

A Comparative Study of Kinematic Characteristics of Ri Se Gwang Motion in Vault


Joo-Ho Song¹ & Jong-Hoon Park^{2*}

¹Korea Institute of Sport Science & ²Catholic Kwandong University

The aim of this study was to acquire essential information regarding Ri Se Gwang motion(element group II, difficulty 6.4 point, double Tsukahara with tucked 1/1 twist), which Ri Se Gwang of North Korea performed during the final vault event of artistic gymnastic at Incheon Asian Game 2014, by analyzing motional characteristics.

Firstly, Ri Se Gwang technique had second jump airborne time of 1.07 seconds and airborne height of 2.91m, which have great influences on the success of technique while having horizontal and vertical velocity of 2.73 m/s and 3.87 m/s, respectively, at the takeoff. These were sufficient jump motion for successful accomplishment of the technique however flight pattern was somewhat small which was mainly oriented vertically when compared to previous studies of Yeo and YANG Hak Seon 2 techniques. Secondly, blocking angle of vault contact was small at 9 degrees while having very small takeoff angle of 79 degrees. However, it had fast average trunk rotational velocity of 545 deg./s at the vault contact phase by rapidly bending trunk from the board takeoff until approaching the vault leading to achieve fast trunk rotational velocity of 452 deg./s after the take off in order to complete the airborne rotation successfully. Thirdly, the preparation phase of Ri Se Gwang technique had a distinct characteristics that the trunk was rapidly bent during the approach to the vault attempting aggressive blocking which leads to vertically oriented flight.

It showed that this characteristic assists the motion of thigh snatch and the regulation of twist which strengthen airborne rotation for airborne rotational motion. And it also showed that sufficient landing and twist angles at the landing phase are possible with free rotational motion if the height of second jump reaches 3 m.

Key words: Flight Time, Flight Height, Take-off, Rotation, Twist 

서론

연구의 필요성

기계체조 도마 연기에 대한 점수는 D(난도, difficulty)

논문 투고일 : 2016. 07. 19.

논문 수정일 : 2016. 08. 02.

게재 확정일 : 2016. 08. 10.

*저자 연락처 : 박종훈(pjh@cku.ac.kr).

점수와 E(실행, execution)점수로 구분되어 채점되며, 이를 합하여 최종점수로 평가한다. 도마 종목은 기계체조 종목 중에서 가장 빠른 시간에 연기가 수행되는 특성이 있어 기술에 대한 정확성과 빠른 판단력이 요구되며, 연기 내용에 대한 점수인 D점수를 높이는 것이 경기의 승패를 좌우하는데 결정적 역할을 한다(Park & Song, 2015).

런던올림픽 이후 2013년 국제체조연맹(FIG: Federation of International Gymnastics)에서는 도마 종목의 난도점수를 타 종목과의 형평성을 고려하여 각각의 기술에

대한 난도점수를 1.0점씩 하향 조정하였다. 이에 따라 양학선 선수가 런던올림픽에서 수행하였던 1차시기 도약인 'YANG Hak Seon' 기술은 7.4점에서 6.4점으로, 2차시기 도약인 'Lopez' 기술은 7.0점에서 6.0점으로 각각 하향 조정되었다(Park & Song, 2015). 반면 가장 강력한 경쟁선수인 북한의 리세광 선수의 'Ri Se Gwang' 기술과 'Ri Se Gwang 2' 기술은 모두 6.4점으로 책정됨으로서 리세광 선수가 구사하는 기술이 양학선 선수가 구사하는 기술에 비해 0.4점 앞서는 것으로 나타났다.

도마 경기는 서로 다른 유형의 두 가지 기술을 연기해야만 하는데 리세광 선수가 두 번째 도약으로 실시하는 Ri Se Gwang 기술은 도마 손 짚고 옆 돌아 몸 굽혀 뒤 공중 두 바퀴 돌며 1회전 비틀기(Double Tsukahara tucked with 1/1 turn) 동작이며, 난도점수가 6.4점으로써 현존하는 최고의 기술이다.

Ri Se Gwang 기술을 수행함에 있어서 몸 굽혀 뒤 공중 두 바퀴 도는 동작은 좌·우측을 기준으로 회전하는 기술이며, 도마를 측면으로 손 짚고 뛰어넘기 때문에 좌우 흔들림에 의한 불안정한 도약이 유발될 수 있지만 도마를 보면서 착지하기 때문에 도마를 등지고 착지하는 동작에 비해 착지의 안정성에는 다소 유리하다는 장점이 있다.

또한 Ri Se Gwang 기술과 함께 최고 난도로 꼽히고 있는 YANG Hak Seon 기술이 제 2비약 국면에서 몸 펴 한 바퀴를 회전하는데 비해 Ri Se Gwang 기술은 제 2비약 국면에서 뒤 공중 두 바퀴를 돌기 때문에 웅대하고 역동적인 특성이 나타나지만 무리하게 공중 2회전을 돌아야하기 때문에 회전 중 다리가 많이 벌어져서 감점이 크게 발생하는 단점도 내포하고 있다.

Ri Se Gwang 기술은 최근 2015년 10월 글라스고우 세계선수권대회 도마 결승경기에서 미국의 위튼버그 선수와 러시아의 아블리아진 선수에 의해 시도되어 점차 일반화되고 있는 실정이다. 위튼버그 선수와 아블리아진 선수 그리고 리세광 선수는 모두 신체가 아담하고 근육질의 몸매를 소유하고 있다. 이처럼 리세광 기술의 성패는 제 2비약의 공중회전운동에 최적화된 왜소한 신체적 특징과 파워풀한 근력이 크게 영향을 미치는 것으로 보인다.

따라서 우리나라에서 제 2의 양학선 선수 양성을 위해서는 리세광 선수가 개발한 Ri Se Gwang 기술의 운동특성을 분석하여 기초자료를 구축한 후 파워 넘치고

공중 회전속도 강화에 긍정적인 신체조건을 갖춘 선수를 발굴하여 Ri Se Gwang 기술 습득을 위한 기본 기술부터 적용할 필요가 있다.

이에 본 연구는 지난 2014 인천아시아경기대회 도마 경기에서 연기한 리세광 선수의 Ri Se Gwang 기술의 운동특성을 분석하여 기초자료를 구축함으로써 선수들의 훈련에 활용할 수 있는 정량적 자료를 제공하는데 목적을 두었다.

