



한국운동역학회지, 2004, 제14권 2호, pp. 1-14
Korean Journal of Sport Biomechanics
2004, Vol. 14, No. 2, pp. 1-14

링의 스왈로에서 나카야마 기술로의 연결 동작에 대한 운동학적 분석

정남주*(호남대학교)

ABSTRACT

Kinematic Analysis of the Linking Motion from the Swallow Skill to the Nakayama Skill on the Rings

Chung, Nam-Ju*(Honam University)

N. J. CHUNG. Kinematic Analysis of the Linking Motion from the Swallow Skill to the Nakayama Skill on the Rings. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 2, pp. 1-14, 2004. This study was intended to contribute to allowing athletes to raise a technical understanding of two motions of high difficulty such as the Swallow motion and the Nakayama motion and enhance their competitive power by analysing the kinematical factors required to link those two motions on the competitive scene on the rings for current national athletes. For this purpose, the game of the ring event was videotaped for male heavy gymnasts participating in the final elimination match of the 2004 Athens Olympic Games. This study attempted to select the performing motion of the final 1st-and 2nd-place athletes performing the linking motions

투 고 일 : 2004년 6월 30일 접수

심 사 일 : 2004년 7월 6일

심사완료일 : 2004년 8월 8일

* Corresponding author, 교수, 506-814 광주 서구 쌍촌동 호남대학교 스포츠레저학부
연락처: pechung@honam.ac.kr, Tel : 062-370-8320

from the Swallow motion and the Nakayama motion using the DLT(direct linear transformation) method. As a result, it arrived at the following conclusion : A1 properly performed the flexing and extending movements using the angular velocity of the segment and joint as the switching motion using the body at the time of linking the motion from the Swallow skill to the Nakayama skill. A2 was evaluated to perform the skill taking the form of depending on the force at the static state. Therefore, it is thought that A1 should take care of shaking at the time of using the elasticity of the body. It is thought that in case of A2 the proper use of the elasticity of the body take care of shaking at the switching motion while taking advantage of the force will contribute to his competitive power.

KEY WORDS : SWALLOW SKILL, NAKAYAMA SKILL

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

남자 기계체조 6 종목 중 링(Rings) 운동은 높이 550cm로부터 2개의 줄과 줄에 연결된 지름 18cm의 링으로 구성되어있다. 링 운동은 힘차고 경쾌하며 안정감 위주로 정적 운동과 동적 움직임으로 아름다움과 장쾌함을 유도하는 종목으로 연기중에 링 줄이 심하게 흔들리거나 꼬여서는 안된다. 링 경기는 다른 종목보다 더 많은 근력을 필요로하기 때문에 남자 종목중 가장 어려운 종목에 속한다. 링 운동의 연기구성은 링이 동요함이 없이 진동기술, 힘기술, 정지기술 그리고 내리기 기술로 짜임새 있게 구성되나, 최근의 경기에서는 힘기술과 진동기술을 중심으로 구성하고 있다.

링 운동에 관련된 그 동안의 선행연구를 살펴보면, 노영태(1992)는 올림픽 체조경기의 링 규정연기 변천에 관한 연구에서 대부분의 내리기 기술들은 앞 휘돌기 기술을 이용한 뒤공중돌아 내리기 동작과 뒤 공중돌며 1회전 혹은 2회전 비틀기 동작을 실시하고 있다고 보고하였다. Yeadon(1994)은 링 내리기 기술로 사용된 비틀기 기술의 운동학적 연구에서, 수직축에 대한 비틀기각(twist angle), 전후면의 수평축에 대한 경사각(tilt angle), 그리고 좌우 수평축에 대한 공중회전각(somersault) 등을 분석하였다. 또한, 김충태 등(1996)은 애틀랜타 올림픽 체조 자유연기의 실수유형에 관한 고찰에서 진동기술의 실수유형은 다리 벌림, 팔굽힘, 고관절의 굽힘, 링줄의 흔들림 등에 의해서 발생한다고 하였다. 류지선 등(1997)은 링 앞 휘돌아 물구나무서기 동작의 운동학적 분석에서 신체중심에 따른

관절각도와 속도변인들의 관계를 하강국면과 배팅국면 그리고 상승국면으로 나누어 분석하였다. 김명철 등(2001)은 링 십자물구나무서기 동작의 EMG 분석을 통해 전체 근수축 기간에 대한 전과 정류 신호를 적분한 결과 상체근에서는 삼각근, 승모근, 대흉근, 광배근순으로 높은 근활동전위를 나타내었고 상지근에서는 상완이두근, 완요골근, 유추수근굴근, 상완삼두근 순으로 높은 전위활동을 보였다고 하였다.

링 운동에서 높은 점수를 얻기 위해서는 힘기술에서의 변화와 십자물구나무서기 등 고난도 기술과 고난도의 직접 연결이 가치점에 영향을 받으며 버티기와 물구나무서기 자세를 실행 할 때는 팔을 직선으로 펴는 것이 필수조건이다. 링 운동의 연기구성 중 흔들어 스왈로 자세(팔과 몸의 각도가 수평자세)와 나카야마 자세(몸 숙였다 팔 당겨 십자버티기)로의 연결 동작은 0.5점의 가치점을 받는 동작이다. 뒤 흔들어 스왈로 동작(E난이도)은 팔을 몸통에서 외전시켜 전신(whole body)이 지면과 수평이 되게 유지하는 자세이다. 그리고 나카야마 동작은 양팔을 외전시킨 상태에서 전신을 수직으로 유지시킨 다음 상체를 세워 십자버티기 자세를 유지하는 D난이도 기술이다. 이 기술들은 난이도의 구성이 높을 뿐아니라 두개의 기술을 연결하여 구성할 경우 높은 점수와 가치점을 받을 수 있는 동작이다. 즉, 흔들어 수평버티기인 스왈로는 E난이도로 0.2점, 나카야마는 D난이도로 0.1점, 두 동작의 연결 보너스 점수는 0.2점으로 총 0.5점의 가치점을 받는다. 또한, 정지자세에서 수평버티기인 스왈로는 D난이도로 0.1점, 나카야마는 D난이도로 0.1점, 두 동작의 연결동작에서 0.1점으로 총 0.3점의 가치점을 받는다. 이처럼 스왈로 동작에서 나카야마 동작은 최소 0.3점에서 최대 0.5점까지의 가치점을 받을 수 있어 그 기술의 중요성이 높다고 할수있다.

