



철봉 몸 접어 KOVACS 기술동작의 운동학적 분석 Kinematic Analysis of Piked KOVACS Skill on the Horizontal Bars

이연종(세명대학교) · 백진호* (체육과학연구원) · 정진수(경희대학교)
Lee Yeong-Jong(SeMyung Univ.) · Back Jin-Ho*(Korea Institute Sports Science)
· Chung Jin-Soo(KyungHee Univ.)

ABSTRACT

Y. J. LEE, J. H. BACK, J. S. CHUNG, Kinematic Analysis of Piked KOVACS Skill on the Horizontal Bars, Korean Journal of Sports Biomechanics, Vol. 16, No. 2, pp. 109-120, 2006. The purpose of this study was to examine the kinematical characteristics of gymnasts who can perform the KOVACS skill, and to grope for the better KOVACS Piked motion. The subjects were 3 male national gymnasts and were filmed with video cameras. And kinematic data were collected from the event of maximum knee flexion to the re-grasp the bar after airborne motion during KOVACS Piked motion. And the following conclusion were drawn;

S1 took the enough time and inadequate height for performing KOVACS Piked motion. S2 showed the inadequate time and height during airborne motion with the large forward-backward and left-right movement. S3 showed the better KOVACS Piked movement among gymnasts, but the weak point of S3 was the large left-right shift. Based on the above conclusions, the gymnasts should be trained the enough time and height for the effective airborne movement and to reduce the left-right movement.

KEYWORDS: KINEMATIC ANALYSIS, KOVACS PIKED, NATIONAL GYMNASTS, AIR-BORNE MOTION, RE-GRASP

I. 서론

기계 체조는 인체의 선과 技의 연결에서 단련된 몸매와 체력을 바탕으로 난이도의 독창성과 아름다움, 고도의 기술과 동작을 조화 있게 구성해야 하는 운동이다. 최근에 이러한 체조는 그 기술이 계속적으로 발전되어 선수만의 특별한 기술을 바탕으로 개성 있는 연기를 펼치어 관중들의 인기를 모으고 있다. 매년 전혀 예측할 수 없는 고도의 신기술 등장은 기계체조의 기술

발전을 계속적으로 이루어 오고 있다.

특히 남자체조 종목 중 철봉연기는 정지함이 없이 흔들기를 중심으로, 앞, 뒤 흔들기, 방향전환, 양손을 동시에 놓았다가 다시 바를 잡는 비행기술로 구성되며(강순용, 박종진, 김창욱, 최성진, 2001), 이중 공중에서 이루어지는 비행 동작은 다이내믹하면서도 아름다움을 표현하는데 필수적인 동작이다. 이러한 비행 기술을 최초로 시도한 선수는 1974년 바로셀로나 세계 체조 선수권 대회에서 Jager 선수로, 다리 벌려 앞 공중 돌아 잡기를 시도한 이후 계속적으로 다양한 비행 기술들이 소

개되고 있다. 그 중 Kovacs 동작은 철봉을 릴리스한 후에 바를 뒤로 넘으면서 뒤 공중 두 바퀴 돈 후 다시 철봉을 잡는 동작으로써(한운수, 2002), 비행 중 공중에서 실시되는 자세에 따라 그 난이도가 다르게 된다. 현행 채점 규칙에 따르면 Kovacs 동작은 D 난도, E 난도, Super E 난도로 구분되는데, 공중 동작 시 몸과 다리를 구부린 자세(tuck)로 실시하면 0.1의 가점을, 허리를 구부리고 다리를 편 자세 몸 접어(piked)를 취하면 0.2의 가점을 그리고 1회전 비틀기 동작(full twist)을 실시하면 0.3의 가점을 얻게 된다. 특히 Kovacs 동작에서 다시 비행동작으로 연결하면 0.6~0.8점의 가점을 받을 수 있어(F.I.G, 2001) 철봉에서 높은 점수를 받을 수 있는데 유용한 기술이라고 할 수 있다.

이러한 철봉운동에서 높은 점수 획득에 반드시 필수 불가결한 공중 비행동작과 관련된 선행연구들의 대부분은 영상분석을 통한 운동학적 분석이 그 주를 이루고 있다. Yeadon, Lee & Kerwin(1990)은 철봉 내리기 동작에서 사용된 비틀기 내리기 기술을 가지고 공중 기술과 잡기 기술에 공헌 할 수 있는 기초 자료를 제공하였고, Takei, Nohara & Kamimura(1992)은 두 바퀴 공중 돌아내리기 기술의 운동학적 변인 규명을 통해 성공적인 두 바퀴 공중 돌아내리기 기술 수행을 위한 기초 자료를 제공하였다. 한편 국내 선수들을 대상으로 한 철봉의 비행 동작에 대한 연구는 주로 내리기 동작과 드가체프 기술과 같은 특정 기술 분석에 대한 연구가 그 주를 이루고 있다. 대부분의 철봉에서 이루어지는 공중 동작 분석에서는 공중 동작 수행 시 어깨관절과 고관절의 중요성과 체공시간이 공중 비행에 미치는 중요성을 언급하였다(신갑호, 김충태, 박종훈, 1996; 한운수, 1997; 김상열, 1998; 최지영, 김용이, 진영완, 2002).

특히 철봉의 비행 기술 중 하나인 Kovacs 기술에 관한 연구는 김대원(1991)과 박광동(1997)이 2차원 영상 분석을 통해 Kovacs 동작 기술에 대한 특성을 분석하였고 그 이후 Kovacs 동작에 대한 연구는 활발하지는 않지만 간간히 이어져 윤희중, 한충식, 박종훈(2000)과 한운수(2002)가 동 아시아 게임에 참여한 선수들을 대상으로 다양한 Kovacs 기술 분석을 하기에 이르렀으나 현 국가대표에 대한 정량적 자료는 미비한 실태이다.

따라서 현 대표 선수들의 몸 접어 Kovacs 기술의 운

동학적 변인을 규명한다는 것은 곧 다음의 높은 난이도의 Kovacs 기술을 습득하는데 기초 자료를 제공함과 아울러 다른 비행동작을 효율적으로 연결할 수 있는 동작을 지도하는 방법을 모색하는데 기초가 되므로 이에 대한 연구는 체조 기술 발전에 필수 불가결하다.

철봉의 몸 접어 Kovacs 기술은 E 난도에 속하는 기술로 현재 3명의 국가대표 선수들만이 이 기술을 수행할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이 기술을 수행할 수 있는 대표선수를 대상으로 몸 접어 Kovacs 기술의 운동학적 분석을 통하여 선수들의 기술 동작의 특성을 규명하고 보다 나은 몸 접어 Kovacs 기술 동작을 모색하고자 하는데 목적이 있으며, 이러한 연구결과를 통해 훈련 현장에서 선수들의 경기력 향상을 위해 활용할 수 있는 기초 자료로 제공하고자 하였다.