연구방법

연구대상

이 연구의 대상은 리세광(북한) 선수이며, 신체적 특성은 신장 153 cm, 체중 52 kg, 나이 30세, 선수 경력 23년으로 2015 글라스고우 세계선수권대회 도마 금메달(1위)의 경력을 가지고 있다.

실험절차

이 실험을 위해 공간좌표계 설정을 위한 통제점 틀(control objects)과 고속카메라(Sony NEX-FS 700, JPN) 5대를 설치하였다. 촬영 도구 배치는 <Fig. 1>에서 보는 바와 같이 조주로(cam 1, 2), 구름판 측면(cam 3), 도마 정면기준으로 좌우측(cam 4, 5) 관중석에 카메라를 설치한 후 전역좌표계를 형성하기 위해 Visol의 control point를 이용하여 1×1×3 m, 1×1×4 m의 직육면체 조형물(통제점 틀) 각각 2개를 설치한 후 약 5초간 촬영하였다. 또한 착지 동작까지 분석하기 위하여 도마 우측에 위치한 1×1×4 m 통제점 틀을 도마 좌측에 위치한 통제점 틀의 1.5 m 좌측으로 옮긴 후 5초간 촬영 후 제거하였다. 캘리브레이션 작업은 5대의 카메라에서 촬영한 두 개의 통제점 틀 영상을 하나의 영상으로 합성한 후 DLT(direct linear transformation) 방식에 의하여 공간좌표계를 형성하였다.

이때 카메라의 촬영 속도는 120Hz, 셔터 스피드는 1/500초로 촬영하였다.

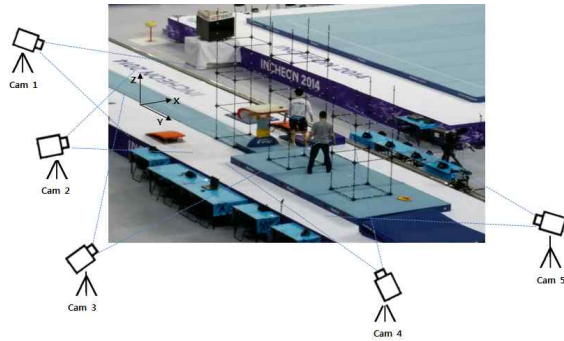


Fig. 1. Layout of camera/control point installation of Incheon Asian Games final vault

이벤트 및 국면 정의

이 연구에서 Ri Se Gwang 기술 동작분석을 수행하기 위해 이벤트와 분석구간은 Park & Song(2015) 연구에 따라 <Fig. 2>와 같이 정하였다.

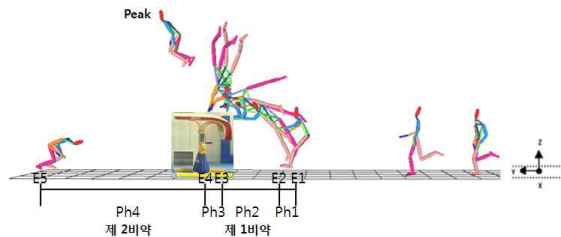


Fig. 2. Events and phases of Ri Se Gwang motion

- o BTD(board touch-down): 구름판에 발이 접촉하는 순간(E1)
- o BTO(board take-off): 구름판에서 이륙하는 순간(E2)
- o VTD(vault touch-down): 도마에 왼손이 접촉하는 순간(E3)
- o VTO(vault take-off): 도마에서 오른손이 이륙하는 순간(E4)
- o 최고점(peak): 제 2비약의 공중동작 중 신체중심이 최고 높이가 되는 순간
- o LD(landing): 착지 시 발이 매트에 접촉하는 순간(E5)
- o BC(board contact): 발이 구름판에 접촉하고 있는 발구름 국면(Ph1)

- o PrF(pre-flight): 구름판 이륙 시부터 도마에 왼손이 접촉 순간까지의 제1비약 국면(Ph2)
- o VC(vault contact): 양손이 도마에 접촉하고 있는 도마 접촉국면(Ph3)
- o PoF(post-flight): 도마에서 오른손 이륙 시부터 발이 매트에 접촉하는 순간까지의 제2비약 국면(Ph4)

분석요인

이 연구의 분석요인은 Takei et al.(1996), Takei(2007)와 Lee et al.(2006), Park & Song(2015)의 선행연구를 근거로 구간별 소요시간, 신체중심의 속도 변화, 신체중심과 주요 분절의 각도(Fig. 3)로 정하였다.

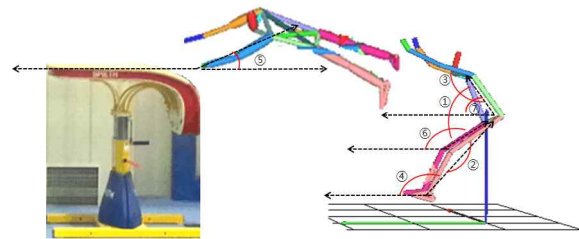


Fig. 3. Angles definition(Park & Song, 2015)

- (1) 고관절각: 대퇴와 동체가 이루는 상대 각도
- (2) 슬관절각: 대퇴와 하퇴가 이루는 상대 각도
- (3) 견관절각: 상완과 동체가 이루는 상대 각도
- (4) 구름판 지지각(BTD)과 도약각(BTO): YZ 평면으로 투영된 각으로 y축에 대한 두 발의 질량중심점의 중앙에서 신체중심점으로 향하는 벡터의 각도
- (5) 도마 지지각(VTD)과 도약각(VTO): 수평축에 대한 손의 질량중심점에서 신체의 질량중심으로 향하는 벡터의 각도
- (6) 대퇴 회전각: 대퇴가 YZ평면으로 투영된 각도(Y축과 이루는 절대각)
- (7) 동체 회전각: 동체가 YZ평면으로 투영된 각도(Y축과 이루는 절대각)
- (8) 동체 비틀기각: 동체가 XY평면으로 투영된 각도(X축과 이루는 절대각)

자료 처리

공간좌표계 형성을 위한 캘리브레이션 작업은 통제점들 영상을 하나의 영상으로 합성한 DLT(direct linear transformation) 방식을 사용하였다. 이 때 축 정의는 좌·우 방향을 X축, 운동 진행 방향인 전·후 방향을 Y축, 상·하 방향을 Z축으로 정의하였다. 운동학적 분석을 위하여 Kwon 3D 3.1(Kwon, 2002)을 활용하여 디지털화(digitizing) 후, 획득된 원 자료는 2차 저역통과필터(Butterworth second order lowpass filter)를 사용하여 평활하였고(smoothing), 차단 주파수(cut-off frequency)는 10 Hz로 설정하여 위치좌표를 산출하였다(Park & Song, 2012).