그동안 진행되어온 링에 관련된 연구들은 하나의 동작만을 완성하기 위해 필요한 역학적 요인에 주안점을 두고 실시되어왔으며 다음단계로의 전환에 필요한 기술적 요인에 대한 내용은 다루어지지 않았다. 기계체조의 연기구성에서 높은 난이도의 연결동작은 부수적 효과를 발생시키기 때문에 이에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 보여진다. 따라서 본 연구는 현재 국가대표선수를 대상으로 링 경기장면에서 난이도의 구성이 높은 두개동작 즉, 스왈로(SWALLOW) 동작에서 나카야마(NAKAYAMA) 동작을 연결시키는데 요구되는 운동학적 요인들을 분석하여 이를 수행하는 선수들에게 기술적 이해를 높이고 경기력에 도움을 주고자한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 2004년 현재 국가대표 남자기계체조 상비군에 속해있는 선수 2명(신장 : $160\pm 2.1\text{cm}$, 체중 : $59.4\pm 2.4\text{kg}$, 경력 : $14\pm 3.3\text{yrs.}$)을 대상으로 실시하였다. 이 선수들은 모두 아테네 올림픽 최종 예선전에 참가하여 선발되었으며 링 종목에서 1, 2위의 성적을 거두었으며 세계선수권 및 올림픽에서 상위권진입이 가능한 기술을 보유하고 있다.

2. 실험절차 및 자료처리방법

본 연구는 아테네 올림픽 최종 선발전 경기장면을 직접 촬영하였다. 경기수행에 지장을 주지 않기 위해 링 종목의 기구가 설치되어 있는 곳을 기준으로 전면과 좌측면에 디지털 카메라 2대를 설치하였다. 영상자료의 동조를 위해 자체 개발한 램프인디케이터를 2대의 디지털카메라 바로 앞에 설치하여 선수들의 경기수행에 지장 없도록 하였다. 이후 최종선발전이 진행되어 선수들이 링 종목에서 8명의 선수가 각자의 기술을 실시하였다. 링 종목의 경기가 종료된 직후 높이 5m, 폭 1m, 길이 3m의 통제점 틀을 링 종목이 실시된 곳에 설치하여 약 5분간 녹화하였다<그림 1>.

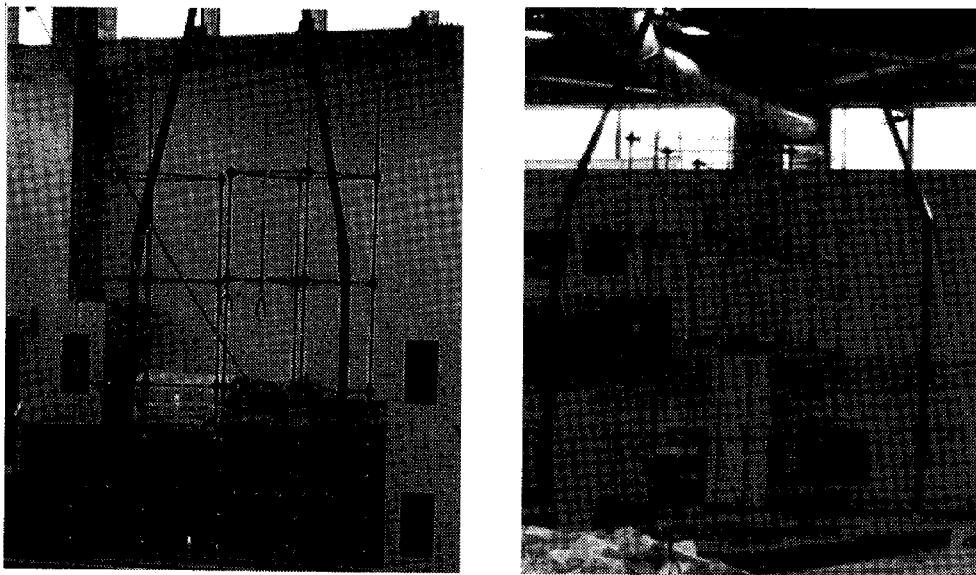


그림 1. 통제점 틀 설치장면

2대의 디지털 카메라에서 촬영된 영상을 디지털화하여 2차원 좌표를 얻은후 3차원 좌표를 산출하기 위해 이미 알고 있는 통제점 틀의 공간좌표를 활용하는 DLT(direct linear transformation) 방법을 사용하였다(Abdel-Aziz & Karara, 1971). 통제점 틀에 표시되어있는 총 36개고 통제점 3번씩 좌표화하여 평균값을 파일로 저장하여 공간좌표산출에 활용하였다. 인체의 모델링은 총 18개의 관절점과 14개의 분절이 서로 연결되어 있는 강체계(linked rigid body system)로 정의하였다. 각 분절의 무게중심과 전신 무게 중심의 위치를 구하기 위한 인체분절지수(body segment parameter)는 plagenhoef(1983)의 자료를 이용하였다. 3차원 좌표값을 산출하는 과정에서 여러 가지 원인에 의한 노이즈(noise)가 발생하는데, 이러한 노이즈를 제거하기 위해 Butterworth의 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용한 스무딩(smoothing)을 실시하였으며 이때 차단 주파수는 4.0Hz로 설정하였다.

