

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

• 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건 을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer 🖃





국내 철봉 선수들의 Kovacs 기술과 Kolman 기술 간 동작 비교

The Comparative Study between Kovacs and Kolman Techniques by Korean Top Gymnasts on Horizontal Bar

2021년

울산대학교 일반대학원

체육학과

이 남 구

국내 철봉 선수들의 Kovacs 기술과 Kolman 기술 간 동작 비교

지도교수 임 규 찬

이 논문을 체육학박사 (체육학) 학위논문으로 제출함

2021년 12월

울산대학교 일반대학원

체육학과

이 남 구

이남구의 체육학박사 (체육학) 학위논문을 인준함

심사위원장 이한준 (인)

심사위원 김기정 (인)

심사위원 신소희 (인)

심사위원 김용운 (인)

심사위원 임규찬 (인)

울산대학교 일반대학원

2021년 12月

감사의 글

2015년 박사학위에 도전하기 위해 면접은 준비하던 때가 기억납니다. 아이가 걸음마른 시작하는 것처럼 한 걸음 내딛었던 그 순간의 기억도 뒤로한 채 이렇게 갔히 박사학위를 청구하고자합니다.

논문의 주제 설정부터 실험, 분석 그리고 결론에 이르러 논문은 마무리하기까지 세심하게 살펴주고 보살펴 주신 임규찬 지도교수님께 진심으로 갔사인사를 올리고 싶습니다. 202/년도를 끝으로 명예로운 정년퇴직은 하시는 지도교수님의 가정에 평화와 행복이 언제나 함께하기를 늘 기원하겠습니다. 또한 논문은 심사해주시고 수정, 보완과 논문의 형태를 갖추기 위한 조언은 아끼지 않아주신 이한준 교수님, 깊기정 교수님, 신소희 교수님, 깊용은 교수님께 갔사의 말씀은 드립니다. 논문계획서발표와 결과발표를 통해 논문의 방향은 잡아주신 최성훈 교수님, 유용상 교수님, 우민정 교수님, 깊종호 교수님 및 울산대학교 스포츠과학부 모든 관계자 분들께 진중한 갔사의 뜻은 올립니다.

본 연구의 실험은 진행할 수 있도록 문심양면 도와주신 운산스포츠라학중 · 고등학교 천광일 교장선생님, 이온우 교감선생님, 항경식 교감선생님, 김재원 스포츠전문부장님, 교육라정부 김정은 선생님 및 운산스포츠라학중 · 고등학교 교직원 분등께 진심어린 감사의 말씀은 전달합니다. 또한 본 연구를 위해 다양하고 많은 장비 운영은 지원해 주시고, 까다롭고 복잡하게 진행되는 운동 역학 연구 실험에도 흔쾌히 참여해주신 대현중학교 김동하 선생님, 운산서여자중학교 최아영 선생님께 깊은 감사의 마음은 표합니다. 그리고 실험 참가에 협조해준 자랑스러운 후배등 윤진성 선수, 이정효 선수, 조재윤 선수, 연상준 선수, 이상민 선수, 최규범 선수에게 진심어린 감사의 마음은 표합니다.

끝으로, 밤낮으로 걱정해 주시고 챙겨주시는 아버지와 삶의 방향은 잡아주신 저의 멘토 둘째고모 악 둘째 고모부, 막내 고모, 막내 고모부께 이 영광은 독립니다. 학업과 직무에 전념할 수 있도록 도 악준 나의 사랑스러운 아내 권미영 그리고 아내른 낳아주신 장인, 장모님, 사랑하는 나의 아든 승우와 함께 이 순간의 기쁨은 나누고 싶습니다. 진심으로 감사드립니다.

> 202/년 /2월 이 남구

국문 요약

국내 철봉 선수들의 Kovacs 기술과 Kolman 기술 간 동작 비교

이 남 구 울산대학교 일반대학원 체육학과

본 연구는 대차회전 구간이 동일한 Kovacs와 Kolman 기술 간의 운동학적 변인과 운동역학적 변인을 비교함으로써 두 기술의 역학적 유사성과 차이점을 밝히는 데 그 목적이 있다. Kovacs와 Kolman 기술을 각각 물구나무서기 순간, 엉덩관절 최대 신전 순간, 신체중심 최하단 순간, 엉덩관절 최대 굽힘 속도 순간, 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간, 투사 순간, 최대높이 순간, 되잡기 준비 순간, 되잡기 순간으로 설정한 후 각 기술 간의 소요시간, 신체 중심의 궤적 패턴, 관절각, 신체 중심의 속도 및 투사각, 신체중심의위치 그리고 각운동량을 유의수준 0.05에서 종속 t검정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 전체 소요 시간과 되잡기 준비 구간에서의 소요 시간은 Kovacs와 Kolman 기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 소요 시간은 Kolman 기술보다 더길었다. 그러나 대차 회전 구간의 소요 시간에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 양기술의 소요 시간에는 부분적으로 차이가 없지만, 전체적으로 보면 차이가 있다.

둘째, 투사 순간에서의 어깨관절각과 엉덩관절각은 Kovacs와 Koman 기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 어깨 관절각과 엉덩관절각이 Koman 기술 보다 더 작았다. 최대 엉덩관절 굽힘 속도 순간에서는 양 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 되잡기 순간에서의 무릎관절각에서는 양 기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 무릎관절각이 Kolman 기술보다 더 컸다. 그러므로 Kolman 선수들은 관성모멘트를 줄여 더 빠른 비틀기 각속도를 확보한 상태에서 투사를 수행하였지만 동체의 회전력이 그만큼 손실된 것을 알 수 있었고, 되잡기 순간에서는 몸을 응크려 투사 순간에 손실되었던 동체의 회전력을 만회하고자 되잡기를 수행한 것을

알 수 있었다.

셋째, 투사 순간에서의 수평속도와 수직속도 그리고 합속도(R)는 Kovacs와 Koman 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 투사 순간에서의 투사각과 되잡기 순간에서의 구심 속도는 Kovacs와 Koman 기술 간에 유의한 차이가 없었다.

넷째, 엉덩관절 최대 신전 순간과 신체중심 최하단 순간 그리고 엉덩 관절 최대 굽힘 속도 순간에서의 신체 중심 Y축 위치는 Kovacs와 Kolman 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 신체 중심 Y축 위치는 양기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 신체 중심 Y축 위치가 Kolman보다 철봉에 가까웠다. 되잡기 순간에서의 수평 위치와 수직 위치 그리고 철봉과의 거리는 양 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 최대높이 순간에서의 수직 위치는 양 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 그리고 흔들기와 체공을 포함하는 신체 중심의 이동 궤적에는 양기술 간에 다른 패턴을 보여, Kovacs 기술의 이동 궤적의 변동성은 Kolman 기술보다 컸다.

다섯째, 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 전신의 X축 각운동량과 체공 구간에서의 전신의 각운동량 합성분(R)은 Kovacs와 Kolman 기술 간에 유의한 차이 가 없었다.

이와 같이 양 기술은 흔들기 구간의 마지막 순간인 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서 부분적 차이를 보였지만, 투사 순간과 되잡기 준비 구간에서는 차이를 보이지 않았다. 본 연구는 국내 관련 연구가 부족하거나 오랜 기간 연구가 중단되어 최근의 철봉 경기 경향을 반영한 참고 자료가 부족한 상태에서 진행한 연구였지만, 대차회전 궤적이 비슷한 두 기술을 비교한 연구로서 유의미한 결과를 얻어낸 것으로 판단된다. 앞으로 최근의 철봉 연기 경향이 반영된 연구가 더욱 활발히 진행된다면 국내 체조선수들의 철봉 기술력 향상에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

주요어: Kovacs 기술, Kolman 기술, 철봉 운동, 뒤돌아 오르기

[목 차]

Ι.	서론	···· 1
	1. 연구의 필요성 및 목적	···· 1
	2. 연구문제	4
	3. 연구의 제한점	···· 4
	4. 용어의 정의	···· 4
п.	이론적 배경	···· 7
	1. Kovacs 동작과 Kolman 동작의 일반적 이해	···· 7
	2. 선행연구 고찰	·· 10
ш.	연구방법	·· 17
	1. 연구대상자 선정	·· 17
	2. 실험장비	·· 17
	3. 실험절차	·· 19
	4. 자료 산출	·· 19
	5. 운동학적 변인 계산	·· 21
	6. 표준화	23
	7. 통계 처리	23
IV.	연구결과	25
	1. 소요시간 비교	·· 24
	2. 관절각 비교	25
	3. 속도 비교	33
	4. 위치 및 변위 비교	·· 34
	5. 각운동량 비교	39
v.	논의	·· 45
	1. 소요시간	·· 42
	2. 관절각	·· 43
	3. 속도 및 투사각	·· 45
	4. 위치 및 변위	·· 47

	5.	. 긱	운	동량	49
VI.	결	론	및	제언	51
참	卫	문	헌		53

[표 목 차]

<亞 1>	연구대상자의 신체적 특성17
<亞 2>	구간별 소요시간24
<亞 3>	대차회전 구간 어깨관절각 비교26
<亞 4>	대차회전 구간 엉덩관절각 비교28
<亞 5>	기능 구간 어깨관절각 비교30
<亞 6>	체공구간 무릎관절각 비교31
<亞 7>	투사 순간 신체중심 속도 비교33
<班 8>	되잡기 순간 신체 중심 구심속도 비교34
<班 9>	대차회전 구간 순간별 Y축 신체중심 위치35
<班 10>	· 체공 구간 신체중심 위치 비교36
<표 11>	· 대차회전 구간 각운동량 비교39
<亞 12>	· 체공 구간 각운동량 비교40

[그 림 목 차]

[그림	1] Kovacs(좌)와 Kolman(우)의 순간 동작	6
[그림	2] 각도 구분	6
[그림	3] Kovacs 기술	7
[그림	4] Kolman 기술	9
[그림	5]	2
[그림	6] 고속카메라	8
[그림	7] 우수선수와 비우수선수의 역U자 관계 ·······18	8
[그림	8] 인체관절 중심점 좌표화 순서20	0
[그림	9] Kovacs 대차회전 구간 어깨관절각 변화26	6
[그림	10] Kolman 대차회전 구간 어깨관절각 변화27	7
[그림	11] Kovacs 대차회전 구간 엉덩관절각 변화28	8
[그림	12] Kolman 대차회전 구간 엉덩관절각 변화29	9
[그림	13] Kovacs 기능 구간 어깨관절각 변화	0
[그림	14] Kolman 기능 구간 어깨관절각 변화	1
[그림	15] Kovacs 체공구간 무릎관절각 변화	2
[그림	16] Kovacs 체공구간 무릎관절각 변화	2
[그림	17] Kolman 체공구간 무릎관절각 변화	7
[그림	18] Kovacs 전체구간 궤적37	7
[그림	19] Kolman 전체구간 궤적	8
[그림	20] Kovacs X축 각운동량 변화40	0
[그림	21] Kolman X축 각운동량 변화 ···································	1

I.서 론

본 연구 계획서의 서론은 연구의 필요성 및 목적, 연구 문제, 연구의 제한점 및 용어의 정의로 구성되어 있다.

1. 연구의 필요성 및 목적

체조 경기는 1896년 제1회 아테네 올림픽 경기대회부터 정식 종목으로 채택되었다(대한체조협회, 2021). 남자 체조경기는 마루운동, 안마, 링 도마, 평행봉, 철봉의 6종목을 채택하고 있다(대한체조협회 2021). 기계체조는 단련된 몸매와 체력을 바탕으로 난이도의 독창성과 아름다움, 고도의 기술과 동작을 조화 있게 구성해야하는 운동이다. 임규찬(2020)은 최근 이러한 체조는 그 기술이 계속적으로 발전되어 선수만의 특별한 기술을 바탕으로 개성 있는 연기를 수행하여 관중들의 관심을 모으고 있다고 언급 하였다. 이로 인해 국제대회에서는 매년 새로운 신기술과 연기구성 그리고 연결 기술이 계속적으로 등장하고 있다.

안(Jahn)은 철봉운동 기술을 자세유지나 회전운동중의 팔 굽힘과 같은 힘 버티기를 중심으로 한 기술과 오르기 기술, 회전기술, 내리기 기술을 넣어 행하는 운동으로 구별 하였으며, 정지함이 없이 휘돌리기와 비틀기, 비행동작을 중심으로 구성돼었다 하였다(이남구, 2013). 철봉운동은 체조경기의 꽃으로 불리며 기술요소로는 그룹 I 요소인 크게 휘돌기를 포함한 비틀기 기술(long hang swings and turns), 그룹Ⅱ 요소인 비행기술(flight elements), 그룹Ⅲ 요소인 봉에 근접하여 휘돌리기 포함한 Adler 계열 기술(in bar and Adler elements) 그리고 그룹Ⅳ 요소인 내리기(dismounts)와 같이 4가지 요소로 구성된다(F.I.G, 2017). 특히 스윙동작을 이용한 다양한 기술은 철봉에서 한손 또는 두 손을 이탈하여 다양한 회전운동을 한 후 철봉을 다시 잡는 기술로 역동성이 가미되어 다양한 기술 형태로 표현된다(대한체조협회, 2017). 대한민국 남자 기계체조 세부 종목 중 마루운동, 링, 도마, 평행봉 종목은 아시안게임이나 올림픽 무대에서 3위 이상의 실적이 존재한다. 특히 도마 종목은 올림픽 금메달을 보유하고 있을 만큼 국제무대에서 많은 발전을 거듭해왔지만 유독철봉 종목에서 만큼은 고전을 면치 못 하고 있다. 그 주된 이유는 철봉 비행기술에

대한 다양한 연구 결과가 매우 부족하기 때문이라고 생각된다.

철봉종목의 과거 주요 연기 구성은 복잡하게 손을 옮기며 비트는 동작이나 봉에 근접하여 회전하며 얻게 된 각운동량을 활용한 여러 연결기술이 주를 이루었다. 이후 철봉의 탄성과 선수들의 평균 기량이 향상됨에 따라 양손을 모두 놓아 공중 동작을 실시한 후 다시 철봉을 잡는 비행기술이 주를 이루게 된다. 2012년 런던올림픽 철봉 부문에서 우승을 차지한 Zonderland의 철봉 연기는 여러 비행기술을 연속으로 수행하였다는 특징이 있다. 3회 이상의 연속적인 비행기술 연기는 당시 상황에서는 매우 충격적이면서도 놀라운 연기 구성이었다. 이 사례는 철봉 종목에서 비행기술의 중요성을 각인시켜주는 경기로 평가된다(youtube, 2016).

Zonderland가 연속으로 실시한 철봉 비행기술은 주로 Kovacs 기술을 포함하여 Kovacs 기술을 기초로 하는 응용 기술이다(youtube, 2016). Kovacs 기술을 응용하여 실시하는 주요 비행 기술은 Kolman, Cassina 등이 있으며 이는 철봉 비행 기술의 주요 동작들이다. 이 기술들의 공통점은 손을 바로 잡은 상태로 최대신전 대차회전 중 동체가 수직 상방을 통과하기 전 양손을 놓아 공중 동작을 실시하고 동체가 철봉 기준으로 수직 상방을 통과한 후 철봉을 다시 잡는 것이다. 철봉에서 상위 입상을 노리는 선수들은 대부분 이 계열의 동작을 최대한 연속적으로 수행하여야 체력적, 난도적 측면에서 유리하다고 평가할 수 있다. 또한 연속으로 비행기술을 실시하게 되면 별도의 가산점을 획득할 수 있어 높은 연기 점수를 받을 수 있다. 가산점제도를 채택하고 있는 남자 기계체조 종목은 6개 종목 중 마루 종목과 철봉 종목이유일하다(대한체조협회 2021).