결 과

이 연구는 2014년 인천아시아경기대회 기계체조 도마 결승에서 북한의 리세광 선수가 2차 시기에서 연기한 Ri Se Gwang 기술(요소그룹II, 난이도 6.4점, 손 짚고 옆 돌아 몸 굽혀 뒤 공중 두 바퀴 돌며 1/1 비틀기)의 영상분석을 통해 Ri Se Gwang 기술의 운동학적 특성을 분석하고, 성공적 기술 수행을 위한 주요 변인을 Ri Se Gwang 기술의 바로 전 단계 기술이라고 할 수 있는 Yeo동작(Yeo, 2003)과 동일 계통의 최고 난도 기술인 YANG Hak Seon 2 동작(Park & Song, 2015)의 연구결과와 비교 분석하였다.

소요 시간

각 국면별 소요시간을 나타낸 것은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Phase time comparison (unit: sec)

Motion	Ph					Vaulting time	Hand touch	
		BC	PrF	VC	PoF		VcT	VoT
Ri Se Gwang		0.10	0.05	0.22	1.07	1.44	0.07	0.03
YANG 2		0.11	0.07	0.19	1.06	1.43	0.05	0.03
Yeo		0.07	0.11	0.16	1.06	1.40	×	×

YANG Hak Seon 2(YANG 2), Yeo data were extracted from Park & Song(2015), Yeo(2003).

신체중심의 소요시간을 살펴보면, 도마 연기의 주요 국면에 해당하며 공중 회전운동량을 늘리는데 결정적 영향을 미치는 제 2비약(PoF) 국면에서 1.07초가 나타났으며, 발구름(BC) 국면에서 0.1초, 제 1비약(PrF) 국면에서 0.05초, 도마 손 짚기(VC) 국면에서 0.22초가 나타났다. 또한 양손이 도마에 접촉하는 시간차(HcT)는 0.07초이며, 양손이 도마에서 이륙하는 시간차(HoT)는 0.03초로 나타났다.

이상의 결과에 의하면, 기술의 난도점수를 결정짓는데 중요한 영향을 미치는 제 2비약의 공중회전 국면(PoF)에서 Ri Se Gwang 동작의 체공시간은 Yeo 동작의 1.06초와 YANG Hak Seon 2 동작의 1.06초와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 발구름 국면(BC)에서 Ri Se Gwang 동작의 소요시간은 Yeo 동작의 0.07초보다는 짧고 YANG Hak Seon 2 동작의 1.11초와는 유사한 것으로 나타났다. 제 1비약 국면(PrF)에서 Ri Se Gwang 동작의 체공시간은 Yeo 동작의 0.11초와 YANG Hak Seon 2 동작의 0.07초보다 짧게 나타났다. 도마 손 짚기 국면(VC)에서 Ri Se Gwang 동작의 소요시간은 Yeo 동작의 0.16초와 YANG Hak Seon 2 동작의 0.19초보다 매우 길게 나타났다. 또한 도마에 손을 짚는 양손의 시간차(VcT)는 Ri Se Gwang 동작이 YANG Hak Seon 2 동작의 0.05초에 비해 다소 긴 것으로 나타났다.

위치 변화

신체중심의 위치 변화

이 연구에서 좌표계의 기준점은 발구름 시 신체중심선의 하단 마룻바닥의 위치로 설정하였다. 신체중심의 위치변화를 나타낸 것은 <Table 2>과 <Fig. 4>와 같다.

신체중심의 위치 변화를 살펴보면, 수평위치(Ho)는 PrF 국면에서 0.24 m, PoF 국면에서 3.21 m로 나타났으며, 수평위치(Ve)는 BTO 시 0.63 m, VTD 시 0.87 m, VTO 시 1.65 m, Peak 시 2.65 m, 그리고 LD 시 4.86 m로 나타났다. 또한 수평위치는 PrF 국면에서 0.21 m, PoF 국면에서 1.64 m로 나타났으며, 수직 위치는 BTD 시 0.87 m, BTO 시 1.12 m, VTD 시

1.33 m, VTO 시 2.20 m, Peak 시 2.91 m, 그리고 LD 시 0.56 m로 나타났다.

Table 2. Displacement of COM (unit: m)

Motion	Ph	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak	LD	Displacement	
								PrF	PoF
Ri Se Gwang	Ho	0.00	0.63	0.87	1.65	2.65	4.86	0.24	3.21
	Ve	0.87	1.12	1.33	2.20	2.91	0.56	0.21	1.64
YANG 2	Ho	0.00	0.75	1.16	1.92	3.22	5.59	0.41	3.67
	Ve	0.96	1.16	1.45	2.21	3.06	0.77	×	×
Yeo	Ho	×	×	×	×	×	6.03	×	3.02
	Ve	×	×	×	×	×	×	×	×

YANG Hak Seon 2(YANG 2), Yeo data were extracted from Park & Song(2015), Yeo(2003).

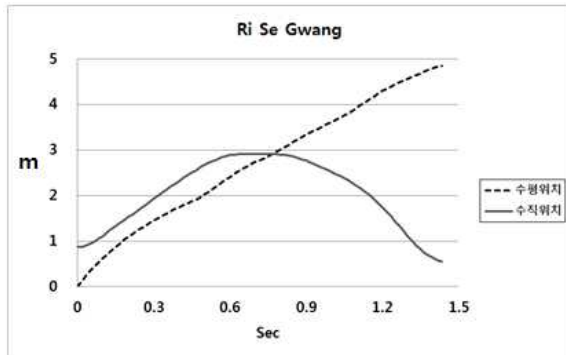


Fig. 4. Changes of COM

이상의 결과에 의하면, 신체중심의 수평위치에서 Ri Se Gwang 동작은 Yeo 동작의 LD 시 6.03 m, YANG Hak Seon 2 동작의 LD 시 5.59 m, BTO 시 0.63 m, VTO 시 1.65 m, 그리고 PoF 국면의 3.21 m라는 결과에 비해 전체적으로 짧은 수평이동거리를 나타냈다. 또한 신체중심의 수평위치에서 제 2비약의 최고 높이가 Ri Se Gwang 동작은 Yeo 동작의 3.02 m와 YANG Hak Seon 2 동작의 3.06 m보다 낮게 나타났으며, VTD는 YANG Hak Seon 2 동작의 1.45 m보다 낮았으나 VTO는 YANG Hak Seon 2 동작의 2.21 m와 거의 유사하게 나타났다.

