

도마 Lopez 동작의 운동학적 분석: YHS 선수의 성공과 실패 사례 비교

박철희

전남대학교 체육교육학과

Kinematical Analysis of Lopez Motion in Horse Vault: Comparison between Successful and Failed Trials

Cheol-Hee Park

Department of Physical Education, Chonnam National University

요약 본 연구는 세계적인 선수를 대상으로 남자 기계체조 도마 종목에서 로페즈 기술을 수행했을 때 성공 동작과 실패 동작에 따라 운동학적 차이를 비교 분석하였다. 연구대상은 올림픽 금메달리스트 YHS 선수(나이: 27세, 신장: 160cm, 체중: 53kg중)이었고, 14대의 적외선 고속카메라를 이용하여 도마 동작을 촬영하였다. 원하는 동작 자료획득과 분석을 위해 19mm 반사 마커 26개를 해부학적 주요지점에 부착시켰고, 15개 분절 신체모델을 사용하여 운동학적 변인 계산을 실시하였다. 분석 결과 첫째, 구름판 접촉구간에서 성공 동작의 소요시간이 실패 동작보다 길었으며, 성공 동작은 슬관절의 가동범위를 실패 동작보다 크게 하였다. 둘째, 제1비약에서 성공 동작과 실패 동작의 소요시간은 동일하였다. 성공 동작은 실패 동작보다 짧은 수평이동을 했으며, 높은 수직위치와 도마 착지각을 보였다. 셋째, 도마 접촉구간에서 성공 동작의 소요시간이 실패 동작보다 짧았다. 성공 동작은 도마접촉 순간에 실패 동작보다 좌측 견관절각을 크게 하였다. 넷째, 제2비약에서는 성공 동작의 소요시간이 실패 동작보다 길었으며, 긴 수평이동을 나타냈다. 성공 동작은 도마이륙 순간 우측 견관절각을 크게 하였고, 비틀기 각속도는 빨랐다. 종합하면 YHS 선수가 안정적인 로페즈 기술을 구사하기 위해서는 도마접촉 순간에 높은 자세로 진입하여 도마이륙 순간에서는 우측 견관절각을 크게하여 빠른 비틀기 각속도를 만들어야 한다. 최대높이와 착지 순간에서는 좌-우견관절각을 작게하여 관성모멘트를 줄이고 신체중심을 낮춰야 할 필요가 있다.

Abstract The purpose of this study was to investigate the kinematic comparison between successful and failed trials of Lopez vault techniques in male gymnastics. The subject, an Olympic gold medalist, was YHS (age: 27 years, height: 1.6 m, and mass: 53 kg) and fourteen high speed motion capturing cameras were used for data collection. The 26 reflective sensors were attached on major anatomical positions and 15 segment-body model was used to calculate the kinematic variables. According to results, the contact duration of the spring-board for successful trial(ST) was longer and that of failed trial(FT) and the range of motion of knee joint for ST was greater than that of FT. The movement times during pre-flight between ST and FT were same, but the movement time of horse contact period for ST was shorter than that of FT. The ST showed a longer movement time during post-flight and the longer horizontal distance than those of FT. Conclusively, YHS needs to approach the horse with a higher position of the body and higher incidence angle, as well as make faster twist angular velocity in an attempt to achieve ST.

Keywords : Gymnastics, Vault, Kinematics, Tsukahara, Lopez

*Corresponding Author : Cheol-Hee Park(Chonnam Univ.)

email: pocxhg72@naver.com

Received October 2, 2019

Accepted February 7, 2020

Revised October 29, 2019

Published February 29, 2020

1. 서론

남자 도마 종목은 도움닫기, 발구름, 양손 짚기, 공중 동작, 착지 동작으로 구분되며 이 다섯 동작의 조화가 잘 이루어져야만 기술을 쉽게 습득할 수 있다[1]. 다른 종목과 마찬가지로 난도(difficulty score)점수 및 실행(execution score)점수로 구분하여 이를 합산하는 방식이다. 특히 도마 종목은 단일 기술의 연기에 대해 각각 평가하기 때문에 난도점수를 상향하여 성공적으로 수행하는 것이 승패를 결정하는 절대적 요인이다[2].

국제체조연맹(FIG: Federation Internationale de Gymnastique, 이하 FIG)은 채점규칙을 올림픽을 주기로 4년마다 개정하고 있으며, 선수들의 변별력을 가리기 위해 적용되고 있다. 2017년에 개정된 도마 종목의 그룹 유형은 다섯 가지로 분류되며, 손짚고 앞돌기 유형은 1그룹, 제1비행국면에서 1/4 또는 1/2 비틀어 손 짚기유형은 2그룹, 도움짚기에서 뒤 돌아 손 짚기유형은 3그룹, 도움 짚기에서 1/2 비틀어 손 짚기는 4그룹, 도움짚기에서 3/4 또는 1/1 비틀어 손 짚기는 5그룹으로 분류되어 있다[3].