이러한 연구 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

- 1) 각 이벤트 및 국면별 소요시간을 분석하였다.
- 2) 각 이벤트 및 국면별 신체중심의 위치변화를 분석하였다.
- 3) 각 이벤트 별 신체중심의 속도변화를 분석하였다.
- 4) 각 이벤트별 고관절과 견관절의 각도 및 각속도 변화를 분석하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구에 선정된 대상자는 철봉에서 몸 접어 Kovacs 동작을 수행할 수 있는 남자 국가 대표선수 3명으로, 이들 대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자 특성

대상자	신장(cm)	체중(kg)	연령(yr.)	경력(cr.)
S1	171	65	20	12
S2	173	65	21	14
S3	165	62	25	18
M±SD	169.67±4.16	64±1.73	22±2.64	14.67±3.05

2. 실험장비

본 연구에 사용된 실험장비는 촬영 장비와 영상분석 장비이며, 이들의 구체적 사양은 <표 2>와 같다.

표 2. 실험장비

장비	종류	회사
촬영 장비	비디오디지털카메라 통제점 틀	SonyPD 150 V-Tek
영상 분석 장비	컴퓨터 비디오 분석 시스템	Compacq notebook Kwon3D 3.19

3. 실험절차

철봉 몸 접어 Kovacs 동작을 촬영하기 위한 영상 장비는 <그림 1>과 같이 태능선수촌 내 체조장에 국제체조연맹의 규격 철봉(2.55m)과 함께 철봉 좌우에 2대의 비디오 카메라를 설치하였다. 또한 설치한 카메라의 필드 안에 수행되는 체조 동작 기술과 통제점 틀이 모두 들어올 수 있도록 카메라의 렌즈를 조절하였으며 이때 촬영속도는 60frames/sec이다. 그 후 실 공간 좌표를 설정하기 위해 대상자의 전체 동작이 관찰될 수 있도록 공간에 총 96개의 통제점을 가진 통제점 틀을 철봉으로부터 1.5m 간격으로 철봉 전 후에 <그림 1>과 같이 설치하였으며 이를 약 3분간 촬영한 다음 제거한 후 본 실험을 실시하였다.

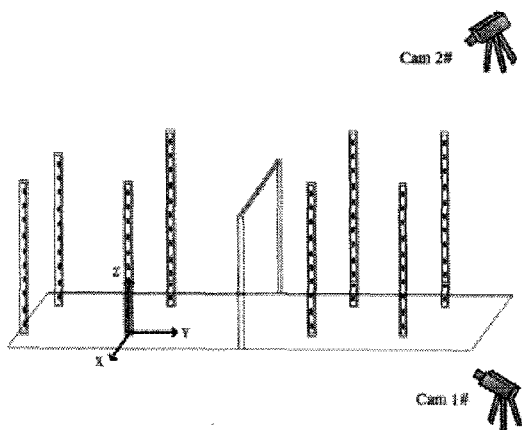


그림 1. 실험 장비의 배치도

특히 본 실험에 들어가기 전에 각 대상자들에게 인체 각 관절 경계점에 가로, 세로 2cm의 형광색 랜드마크(landmark)를 부착시켰다. 또한 실제 경기상황이 아닌 실험 상황이기 때문에 선수들의 심리적 상태는 통제하지 않았으나, 실험 조건이 실제 선수들의 경기 능력에 영향을 미치지 않도록 충분한 연습을 시킨 후, 몸 접어 Kovacs 동작을 실시하도록 하여 이를 촬영하였다.

4. 자료 분석 방법

통제점 좌표화에서는 통제점 틀에 표시되어있는 통제점을 5번 반복 디지털이징하여 파일로 저장하였으며 이 때 관성 좌표축은 운동진행(전, 후) 방향을 Y축, 상, 하 방향을 Z축, 그리고 좌우방향을 X축으로 정의하였으며 그 위치는 <그림 1>과 같다. 인체관절 중심점의 좌표화에서는 신체를 총 21개의 관절점을 가진 14개의 분절로 연결된 강체 시스템(linked rigid body system)으로 정의하였으며, 이러한 분절의 무게 중심점과 신체중심 위치의 산출은 Plagenhoef, Evan & Abdelnour (1983)의 신체분절지수(body segment parameter)자료를 사용하였다. 또한 신체 관절 중심점의 좌표화는 이 수하기 위해서 다운스윙을 시작 한 후 팔과 철봉이 직각을 이루는 시점의 전 5 frames 전부터 공중 동작 후 바를 다시 잡는 시점의 5 frames까지를 디지털이징하였다.

디지털이징하여 얻은 2차원 좌표를 이용하여 3차원 좌표를 얻기 위해 DLT (Abdel-Aziz, & Karah 1971) 방법을 사용하였다. 이는 공간의 자료를 이미 알고 있는 통제점틀을 활용하여 DLT 계수들을 계산하고, 이들 계수와 동조된 2차원 좌표로부터 인체 관절점의 3차원 좌표를 계산하는 방식이다.

이때 본 연구에 사용된 2대의 비디오 카메라는 속도가 60frames/s이고 그로부터 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용, 보간(interpolation)하여 동조(synchronization)를 시키는데 본 연구에서는 선수가 바에서 양손을 놓는 이수 순간의 프레임을 동조 이벤트(sync. event)로 하여 동조시키는 방법을 사용하였다.

3차원 좌표에서 포함되는 디지털이징 오차와 기자재

자체에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해서 스무딩 하였으며, 본 연구에서는 Butterworth 저역 통과 필터(low-pass filter)를 사용하였으며, 이때의 차단 주파수(cut-off frequency)는 10.0Hz로 설정하였다.

5. 운동학적 변인

본 연구에서는 각 이벤트 및 구간별 소요시간은 경과된 프레임 수를 이용하여 소요시간을 산출하였으며 신체 중심의 위치 및 변위 그리고 속도는 각 이벤트 별로 전후, 좌우 수직 변화를 살펴보았다. 한편 각도와 각속도 변인은 각 이벤트 별로 어깨 및 고관절의 속도 및 각속도를 살펴보았다.

본 연구에서 정의한 각도 정의는 아래와 같다

- ① 어깨관절 각도 : 상체분절과 상완분절이 이루는 각도
- ② 고관절 각도 : 대퇴와 동체(고관절과 어깨관절을 잇는 선)가 이루는 각도

6. 이벤트 및 국면의 정의

본 연구의 분석 범위는 몸 접어 Kovacs 기술이 수행

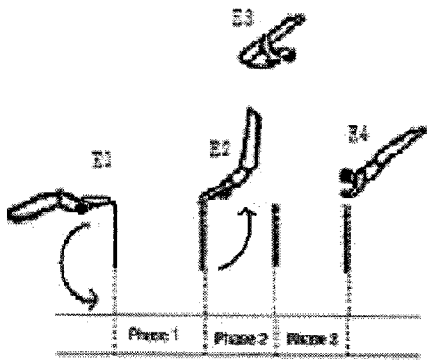


그림 2. 전체동작의 국면 구분

하기 위해 다운스윙 직전의 물구나무 경과 시 팔 분절이 철봉과 수직을 이루는 시점으로부터 공중 동작 수행 후 다시 바를 잡는 순간까지로 하였으며, 각각의 이벤트와 국면은 <표 3>, <그림 2>와 같다.