주요 거리 요인

도마 손 짚기의 위치와 조주 스텝을 나타낸 것은 <Table 3, 4>와 같다.

<Table 3>에 나타난 바와 같이 왼손 도마접촉의 수평 위치는 0.02 m, 수직위치는 1.17 m로 나타났고, 오른손 도마접촉의 수평위치는 0.45 m, 수직위치는 1.35 m로 나타났으며, 도마 손 짚기 동안 양손의 간격(VCD)은 0.43 m로 나타났다.

Table 3. Displacement of VC (unit: m)

Motion	Variable	Left VC		Light VC		VCD
		Ho	Ve	Ho	Ve	
Ri Se Gwang		0.02	1.17	0.45	1.35	0.43
YANG 2		0.08	1.16	0.47	1.35	0.38

YANG Hak Seon 2(YANG 2), Yeo data were extracted from Park & Song(2015), Yeo(2003).

Table 4. Run Step of Ri Se Gwang Motion (unit: m)

Step	5 Step	4 Step	3 Step	2 Step	1 Step
Distance	1.34	1.45	1.57	1.40	2.59

또한 <Table 4>에 나타난 바와 같이 조주 스텝은 발구름 전 5스텝에서 1.34 m, 4스텝에서 1.45 m, 3스텝에서 1.57 m, 2스텝에서 1.40 m, 그리고 1스텝에서 2.59 m로 나타났다.

이상의 결과에 의하면, Ri Se Gwang 동작은 도마 손 짚는 수평위치는 YANG Hak Seon 2 동작의 왼손의 위치인 0.08 m와 오른손의 위치인 0.47 m에 모두 짧은 것으로 나타났으며, 도마 손 짚는 양손의 간격은 YANG Hak Seon 2 동작의 0.38 m에 비해 넓은 것으로 나타났다. 또한 Ri Se Gwang 동작의 발구름 직전의 마지막 조주 보폭은 YANG Hak Seon 2 동작의 2.82 m에 비해 매우 짧은 것으로 나타났다.

속도 변화

신체중심의 속도변화를 나타낸 것은 <Table 5>과 <Fig. 5>와 같다.

신체중심의 속도변화를 살펴보면, PoF 국면의 평균 수평속도는 3.00 m/s, PoF 국면의 하강 시 평균 수평

속도는 2.88 m/s로 나타났으며, 각 단계별 수평속도는 BTD 시 7.67 m/s, BTO 시 5.18 m/s, VTD 시 4.69 m/s, VTO 시 2.73 m/s, 그리고 LD 시 1.81 m/s로 나타났다.

또한 PoF 국면의 평균 수직속도는 -1.49 m/s, PoF 국면의 하강 시 평균 수직속도는 -3.02 m/s로 나타났으며, 각 단계별 수직속도는 BTD 시 0.46 m/s, BTO 시 4.08 m/s, VTD 시 4.07 m/s, VTO 시 3.87 m/s, 그리고 LD 시 -1.32 m/s로 나타났다.

Table 5. Velocity of COM of Ri Se Gwang motion (unit: m/s)

Vel	Ph	BC		VC			LD	PoF	PoF
	BTD	BTO	ΔV	VTD	VTO	ΔV	Descent (M)	(M)	
Ho	7.67	5.18	-2.49	4.69	2.73	-1.96	1.81	2.88	3.00
Ve	0.46	4.08	3.62	4.07	3.87	-0.2	-1.32	-3.02	-1.49

Motion	Ph	BC		VC			PoF	
	BTD	BTO	ΔV	VTD	VTO	ΔV	Mean	
YANG 2	Ho	8.60	5.75	-2.85	5.56	2.82	-2.74	3.45
	Ve	-0.81	4.01	×	3.64	4.09	×	-3.33
Yeo	Ho	7.82	×	×	5.22	3.72	×	×
	Ve	×	3.93	×	3.80	3.98	×	×

YANG Hak Seon 2(YANG 2), Yeo data were extracted from Park & Song(2015), Yeo(2003).

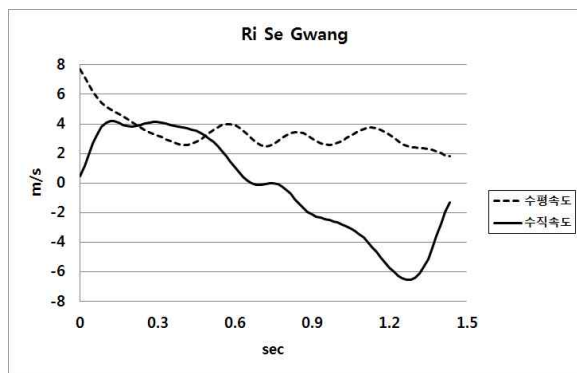


Fig. 5.Velocity of COM

이상의 결과에 의하면, Ri Se Gwang 동작은 제 2비약의 도약을 결정하는 VTO 시 수평속도는 Yeo 동작의

3.72 m/s, YANG Hak Seon 2 동작의 2.82 m/s보다 다소 느린 것으로 나타났으며, 수직속도는 Yeo 동작의 3.98 m/s, YANG Hak Seon 2 동작의 4.09 m/s보다 다소 느린 것으로 나타났다. 또한 Ri Se Gwang 동작은 구름판에 접근하는 BTD 시 수평속도는 Yeo 동작의 7.82 m/s, YANG Hak Seon 2 동작의 8.60 m/s보다 다소 느렸으며, 구름판을 이륙하는 BTO 시 수직속도는 Yeo 동작의 3.93 m/s, YANG Hak Seon 2 동작의 4.01 m/s보다 빠르게 나타났다. 도마에 접근하는 VTD 시 Ri Se Gwang 동작은 수평속도가 Yeo 동작의 5.22 m/s, YANG Hak Seon 2 동작의 5.56 m/s보다 다소 느렸으며, 수직속도는 Yeo 동작의 3.80 m/s, YANG Hak Seon 2 동작의 3.64 m/s보다 빠르게 나타났다. 한편 제 2비약의 체공동안 수평이동 속도는 YANG Hak Seon 2 동작의 3.45 m/s보다 다소 느린 것으로 나타났다.

각도 변화

주요관절의 각도변화

신체 주요관절(고관절, 슬관절, 견관절)의 각도변화를 나타낸 것은 <Table 6>과 <Fig. 6>과 같다.

