

The Evaluation of the Swing and Aerial Motion of Kovacs on Horizontal Bar

국내 철봉 선수들의 Kovacs의 흔들기 및 체공 동작에 대한 평가

Kyu-Chan Lim

School of Sport Science, University of Ulsan, Ulsan, South Korea

Received : 31 October 2020

Revised : 06 November 2020

Accepted : 09 November 2020

Objective: The aim of this study was to investigate the swing and aerial motion of Kovacs, and evaluate the skill level of Kovacs by Korean adult players on horizontal bar.

Method: The subjects for this study were 6 male top athletes participated in the 46th National Gymnastics against Cities and Provinces. After the motions of Kovacs were filmed by digital highspeed camcorder setting in 90 frames/s, kinematical data were calculated through DLT method. The variables were computed in the lapse time, the joint angle, the position · velocity of body COG, the inferred tension force of bar, and body COG path were simulated according to skill level of Kovacs.

Results: Firstly, it was revealed that the lapse time was 1.19 ± 0.03 s in the swing phase, and 0.83 ± 0.03 s in the aerial phase. Secondly, it was revealed that the shoulder · hip joint motions of S1 and S2 were better than the other subjects in the swing phase, and the knee joint motions of S1 and S2 were better than the other subjects in the aerial phase. Thirdly, it was revealed that the horizontal · vertical velocity of body COG were -1.40 ± 0.03 m/s, 3.80 ± 0.07 m/s respectively, and the vertical positions of S1 and S2 were higher a little than the other subjects. Lastly, the skill level of Kovacs of this subjects was evaluated into 3 steps; excellent, advanced, normal. They need to train the swing motion including a giant circle, and body motions in the air.

Conclusion: It would be suggested that Korean domestic players should improve to increase the vertical velocity at release instant and train to control the limbs elaborately in the air.

Keywords: Kovacs skill, Horizontal bar, Men's gymnastics, Aerial path

Corresponding Author

Kyu-Chan Lim

School of Sport Science,
University of Ulsan, Daehakro
93, Nam-gu, Ulsan, 44610, South
Korea

Tel : +82-52-259-2845

Fax : +82-52-259-1696

Email : kclim@ulsan.ac.kr

INTRODUCTION

1. 연구의 필요성 및 목적

철봉 Kovacs 기술은 대차(giant circle)로 뒤돌아 흔들기를 한 후 몸을 투사시켜 공중에서 1과 1/4바퀴 뒤돌기 회전하고 철봉을 되잡는 기술이다(F.I.G., 2018). 1979년에 헝가리 Kovacs 선수가 이 기술을 처음 실시한 이후 현재 우수 선수들은 이 기술을 일반적으로 사용하고 있고, 2012년 런던 올림픽 예선경기에서 선수의 40% 이상이 이 기술을 수행한 바 있다(Hiley & Yeadon, 2016). 비행 요소(flight elements)가 포함되어 있는

Kovacs 기술들은 실패할 경우 큰 벌점을 받기 때문에 동작의 일관성이 매우 중요하다. 과거에 비해 선수들의 기량이 향상되어 런던 올림픽 예선경기에서 Kovacs의 되잡기 성공률은 84%이었다(Hiley & Yeadon, 2016).

선수가 되잡기를 실패하는 주 원인은 투사 시의 선운동량과 각운동량의 과부족에 있으므로(Holvoet, Lacouture & Duboy, 2002; Hiley & Yeadon, 2012; Hiley, Yeadon & Buxton, 2007) 대차 흔들기에서부터 전신의 속도와 투사의 시점을 정밀하게 제어해야 한다(Hiley & Yeadon, 2016). 비행 요소가 포함되어 있으나 투사 역동작인 Tkatchev 기술에서 투사 시점은 빠른 것이 좋고(Holvoet et al., 2002), 대차돌기의 스윙 구간에서 Tkatchev

의 고관절과 견관절의 회전 타이밍이 Kovacs보다 빠르다고 밝히고 있다(Irwin, Exell, Manning & Kerwin, 2016). 반면에 Hiley 등 (2007)은 Tkatchev 기술에서 되잡기를 성공하기 위해서 투사를 빠르게 하는 것 이상으로 대차돌기가 정확해야 한다고 하였고, Tkatchev를 성공하지 못한 경우 이는 투사 시점에만 문제가 있는 것이 아니라고 하였다(Hiley & Yeadon, 2012).