종목별 결승경기에 출전하는 모든 선수는 반드시 연기 요소 그룹과 제2비행국면 공중자세의 형태가 달라야 한다. 앞 또는 뒤의 방향, 자세, 몸의 굽히기, 접기, 단순 공중돌기, 비틀어 공중돌기 및 단순 비행에서 돌기, 비틀기가 최소 1/2 이상 차이가 있어야 한다고 명시하고 있어 선수들의 연기구성에 많은 변화를 예측하였다[3].

개정된 규칙에 의하면 YHS 선수가 구사할 수 있는 손 짚고 앞 돌아 비틀기(YANG Hak Seon, 난도 6.0) 기술과 손 짚고 옆 돌아 비틀기(Tsukahara 1260°, 난도 6.0) 기술은 그룹 유형만 구분되었을 뿐 도마 이륙 후 공중회전과 비틀기를 반복으로 규정하여 두 기술을 동시에 사용하지 못하게 되었다[3, 4]. 이러한 변화에도 불구하고 최근 YHS 선수는 국제대회에서 Lopez(난도, 5.6) 기술을 구사하여 평균 15.266점으로 우승하였다.

따라서 2020년 도쿄올림픽을 준비하는 YHS 선수에게는 감점을 최소화하는 방법도 하나의 전략으로 볼 수 있기 때문에[5], 난도점수 0.4점을 극복하기 위한 새로운 기술 개발보다 런던올림픽 2차 시기에서 완벽하게 구사하였던 Lopez 기술을 재연하는 방법도 금메달획득에 긍정적으로 작용할 것으로 보인다.

도마 Lopez 기술은 발구름 후 도마에 손을 옆으로 짚고 뒤돌아 몸을 편 상태로 세 바퀴 비틀어 착지하는 동작이다[6]. Tsukahara 1260° 기술과는 달리 도마를 마주

보며 착지하기 때문에 상대적으로 부상 위험성이 낮고 착지가 수월하여 국제대회에서 많은 선수들이 시도하고 있다[5]. 도마에 관한 연구들을 살펴보면 빠른 도움닫기에 의한 높은 수직위치가 필수조건이며, 2비약에서 체공 시간을 늘리고 많은 공중회전과 비틀기를 수행 후 완벽한 착지가 핵심이다[7, 8, 9]. YHS 선수를 대상으로 Tsukahara Triple 기술을 분석한 Lee 등[10]은 성공적인 동작에는 제2비약의 체공 높이가 2.98 m, 체공시간이 1.02초가 요구되며 제1비약 시간을 길게 하면서 도마 접촉시간을 최소화했기 때문이라 하였다. 또한 Oh 등[5]의 연구에 의하면 Lopez 기술의 성공 여부는 구름판 접촉시간을 길게 하고 도마 이륙시점에서 투사각을 낮게 하며 투사속도를 빠르게 해야한다고 하였다.

이후 양학선 선수를 대상으로 한 연구[2, 11, 12, 13]는 대부분 신기술에 초점이 맞춰져 있다. 따라서 본 연구는 최근 국제대회 2차 시기에서 구사하고 있는 Lopez 기술에 대해 선행연구[5, 6, 10] 정보를 바탕으로 다양한 변인을 분석함으로써 착지 감점을 줄이고 완성도를 높이기 위한 정량적 자료를 제공하는데 목적을 두었다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상자

본 연구는 올림픽 도마 종목 금메달 수상자인 YHS 선수를 대상으로 하였다. 대상자의 일반적 특성은 나이 27세, 신장 160 cm 체중 52 kg중이다. 실험에 앞서 연구 윤리 규정에 의거하여 본인의 개인정보 활용 동의서의 연구 참여 동의서를 받았다.

2.2 실험장비

Lopez 기술 측정을 위해 8대의 적외선 카메라(Osprey®, Motion Analysis, USA), 6대의 적외선 고속카메라(Raptor-E®, Motion Analysis, USA)를 사용하였다. 영상취득률은 200 Hz로 설정하여 촬영하였다. 카메라는 벽면과 도움닫기 구간 주변에 적절히 설치하여 도마 동작에서 발생하는 반사 마커 궤적 손실을 최소화하였다. 원하는 동작 분석을 위해 19 mm 반사마커(Motion Analysis, USA) 26개를 해부학적 주요지점에 부착시켰다. 15개 분절 신체모델을 사용하여 전역 좌표계는 전진 진행방향을 X축, 진행방향의 좌측을 Y축, 수직 윗방향을 Z축으로 정의하였다. 측정된 3차원 마커 위

치자료를 바탕으로 해석프로그램인 Matlab(ver. 2003, MathWorks, USA)에서 운동학 변인 계산을 하였다.