3. 분석변인 및 분석구간 설정

본 연구에서의 분석변인은 수행시간, 인체중심변위와 속도, 어깨, 고관절, 발목관절 이동변위, 몸통분절과 고관절 각도를 분석하였다. 스왈로 동작에서 나까야마 동작으로의 연결동작을 상세히 분석하기 위해 다음과 같이 4개의 국면(Event)과 3개의 구간(Phase)로 나누었다<그림 2>.

1) 국면(Event)

- ① Event 1(E1) : 스왈로 자세
- ② Event 2(E2) : 최저점
- ③ Event 3(E3) : 십자버티기 자세
- ④ Event 4(E4) : 나까야마 자세

2) 구간(Phase)

- ① Phase 1(P1) : 하강구간
- ② Phase 2(P2) : 상승구간
- ③ Phase 3(P3) : 접기구간

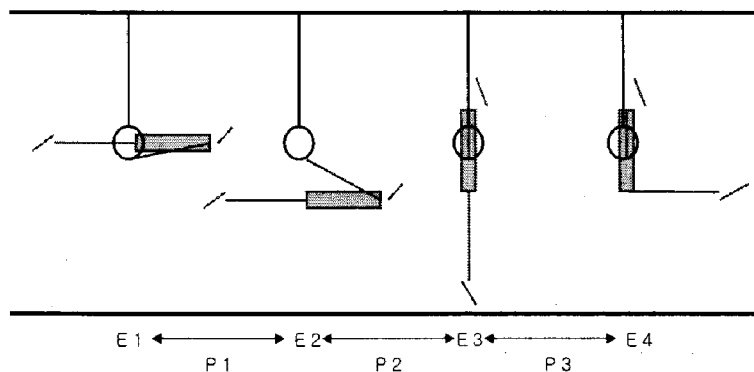


그림 2. 분석국면

Ⅲ. 연구결과 및 논의

1. 동작수행시간

링 운동의 스왈로 동작에서 나까야마 동작으로의 전환동작을 실시하는데 소요되는 구간별 시간 및 전체시간, 그리고 전체시간에 대한 구간별 시간비율(%)에 대한 결과는 <표 1>과 같다.

표 1. 구간별 소요시간 및 비율

| 대상자 | 변인 | P1 | P2 | P3 | Total |
|------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| A1 | | 0.483(22) | 0.817(38) | 0.867(40) | 2.167 |
| A2 | | 0.850(28) | 1.066(36) | 1.067(36) | 2.983 |
| M±SD | | 0.667±0.26 (25±4.24) | 0.942±0.18 (37±1.41) | 0.967±0.14 (38±2.82) | 2.575±0.57 |

표에서 나타난 바와 같이 A1은 전체 수행시간이 2.167초, A2는 2.983초를 보여 A2가 다소 긴 수행시간을 보였다. 전체소요시간에 대한 구간별 소요시간의 비율을 살펴보면 P1에서는 A1이 22%, A2가 28%, P2에서는 A1이 38%, A2가 36%, P3에서는 A1이 40%, A2가 36%의 결과를 보여주었다. 즉, A1과 A2 모두 스왈로 동작에서 나까야마 동작으로의 전환소요시간은 접기구간(P3)이 가장 길었으며 다음으로 상승구간(P2)이 이었으며, 다음으로 하강구간(P1)이 가장 짧게 나타났다. 접기구간의 소요시간이 가장 긴 이유는 링을 중심으로 각 관절의 위치가 다른 구간에 비해 멀리 위치해 있고, 양팔 옆으로 벌려 십자버티기자세에서 신체를 수직으로 끌어올리는데 있어 많은 근력이 요구되기 때문에 긴 시간을 소요한 것으로 생각된다. 전체 소요시간과 구간별 소요시간 비율은 A1과 A2간에서 다르게 나타났지만 구간별 소요시간의 비율 순서는 동일한 결과를 보여주었다. 결국, 스왈로에서 나까야마 동작으로의 연결동작은 선수마다 동작을 완성하기까지의 소요시간을 다르게 사용하지만 전체소요시간에 대한 구간별 소요시간의 비율순서는 비슷하다는 결과를 보여주고 있어 시간비율에 대한 일정한 패턴이 있음을 보여주었다.

2. 신체중심변위와 속도

스왈로에서 나까야마 동작으로의 연결동작을 3개의 구간으로 나누었다. P1은 스왈로 자세에서 최저점까지의 하강구간을, P2는 최저점에서 십자버티기자세까지의 상승구간을, P3는 십자버티기자세에

서 나카야마자세까지의 접기구간을 의미한다. 구간별 신체중심변위와 신체중심속도에 대한 결과는 <표 2>와 같으며 동작수행동안의 인체중심 궤적에 대한 결과는 <그림 3>과 같다.