III. 결과 및 논의

본 연구는 국가대표 선수를 대상으로 철봉 몸 접어 Kovacs 동작의 운동학적 분석을 통하여 선수들의 기술 동작의 특성을 규명하고 보다 나은 동작 기술을 하고자 하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 동작을 각 이벤트 및 국면 별로 구분하여 소요시간 및 위치와 속도 변화 그리고 각도 및 각속도 변화를 분석하였다.

1. 소요시간

철봉 몸 접어 Kovacs 동작을 수행하는데 대상자 별 전체 소요시간과 국면별 소요시간은 <표 4>와 같다.

철봉에서 이루어진 몸 접어 Kovacs 동작의 총 소요시간은 S1과 S2가 1.67초 그리고 S3은 1.62초로 나타났다. 이를 구간별로 나눠 살펴보면, 다운스윙 직전의 물구나무 경과 시 팔 분절이 철봉과 수직을 이루는 순간부터 철봉에서 양손이 릴리스 되는 구간인 P1에서 S1과 S2는 0.33초를 그리고 S3은 0.32초를 보여 대상자

표 4. 소요시간 단위 : 초

대상자 \ phase	P1	P2	P3	TOTAL
S1	0.33	0.82	0.52	1.67
S2	0.33	0.63	0.7	1.67
S3	0.32	0.38	0.92	1.62
M±SD	0.33±0.01	0.61±0.22	0.71±0.2	1.65±0.02

표 3. 이벤트 및 국면 정의

Event(순간)	Phase(국면)	동작
E1 : 다운스윙 시 팔이 철봉과 수직을 루는 시점	P1: E1~E2	tap-swing기
E2 : 철봉에서 양손이 이탈되는 순간	P2: E2~E3	공중 상승기
E3 : 신체 중심이 최고 높이가 되는 순간	P3: E3~E4	공중 하강기
E4 : 철봉을 다시 잡는 순간		

간 큰 차이가 나타내고 있지 않았지만 양손이 바에서 릴리스 되는 순간부터 공중에서 인체 중심이 최고 높이가 되는 순간까지의 P2에서 S1은 0.82초, S2는 0.63초, S3는 0.38초를 보여 S1이 이 구간에서 가장 긴 소요시간을 보인 반면에 S3은 가장 짧은 소요시간을 보이고 있었다. 그러나 인체 중심이 최고가 되는 정점에서 다시 바를 잡는 순간까지의 구간에서는 P2에서 보여진 결과와는 반대로 S1은 0.52초로 가장 짧은 소요시간을, S2는 0.7초 그리고 S3에서는 0.92초의 가장 긴 소요시간을 나타내고 있었다. 소요시간 결과를 기초로 살펴 볼 때, 공중에서의 소요시간이 길다는 것은 곧 공중 연기를 실시하는데 충분한 체공 시간을 지닌다는 것을 의미하므로 본 연구에서 공중기인 P2에서 상대적으로 긴 소요시간을 보인 S1은 공중 돌기에 충분한 시간을 보유하면서 기술을 실시하고 있는 반면에 S3은 이 구간에서 다른 대상자보다 짧은 소요시간을 보이고 있는 것으로 나타나 공중에서 정확한 몸 접어 Kovacs 기술을 수행하기 위해서는 이 구간의 체공시간을 길게 하도록 하는 지도가 필요할 것으로 사료된다. 이는 몸 접어 Kovacs 동작은 공중에서 정확하게 몸을 접는 자세를 취할 때 높은 기술 점수를 얻을 수 있는 점으로 보아, P2 구간에서 상대적으로 짧은 소요시간을 보유한다는 것은 곧 역동적이고 정확한 연기를 구사하기에 어려움이 있을 수 있다고 생각된다. 이에 대한 보완 지도가 필요할 것으로 사료된다.

2. 신체 중심 위치

각 이벤트 및 국면별 신체 중심의 위치 및 변위에 대한 결과는 <표 5>에 그리고 신체 중심의 변화 양상은 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>와 같다. 본 연구에서 X는 좌우 위치를, Y는 전후 위치를 그리고 Z는 수직 방향의 위치를 나타내고 있다.

<표 5>의 결과를 보면, 다운스윙 직전의 물구나무 경과 시 팔 분절이 철봉과 수직을 이루는 시점인 E1에서 좌우 위치(X)를 살펴보면, S1은 47.74cm, S2는 56.56cm, S3는 48.37cm로 나타났고, 전후 위치(Y)는 S1, S2, S3에서 각각 126.03cm, 119.88cm, 121.22cm를 그리고 수직위치는 S1에서 239.51cm, S2에서 247cm, S3에서 248.96cm를 보였다. 따라서 E1에서 큰 차이를 보이고 있지는 않지만 S1은 다른 대상자 보다 철봉으로부터 약간 후방에서 높은 신체중심을 위치하면서 다음 동작으로 연결하고 있는 것으로 나타났다. 바에서 양손이 이수하는 시점인 E2에서 좌우 위치(X)는 S1, S2, S3에서 각각 47.68cm, 60.23cm, 59.9cm, 전후 위치(Y)는 256.87cm, 248.23cm, 243.99cm 그리고 수직위치는 S1에서 152.23cm, S2에서 146.68cm, S3에서 144.77cm를 보였다. 즉 이수 시 S1의 인체 중심이 다른 대상자보다 후방에서 그리고 높은 수직위치에서 양손이 바에서 이탈하고 있는 것으로 나타났는데, 이러한 사실은 곧 모

표 5. 인체 중심의 위치 및 변위

단위 : cm

대상자	좌표	event(위치)				phase(이동변위)		
		E1	E2	E3	E4	P1	P2	P3
S1	X	47.74	47.68	49.29	57.72	-0.06	1.61	8.43
	Y	126.03	256.87	234.56	150.59	130.84	-22.31	-83.97
	Z	239.51	152.23	374.17	234.2	-87.28	221.94	-139.97
S2	X	56.56	60.23	51.58	39.1	3.67	-8.65	-12.48
	Y	119.88	248.23	259.21	142.47	128.35	10.98	-116.74
	Z	247	146.68	369.19	275.61	-100.32	222.51	-93.58
S3	X	48.37	59.9	41.42	53.49	11.53	-18.48	12.07
	Y	121.22	243.99	305.56	176.81	122.77	61.57	-128.75
	Z	248.96	144.77	296.47	282.69	-104.19	151.7	-13.78
M±SD	X	50.89±4.92	55.94±7.15	47.43±5.33	50.1±9.76	5.05±5.92	-8.51±10.05	2.67±13.25
	Y	122.37±3.23	249.70±6.56	266.44±36.05	156.62±17.95	127.32±4.13	16.75±42.24	-109.82±23.18
	Z	245.16±4.99	147.90±3.87	346.61±43.5	264.17±26.2	-97.26±8.86	198.72±40.72	-82.44±63.83