2.3 실험절차

대상자는 워밍업 후 신체 주요 부위에 반사마커를 부착하였다. 반사마커는 반바지 위와 피부에 붙였으며 동작 중에 떨어지지 않게 신축성이 있는 테잎으로 고정시켰다. 연구 대상자의 결정에 의해 체력적인 부담과 부상 방지를 위해 Lopez 기술은 2차례 시도만 하였고, 1차례는 안전한 착지(success)가 나왔으며 1차례는 전방으로 손을 짚었다(fail). 착지 감점에 대한 판단은 함께 참여한 국가 대표 코치 1명, 국제심판 자격증 소지자 2명, 국내심판 자격증 소지자 1명에 의해 결정되었다. 그 결과를 추후 운동학 변인 분석에 활용하였다.

2.4 이벤트와 분석 구간

본 연구에서 동작 분석을 수행하기 위해 구분한 이벤트, 구간, 각도의 정의는 다음과 같다[2, 13].

2.4.1 이벤트

- BTD(board touch-down): 구름판에 발이 접촉하는 순간
- BTO(board take-off): 구름판에서 발이 이륙하는 순간
- HTD(horse touch-down): 도마에 왼손이 접촉하는 순간
- HTO(horse take-off): 도마에서 오른손이 이륙하는 순간
- PH(peak height): 제2 비약 중 신체중심이 수직으로 최고점에 이르는 순간
- LD(landing): 매트에 발이 접촉하는 순간

2.4.2 구간

- BC(board contact): 발이 구름판에 접촉하고 있는 발구름 구간
- PrF(pre-flight): 제1비약으로 구름판에서 구름판 이륙 시(BTO)부터 도마에 왼손이 접촉하는 순간(HTD)까지
- HC(horse contact): 도마 접촉구간으로 왼손이 도마에 접촉하는 순간(HTD)부터 오른손이 도마를 이륙하는 순간(HTO)까지
- PoF(post-flight): 제2 비약으로 오른손이 도마를

이륙하는 순간(HTO)부터 착지(LD)까지

2.4.3 각도의 정의

- 견관절각(shoulder angle): 상완과 몸통이 이루는 상대 각도
- 고관절각(hip angle): 골반의 수직축과 대퇴의 종축이 이루는 상대 각도
- 구름판 지지각(relative angle to springboard): 두 발 질량중심점 중앙에서 신체중심점으로 향하는 벡터를 XZ 평면(시상면)에 투영하여 X축(수평축)으로부터 생성되는 각을 정의한 것으로 구름판 착지각과 이륙각
- 도마 지지각(relative angle to vault table): 양손 질량중심점에서 신체중심으로 향하는 벡터를 XZ 평면(시상면)에 투영하여 X축(수평축)으로부터 생성되는 각을 정의한 것으로 도마 착지각과 이륙각
- 동체 비틀기각(torso twist angle): 상체가 XY 평면으로 투영된 각도(X축과 이루는 절대각)

3. 결과

3.1 구간별 소요시간

구간별 소요시간은 Table 1과 같다. 전체 소요시간은 T1이 1.45초, T2가 1.41초로 T1 동작이 0.04초 길었다. 구간별 소요시간으로 분석한 결과 BC구간에서 T1이 0.06초, T2가 0.05초로 T1이 0.01초 길었으며, PrF구간에서는 차이가 없었다. HC구간에서는 T1이 T2보다 0.01초 짧았으며, PoF 구간에서 T1 동작이 0.04초 더 길었다.

Table 1. Phase time comparison (unit: sec)

| | BC | PrF | HC | PoF | VT |
|----|------|------|------|------|------|
| T1 | 0.06 | 0.16 | 0.11 | 1.13 | 1.45 |
| T2 | 0.05 | 0.16 | 0.12 | 1.09 | 1.41 |

T1: Success, T2: Fail

3.2 신체중심의 수평, 좌우, 수직 위치 변화

각 시점별 신체중심 수평, 좌우, 수직위치 변화를 나타낸 것은 Table 2와 같다. 수평위치를 살펴보면 BTO와 HTD에서는 유사하게 나타났으며, HTO에서는 T1이

0.07 m 짧았다. LD에서는 T1이 5.78 m, T2가 5.60 m 로 T1이 T2보다 0.18 m 길었다. T1 경우 PrF에서 0.84 m로 T2 0.88 m보다 짧은 이동을 나타냈고, PoF에서는 0.25 m 더 길게 이동하였다.

