO와 HTD까지 Y선수의 수직속도가 K선수 보다 높은 결과를 보였다. 이러한 차이는 Y선수의 경우 발 구름판에 착지함과 동시에 신체중심을 상향으로 이동시켜 보다 많은 탄성을 이용할 수 있는 기술을 구사한 반면 K선수는 신체중심을 상향시키는 타이밍이 늦어진 이유로 해석할 수 있다.

YANG Hak Seon 기술은 도마를 양손으로 짚는 핸드스프링 계열에 속하며, 상체를 옆으로 비틀어 도마를 짚는 스카하라 계열과는 다른 특성을 갖는다(Park & Kim, 2014; Park & Song, 2012). 이와 같은 특성은 상체 비틀기 각도를 통하여 확인할 수 있는데, YANG Hak Seon 기술의 HTO 구간에서 상체 비틀기 각도는 -11°에서 -17° 범위를 보인 반면에 가칭 YANG Hak Seon 2 기술은 -77°로 두 기술 간 큰 차이를 보이고 있다(Park & Song, 2015). 이러한 차이를 Park & Kim(2014)은 비틀기 각속도 생성 기전에 의한 차이로 설명하였는데, YANG Hak Seon 기술은 도마에서 이륙 후 차올림 동작의 도움에 의해 각속도를 생성하는 반면에 가칭 YANG Hak Seon 2 기술은 HC 구간에서 상체 비틀기 역회전에 의한 각속도를 생성했기 때문이라 하였다. 본 연구에서 분석한 상체 회전 각속도 결과에 의하면, BTO에서 T3는 402°/sec로 YHS의 643°/sec와 큰 차이를 보였고 Song & Park(2016)이 보고한 가칭 YANG Hak Seon 2 기술의 상체 회전 각속도는 418°/sec로 YHS의 643°/sec 보다 낮았다. 따라서 Park & Kim(2014)이 YANG Hak Seon 기술의 특성이라 제시한 차올림 동작의 시기는 도마 이륙 후 보다는 BC 구간이 바람직 할 것으로 판단된다. 이에 K선수가 성공적으로 YANG Hak Seon 기술을 구사하기 위해서는 BC 구간의 상체 회전 각속도를 증가시켜 PoF 거리와 각운동량을 확보하여 보다 안정적인 비틀기 기술을 수행할 수 있는 기반을 마련해야 할 것으로 사료된다.

YANG Hak Seon 기술은 도마를 등지고 정면으로

착지하여 균형을 유지하는데 어려움이 있다(Park & Song, 2012; Park & Song, 2015). 본 연구에서 수행한 정성적 분석 결과에 의하면, YHS의 착지 동작은 비틀기 동작이 원활히 수행되어 안정적인 착지로 연결되었다. 반면에 T1의 착지는 비틀기가 부족해 보였고 착지 동작을 완성하기 위하여 신체를 과도하게 회전하여 균형을 잃었다. T2에서는 YHS에 비해 부족하지만 비교적 안정적인 비틀기 동작을 수행하였으나 착지 이후 왼쪽으로 과도하게 움직이는 결과로 나타났다. T3의 착지 시 회전관성은 다소 부족한 것으로 보였으나 비교적 안정적인 착지로 연결되었다. 또한 신체중심의 높이와 착지 동작이 종료된 후 다른 움직임이 보이지 않아 평가가 진행되면서 향상된 결과로 나타났다. 본 연구에서 실시한 정량적 분석 결과에 의하면, 안정적인 착지가 이루어지지 않은 T1, T2의 LD에서 비틀기 각속도는 $730^{\circ}/\text{sec}$, $662^{\circ}/\text{sec}$ 로 안정적인 착지를 보인 T3, YHS의 $594^{\circ}/\text{sec}$, $432^{\circ}/\text{sec}$ 보다 높은 결과로 나타났다. 또한 Y선수가 착지에 실패하거나 안정적이지 못한 경우의 상체 비틀기 각속도는 $583^{\circ}/\text{sec}$, $493^{\circ}/\text{sec}$ 로 보고하고 있어 본 연구의 결과가 유사한 경향을 보이고 있다(Park & Song, 2012). 또한 K선수의 LD에서 상체 회전 각속도는 약 $380^{\circ}/\text{sec}$ Y선수의 $555^{\circ}/\text{sec}$ 보다 크게 낮았다. 이러한 현상은 Y선수의 실패 동작에서도 동일하게 나타났다(Park & Song, 2012). 따라서 K선수가 안정적인 착지를 구사하기 위해서는 착지 직전에 상체 회전을 생성하여 비틀기 각속도를 상쇄시킬 수 있는 기술 훈련이 필요할 것으로 판단된다.

결론 및 제언

본 연구는 K선수의 기술 향상을 위하여 선발전 및 평가전에서 수행한 3회의 YANG Hak Seon 동작에 대한 운동학적 분석을 실시하여 Park & Song(2012)이 제시한 Y선수의 자료와 비교 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, K선수의 YANG Hak Seon 동작은 Y선수에 비하여 수평으로의 움직임이 적었고 착지 시 신체중심 높이가 낮았다.

