



한국운동역학회지, 2004, 제14권 3호, pp. 149-163
Korean Journal of Sport Biomechanics
2004, Vol. 14, No. 3, pp. 149-163

여자 창던지기 크로스 스텝과 딜리버리 국면의 운동학적 분석

이영선*(한국체육대학교)

ABSTRACT

The Kinematic Analysis of Cross Over Step and Delivery Phase in Female Javelin Throwing Players

Lee, Young-Sun*(Korea National Sport University)

Y. S. LEE. The Kinematic Analysis of Cross Over Step and Delivery Phase in Female Javelin Throwing Players. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 3, pp. 149-163, 2004. This study analyzed kinematic variables about the cross step, the delivery and the release for women's javelin athletics recorded over 50m in the 2004 Busan International Athletics Competition. It was used the Kwon3D Motion Analysis Package Ver. 3.1 Program(Kwon, 2000) for analysing the kinematic variables about the distance, the velocity, and the angle, then we had the results as follows;

1. In the Cross step phase, the COG velocity was low because their step length was short. To keep the CM velocity from the approach to the last cross over step contact, the athletes have to keep the longer step length within about 130% of the athletics' height.

2. In the Delivery phase, the athletics' COG height was gradually lower, and the deceleration of the COG was going up. As the same in the cross step, Therefore the athletes have to increase the step length within about 100% of their height, in order to increasing the COG velocity. And it was shown they have to make small angle of the elbow as possible from the right foot contact to the left foot contact in order to being the big acceleration of the upperarm at the release phase.
3. In the release phase, it was shown to being low position of the release point as the COG was low and then the release velocity of the upperarm was low. Specially when the shoulder lean lateral angle is big at the release phase, it was shown they have a excessive release angle. And, when it was shown the high rotation angle of the shoulder, the shoulder was opened forward bigger than the trunk was opened forward. So the transmission of velocity from the proximal segments was a fast change.

KEY WORDS : BODY LEAN, TRUNK LEAN BACK, TRUNK LEAN LATERAL,
SHOULDER TILT

I. 서 론

창던지기는 고대 올림픽경기에서부터 채택 되어온 육상 경기 종목의 하나로 근래에 와서는 쿠바, 독일, 핀란드 등지에서 발전하고 있다. 다른 투척 종목과는 달리 창던지기는 씨클이 아닌 너비 4m, 주로 35m 구역의 도움닫기 주로를 이용하여, 2.2-2.4m의 길이에 600g의 무게를 가지고 얼마나 더 멀리 던지는가 하는 기록경기이다.

기록을 좋게 하기 위해서는 신장과 팔이 길고, 상체가 강해야 하는 체격적인 면과 그에 따른 강한 근력과 순발력을 요하는 체력적인 면이 중요한 요인으로 작용하는 경기이다(허성민, 2001). Rich(1984)도 체격과 체력적인 조건에 의해서 릴리즈 속도와 높이가 크게 차이가 난다고 하였다. 체격과 체력적인 면에 있어서 열세에 있는 우리나라 선수들의 경우, 세계 유럽 선수들에 비해 15m 이상의 기록 차이를 보이는 현실에 있다. 특히 2004 아테네 올림픽에서 보여준 아시아권 선수들의 경우 본선에 올라가지 못하는 비운을 남기면서 선수들과 지도자들에게 많은 과제를 남기고 있다. 그러나 체격과 체력적인 면과 더불어 경기력에 결정적으로 작용하는 요인은, 역학적 측면에서 나타나는 던지기 자세로, 창의 투사속도, 투사높이, 투사각도의 역학적인 요인들이 있다.