Table 2. Comparisons of horizontal, lateral, and vertical displacements of the center of mass (unit: m)

| | | BTD | BTO | HTD | HTO | PH | LD | D | |
|---|----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | PrF | PoF |
| X | T1 | 0 | 0.36 | 1.20 | 1.69 | 3.29 | 5.78 | 0.84 | 4.09 |
| | T2 | 0 | 0.34 | 1.22 | 1.76 | 3.32 | 5.60 | 0.88 | 3.84 |
| Y | T1 | 0.06 | 0.08 | 0.01 | -0.03 | 0.05 | 0.10 | | |
| | T2 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.13 | 0.24 | | |
| Z | T1 | 0.90 | 1.00 | 1.62 | 2.04 | 2.93 | 0.70 | | |
| | T2 | 0.92 | 0.97 | 1.58 | 2.03 | 2.92 | 0.73 | | |

T1: Success, T2: Fail
X: horizontal, Y: lateral, Z: vertical, D: displacement

좌우위치를 살펴보면 BTO와 BTD에서 두 동작이 우측으로 이동하였다. 반면 HTD부터 T1의 경우 0.01 m 우측으로 이동이 감소하면서 HTO에서는 -0.03 m 좌측으로의 이동을 나타냈지만, T2는 0.07 m 우측으로 이동이 유지되었다. 이후 PH와 LD에서는 T1보다 0.08 m, 0.14 m 긴 우측 이동범위를 나타냈다.

신체중심 수직위치를 살펴보면 BTD에서 T1이 0.90 m, T2가 0.92 m로 T1이 다소 낮았으며, BTO와 HTD에서는 T1이 1.00 m, 1.62 m, T2가 0.97 m, 1.58 m로 T1이 높게 나타났다. 이후 HTO와 PH에서는 유사하게 나타났으며, LD에서는 T1이 0.03 m 낮게 나타났다.

3.3 신체중심의 수평과 수직속도 변화

각 시점별 신체중심 수평, 수직속도를 나타낸 것은 Table 3과 같다. 수평속도를 살펴보면 모든 시점에서 T1이 T2보다 느린속도를 나타냈다. 구름판 접촉구간 변화량에서는 T1이 -1.93 m/s, T2가 -1.82 m/s로 T1에서 감속이 더 크게 나타났으며, 도마 접촉구간에서는 T1이 -1.31 m/s, T2가 -1.51 m/s로 T2에서 감속이 더 크게 나타났다.

수직속도를 살펴보면 BTD와 LD에서 T1이 -0.55 m/s, -3.99 m/s로 T2 -0.78 m/s, -5.18 m/s보다 느리게 나타낸 반면 BTO, HTD, HTO에서는 T1의 상방향 수직속도가 T2보다 빠르게 나타났다. 구름판 접촉구간 변화량에서는 T1이 T2보다 0.14 m/s 큰 가속을 나타냈

으며, 도마 접촉구간에서는 T2가 T1보다 0.02 m/s 큰 가속을 나타냈다.

Table 3. Comparisons of horizontal and vertical linear velocities of the center of mass (unit: m/s)

| | | BTD | BTO | ΔB | HTD | HTO | ΔH | LD |
|---|----|-------|------|-------|------|------|-------|-------|
| | | | | | | | | |
| X | T2 | 7.81 | 5.99 | -1.82 | 5.38 | 3.87 | -1.51 | |
| Z | T1 | -0.55 | 3.85 | 4.40 | 3.42 | 4.18 | 0.76 | -3.99 |
| | T2 | -0.78 | 3.08 | 3.86 | 3.38 | 4.16 | 0.78 | -5.18 |

T1: Success, T2: Fail, X: horizontal, Z: vertical
B: board, H: horse

3.4 고관절 각도

각 시점별 고관절 각도를 나타낸 것은 Table 4와 같다. 고관절 각도를 살펴보면 모든 시점에서 큰 차이가 나타나지 않았다.