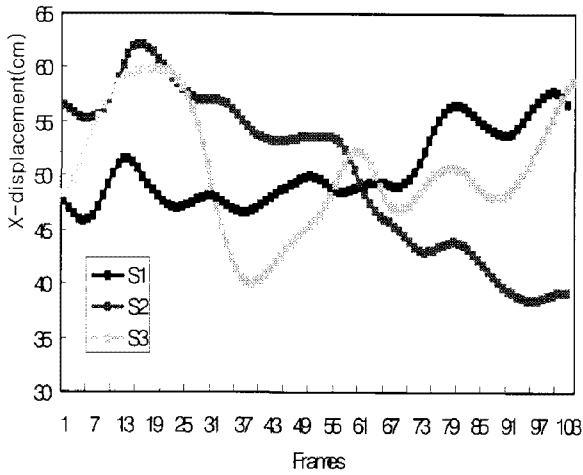


그림 3. 인체 중심의 좌우(X) 위치 변화

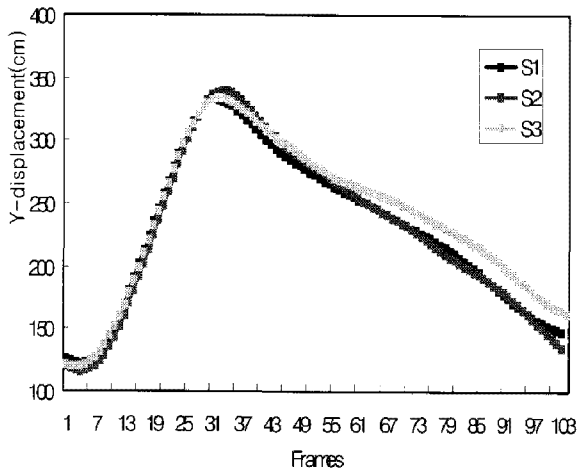


그림 4. 인체 중심의 전후(Y) 위치 변화

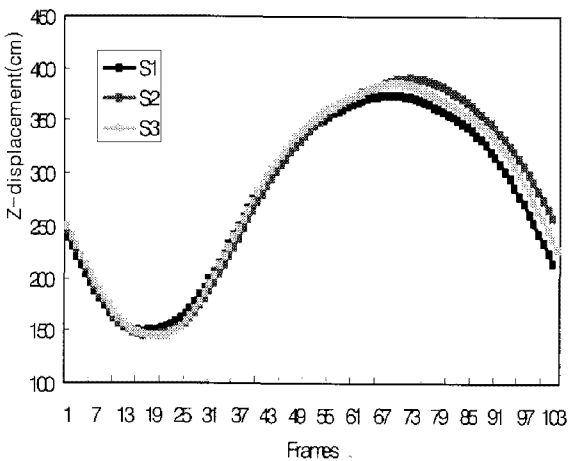


그림 5. 인체 중심의 수직(Z) 위치 변화

멘트 암을 길게 하면서 인체를 들어 올린 다음 공중에 인체를 투사하고 있다는 것을 암시한다. 공중에서 인체 중심이 최고점에 위치하는 E3에서 좌우 위치(X)를 살펴 보면, S1은 49.29m, S2는 51.58cm, S3은 41.42cm로 나타났다, 전후 위치(Y)는 S1, S2, S3에서 각각 234.56cm, 259.21cm, 305.56cm를 그리고 수직위치는 S1에서 374.17cm, S2에서 369.19cm, S3에서 296.47cm를 보였다. 이상의 결과를 살펴볼 때, S1은 공중의 높은 수직 위치에서 몸을 접는 동작(piked)을 취함과 함께 높은 위치 에너지로부터 역동적으로 바를 잡을 수 있게 하며 이는 다음 동작으로의 연결을 효율적으로 이루어 질 수 있게 할 것으로 사료된다. 공중 동작 후 다시 바를 잡는 시점인 E4에서 좌우 위치(X)는 S1, S2, S3에서 각각 57.72cm, 39.1cm, 53.49cm, 전후 위치(Y)는 150.59cm, 142.47m, 176.81cm 그리고 수직위치는 S1에서 234.2cm, S2에서 275.61cm, S3에서 282.69cm를 보였다. 즉 S3이 가장 높은 위치에서 바를 다시 잡는 것으로 나타났다.

한편 국면 별로 이동 변위를 살펴보면, 바에서 양손을 이수하기 위해서 인체를 하강한 후 다시 상승하는 시기인 P1에서 S1은 좌우 축 이동이 크지는 않았으나 이수하기 위해서 전후 위치 이동이 큰 것으로 나타났다. 이는 반경을 크게 하여 공중에 높이 뜨게 할 수 있는 움직임으로 고려될 수 있다. 반면에 S3은 좌우 움직임이 큰 것으로 나타났는데 이는 축 운동인 철봉의 회전 운동의 경우 매우 부적절한 움직임을 하고 있다고 할 수 있다. 한편 바에서 양손이 이수하여 공중에서 몸을 접는 자세를 취한 후 다시 바를 잡는 P2에서도 S3은 어느 다른 대상자보다 좌우, 전후 위치 이동이 많은 반면에 수직 위치이동은 작은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 S3의 경우 큰 좌우 축 흔들림은 곧 인체를 충분히 상승시키는데 불리하게 작용하는 것으로 생각된다. 그리고 공중에서 최고 높은 위치에 있다가 다시 바를 잡는 P3에서는 S1은 상대적으로 작은 좌우, 전후 움직임 이동이 작은 반면에 아래로 수직이동은 큰 것으로 나타난 반면 S2는 큰 좌우 이동을, S3은 큰 전후 위치 이동을 보였다. 이러한 결과를 볼 때, S1은 높이 인체를 비상시켜 안정성 있게 바를 잡아 다음 기술로 연결하고 있었다. 이상의 신체 중심 위치 결과를 종합해 볼 때, 공중돌기가 이루어지는 체공국면에서 S1은 높은 위치