철봉 Kovacs와 Kolman 기술 역시 철봉에서 양 손을 바로잡은 상태로 전신을 신전 시킨 상태에서 대차회전 하여 얻어진 각운동량을 활용하여 몸을 공중으로 투사시켜 해당 기술을 만족시키는 동작 표현 후 다시 봉을 되잡는 기술이다(F.I.G, 2017). 특히 Kovacs 기술은 철봉 수직 상방에서 회전이 이루어지기 때문에 운동 상해 위험이 매우 큰 기술 중 하나로 알려져 있다. Hiley와 Yeadon(2016)은 1979년 헝가리의 Kovacs 선수가 이 기술을 최초로 실시하였고 보고하였다. 또한 Kovacs와 투사하는 방법이 유사한 기술들은 실패할 경우 매우 큰 감점을 동반하기 때문에 동작의 일관성은 매우 중요하다고 판단된다 하였으며 런던 올림픽 기준 Kovacs 기술의 되잡기 성공률은 84%로 보고하였다. Hiley와 Yeadon(2016)의 연구 결과에 따르

면 Kovacs 기술은 시선이 분산되면서 철봉 상방을 통과하여 비행이 이루어지는 탓에 선수들이 이 동작을 연습하기 위해서는 철봉과의 접촉 사고를 감수하며 연습을 해야 한다고 하였다. 때문에 공중 감각이 익숙하지 않은 상태에서의 연습은 선수들에게 극한의 공포감을 줄 수 있는 기술이며 실제로 연습 중 또는 시합 중 안전사고도 종종 일어나곤 한다. 우수선수의 주요 특징은 비행 전 대차회전이 힘차고 신체모든 관절의 굴곡과 신전 순간 위치, 각도 등 주요 변인들이 일관성 있으며 특히양손의 이수 시점과 착수 시점이 일관된다고 보고하였다. 또한 봉 이탈 과정에서어깨관절과 엉덩관절 등 주요 관절의 각도를 크게 유지하면서 동체가 높은 위치에서 회전할 수 있도록 유도하는 것이 특징이다. 이는 손을 놓는 타이밍을 특별히 신경 쓰지 않아도 비행 방향 제어에 도움을 주기 때문이다(백진호와 박종철, 윤창선 2009). 백진호와 박종철, 윤창선(2009)은 동체가 높은 위치에서 회전하게 되면 철봉과 적절한 거리를 유지함과 동시에 동작 수행을 위한 충분한 체공시간을 확보하여봉 잡기를 용이하게 할 수 있다고 보고하였다.

Hiley와 Yeadon(2016)은 성공적인 동작 수행을 위해 필요한 체공높이, 철봉과의 적정 거리 등을 만족하기 위한 변인은 매우 많고 그 값이 절대적이지 않다고 하였다. 특히 기술 성공을 위해 실시하는 투사전 대차회전은 선수마다 조금씩 차이가 있기 때문에 정량적인 연구 결과 제시는 적절하지 않을 가능성이 매우 높다. 그러나 성공적인 기술을 실시 하는 선수들의 비행 패턴은 분명히 공통점이 있을 것이라고 생각한다. 그 이유는 철봉의 위치는 항상 같은 곳에 있기 때문에 다시 철봉으로돌아가기 위해서는 적절한 구심 속도가 필요하기 때문이다.

Kovacs와 Kolman을 각각 운동학적으로 분석한 국내 연구는 어느 정도 진행된 상태이다. 그러나 선수들이 성공적인 비행 패턴을 그리기 위해 투사 순간까지 선수가 어떤 노력을 했는지 Kovacs와 Kolman 기술로 나누어 비교 분석해 보는 과정은 아직 국내에서 이루어지지 못했다.

따라서 본 연구는 국가대표 선수 또는 우수 선수의 Kovacs와 Kolman 기술의 성 공에 영향을 주는 운동학적 주요 변인을 비교분석 함으로써 두 기술의 바람직한 수 행을 위한 공통점과 차이점을 규명하고자 하였다.

2. 연구문제

Kovacs와 Kolman 기술의 동작 분석를 위해 다음과 같은 구체적인 연구문제를 설정하였다.

- 첫째, Kovacs와 Kolman 기술 간의 전체 소요시간과 각 구간별 소요시간은 서로 차이가 있는가?
- 둘째, Kovacs와 Kolman 기술 간의 각 순간별 어깨관절각, 엉덩관절각, 무릎관절각은 서로 차이가 있는가?
- 셋째, Kovacs와 Kolman 기술 간의 각 순간별 신체중심 속도와 구심속도 그리고 투사각은 서로 차이가 있는가?
- 넷째, Kovacs와 Kolman 기술 간의 각 순간별 신체중심의 위치 및 변위는 서로 차이가 있는가?
- 다섯째, Kovacs와 Kolman 기술 간의 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간과 체공 구간에서의 각운동량은 서로 차이가 있는가?

3. 연구의 제한점

본 연구를 수행하는 데 있어서 고려해야 할 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 철봉의 탄성은 고려하지 못하였다.

둘째, 개인의 성격, 심리적 요인, 스트레스 같은 다른 요인에 의하여 연구에 영향을 줄 수 있는 가능성은 고려하지 않았다.

4. 용어의 정의

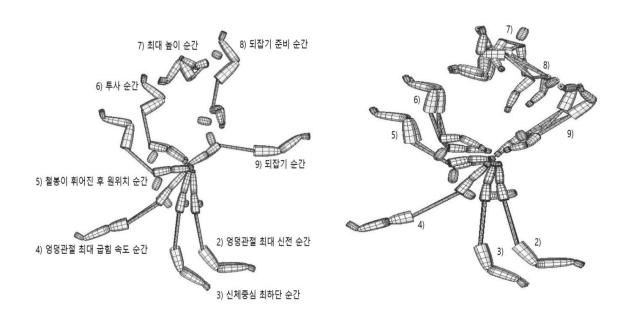
본 연구에서 사용되는 용어들의 이해를 돕기 위하여 다음과 같이 정의 하고자 한다.

1) 순간 및 구간 구분

본 연구에서 사용되는 순간 및 구간 동작에 대한 정의는 다음과 같다.

(1) 물구나무서기(HS; Handstand) 순간 투사 직전 대차회전에서 물구나무서기 자세로 철봉과 수직을 이룬 상태의 순간을 말한다.

- (2) 엉덩관절 최대 신전(HE; Hyper-extension) 순간 기술 수행 직전 흔들기 구간 내에서 비행을 위한 수직속도 상승을 목적으로 엉덩관절을 최대 과신전한 순간을 말한다.
- (3) 신체중심 최하단(LP; Lowest position) 순간 대차회전 구간에서 신체중심이 수직축(Z) 기준으로 최하단에 머무른 순간을 말한다.
- (4) 엉덩관절 최대 굽힘 속도(MF; Maximum flexion) 순간 투사 직전 대차회전이 철봉 수직 하방을 지난 후 엉덩관절각이 최대 굽힘 속 도를 갖는 순간을 말한다.
- (5) 철봉이 휘어진 후 원위치(OP; Original position of bar) 순간 어깨관절 최대 신전 속도 발휘로 선수의 체질량과 중력에 의해 휘어진 철봉이다시 제자리로 돌아간 순간을 말한다.
- (6) 투사(RL; Release) 순간 비행을 위해 양 손이 철봉에서 이탈한 순간을 말한다.
- (7) 최대높이(PH; Peak height) 순간 비행 중 신체 중심이 최대높이를 달성한 순간을 말한다.
- (8) 되잡기 준비(RR; Ready to regrasp) 순간 철봉을 되잡기 위해 시선을 철봉으로 옮기기 위한 행위로 최대높이 달성 후 신체중심이 부적으로 증가함에도 머리의 수직 속도가 부적으로 감소하는 순간 직후를 말한다.
- (9) 되잡기(RG; Re-grasp) 순간 공중동작을 마치고 철봉을 되잡는 순간의 직후를 말한다.
- (10) 대차회전 구간물구나무서기 순간부터 투사 순간까지의 구간을 말한다.
- (11) 기능 구간(functional phases) 엉덩관절 최대 신전 순간부터 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간까지의 구 간을 말한다(Irwin과 Kerwin, 2005).
- (12) 체공 구간투사 순간부터 되잡기 순간까지의 구간을 말한다.
- (13) 되잡기 준비 구간 체공 구간의 일부 구간으로 되잡기 준비 순간부터 되잡기 순간까지의 구간을 말한다.

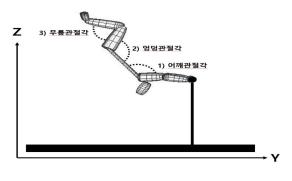


[그림 1] Kovacs(좌)와 Kolman(우)의 순간 동작

2) 각도 구분

본 연구에서 사용되는 각도에 대한 정의는 다음과 같다.

- (1) 어깨관절각(shoulder angle): 위팔 벡터와 몸통 벡터가 이루는 각변위
- (2) 엉덩관절각(hip angle): 몸통 벡터와 윗다리 벡터가 이루는 각변위
- (3) 무릎관절각(knee angle): 윗다리 벡터와 아랫다리 벡터가 이루는 각변위



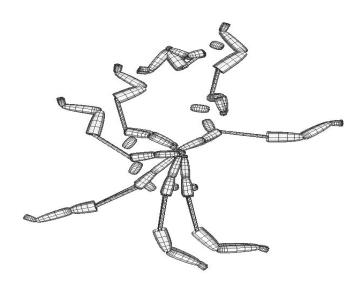
[그림 2] 각도 구분

Ⅱ. 이론적 배경

본 연구의 이론적 배경은 Kovacs와 Kolman 기술의 일반적 이해, 그리고 선행연구 고찰 순으로 기술하였다.

1. Kovacs와 Kolman 기술의 일반적 이해

철봉 종목의 모든 기술들은 그룹 I 요소인 크게 휘돌기를 포함한 비틀기 기술 (long hang swings and turns), 그룹Ⅱ 요소인 비행기술(flight elements), 그룹Ⅲ 요소인 봉에 근접하여 휘돌리기 포함한 Adler 계열 기술(in bar and Adler elements) 그리고 그룹Ⅳ 요소인 내리기(dismounts)로 구분된다(F.I.G, 2017). 이중 Kovacs와 Kolman 기술은 Ⅱ그룹에 속하며 그에 대한 정보는 [그림 3], [그림 4]에 제시 하였다(F.I.G, 2017).

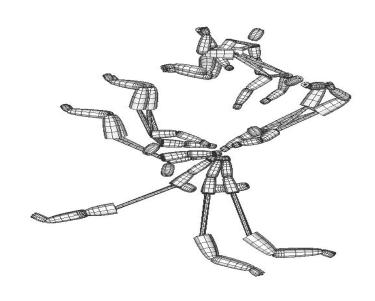


[그림 3] Kovacs 기술

Kovacs 기술은 비행기술(flight elements) 요소로 그룹Ⅱ에 해당되는 기술이다. 대 차회전 중 양손을 모두 놓으며 공중 2회전 후 다시 되잡기 하는 기술로 철봉 상방 에서 기술이 수행된다. 기술 가치로는 D난도에 해당된다. Kovacs 기술 수행 후 Kolman 기술로 연결하거나 piked 유형이나 stretched 유형의 Kovacs 기술로 연결 되는 연기 구성이 최근 각광을 받고 있다. 그 이유는 선수가 철봉에 근접해서 휘돌 거나 철봉을 착수한 상태로 신체를 수직축으로 놓고 회전하는 기술들은 체력적인 소모가 상대적으로 크기 때문에 원활하고 완벽한 연기를 위해 체력을 비축하기 위 해 전략적으로 선수들이 선택하고 있는 추세라고 추정하고 있다. 위와 같이 추정하 는 이유는 대차회전을 최대신전 상태로 이용하는 Kovacs 기술은 철봉에서 신장의 길이와 팔 분절의 길이를 활용해 각운동량을 최대로 확보할 수 있는 장점이 있기 때문에 회전력을 최대로 이용하여 연속적으로 기술을 수행할 수 있는 기술 요령을 연마하면 체력을 그 만큼 아낄 수 있어 최대의 기술적 효과를 얻을 수 있기 때문이 다.

체조선수에게 연기 중 체력관리는 매우 중요하다고 볼 수 있다. 선수는 철봉에서 최대 10개의 기술을 평가 받는다. 10개의 기술이라는 숫자가 작아 보일 수 있지만 철봉 위에서 정지함 없이 연기를 펼치는 선수들에게는 여간 부담스러운 일이 아닐 수 없다. 9개의 기술을 완벽하게 펼치고 마지막 연기인 내리기 기술은 완벽한 착지 로 마무리 하여야하기 때문이다. 연기 후 완벽한 착지를 위해서는 선수들은 연기 중 체력관리를 적절하게 수행하여야 한다.

그러나 체력관리 측면에서 장점이 있다하더라도 Kovacs 기술은 투사 전 대차회전에 매우 민감하기 때문에 착수하지 못하고 철봉에서 낙하할 가능성이 매우 높다. 연습과정에서 적절한 성공 확률을 확보하지 못하면 실제 시합 상황에서 사용하기에는 매우 어려운 기술이라고 평가할 수 있다. D난도의 기술이지만 철봉 종목에서의다른 D난도 기술보다 상대적으로 실수 위험성이 높다고 선수들 사이에서 평가되고있기 때문에 많은 선수들에게 선택받지 못하는 기술이기도 하다. 하지만 경기상황에서 높은 성공확률을 보장하는 선수들은 철봉 종목에서 다른 선수들 보다 매우 유리한 연기 구성을 연출할 수 있다.



[그림 4] Kolman 기술

Kolman기술 역시 비행기술(flight elements) 요소로 그룹Ⅱ에 해당되는 기술이다. 대차회전 중 양손을 모두 놓으며 공중 2회전 후 다시 되잡기 하는 과정에서 수직축으로 1회전의 횡 회전이 추가되어 Kovacs 기술보다 기술적으로 더욱 복잡하다. Kolman 기술 역시 철봉 상방에서 기술이 수행되지만 철봉 방향으로 시선을 고정할수 있는 시간이 Kovacs 기술보다는 더 많기 때문에 되잡기 시 선수에게는 심리적으로 안정감을 줄 수 있다. 그러나 기술 자체가 Kovacs 기술 보다 더 복잡하기 때문에 공중 감각이 뛰어나지 않은 선수가 수행할 경우 매우 큰 부상 위험이 있기 때문에 반드시 Kovacs 기술에 익숙해진 다음 연습하는 것이 바람직하다. 기술 가치로는 E난도에 해당되고 가치점으로는 0.5점이다. Kovacs 기술의 가치점 0.4점 보다는 0.1점 높다(F.I.G, 2017).

사실상 Kolma기술은 비행중 수직축으로 회전이 추가되는 것 이외에는 Kovacs와 유사한 예비대차와 투사궤적을 갖고 있게 때문에 Kovacs 기술 계열의 기술로 평가되고 있다. Kolman 기술에 대한 국내 연구는 총 4편으로 아직까지는 연구 성과가 선수들의 기술력에 크게 영향을 미치는 수준으로 진행되지는 않은 상태이다. 또한 운동학적 관점을 놓고 기술향상을 위한 추정적 피드백에 머물러 있기 때문에 해외 선행연구와 국내연구를 근거로한 연구는 아직까지 매우 부족한 상황이라고 여겨진다.

일부 선수들은 Kovacs 기술을 연습하다가 충분한 성공확률을 확보하지 못하고 기

술 채택을 포기하는 선수들이 있다. 간혹 이러한 선수들 중에 Kovacs 기술 연습을 포기하고 바로 Kolman 기술 연습을 시작하는 선수들이 있다. 이러한 선수들 중 더 욱 복잡한 공중 기술을 수행하는 Kolman 기술을 높은 성공확률로 기술을 채택하는 경우가 있는데 난도가 낮고 비교적 단순한 Kovacs 기술은 포기하고 난도가 더 높 고 복잡한 Kolman 기술은 성공하는 이유에 대해서는 아직까지 뚜렷한 원인을 규명 하지 못 하고 있으나 본 연구자는 다음과 같이 추정하고 있다. 첫째, Kovacs 기술 은 비행을 마치고 철봉을 착수하기 전까지 철봉을 바라볼 수 있는 시간이 Kolman 기술보다 작기 때문이라고 추정 된다. 둘째, 수직축으로 1회전의 회전이 추가되는 복잡한 기술인 Kolman 기술을 수행하기 위해서는 특정 상황에서 회전을 추가하기 위한 노력을 하여야 하는데 이러한 타이밍이 이수 순간의 타이밍의 일관성에 긍정 적인 영향을 줄 수 있기 때문이라고 추정하고 있다. Hiley와 Yeadon(2016)은 기술 성공에 영향을 주는 주요 변인에서의 일관성이 매우 중요하다고 하였다. 또한 중요 하지 않은 변인에서는 변동성이 도움이 될 수 있다고 하였는데 그 이유는 중요한 순간에서의 일관성을 보장하기 위해 중요하지 않은 변인에서의 변동성을 활용한다 고 하였다. 선수들은 Kolman 기술에서 수직축으로의 1회전을 확보하기 위해 특정 순간에서 비틀기를 하기 위한 노력을 하게 되는데 이러한 노력의 타이밍이 이수 타 이밍의 일관성에 도움 된다고 추정하고 있다.

여기서 미루어 볼 수 있는건 기술을 성공하기 위해서는 특정 순간에서의 타이밍이 중요하다고 여겨진다. 하지만 이러한 특정 타이밍은 선수마다. 기술마다 차이가있을 것이다. 따라서 선수들이 기술 성공을 위해서 어떠한 일관성을 추구하는지 어떠한 변동성을 이용하는지에 대한 연구는 최대한 많이 진행되어야 하며 이러한 정량적·정성적 자료들은 선수들의 경기력 향상에 많은 도움이 될 것이다.