Table 4. Comparisons of hip joint angles of major events. (unit: deg)

| | BTD | BTO | HTD | HTO | PH | LD |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T1 | 107.09 | 127.08 | 157.98 | 161.61 | 172.89 | 142.56 |
| T2 | 107.04 | 126.42 | 156.31 | 158.47 | 174.81 | 141.97 |

T1: Success, T2: Fail

3.5 슬관절 각도

각 시점별 슬관절 각도를 나타낸 것은 Table 5와 같다. 슬관절 각도를 살펴보면 BTD에서는 큰 차이가 나타나지 않았으나, BTO와 HTD에서 T1이 149.11°, 170.47°, T2가 146.17°, 168.90°로 T1이 T2보다 다소 큰 각도를 나타냈다. 이후 다른 시점에서는 큰 차이가 나타나지 않았다.

Table 5. Comparisons of knee joint angles of major events. (unit: deg)

| | BTD | BTO | HTD | HTO | PH | LD |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T1 | 142.94 | 149.11 | 170.47 | 169.01 | 165.58 | 151.84 |
| T2 | 142.99 | 146.17 | 168.90 | 168.61 | 165.26 | 152.06 |

T1: Success, T2: Fail

3.6 견관절 각도

각 시점별 좌·우 견관절 각도를 나타낸 것은 Table 6 과 같다. 견관절 각도를 살펴보면 HTD에서는 T1 좌측 견관절 각이 114.94°, T2 좌측 견관절각이 109.81°로 T1이 T2보다 다소 큰 각도를 나타냈으며, HTO에서도 T1 우측 견관절 각이 129.11°, T2 우측 견관절각이 124.57°로 T1이 다소 큰 각도를 나타냈다. 반면 PH와 LD에서는 T1이 T2보다 작은 좌·우 견관절각을 나타냈다.

Table 6. Comparisons of shoulder joint angles of major events. (unit: deg)

| | | HTD | HTO | PH | LD |
|----|---|--------|--------|-------|--------|
| T1 | L | 114.94 | 123.75 | 28.82 | 91.10 |
| | R | 131.68 | 129.11 | 71.88 | 74.53 |
| T2 | L | 109.81 | 117.92 | 34.38 | 103.12 |
| | R | 128.86 | 124.57 | 78.52 | 90.18 |

T1: Success, T2: Fail

3.7 구름판, 도마 지지각

각 시점별 구름판, 도마 지지각을 나타낸 것은 Table 7과 같다. 구름판 지지각의 경우 T1이 72.12°, 96.02°, T2는 70.75°, 93.02°로 T1이 T2보다 큰 각도를 나타냈으며, 각변위에서는 큰 차이가 나타나지 않았다. 도마 지지각은 HTD에서는 T1이 23.37°로 19.65°인 T2보다 큰 각으로 진입했지만, HTO에서는 T1이 작은 각을 나타내며 이륙하는 것으로 나타났다. 각변위에서는 T1이 T2보다 작은 각변위를 나타냈다.

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

| | B | | H | |
|----|-------|-------|-------|-------|
| | BTD | BTO | HTD | HTO |
| T1 | 72.12 | 96.02 | 23.37 | 66.17 |
| T2 | 70.75 | 93.02 | 19.65 | 67.67 |

T1: Success, T2: Fail, B: board, H: horse

3.8 동체 비틀기각

동체 비틀기각의 경우 음(-)의 각도를 나타내는 것은 스카하라 계열의 경우 측면으로 도마를 접촉하기 때문이

며, 공중에서 회전하는 방향 반대로의 비틀림을 의미한다[10].

각 시점별 비틀기 각도를 나타낸 것은 Table 8과 같다. 비틀기각을 살펴보면 BTD와 BTO에서는 T1이 -8.50°, -19.69°, T2가 -4.16°, -13.76°로 T1이 더 큰 비틀림각을 나타냈지만, HTD에서는 유사한 각을 나타냈다. HTO에서 T1은 -52.68°로 HTD보다 음(-)의 비틀림 각이 다소 감소하였으나, T2는 -55.86°로 각을 유지한 것으로 나타났다. 이후 PH와 LD까지 T1이 T2보다 동체 비틀기각이 크게 나타났다.

Table 8. Twist angle of the body (unit: deg)

| | BTD | BTO | HTD | HTO | PH | LD |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| T1 | -8.50 | -19.69 | -54.84 | -52.68 | 261.19 | 1047.28 |
| T2 | -4.16 | -13.76 | -55.71 | -55.86 | 232.42 | 1030.34 |

T1: Success, T2: Fail

3.9 동체 비틀기 각속도

각 시점별 비틀기 각속도를 나타낸 것은 Table 9와 같다. 비틀기 각속도를 살펴보면 HTO에서 T1이 13.07°/s, T2가 2.93°/s로 T1이 빠르게 나타났으며, PH와 LD에서도 T1이 T2보다 빠른 비틀기 각속도를 나타냈다.