투사속도는 창 의 비행거리에 크게 기여하는 요인으로서, 도움닫기와 크로스 오버 스텝으로부터 얻은 속도를 딜리버리의 지지발 착지 시 전이된 에너지를 효과적으로 전달하는 것이 주요 관건이다 (Maximov, 1979; 서학용, 1989). 특히 Ikegami, et al(1981), Rich(1984), Mero(1994) Barlett(1995), Whitting(1991), 최규정(1988)등은 창 의 비행거리를 증가시키기 위해서는 하지에서 몸통 그리고 상지 분절에 대한 원위분절의 가속도를 크게 함으로써, 릴리즈 시 순간 속도를 최대로 끌어 올려야 한다고 보고하고 있다. 투사 높이는 지렛대 역할을 하는 신장과 팔의 길이에 의해 결정되는데, Hay(1978)와 Miller & Munro(1983)에 의하면, 릴리즈 순간 창 의 높이는 자신의 신장보다 15-30cm 정도 높게 이루어져야 한다고 보고하였는데, 높은 위치에서 적절한 각도로 투사될 때 최대의 수평거리를 얻을 수 있다(양동영 외 2002). 투사각도는 크게 릴리즈각, 자세각, 공격각 등으로 구분되는데, 남자선수들은 일반적으로 32-43도의 릴리즈각을 보였고(Roger et al, 1996; Anti Mero., et al, 1994; Anti Mero., et al, 1994; 서학용, 1989; 허성민, 2000; 이영선, 2003; 윤희중, 2000; 이종훈, 2002; 양동영, 조필환, 정남주, 2002), 여자선수들의 경우는 약 33-42도의 릴리즈각을 보였는데(Whiting, et al, 1991; Rich., et al, 1986; Jorg & Lutz, 1998; Morriss, Bartlett & Neil, 1997), 이 연구자들의 공통된 논점은 자세각과 릴리즈각의 차이를 얼마나 줄이는 가에 두고 있다.

이와 같이 크로스 스텝과 딜리버리 동작에 따라 릴리즈 동작에 직접적인 영향을 주는 것으로 제시되고 있지만, 상체의 움직임에 대한 세분화된 동작은 미비한 실정에 있다. 특히 국외의 경우 Jorg & Lutz(1998)에 의해 상체의 전·후경 자세, 상체의 좌·우 기울기 자세를 통해서 선수들의 자세를 평가하였고, 국내의 선행연구에 있어서는 상체 전·후경 자세를 통해 선수들의 자세를 평가하는 기준으로 보고 있다. 상체는 어깨와 팔꿈치 그리고 손목관절과 직접적으로 연결되어 있기 때문에, 상체의 움직임 자세에 따라 상지 관절의 움직임에 영향을 줄 수 있다. 즉, 크로스 오버 스텝과 딜리버리 구간, 그리고 릴리즈 동작 시 나타나는 자세와 상체의 움직임을 보다 면밀히 분석하는 것은 선수들의 경기력 향상에 도움을 줄 것으로 판단된다. 따라서 이 연구의 목적은 여자 창던지기 선수들을 대상으로 크로스 스텝부터 릴리즈까지의 자세에 대한 운동학적 특성을 분석함으로써, 여자 선수들의 경기력을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

이 연구의 대상자는 2004년 9월 부산국제 육상경기대회 여자 창던지기 결승에 진출한 선수 중 50m 이상인 선수들을 대상으로 선정하여 분석하였으며, 이들의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 특성

| Subject | 연령 (yr.) | 신장 (cm) | 체중 (kg) | 경기 기록 (m) | 최고 기록 (m) |
|---------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| A | 28 | 174 | 80 | 54.07 | 60.92 |
| B | 24 | 170 | 60 | 53.36 | 56.17 |
| C | 19 | 170 | 68 | 52.91 | 54.55 |
| D | 27 | 166 | 58 | 51.11 | 55.38 |
| E | 20 | 172 | 74 | 50.74 | 49.11 |
| M | 23.6 | 170.4 | 68.0 | 52.4 | 55.2 |
| SD | 4.04 | 2.97 | 9.27 | 1.45 | 4.22 |

2. 실험 도구

이 연구에 사용된 실험장비는 촬영장비, 영상분석 장비로 구분되며, 그 세부사항은 <표 2>와 같다.