Table 6. Change in joint angles (unit: deg)

Angle/Motion	Ev	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak	LD	
		Ri Se Gwang	116	163	187	201	113	74
Hip	YANG 2	113	153	157	153	169	146	
	Yeo	105	140	165	154	×	×	
Knee	Ri Se Gwang	152	172	173	129	95	92	
	YANG 2	159	170	174	173	173	102	
Yeo	L	146	166	138	167	×	×	
	R	64	120	133	121	36	32	
Shoulder	YANG 2	L	107	121	107	103	25	96
	R	100	118	106	116	55	58	
Yeo	L	114	122	81	146	×	×	
	R	108	125	148	144	×	×	

YANG Hak Seon 2(YANG 2), Yeo data were extracted from Park & Song(2015), Yeo(2003).

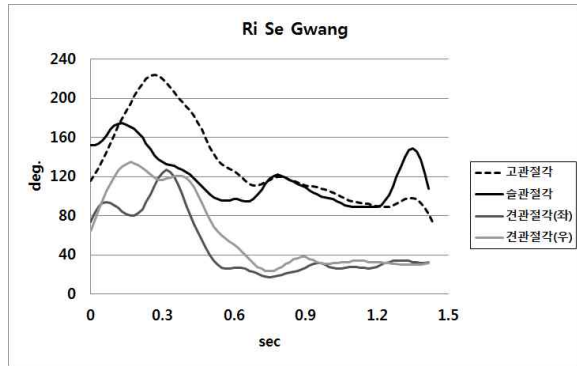


Fig. 6. Change in joint angles

신체 주요관절의 각도변화를 살펴보면, BTD 시 고관절각은 116도, 슬관절각은 152도, 왼쪽 견관절각은 74도, 그리고 오른쪽 견관절각은 64도로 나타났고, BTO 시 고관절각은 163도, 슬관절각은 172도, 왼쪽 견관절각은 91도, 그리고 오른쪽 견관절각은 120도로 나타났으며, VTD 시 고관절각은 187도, 슬관절각은 173도, 왼쪽 견관절각은 82도, 그리고 오른쪽 견관절각은 133도로 나타났다. 또한 BTO 시 고관절각은 201도, 슬관절각은 129도, 왼쪽 견관절각은 112도, 그리고 오른쪽 견관절각은 121도로 나타났고, Peak 시 고관절각은 113도, 슬관절각은 95도, 왼쪽 견관절각은 24도, 그리고 오른쪽 견관절각은 36도로 나타났으며, LD 시 고관절각은 74도, 슬관절각은 92도, 왼쪽 견관절각은 34도, 그리고 오른쪽 견관절각은 32도로 나타났다.

이상의 결과에 의하면, Ri Se Gwang 동작은 제 2비약의 도약을 결정하는 VTO 시 고관절각은 Yeo 동작의 154도, YANG Hak Seon 2 동작의 153도에 비해 매우 크게 나타났고, 슬관절각은 Yeo 동작의 167도와 YANG Hak Seon 2 동작의 173도에 비해 매우 작게 나타났다. 오른쪽 견관절각은 Yeo 동작의 143도보다 작았으나, YANG Hak Seon 2 동작의 116도에 비해 다소 큰 것으로 나타났다. 또한 Ri Se Gwang 동작은 구름판에 접근하는 BTD 시 고관절각은 Yeo 동작의 105도, YANG Hak Seon 2 동작의 113도보다 다소 크게 나타났다.

구름판을 이륙하는 BTO 시 왼쪽 견관절각(Yeo 동작의 122도, YANG Hak Seon 2 동작의 121도)과 오른쪽 견관절각(Yeo 동작의 124도, YANG Hak Seon 2

동작의 118도) 모두 선행연구 동작보다 작게 나타났다. 한편 Ri Se Gwang 동작은 VTD 시 오른쪽 견관절의 도마 지지각은 Yeo 동작의 147도보다 작았으나 YANG Hak Seon 2 동작의 106도보다 크게 나타났다.

구름판과 도마의 지지각 및 착지각 변화

구름판, 도마 지지각과 착지각의 각도변화를 나타낸 것은 <Table 7>과 <Fig. 7>과 같다.

구름판, 도마 지지각과 착지각의 각도변화를 살펴보면, 구름판 지지각은 BTD 시 62도, BTO 시 111도로 나타났고, 도마 지지각은 VTD 시 9도, VTO 시 79도로 나타났으며, 착지각은 80도로 나타났다.

Table 7. Touch-down and take-off angles of board and horse, Landing angle (unit: deg.)

Motion	Event	Board TD		Vault TO		Landing
		BTD	BTO	VTD	VTO	
Ri Se Gwang		62	111	9	79	80
YANG 2		63	115	24	74	65
Yeo		76	115	9	87	×

YANG Hak Seon 2(YANG 2). Yeo data were extracted from Park & Song(2015), Yeo(2003).

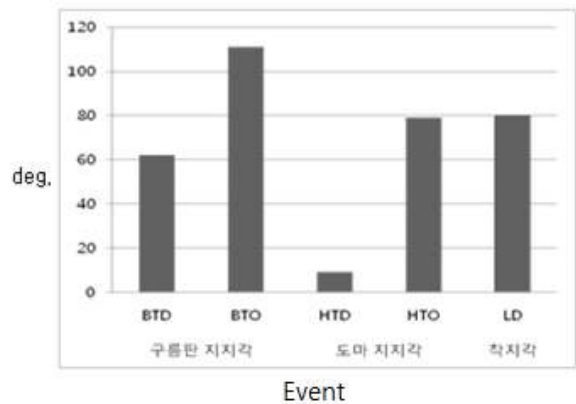


Fig. 7. Touch-down and take-off angle of board and horse, Landing angle of Ri Se Gwang motion

이상의 결과에 의하면, Ri Se Gwang 동작은 BTD 시 구름판 지지각은 Yeo 동작의 76도보다는 작고 YANG Hak Seon 2 동작의 63도와 유사하게 나타났

으며, BTO 시 구름판 지지각은 Yeo 동작의 115도와 YANG Hak Seon 2 동작의 115도보다 다소 작은 것으로 나타났다.

또한 Ri Se Gwang 동작은 VTD 시 도마 지지각은 Yeo 동작의 9도와 동일하고 YANG Hak Seon 2 동작의 24도보다는 작게 나타났으며, VTO 시 도마 지지각은 Yeo 동작의 87도보다는 작고 YANG Hak Seon 2 동작의 74보다 다소 큰 것으로 나타났다.