Table 9. Twist angular velocity of the body (unit: °/s)

| | HTO | PH | LD |
|----|-------|---------|--------|
| T1 | 13.07 | 1376.84 | 240.83 |
| T2 | 2.63 | 1218.61 | 110.58 |

T1: Success, T2: Fail

4. 논의

로페즈 기술은 발구름 후 도마에 손을 순차적으로 짚고 몸 퍼 뒤 공중 돌며 3회전 비틀기를 하는 동작이다[6]. 로페즈 기술과 같은 발구름 후 90° 비틀어 진입하는 스카하라 계열의 기술들은 정면으로 진입하는 핸드스프링 계열의 기술들에 비해 도약력이 약하기 때문에 도마 접촉 시 한쪽 팔에 하중이 치우치지 않게 하여 탄성을 얻어내는 동작 수행 여부가 성공의 관건이라고 볼 수 있다 [14].

YHS선수가 수행하는 로페즈 동작에서 고득점을 부여 받기 위한 1차적인 문제는 몸 퍼 뒤 공중돌며 3회전 비틀기 후 완벽하게 착지가 이루어졌는지가 중요한데 실패 동작은 착지 시 신체가 앞으로 이동하면서 손을 짚는 실수를 하였다. 따라서 제2비약에서 비틀기 운동을 효율적으로 수행할 수 있는 요인을 파악하는 데 초점을 맞추어야 할 것이다.

본 연구 결과 구간별로 성공 동작과 실패 동작의 차이점을 볼 수 있었다. 구름판 접촉구간에서 성공 동작이 느린 접촉시간을 나타냈다. 하지만 동일 구간에서 더 큰 슬관절 움직임 가동범위를 가져갔다. 고득점 선수일수록 고관절과 슬관절 굴곡이 크고 빠른 신전이 이루어지고[15], 도움닫기에 의한 수평속도를 수직속도로 상승시키는 방법도 매우 중요하다[10, 13, 16, 17, 18]. 즉, 강한 발구름과 함께 제1비약을 한 것으로 볼 수 있었으며, 수평수직속도의 손실을 줄여 도약운동에 유리하게 작용한 것으로 판단된다. 반면 실패 동작은 BTO에서 성공 동작보다 슬관절의 신전이 부족하였기 때문에 반력을 충분히 활용하지 못한 것으로 판단된다.

제1비약 구간에서는 성공 동작이 짧은 수평 신체중심 이동거리와 높은 신체중심 수직위치를 나타냈으며, 도마 착지각도 높게 진입하였다. 이로 인해 신체중심 좌우 이동변위가 감소한 것으로 판단된다. 반면 실패 동작은 신체 차올림이 부족하여 우측으로 밀리는 현상이 지속된 것으로 유추할 수 있다. 제1비약에서 수평이동이 작은 선수일수록 도마에 빨리 진입하여 도마 탄성을 충분히 얻어낼 수 있고[17], 성공 동작에서도 높은 신체 중심위치와 도마 착지각을 나타냈다[10]. 이런 선행연구들의 결과는 본 연구의 성공 동작 결과를 뒷받침하였다.

도마 접촉구간에서는 성공 동작이 좌측 견관절각을 보다 크게 접촉하여 다소 짧은 접촉시간이 나타났다. 이러한 동작은 운동 진행방향으로 몸이 밀려나가지 않고 수직속도를 만들기 위한 자세로 볼 수 있다. LEE 등[10]은 측면으로 도마를 짚는 스카라트리플 동작의 경우 도마 접촉시간은 기술의 성패를 좌우하는 중요한 요인이다. 완성도가 높은 동작일수록 접촉시간과 수평 위치변화가 짧아야 한다고 보고되고 있어 본 연구의 성공 동작과 일치하였다. 짧은 접촉시간은 도마의 탄성을 얻어내는 중요한 요인으로 제2비약에 직접적인 영향을 미친다[19, 20]. 또한, 도마를 접촉하는 신체 자세에 따라 접촉시간이 짧아지고 동일한 운동량 변화조건에서 매우 큰 충격력을 얻을 수 있기 때문이다[21]. 실패 동작은 좌측 견관절각을 작게 접촉하여 우측 견관절에 하중이 집중되어 시간이

다소 길어진 것으로 판단된다.