표 6. 인체 중심 속도

단위 : cm/s

대상자	좌표	E1	E2	E3	E4
S1	X	-40.3	-22.03	18.29	-15.74
	Y	-129.13	647.91	-127.24	-102.76
	Z	-532.46	78.92	-18.68	-582.11
S2	X	-18.67	-34.12	-57.61	6.8
	Y	-120.87	674.08	-162.31	-225.12
	Z	-547.83	57.39	176.56	-491.18
S3	X	26.05	-34.4	33.73	56.61
	Y	-77.96	672.34	-182.15	-185.66
	Z	-526.5	9.46	428.13	-505.92
M±SD	X	-10.97±33.84	-19.86±15.45	-1.86±48.89	15.89±37.02
	Y	-109.32±27.47	664.77±14.63	-157.23±27.8	-171.18±62.45
	Z	-535.6±11.0	48.59±35.56	195.34±224	-526.4±48.8

에서 공중동작을 시작한 후 높은 위치에서 하강을 실시하고 있었던 반면에 S3은 다른 대상자보다 상대적으로 큰 전후, 좌우 움직임의 범위와 함께 공중 동작에 영향을 미치는 수직 움직임의 변위가 작았다. 선행연구에 의하면 공중동작 시 낮은 체공 높이는 고관절을 인위적으로 신전하게 하며 이는 곧 비 효율적인 공중 회전 동작을 실시하게 하는 요인이 될 수 있다고 지적하였다(한윤수, 1997). 이에 본 연구 대상자 중 S3은 안정성 있는 축 회전을 위해서 좌우 흔들림을 적게 하는 훈련 지도와 함께 인체를 높게 상승시키도록 하는 지도가 필요하다 할 수 있다.

한편 인체 중심의 이동 양상을 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에서 살펴보면, 그림에 나타난 바와 같이 좌우의 인체 중심 위치 변화가 대상자들 간에 차이를 보이고 있었으나 전후 및 수직 인체 중심의 위치 변화는 유사한 양상을 보였다.

좌우 인체 중심 변화가 크다는 것은 곧 회전을 하는 동안 축의 흔들림이 크다는 것을 의미하므로 훈련 시 S2와 S3은 좌우 움직임을 적게 하도록 하는 훈련이 필요하다.

3. 신체 중심 속도

신체 중심의 속도 변화는 각 이벤트 별로 살펴보았으며 그에 대한 결과는 <표 6>에 그리고 속도 변화 양상은 <그림 6>, <그림 7>, <그림 8>과 같다. 본 연구에

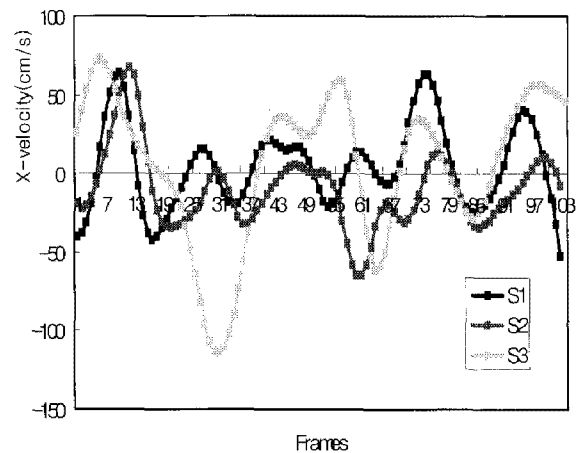


그림 6. 인체중심의 좌우(X)속도 변화

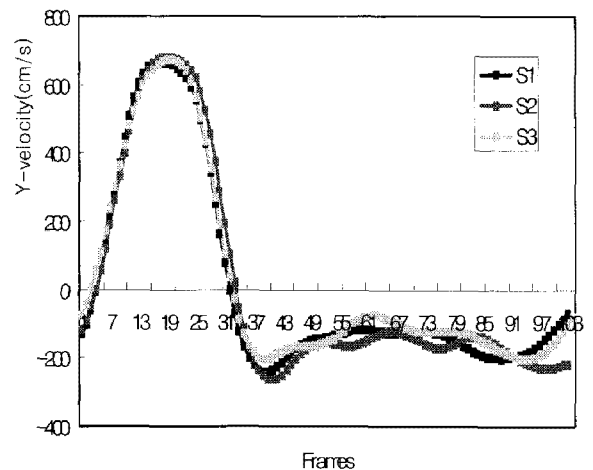


그림 7. 인체중심의 전후(Y) 속도 변화

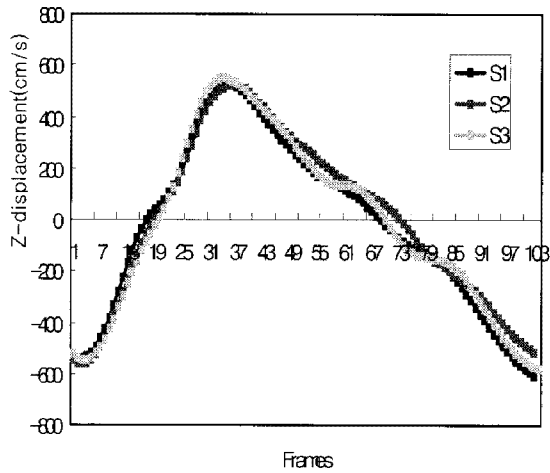


그림 8. 인체중심의 수직(Z) 속도 변화

서 X는 좌우 속도를, Y는 전후 속도를 그리고 Z는 수직 속도를 나타내고 있다.

<표 6>의 결과를 보면, E1에서 좌우 순간속도(X)는 S1에서 -40.3cm/s, S2에서 -18.67cm/s, S3에서는 26.05cm/s로 나타났고, 전후 순간속도(Y)는 S1, S2, S3에서 각각 -129.13cm/s, -120.87cm/s, -77.96cm/s를 그리고 수직 순간속도(Z)는 S1에서 -532.46cm/s, S2에서 -547.83cm/s, S3에서 -526.5cm/s를 보였다. E2에서 좌우 순간속도(X)는 S1, S2, S3에서 각각 -22.03cm/s, -34.12cm/s, -34.4cm/s, 전후 순간속도(Y)는 647.91cm/s, 674.08cm/s, 672.34cm/s 그리고 수직 순간속도(Z)는 S1에서 78.92cm/s, S2에서 57.39cm/s, S3에서 9.46cm/s를 보였다. E3에서 좌우 순간속도(X)를 살펴보면, S1은 18.29cm/s, S2는 -57.61cm/s, S3은 33.73cm/s로 나타났고, 전후 순간속도(Y)는 S1, S2, S3에서 각각 -127.24cm/s, -162.31cm/s, -182.15cm/s를 그리고 수직 순간속도(Z)는 각각 -18.68cm/s, 176.56cm/s, 428.13cm/s를 보였다. 그리고 E4에서 좌우 순간속도(X)는 S1, S2, S3에서 각각 -15.74cm/s, 6.8cm/s, 56.61cm/s, 전후 순간속도(Y)는 -102.76cm/s, -225.12cm/s, -185.66cm/s 그리고 수직 순간속도(Z)는 S1에서 -582.11cm/s, S2에서 -491.18cm/s, S3에서 -505.92cm/s를 보였다.