회전각 및 비틀기각 변화

대퇴회전각과 동체회전각 및 동체 비틀기각의 각도변화를 나타낸 것은 <Table 8>와 <Fig. 8>과 같다.

Table 8. Rotation and Twist angle (unit: deg.)

angle		Ev						
		BTD	BTO	VTD	VTO	Peak	LD	
Thigh Ra	Ri Se Gwang	52	111	136	270	425	1202	
	YANG 2	46	115	167	263	465	762	
Trunk Ra	Ri Se Gwang	116	141	166	284	493	1096	
	YANG 2	113	141	174	256	475	796	
Trunk Ta	Ri Se Gwang	2	-33	-54	-130	-3	178	
	YANG 2	-5	-30	-49	-77	203	1056	

YANG Hak Seon 2(YANG 2). Yeo data were extracted from Park & Song(2015).

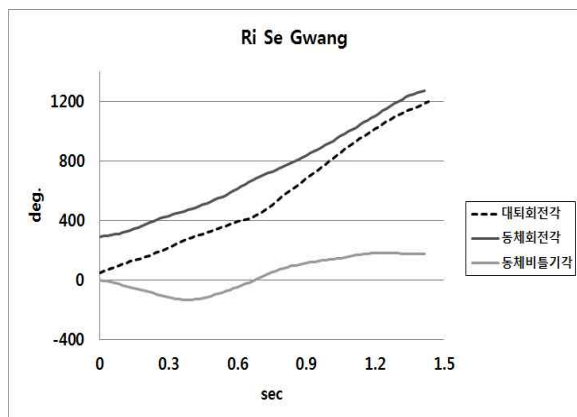


Fig. 8. Rotation and Twist angle

대퇴회전각과 동체회전각 및 동체 비틀기각의 각도변화를 살펴보면, 대퇴회전각은 BTD 시 52도, BTO 시 111도, VTD 시 136도, VTO 시 270도, Peak 시 425도, 그리고 LD 시 1202도로 나타났다.

동체회전각은 BTD 시 116도, BTO 시 141도, VTD 시 166도, VTO 시 284도, Peak 시 493도, 그리고 LD 시 1096도로 나타났으며, 동체 비틀기각은 BTD 시 2도, BTO 시 -33도, VTD 시 -54도, VTO 시 -130도, Peak 시 -3도, 그리고 LD 시 178도로 나타났다.

이상의 결과에 의하면, VTD 시 Ri Se Gwang 동작의 대퇴와 동체회전각은 YANG Hak Seon 2 동작의 대퇴회전각(167도)과 동체회전각(174도)에 비해 작게 나타났으나 동체 비틀기각은 YANG Hak Seon 2 동작의 -49도에 비해 매우 크게 나타났다. Ri Se Gwang 동작의 동체 비틀기각은 HTO에서도 YANG Hak Seon 2 동작의 -77도에 비해 매우 큰 것으로 나타났다. 또한 Peak 시 Ri Se Gwang 동작의 동체회전각은 YANG Hak Seon 2 동작의 475도에 비해 다소 큰 것으로 나타났다.

각속도 변화

대퇴회전각과 동체회전각 및 동체 비틀기각의 각속도 변화를 나타낸 것은 <Table 9>과 <Fig. 9>와 같다.

대퇴회전각과 동체회전각 및 동체 비틀기각의 각속도 변화를 살펴보면, 대퇴회전의 각속도는 BTD 시 444 deg./s, BTO 시 577 deg./s, VTD 시 438 deg./s, VTO 시 625 deg./s, Peak 시 642 deg./s, 그리고 LD 시 667 deg./s로 나타났으며, BC 국면에서 571 deg./s, PrF 국면에서 503 deg./s, HC 국면에서 612 deg./s로 나타났다. 또한 PoF 국면은 870 deg./s로 나타났으며, PoF 국면의 상승국면이 528 deg./s, 하강국면이 1004 deg./s를 나타냈다.

동체회전의 각속도는 BTD 시 120 deg./s, BTO 시 416 deg./s, VTD 시 571 deg./s, VTO 시 452 deg./s, Peak 시 804 deg./s, 그리고 LD 시 241 deg./s로 나타났으며, BC 국면에서 256 deg./s, PrF 국면에서 495 deg./s, HC 국면에서 545 deg./s로 나타났다. 또한 PoF 국면은 755 deg./s로 나타났으며, PoF 국면의 상승국면이 692 deg./s, 하강국면이 781 deg./s를 나타냈다.

Table 9. Rotation and Twist angular velocity

(unit: deg./s)

Angle/Motion	Ev/Ph	BTD	BTO	VTD	VTO	Peak	LD	Mean					
								BC	PrF	VC	PoF		
											Ascent	Descent	PoF
Thigh Rv	Ri Se Gwang	444	577	438	625	642	667	571	503	612	528	1004	870
	YANG 2	×	724	656	411	×	-400	×	701	565	503	×	×
Trunk Rv	Ri Se Gwang	120	416	571	452	804	241	256	495	545	692	781	755
	YANG 2	×	418	430	418	×	×	×	×	425	695	781	×
Trunk Tv	Ri Se Gwang	-187	-453	-392	-116	680	61	-346	-426	-342	416	240	284
	YANG 2	×	-219	×	-219	×	×	×	×	×	×	×	×

YANG Hak Seon 2(YANG 2), Yeo data were extracted from Park & Song(2015).

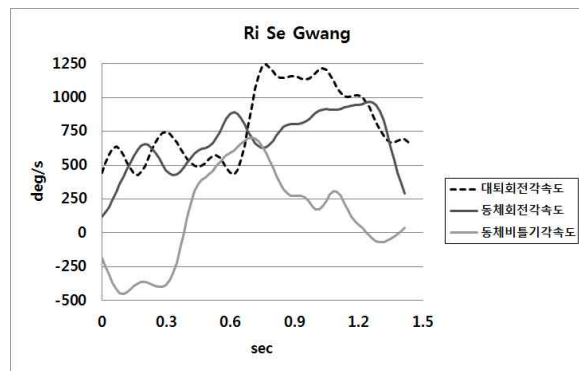


Fig. 9. Changes of Rotation and Twist angular velocity

동체 비틀기 각속도는 BTD 시 -187 deg./s, BTO 시 -453 deg./s, VTD 시 -392 deg./s, VTO 시 -116 deg./s, Peak 시 680 deg./s, 그리고 LD 시 61 deg./s로 나타났으며, BC 국면에서 -346 deg./s, PrF 국면에서 -426 deg./s, VC 국면에서 -342 deg./s로 나타났다. 또한 PoF 국면은 284 deg./s로 나타났으며, PoF 국면의 상승국면이 416 deg./s, 하강 국면이 240 deg./s를 나타냈다.