2. 선행연구 고찰

Kolman 기술의 관한 국내 최초 연구는 철봉운동 Kolman 기술의 운동학적 분석이다(이성걸, 2003). 해당 연구를 살펴보면 Kolman 기술은 봉 이탈 시 신체중심을 높게 하고 봉 이탈 전 대차회전의 좌·우 흔들림을 최소화해야 한다고 보고하였다. 또한 봉 이탈 순간 어깨관절 각과 엉덩관절각을 좁히면 공중회전 시 관성모멘트를 줄일 수 있어 기술 수행에 도움을 줄 수 있다고 보고하였다.

최근 Kovacs 기술에 대한 관련 연구를 살펴보면 봉 이탈 순간 어깨관절 각을 크게 하여 신체중심의 높이를 크게 유지하는 것이 매우 중요한 것으로 판단된다고 보고하고 있다(김종수, 2008; 임규찬, 2020; Hiley와 Yeadon, 2016). 때문에 어깨관절의 봉 이탈 순간 각도에 대한 고찰은 본 연구에서 중요하게 다루어야할 변인 중 하나라고 판단된다. 과거 Kovacs 기술 연구에 대한 결과를 살펴보면 터크(tuck) 유형의 Kovacs 기술을 수행할 때는 봉 이탈 순간 어깨관절 각이 큰 반면에 파이크(pike) 유형이나 스트레치(stretch) 유형의 Kovacs 기술은 어깨관절 각을 작게 하여 동체회전을 증가시킨다고 보고 하였다(김층태, 김동민과 한윤수 1999).

이연종, 백진호와 정진수(2006)는 Kovacs 기술의 운동학적 분석을 하였다. 3명의 선수들에 대한 기술을 분석하였고 주요 변인은 수행시간, 신체 중심의 위치, 최고 높이, 신체 중심의 속도 그리고 주요 관절의 각도를 보았고 선수별로 비교하였다. 이주형과 김종수(2011)도 철봉 Kovacs 기술의 운동학적 분석을 진행하였고 4명의 선수에 대한 Kovacs 기술을 1차시기와 2차시기로 나누어 비교하였는데 특징적인 것은 동일 선수의 국가대표 선발전의 1차전 연기와 2차전 연기를 나누어서 비교했다는 점이다. 하지만 1차시기와 2차시기는 선수 개인의 컨디션과 환경적 요소에 따라 달라질 수 있기 때문에 뚜렷한 관점을 두고 비교한 것은 아니었다. 이와 같이 그동안의 Kovas 기술의 주요 연구 내용은 선수별로 또는 시기별로 기술을 분석하고 분석 내용을 평가하는 방식의 연구가 주를 이루었다.

선행 연구에서 단서를 찾아 해당 내용의 구체적인 근거로 연구한 논문은 드물었는데 임규찬(2020)의 연구는 국내에서 유일하게 Hiley와 Yeadon(2016)연구의 구체적 근거로 Kovacs 기술을 분석한 연구였다.

Hiley와 Yeadon(2016)은 우수선수일수록 중요 기술을 발휘할 때 그 변동성이 줄어든다고 보고하였다. 또한 투사 직전 대차회전 중 하방 흔들기에서의 주요 관절에 대한 신전과 굴곡이 최대가 될 때의 순간들은 가장 중요한 변인으로 인식하고 있다. 그 이유는 투사 직전 수행하는 대차회전은 동체를 공중에 투사하기 위한 선운동량과 각운동량을 제공할 뿐 아니라 선수의 공중기술 연기의 성공을 결정하는 충분한 투사시간을 제공한다는 점에서 주목해야 한다.

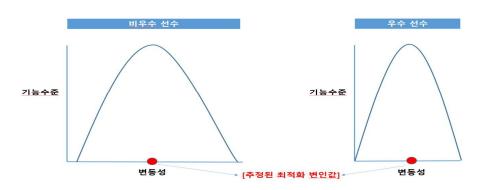
Wilson(2008)은 기능 수준과 변동성 간에는 역U자 형태의 관계가 존재하기에 기능 수준이 높아지면 변동성도 높아진다고 보고하였다. 그러나 Kovacs와 Kolman 기술의 선행연구들은 주요 변인에서 일관성이 매우 중요하다고 주장했다.

예를 들어 A선수는 어떤 변인의 변동성이 1%~10%이지만 B선수는 해당 변인의 변동성이 5%~20%이다. 다만 해당 선수들은 각각의 변동성 안에서 중간정도를 유지해야 높은 기능 수준을 기대할 수 있다. A선수와 B선수가진 변동성 수준으로 투사에 최적화된 변인 값이 고정됐다고 가정할 경우 해당 값을 찾아갈 확률이 높은 선수는 당연히 A선수인 것을 우리는 알 수 있다. 여기서 이야기하고자 하는 것은 우수선수는 반복 연습을 통해서 점점 변동성의 폭이 줄어든다는 점이다. 아이러니 하게도 변동성을 적절히 유지해서 최적화된 공중 투사 변인 값을 서서히 찾아가고 만족할만한 변인 값에 도달했다고 판단되면 변동성을 감소시켜 성공확률을 높인다는 것이다(Hiley와 Yeadon, 2016).

추가적으로 Hiley와 Yeadon(2016)은 중요하지 않은 변인에서는 변동성이 증가되었다고 보고하고 있다. 그 이유는 일관성이 필요한 변인을 만족시키기 위해 중요하지 않은 변인을 활용하여 최적화된 변인 값을 찾아간다는 것이다. 즉 중요한 순간에서의 변동성을 줄이기 위해 중요하지 않은 순간에서의 변동을 활용한다는 것이다. 중요하지 않은 변인에서의 변동성은 기술 성공을 위한 선수 개인의 기술제어현상으로 해석할 수 있다.

Kovacs와 Kolman 기술 중 철봉 아래를 통과할 때 중요한 작용은 엉덩관절의 신전과 굴곡 현상이다. 그 이유는 철봉위로 투사되기 위해 필요한 역학적 일량을 제공하기 위한 결정적인 행위이기 때문이다(Yeadon과 Hiley, 2000).

Kovacs와 Kolman 기술을 올바르게 수행하기 위한 주요 변인 값의 절대적인 수치는 산출하기 힘들다고 본다. 다만 선수의 투사하기 전 대차회전이나 공중 기술 중 관성모멘트의 제어, 그리고 개인의 신체적 특성과 기술의 훈련 숙련도에 따라 영향을 주고 있다고 추정하고 있다.



[그림 5] 우수선수와 비우수선수의 역U자 관계 Wilson(2008), (Hiley와 Yeadon, 2016)

절대적인 변인 값은 정확하게 제시할 수 없지만 철봉을 다시 되잡기 위해서는 철봉과 너무 가까워서도 안 되고 멀어서도 안 된다. 다시 말하면 철봉과 적절한 거리를 유지하면서 착수가 이루어져야하고 철봉 방향으로의 적절한 구심속도가 존재해야 한다는 것이다. Yeadon과 Hiley(2000)는 착수 직전 구심속도가 0.81 m/s 이상이고 신체중심과 철봉과의 거리가 0.75 m 이상일 때 가장 이상적인 기술 연기가 가능하다고 하였다. 이는 본연구의 최적화 모델의 주요 근거로 작용할 것이다.

철봉 착수 순간 구심속도는 선수마다 차이가 있는 것으로 보고되고 있다. 임규찬 (2020)은 피험자의 되잡기 순간 구심속도가 Yeadon과 Hiley(2000)의 연구 보다 4배이상 빠르거나 심지어 부적 구심속도를 갖고 되잡기 한 경우도 있다고 보고하였다. 그 결과 구심속도가 4배이상 빠른 선수들은 착수 후 무릎이 나 팔꿈치가 굽혀지는 문제점을 드러내어 기술 수행에 악영향을 미쳤다고 하였으며, 부적 구심속도를 갖은 상태로 되잡기에 성공한 선수는 신체 중심이 낮은 위치에서 착수되는 특징이 있다고 보고하였다.

체공시간을 충분히 확보하지 못한 선수나 착수 준비를 충분히 하지 못 한 상태에서 철봉에 근접한 선수들은 보통 착수 순간 신체중심이 낮은 위치에서 착수하는 특징을 보여준다. 이는 기술 수행에 불안정 요소로 작용될 가능성이 매우 높다(김종수, 2008). 기술 수행의 불안정 요소라함은 Kovacs 기술 또는 Kolman 기술 수행 후다음 연기를 이어가기 위한 대차회전이 E심판단의 평가에서 감점 요소로 작용하는 것을 의미한다.

Kovacs 기술은 비행 중 수평속도에 매우 민감하다(김종수, 2008). 팔 분절을 포함한 신체의 길이는 선수마다 정해져 있고 해당 구간을 벗어나게되면 철봉에서 그대로 낙하할 수 밖에 없는 구조적, 기술적 특성 때문에 기술을 수행하는 선수들에게는 비행중 수평속도가 매운 까다로운 문제가 될 수 있다. 또한 철봉을 착수하기 위해 무리하게 수평속도의 크기를 줄이게 되면 드물지만 철봉을 넘지 못하거나 철봉과 신체의 일부가 의도치 않게 충돌할 수 있는 아찔한 사고로 이어질 수 있어 안전사고 측면에서도 민감한 문제라고 할 수 있다.

수평속도를 결정하는 주요 변인을 알기위해서는 예비대차회전과 이수 직전까지의 각 신체 분절의 위치와 속도 그리고 각도를 면밀하게 관찰해봐야 한다. 각 분절이 움직이는 타이밍과 속도, 각도의 크기는 비행중 수평속도를 결정하는 주요 변인일 수 밖에 없기 때문이다. 또한 선수들의 신장과 각 분절의 길이가 상이하고 예비 대 차회전의 추진 타이밍이나 회전 형태는 선수마다 조금씩 차이가 있기 때문에 선수들이 철봉을 다시 잡기 위해 어떤 순간에서 어떠한 노력을 하고 있는지 운동학적으로 확인하는 과정은 매우 중요하다고 볼 수 있다.

철봉 운동에 대한 연구는 주로 3차원적 영상 분석을 통해 신체의 각도나 속도 그리고 위치변화 등을 분석하여 바람직한 기술 수행에 필요한 정보를 도출하는 방식의 연구가 주를 이루었다. 최근에는 체조 기술 분석은 개인의 신체 특성이나 단련 상태, 그리고 연습 환경에 따라 조금씩 다르게 표현되는 고난도 체조 기술을 조금 더 이해하기 쉽게 재구성한 패턴 분석기법이 각광을 받고 있다.

철봉운동의 비행기술에 관한 연구들을 살펴보면, Yeadon(1990) 은 1988년 제24회서울올림픽대회에서 얻어진 데이터를 이용하여 철봉 내리기 기술에서 사용된 비틀어 내리기 기술을 가지고 공중 기술과 잡기 기술에 공헌을 하였고, Takei(1992)는 철봉 위에서의 높이와 전체 체공시간 그리고 두 바퀴 뒤 공중 돌아내리기 기술의수직 투사 속도 사이의 중요한 상관관계를 규명하여 성공적으로 두 바퀴 뒤 공중돌아내리기 기술을 수행하는데 공헌하였으며, 오문균(1996)은 철봉 내리기 기술 중몸 펴 2회전 뒤돌며 2회 비틀어 내리기 기술에 대한 3차원 영상분석을 통하여 봉에서 손이 떨어지는 순간부터 착지까지 뒤돌기와 비틀기가 어떠한 상관관계가 있는지살펴보고 성공적인 기술 수행을 위한 운동학적 변인을 분석하여 기술적인 처방을하였다.

지금까지 철봉 종목의 Kovacs와 같이 이지 후 철봉을 넘어 공중회전 하여 다시 착수하는 기술과 관련된 국내 연구들을 살펴보면 김종수(2008)는 이수 직전 느린 각속도와 낮은 어깨관절 각을 나타낸 선수는 공중 회전력을 충분하게 확보하지 못해불안정한 착수의 원인이 되며 빠른 수직속도를 나타내며 비행 시 수직으로 높이 오를수록 안정적인 착수가 가능하다고 하였다. 또한 비행 시 신체 중심이 최대높이에도말한 순간 엉덩관절 각이 클수록 안정적인 착수에 유리하다고 제시하였다. 송주호와 박종철(2011)도 역시 빠른 상방 상승을 통한 신체중심의 높이를 최대한 높여체공시간을 확보하는 것이 성공을 위한 핵심요인이라고 밝혔으며 비행 직전 대차회전 과정에서 엉덩관절의 과신전을 적절하게 유지시켜주어야 비행 중 큰 각운동량을확보할 수 있다고 주장하였다. 임규찬(2020)은 착수를 정확하게 수행하기 위해서는투사위치가 높아야하고 수직속도를 증가시켜 높은 수직궤도를 돌아 이른 시간에 착수를 준비해야 바람직한 착수 가능성이 높다고 하였다. 또한 되잡기 시 엉덩관절과

무릎관절의 신전을 통해 관성모멘트를 제어하는 착수 준비는 매우 중요하다고 설명 하였다.

Kovacs 기술의 선행연구는 국내에서 여러 편이 진행된 것으로 확인된다. Kolman 기술과 관련된 국내 연구는 박종훈(2007), 백진호, 박종철과 윤창선(2009), 송주호와 박종철(2011), 이성걸(2003)의 연구로 총 4편이 확인되었다. Kovacs와 Kolman 기술의 선행연구는 주로 기술 분석을 통한 기술 평가로 기술력 향상을 위한 피드백에 머물러 있다. 다시 말해 예비대차와 투사궤적을 공유하는 기본 기술 격인 Kovacs와의 연관성을 언급한 연구 사례는 없기 때문에 Kolman 기술에 대한 충분한 피드백은 아직 부족한 상태라고 판단된다. 또한 비행중 투사궤적을 활용한 국내 연구는임규찬(2020)이 유일하기 때문에 Kolman 기술의 투사 궤적 패턴을 파악하는 일은매우 시의적절한 연구라고 판단된다.

Kovacs와 Kolman 기술은 성공확률을 높이기가 힘들고 기술을 수행하기 까다로우며 기술 수행이 까다로운 이유는 충분한 체공시간 확보와 적절한 수평속도 제어에실패하게 되면 안전사고 위험이 매우 높기 때문이다. 충분한 체공시간 확보와 수평속도 제어가 힘든 이유는 이수전 대차회전과 이수 타이밍에 매우 민감하기 때문이다. 이러한 이유 때문에 Kovacs와 Kolman 기술이 선수들에게 외면 받는 경우가 많기 때문에 기술을 성공하는 선수들의 기술 성공을 위해 어떠한 노력을 하는지 공통적인 특징은 무엇인지 투사 궤적의 패턴은 어떠한지 선행연구와는 얼마나 차이가 있는지에 대한 연구는 계속적으로 이루어져야 한다고 판단된다.

Kovacs와 Kolman 기술은 투사순간 어깨관절각과 엉덩관절각이 투사 궤적을 결정하는 중요한 요소로 주목받고 있다. Kerwin David G.(2017)는 투사전 대차회전 하방 수직 구간을 지난 직후 어깨관절 신전 속도가 최대인 순간을 functional phases action으로 명명하여 이 순간의 위치로 Tkatchev 기술과 서로 비교한바 있다. 이는 투사순간 어깨관절각이 체공 기술에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알려주는 연구 결과이다. 특히 Shen과 Tsai(2005)는 선수가 흔들기 하강국면을 지난 후에 바를 두 번 잡아당긴다고 하면서, 첫번째는 신체중심이 가장 낮은 위치를 지나는 순간이고, 두번째는 이 순간을 지난 직후라고 하였다. 그리고 Kolman을 성공한 선수일수록 첫번째 순간에서의 신체중심 수평위치가 작고, 두번째 순간에서의 신체중심의 수평가속도가 작다고 분석하였다. 본 연구는 수평축을 Y축으로 명명하였으므로 대차회전 구간 하방 국면에서의 Y축 위치 및 변위를 비교해 보고자한다.

최근 여러 나라의 스포츠과학 연구소에서는 운동학적 연구를 지속적으로 실시하고 실시간으로 선수들에게 피드백해주고 있는데 운동학적 관점으로 선수를 주로 피드백 하는 종목은 육상 골프 등 많은 종목들이 있지만 특히 기계체조 종목에서는 중요한 피드백의 근거로 작용하고 있기 때문에 매우 중요한 연구 분야라고 볼 수 있다. 그 이유는 기술을 성공하기 위한 절대적인 변인값이 없고 선수마다 추정치를 찾아가는 작업이 필요하기 때문이다. 따라서 본 연구는 선행연구를 최대한 활용하여 현재 선수가 처해진 상황에서 최선의 피드백을 제공하고 Kovacs와 Kolman 기술의 주요 변인에 대한 특징적 요소를 서로 비교하여 연습 효율성을 최대로 확보하기 위한 목적이 있다고 설명할 수 있다.