이상의 결과들을 종합해 보면, S1의 경우, 바에서 이수하기 위해서 인체를 하강시키기 위한 E1에서는 전후 수직속도가 컸으며 공중 수직 높이를 결정하는 E2에서는 가장 큰 수직속도를 보이고 있는 반면에 공중에서

몸 접어 Kovacs 동작을 취하는 E3에서는 가장 작은 전후, 좌우, 수직속도를 보이고 있었다. 또한 바를 다시 잡으면서 다음 기술로 연결시키는 준비 순간인 E4에서는 가장 큰 수직속도를 보였다. 이러한 사실은 S1이 공중에서는 정확한 자세를 취하기 위해서 속도를 줄이다가 바를 다시 잡으면서 다음 기술로의 역동적인 연결을 위해서 하강 수직속도를 증가시키고 있는 것으로 밝혀졌다. 한편 S2의 경우 E1에서는 높은 수직속도로 하강하기 시작하나 E2에서는 작은 수직속도를 보이고 있는 점으로 보아 S2는 인체를 상승하기 위한 수직 속도를 효율적으로 사용하고 있지 못하는 것으로 나타났다. 그리고 S3은 E1에서도 작은 전후, 수직속도를 보이고 있을 뿐 만 아니라 공중 정지 순간에서도 좌우와 수직 속도가 큰 것으로 나타나 비효율적으로 공중 자세를 하고 있었다.

황경숙의 3인(1988)과 이동우의 2인(1998)은 그들의 연구에서 이수 시 인체 중심의 수직 속도가 비행동작에 영향을 미치는 주요 요인으로 작용하는 반면에 전후 속도는 신체를 공중으로 상승시키는 저해 요인으로 작용한다고 지적한 바 있어, 본 연구 대상자 중 S1은 이수 시 가장 빠른 상승속도 나타내고 있는 바, 공중 동작에 유리한 속도를 보유하고 있는 반면에 이수 시와 공중에서 높은 전후, 좌우 속도를 보인 S2와 S3은 하강하기 시작하면서 보유하는 속도를 적절히 활용하고 있지 못하는 것으로 사료된다. 특히 높은 좌우 속도는 신체를 공중에 띄우는 작용을 저해하고 있다고 연

구들도 지적하고 있으므로 훈련 중 이를 작게 하는 노력이 필요하다.

이러한 인체 중심 속도 변화를 <그림 7>, <그림 8>, <그림 9>를 통해서 살펴보면, 좌우의 인체 중심 속도 변화는 대상자들 간에 차이를 보이고 있었으나 전후 및 수직 인체 중심의 속도 변화에 있어서는 유사한 양상을 보였다. 특히 좌우 인체 중심 속도 변화를 살펴 볼 때 S1의 경우 그 속도 변화가 다른 대상자보다 안정성을 보이고 있는 반면에 다른 대상자들은 속도 변화 폭이 큰 것으로 나타나 S2와 S3은 몸 접어 Kovacs 동작 실시 시 좌우 움직임을 작게 하는 지도가 필요하다는 것을 뒷받침하고 있다.

표 7. 관절 각도

단위 : degrees

대상자 \ 이벤트	관절	E1	E2	E3	E4
S1	견관절	155.18	179.68	15.93	139.51
	고관절	156.05	211.52	108.42	196.83
S2	견관절	150.31	175.87	67.25	158.13
	고관절	165.2	211.32	102.56	211.81
S3	견관절	162.62	171.95	133.31	211.62
	고관절	156.52	218.53	186.42	213.78
M±SD	견관절	156.04±6.2	175.83±3.86	72.16±58.84	169.75±37.43
	고관절	159.26±5.15	13.79±4.1	132.53±46.93	207.47±9.27

4. 각도 및 각속도

본 연구의 몸 짚어 Kovacs 동작에 따른 신체 분절의 각도 및 각속도 변인은 각 이벤트 별로 어깨관절과 고관절을 중심으로 살펴보았다.

1) 각도 요인

본 연구에서 -값은 시계방향으로 이루는 각도를 의미 하며 어깨관절 각도는 상체분절과 상완분절이 이루는 각도로 그리고 고관절 각도는 대퇴와 동체(고관절과 어깨관절을 잇는 선)가 이루는 각도로 정의하였다. 그 각도에 대한 결과는 <표 7>, <그림 9>, <그림 10>과 같다.

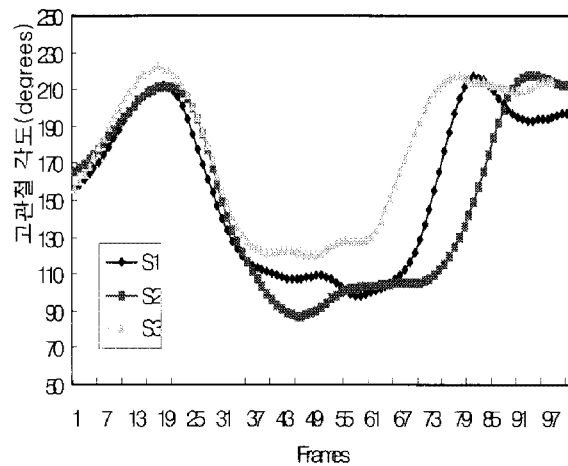


그림 10. 고관절 각도 변화

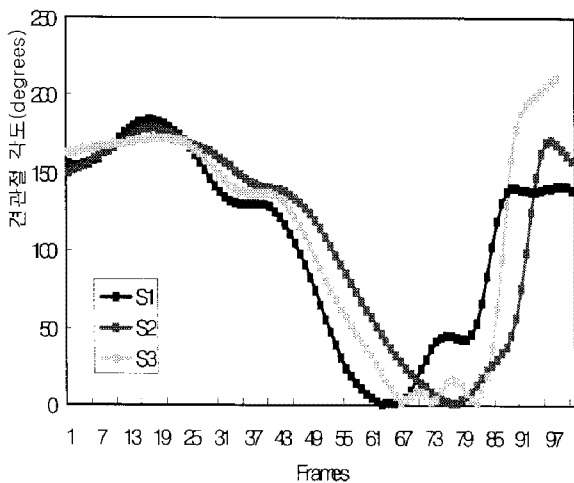


그림 9. 견관절 각도 변화

표에 나타난 바와 같이, 내리기 동작 수행 시 각 이벤트별 어깨관절 각도를 살펴보면, E1, E2, E3, E4에서 S1은 각각 155.18도, 179.68도, 15.93도, 139.51도, S2는 150.31도, 175.87도, 67.25도, 158.13도, 그리고 S3은 162.62도, 171.95도, 133.31도, 211.62를 보이고 있었다.