위와 같이 철봉의 비행 요소에 관한 연구는 Tkatchev가 주류를 이루고, 내리기 동작에 대한 분석에서 비행 요소를 포함시킨 정도이며 Kovacs에 대한 연구는 충분하지 않은 편이다. 최근의 Kovacs 연구로는 Kovacs 기술의 투사 시점의 일관성을 분석한 연구(Hiley & Yeadon, 2016), Tkatchev와 Kovacs의 기능적 구간을 비교한 연구(Irwin et al., 2016)가 있고, 비행 요소가 포함된 Kovacs, Cassina와 Kolman의 운동학적 변인을 단순 비교한 연구(Yoon, Kim, Kim & Han, 2000), 그리고 piked Kovacs의 운동학적 변인을 분석한 연구(Lee, Back & Chung, 2006)가 있다.

현재 우리 나라 선수들은 대부분 Kovacs 기술을 비교적 정확하게 발휘하고 있으나, 후속 연기로 바로 이어지지 않고 대차돌기를 다시 시도하여 후속 연기를 수행하는 수준이다. 그렇지만 세계적인 우수 선수들은 비행 요소가 포함된 기술을 한 번에 연속적으로 수행하고 있다. 2012년 런던 올림픽 철봉 경기에서 네덜란드 Zonderland는 대차돌기 후 Cassina, Kovacs, Kolman 기술을 연속해서 연기하여 난이도 7.9, 연기 8.633 합 16.533으로 우승하였다(Youtube, 2016). 이와 같이 비행 요소의 기술들을 적절히 포함시켜 연속적으로 수행하는 것은 세계적인 추세이다. 이를 위해서는 정확한 대차돌기의 수행이 우선이다. 특히 철봉 아래를 통과할 때 견관절의 신전과 고관절의 굴곡으로 빠른 대차돌기를 수행하고(Irwin et al., 2016; Hiley & Yeadon, 2016), 투사위치와 투사속도를 적절히 제어해서 몸을 투사시킨 후, 공중에서 후속 연기가 가능하도록 사지를 조절해 철봉 되잡기를 준비해야 한다. Kovacs에서 제일 중요한 것은 되잡기를 성공하는 것인데, 대차돌기는 투사에 영향을 미치고, 또 투사의 속도와 위치는 되잡기에 영향을 미친다.

현재까지 Kovacs 기술의 대한 국내외 연구들은 Kovacs의 체공 동작에 초점을 맞춰 분석하였는데, Hiley & Yeadon (2016)은 2명의 우수 선수를 대상으로 실험 연구를, Irwin 등 (2016)은 올림픽에 출전한 18명의 선수들을 50 Hz로 촬영하여 현장 연구를 진행하였다. 그리고 Yoon 등 (2000)은 제 2회 동아시아경기대회 개인 종합 결승경기에 출전한 4명의 우수 선수를 대상으로 현장 연구를, Lee 등 (2006)은 3명의 우수 선수를 대상으로 실험 연구를 진행하였으나, 모두 후속 연기의 수행 유무에 대한 정보가 없어 Kovacs 동작 분석의 결과 해석에 많은 제약이 따른다.

따라서 본 연구는 2019년 제 46회 문화체육관광부장관기 체조대회의 철봉경기 출전한 선수들의 후속 연결기 수행에 따

른 Kovacs의 흔들기와 체공 동작을 분석하여 현 국내 선수들의 Kovacs 기술 수준을 파악함과 동시에 되잡기 동작의 문제점을 규명하고자 하였다. 이를 위해 본 연구는 다음과 같은 연구 목적을 설정하였다.

첫째, 흔들기 구간과 체공 구간의 전체 소요시간을 분석하였다. 둘째, 흔들기 구간에서의 견관절각과 고관절각의 변화, 그리고 체공 구간에서의 슬관절각의 변화를 분석하였다. 셋째, 체공 구간에서 투사와 관련된 운동학적 변인들을 분석하였다. 넷째, 기술 수준에 따른 체공 구간의 신체중심 궤적을 분석하고 이를 simulation하였다.

2. 용어의 정의

본 연구에서 사용되는 용어들의 이해를 돕기 위하여 다음과 같이 정의하였다.