기계체조의 고난도 기술을 연구하기 어려운 이유는 양적연구의 한계성 때문이다. 정규분포를 만들기 위한 양적 자료를 확보하기 위해서는 해당 기술을 수행할 수 있 는 선수가 많아야 하는데 국내 체조선수들은 선수층도 얇고 고난도 기술일수록 해 당 기술을 수행할 수 있는 선수의 수가 매우 부족하다. 그러나 전문가 집단을 활용 하여 우수한 선수를 선별하여 연구를 진행한다면 기술력 향상을 위한 충분한 피드 백이 가능할 것으로 판단된다.

Ⅲ. 연구 방법

본 연구의 연구 방법으로서 연구대상자 선정, 실험 장비, 실험 절차, 그리고 자료 처리 방법은 다음과 같다.

1. 연구대상자 선정

본 연구의 대상자는 철봉에서 Kovacs와 Kolman 기술을 동시에 수행할 수 있는 남자 체조선수로서 국가대표 경력을 가진 체조선수나 우수 체조선수로 선정하였다. 본 연구는 실험연구로서 피험자는 6명이고 연구대상자의 특성 수집은 <표 1>과 같다.

<표 1> 연구대상자의 신체적 특성

대상자	신장(cm)	체중(kg)	나이(년)	경력(년)	비고
피험자A	166	60	29	20	국가대표
피험자B	165	62	25	17	<i>"</i>
피험자C	166	58	31	21	"
피험자D	167	63	25	15	우수선수
피험자E	173	66	27	17	우수선수
피험자F	168	75	27	18	국가대표
평균±표준편차	168±3	64±6	27±2	18±2	

2. 실험장비

본 연구의 실험 장비는 촬영 장비와 영상분석 및 자료처리 장비로 구분된다.

1) 촬영 장비

촬영장비에는 고속 카메라, 통제점 막대, 그리고 각도 측정기를 사용하였다.

(1) 고속 카메라

샘플링 레이트의 오차를 줄이기 위해 FOR-A사 제품인 디지털 고속카메라 (VFC-300) 2대를 사용하였다.





[그림 6] 고속카메라

(2) 통제점 막대

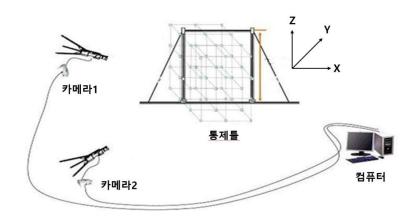
Kolman 기술을 촬영하기 위해 2대의 digital high speed camcorder(VFC-300), 40 cm 간격으로 통제점을 부착한 5.6 m높이의 control pole 4대(4.52 m x 5.28 m x 5.60 m) 그리고 각도측정기(SOKKIA EZS21S) 가 각각 사용되었다. Pole 당 13개씩 총 52개의 통제점을 각도측정기로 측정하고 촬영하였다.

(3) 각도 측정기

SOKKIA EZS21S 모델을 이용하여 통제점 막대에 표시된 통제점의 수평각과 수직 각을 °(도), '(분), "(초)까지 측정하였다.

2) 영상분석 및 자료처리 장비

Kwon3D 3.1 영상분석 프로그램(Visol, 2005)이 내장된 데스크탑 컴퓨터를 사용하였다.



[그림 7] 통제점 및 실험 배치도

3. 실험 절차

VFC-300 고속 카메라 2대를 통제점을 향해 위치시켜 촬영속도를 90frame/s로 하여 선수들의 연기 장면을 촬영하였다. 고속 카메라의 sampling rate를 90 frames/s로 세팅하였다. Cartesian coordinate의 origin은 바의 중간지점으로 설정하고, 바의오른쪽 끝으로부터의 연결 벡터를 X축으로, 몸이 투사되는 수평방향을 Y축으로 설정하였으며, 수직축을 Z축으로 설정하였다. 워밍업을 충분히 시킨 후 2번씩 Kovacs와 Kolman 기술을 각각 되잡기를 성공하는 시점까지 실험을 진행 하고, 바를 되잡은 후에도 후속 연기를 수행하게 하였으며 이를 촬영한 후, 성공한 2번의 수행 중좋았다고 판단한 동작을 분석대상으로 선정하였다. 이때 좋았다고 판단한 동작은기계체조 국내 심판 자격증을 소지한 연구자가 직접 기계체조 E심판단(F.I.G, 2017)채점 규칙을 준용하여 선정하였다.

4. 자료 산출

Kwon3D 3.1 영상분석 프로그램(Visol, 2005)을 이용해 통제점의 영상좌표와 실 공간좌표를 이용하여 DLT(direct linear transformation; Walton, 1981)계수를 산출하고, 이를 이용해 인체관절점의 3차원 좌표값을 산출하였다. 본 연구의 모든 그림[그래프]는 분석의 이해를 돕고자 그래프의 시간을 100%로 표준화하였다.

1) 통제점 및 인체관절 중심점의 좌표화 및 결과 자료 수집

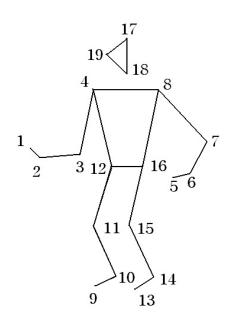
52개의 통제점들을 순서대로 좌표화 하였다. 오차를 줄이기 위해 동일한 과정을 5 번 반복한다. 다운스윙 후 팔 분절이 철봉과 수직을 이루는 순간부터 투사이후 양 손을 착수하는 순간 이후 5프레임까지 순서대로 인체관절 중심점을 디지타이징 하 고자한다[그림 8]. 그리고 연구대상자의 좌표화가 끝날 때마다 컴퓨터에 파일로 저 장하였다.

2) 동조

2대의 고속 카메라는 셔터가 열리는 순간이 일치하지 않으므로, 투사 순간과, 착수 순간을 동조시간으로 설정하였다. 이 때 3차 스플라인 함수(cubic spline function)에 의한 보간법(interpolation)을 이용하고, 프레임간의 동조 시간 간격은 0.01초로 하였다.

3) 3차원 좌표의 계산

동조된 2차원 좌표 값으로부터 3차원 좌표계산은 DLT 방법을 사용하였다. DLT방법은 필름에 촬영되어진 상이 이루는 2차원 평면의 좌표계인 영상 평면좌표계 (comparator coordinate system)와 피사점이 위치한 공간의 좌표계인 실공간 좌표계 (space coordinate system) 사이에 기록된 좌표 사이의 선형 변환식을 말한다. 미리알고 있는 통제점 공간좌표 값을 이용하여 11개의 DLT 계수들을 계산하고, 그 계수와 연구대상자의 관절 중심점의 동조된 2차원 좌표로부터 3차원 좌표를 구하였다. 이 때 여러 가지 원인에 의하여 노이즈(noise)가 발생하게 되는데 이 오차를 제거하기 위하여 저역통과 필터(lowpass filter)방식에 의해 스무딩(smoothing)하였다.



- 1. 오른쪽 손가락 끝(R. Finger)
- 2. 오른 손목 관절(R. Wrist Joint)
- 3. 오른 팔꿈치 관절(R. Elbow Joint)
- 4. 오른 어깨 관절(R. Shoulder Joint)
- 5. 왼 손가락 끝(L. Finger)
- 6. 왼 손목 관절(L. Wrist Joint)
- 7. 왼 팔꿈치 관절(L. Elbow Joint)
- 8. 왼 어깨 관절(L. Shoulder Joint)
- 9. 오른 발 끝(R. Toe)
- 10. 오른 발목 관절(R. Ankle Joint)
- 11. 오른 무릎 관절(R. Knee Joint)
- 12. 오른 엉덩관절(R. Hip Joint)
- 13. 왼 발 끝(L. Toe)
- 14. 왼 발목 관절(L. Ankle Joint)
- 15. 왼 무릎 관절(L. Knee Joint)
- 16. 왼 엉덩관절(L. Hip Joint)
- 17. 머리 끝(Upper Head)
- 18. 턱(Lower Head)

[그림 8] 인체관절 중심점 좌표화 순서

5. 운동학적 변인 계산

1) 소요시간

본 연구에서 시간은 구간별 소요시간을 말하는 것으로, 한 프레임(frame)의 경과 시간은 0.01초이다. 따라서 임의 단계의 소요시간(s)은 0.01×프레임(frame)이다.

2) 신체중심 위치

분절 i의 중심점의 좌표는 cgi는 다음과 같다

$$cg_i = P_i + (D_i - P_i) P_i / 100$$

여기서 cg_i 는 i번째 분절의 무게 중심 위치이고 m_i 는 전체 질량의 백분율로 표시된 i번째 분절의 원위단의 좌표이며, P_i 은 근위단으로부터 분절 무게 중심까지의 거리로서 분절 길이에 대한 백분율을 말한다. 따라서 전신의 무게 중심 위치 CG는다음과 같다.

$$CG = \left\{ \sum_{i=1}^{14} \left(cg_i \cdot m_i \right) \right\} / M$$

여기서 cg_i 는 i번째 분절의 무게중심 위치이고 m_i 는 전체 질량의 백분율로 표시된 i번째 분절의 질량이며, M은 분절 질량을 합한 전체 질량을 말한다.

3) 신체중심 속도

본 연구에서 구하고자 하는 속도는 수평 \cdot 수직 신체중심의 속도이다. 속도는 변위함수 S(t)인 식(r)를 일차 미분하면 속도의 함수 S'(t)로 신체중심의 속도를 구하였다.

4) 신체 관절 각 및 투사각

어깨관절각(shoulder angle)은 윗팔 벡터 (\overline{A}) 와 몸통 벡터 (\overline{B}) 가 이루는 각변위, 엉덩관절각(hip angle)은 몸통 벡터 (\overline{A}) 와 윗다리 벡터 (\overline{B}) 가 이루는 각변위, 무릎관절각(knee angle)은 윗다리 벡터 (\overline{A}) 와 아랫다리 벡터 (\overline{B}) 가 이루는 각변위 θ 로서 다음과 같이 계산하였다. 투사각은 신체중심의 수평속도 벡터 (\overline{A}) 와 신체중심의 합속도 벡터 (\overline{B}) 가 이루는 각변위 θ 로서 신체 관절 각 산출 방법과 동일하게 구하였다.

$$\overrightarrow{A} \cdot \overrightarrow{B} = |\overrightarrow{A}| |\overrightarrow{B}| \cos \theta$$

$$\begin{split} \theta &= \arccos\left(\frac{U \cdot V}{\mid U \mid \cdot \mid V \mid}\right) \\ &= \arccos\left(\frac{X_i X_j + Y_i Y_j + Z_i Z_j}{\sqrt{X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2}} \cdot \sqrt{X_j^2 + Y_j^2 + Z_j^2}\right) \end{split}$$

5) 구심 속도(radial velocity)

되잡기 순간의 신체중심 위치와 철봉 간의 거리의 변화율로 착수 직전의 순간을 n(frame)으로 할 때 직전의 순간이 n-1(frame) 직후의 순간이 n+1(frame)이라면, 철봉과 신체 무게중심 간의 거리를 순서대로 기술하면 Y_{n-1} , Y_n , Y_{n+1} 이 된다. 따라서 되잡기 순간의 신체중심 위치와 철봉 간의 거리의 변화율은 다음과 같이 계산하였다.

$$V_r = \frac{Y_{n+1} - Y_{n-1}}{2\Delta t}$$

6) 각운동량

각운동량을 산출하기 위해서는 먼저 각 분절들의 자전에 의한 각운동량(local term)과 전신 중심에 공전에 의한 각운동량(transfr term)을 산출하고 이에 대한 합으로 분절의 각운동량을 계산하며, 전신의 각운동량은 분절의 각운동량의 합으로 산출하였다.

$$H_{Ti} = m_i (r_{i/G} \times V_{i/G})$$

$$H_{Li} = I_{Li} \times \omega_{L/i}$$

$$H_i = H_{Ti} + H_{Li}$$

 H_{Ti} 는 전신 중심에 대한 각운동량, $r_{i/G}$ 는 분절 중심의 전신 중심에 대한 상대위치, $V_{i/G}$ 는 분절 중심의 전신 중심에 대한 상대속도를 말한다. H_{Li} 는 자전에 의한 각운동량, I_{Li} 는 분절의 관성모멘트 $\omega_{L/i}$ 는 분절의 각속도이다. 따라서 전체 각운동량 H_i 는 $H_i=H_{Ti}+H_{Li}$ 가 된다.

6. 표준화

본 연구는 연구 대상자 간의 구간별 시간이 일치하지 않기 때문에 모든 변인들의 비교를 위해서 주어진 구간을 100%로 보고 그 간격을 동일 프레임수로 나누는 표준화 기법(Normalization)을 사용하였다. 사용된 표준화 기법은 n개의 점(xi, yi = 0.1,2...,n-1)이 주어졌을 때, 임의의 x에 대한 함수값 y=f(x)를 cubic spline 함수로 구하였다. 또한 연구 참여자의 순간동작으로 구성되는 하위 구간을 일치시키기 위해 집단별로 표준화하여 연구 대상자 6명의 자료를 한 그래프에 제시하였다.

7. 통계 처리

Kovacs와 Kolman 기술 간의 운동학적 변인과 운동 역학적 변인의 평균 차이를 검증하기 위해 SPSS 18 패키지를 이용하여 유의수준 .05에서 종속 t 검정하였다.

Ⅳ. 연구 결과

Kovacs와 Kolman 기술간의 운동학적 변인과 운동 역학적 변인의 평균 차이를 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 소요시간 비교

Kovacs와 Kolman 기술 간의 소요시간을 대차회전 구간과 체공구간 그리고 되잡기 준비구간에서 비교한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 구간별 소요시간

(단위; s)

		대차회전	-	체공구간	전체
대상자		내사외선 구간	체공구간	제공기신 되잡기 준비구간	전세 소요시간
	S1	1.26	0.78	0.29	2.04
	S2	1.25	0.85	0.41	2.10
	S3	1.18	0.87	0.32	2.05
	S4	1.20	0.81	0.34	2.01
Kovacs	S5	1.30	0.82	0.36	2.12
	S6	1.18	0.95	0.39	2.13
	평균	1.23	0.85	0.35	2.08
	표준편차	0.04	0.05	0.04	0.04
	S1	1.21	0.77	0.22	1.98
	S2	1.21	0.76	0.27	1.97
	S3	1.18	0.84	0.24	2.02
	S4	1.19	0.79	0.27	1.98
Kolman	S5	1.26	0.77	0.24	2.03
	S6	1.21	0.77	0.22	1.98
	평균	1.21	0.78	0.24	1.99
	표준편차	0.03	0.03	0.02	0.02
t		-1.467	-2.433	-6.368	-3.941
р		.202	.059	.001	.011

<표 2>와 같이 대차회전 구간의 소요시간은 양 기술 간에 각각 1.23±0.04s, 1.21±0.03s로 나타났으며 유의한 차이(p= .202)가 없었다. 체공 구간의 소요시간은

양 기술 간에 각각 0.35±0.04s, 0.24±0.02s로 나타나 유의한 차이(p= .059)가 없었다. 되잡기 준비구간 소요시간은 양 기술 간에 각각 0.35±0.04s, 0.24±0.02s로 나타나 유의한 차이(p= .001)를 보였다. 체공구간에 포함되는 되잡기 준비구간은 철봉을 잡기위해 머리의 중심을 상방으로 들어 올리는 특정 구간부터 되잡기 순간까지의 시간이다. 따라서 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 빠르게 되잡기를 준비하는 것으로 나타났다. 체공구간의 전체 소요시간은 양 가술 간에 각각 0.85±0.05s, 0.78±0.03s로 나타나 유의한 차이(p= .059)가 나타나지 않았다. 또한 양 기술의 전체 소요시간은 각각 2.08±0.04s, 1.99±0.02s로 나타나 유의한 차이(p= .011)가 있는 것으로 나타났다. Kovas의 전체 소요시간은 임규찬(2020)의 2.02±0.03s로 나타난 연구와 0.05s의 차이를 보였다.

따라서 Kovacs 기술이 Kolman 기술은 서로 전체구간과 되잡기 준비구간에서 유의한 차이를 보였으며 Kovacs 기술이 Kolman 기술 보다 두 변인 모두 더 많은 소요시간을 가진 것으로 나타났다.