이상의 결과에 의하면, VTD 시 Ri Se Gwang 동작은 대퇴회전속도가 YANG Hak Seon 2 동작의 656 deg./s보다 느렸으나 동체회전속도는 YANG Hak Seon 2 동작의 430 deg./s에 비해 빠르게 나타났으며, VTO 시 Ri Se Gwang 동작의 동체회전속도는 YANG Hak Seon 2 동작의 418 deg./s보다 빠르고 동체 비틀기각속도는 YANG Hak Seon 2 동작의 -219 deg./s보

다 느린 것으로 나타났다.

한편 도마 손 짚기 국면(VC)에서 Ri Se Gwang 동작의 동체회전속도는 YANG Hak Seon 2 동작의 평균 425 deg./s보다 빠른 것으로 나타났으며, 제 2비약의 오르내릴 때 Ri Se Gwang 동작의 동체회전속도는 YANG Hak Seon 2 동작의 상승 시 695 deg./s와 하강 시 781 deg./s보다 모두 빠른 것으로 나타났다.

논 의

Ri Se Gwang 동작은 요소그룹 II에 속한 기술 중 가장 높은 6.4점의 난이도 가치를 지니고 있다. 또한 동일한 계통의 기술이고 동일한 난도가치를 지닌 YANG Hak Seon 2 동작이 제 2비약에서 몸을 펴서 뒤 공중 한 바퀴를 돌면서 비틀기가 이루어지는데 반해 제 2비약에서 몸을 굽혀서 뒤 공중 두 바퀴를 돌면서 비틀기가 이루어진다는 특징이 있다.

한편 제 2비약에서 동일하게 몸 굽혀 뒤 공중 두 바퀴를 도는 Yeo 동작에 비해 1회전 비틀기가 추가된다는 특징이 있다. 이처럼 Ri Se Gwang 동작과 Yeo 동작, 그리고 YANG Hak Seon 2 동작은 제 2비약의 공중회전운동에 있어서 신체 형태(자세)와 공중회전거리와 비틀기 거리의 차이로 인해 제 2비약의 운동 특성을 직접적으로 비교하는데 어려움이 있다. 그러나 세 가지 기술 모두 Tsukahara 계열의 기술로서 주요국면에 영향을 주는 발구름과 제 1비약, 손 짚기 과정 등의 준비국면의

운동 형태가 서로 동일하게 진행됨으로 준비국면의 운동 특성을 비교하고 주요국면의 도약과 관련된 특징을 살펴보는 것만으로도 성공적인 Ri Se Gwang 동작에 영향이 미치는 요인 파악이 가능하다.

Ri Se Gwang 동작은 제 2비약에서 뒤 공중 두 바퀴를 돌면서 1회전 비틀기가 이루어지는 복잡한 운동 형태를 보인다. 이러한에도 불구하고 제 2비약에서 단순히 뒤 공중 두 바퀴만 도는 Yeo 동작과 제 2비약에서 몸 꺾은 바퀴를 회전하는 YANG Hak Seon 2 동작에 비해 체공 시간은 거의 유사하였고, 난도가치 상승에 영향을 주는 주요국면인 제 2비약의 체공 높이에서는 신체의 왜소함으로 인해 생각했던 것보다 다소 낮은 결과를 보였으나 비교 동작인 선행연구 결과와는 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

Ri Se Gwang 동작은 제 2비약의 수평거리가 Yeo 동작과 YANG Hak Seon 2 동작에 비해 상대적으로 짧다. 그만큼 수직 중심으로 작고 왜소한 비행이 이루어진 것으로서 준비국면에서부터 Yeo 동작과 YANG Hak Seon 2 동작과는 운동 형태에 있어서 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

도마 이륙 시 Ri Se Gwang 동작은 수평 및 수직 속도 모두 Yeo 동작과 YANG Hak Seon 2 동작보다 다소 느리게 나타났으며, 도마 지지각은 YANG Hak Seon 2 동작과 유사하였으나 Yeo 동작보다 작은 것으로 나타났다. 이러한에도 불구하고 도마 이륙 후 원활한 공중회전운동을 이루면서 동작을 완성할 수 있었던 이유는 도마 이륙 시 신체 회전속도가 상대적으로 빠르게 유지되었기 때문으로 생각된다. 즉 도마 이륙 시 도마 지지각(VTO)이 작게 유지되었던 것은 도마 손 짚기의 블로킹동작부터 매우 작은 지지각을 형성했기 때문으로 이해되며, 구름관 이륙순간부터 도마에 접근할 때까지 상체를 빠르게 숙여줌으로써 도마 손 짚기 과정에서의 신체 회전속도를 빠르게 수행할 수 있었기 때문이라고 사료된다.

Ri Se Gwang 동작은 제 2비약에서 YANG Hak Seon 2 동작보다 뒤 공중돌기를 한 바퀴 더 돌아야 함에도 불구하고 준비국면에서 도마에 접근할 때 상체를 빠르게 숙이는 동작 외에 신체 회전의 추진을 얻는 별다른 특징이 없다. 특히 제 2비약의 Peak 시까지도 동체의 회전거리가 YANG Hak Seon 2 동작보다 그렇게

크지 않은 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 제 2비약의 체공 높이가 3 m 정도만 형성된다면 YANG Hak Seon 2 동작 수행에서와 같은 신체의 회전속도가 제공되지 않고 작고 왜소한 공중비행이 이루어진다고 하더라도 몸을 굽혀서 두 바퀴를 돌며 1회전을 비트는데 큰 무리가 없다는 것이다.

Ri Se Gwang 동작은 Peak 이후 동체의 회전이 굉장히 빠르게 진행되어 동작을 완수할 수 있었다. 이는 도마를 짚으면서 비틀기 반대방향으로 과도하게 비틀었다가 되돌아오는데 치중한 것으로서 수직 중심의 제 2비약운동을 위해 원활하고 완전한 축전 동작을 만들어서 뒤 공중회전 타이밍을 조절하고, Peak 이후 건관절과 고관절 그리고 슬관절각을 굴곡 시켜서 최대한 몸을 웅크리면서 손으로 뒤 허벅지를 잡아채는 동작을 수행한 결과로 볼 수 있다.