견관절각(shoulder angle): 오른 윗팔 벡터와 몸통 벡터가 이루는 각위

고관절각(hip angle): 몸통 벡터와 오른 윗다리 벡터가 이루는 각위

슬관절각(knee angle): 오른 윗다리 벡터와 오른 아랫다리 벡터가 이루는 각위

구심속도(radial velocity): 되잡기 순간의 신체중심 위치와 철봉 간의 거리의 변화율

METHOD

1. 연구 대상자

연구 대상자는 제 46회 문화체육관광부장관기 전국체조대회(2019. 8.16~8.19) 철봉 단체종합경기 및 종목별 결승경기에서 Kovacs 기술을 성공적으로 발휘한 대학 및 실업 팀 선수 6명으로 하였고, 이 중 4명은 후속 연결 기술을 성공하였고, 2명은 후속 연결 기술을 성공하지 못하였다. U시의 고등학교 기계체조부 전문 코치진의 판단에 따라 S1과 S2는 되잡기 순간의 자세와 후속 연결 기술이 우수한 선수로, S3와 S4는 되잡기 순간의 자세가 비교적 양호하고 후속 연결 기술이 우수한 선수로, 그리고 S5와 S6는 되잡기 순간의 자세가 비교적 양호하나 후속 연결 기술을 성공하지 못한 선수로 구분하였다. 연구 대상자의 나이는 23.8 ± 5.3 yr, 키는 1.66 ± 0.02 m, 체질량은 60.5 ± 3.5 kg이며, 선수경력은 15.2 ± 5.6 yr이었다. 촬영 후 연구 대상자에게 연구의 취지를 설명하였고, 분석 후 feedback에 관한 동의를 받았다.

2. 실험 및 측정

Kovacs 기술은 대차돌기와 같이 단일 평면에서 수행되는 남자 철봉경기 종목으로 2차원 분석이 가능하다. 경기장면을 촬영하기 위해 1대의 digital highspeed camcorder (VFC-300)가 사용되었고, 6.0 m × 5.4 m의 control pole, SOKKIA EZS21S theodolite가 각각 사용되었다. Sampling rate를 90 frames/s로 설정하여 철봉 흔들기가 시작하는 철봉 상단에서의 도립자세부터 촬영하고, Kovacs 기술의 되잡기가 종료된 후 그 다음 도립자세까지 촬영하였다. 경기가 끝난 직후에 control pole을 촬영하고 각도를 측정하였다. 투시 오차를 줄이기 위해 흔들기 방향이 동일한 Kovacs 기술을 선정하였고, global coordinate의 origin은 Kovacs 기술이 이루어지는 철봉 중앙의 표식점으로, 그리고 흔들기 진행 방향을 X축, 수직 방향을 Y축으로 설정하였다.

3. 자료 처리

대차돌기의 도립된 자세 전 5 frame 부터 시작하여 코바츠 기술의 되잡기가 종료된 후 다시 도립된 자세 후 5 frame까지의 10개 body landmark(오른손, 오른손목, 오른팔꿈치, 오른쪽 어깨, 오른발, 오른발목, 오른무릎, 오른엉덩이, 머리끝, 턱)의 위치 좌표를 Kwon3D 3.1 동작분석 프로그램을 사용하여 DLT 방식(Abdel-Aziz & Karara, 1971)으로 산출하였다. BSP는 Hanavan-Kwon 자료를 사용하였고(Visol, 2005), cutoff frequency는 8.0 Hz로 하였다.

본 연구의 구간을 흔들기 구간과 체공 구간으로 구분하였다. 흔들기 구간은 대차돌기의 도립된 자세에서 시작하여 오른쪽 팔이 X축을 지나는 1Q (First Quadrant) 순간, 오른쪽팔이 철봉

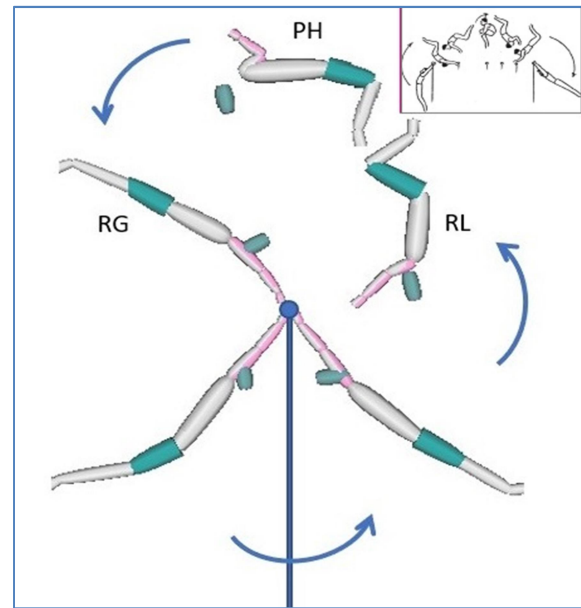


Figure 1. Important instants during whole interval in Kovacs

하단의 Y축을 지나는 2Q (Second Quadrant) 순간, 그리고 오른쪽 팔이 다시 X축을 지나는 3Q (Third Quadrant) 순간이 순서대로 포함되며, 체공 구간은 전신이 공중에 투사되는 RL (Release) 순간, 전신이 최고점 높이에 도달하는 PH (Peak Height) 순간, 신체중심 수직속도가 부적으로 증가함에도 머리의 수직속도가 부적으로 감소하여 철봉 되잡기를 준비하는 RR (Ready to Regrasp) 순간, 철봉을 되잡는 RG (Regrasp) 순간이 순서대로 포함된다(Figure 1).