제2비약 구간에서 소요시간과 수평 변위가 길게 나타났다. 제2비약 소요시간과 수평 이동거리를 길게 가져가야 많은 양의 비틀기를 할 수 있고 고득점 기회가 높게 나타났다고 보고하여[10, 22, 23]. 본 연구의 결과와 일치하였다. 또한, HTD에서 우측 견관절각을 크게 하면서 빠른 양(+)의 비틀기 각속도를 나타냈다. 이륙 시 초기 비틀기 각운동량이 없다면 많은 양의 비틀기가 어렵다. 하지만, 음(-)에서 양(+)으로의 비틀기 방향이 적절하게 전환되면 강한 역회전 토크가 발생한다고 하였다[21]. 즉, 좌우 신체이동에 의한 효과적인 블로킹이 이루어져 공중회전을 원활하게 한 것으로 판단된다. 이후 PH와 LD에서도 좌-우견관절각을 작게 하여 회전저항을 감소시키고 신체중심을 낮춰 착지의 안정성에 영향을 준 것으로 볼 수 있었다. 빠른 비틀기를 수행하는 과정속에서 어떻게 해야만 안정된 착지자세를 이룰 수 있는지가 매우 중요한데[2], 실패 동작의 경우 성공 동작보다 우측 견관절에 의한 각운동량(Salto, Twist)이 부족하였고, 공중 자세와 착지 시에도 견관절각을 크게 하여 실수를 유발한 것으로 판단된다.

도마중목은 2초 이내에 동작이 수행되기 때문에 빠른 판단력과 고도의 집중력이 필요하다[17]. 종합하면 로페즈 기술을 성공적으로 수행하기 위해서는 빠른 수직속도를 위한 짧은 접촉시간도 중요하지만 본 연구 결과를 살펴볼 때 도마 이륙과 착지에서 견관절을 어떤 자세로 가져가야 하는지가 더 중요한 관건이라고 볼 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 YHS 선수의 로페즈 기술을 구사 시 성공과 실패 동작을 비교·분석하여 기술의 완성도를 높이는 데 기여하고자 훈련상황에서의 3차원 동작분석을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 구름판 접촉구간에서 성공 동작의 소요시간이 실패 동작보다 길었으며, 성공 동작은 슬관절의 가동범위를 실패 동작보다 크게 하였다.

둘째, 제1비약에서 성공 동작과 실패 동작의 소요시간은 동일하였다. 성공 동작은 실패 동작보다 짧은 수평이동을 했으며, 높은 수직위치와 도마 착지각을 보였다.

셋째, 도마 접촉구간에서 성공 동작의 소요시간이 실패 동작보다 짧았다. 성공 동작은 HTD에서 실패 동작보다 좌측 견관절각을 크게 하였다.

넷째, 제2비약에서는 성공 동작의 소요시간이 실패 동작보다 길었으며, 긴 수평이동을 하였다. 성공 동작은 HTO에서 우측 견관절각을 크게 하였고, 비틀기 각속도는 빨랐다. 성공 동작은 PH와 LD에서 좌-우견관절각을 작게 하였다.

위 결론에 대한 제언으로 우선 YHS 선수가 안정적인 로페즈 기술을 구사하기 위해서는 HTD 순간에 높은 자세로 진입하여 HTO에서는 우측 견관절각을 크게하여 빠른 비틀기 각속도를 만들어야 할 것이다. 또한 PH와 LD순간에서는 좌-우견관절각을 작게하여 관성모멘트를 줄이고 신체중심을 낮춰서 완벽한 착지를 수행할 수 있는 기반을 마련해야 할 것이다.

마지막으로 본 연구의 한계점은 시행 횟수가 많지 않았다는 것이다. 연습 상황 외에 경기 상황에서도 로페즈 기술자료가 있었다면 보다 세밀한 분석이 이루어졌을 것으로 생각된다.