둘째, K선수의 전체적인 수평속도는 낮았고, BC 구간에서 상승하는 수직속도를 생성하지 못하였다.

셋째, K선수의 BC와 HC 구간에서 상체 회전 각속도는 낮았다.

넷째, K선수의 LD 시점의 상체의 회전 각속도는 낮았고 비틀기 각속도는 높았다.

위 결론에 대한 제언으로 우선 K선수가 안정적인 YANG Hak Seon 기술을 구사하기 위해서는 BTD 순간에 낮은 자세로 진입하여 PoF에서는 수평방향으로 비행한 후 착지 구간에서는 상체를 빠르게 신전시켜야 할 것이다. 또한 BTD 순간에 신체중심을 상향으로 이동시켜 보다 많은 탄성을 이용할 수 있는 기술 훈련과 BC 구간에서 상체를 보다 빠르게 회전시켜 PoF 거리와 충분한 각운동량을 확보하여 안정적인 비틀기 기술을 수행할 수 있는 기반을 마련해야 할 것이다.

마지막으로 안정적인 착지를 구사하기 위해서 착지 직전 상체를 전방으로 회전시켜 비틀기 각속도를 상쇄시킬 수 있는 기술 훈련을 제안한다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In Proc. *ASP/UI symp. close-range photogrammetry* (pp. 1-18).
- Dempster, W. T. (1955). *Space requirements of the seated operator*. WADC-55-159, AD-087-892. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
- F. I. G (Federation of International Gymnastics). (2013). *Men's artistic gymnastics code of points*.
- Koh, M. T., & Jennings, L. S. (2003). Dynamic optimization: inverse analysis for the Yurchenko layout vault in women's artistic gymnastics. *Journal of biomechanics*, *36*(8), 1177-1183.
- 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.
- 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., Park, J. C., Lee, Y. S., Oh, S. B., Park, J. H., & Lee, G. S. (2014). Comparative analysis of determinant factor of Yeo2 Motion in vault. *The Korean Journal of Physical Education*, 53(1), 545-556.
- 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(2), 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), 1-11.
- Yeo, H. C. (2003). Kinematic Analysis of Yeo motion at horse vaulting. *Korean Journal of Sport Science*, 13(1), 39-50.
- Yeo, H. C. (2006). The analysis of Yurchenko's 900 degree twist technique with stretched body. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 16(4), 165-173.
- Yeo, H. C. (2006). The kinetic analysis for coaching methods through Yurchenko's 720 degree technique with stretched body. *The Korean Journal of Physical Education*, 53(1), 545-556.
- 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 동작의 완성도 향상을 위한 운동학적 분석: 사례연구

송주호(한국스포츠개발원), 문영진(충남대학교), 박종훈(가톨릭 관동대학교)

【목적】 본 연구의 목적은 K선수가 시행한 YANG Hak Seon 동작을 기존 Y선수의 운동학적 정보와 비교 분석하여 K선수의 YANG Hak Seon 기술 구사 가능성을 높일 수 있는 방안을 제시하는 것이다. **【방법】** 연구 대상자는 한국 기계체조 남자국가대표 K선수로 연령 21세, 신장 1.65 m, 체중 59.6 kg, 선수경력 11년이다. 영상자료 수집은 2016 리우올림픽 최종 선발전, 자체 평가전, 최종 평가전으로 총 3회에 걸쳐서 진행하였다. 고속카메라 4대를 동원하여 K선수가 수행한 YANG Hak Seon 기술에 대한 3차원 동작분석을 실시하였다. 변인은 신체중심의 변위, 속도, 상체 회전각, 상체 비틀기각으로 정하였으며, 기존 선행연구에서 제시한 Y선수의 자료와 함께 제시하여 비교 분석하였다. **【결과】** K선수의 YANG Hak Seon 동작은 Y선수에 비하여 전체적으로 수평변위가 짧았고 착지 시 수직변위가 낮았다. 전체적인 수평속도가 낮았고, BC(board contact) 국면에서 상승하는 수직속도를 생성하지 못하였다. 또한 BC, HC(horse contact) 국면과 LD(landing) 시점에서 상체 회전 각속도는 낮았으나 LD 시 상체 비틀기 각속도는 높은 결과로 나타났다. **【결론】** K선수의 YANG Hak Seon 동작 완성도 향상을 위해서는 발 구름판에 빠르고 낮은 자세로 진입하여 PoF(post-flight)에서는 수평방향으로 비행한 후 착지 국면에서는 상체를 빠르게 신전시켜야 한다. BC 국면에서는 발 구름판에 착지함과 동시에 신체중심을 상승시키며 상체의 회전 각속도를 증가시킬 필요가 있다. 안정적인 착지를 구사하기 위해서 착지 직전에 상체 회전 각속도를 생성하여 비틀기 각속도를 상쇄시킬 수 있는 기술 훈련을 제안한다.

주요어: 체조, 도마, 양학선 기술, 운동학