표 2. 실험장비의 특성

| | 기기명 | 제품명 | 제작사 |
|------|----------|----------------|---------|
| 촬영장비 | 캠코더 카메라 | Sony 120X | Sony |
| | DLT | Control Object | VISOL |
| 분석장비 | Software | Kwon3D 3.1 | VISOL |
| | | PentiumIV | Samsung |

3. 실험 절차

실제 경기 촬영에 앞서 경기시작 3시간 전, 공간좌표 설정을 위해 길이, 높이, 폭의 크기가 11×3×4m인 통제점 틀을 만들어 크로스 스텝 구간과 릴리즈 동작을 완전히 포함 할 수 있도록 위치 시킨 후 2분간 촬영 후 제거 하였다<그림 1>. 촬영 시 카메라 설치는 세 대의 카메라가 이용되었으며, 던지는 팔의 동작을 정확하게 촬영하기 위해 두 대는 주행로를 중심으로 전면 좌·우면에 설치 하였고, 다른 한 대는 경기에 지장을 주지 않는 피험자의 우측 측면에서 촬영하였다. 이 연구에서의 영상분석은 기록이 가장 좋은 것만을 선택하여 분석하였다.

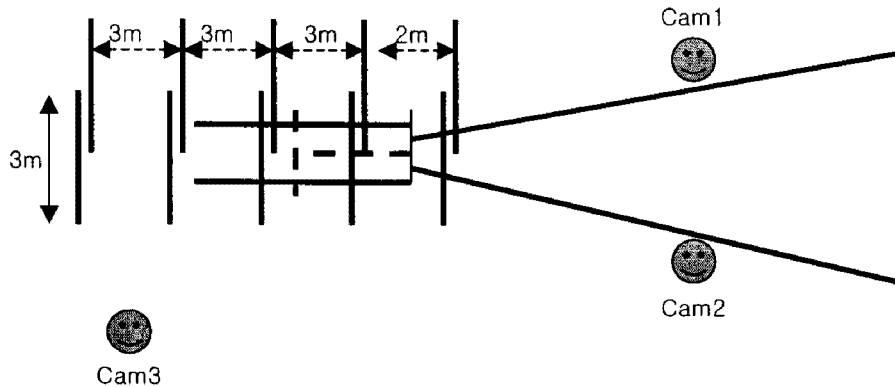


그림 1. 실험장면

4. 자료처리방법

인체는 20개의 관절점과 2개의 가상 관절점으로 총 22개의 관절점에 15개의 분절이 연결된 강체 구조(linked rigid body system)로 정의하였고, 각 분절과 전신의 신체중심을 구하기 위한 신체분절 지수(body segment parameter)는 Plagenhoef 등(1983)의 자료를 이용하였다. 3차원 좌표값을 구하기 위해 DLT(Direct Linear Transformation)방법(Abdel-aziz & Karara, 1971)을 사용하였고, 3차원 좌표값에 포함된 오차를 제거하기 위해 Butterworth의 저역통과 필터(low-pass filter)를 사용하여 스무딩(smoothing) 하였고, 이때 차단주파수(cut-frequency)는 6.0Hz로 하였다.