구간 및 순간 동작에서의 소요시간을 산출하였고, 흔들기 구

Table 1. Descriptive statistics of lapse time at each instant and in phase during whole interval

	Time (s)							Swing phase	Aerial phase	2 Giant circles
	1Q	2Q	3Q	RL	PH	RR	RG			
S1	0.42	0.68	1.06	1.14	1.57	1.74	1.97	1.14	0.83	3.16
S2	0.42	0.69	1.10	1.15	1.56	1.83	2.04	1.15	0.89	3.17
S3	0.50	0.77	1.16	1.23	1.62	1.86	2.04	1.23	0.81	3.34
S4	0.48	0.76	1.15	1.21	1.61	1.83	2.04	1.21	0.83	3.53
S5	0.47	0.74	1.14	1.21	1.60	1.86	2.03	1.21	0.82	3.41
S6	0.45	0.75	1.14	1.21	1.62	1.88	2.03	1.21	0.82	3.54
M	0.46	0.73	1.13	1.19	1.60	1.83	2.03	1.19	0.83	3.36
SD	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.05	0.03	0.03	0.03	0.15

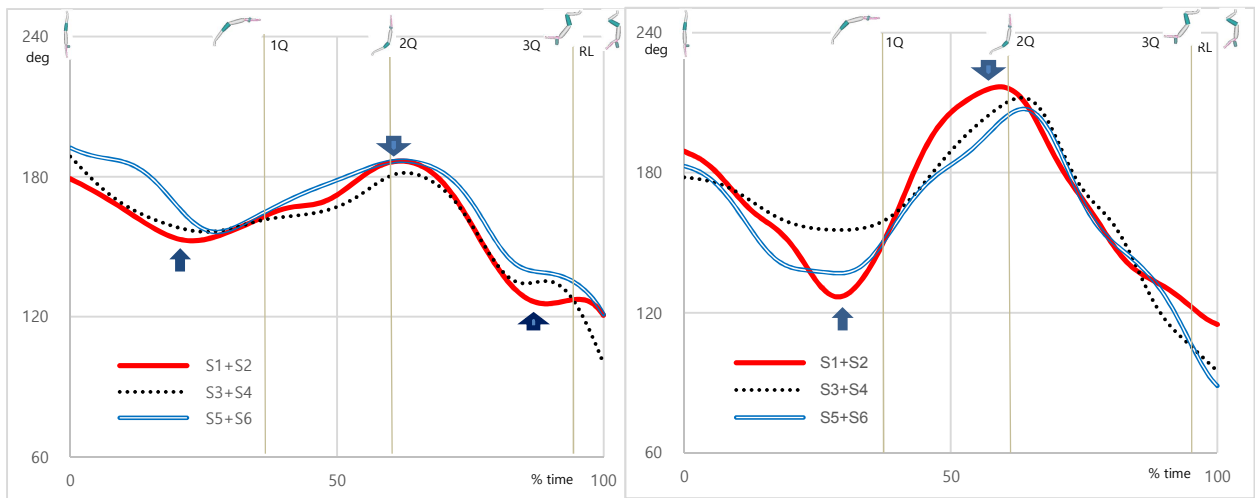


Figure 2. Changes of shoulder angle (L) and hip angle (R) in the swing phase

간에서의 견관절각·고관절각의 변화, 체공 구간에서의 슬관절각의 변화를 % 시간으로 표준화하였다. Kovacs 기술 전과 되잡기가 종료된 후 2Q 순간의 철봉의 장력 추정치를 구심력과 무게의 합으로 산출하였고, 체공 구간에서의 전신의 각운동량의 평균값을 제시하였으며, RL 순간의 신체중심 투사위치와 투사속도, RG 순간의 신체중심 되잡기 위치와 구심속도를 산출하였다. 투사속도는 RG와 PH 순간의 신체중심 위치와 소요시간을 투사체 운동방정식에 대입하여 재산출하였고, 시간에 따른 신체중심 위치와 철봉 간의 거리의 변화율로 구심속도를 계산하였다. 선수들의 체공시간을 고정시키고 투사 위치와 투사속도를 parameter로 사용하여 신체중심의 궤적을 simulation 하였다. 이 중에서 구심속도가 0.81 m/s 이상인(Hiley & Yeadon, 2016) 값을 선택하고 또 RG 순간의 신체중심 위치와 철봉 간의 거리가 0.75 m 이상인 상위 4개 자료를 최적의 신체중심 궤적으로 제시하였다.

4. 통계 처리

본 연구의 변인들을 Excel 2016을 이용하여 기술통계(descriptive statistics)하였다.

RESULTS

1. 순간 동작과 구간별 소요시간

흔들기와 체공 구간에서 순간 동작과 구간별 소요시간은 (Table 1)과 같이 나타났다.