위의 결과에서 X성분의 (-)값은 처음 위치에서 좌측 방향으로의 이동을 의미하며 Y성분의 (-)값은 처음위치에서 후측방향으로 이동을 의미한다. 그리고 Z성분의 (-)값은 처음위치에서 아랫방향으로의 이동을 의미한다. 인체중심변위에 대한 결과를 살펴보면 A1과 A2는 동일한 동작을 실시함에도 불구하고 P1에서는 Y성분의 값이 서로 대조적이며 P2에서는 X성분과 Y성분이 서로 상반대 방향으로의 이동을 보여주고 있었으나 P3에서는 동일한 방향으로의 이동을 보여주었다. 전체이동변위에 대한 결과를 보게되면, X성분은 동일한 방향으로 움직였으나 A2의 변위가 다소 크게 나타났으며 Y성분은 서로 다른 방향으로의 이동변위를 보이면서 A1의 이동변위폭이 A2보다 크게 나타났다. 또한 Z성분은 동일한 방향으로 이동하였으나 A2의 이동변위가 A1보다 크게 형성되었다. 그리고, 인체중심 속도변화를 보게 되면 P1에서는 A1과 A2간에 X성분이 서로 다른 방향으로의 속도를 보인 반면 P2에서는 3개의 성분 모두가 동일한 방향으로의 속도변화를 보이고 있었으며 P3에서는 Y성분이 서로 다른 방향으로의 속도변화를 보이고 있었다. 전체속도변화에 대한 결과를 살펴보면, X성분은 동일한 방향으로 움직였으나 A1의 속도변화가 A2의 속도변화에 비해 다소 크게 나타났으며 Y성분은 서로 다른 방향으로의 속도를 보이면서 A2의 속도변화가 A1보다 크게 나타났다. 또한 Z성분은 동일한 방향으로 이동하였으나 A1의 속도변화가 A2보다 크게 나타났다.

표 2. 구간별 신체중심변위와 속도

| 변인 | 구간 대상자 | P1 | | | P2 | | | P3 | | | Total | | |
|----|-----------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 변위 | A1 | -0.97 | 0.06 | -39.31 | 1.77 | 7.57 | 13.85 | -1.85 | 16.92 | 8.19 | -1.05 | 24.55 | -17.27 |
| | A2 | -0.05 | -7.22 | -51.99 | -3.02 | -32.63 | 23.38 | -1.20 | 30.62 | 0.99 | -4.17 | -9.23 | -27.61 |
| | M | -0.51 | -3.58 | -45.65 | -0.62 | -12.53 | 18.62 | -1.52 | 23.77 | 4.59 | -2.61 | 7.66 | -22.44 |
| | SD | 0.65 | 5.15 | 8.96 | 3.38 | 28.42 | 6.74 | 0.46 | 9.68 | 5.09 | 2.20 | 23.88 | 7.33 |
| 속도 | A1 | 1.03 | -8.22 | -1.53 | -4.70 | 20.97 | 37.01 | -3.97 | -19.26 | -12.87 | -7.64 | -6.51 | 22.61 |
| | A2 | -0.52 | -31.43 | -18.51 | -0.24 | 28.04 | 27.18 | -1.36 | 37.16 | -4.09 | -2.12 | 33.77 | 4.58 |
| | M | 0.25 | -10.82 | -10.02 | -2.47 | 25.00 | 32.10 | -2.66 | 8.95 | -8.48 | -4.88 | 13.63 | 13.59 |
| | SD | 1.09 | 16.41 | 12.00 | 3.15 | 5.70 | 6.94 | 1.84 | 39.89 | 6.21 | 3.90 | 28.48 | 12.75 |