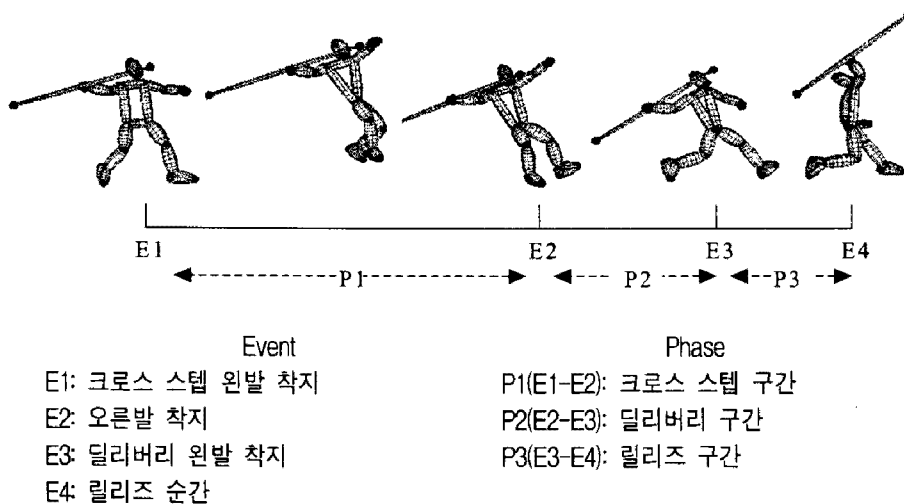


그림 2. 국면 설정.

자세의 변화를 살펴보기 위한 각도요인은 상체전·후경각(trunk lean back angle), 신체각(cog lean back angle), 어깨선상의 회전각(shoulder rotation angle), 상체 좌우 기울기각(trunk lean

lateral angle), 좌측 무릎각(knee angle), 좌측 고관절각(hip angle), 우측 팔꿈치각(elbow angle)과 우측 어깨각(shoulder angle)을 분석하였다. 신체각은 착지하는 발분절의 중심과 신체중심을 잇는 벡터와 Z축이 이루는 절대각, 상체전·후경각은 몸통과 수직축이 이루는 절대각, 어깨선상의 회전각은 우측어깨와 좌측 어깨를 잇는 벡터와 X축이 이루는 절대각, 상체 좌우 기울기각은 몸통 중심선과 Y축이 이루는 절대각으로 정의하였고, 고관절과 무릎각, 어깨각 그리고 팔꿈치각은 두 분절사이의 상대각으로 각각 정의하였다. 이 연구에서 분석 구간은 크로스 스텝 국면과 딜리버리 국면 그리고 릴리즈 국면으로 설정하였으며, <그림 2>와 같이 4개의 Event와 3개의 Phase로 나누어 분석하였다.

IV. 결과 및 논의

1. 크로스 스텝 국면

<표 3>은 마지막 크로스 스텝 국면으로 크로스 스텝 왼발 착지(E1)부터 딜리버리의 오른발 착지(E2)까지 운동학적 요인을 나타낸 것이다.

크로스 스텝 국면의 보폭 길이를 살펴보면, 평균 $176.5 \pm 45.74\text{cm}$ 로 $103.6 \pm 27.06\%$ 의 길이를 보였는데, 피험자 C가 $142.2\text{cm}(83.6\%)$ 로 가장 짧은 길이를 보인 반면에, 피험자 B의 경우 다른 피험자들보다 긴 $256.9\text{cm}(151.1\%)$ 로 딜리버리 국면에 접어드는 것으로 나타났다. 그에 따른 신체중심의 속도를 보면, 평균 $5.51 \pm 0.44\text{m/s}$ 와 평균 $5.33 \pm 0.36\text{m/s}$ 로 나타나면서 딜리버리 착지순간에 약간의 감속도를 보였는데, 피험자 A와 B 그리고 C가 감속도를 보였고, 피험자 D는 오히려 속도가 평균 5.65m/s 에서 평균 5.75m/s 로 약간의 증가를 보였다. Jorg & Lutz(1998)에 의하면, 여자 선수들의 경우 크로스 스텝과 마지막 스텝에서의 길이는 길고- 짧은 유형이 일반적으로 사용되고 있는 것으로 보고하고 있다. 특히 평균 신장이 178cm 이고, 크로스 스텝의 길이가 230cm 일 때, 도움닫기 속도가 7.0m/s 로 나타났고, 크로스 스텝 길이가 215cm 일 때, 6.5m/s , 200cm 일 때, 6.0m/s 의 속도가 나타나 보폭의 길이가 길수록 빠른 속도를 보이는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 보폭 길이가 짧게 나타나 결과적으로 속도가 작게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