(Table 1)과 같이 대차돌기를 하여 투사 직전까지의 흔들기

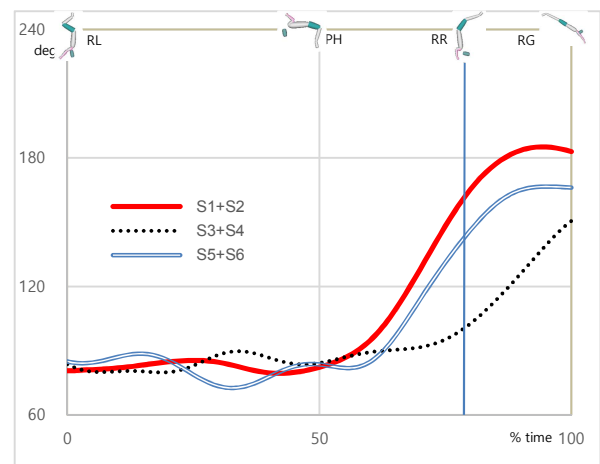


Figure 3. Changes of knee angle in the aerial phase

소요시간은 1.19±0.03 s로, 투사되어 Kovacs 기술을 발휘하고 철봉을 되잡을 때까지의 체공 소요시간은 0.83±0.03 s로, 두 번의 대차돌기를 포함한 전체 소요시간은 3.36±0.15 s로 나타났다.

2. 견관절각과 고관절각 및 슬관절각 변화

본 연구 대상자들을 분류하여 흔들기 구간과 체공 구간의 각도 변화를 다음과 같이 살펴보았다. 즉, 흔들기 구간에서의 견관절각과 고관절각의 변화는 (Figure 2)와 같이 나타났고, 체공 구간에서의 슬관절각의 변화는 (Figure 3)과 같이 나타났다.

S1과 S2는 다운 스윙(down swing)하여 철봉 하단을 통과하

는 2Q 시점까지 견관절의 신전과 굴곡 변화가 가장 크게 이루어졌고, 다른 선수들의 변화는 상대적으로 적었다. 고관절의 굴곡과 신전의 경우 S1과 S2의 변화가 가장 크게 이루어졌고, 다른 선수들의 변화는 상대적으로 적었다. 이와 같이 S1과 S2는 철봉 하단까지 몸을 많이 닫은(closing) 상태로 대차돌기를 하고 있음을 알 수 있다.

체공 구간에서 볼 때 S1과 S2는 되잡기 순간까지 슬관절의 신전을 가장 크게 만든 것을 알 수 있고, S3와 S4의 경우 흔들기 구간과 체공 구간에서의 관절각의 변화가 상대적으로 가장 적은 것으로 나타났다.

3. 투사 관련 운동학적 변인 및 철봉의 장력

투사 순간의 신체중심의 수평속도와 수직속도, 수평위치와 수직위치, 되잡기 순간의 신체중심의 수평위치와 수직위치 및 resultant 위치, 구심속도, 체공 구간에서의 전신의 각운동량 평균, 그리고 철봉 하단 통과 시의 철봉의 장력 추정치는 (Table 2)와 같이 나타났다.

(Table 2)와 같이 투사 순간의 신체중심의 수평속도와 수직속도는 각각 -1.40 ± 0.03 m/s, 3.80 ± 0.07 m/s로 나타났고, 신체중심의 수평위치와 수직위치는 각각 0.63 ± 0.03 m, 0.52 ± 0.04 m

Table 2. Descriptive statistics about variables of body COG at release · regrasp and tension force at 2Q

	Release				Regrasp				A. Momentum (s ⁻¹)	2Q	
	H. V. (m/s)	V. V. (m/s)	H. P. (m)	V. P. (m)	H. P. (m)	V. P. (m)	R (m)	R. V. (m/s)		Tension force (N)	
										1 st Circle	2 nd Circle
S1	-1.37	3.87	0.59	0.58	-0.65	0.55	0.85	2.01	1.12	2,946	2,395
S2	-1.43	3.74	0.61	0.57	-0.72	0.15	0.73	-0.05	1.31	2,842	2,149
S3	-1.42	3.76	0.64	0.49	-0.44	0.34	0.56	2.05	0.93	3,093	2,172
S4	-1.42	3.73	0.68	0.46	-0.43	0.21	0.48	1.45	1.09	2,472	1,848
S5	-1.38	3.81	0.62	0.53	-0.50	0.41	0.65	2.05	1.09	3,010	2,067
S6	-1.37	3.92	0.63	0.49	-0.48	0.46	0.67	1.97	1.12	2,627	1,831
M	-1.40	3.80	0.63	0.52	-0.53	0.36	0.66	1.58	1.11	2,832	2,077
SD	0.03	0.07	0.03	0.04	0.11	0.14	0.12	0.76	0.11	218	195