2. 관절각 비교

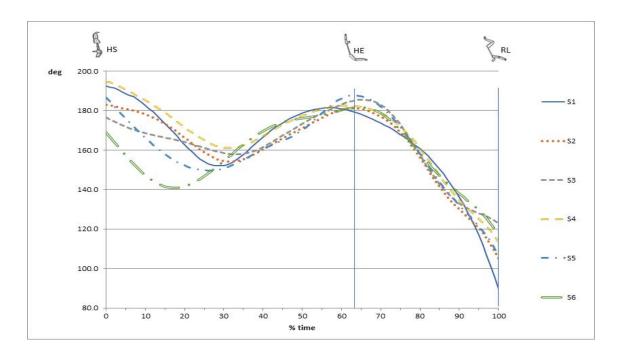
Kovacs와 Kolman 기술 간의 어깨관절각과 엉덩관절각을 대차회전 구간과 체공 구간에서 비교하였다.

1) 대차회전 구간 내의 어깨관절각 비교

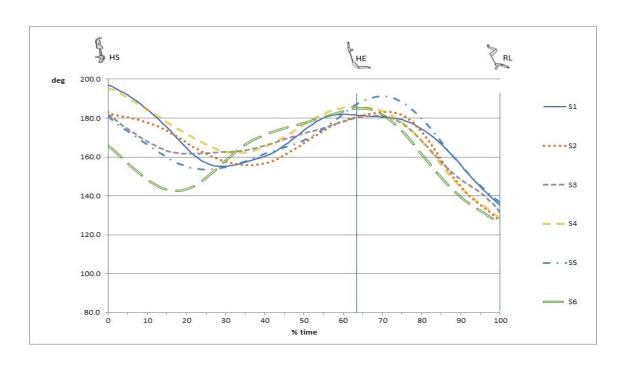
대차회전 구간내의 엉덩관절 최대신전 순간과 투사순간에서의 어깨관절각 비교는 <표 3>, [그림 9], [그림 10]과 같이 나타났다.

대차회전 구간내의 엉덩관절 최대 신전 순간에서의 양 기술 간의 어깨관졀각은 각각 $182\pm3^\circ$, $183\pm3^\circ$ 로 나타나 양 기술간의 유의한 차이(p=.582)는 나타나지 않았다. 같은 구간 투사순간에서의 양 기술 간의 어깨관절각은 각각 $123\pm4^\circ$, $139\pm5^\circ$ 로 나타나 유의한 차이(p=.008)를 보였다. 따라서 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 작은 어깨관절각으로 투사하는 것으로 나타났다.

대	상자	엉덩관절 최대신전 순간	투사 순간
Kovacs	S1	178	116
	S2	181	120
	S3	185	128
	S4	182	125
	S5	187	121
	S6	181	129
	평균	182	123
	표준편차	3.19	4.89
Kolman	S1	180	144
	S2	180	135
	S3	180	141
	S4	185	136
	S5	187	145
	S6	185	132
	평균	183	139
	표준편차	3.03	5.32
t		588	-4.253
p		.582	.008



[그림 9] Kovacs 대차회전 구간 어깨관절각 변화



[그림 10] Kolman 대차회전 구간 어깨관절각 변화

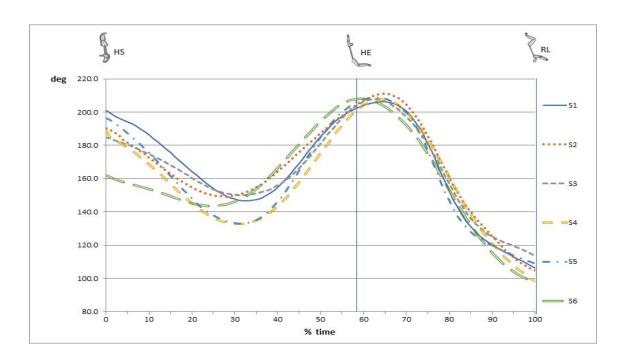
[그림 9]와 같이 Kovacs 기술의 대차회전 구간 어깨관절각의 변화는 선수마다 조금씩 차이가 있었다. 엉덩관절 최대 신전 순간 이후로 모든 선수가 일관성을 보이다가 투사 순간에 가까워질수록 선수마다 큰 차이를 보였다. 반면 [그림 10]과 같이 Kolman 기술은 투사 순간과 가까워질수록 투사 순간에 일관성 있는 어깨관절각을 보였다.

2) 대차회전 구간 내의 엉덩관절각 비교

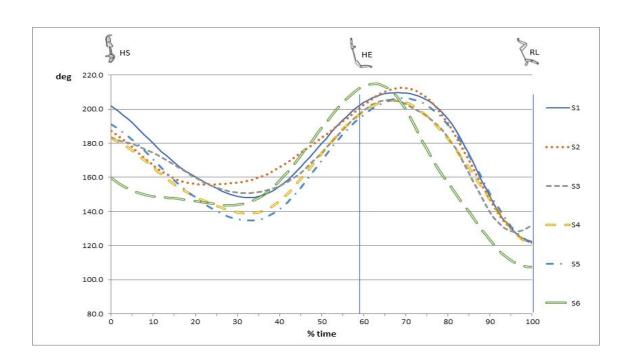
대차회전 구간 내의 엉덩관절 최대신전 순간과 투사순간에서의 엉덩관절각 비교는 <표 4>, [그림 11], [그림 12]와 같다.

대차회전 구간 내의 엉덩관절 최대 신전 순간에서의 양 기술 간 엉덩관졀각은 각각 $207\pm1^\circ$, $206\pm4^\circ$ 로 나타나 유의한 차이(p=.608)가 없었다. 그러나 같은 구간의투사 순간에서의 양 기술 간 엉덩관졀각은 각각 $105\pm6^\circ$, $120\pm7^\circ$ 로 나타나 유의한차이(p=.000)가 있는 것으로 나타나 kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 작은 각을 이루며 투사된 것으로 나타났다.

대상자		엉덩관절 최대 신전 순간	투사 순간
	S1	205	106
	S2	210	104
	S3	207	113
V	S4	207	98
Kovacs	S5	208	109
	S6	206	98
	평균	207	105
	표준편차	1	6
	S1	207	122
	S2	207	121
	S3	203	132
Kolman	S4	202	120
Nominam	S5	201	121
	S6	214	107
	평균	206	120
	표준편차	4	7
	t	.547	-8.547
p		.608	.000



[그림 11] Kovacs 대차회전 구간 엉덩관절각 변화



[그림 12] Kolman 대차회전 구간 엉덩관절각 변화

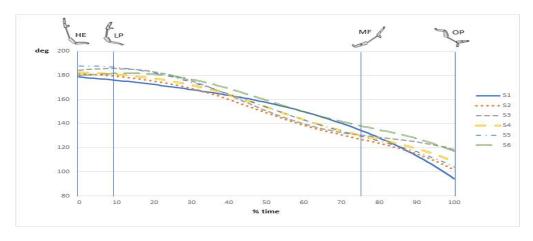
[그림 11]과 같이 Kovacs 기술의 스윙구관 엉덩관절각 변화는 엉덩관절 최대신전 순간에서 Kolman 기술보다 일관성 있는 모습을 보였다. 투사순간 역시 어깨관절각 변화와는 다르게 비교적 일관성 있는 각도로 투사하였다. 또한 [그림 12]와 같이 Kolman 기술의 투사순간 엉덩관절각 변화는 어깨관절각과 같은 순간과 상대적으로 비교했을 때 선수마다 큰 차이를 보였다. 특히 S3는 투사순간 어깨관절을 순간적으로 굴곡 시켜 다른 연구 참여자들과 다른 양상의 어깨관절 변화를 보였다.

3) 기능 구간 내의 어깨관절각 비교

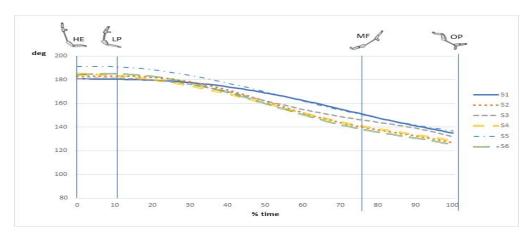
기능 구간 내의 엉덩관절 최대 굽힘 속도 순간과 철봉이 휘어진 후 원위치한 순간에서의 양 기술 간 어깨관절각은 <표 5>, [그림 13], [그림 14]과 같이 나타났다.

기능 구간 내의 엉덩관절 최대 신전속도 순간에서의 양 기술 간 어깨관절각은 각각 $159\pm5^\circ$, $162\pm5^\circ$ 로 나타나 유의한 차이(p=.456)가 없는 것으로 나타났다. 같은 구간 내의 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 양 기술 간 어깨관절각은 각각 $107\pm9^\circ$, $112\pm7^\circ$ 로 나타나 유의한 차이(p=.162)가 나타나지 않았다.

대상자		엉덩관절 최대 굽힙 속도 순간	철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간
	S1	164	94
	S2	151	101
	S3	153	118
1/	S4	162	108
Kovacs	S5	162	103
	S6	165	117
	평균	159	107
	표준편차	5	9
	S1	163	101
	S2	167	105
	S3	158	112
	S4	163	114
Kolman	S5	168	120
	S6	154	119
	평균	162	112
	표준편차	5	7
t		807	-1.641
р		.456	.162



[그림 13] Kovacs 기능 구간 어깨관절각 변화



[그림 14] Kolman 기능 구간 어깨관절각 변화

[그림13]과 같이 Kovacs 기술의 기능 구간 구간 어깨관절각 변화는 [그림 14] Kolman 기술의 변화와 비교했을 때 투사 순간과 가까워질수록 선수간의 차이가 두드러지는 것이 뚜렷하게 관찰된다.

4) 체공 구간 무릎관절각 비교

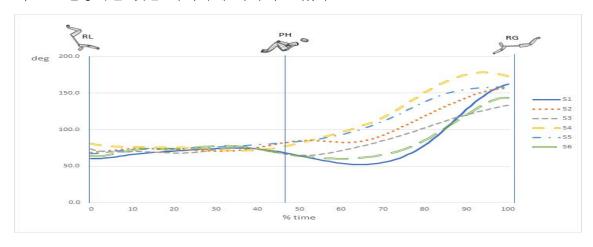
체공 구간 내의 투사 순간과 최대 높이 순간 그리고 되잡기 순간에서의 무릎관절각 비교 결과는 <표 6>, [그림 15], [그림 16]과 같이 나타났다.

<표 6> 체공구간 무릎관절각 비교

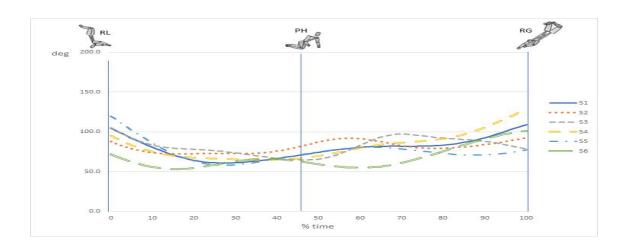
(단위; °)

대상자		투사순간	최대높이 순간	되잡기 순간
	S1	60	64	162
	S2	68	84	156
	S3	73	64	133
Kovacs	S4	80	81	173
Novacs	S5	67	83	157
	S6	64	64	143
	평균	69	73	154
	표준편차	7	10	14
	S1	104	74	108
	S2	87	87	92
	S3	105	65	78
Kolman	S4	95	69	127
Koman	S5	119	74	77
	S6	71	59	101
	평균	97	71	97
	표준편차	16	9	19
	t	-3.875	.594	10.108
1	p	.012	.578	.000

<표 6>과 같이 체공 구간 내의 투사 순간에서의 양 기술 간 무릎관결각은 각각 69±7°, 97±16°로 나타나 유의한 차이(p= .012)가 나타났다. Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 작은 무릎관절각으로 투사하는 것으로 나타났다. 같은 구간의 최대 높이 순간에서의 양 기술 간 무릎관절각은 각각 73±10°, 71±9°로 나타나 유의한 차이(p= .578)가 없었다. 그러나 같은 구간 내의 되잡기 순간에서의 양 기술 간 무릎관절각은 각각 154±14°, 97±19°으로 나타나 유의한 차이(p= .000)가 있는 것을 확인하였다. 이는 Kolman 기술이 Kovacs 기술보다 더 작은 무릎관절각을 갖고 되잡기를 한다는 것을 의미한다. 통계 결과를 알아보기 쉽게 표현한 [그림 15], [그림 16]은 Kovacs 기술 보다 Kolman 기술이 되잡기 순간과 가까워질수록 무릎 관절을 소극적으로 활용하는 것을 자세하게 나타내고 있다.



[그림 15] Kovacs 체공구간 무릎관절각 변화



[그림 16] Kolman 체공구간 무릎관절각 변화

3. 속도 비교

Kovacs와 Kolman 기술 간의 투사속도 및 구심속도를 투사 순간과 되잡기 순간에서 비교하였다.

1) 투사 순간 비교

대차회전 구간 내의 투사 순간에서의 수평속도와 수직속도 그리고 합속도(R), 투사 각은 <표 7>과 같다.

<표 7> 투사 순간 신체중심 속도 비교

(단위; m/s, °)

대상자		수평속도	수직속도	합속도	투사각
-	S1	1.81	3.96	4.35	65
	S2	1.74	3.76	4.14	65
	S3	1.59	4.38	4.66	70
Kovacs	S4	1.77	4.20	4.56	67
Rovacs	S5	1.64	3.78	4.12	66
	S6	1.64	4.54	4.82	70
	평균	1.70	1.69	4.44	67
	표준편차	0.08	0.11	0.28	2
	S1	1.74	3.94	4.31	66
	S2	1.63	3.84	4.17	66
	S3	1.55	4.22	4.50	69
Kolman	S4	1.70	4.01	4.36	66
Nominan	S5	1.64	3.86	4.20	66
	S6	1.88	3.99	4.40	64
	평균	4.10	3.98	4.32	66
	표준편차	0.32	0.14	0.12	1
\overline{t}		.161	1.308	1.587	.475
1	p		.248	.173	.655

대차회전 구간 내의 투사 순간에서의 양 기술 간 신체중심의 수평속도는 각각 1.70 ± 0.08 m/s, 4.10 ± 0.32 m/s로 나타나 유의한 차이(p=.879)가 나타나지 않았다. 같은 구간 같은 순간에서의 양 기술 간 수직속도는 각각 1.69 ± 0.11 m/s, 3.98 ± 0.14 m/s로 나타나 유의한 차이(p=.248)가 나타나지 않았다. 같은 구간 같은 순간에서의 양 기술 간 신체 중심 합속도(R)또한 각각 4.44 ± 0.28 m/s, 4.32 ± 0.12 m/s로 나타나 유의한 차이(p=.173)가 없는 것으로 나타났다. 또한 같은 구간 내의 투사 순간에서의 양 기술 간 투사각은 각각 $67\pm2^\circ$, $66\pm1^\circ$ 로 나타나 유의한 차이(p=.655)가 없는 것으로 나타났다.

2) 되잡기 순간 비교

체공 구간 내의 되잡기 순간에서의 구심속도 비교 결과는 <표 8>과 같이 나타났다.

<표 8> 되잡기 순간 신체 중심 구심속도 비교

(단위; m/s)

대	상자	되잡기 순간 구심속도
Kovacs	S1 S2 S3 S4 S5 S6	1.03 0.95 1.69 1.36 1.75 0.91 1.28
	평균 표준편차	1.16 .46
Kolman	S1 S2 S3 S4 S5 S6 평균 표준편차	1.32 1.19 1.78 0.74 1.36 0.99 1.23 1.12 0.44
	t	.432
1	0	.679

체공 구간 내의 되잡기 순간에서의 양 기술 간 구심속도는 각각1.16±0.46m/s, 1.12±0.44m/s로 나타나 유의한 차이(p= .679)가 없었다. Yeadon과 Hiley(2000)는 착수 직전 구심속도가 0.81 m/s 이상이고 신체중심과 철봉과의 거리가 0.75 m 이상일 때 가장 이상적인 기술 연기가 가능하다고 하였다. 본 연구 참가자의 기술력은 Kovacs 기술 구심속도 평균 1.16 m/s, Kolman 기술 구심속도 평균 1.12 m/s로 나타나 모든 연구 참여자들이 평균 이상의 기술력이 발휘된 기술을 실시한 것으로 나타났다.

4. 위치 및 변위 비교

Kovacs와 Kolman 기술 간의 신체중심 위치 및 변위를 대차회전 구간과 체공 구간에서 비교하였다.

1) 대차회전 구간 비교

따라서 Kovacs와 Kolman 기술의 댗회전 구간 Y축 신체중심 위치 비교 결과는 <표 9>과 같다.