표 3. 크로스 스텝 구간의 운동학적 요인

| Variables | Subjects | | | | | M±SD | |
|-------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| | A | B | C | D | E | | |
| Cross-over stride length (cm, %) | 158.3 (91.0) | 256.9 (151.1) | 142.2 (83.6) | 161.4 (97.2) | 163.5 (95.1) | 176.5±45.74 (103.6±27.06) | |
| COGH (cm, %) | E1 | 102.0 (58.6) | 100.9 (59.4) | 99.2 (58.4) | 96.4 (58.1) | 102.3 (59.5) | 100.2±2.43 (58.8±0.62) |
| | E2 | 101.2 (58.2) | 102.3 (60.2) | 95.5 (56.2) | 93.3 (56.2) | 106.3 (61.8) | 99.7±5.27 (58.5±2.47) |
| COG V _R (m/s) | E1 | 5.44 | 5.94 | 5.75 | 5.65 | 4.79 | 5.51±0.44 |
| | E2 | 5.20 | 5.44 | 5.45 | 5.75 | 4.79 | 5.33±0.36 |
| Trunk lean (deg) | E1 | -20.5 | -8.0 | -34.7 | -19.8 | -12.4 | -19.1±10.17 |
| | E2 | -19.8 | -18.6 | -30.6 | -29.0 | -20.2 | -23.6±5.68 |
| Shoulder rotation (deg) | E1 | -19.3 | -20.9 | -24.6 | -16.2 | -22.2 | -20.6±3.15 |
| | E2 | -32.8 | -25.5 | -36.4 | -15.7 | -38.8 | -29.8±9.37 |
| Body lean back(deg) | E1 | -24.1 | -22.6 | -28.1 | -21.6 | -27.0 | -24.7±2.79 |
| | E2 | -13.7 | -14.4 | -18.1 | -18.1 | -13.8 | -15.6±2.28 |
| Knee (deg) | E1 | 161.0 | 152.2 | 140.5 | 152.6 | 143.1 | 149.9±8.22 |
| | E2 | 161.3 | 156.2 | 141.7 | 154.6 | 143.6 | 151.5±8.46 |

%; Body height, COGH: Center of mass, H: Height,

신체중심의 높이를 살펴보면, 크로스 스텝 착지(E1)에서는 평균 100.2±2.43cm로 58.8±0.62%에서 착지하는 것으로 나타났고, 달리버리 착지(E2)에서는 평균 99.7±5.27cm의 58.5±2.47%로 크로스 스텝 착지 순간과 유사한 높이를 보였지만, 피험자 간에 편차를 보이면서 착지하는 것으로 나타났다. 특히 피험자 A는 유사하게 나타난 것과 달리 피험자 C와 D는 신체중심이 낮아지는 특성을 보인 반면에, 피험자 B와 E는 신체중심이 오히려 높아지는 특성을 보였다.

착지 순간의 자세각을 살펴보면 다음과 같다. 상체전·후경각을 보면, 결과에서 - 값은 후경각, + 값은 전경각을 의미하는 것으로, 평균 -18.5±10.17도(E1)에서 평균 -23.6±5.68도(E2)로 후경각이 커지는 것으로 나타났는데, 피험자 간에 많은 편차를 보였고, 특히 피험자 C의 경우는 다른 피험자들과 달리 -34.7도에서 -30.6도로 작아지는 특성을 보였다. 착지 순간의 신체각에 있어서는 크로스 스텝의 왼발 착지(E1)에서는 평균 -24.7±2.79도로 나타났고, 달리버리 착지 순간(E2)에는 평균 -15.6±2.28도로 신체각의 기울기가 작아지는 것으로 나타났다. 어깨선상의 회전각은 어깨의 회전변화를 보기 위한 것으로, 좌우측 어깨를 잇는 벡터와 Y축과 이루는 각도로 정의하였고, - 값은 우측 어깨가 후방으로 회전한 것이며, + 값은 전방으로 회전한 값이다. E1에서는 평균 -20.5±3.33도, E2에서는 평균 -29.8±9.37도로 어깨 회전각이 커지면서 어깨가 뒤로 빠지는 것으로 나타났다. 무릎각에 있어서는 E1의 왼발 착지에서는 평균 149.9±8.22도를 나타낸 반면에 E2의 오른발 착지에서는 평균 151.5±8.46도