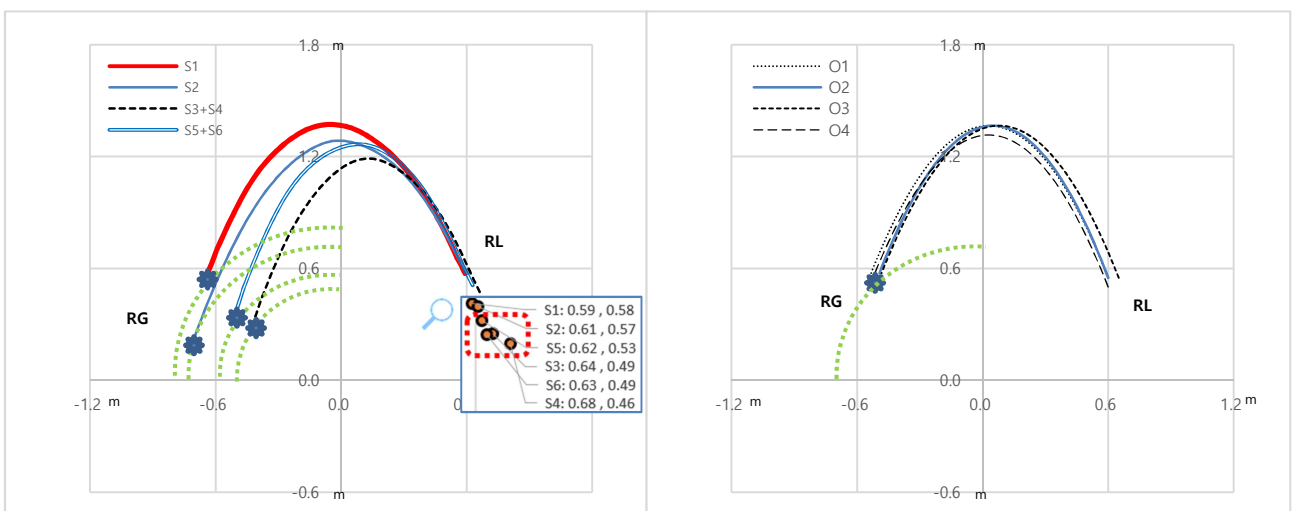


Figure 4. Body COG path according to skill level (L) and simulation of body COG path (R)

로 나타났다. 되잡기 순간의 신체중심의 수평위치와 수직위치는 각각 -0.53 ± 0.11 m, 0.36 ± 0.14 m로 나타났고, 신체중심의 구심속도는 1.58 ± 0.76 m/s로 나타났으며, 특히 S2의 구심속도는 -0.05 m/s로 나타났다. 체질량과 신장제공으로 표준화한 체공 구간에서의 전신의 각운동량은 1.11 ± 0.11 s⁻¹로 나타났고, Kovacs 기술 수행 전과 종료 후의 2Q에서의 철봉의 장력 추정치는 각각 $2,832 \pm 218$ N (4.8 BW), $2,077 \pm 195$ N (3.5 BW)로 나타났다.

4. 기술 수준에 따른 신체중심의 궤적과 simulation

분류된 Kovacs 기술 수준에 따른 체공 구간에서의 신체중심의 궤적과 이를 simulation한 궤적 중 구심속도가 크고 철봉간의 거리가 0.75 m 이상인 상위 4개 자료는 (Figure 4)와 같이 나타났다.

(Figure 4)와 같이 S1의 경우 투사위치가 높고, 되잡기 위치도 높은 상태에서 충분한 정적(+) 구심속도를 가진 상태로 Kovacs 기술을 수행하였고, S2의 경우 높은 위치에서 전신을 투사시켰으나, 되잡기 준비 타이밍이 늦어 낮은 되잡기 위치에서 부적(-) 구심속도로 Kovacs 기술을 수행하였다. S3와 S4의 경우 낮은 위치에서 전신을 투사시켰고 비교적 빠른 시간에 정적(+) 구심속도를 가진 상태로 Kovacs 기술을 수행하였으나 무릎 및 팔꿈치가 굽혀지는(Figure 3) 자세의 문제점을 드러냈다. S5와 S6의 경우 상대적으로 낮은 위치에서 전신을 투사시켰고 비교적 빠른 시간에 정적(+) 구심속도를 가진 상태로 Kovacs 기술을 수행했으나 무릎 및 팔꿈치가 굽혀지는(Figure 3) 되잡기 자세의 불안정으로 후속 동작을 연결시키지 못하였다. Simulation 자료와 비교해 보면 본 연구의 선수들은 투사위치가 낮았고, 되잡기 준비가 전반적으로 늦은 것으로 나타났다(Table 1). 또한 투사속도와 투사 방향도 차이가 있는 것으로 나타나 체공 중 되잡기의 자세에 영향을 미친 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 S1의 운동 궤적은 simulation 운동 궤적에 가장 근접한 것으로 나타났다.