한편 고관절 각도를 살펴보면, E1, E2, E3, E4에서 각각 S1은 156.05도, 211.52도, 108.42도, 196.83도를, S2는 165.2도, 211.32도, 102.56도, 211.81도를 그리고 S3은 156.52도, 218.53도, 186.62도, 213.78도의 각도를 나타내고 있었다.

이상의 결과를 살펴볼 때, 철봉과 팔 분절이 수직을 이루는 시점에서 다운스윙을 시작하여 신체를 누아채듯이 상승하여 이수하기 전까지의 E1과 E2까지는 대상자 모두에서 거의 유사한 견관절 각도를 보이고 있으나

표 8. 관절 각속도

단위 : degrees/sec

대상자	이벤트	관절	E1	E2	E3	E4
S1		견관절	-12.47	-129.45	403.69	-126.7
		고관절	196.03	-146.71	387.82	-40.8
S2		견관절	61.35	-96.3	-299.92	-185.69
		고관절	133.34	-47.03	13.37	-52.35
S3		견관절각	25.07	-3.01	-150.86	-183.07
		고관절	139.65	-73.58	-56.39	81.82
M±SD		견관절	24.65±36.91	-76.25±65.56	-15.69±370.76	-165.15±33.33
		고관절	156.34±34.52	-89.11±51.62	114.93±238.89	-3.78±74.35

공중에서 몸 접어 Kovacs 동작이 실시되는 E3에서 S1의 견관절 각도가 다른 대상자보다 작게 나타났다. 이는 S1의 경우 팔을 동체에 가깝게 하면서 몸 접어 공중 동작을 취하고 있다는 것을 시사한다. 한편 고관절 각도 변화를 살펴보면, E1에서 가장 큰 고관절 각도를 보이고 있는 S2의 경우 고관절을 뒤로 많이 움직여 모멘트 암을 짧게 함으로써 수직속도를 빠르게 하는데 도움을 주고는 있으나 이를 공중으로 상승시키는 속도와 운동에너지로 효율적으로 연결시키지 못하고 있다는 것을 알 수 있다. 반면에 S3의 경우, 공중 몸 접어 Kovacs 동작을 실시하는 E3에서 다른 대상자보다 높은 고관절 각도(186.62도)를 보이고 있었다. 이는 S3의 경우 몸 접어 Kovacs 동작을 실시하기 보다는 몸을 펴면서(stretched) 기술을 수행하고 있었다.

이상의 각도 결과만을 살펴볼 때, 국가대표들이 높은 점수를 받을 수 있는 공중 몸 접어 Kovacs 동작에서 고관절을 충분히 움직이지 못하여 정확한 몸 접어 Kovacs 동작을 실시하고 있지 못하다고 있었다.

2) 각속도 요인

본 연구의 몸 접어 Kovacs 동작에 따른 신체 분절의 각속도는 어깨관절과 고관절을 중심으로 살펴보았다. 그 결과는 <표 8>, <그림 11>, <그림 12>와 같다.

표에 나타난 바와 같이, 몸 접어 Kovacs 동작 수행 시 어깨관절 각속도를 각 이벤트별로 살펴보면, S1은 각각 -12.47도/초, -129.45도/초, 403.697도/초, -126.7도/초를, S2는 61.35도/초, -96.3도/초, -299.92도/초, -185.69도/초 그리고 S3은 25.07도/초, -3.01도/초,

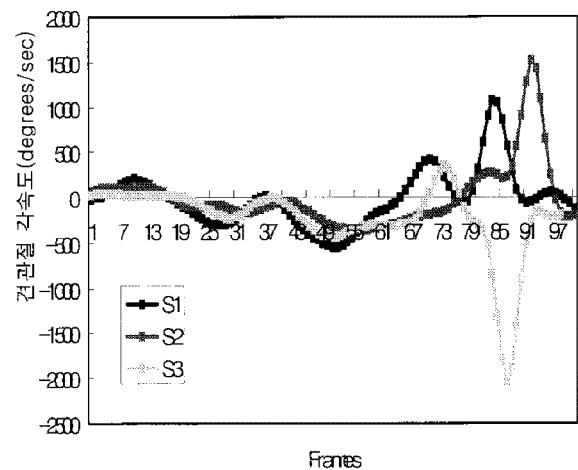


그림 11. 견관절 각속도 변화

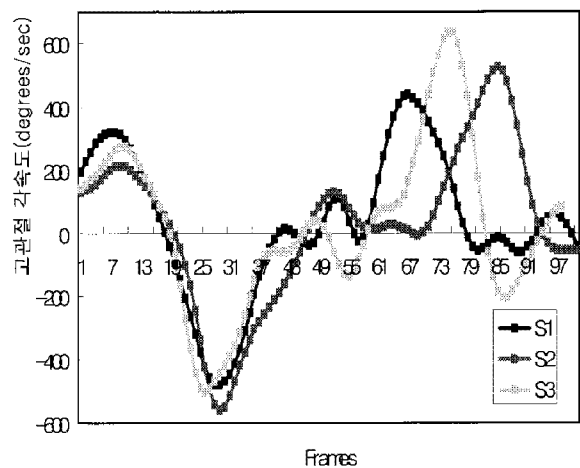


그림 12. 고관절 각속도 변화

-150.86도/초, -183.07도/초를 보였다. 또한 고관절 각속도를 살펴보면, S1은 E1, E2, E3, E4에서 각각 196.03도

/초, -146.71도/초, 387.82도/초를, -40.8도/초를 S2는 이벤트에서 각각 133.34도/초, -47.03도/초, 13.37도/초, 52.35도/초 그리고 S3은 각각 139.65도/초, -73.58도/초, -56.39도/초, 81.82도/초의 각속도로 보였다.