로 거의 유사한 자세를 보이면서 착지하는 것으로 나타났다.

2. 딜리버리 국면

<표 4>는 딜리버리 국면으로, 딜리버리 오른발 착지(E2)와 지지발 착지(E3)에 대한 운동학적 특성을 나타낸 것이다.

표 4. 딜리버리 국면의 운동학적 요인

| Variables | Subjects | Event | A | B | C | D | E | M±SD |
|-------------------------------|----------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| COGH(cm, %) | | E2 | 101.2 (58.2) | 102.3 (60.2) | 95.5 (56.2) | 93.3 (56.2) | 106.3 (61.8) | 99.7±5.27 (58.5±2.47) |
| | | E3 | 90.4 (52.0) | 82.9 (48.8) | 78.1 (45.9) | 81.9 (49.3) | 90.7 (52.7) | 84.8±5.55 (49.7±2.71) |
| Last stride length (cm, %) | | E2 | 135.7 (78.0) | 151.8 (89.3) | 150.2 (88.4) | 154.6 (93.1) | 150.0 (87.2) | 148.5±7.37 (87.2±5.61) |
| | | E3 | 135.7 (78.0) | 151.8 (89.3) | 150.2 (88.4) | 154.6 (93.1) | 150.0 (87.2) | 148.5±7.37 (87.2±5.61) |
| COG V _R (m/s) | | E2 | 5.20 | 5.44 | 5.45 | 5.75 | 4.79 | 5.33±0.36 |
| | | E3 | 4.17 | 4.36 | 4.08 | 4.57 | 3.98 | 4.23±0.24 |
| Trunk lean back (deg) | | E2 | -19.8 | -18.6 | -30.6 | -29.0 | -20.2 | -23.6±5.68 |
| | | E3 | -10.8 | -19.0 | -16.2 | -13.3 | -21.6 | -16.2±4.32 |
| Trunk lean lateral (deg) | | E2 | -1.2 | -6.9 | 2.5 | 1.2 | 2.8 | -0.3±4.00 |
| | | E3 | 9.12 | 4.6 | 16.3 | 11.6 | 10.0 | 10.3±4.23 |
| Shoulder rotation (deg) | | E2 | -32.8 | -25.5 | -36.4 | -15.7 | -38.8 | -29.8±9.37 |
| | | E3 | -46.7 | -36.1 | -64.2 | -59.2 | -61.7 | -53.6±11.87 |
| Body lean back (deg) | | E2 | -13.7 | -14.4 | -18.1 | -18.1 | -13.8 | 15.6±2.28 |
| | | E3 | -43.2 | -40.5 | -40.7 | -40.4 | -39.7 | -40.9±1.34 |
| Hip(deg) | | E2 | 160.8 | 144.4 | 172.8 | 151.1 | 167.2 | 159.3±11.58 |
| | | E3 | 142.5 | 137.6 | 138.2 | 140.3 | 146.9 | 141.1±3.77 |
| Knee(deg) | | E2 | 161.3 | 156.2 | 141.7 | 154.6 | 143.6 | 151.5±8.46 |
| | | E3 | 161.4 | 163.8 | 173.1 | 168.6 | 154.7 | 164.3±7.01 |
| Shoulder(deg) | | E2 | 85.8 | 93.2 | 113.0 | 126.0 | 103.1 | 104.2±15.92 |
| | | E3 | 65.8 | 86.7 | 71.5 | 101.6 | 85.1 | 82.1±14.04 |
| Elbow(deg) | | E2 | 157.3 | 159.0 | 164.7 | 162.9 | 166.8 | 162.1±3.94 |
| | | E3 | 128.4 | 139.6 | 108.7 | 147.5 | 139.8 | 132.8±15.10 |