Ri Se Gwang 동작은 도마를 보면서 착지에 이르는 동작으로서 수직 중심의 공중비행을 하여 착지 시 신체 중심이 0.56 m를 유지하였으며, 수직에 가까운 80도의 착지각과 180도에 가까운 완전한 비틀기 거리를 확보하여 매우 안정된 착지 동작을 취하였다.

이상에서 살펴본 바에 의하면 Ri Se Gwang 동작의 성공 요인은 제 2비약의 도약력을 크게 요구하지 않는다는 것으로 보아 파워 보다는 기술적 감각이 중요함을 발견하였다. 성공적인 동작을 수행하기 위해서는 우선 안전한 손 짚기와 충분한 역방향 비틀기에 의한 축전 동작을 수행하면서 뒤공중돌기 감각을 얻은 후 몸을 굽히고 손으로 뒤 허벅지를 잡아채면서 뒤 공중회전과 정방향 비틀기를 실시해야만 한다. 이때 자칫 고관절각이 풀리지 않도록 하기 위한 복직근의 근력강화가 선행되어야 할 것이다.

현재 우리나라 선수들이 도마운동 Tsukahara 계열 기술을 수행하는 보편적인 도약력의 상황을 보면 Yeo 동작의 성공 가능성이 충분히 있음을 알 수 있다. Ri Se Gwang 동작은 Yeo 동작과 YANG Hak Seon 2 동작보다 더 큰 도약력을 요구하지도 않는다. 따라서 손 짚고 옆 돌아 뒤 공중 두 바퀴(Yeo 동작)를 수행할 수만 있다면 곧바로 Ri Se Gwang 동작을 시도해도 성공 가능성이 매우 높을 것으로 생각된다.

결론

이 연구는 2014년 인천아시아경기대회 기계체조 도마 결승에서 북한의 리세광 선수가 연기한 Ri Se Gwang 기술의 운동 특성을 파악하여 현장 활용 가능한 기초자료를 제공하는 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, Ri Se Gwang 동작은 기술의 성패에 결정적인 영향을 미치는 제 2비약의 체공시간, 체공높이, 도마 이륙 시 수평속도, 수직속도 등의 결과 동작 완수를 위한 충분한 도약운동이었으나 선행연구결과인 Yeo 동작과 YANG Hak Seon 2 동작에 비해 제 2비약 시 수직중심으로 왜소한 공중 비행운동이 이루어지는 특징이 나타났다.

둘째, Ri Se Gwang 동작은 도마 손 짚기의 블로킹 각을 9도로 작게 형성하고 도마 이륙각 또한 79도로 매우 낮게 나타냈으나 구름판 이륙순간부터 도마에 접근할 때까지 상체를 빠르게 숙여주어 도마 손 짚기 국면에서 평균 신체의 회전속도를 545 deg./s로 빠르게 유발하였고, 이 영향으로 도마 이륙 시 신체 회전속도를 452deg./s로 빠르게 유지하여 도마 이륙 후 큰 무리 없이 공중회전운동을 수행한 것으로 나타났다.

셋째, 준비국면에서 Ri Se Gwang 동작은 도마 접근 시 상체를 빠르게 숙여서 강한 블로킹을 시도하고 수직 중심의 공중비행이 이루어지는 특징이 있다. 이는 공중회전운동을 수행함에 있어서 공중 회전력 강화를 위한 뒤 허벅지 잡아채기와 비틀기 운동의 조절을 원활하게 하는 것으로 나타났으며, 제 2비약의 체공높이가 3 m만 된다면 보다 여유로운 공중회전운동으로 착지 시 충분한 착지각과 비틀기각을 형성할 수 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 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.
- Yeo, H. C. (2003). Kinematic Analysis of Yeo Motion at Horse Vaulting. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, 13(1), 39-50.
- 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.
- F. I. G(Federation of International Gymnastics). (2013). *Men's Artistic Gymnastics Code of Points*.
- Kwon, Y. H. (2002). *KWON3D Motion analysis package version 3.1 User's Reference Manual*. Anyang.
- Takei, Y. (1998). Three-dimensional analysis of handspring with full turn vault: Deterministic model, coaches' beliefs, and judges' scores. *Journal of Applied Biomechanics*, 14, 190-210.
- 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.

체조 도마 종목 Ri Se Gwang 동작의 운동학적 특성 비교 연구

송주호(한국스포츠개발원), 박종훈(가톨릭관동대학교)

이 연구는 2014년 인천아시아경기대회 기계체조 도마 결승에서 북한의 리세광 선수가 연기한 Ri Se Gwang 기술(요소그룹II, 난이도 6.4점, 손 짚고 옆 돌아 몸 굽혀 뒤 공중 두 바퀴 돌며 1/1 턴 동작)의 운동 특성을 파악하여 활용 가능한 기초자료를 갖추는데 있다. 이를 위한 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, Ri Se Gwang 동작은 기술의 성패에 결정적인 영향을 미치는 제 2비약의 체공시간이 1.07초, 체공 높이는 2.91 m로 나타났으며, 도마 이륙 시 수평속도는 2.73 m/s, 수직속도는 3.87 m/s로 나타났다. 이는 동작 완수를 위한 충분한 도약운동이었으나 선행연구결과인 Yeo 동작과 YANG Hak Seon 2 동작에 비해 제 2비약 시 수직중심으로 왜소한 공중 비행운동이 이루어지는 특징이 나타났다. 둘째, Ri Se Gwang 동작은 도마 손 짚기의 블로킹각을 9도로 작게 형성하고 도마 이륙각 또한 79도로 매우 낮게 나타냈으나 구름판 이륙 순간부터 도마에 접근할 때까지 상체를 빠르게 숙여주어 도마 손 짚기 국면에서 평균 신체의 회전속도를 545 deg./s로 빠르게 유발하였고, 이 영향으로 도마 이륙 시 신체 회전속도를 452deg./s로 빠르게 유지하여 도마 이륙 후 큰 무리 없이 공중회전운동을 수행한 것으로 나타났다. 셋째, 준비국면에서 Ri Se Gwang 동작은 도마 접근 시 상체를 빠르게 숙여서 강한 블로킹을 시도하고 수직중심의 공중비행이 이루어지는 특징이 있다. 이는 공중회전운동을 수행함에 있어서 공중 회전력 강화를 위한 뒤 허벅지 잡아채기와 비틀기 운동의 조절을 원활하게 하는 것으로 나타났으며, 제 2비약의 체공높이가 3 m 만 된다면 보다 여유로운 공중회전운동으로 착지 시 충분한 착지각과 비틀기각을 형성할 수 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 체공시간, 체공높이, 이륙, 공중회전, 비틀기