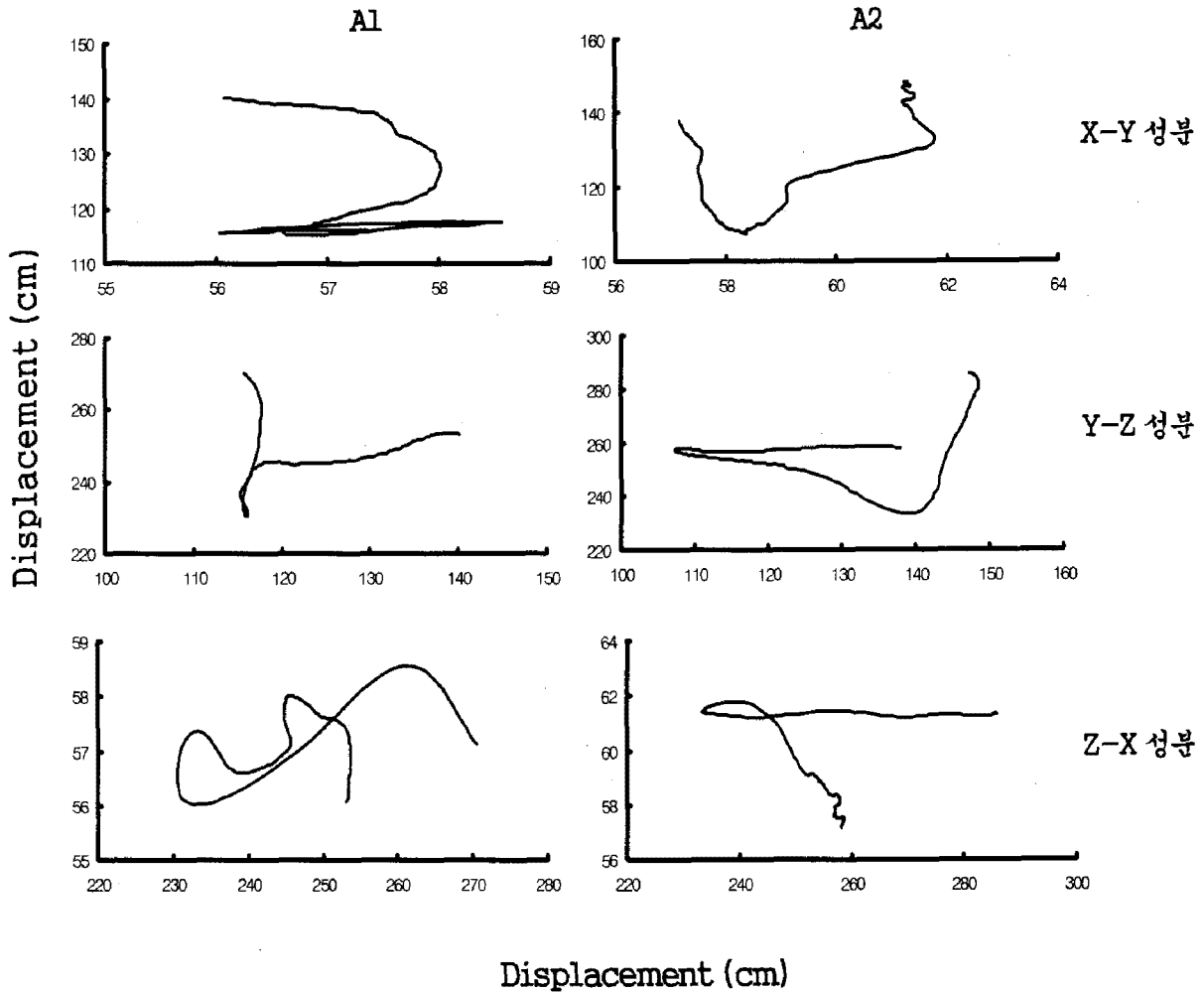


그림 3. 성분별 신체중심 궤적

위의 이동변위와 속도의 내용을 종합하여 보면 A1은 좌우와 상하 속도변화를 크게 하면서 전후 이동변위를 중심으로 기술을 수행하는 형태를 보여주었다. 그리고 A2는 좌우와 상하 속도변화를 제어하면서 전후이동속도를 크게 형성시키고 상하이동변위를 중심으로 기술을 수행하는 형태를 보여주었다<그림 3>. 이와 같이 A1은 좌우와 상하 속도변화를 크게 하여 약간의 반동을 이용해 실시하는 반면에 A2의 경우 좌우와 상하 속도변화를 제어함으로써 거의 반동 없이 힘을 이용한 기술을 수행하는 것으로 생각된다. 즉, 스왈로와 나까야마 동작은 힘의 기술이기 때문에 반동 없이 수행하는 것이 높은 점수를 받을 수 있으며, 약간의 반동을 이용한 기술이 이루어질 때는 심판으로부터 감점을 받게 되기 때문에 주의해야 할 것으로 보여진다.

3. 신체관절 위치 변화

스왈로에서 나카야마 동작으로의 연결 동작 시 발목관절, 고관절, 어깨관절의 각 국면별 및 전체 이동변위에 대한 결과는 <표 3>과 같다.

표 3. 신체관절위치의 국면별 변화

| 변인 | 구간 대상자 | P1 | | | P2 | | | P3 | | | Total | | |
|-------------|-----------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 발 목 | A1 | 2.63 | 2.14 | -14.27 | 7.43 | 82.72 | -96.42 | -9.78 | 93.38 | 90.81 | 0.28 | 178.24 | -19.88 |
| | A2 | 0.23 | -6.85 | -41.78 | -9.46 | 33.69 | -84.34 | -6.08 | 118.82 | 76.60 | -15.31 | 145.66 | -49.52 |
| | M | 1.43 | -2.35 | -28.02 | -1.01 | 58.20 | -90.38 | -7.94 | 106.10 | 83.70 | -7.51 | 161.95 | -34.70 |
| | SD | 1.69 | 6.35 | 19.45 | 11.94 | 34.67 | 8.54 | 2.61 | 17.98 | 10.05 | 11.03 | 23.03 | 20.95 |
| 고 관 절 | A1 | -1.02 | 3.57 | -37.11 | -4.47 | 4.36 | 11.41 | -2.86 | 2.50 | -8.81 | 0.59 | 10.43 | -34.51 |
| | A2 | 1.49 | -5.92 | -49.54 | -4.46 | -35.53 | 16.81 | -3.34 | 26.30 | -16.52 | -6.31 | -15.15 | -49.25 |
| | M | 0.23 | -1.17 | -43.32 | -4.46 | -15.58 | 14.11 | -3.10 | 14.40 | -12.66 | -2.86 | -2.36 | -41.88 |
| | SD | 1.77 | 6.71 | 8.78 | 0.01 | 28.20 | 3.81 | 0.33 | 16.83 | 5.45 | 4.87 | 18.08 | 10.42 |
| 어 깨 | A1 | 3.69 | 1.19 | -56.31 | 0.79 | -31.06 | 72.28 | -1.45 | -5.40 | -9.45 | 3.03 | -35.27 | 6.52 |
| | A2 | 0.24 | -12.98 | -61.77 | 1.06 | -60.27 | 65.55 | 0.83 | 2.66 | -9.98 | 2.13 | -70.59 | -6.20 |
| | M | 1.96 | -5.90 | -59.04 | 0.92 | -45.66 | 68.92 | -0.31 | -1.37 | -9.71 | 2.58 | -52.93 | 0.16 |
| | SD | 2.44 | 10.02 | 3.86 | 0.19 | 20.65 | 4.76 | 1.61 | 5.69 | 0.37 | 0.63 | 24.97 | 8.99 |

위의 표에서 발목관절을 살펴보면 P1에서 A1의 상하(z)변위가 -14.27cm, A2의 상하변위가 -41.79cm로 가장 큰 변위를 보였으며 P2에서도 A1의 상하변위가 -96.42cm, A2의 상하변위가 -84.34cm로 역시 이구간에서 가장 큰 변위를 보였으며 P3에서는 A1의 전후(y)변위가 93.38cm, A2의 전후변위가 118.82cm를 보여 이 구간에서 가장 큰 변위를 보였다. 또한, 전체 이동변위를 살펴보면 좌우이동변위는 A1이 0.29cm, A2가 -15.31cm를 보였으며 전후이동변위는 A1이 178.24cm, A2가 145.66cm를 보여 전체이동변위 중 가장 많은 이동변위를 보였으며 상하이동변위는 A1이 -19.88cm, A2가 -49.52cm를 보였다. 즉, 발목관절의 이동변위는 A1의 경우 전체구간에서 전방으로 이동하고 있었으나 A2는 하강구간인 P1에서 후방향으로 이동하였다가 P2와 P3에서는 전방으로 이동하였다. 그리고 하강구간인 P1과 상승구간인 P2에서 아랫방향으로 내려가다가 접기구간인 P3에서는 상방향으로 이동하고 있었다.