%; Body height, COG: Center of mass, H: Height, V_R: Resultant velocity,

딜리버리 국면에 있어서 신체중심의 높이변화를 살펴보면, 지지발이 착지(E3) 하는 순간에 있어서는 $84.8 \pm 5.55\text{cm}$ 의 $49.7 \pm 2.71\%$ 로 E2의 높이보다 약 10% 정도 더 낮아지는 것으로 나타났지만, 피험자 간에 많은 편차를 보였다.

신체중심 높이에 따른 보폭의 길이를 살펴보면, $148.5 \pm 7.37\text{cm}$ 의 $87.2 \pm 5.61\%$ 로 나타났지만, 신체중심의 높이변화와 마찬가지로 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 착지하는 것으로 나타났다. 신체중심의 속도에 있어서는 $4.23 \pm 0.24\text{m/s}$ 로 E2보다 약 1m/s 의 감속도가 발생하는 것으로 나타났는데, 피험자 C의 경우는 다른 피험자들에 비해 1.4m/s 의 감속도를 보였다. Jorg & Lutz(1998)에 의하면, 평균 신장이 178cm 이고, 마지막 길이가 177cm 일 때, 도움닫기 속도가 7.0m/s 로 나타났고, 165cm 일 때, 6.5m/s , 154cm 일 때, 6.0m/s 의 속도가 나타나 보폭의 길이가 길수록 빠른 속도를 보인 것과 비교할 때, 마지막 보폭 길이가 작은 것으로 나타나면서 그에 따른 신체중심의 속도에 있어서도 작은 결과를 보였다. 딜리버리 국면에 있어서 상체의 자세각을 살펴보면, 상체전·후경각에 있어서는 지지발 착지 순간 평균 -16.2 ± 4.32 도로 E2보다 약간 전경자세를 취하는 것으로 나타났다. 그러나 피험자 A와 C 그리고 D의 경우는 E2보다 전경자세를 취하는 반면에 피험자 B와 E의 경우는 -19.0 도와 -21.6 도로 후경자세가 더 커지는 특성을 보였다. Jorg & Lutz(1998)에 의하면, 딜리버리 착지에 있어서는 평균 -30 도로 크게 후경자세를 보인 것과 달리, 이 연구의 -16.2 ± 4.32 도로와 많은 차이를 보였다.

상체의 좌·우 기울기각에 있어서, - 값은 수직축에서 상체가 오른쪽으로 기울어진 상태이며, + 값은 왼쪽으로 기울어진 상태를 의미하는 것으로, E2에서는 평균 -0.3 ± 4.00 도로 좌·우 기울기가 수직 가까운 자세를 보였지만, E3에서의 지지발 착지에서는 평균 10.3 ± 4.23 도로 왼쪽으로 상체가 기울어지는 것으로 나타났다. 상체의 기울기가 왼쪽으로 기울어졌다는 것은 신체중심을 앞으로 추진시키는 것을 방해함으로써 던지기에 필요한 릴리즈 거리의 요인이 줄어드는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 어깨선상의 회전각에 있어서도 E3에서 평균 -53.6 ± 11.87 도로 E2보다 우측 어깨를 후방으로 크게 회전시킴으로서 가슴이 닫힌 자세로 지지발을 착지하는 것으로 나타나면서, 릴리즈를 위한 회전각을 크게 하는 것으로 나타났다. 그러나 피험자 간에 많은 편차를 보였는데, 피험자 B의 경우는 -36.1 도로 작게 회전시킨 반면에, 피험자 C는 -64.2 도로 다른 피험자들 보다 큰 회전을 보였다.