DISCUSSION

본 연구의 선수들은 흔들기인 대차돌기 기술에 부분적으로 문제가 있는 것으로 보인다. 특히 철봉 하단 통과 순간에 전신을 닫은 상태(closing)로 진입하나 견관절의 굴곡과 고관절의 신전 타이밍을 일치시키지 못하고 있다(Hiley, Zuevsky & Yeadon, 2013). 또한 2회의 대차돌기에서 철봉 하단 통과 순간의 철봉의 장력 추정치 차이가 1.3 BW로 나타나 선행연구의 부재로 비교할 수는 없으나, 후속 연결기를 위해서 이 값을 감소시켜야 할 것으로 판단된다.

Kovacs 기술의 체공시간 0.83 s은 Tkatchev 기술의 0.58 s

(Lim, 2019)보다 길게 나타났고, Kovacs 류 기술을 분석한 Yoon 등 (2000)의 0.80 s와 비슷하게 나타났다. 성공적인 되잡기를 위해 수평속도 조절이 매우 중요한 것은 선수가 tuck 자세에서 몸을 펴서 철봉을 쳐다볼 때 되잡을 시점을 판단하게 만들기 때문이다. 선수가 기대했던 수평속도보다 크면 철봉을 잡는 부담감이 커지고 철봉을 놓칠 수 있는 가능성도 커진다(Hiley & Yeadon, 2016).

본 연구에서의 투사 수평속도는 $-1.37 \sim -1.43$ m/s이고, 수직속도는 $3.74 \sim 3.92$ m/s로 나타났다. Hiley와 Yeadon (2016)의 수평속도가 $-1.44 \sim -1.90$ m/s로, 수직속도가 $4.63 \sim 4.8$ m/s로 나타났고, Yoon 등 (2000)의 수평속도 -1.69 m/s, 수직속도 $3.75 \sim 3.90$ m/s로 나타났으므로 본 연구의 선수들은 수평속도보다 수직속도를 증가시켜야 할 것으로 판단되고 이를 위해 대차돌기의 개선이 필요해 보인다. 또한 투사 동작이 다른 역동적인 Tkatchev의 수평속도 -2.14 ± 0.29 m/s, 수직속도 2.70 ± 0.43 m/s (Lim, 2019)와는 큰 차이를 보였다. 그리고 본 연구의 투사 순간의 수평 수직위치는 각각 $0.59 \sim 0.68$ m, $0.49 \sim 0.58$ m로 나타났는데, Yoon 등 (2000)의 0.73 m, 0.45 m에 비해 수평위치는 철봉에 가깝고, 수직위치는 높은 것으로 나타났다.

본 연구의 체공 구간에서 전신의 각운동량 평균값 1.11 ± 0.11 s⁻¹은 Hiley와 Yeadon (2016)의 0.98 ± 0.11 s⁻¹보다 크게 나타났고, 철봉을 되잡는 순간의 무릎관절의 신전 정도는 선수마다 달랐다(Figure 3). 또한 철봉을 되잡는 순간의 구심속도는 선수마다 차이를 보였는데($2.05 \sim -0.05$ m/s) Hiley와 Yeadon (2016)의 $1.34 \sim -0.2$ m/s의 연구결과와 작은 차이를 보였다. 철봉쪽의 구심속도가 있으면 철봉을 되잡을 수 있는 가능성이 커지고 철봉 접촉 시 철봉을 밀어낼 수 있는 조건이 되어 후속 연결기를 위한 대차돌기가 용이해진다고 판단된다. 반면에 멀어지는 구심속도는 철봉을 놓치는 것을 피하기 위해 만들어지는 공중에서의 불안정한 자세가 후속 연결 동작을 위한 대차돌기에 영향을 미쳐 철봉 장력을 떨어뜨릴 수 있다고 판단된다(Table 2).

이와 같이 되잡기를 정확하게 수행하기 위해서는 투사위치를 좀 더 높여야 한다. 그리고 수직속도를 증가시켜서 더 높은 수직궤도를 돌아 이른 시간에 되잡기를 준비해야 한다. (Figure 4)에서 보듯이 신체중심의 정점이 철봉 상단 근처에서 만들어지는 것이 바람직하고, 되잡기를 준비하는 구간에서 고관절 및 슬관절의 빠른 신전 동작이 반드시 필요하다고 판단된다. 이러한 체공 중의 동작이 신체중심 위치를 어느 정도 위로 이동시켜 주게 되어 전신이 철봉 방향으로 다가갈 수 있는 가능성을 높여준다. 즉, Kovacs 기술의 핵심은 되잡기와 후속 동작을 위한 대차돌기 준비에 있으므로 정점 순간 이후의 그 짧은 시간 안에 고관절 및 슬관절의 빠른 신전 동작을 만들고 고개를 젖혀 철봉을 바라보아야 한다. 또한 이러한 동작은 전신의 관성모멘트를 증가시킬 수 있어 안정적인 상태로 되잡기를 하

게 만들고 후속 연결기를 위한 대차돌기가 가능해진다고 판단된다.