<표 9> 대차회전 구간 순간별 Y축 신체중심 위치

(단위; m)

대상자		엉덩관절 최대 신전 순간	신체중심 최하단 순간	엉덩관절 최대 굽힙 속도 순간	철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간
	S1	.06	07	82	67
	S2	.10	03	81	62
	S3	.20	05	83	63
Tr	S4	.22	03	81	64
Kovacs	S5	.08	.01	87	62
	S6	.28	23	92	73
	평균	0.16	-0.07	-0.84	-0.65
	표준편차	0.89	0.08	0.04	0.04
	S1	.27	19	88	89
	S2	.11	07	78	80
	S3	.26	11	82	81
77.1	S4	.22	04	77	80
Kolman	S5	.17	15	91	89
	S6	.23	10	95	75
	평균	0.21	-0.11	-0.85	-0.82
	표준편차	0.06	0.05	0.07	0.06
t		-1.437	1.052	.502	5.006
p		.210	.341	.632	.004

대차 회전 구간 내의 엉덩관절 최대 신전 순간에서의 양 기술 간 Y축 신체중심 위치는 각각 0.16 ± 0.89 m, 0.21 ± 0.06 m로 나타나 유의한 차이(p=.210)가 없었다. 같은 구간 신체중심 최하단 순간에서의 양 기술 간 Y축 신체중심 위치는 각각 -0.17 ± 0.08 m, -0.11 ± 0.05 m로 나타났고 같은 구간 엉덩관절 최대 굽힘 속도 순간에서의 양 기술 간 Y축 신체중심 위치는 각각 -0.84 ± 0.04 m, -0.85 ± 0.07 m로 나타나 유의한 차이(p=.341, p=.632)가 없었다.

그러나 같은 구간 철봉이 휘어진 후 원위치한 순간에서의 양 기술 간 Y축 신체중심 위치는 각각 - 0.65±0.04m, - 0.82±0.06m로 나타나 유의한 차이(p= .004)가 나타났다. 전체 대차회전 구간에서 초기의 경로는 양 기술이 유사하나 투사 시점과 가까운 철봉이 휘어진 후 원위치한 순간에서의 Y축의 변화 비교는 Kovacs 기술이 철봉과 가까웠고 Kolman 기술이 철봉과 멀었다.

2) 체공 구간 비교

체공 구간 내의 되잡기 순간에서의 수평위치와 수직위치, 철봉과의 거리, 그리고 최대높이 순간에서의 수직위치는 <표 10>, [그림 17]과 같이 나타났다.

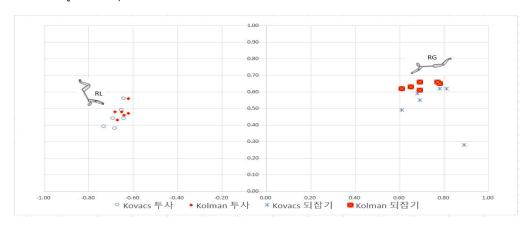
<표 10> 체공 구간 신체중심 위치 비교

(단위; m)

2		되잡기 순간	되잡기 순간	되잡기 순간	최대높이
대상자		수평위치	수직위치	철봉과의	순간
		1 -9 -11 / 1	1 7 11 / 1	거리	수직위치
	S1	0.81	0.62	1.02	1.29
	S2	0.68	0.59	0.90	1.16
	S3	0.69	0.55	0.88	1.42
T/	S4	0.78	0.62	1.00	1.28
Kovacs	S5	0.61	0.49	0.78	1.29
	S6	0.89	0.28	0.93	1.44
	평균	0.74	0.53	0.92	1.31
	표준편차	0.10	0.13	0.09	0.10
	S1	0.69	0.66	0.95	1.22
	S2	0.69	0.61	0.92	1.22
	S3	0.61	0.62	.87	1.39
Kolman	S4	0.77	0.66	1.01	1.28
Komian	S5	0.65	0.63	0.91	1.32
	S6	0.78	0.65	1.02	1.29
	평균	0.70	0.64	0.95	1.28
	표준편차	0.07	0.02	0.06	0.06
t		1.641	-2.093	968	.865
p		.162	.091	.377	.427

체공 구간 내의 되잡기 순간에서의 양 기술 간 신체중심 수평 위치는 각각 0.74±0.10m, 0.70±0.07m로 나타났으며 유의한 차이(p= .162)가 없었다.

같은 구간 되잡기 순간에서의 양 기술 간 신체중심의 수직위치는 각각 0.53 ± 0.13 m, 0.64 ± 0.02 m로 나타나 유의한 차이(p=.091)가 없었다. 같은 구간 최대 높이 순간에서의 양 기술 간 수직위치는 각각 1.31 ± 0.10 m, 1.28 ± 0.06 m로 나타나 유의한 차이가(p=.427) 없었다.

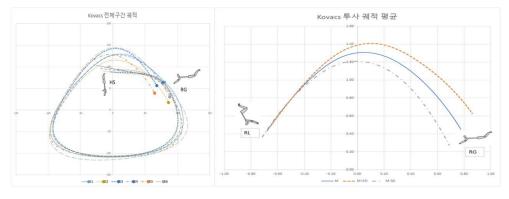


[그림 17] Kovacs and Kolman 투사-되잡기 위치 분포

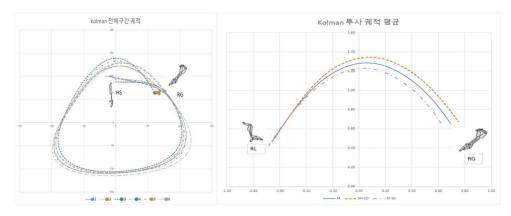
체공구간 내의 되잡기 순간에서의 양 기술 간 신체중심의 철봉과의 거리는 각각 0.92±0.09m, 0.95±0.06m로 나타나 유의한 차이(p= .377)가 없었다. [그림 17]은 두 기술의 투사 위치와 되잡기 위치를 알기 쉽게 그림으로 표현한 것이다. 대체적으로 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 낮은 위치에서 착수하는 것이 포착되었다. 그러나 통계적으로 되잡기 순간 신체중심의 위치는 모든 변인에서 유의한 차이를 보이지는 않았다.

3) 신체 중심 궤적

전체 구간 및 체공구간의 신체중심 궤적은[그림18], [그림19]과 같다.



[그림 18] Kovacs 전체구간 궤적



[그림 19] Kolman 전체구간 궤적

[그림18], [그림19]와 같이 양 기술의 전체 궤적 차이는 크게 두드러지지 않았 으나 체공 최대 높이와 착수 순간에서 약간의 궤적 차이가 있는 것으로 나타났 다. 특히 착수 부근에서의 궤적은 Kolman 기술보다 Kovacs 기술이 더 큰 편차 가 있는 것으로 나타났다. 특히 선수 간의 되잡기 위치는 Kolman 기술이 Kovacs 기술 보다 더 일관성 있게 나타났다. Kovacs 기술의 되잡기 위치는 Kolman 기술보다 더 다양한 분포를 가지고 있었으며 특히 수직 위치의 변위가 매우 컷다. S1, S2, S3는 Kovacs 기술의 착수를 Kolman 기술과 비슷한 위치에 서 하였으나. S4, S5, S6는 Kovacs 기술의 착수를 Kolman 기술보다 더 낮은 위 치에서 착수 하였다. 또한 Kolman 기술은 Kovacs와 비교했을 때 되잡기의 위치 가 더 일관성 있었다. 체공 구간의 투사 궤적 또한 Kolman 기술이 Kovacs 기술 보다 더 일관성 있는 궤적을 보여주었다. 특히 S3는 Kovacs와 Kolman 기술 모 두 높은 투사 궤적을 그리고 다른 연구 참여자들 보다 비교적 높은 위치에서 착 수하였다. Kovacs와 Kolman 기술 모두 최대 높이, 되잡기 위치가 모두 일관되게 높은 위치에서 이루어진 연구 참여자는 S3가 유일했다. 나머지 연구 참여자는 최대높이가 높았으나 되잡기 위치가 낮았거나 최대 높이가 높지 않았지만 되잡 기 위치가 높은 경우도 관찰되었다. 특히 S1이 Kovacs 기술에서 최대 높이가 중 간 정도였으나 되잡기 위치가 높았다. 그러나 대차회전 구간에서는 Kovacs와 Kolman 기술 모두 특이점이 될만한 궤적을 그리지 않았으며 비슷한 궤적으로 대차회전이 이루어졌다.

5. 각운동량 비교

Kovacs와 Kolman 기술 간의 전신의 각운동량을 대차회전 구간과 체공구간에서 비교하였다.

1) 대차회전 구간 비교

대차회전 구간 내의 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 전신의 X 축 각운동량과 전신의 각운동량 합성분(R)은 <표 11>과 같이 나타났다.

<표 11> 대차회전 구간 각운동량 비교

(단위; s^{-1})

		철봉이 휘어진 후	철봉이 휘어진 후
대상자		원위치하는 순간 X축	원위치하는 순간 전신의
		각운동량	각운동량
	S1	-1.67	2.44
	S2	-1.58	2.31
	S3	-1.57	2.46
V	S4	-1.70	2.64
Kovacs	S5	-1.76	2.56
	S6	-2.19	3.13
	평균	-1.75	2.59
	표준편차	0.23	0.29
	S1	-1.59	2.32
	S2	-1.64	2.42
	S3	-1.64	2.61
Kolman	S4	-1.71	2.62
Nominan	S5	-1.83	2.76
	S6	-1.81	2.57
	평균	-1.70	2.55
	표준편차	0.10	0.16
	t	582	349
р		.586	.741

<표 11>과 같이 대차회전 구간 내의 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 양기술 간의 전신의 X축 각운동량은 각각 $-1.75\pm0.23s^{-1}$, $-1.70\pm0.10s^{-1}$ 로 나타났으며 그 차이는 유의하지 않았고(p=.586), 대차회전 구간내의 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 양 기술 같의 전신의 각운동량 합성분(R)은 각각 $2.59\pm0.29s^{-1}$, $2.55\pm0.16s^{-1}$ 로 나타나 유의한 차이(p=.741)가 없었다.

2) 체공 구간 비교

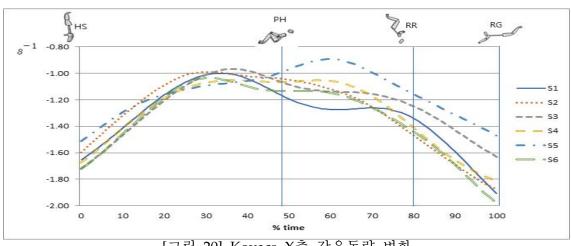
체공 구간 내의 전신의 X 축 각운동량은 <표 12>, [그림 20]. [그림 21]과 같이 나타났다.

<표 12> 체공 구간 각운동량 비교

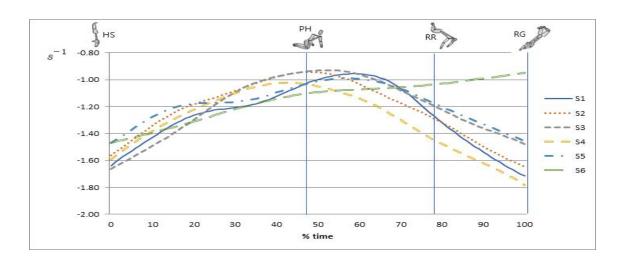
(단위; s^{-1})

대상자		체공중 전신의 각운동량	
	S1	1.77	
	S2	1.78	
	S3	1.79	
Kovacs	S4	1.81	
Novacs	S5	1.56	
	S6	1.61	
	평균	1.72	
	표준편차	0.11	
	S1	1.78	
	S2	1.75	
	S3	1.76	
Kolman	S4	1.80	
Kollilali	S5	1.67	
	S6	1.61	
	평균	1.73	
표준편차		0.07	
	t	390	
p		.712	

Kovacs 기술의 체공중 전신의 각운동량은 1.72 ± 0.11 k s^{-1} 로 나타났고 Kolman 기술의 체공중 전신의 각운동량은 $1.73\pm0.07s^{-1}$ 로 나타나 체공중 각운동량 역시 양 기술 간의 유의한 차이(p=.712)는 발견되지 않았다.



[그림 20] Kovacs X축 각운동량 변화



[그림 21] Kolman X축 각운동량 변화

[그림 20], [그림 21]는 Kovacs와 Kolman 기술의 X축 각운동량의 변화를 나타낸 그림이다. 그림과 같이 되잡기 순간에 가까워질수록 X축의 각운동량 변화는 Kolman 기술이 Kovacs 기술보다 기울기가 더 완만한 것을 확인할 수 있다.

Ⅴ. 논의

Kovacs와 Kolman 기술에 대한 운동학적 변인과 운동역학적 변인을 비교한 결과를 기초로 다음과 같이 논의하고자 한다.

1. 소요시간

두 기술의 소요시간 비교는 전체 구간 비교와 부분 구간 비교로 이루어 졌다. 기술을 수행하기 위한 대차회전의 경로와 투사 경로가 유사하지만 체공 기술 자체가서로 다르기 때문에 전체구간 및 부분 구간의 소요시간 비교는 큰 차이가 없을 것으로 예상되었다. 그러나 준비 체공구간과 전체 구간에서 유의한 차이가 나타나 의미 있는 결과를 얻어냈다. 체공구간으로 들어서면서부터 두 기술 간의 구간별 시간차이가 생기고 있는 것을 확인하였다.

특히 전체 소요시간에서 유의한 차이가 두드러졌는데 초기 대차회전에서는 비슷 한 양상을 서로 보이다가 체공구간에 근접하면서부터 두 기술간의 구간별 시간 차 이가 발생하고 있었다. Kovacs 기술의 전체 소요시간은 2.08±0.04s로 나타났고 Kolman 기술의 전체 소요시간은 1.99±0.02s로 나타났다. Kovacs 기술의 준비 체공 구간 소요시간은 0.35±0.04s로 나타났고 Kolman 기술의 되잡기 준비구간 소요시간 은 0.24±0.02s로 나타나 모두 유의한 차이가 있었는데 이는 Kovacs 기술이 Kolman 기술 보다 더 많은 되잡기 준비 시간이 필요하다는 것을 시사한다. 다시 말해 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 빠르게 되잡기를 준비하는 것으로 확인되었다. Kovacs 기술은 체공구간 회전 방법의 특성상 시선이 철봉에서 완전히 벗어나는 특 징이 있는데 이는 선수들에게 고도의 공포감을 갖게 한다. Kovacs 기술을 시도하는 선수들은 체공시간 중 일부 구간에서 철봉이 보이지 않기 때문에 심리적으로 철봉 을 빨리 바라보려고 노력하는데 이는 본 연구에서 소요시간의 차이로 입증 되었다. 반면 Kolman 기술은 체공구간 회전 방법의 특성상 철봉을 지속적으로 바라볼 수 있기 때문에 되잡기의 대응이 매우 수월하지만 Kovacs 기술 보다는 회전의 복잡함 이 추가되기 때문에 체공 과정에서 Kovacs 기술보다 난도 측면이 부담이 가중된다 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 준비 체공구간 소요시간에서 Kovacs 기술이 더 많 은 소요시간을 갖는다는 것은 본 연구에 참여한 선수들 만큼은 Kovacs 기술이 더

부담스러운 기술이라는 것을 시사한다.

한편 임규찬(2020)은 Kovacs 기술의 전체 소요시간을 2.03±0.03s로 보고한바 있으며 백진호, 박종철과 윤창선(2009)은 Kolman 기술의 전체 소요시간을 1차 시기 2.02s, 2차 시기 2.05s로 보고한바 있다.

Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 긴 소요시간을 갖고 기술을 수행하는 이유는 Kovacs 기술은 양 손을 동시에 착수하는 반면 Kolman 기술은 양 손을 순차적으로 착수하는 영향이 큰 것으로 판단된다. Kolman 기술은 첫 번째 손이 착수 되었을 때 착수 순간으로 인정하였으므로 두 번째 손이 착수된 소요시간까지 반영한다면 조금 다른 결과가 나왔을 것으로 사료된다. 그러나 Kolman 기술은 한 손을 빠르게 뻗을 수 있는 자유도가 있기 때문에 첫 번째 손을 착수 순간으로 인정하여 소요시간을 비교하는 것이 더욱 타탕한 것으로 판단하고 있다.