고관절의 이동변위를 살펴보면 P1에서 A1의 상하(z)변위가 -37.11cm, A2의 상하변위가 -49.54cm로 가장 큰 변위를 보였으며 P2에서 A1은 상하변위가 11.41cm, A2는 전후변위가 16.81cm로 이 구

간에서 가장 큰 변위를 보였으며 P3에서는 A1의 상하변위가 -8.81cm, A2의 전후변위가 26.30cm를 보여 이 구간에서 가장 큰 변위를 보였다. 또한, 전체 이동변위를 살펴보면 좌우이동변위는 A1이 0.29cm, A2가 -6.31cm를 보였으며 전후이동변위는 A1이 10.43cm, A2가 -15.15cm를 보였고 상하이동변위는 A1이 -34.51cm, A2가 -49.25cm를 보여 가장 큰 이동변위를 보였다. 즉, 고관절의 이동변위는 A1의 경우 전체구간에서 전방으로 이동하고 있었으나 A2는 하강구간인 P1과 P2에서 후방향으로 이동하였다가 P3에서는 전방으로 이동하였다. 그리고 하강구간인 P1에서 아랫방향으로 이동하였다가 상승구간인 P2에서 상방향으로 이동하였으며 접기구간인 P2에서 다시 하강하는 것으로 나타났다.

어깨관절의 이동변위를 살펴보면 P1에서 A1의 상하(z)변위가 -56.31cm, A2의 상하변위가 -61.77cm로 가장 큰 변위를 보였으며 P2에서도 A1은 상하변위가 72.28cm, A2의 상하변위가 65.55cm로 이 구간에서 가장 큰 변위를 보였다. 그리고 P3에서는 A1의 상하변위가 -9.45cm, A2의 상하변위가 -9.98cm를 보여 이 구간에서 가장 큰 변위를 보였다. 또한, 전체 이동변위를 살펴보면 좌우이동변위는 A1이 3.03cm, A2가 2.13cm를 보였으며 전후이동변위는 A1이 -35.27cm, A2가 -70.59cm를 보였고 상하이동변위는 A1이 6.52cm, A2가 -6.20cm를 보였다. 즉, 어깨관절의 이동변위는 P1과 P3에서 A1과 A2의 전후이동방향이 다른 형태를 보이고 있었으나 상하이동변위에서는 A1과 A2 모두 P1에서 아랫방향으로 움직이고 있었으며 P2에서는 상방향으로 그리고 P3에서는 아랫방향으로 움직이고 있었다.

위의 결과를 종합해 보면 P1구간에서 A1은 전방으로 이동하면서 기술을 수행하는 반면 A2는 후방향으로 이동하면서 기술을 수행하여 P2구간에서 A1과 A2의 고관절 전후이동방향이 서로 다르게 나타나게하였다. 그리고 기술이 완성되는 접기 구간에서는 어깨관절을 아랫방향으로 이동시키면서 버티기 자세를 취하는 것으로 나타났다.

4. 신체각도

본 연구에서 몸통각도는 전후(Y)축과 고관절에서 어깨관절로 향하는 분절 벡터 사이의 절대각도(absolute angle)를 의미하며 고관절각도는 대퇴분절과 몸통분절이 이루는 상대각도(relative angle)를 의미한다. 스왈로에서 나까야마 동작으로의 연결 동작 시 몸통과 고관절각도에 대한 국면별 각도와 구간별 각변위 그리고 전체변화량에 대한 결과는 <표 4>와 같으며 동작수행동안 전체 각도와 각속도의 유형은 <그림 4>와 같다.

표 4. 국면 및 구간별 각도 변화

| 대상자 | 구간 | E1 | P1 | E2 | P2 | E3 | P3 | E4 | Total |
|-----|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | | A1 | 13.09 | -29.26 | -16.07 | 102.06 | 85.89 | 11.02 | 96.91 |
| 몸통 | A2 | 11.76 | -19.20 | -7.44 | 85.62 | 78.18 | 16.01 | 96.19 | 120.83 |
| | M±SD | 12.42 | -24.23 | -11.75 | 92.84 | 82.03 | 13.51 | 96.55 | 132.58 |
| | | 0.94 | 7.11 | 6.10 | 18.69 | 6.52 | 2.50 | 0.50 | 13.79 |
| 고관절 | A1 | 184.02 | -5.91 | 179.11 | 2.02 | 181.13 | -87.45 | 93.68 | 95.38 |
| | A2 | 182.90 | -3.90 | 179.00 | 0.20 | 179.20 | -82.88 | 96.32 | 86.98 |
| | M±SD | 183.46 | -4.90 | 179.55 | 1.11 | 180.17 | -85.17 | 95.00 | 99.88 |
| | | 2.62 | 2.25 | 0.55 | 1.51 | 1.36 | 3.23 | 3.25 | 18.88 |