References

- [1] D. M. Kim, "The Analysis on Performances of the Men's Vault in the Rio Artistic Gymnastic Olympic Game in 2016", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.26, No.1, pp.1151-1160, 2017.
- [2] J. H. Park, J. H. Song, "The Kinematic Analysis of Tsukahara Stretched with 7/2 Turn (YANG Hak Seon 2) in Vault", *Korea Journal of Sports Science*, Vol.26, No.2, pp.413-429, 2015.
DOI: <http://doi.org/10.24985/kiss.2015.26.2.413>
- [3] S. K. Nam, C. S. Yoon, "A Study of Prediction of Technological Change of Vault According to Man's Gymnastics Rule Change", *The Korea Journal of Sport*, Vol.16, No.1, pp.553-561, 2018.
- [4] C. S. Yoon, S. H. Yoon "Analysis of Men's Vault Performance in the 46th World Artistic Gymnastics Championship", *The Korea Journal of Sport*, Vol.15, No.4, pp.795-802, 2017.
- [5] W. K. Hong, J. S. Oh, "A Study on Qualitative and Quantitative Analyses of Tsukahara Triple - Focusing on a Single Case", *Korea Journal of Sports Science*, Vol.24, No.3, pp.1629-1638, 2015.
- [6] J. H. Park, S. H. Youn, J. H. Back, D. M. Kim, N. J. Chung "The Kinematic Analysis of Ropez Motion in Horse Vaulting", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.42, No.3, pp.697-708, 2003.
- [7] Y. Takei, "Three-dimensional analysis of handspring with full turn vault: Deterministic model, coaches' beliefs, and judges' scores", *Journal of Applied Biomechanics*, Vol.14, pp.190-210, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/jiab.14.2.190>
- [8] Y. Takei, E. P. Blucker, H. Nohara, N. Yamashita, "The Hecht vault performed at the 1995 World Gymnastics Championships: Deterministic mode and judges' scores", *Journal of Sports Science*, Vol.18, No.11, pp.849-863, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/026404100750017788>
- [9] M. R. Yeadon, M. A. King, E. J. Sprigings, "Pre-flight characteristics of Hecht vaults", *Journal of Sports Science*, Vol.16, No.4, pp.349-356, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02640419808559363>
- [10] S. H. Lee, J. H. Song, J. C. Park, "Case study of Tsukahara Triple motion in gymnastic vault", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.21, No.6, pp.1529-1539, 2012.
- [11] J. H. Song, Y. J. Moon, J. H. Park, "Kinematic analysis to improve the completeness of YANG Hak Seon technique: A case study", *Korea Journal of Sport Science*, Vol.28, No.4, pp.1063-1072, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.24985/kiss.2017.28.4.1063>
- [12] J. H. Song, J. H. Park, J. S. Kim, "Kinematic analysis of success strategy of YANG Hak Seon technique", *Korea Journal of Sport Science*, Vol.29, No.2, pp.376-389, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.24985/kiss.2018.29.2.376>
- [13] C. H. Park, Y. K. Kim, "Kinematic Comparisons between Yang-1 and Yang-2 Vaults in Men's Artistic Gymnastics", *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol.24, No.4, pp.317-327, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2014.24.4.317>
- [14] C. Dilman, P. Cheetham, S. L. Smith, "A kinematic analysis of men's Olympic long horse vaulting", *International Journal of Sport Biomechanics*, Vol.1, pp.96-110, 1985.
DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsb.1.2.96>
- [15] Y. J. Kim, "The kinematic analysis of driggs motion in horse vaulting - A case study", *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol.15, No.3, pp.175-183, 2015.
- [16] H. C. Yeo, "Kinematic Analysis of Yeo motion at horse vaulting", *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol.13, No.1, pp.39-50, 2003.
- [17] K. C. Lim, "Biomechanical analysis of Tsukahara vault with double salto backward piked", *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol.14, No.3, pp.135-147, 2004.
- [18] J. H. Park, J. H. Song, "The Kinematic Analysis of YANG Hak Seon Vault", *Korea Journal of Sport Science*, Vol.23, No.3, pp.702-717, 2012.
DOI: <http://doi.org/10.24985/kiss.2012.23.3.702>
- [19] Y. Takei, "Techniques used in performing handspring and salto forward tucked in Gymnastic vaulting", *International Journal of Sport Biomechanics*, Vol.4, pp.260-281, 1988.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/ijsb.4.3.260>
- [20] Y. Takei, "Techniques used in high-and low-scoring

Hecht Vaults Performed at the 1995 World Gymnastics championships”, *Journal of Applied Biomechanics*, Vol.16, pp.180-195, 2000.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/jab.16.2.180>

- [21] C. H. Park, Y. K. Kim, C. Y. Back, “Kinematic Comparisons of the Tsukahara Vault between a Top-level Athlete and Sublevel Collegiate Athletes”, *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol.26, No.1, pp.71-82, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2016.26.1.71>
- [22] S. H. Lee, J. H. Back, Y. S. Kim, T. U. Kong, “The kinematic analysis of Kasamatsu in vault”, *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol.15, No.4, pp.1-11, 2005.
- [23] S. H. Lee, J. H. Park, C. H. Lee, “Kinematic Analysis of Acopian in Vault”, *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol.16, No.1, pp.89-99, 2006.
-

박 철 희(Cheol-Hee Park)

[정회원]



- 2008년 8월 : 목포대학교 교육대학원 체육교육학과 (석사)
- 2016년 8월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과 (박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 체육교육학과 강사

<관심분야>

운동역학, 기계체조