이상의 결과를 살펴볼 때, S1은 E1, E2, E3 순간에서 가장 큰 고관절의 각속도를 보이고 있었다. 이는 곧 S1의 경우, 고관절을 빠르게 움직이면서 인체를 상승시켜 바를 이수 한 후 공중 비행 동작을 실시하고 있다는 것을 시사한다. 또한 공중동작 후 바를 다시 잡는 E4에서 견관절과 고관절의 각속도가 낮게 나타났는데 이는 S1이 안정성 있게 바를 잡기 위해서 견관절과 고관절 각속도를 작게 한 결과로 사료된다. 한편 S2의 경우 팔분절이 철봉과 수직을 이루는 시점에서 하강하기 시작하는 순간에는 견관절을 빠르게 움직이고 있었으나 공중에서의 동작을 결정하는 E2와 E3에서 상대적으로 작은 고관절 각속도를 보이고 있었다. 그러므로 S2의 경우 훈련을 통해서 고관절을 빠르게 움직이도록 하는 훈련지도가 필요할 것으로 사료된다. 한편 S3은 바를

이수하는 순간과 공중에서 인체가 최고점에 이루는 순간 모두 다른 대상자에 비해 상대적으로 작은 견관절 각속도를 보이고 있었다. 즉 S3의 경우 이러한 결과는 견관절을 효율적으로 움직이지 못하고 있다는 것을 시사하고 있으므로 이에 대한 보완 훈련이 필요할 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 몸 접어 Kovacs 기술 동작의 운동학적 분석을 통하여 선수들의 기술 동작의 특성을 규명하고 보다 나은 몸 접어 Kovacs 기술 동작을 모색하고자 하는데 목적을 두고 실시하였다. 이를 위해서 이 기술을 수행할 수 있는 3명의 국가대표를 대상으로 몸 접어 Kovacs 동작을 3차원 영상 분석하였다. 본 연구에서는 다운스윙 직전의 팔분절이 철봉과 수직을 이루는 시점으로부터 공중동작 후 다시 바를 잡는 순간까지의 소요 시간, 위치, 속도, 각도 및 각속도를 살펴보았다. 그 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. S1과 S3은 공중에서 몸 접어 Kovacs 기술을 효율적으로 수행하기에 충분한 시간을 보이고 있는 반면에 S3은 짧은 비행시간을 나타내고 있었다.
2. S1은 높은 위치에서 몸 접어 Kovacs 기술을 수행하지만 S3은 공중에서의 최고 정점에 도달하는 높이가 낮은 것으로 나타났다. 또한 S1은 좌우의 인체 움직임이 작게 하면서 안정성 있게 바를 다시 잡는 것으로 나타난 반면에 S2와 S3은 좌우 위치 이동이 큰 것으로 나타났다.
3. S1은 이수 시 가장 빠른 상승 속도 나타내고 있는 반면에 S2는 전후와 좌우 속도가 큰 것으로 나타났다.
4. S1은 공중에서 동체에 가깝게 하면서 몸 접어 Kovacs 동작을 실시하고 있는 것으로 나타난 반면에 S3은 공중에서 다리분절을 움직여 몸 접어 Kovacs 동작을 실시하기 보다는 고관절이 퍼진 상태로 공중동작을 실시하고 있는 것으로 나타났다.
5. S1은 높은 견관절과 고관절 각속도를 보이면서 몸 접어 Kovacs 동작을 실시하고 있는 반면에 S2는 작은 고관절 각속도를 그리고 S3은 낮은 견관절 각속도로 동작을 실시하고 있는 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과들을 종합해 볼 때, S1은 상대적으로 몸 접어 Kovacs 동작을 수행하는데 충분한 체공 시간과 높이를 보이면서 기술을 효율적으로 수행하고 있는 것으로 보이나 국외 우수 선수보다는 공중에서 고관절의 각도가 크므로 공중에서 정확한 Kovacs 기술이 수행될 수 있도록 고관절 각도를 작게 하는 노력이 필요하며, S2는 공중에서의 작은 고관절 각도와 함께 신체를 공중에 띄우는 작용을 저해하는 전후와 좌우 움직임 및 속도를 작게 하는 훈련을 통해 효율적인 몸 접어 Kovacs 동작이 가능할 것으로 판단된다. 한편 S3은 공중에서 다리분절과 상체를 움직여 효율적인 몸 접어 Kovacs 동작이 실시하도록 하는 노력과 함께 긴 체공 시간과 높은 수직속도 그리고 좌우 및 전후 움직임을 적게 하도록 하는 훈련이 필요하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 강순용, 박종진, 김창욱, 최성진 (2001). 철봉 드가체프 동작의 운동학적 분석. *한국운동역학회지*, 제11권, 제1호, 139-154.
- 김대원 (1991). 철봉운동 중에서 봉을 날아 넘으면서 공중 돌아 매달리기(Kovacs)의 동작 분석. *경희대학교 석사학위 논문*.
- 김상열 (1998). 철봉운동 몸펴 드가체프 동작의 운동학적 분석. *한국체육대학교 대학원 석사학위논문*.
- 권영후 (2002). *Kwon3d Motion Analysis Package 3.19 User's Reference Manual*. An-yang, Korea V-tek corporation.
- 박광동 (1997). 철봉에서 Kovacs 동작 수행의 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 제36권 제1호.
- 신갑호, 김충태, 박중훈 (1996). 철봉 몸 펴 뒤공중 두 바퀴 돌아 내리기 동작의 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 35권, 제2호, 313-322.
- 이동우, 강병의, 김재필 (1998). 평행봉 무릎 펴고 2회전 뒤공중돌아 내리기 동작의 주요 단계별 운동학적 요인 분석. *한국운동역학회지*, 제8권, 제2호, 167-290.
- 윤희중, 한충식, 박중훈 (1999). 철봉 Kovacs 동작의 운동학적 분석. *한국체육대학교 논문집*. 제22집. 27-39.
- 윤희중, 김동민, 한윤수, 김태삼 (2000). 철봉 Kovacs 동작의 tuck, pike, stretch, full twist의 운동학적 비교. *한국운동역학회지*, 제10권, 제1호, 179-188.
- 최지영, 김용이, 진영완 (2002). 철봉 내리기 공중 동작의 운동학적 분석(I). *한국운동역학회지*, 제12권, 제2호, 159-177.
- 한윤수 (1997). 철봉 뒤휘돌기 유형에 따른 내리기 동작의 운동학적 특성. *한국체육대학교 대학원*.
- 한윤수 (2002). 철봉 Kovacs동작 전 뒤 휘돌기 기술의 운동학적 특성. *한국운동역학회지*, 제41권, 제2호, 803-810.
- 황경숙, 곽창수, 조승구, 진성태 (1988). 평행봉 2회전 뒤로 돌아 내리기 동작 분석. *한국체육과학연구원 스포츠과학연구소 논문집*, 1061-1113.
- Abdel-Aziz, Y. I. & Karaha, H. M. (1971). Direct Linear Transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close photogrammetry, *In Proceedings of the Symposium on Close-Range photogrammetry* (pp.1-18). Falls Church, VA: American Society of photogrammetry.
- Federation of International Gymnastics. (2001). *the code of points for men*. Switzerland.
- Plagenhoef, S.C., Evans, F.G., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and sport*, 54(2), 169-178.
- Takei, Y., Nohara, H., & Kamimura, M.(1992). Techniques used by elite gymnasts in the 1992 Olympic compulsory dismount from the horizontal bar. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8, 207-232.
- Yeadon, M. R, Lee, S., & Kerwin, D. G. (1990). Twisting techniques used in high bar dismounts. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6, 139-146.

투 고 일 : 04월 30일

심 사 일 : 05월 15일

심사완료일 : 05월 30일