2. 관절각

Kovacs 기술의 투사순간 어깨관절각은 123.5±4.89°로 나타났고 Kolman 기술의 투사순간 어깨관절각은 139.2±5.32°로 나타나 유의한 차이를 보였다. 따라서 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 작은 어깨관절각으로 투사하는 것이 관찰 되었다. Kovacs 기술은 투사 순간과 가까워질수록 어깨관절각의 감소 기울기가 Kolman 기술보다 더 가파른 것으로 밝혀졌다. 이는 Kolman 기술보다 더 긴 체공시간을 확보하기 위한 기술 제어 현상으로 판단된다. 다만 전체 체공구간 보다는 준비 체공구간에서 빠른 되잡기를 준비를 하기 위해 어깨관절을 대차회전 구간에서 적절히 활용하는 것으로 어깨관절 속도의 현상을 설명할 수 있다. Kovacs 기술의 투사순간 어깨관절각은 이주형, 김종수(2011) 126.3±11.24°와 약 2.8°의 차이가 있었으나 표준편차를 고려했을 때 유사한 패턴의 어깨관절각을 이루는 것으로 판단된다. Kolman 기술의투사순간 어깨관절각은 139°로 보고한 박종훈(2007)의 선행연구는 본 연구의 결과의 신뢰도를 뒷받침해주는 중요한 연구 결과로 판단된다. 또한 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서는 어깨관절각이 표준편차가 커지는 현상이 특이점으로 포착되었다.

Kovacs 기술의 투사 순간 엉덩관졀각은 105.1±6.00°로 나타났고 Kolman 기술의 투사 순간 엉덩관절각은 120.7±7.92°로 나타나 유의한 차이가 있는 것으로 확인되었다. 어깨관절과 마찬가지로 투사 순간에 Kovacs 기술이 Kolman 기술 보다 더

작은 각을 이루면서 투사된 것으로 확인 되었다. 이는 빠른 되잡기 준비를 위해 어깨관절과 함께 시너지 효과를 내며 공중 자세를 제어하는 현상으로 파악된다. Kolman 기술은 Kovacs와 다르게 엉덩관절각이 감소하다가 투사 순간으로 시간이흘러갈수록 증가하는 현상이 관찰되었다. 특히 S3에서의 엉덩관절각 증가가 두드러졌다. 이는 Kolman 기술의 체공 시간 확보를 위한 동작 특성으로 파악된다. 한편S3의 최대높이 순간 신체 중심의 위치는 1.39m였고 Kolman 기술의 평균은 1.29m로 나타났다. 이주형, 김종수(2011)는 Kovacs 기술의 투사순간 엉덩관절각을 104.70±11.84°로 보고하였고 박종훈(2007)은 Kolman 기술의 투사순간 엉덩관절각을 1차시기 126°, 2차시기 129°로 보고하였다. Kolman 기술이 Kovacs 기술보다 더 큰엉덩관절각으로 투사하는 이유는 관성모멘트를 감소시켜 비틀기의 회전 속도를 증가시키고 더불어 손실되는 X축의 회전력을 만회하기 위해 체공 높이를 확보하기위한 제어 행위로 판단된다.

Kovacs와 Kolman 기술의 기능 구간에 있는 모든 순간에서의 어깨관절각은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 다시 말해 스윙 구간에서 투사 순간에 근접하기 전까지는 두 기술의 주요 변인인 고관절각과 어깨관절 각이 비슷한 패턴을 그리며 스윙이 진행 됐다는 것이다. 스윙 구간은 동체를 공중에 투사시키기 위한 근본적인운동량을 제공하는 핵심 구간이다. 따라서 두 기술이 동체를 투사시키기 위한 기본적인 경로는 초기에는 같고 투사 순간과 되잡기 순간으로 다가설수록 서로 기술 양상을 보여준다는 것이 이번 연구 결과를 통해 입증되었다.

철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서는 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 어깨 관절각의 표준편차가 커지는 현상이 특이점으로 관찰되었다. 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간은 투사 순간과 매우 밀접한 관련이 있으며 선수들이 각각의 중요 변인 순간에서 되잡기를 성공하기 위해 적절히 투사각과 투사 속도를 조절하는 결정적인 순간의 직전 상황이다. 이 순간에서 Kovacs 기술이 더 표준편차가 크다는 것은 투사 궤적이 그만큼 다양해질 수 있다는 것을 의미한다.

철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간과 투사 순간 사이에 발생되는 주요 관절의 움직임은 투사각, 최대 높이, 특히 되잡기 성공 여부를 가르는 결정적인 요인이며 선수들이 각각의 중요 변인에서 되잡기를 성공하기 위해 적절히 투사각과 투사 속 도를 조절하는 결정적인 순간이라고 설명할 수 있다. 이 순간에서 Kovacs 기술은 선수들 간의 표준편차 차이가 두드러졌는데 이는 체공구간에서 시선이 분산되는 Kovacs 기술의 특성 차이로 판단된다. 다시 말해 시선이 분산되면 철봉과 충돌할수도 있다는 위압감에 불안정한 타이밍이 연출된다는 의미이다. 추가로 기능 구간에서 Kovacs기술과 Kolman 기술 간의 어깨관절각이 유의한 차이가 없는 결과는두 기술이 투사를 하기 위한 기본적인 수단은 서로 공유하고 있다는 것을 시사한다.

Kovacs 기술의 체공구간 투사 순간 무릎관절각은 69.07±7.25°로 나타났고 Kolman 기술의 체공구간 투사 순간 무릎관절각은 97.30±16.65°로 나타나 유의한 차이가 나타났다. 이는 Kolman 기술이 Kovacs 기술보다 더 큰 각으로 투사하였다는 것을 의미하며 투사 순간에는 X축 기준으로의 회전보다는 비틀기의 회전에 더집중해야하는 기술적 특성 때문에 차이가 있는 것으로 판단된다. 또한 Kovacs 기술의 체공구간 되잡기 순간 또한 무릎관절각은 154.43±14.00°로 나타났고 Kolman 기술의 체공구간 되잡기 순간 무릎관절각은 97.67±19.20°으로 나타나 유의한 차이가 있는 것을 확인하였다. Kolman 기술이 무릎 관절각이 되잡기 순간에서 더 작은이유는 투사 순간 무릎관절각이 커서 관성모멘트가 증가함에 따라 손실된 X축의회전력을 만회하기 위해 되잡기 순간에서는 작은 무릎관절 각을 유지하는 것으로 판단된다. 한편 박광동(1997)은 선수 3명의 Kovacs 기술 분석 결과를 투사순간, 최대높이 순간, 되잡기 순간의 무릎관절각 평균을 각각 72.5°, 77.9°, 128.4°로 제시하였다. 이처럼 투사 이후 되잡기 순간으로 이어지며 기술이 후반부로 진행될수록 두기술 간의 차이가 두드러지는 것을 관찰되었다. 이는 되잡기 방법이 서로 다르다는 것을 알려주는 객관적인 지표라고 사료된다.

3. 속도 및 투사각

양 기술의 투사순간 신체중심의 속도는 서로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 전신의 투사 속도는 두 기술 모두 일정한 힘을 받는 중력에 저항하여 체공시간을 확보해야하며 정해진 위치로 투사체 운동을 이끌어야하기 때문에 양 기술 간의투사속도에는 차이가 없는 것으로 판단된다. 단순 평균적인 차이는 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 큰 것으로 나타났지만 표준편차가 크게 나타나 기술적 차이보다는 선수 개인의 차이로 판단된다. Kovacs와 Kolman 기술 모두 구심속도가 평

군적으로 Yeadon & Hiley(2000)의 연구를 근거로 한 0.81m/s 이상으로 확인되어 본 연구의 기술들은 평균 이상의 기술이 연출되었다고 판단된다. 또한 양 기술의 되잡기 순간 구심속도의 차이도 없는 것으로 관찰되어 철봉을 되잡기 위해 선수들이 구심속도를 제어하는 현상에서는 양 기술이 공통점이 있는 것으로 판단된다. 구심속도는 선수마다 약간의 차이를 보였는데 투사 순간과 되잡기 준비 순간의 여러 변인에 의해 결정되는 구심속도는 되잡기의 영향을 주는 결정적인 요소이다. 또한 구심속도에 영향을 주는 변인은 매우 다양하기 때문에 선수들이 제어하기 매우 힘든 변인이다. 본 연구에 참여한 연구 참여자들은 모두 평균적으로 적절한 구심속도로 착수한 것으로 판단되었다. 종합하면 투사 속도 관점에서는 두 기술이 서로 차이가 없는 것으로 확인 되어 대차회전을 이용한 별도의 투사 속도 제어는 선수들에게 별다른 연습효과를 얻어내기에 비효율적인 것으로 판단되지만, 한 선수가 두 기술을 모두 실시할 수 있는 선수는 투사 속도를 서로 달리하려는 노력이 필요 없기때문에 이를 참고하여 투사 전 대차회전에 활용한다면 보다 더 효율적인 기술 연습이 될 것으로 판단된다.

두 기술의 투사각은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Hiley & Yeadon(2016) 는 중요하지 않은 변인에서는 선수들의 변동성을 많이 이용한다 하였고 중요한 변 인에서는 기술의 완성도가 높을수록 변동성이 줄어든다고 보고한바 있다. 본 연구 의 참여자들은 기술의 완성도가 평균적으로 우수하다고 판단하고 있으므로 투사각 의 관찰 결과는 선수들이 반복연습을 통해 어느 정도 고착된 투사각으로 판단하고 있다. 다시 말해 양 기술 간의 투사각 차이가 없는 것으로 미루어 보아 투사각은 두 기술을 서로 달리 연습하면 연습 효율에 악영향을 줄 수 있다는 것을 시사한다. 선수들이 자신에게 맞는 투사각을 일관성 있게 유지할 수 있다면 기술을 성공할 가 능성이 높아지지만 65~70° 범위를 벗어나는 투사각은 성공적인 기술에 악영향을 줄 것으로 사료된다. 투사각은 체공 중 최대 높이와 수평 변위를 결정하는 중요한 변 인으로 양 기술 간의 차이는 발견 되지 않아 선수들이 되잡기를 위해서 여러 변인 을 조금씩 조절해가며 67±2° 사이에서 기술의 완성도를 높이고 있는 것으로 판단 된다. 결론적으로 투사각은 기술 성공을 위한 중요한 변인으로 변동성을 줄여 일관 성을 유지해야 하지만 적절한 각도 범위 내에서 유효하다. 또한 두 기술이 되잡기 성공을 위한 특정적인 투사각이 존재하지는 않는 것으로 확인되며 선수 개인의 연 습 방법에 따라 특정 각도로 고착화되어 일관성을 유지하게 되는 것으로 판단된다.

4. 위치 및 변위

철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간 Y축 신체중심 위치는 Kovacs -0.65±0.04m, Kolman -0.82±0.06m로 나타나 유의한 차이가 확인 되었다. 전체 대차회전 구간에서 초기의 경로는 양 기술이 유사하나 투사 시점과 가까워질수록 Y축의 변화는 Kovacs 기술이 철봉과 가까웠고 Kolman 기술이 철봉과 멀었다. 기능 구간에서 구분되는 엉덩관절 최대 신전 순간, 신체중심 최하단 순간, 엉덩관절 최대 굽힙 속도순간, 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간, 투사 순간에서의 신체 중심과 주요 관절과관련된 변인은 성공적인 착수를 위한 중요한 변인으로 꼽힌다. 특히 엉덩관절 최대 신전 순간 신체중심의 Y축 위치가 작은 선수일수록 착수할 가능성이 높다고 평가되고 있다(Shen과 Tsai, 2005). 앞서 논의 했듯이 두 기술은 투사와 특히 되잡기에 가까워질수록 다른 양상을 그리고 있는데 대차회전 구간 신체중심의 Y축 위치 또한철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서 유의한 차이를 보였다. 다시 말해 투사 직전대차회전의 도입구간은 두 기술이 유사하다는 증거를 위치 비교에서 다시 입증한 것이다.

두 기술의 체공 중 수직 정점 위치는 1.31±0.10m로 나타났고 Kolman 기술의 체공중 수직 정점 위치는 1.28±0.06m로 나타나 유의한 차이가 없는 것으로 관찰되었다. 한편 한윤수(2002)는 kovacs기술의 체공중 수직 정점 위치를 1.4±0.05m로 보고하였으며 이주형과 김종수(2011)는 1차 시기 1.45.05±0.11m, 2차시기 1.45±0.09m로 보고한바 있다. 백진호, 박종철과 윤창선(2009)은 Kolman 기술의 체공중 신체중심 최고 높이를 S1 1차시기 1.37m, 2차시기 1.38m, S2 1차시기 1.45m, 2차시기 1.46m로 보고하였다. 본 연구 참여자들의 최대 체공 높이가 선행연구의 최대 체공 높이보다 더 낮은 것으로 관찰되었다. 이는 선수들이 철봉에서 과거와 다르게 Kovacs와 Kolman 기술을 보편적으로 사용하게 되면서 기술에 대해 자신감이 생기고 공중 기술력이 향상되면서 되잡기 시 부담을 줄이기 위해 최대높이로 점진적으로 하향 조정한 결과로 판단된다. 평균적으로는 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 높은 위치를 통해 투사 궤적을 그렸으나 이 차이는 두 기술의 기술 특성의 차이가아니라 기술을 성공하기 위한 제어 행위의 일환인 선수 개인의 기술적 차이로 판단된다.

Kovacs 기술의 되잡기 순간 신체중심의 철봉과의 거리는 0.92±0.09m로 나타났고 Kolman 기술의 되잡기 순간 신체중심의 철봉과의 거리는 0.95±0.06m로 나타나 이 변인 역시 유의한 차이가 없었다. Yeadon & Hiley(2000)는 되잡기 순간 신체중심의 철봉과의 거리가 0.75m 이상일 때 안정적인 되잡기가 가능하다고 보고하였는데 본 연구에서의 연구 참여자들은 모두 0.75m 이상의 거리를 만족한 것으로 확인되었다. 한편 임규찬(2020)의 연구에서는 되잡기 순간 철봉과의 신체중심 거리를 0.66±0.12m 로 보고한바 있다. 이러한 결과는 본 연구 참여자들이 두 기술을 대표할만한 충분 한 모델가치가 있는 것을 입증한 결과로 판단된다. _ 양 기술의 전체 궤적 차이는 크게 차이가 나지 않았다. 체공 최대 높이와 착수 순간에서 평균적인 차이를 볼 수 있었다. 특히 착수 부근에서의 궤적은 Kolman 기술보다 Kovacs 기술이 더 큰 편차가 있는 것을 확인할 수 있었다. 연구 참가자들의 투사 궤적의 수평 성분 을 수직 성분으로 전환할 때 두 기술의 차이가 있을 것으로 예상하였지만 정해 진 위치로 돌아가 되잡기를 해야하는 Kovacs와 Kolman 기술의 공통점 때문에 전체적인 궤적에는 큰 차이가 없는 것으로 확인 되었다. Kolman 기술은 Kovacs 기술과 비교했을 때 변동성이 작고 안정적인 착수를 보여주었는데 Kolman 체공 과정에서 철봉을 시선에 두고 연기를 지속할 수 있어 심리적으로 안정되기 때문에 일관성 있는 기술이 연출되는 것으로 판단하고 있다. 하지만 Kovacs 기술은 착수 준비를 완벽히 하지 못하면 철봉을 볼 수 있는 시간이 많이 부족하기 때문에 선수 들에게 부담으로 작용하여 투사궤적 변동성에 영향을 주는 것으로 판단된다. 다만 투사 순간 신체중심의 위치는 Kovacs와 Kolman 기술 모두 비슷한 위치에서 투사 되었으나 개인간의 편차는 Kovacs기술이 컷고 Kolman 기술이 작았다. 최대 높이 또한 Kovacs 기술이 평균적으로 높은 위치를 통해 착수하였으나 양 기술간의 유의 한 차이는 없었고 중요 변인간의 상호작용으로 일어난 개인간의 편차 현상으로 해 석하여 판단하고 있다. Kovacs와 Kolman 기술 모두 투사 궤적이 유사하다. 그 이 유는 철봉을 되잡기 위해서는 철봉과의 거리를 두 기술 모두 적절하게 제어해야하 기 때문에 되잡는 수직 위치는 유의한 차이가 없는 것으로 판단된다. 다시 말해 철 봉의 투사하는 위치와 철봉을 되잡는 위치는 두 기술이 모두 같기 때문에 투사 궤 적을 그리는 패턴은 선수간의 차이는 있을 수 있지만 기술 간의 차이는 없는 것이 다. 다만 단순 평균적으로는 Kovacs 기술이 Kolman 기술보다 더 낮은 위치에서 되잡기 되는 것이 파악되었다.