몸통각도에 대한 결과를 살펴보면 스왈로 자세인 E1에서 몸통각도는 A1이 13.09deg, A2가 11.76deg를 보여주어 몸통분절을 지면과 근접시키면서 전후(Y)축과 (+)기울기 값을 보이고 있었다. E2에서는 A1이 -16.07deg, A2가 -7.44deg를 보여주어 몸통분절이 전후축과 (-)기울기 값을 보이고 있었다. P1에서의 각도변위는 A1이 -29.26deg, A2가 -19.20deg를 보여 A1이 보다 큰 각도변위를 보여주었다. 십자물구나무서기 동작에 근접하는 E3에서는 A1이 85.89deg, A2가 78.18deg를 보여 A1의 몸통분절이 A2에 비해 수직에 보다 근접한 것으로 나타났다. P2구간에서의 각도변위는 A1이 102.06deg, A2가 85.62deg를 보여 역시 A1이 보다 큰 각도 변위를 보여주고 있다. 이는 최저점(E2)에서 A1의 몸통각도가 A2에 비해 다소 크게 형성되었고 이후 E3에서 수직에 근접한 각도를 보였기 때문으로 보여진다. 그리고 나까야마 동작이 완성되는 E4에서의 각도는 A1이 96.91deg, A2가 96.19deg를 보여 비슷한 결과를 보여주었으며 E3에서 E4까지의 접기구간(P3)에서의 각도변위는 A2가 A1에 비해 다소 큰 각도변화를 보이고 있었다. 전체 몸통각도 변위를 보게 되면 A1이 142.34deg, A2가 120.83deg를 보여 A1이 A2에 비해 다소 큰 각도변위를 보여주었다.

고관절각도에 대한 결과를 살펴보면 E1에서 E3까지 A1과 A2 모두 180deg에 근접한 신전상태의 자세를 취하고 있었으며 P1과 P2에서의 각도변화는 매우 작게 나타났다. 그리고 나까야마 동작이 완결되는 E4에서의 각도는 A1이 93.68deg, A2가 96.32deg를 보여 몸통과 대퇴의 사이각도가 굴곡되는 형태를 보여주고 있었으며 접기구간인 P3에서의 각도변화는 A1이 -87.45deg, A2가 -82.88deg를 보여 고관절의 굴곡운동을 보여주었다. 전체적으로 각도변위는 A1이 95.38deg, A2가 86.98deg를 보여 A1이 A2에 비해 다소 큰 변위를 보여주었다.

위의 결과를 종합해 보면 A1은 몸통과 고관절각도 및 각속도값이 A2에 비해 다소 크게 형성되고 있으며 E2에서 각도값을 크게 함으로써 상승구간과 접기구간으로의 전환동작의 연결을 부드럽게 전개하고 있었다. 그리고, A2는 A1에 비해 몸통과 고관절각도 및 각속도의 값이 작게 형성되고 있는

데 E2에서 각도값을 크게 형성시키지 못함으로 인해 상승구간과 접기구간으로의 전환동작이 느리게 형성되고 있었다. <그림 4>.