흔들기와 체공 구간에서의 동작 및 되잡기 기술을 근거로 할 때 국내 선수들의 Kovacs 기술은 최우수, 우수, 양호로 평가된다. 그리고 그 기량은 아직 세계적인 우수 선수들에 비해 부족한 것으로 판단되나, S1이 가장 근접되어 있으므로 대차 흔들기 기술을 보완하고, 공중에서의 사지의 움직임에 대한 세부적인 훈련이 수반되면 세계적인 선수로 성장할 수 있다고 판단된다.

CONCLUSION

본 연구는 제 46회 문화체육관광부장관기 전국체조대회에 출전한 남자 철봉 선수 6명의 Kovacs 기술의 체공 구간에서 신체중심 궤적을 분석하여 Kovacs 기술 수준을 파악하고 되잡기 동작의 문제점을 규명할 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, Kovacs 흔들기 소요시간은 1.19 ± 0.03 s이고, 체공 소요시간은 0.83 ± 0.03 s로 나타났으며, 같은 체공 요소가 포함된 Tkatchev의 흔들기와 체공 소요시간보다 길게 나타났다.

둘째, Kovacs 흔들기 구간에서 S1과 S2가 다른 선수에 비해 견관절 굴곡과 고관절 신전 동작을 우수하게 수행하였고, 체공 구간에서는 S1과 S2가 다른 선수에 비해 슬관절 신전 동작을 우수하게 수행하였다.

셋째, Kovacs 투사 순간의 수평속도와 수직속도는 각각 -1.40 ± 0.03 m/s, 3.80 ± 0.07 m/s로 나타났으며, S1과 S2를 제외한 다른 선수들의 수직 투사위치는 낮았다.

넷째, 국내 선수들의 Kovacs 기술 수준을 최우수, 우수, 양호로 평가되고, 대차 흔들기 및 공중에서의 사지의 움직임에 대한 세부적인 훈련이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by the 2018 Research Fund of University of Ulsan.

REFERENCES

- Abdel-Aziz, Y. I. & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry*, 1-18. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.
- Federation Internationale de Gymnastique (2018). Code of points: Artistic gymnastics for men. Lausanne.
- Hiley, M. J. & Yeadon, M. R. (2012). Achieving consistent performance in a complex whole body movement: The Tkatchev on highbar. *Human Movement Science*, 31, 834-843.
- Hiley, M. J. & Yeadon, M. R. (2016). What governs successful performance of a complex whole body movement: The Kovacs release-regrasp on horizontal bar? *Journal of Biomechanics*, 49, 3971-3976.
- Hiley, M. J., Yeadon, M. R. & Buxton, E. (2007). Consistency of performance in the Tkatchev release and regrasp on high bar. *Journal of Applied Biomechanics*, 9, 66-83.
- Hiley, M. J., Zuevsky, V. V. & Yeadon, M. R. (2013). Is skilled technique characterized by high or low variability? - An analysis of high bar giant circles. *Human Movement Science*, 31, 171-180.
- Holvoet, P., Lacouture, P. & Duboy, J. (2002). Practical use of aerial simulation in a release-regrasp skill on the high bar. *Journal of Applied Biomechanics*, 18, 332-344.
- Irwin, G., Exell, T. A., Manning, M. L. & Kerwin, D. G. (2016). Functional phases and angular momentum characteristics of Tkatchev and Kovacs. *Journal of Sports Science*, 35(6), 610-616.
- Lee, Y. J., Back, J. H. & Chung, J. S. (2006). Kinematic analysis of piked Kovacs skill on the horizontal bars. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 16(2), 109-120.
- Lim (2019). The biomechanical study on the timings of Tkatchev motion in horizontal bar. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 29(2), 121-128.
- Visol (2005). Kwon3d motion analysis package version 3.1; User's reference manual. Seoul, Visol.
- Yoon, H. J., Kim, D. M., Kim, T. S. & Han, Y. S. (2000). The kinematical comparison among tucked, piked, stretched, full twist in Kovacs. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 10(1), 179-188.
- Youtube (2016). Epke Zonderland wins artistic men's horizontal bar gold - London 2012 Olympics. Available on line.