이와 같이 투사궤적은 두 기술이 서로 닮았으나 대차회전 구간에서 신체 중심이 철봉 하단을 통과하면서부터 되잡기까지 여러 주요 변인에서 다른 양상을 보이고 있었다. 따라서 두 기술의 전체 대차회전 구간의 초반부에서는 최상의 기술력을 위 해 서로 비슷하게 기술을 수행해도 문제가 없는 것으로 판단되지만 투사 시점과 가까워질수록 두 기술은 다른 기술로 판단하는 것이 바람직하다. Kovacs 기술의 투사 궤적 편차는 Kolman 기술보다 큰 것으로 나타나 Kovacs 기술이 Kolman 기 술보다 더 큰 변동성을 가지고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

Kovacs와 Kolman 기술의 투사 궤적 수평 성분을 수직 성분으로 전환할 때양 기술의 차이가 뚜렷하게 있을 것으로 예상하였지만 정해진 위치로 돌아가 되잡기를 해야 하는 Kovacs와 Kolman 기술의 공통점 때문에 전체적인 궤적에는 큰 차이가 없는 것으로 확인 되었다. 또한 되잡기 순간 부근 신체 중심 궤적에서 궤적의 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 Kovacs와 Kolman 기술은 되잡기 순에 가까워질수록 기술 간의 차이가 뚜렷하나 나타나는 것으로 판단된다. Kolman 기술은 Kovacs기술과 비교했을 때 변동성이 작고 안정적인 착수를 보여주었다. Kolman 기술은 체공 과정에서 철봉을 시선에 두고 연기를 지속할 수 있어 심리적으로 안정되기 때문에 일관성 있는 기술이 연출되는 것으로 판단하고 있다. 하지만 Kovacs 기술은 착수 준비를 완벽히 하지 못하면 철봉을 볼 수 있는 시간이 많이 부족하기 때문에 선수들에게 부담으로 작용하여투사궤적 변동성에 영향을 주는 것으로 판단하고 있다. 다만 투사 순간 신체중심의위치는 Kovacs와 Kolman 기술 모두 비슷한 위치에서 투사되었으나 개인간의 편차는 Kovacs기술이 컷고 Kolman 기술이 작았다. 최대 높이 또한 Kovacs 기술이 평균적으로 높은 위치를 통해 착수하였으나 양 기술간의 유의한 차이는 없었고 중요 변인간의 상호작용으로 일어난 선수 개인의 편차 현상으로 해석된다.

5. 각운동량

두 기술의 철봉 장력 원점(Original Position of bar) 순간 전신의 각운동량 및 체공중 전신의 각운동량은 양 기술간의 유의한 차이가 발견되지 않았다. 체공구간에서 Kolman 기술이 Kovacs 기술보다 더 많은 각운동량을 갖고 투사할 것으로예상했지만 여러 관절의 상호작용만이 있을 뿐 전신에 각운동량에는 차이가 없는

것으로 판단된다. 각운동량 관점에서 해석해볼 때 두 기술은 투사 전 대차회전에서는 큰 차이를 보이지 않고 있다. 다시 말해 Kovacs와 Kolman 기술은 투사하기위한 기본적인 방법은 서로 차이점이 없으며 선수가 반복 투사 연습을 통해 익숙해진 투사 방법을 이용하는 것으로 판단된다. 그러나 이는 Kovacs와 Kolman 기술이 기술적인 공통점이 있다는 것은 아니다. 선수가 Kovacs와 Kolman 기술의 기술적인 공통점이 있다는 것은 아니다. 선수가 Kovacs와 Kolman 기술을 각각 어떤 방식으로 연습 해왔는지 어떤 타이밍으로 기술을 제어했는지에 따라달라지는 것으로 판단된다. 결론적으로 Kovacs와 Kolman 기술은 투사 전 대차회전에서 기술적인 차이점 때문에 기술을 제어하기 보다는 적절한 되잡기를 위한수단으로 대차회전을 반복적으로 조절해가며 얻어진 개인만의 요령이라고 설명할수 있다. 다른 말로 두 기술을 수행하기 위해 투사 전 대차회전을 의도적으로 비슷하게 수행할 필요성은 전혀 없다는 것이다. 유사한 궤적을 그리는 대차회전을통해 얻어지는 각운동량을 동원하여 투사하는 두 기술의 특성상 각운동량은 서로차이가 없는 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 제언

본 연구는 대차회전 구간이 동일한 Kovacs와 Kolman 기술 간의 운동학적 변인과 운동역학적 변인을 비교함으로써 두 기술의 역학적 유사성과 차이점을 밝히는 데 그 목적이 있다. Kovacs와 Kolman 기술을 각각 물구나무서기 순간, 엉덩관절 최대 신전 순간, 신체중심 최하단 순간, 엉덩관절 최대 굽힘 속도 순간, 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간, 투사 순간, 최대높이 순간, 되잡기 준비 순간, 되잡기 순간으로 설정한 후 각 기술 간의 소요시간, 신체 중심의 궤적 패턴, 관절각, 신체 중심의 속도 및 투사각, 신체중심의위치 그리고 각운동량을 유의수준 0.05에서 종속 t검정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 전체 소요 시간과 되잡기 준비 구간에서의 소요 시간은 Kovacs와 Kolman 기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 소요 시간은 Kolman 기술보다 더길었다. 그러나 대차 회전 구간의 소요 시간에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 양기술의 소요 시간에는 부분적으로 차이가 없지만, 전체적으로 보면 차이가 있다.

둘째, 투사 순간에서의 어깨관절각과 엉덩관절각은 Kovacs와 Koman 기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 어깨 관절각과 엉덩관절각이 Koman 기술 보다 더 작았다. 최대 엉덩관절 굽힘 속도 순간에서는 양 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 되잡기 순간에서의 무릎관절각에서는 양 기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 무릎관절각이 Kolman 기술보다 더 컸다. 그러므로 Kolman 선수들은 관성모멘트를 줄여 더 빠른 비틀기 각속도를 확보한 상태에서 투사를 수행하였지만 동체의 회전력이 그만큼 손실된 것을 알 수 있었고, 되잡기 순간에서는 몸을 응크려 투사 순간에 손실되었던 동체의 회전력을 만회하고자 되잡기를 수행한 것을 알 수 있었다.

셋째, 투사 순간에서의 수평속도와 수직속도 그리고 합속도(R)는 Kovacs와 Koman 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 투사 순간에서의 투사각과 되잡기 순간에서의 구심 속도는 Kovacs와 Koman 기술 간에 유의한 차이가 없었다.

넷째, 엉덩관절 최대 신전 순간과 신체중심 최하단 순간 그리고 엉덩 관절 최대 굽힘 속도 순간에서의 신체 중심 Y축 위치는 Kovacs와 Kolman 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 신체 중심 Y축 위치는 양기술 간에 유의한 차이가 있어, Kovacs 기술의 신체 중심 Y축 위치가 Kolman보다

철봉에 가까웠다. 되잡기 순간에서의 수평 위치와 수직 위치 그리고 철봉과의 거리는 양 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 최대높이 순간에서의 수직 위치는 양 기술 간에 유의한 차이가 없었다. 그리고 흔들기와 체공을 포함하는 신체 중심의 이동 궤적에는 양기술 간에 다른 패턴을 보여, Kovacs 기술의 이동 궤적의 변동성은 Kolman 기술보다 컸다.

다섯째, 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서의 전신의 X축 각운동량과 체공 구간에서의 전신의 각운동량 합성분(R)은 Kovacs와 Kolman 기술 간에 유의한 차이 가 없었다.

이와 같이 양 기술은 흔들기 구간의 마지막 순간인 철봉이 휘어진 후 원위치하는 순간에서 부분적 차이를 보였지만, 투사 순간과 되잡기 준비 구간에서는 차이를 보이지 않았다. 본 연구는 국내 관련 연구가 부족하거나 오랜 기간 연구가 중단되어 최근의 철봉 경기 경향을 반영한 참고 자료가 부족한 상태에서 진행한 연구였지만, 대차회전 궤적이 비슷한 두 기술을 비교한 연구로서 유의미한 결과를 얻어낸 것으로 판단된다. 앞으로 최근의 철봉 연기 경향이 반영된 연구가 더욱 활발히 진행된다면 국내 체조선수들의 철봉 기술력 향상에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 국제체조연맹 (2021). 채점규칙집. 대한체조협회.
- 김대원 (1991). 鐵棒運動 中에서 봉을 날아 넘으면서 뒤겹 공중돌아 매달리기 (Kovacs)의 動作分析. 국내석사학위논문 경희대학교 교육대학원.
- 김종수 (2008). **철봉 KOVACS 동작의 운동학적 분석**. 국내석사학위논문 한국체 육대학교.
- 김종수, 백진호, 박종철 (2007). 현장사례연구 : 체조 철봉 Kovacs 기술동작의 운 동학적 분석. **체육과학연구** 제18권, 제2호, 117-127.
- 김충태, 김동민, 한윤수 (1999). 철봉 Kovacs동작의 tucked, piked, stretched의 운 동학적 비교. 한국운동역학회지 제22권, 94-102.
- 대한체조협회 (2021). 협회 홈페이지 기계체조 정보.
- 박광동 (1997). 철봉에서 KOVACS 동작 수행의 운동학적 분석. **한국체육학회지** 제36권, 제1호, 307-317.
- 박종훈 (2007). 철봉운동 Kolman 동작의 완성도 평가를 위한 운동학적 분석. **코 칭능력개발지** 제9권, 제3호, 267-276.
- 백진호, 박종철, 윤창선 (2009). 체조 철봉 콜만 기술동작의 훈련프로그램 적용 및 향상도 평가. 한국운동역학회지 제19권, 제1호, 37-47.
- 송주호, 박종철 (2011). 체조 철봉 콜만 동작 기술 수행능력 향상을 위한 운동학 적 요인 분석. **체육과학연구** 제22권, 제2호, 1902-1909.
- 윤희중, 한충식, 박종훈(1999). 철봉 KOVACS동작의 운동학적 분석. **한국운동역 학회지** 제22권, 27-39.
- 이남구 (2013). 남자 철봉 퀘스트 기술과 한손 비틀어 잡기 형태의 리발코 기술 비교분석. 국내석사학위논문 울산대학교 교육대학원.
- 이성걸 (2003). **철봉운동 Kolman 동작의 운동학적 분석**. 미간행 석사학위 논문. 울산대학교 교육대학원.
- 이연종, 백진호, 정진수 (2006). 철봉 몸 접어 KOVACS 기술동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지 제16권, 제2호, 109-120.
- 이종훈 (2007). 자연과학편 : 철봉운동 Kovacs 동작의 운동학적 분석. **한국체육학 회지** 제46권, 제1호, 701-712.
- 이주형, 김종수 (2011). 철봉 KOVACS 동작의 운동학적 분석. **한국체육과학회지** 제20권, 제5호, 1281-1292.
- 임규찬 (2019). 중고등학교 우수 선수의 철봉 Tkatchev 기술의 순간 동작 시점에 관한 운동역학적 연구. **한국운동역학회지** 제29권, 제2호, 121-128.

- 임규찬 (2020). 국내 철봉 선수들의 Kovacs의 흔들기 및 체공 동작에 대한 평가. 한국운동역학회지 제30권, 제2호, 293-299.
- 한윤수 (2002). 철봉 Kovacs 동작 전 뒤 휘돌기 기술의 운동학적 특성. 한국운동 역학회지, 제41권, 제2호, 803-810.
- F.I.G(2017). Code of points for men's artistic gymnastics competitions at world championship, olympic games, regional and international competitions events with international participants. International gymnastics Federation men's technical committee.
- Hiley M.J., Yeadon M.R.(2016). "What governs successful performance of a complex whole body movement: The Kovacs release-regrasp on horizontal bar." *International Journal of Sport Biomechanics*, 3971-3976.
- Hiley, M.J., & Yeadon, M.R.(2012). Achieving consistent perfor-mance in a complex whole body movement: The Tkatchevon 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. *International Journal of Sport Biomechanics*, 49, 3971-3976.
- Hiley, M.J., Yeadon, M.R. & Buxton, E.(2007). Consistency of performance in the Tkatchev release and regrasp on highbar. *International Journal of Sport Biomechanics*, 9, 66-83.
- Hiley, M.J., Zuevsky, V.V. & Yeadon, M.R.(2013). Is skilled technique characterized by high or low variability? Ananalysis 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. *International Journal of Sport Biomechanics*, 18, 332-344.
- Irwin, G. & Kerwin, D.G.(2005). International Journal of Sport Biomechanicsanical similarities of progressions for the longswing on high bar. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4 (2), 164-178
- Irwin Gareth, Exell Timothy A., Manning Michelle L., Kerwin David G. (2017). functional phases and angular momentum characteristics of Tkatchev and Kovacs" *Journal of sports sciences*: 610-616.

- Shen, M.C. & Tsai, C.L.(2005). Kinematical analysis of Kolman acrobatics in the high bar exercise. In Proceedings of the 20th International Journal of Sport Biomechanics, July 31 August 5, Cleveland, Ohio.
- Takei, Y.(1988). Techniques used in performing handspring vaults and salto forwards tucked in gymnastic vaulting. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5, 1-25.
- Takei, Y.(1990). Comparison of blocking and post-flight techniques of male gymnasts performing the 1988 Olympic compulsory vault.

 *International Journal of Sport Biomechanics, 7, 371-391.
- Takei, Y.(1991). A comparison of techniques used in performing the men's compulsory gymnastic vault at the 1988 olympics. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 54-75.
- 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.
- Visol(2005). Kwon3d motion analysis package version 3.1 user's reference manual, Seoul: Visol.
- Wilson, C., Yeadon, M.R., King, M.A.(2007). Considerations that affect optimised simulation in a running jump for height. J. *International Journal of Sport Biomechanics*. 40, 3155-3161.
- Wood, G.A., Jennings, L.S.(1979). On the use of spline functions for data smoothing. *International Journal of Sport Biomechanics*. 12, 477-479.
- Yeadon, M.R.(1990). The simulation of aerial movement II. A mathematical inertiamodel of the human body. J. *International Journal of Sport Biomechanics*. 23, 67-74.
- Yeadon, M.R.(1990). The simulation of aerial movement Ilt: the determination of the angular momentum of the human body. J. *International Journal of Sport Biomechanics*. 23, 75-83.
- Youtube(2016). Epke Zonderland wins artistic men's horizontal bar gold London 2012 Olympics. Available on line. https://youtu.be/SEsU9FWV-Co

Summary

The Comparative Study between Kovacs and Kolman Techniques by Korean Top Gymnasts on Horizontal Bar

Lee, Nam-Koo Major in Physical Education Graduate School University of Ulsan

The purpose of this study is to reveal the mechanical similarities and differences between Kovascs and Kolman techniques by comparing the kinematical and kinetical variables of the two techniques with the same phase about the swing and the aerial. After the instants were set in handstand, maximum hyper-extension of hip joint, lowest position of COG, fastest flexion of hip joint, original position of bar, release, peak height of COG, ready for re-grasp and re-grasp in order, the differences of the duration times, the joint angles, the velocities and release angles, the positions and movement patterns of COG and the angular momenta of body between two techniques were verified by t-test with significance level .05. The conclusions were as follows.

Firstly, it was revealed that the whole duration times and times during the phase of ready for re-grasp were different significantly between two techniques, so the duration times of Kovacs were longer than Kolman, but the duration times during the swing phase were not different significantly. Therefore, the two techniques had some differences overall in terms of the duration time.

Secondly, it was revealed that the shoulder joint and hip joint angles were different significantly between the two techniques at the instant of release, but the angles were not different significantly at the instant of hyper-extension of hip joint. Also, it was revealed that the knee angles were different significantly

between the two techniques at the instant of re-grasp, so the angles of Kovacs were larger than Kolman. Therefore, the subjects of Kolman performed the fast twist of body by reducing the moment of inertia of whole body.

Thirdly, it was revealed that the horizontal and vertical velocities were not different significantly between the two techniques at the instant of release, and the release angles and radial velocities of COG were not different significantly between the two techniques at the instant of re-grasp.

Fourthly, it was revealed that the positions (Y) of COG were not different significantly between the two techniques at the instant of maximum hyper-extension of hip joint, lowest position of COG and fastest flexion of hip joint, but the positions were different significantly between the two techniques at the instant of original position of bar, so the positions (Y) of Kovacs were closer to the bar than Kolman techniques. Also, it was revealed that the positions (X, Y) of COG and the distance to the bar were not different significantly between the two techniques at the instant of re-grasp, and the patterns of path of COG were different between the two techniques during the whole phase, so the variation of COG path of Kovacs was bigger than Kolman technique.

Lastly, it was revealed that the angular momenta (X) of body at the original position of bar and the angular momenta (R) of body during the aerial phase were not different significantly between the two techniques.

Like this, the two techniques were different each other in the motion at just before take-off to release the body but were similar in the motion at release and ready to re-grasp. This study have progressed in a little lack of the domestic reference, but it is judged that we gain the significant results from this study. If we will perform a study actively to reflect on a current flow of horizontal bar, it would be a good benefit to our domestic player to achieve a upgrade level.

Key word : Kovacs Technique, Kolman Technique, Horizontal Bar, Giant Swing Backward