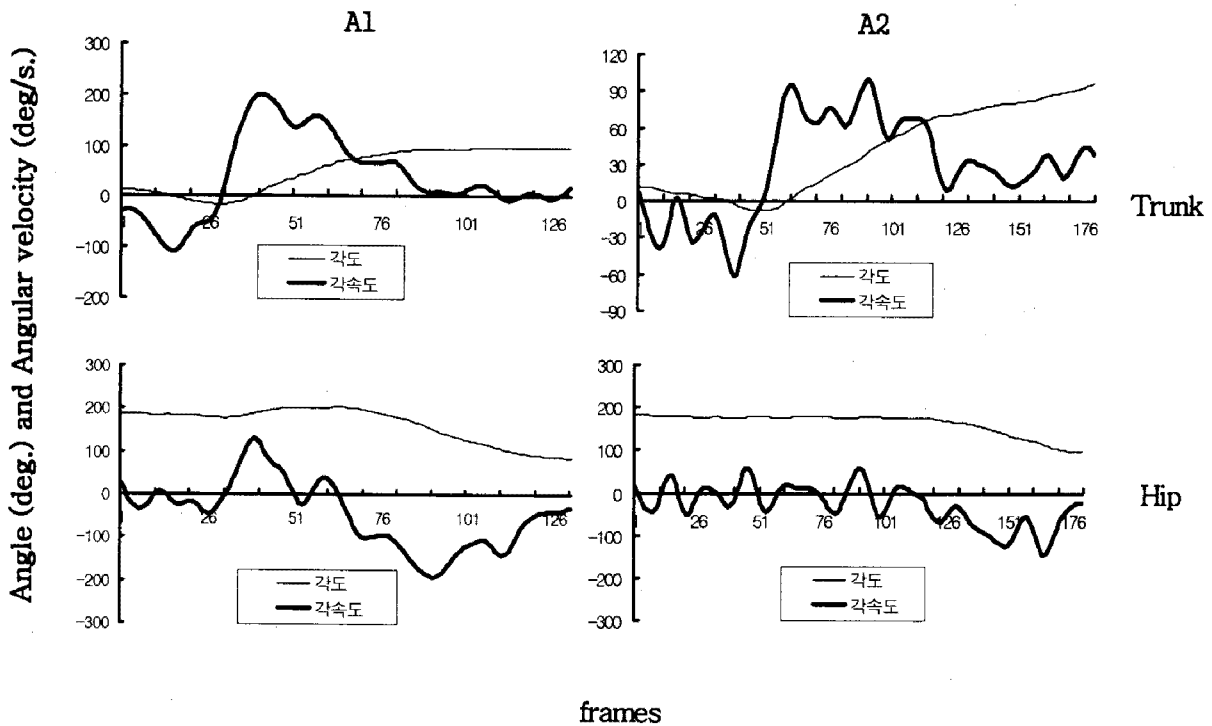


그림 4. 몸통과 고관절각도와 각속도

IV. 결론 및 제언

본 연구는 현재 국가대표선수를 대상으로 링 경기장면에서 난이도의 구성이 높은 두개동작 즉, 수왈로(SWALLOW) 동작에서 나카야마(NAKAYAMA) 동작으로 연결시키는데 요구되는 운동학적 요인들을 분석하여 이를 수행하는 선수들에게 기술적 이해를 높이고 경기력에 도움을 주고자 실시하였다. 이를 위해 2004년 아테네 올림픽 최종 선발전 경기에 참가한 남자 기계체조 선수를 대상으로 링 종목의 경기를 직접 녹화하였다. 스왈로에서 나카야마 동작을 수행한 최종 1위와 2위 선수의 연기동작을 선정하여 DLT(direct linear transformation) 방법을 이용하여 분석하였다. 분석결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. 동작수행시간 : A1과 A2 모두 전체시간 중 접기구간(P3)의 소요시간이 가장 길게 나타났고 상승구간(P2), 하강구간(P1)의 순으로 소요시간을 보이는 것을 나타냈다.

2. 인체중심변위와 속도 : A1은 좌우와 상하 속도변화를 크게 하면서 전후이동변위를 중심으로 기술을 수행하는 것으로 나타났으며 A2는 좌우와 상하 속도변화를 제어하면서 전후이동속도를 크게 형성시키고 상하이동변위를 중심으로 기술을 수행하는 것으로 나타났다.
3. 신체관절위치 : A1은 P1구간에서 전방으로 이동하면서 기술을 수행하는 반면 A2는 P1에서 후방으로 이동하면서 기술을 수행하여 P2구간에서 A1과 A2의 고관절 전후이동방향이 서로 다르게 나타났다. 그리고 기술이 완성되는 접기구간에서는 어깨관절을 아랫방향으로 이동시키면서 버티기 자세를 취하는 것으로 나타났다.
4. 각도 및 각속도 : A1은 몸통과 고관절각도 및 각속도값이 A2에 비해 다소 크게 형성되고 있으며 E2에서 각도값을 크게 함으로써 상승구간과 접기구간으로의 전환동작의 연결을 부드럽게 전개하고 있었다. 그리고, A2는 A1에 비해 몸통과 고관절각도 및 각속도의 값이 작게 형성되고 있는데 E2에서 각도값을 크게 형성시키지 못함으로 인해 상승구간과 접기구간으로의 전환동작이 느리게 형성되고 있었다.

위의 내용을 종합하여 보면 A1은 스왈로에서 나까야마 동작으로 연결 시 신체의 탄력을 이용한 전환동작과 분절과 관절의 각속도를 이용한 굴곡신전 움직임을 적절하게 수행하는 반면 A2는 상당 부분 정적인 상태에서 힘에 의존하는 형태의 기술을 수행하는 것으로 평가되어진다. 따라서 A1은 신체의 탄력을 이용할시 흔들림에 주의해야 할 것으로 보여지며 A2는 힘을 위주로 하는 장점을 살리고 전환동작에서 흔들림에 주의하면서 신체 탄력을 적절히 이용한다면 경기력에 도움을 될 것으로 보여진다.

참고문헌

- 김명철, 노영태, 서국웅, 권오석(2001). 링 십자물구나머서기 동작의 EMG 분석. 한국운동역학회지, 제 10권 2호, 1-18.
- 김윤지, 김혜영(1998). 체조 평행봉에서 힘물구나서기 동작에 관한 운동역학적 분석. 한국체육학회지, 제 37권 3호, 319-327
- 김충태, 한충식(1996). 애틀란타 올림픽 체조경기 자유연기의 실수유형에 관한 고찰(I). 한국체육대학교논문집
- 노영태(1992). Olympic 체조경기의 링 규정연기변천에 관한 연구. 부산대학교부설체육과학연구소논문집. 제 8호, 1-24.

- 류지선, 정남주, 강병의(1997). 링 앞 휘돌아 볼구나머서기 동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교부
설체육과학연구소논문집 제16권 1호, 31-42.
- 정남주(2003). 마루운동의 힘 볼구나머서기 동작에 대한 운동학적 분석. 한국스포츠리서치 제 14권
제 5호, 1417-1428.
- Abdel-Aziz, Y.I., & Karara, H.M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates
into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings of the
Symposium on Close-Range Photogrammetry*(pp. 1-18). Falls Church, VA: American
Society of Photogrammetry.
- Hamill, J., & Knutzen, K.M.(1995). *Biomechanical Basis of Human Movement*. Media, PA:Williams &
Wilkins.
- Hay, J.G.(1985). *The Biomechanics of Sports Techniques*(3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall
- Kwon, Y.H.(2002). *KWON 3D motion analysis package version 3.0 user's reference manual*. Seoul: Visol
Corp.
- Plagenhoef, S. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise
and Sports*, 54(2), 169-178.
- Prassas, S.G.(1988). Biomechanical model of the press handstand in gymnastics. *International Journal
of Sport Biomechanics*. 4, 326-341.
- Prassas, S. (1994). Technique Analysis of the Back Toss on the Parallel Bars Performed by Elite
Gymnasts, In A, Barabas & G, Fabian(Eds). *Biomechanics in sports XII, ISBS, Budapest,
Hungary*(in press).
- Winter, D. A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*(pp. 103-139). John Wiley &
Sons.
- Yeadon, M.R (1994). Twist Techniques used in Dismounts from the Rings. *Journal of Applied
Biomechanics*. Vol, 10. 178-188.