신체각에 있어서는 E2의 평균 -15.6 ± 2.28 도보다 평균 -40.9 ± 1.34 도를 보이면서 신체의 기울기가 크게 증가하는 것으로 나타났고, 피험자 간에 있어서도 유사한 자세각을 보이면서 착지하는 것으로 나타났다. Jorg & Lutz(1998)는 신체각의 기울기가 수직에 가까울수록 큰 힘을 발휘할 수 있는 것으로 보고하였는데, 딜리버리 지지발 착지의 -18 도와 비교할 때, 이 연구의 피험자들이 크게 후방으로 자세를 기울이는 것으로 나타났다. 이는 착지 시 무릎각의 크기에 따라 결정될 수 있는데, 고관절과 무릎각에 있어서는 E2와 E3에서 각각 평균 159.3 ± 11.58 도와 평균 141.1 ± 3.77 도, 그리고 평균 151.5 ± 8.46 도와 평균 164.3 ± 7.01 도를 보이면서 고관절 작은 굴곡되는 것을 보였지만, 무릎각에 있어서는 반대로 신전되는 것으로 나타났다. Jorg & Lutz(1998)의 연구에서 지지발이 착지(E3)하는 순간 고관절각은 평균 129 도를 보인 것과 비교할 때, 이 연구의 피험자들이 고관절을 크게 신전된 자세를

보이는 것으로 나타났다. 이는 상체전경각과 신체각에서 볼 수 있듯이, 모든 피험자들의 자세가 후방으로 기울어 짐에 따라 고관절의 각도가 크다고 볼 수 있다.

상지관절의 움직임 변화에 있어서, 어깨각은 각각 평균 104.2 ± 15.92 도와 평균 82.1 ± 14.04 도로 어깨를 굴곡시키는 것으로 나타났고, 팔꿈치각에 있어서도 평균 162.1 ± 3.94 도와 평균 132.8 ± 15.10 도를 보이면서 릴리즈를 위해 팔꿈치를 굴곡시키는 것으로 나타났다. 팔꿈치각에 있어서 Morriss, Bartlett & Neil(1997)의 연구에 의하면, 딜리버리 오른발 착지에 있어서 가능한 한 상체로부터 최대한 후방으로 보내야 딜리버리 국면동안 창에 가속도를 부여할 수 있는 것으로 보고하였는데, 오른발 착지와 지지발 착지 순간의 각변위가 크게 나타나면, 지지발 착지 이전에 창던지기가 미리 이루어지기 때문에 그 만큼 창에 힘을 실어주지 못하는 것으로 보고하였다. 이 연구에서는 피험자 C의 경우 164.7 도에서 108.7 도로 각변위가 크게 나타나면서 창을 일찍 던지는 것으로 나타났다.

3. 릴리즈

<표 5>는 릴리즈 순간의 운동학적 요인을 나타낸 것이다.

표 5. 릴리즈 순간의 운동학적 요인

| Variables | Subjects | | | | | | M±SD |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------|
| | A | B | C | D | E | | |
| COGH(cm,%) | 89.5 (51.4) | 82.2 (48.4) | 76.8 (45.2) | 80.0 (48.2) | 85.3 (49.6) | 82.8±4.88 (48.6±2.29) | |
| COG V _R (m/s) | 3.27 | 3.44 | 3.49 | 4.24 | 3.38 | 3.56±0.39 | |
| UEJ (m/s) | Shoulder | 7.7 | 8.8 | 9.5 | 8.7 | 8.2 | 8.6±0.69 |
| | Elbow | 13.4 | 12.1 | 11.5 | 13.7 | 10.8 | 12.3±1.26 |
| | Wrist | 15.7 | 16.8 | 14.7 | 15.9 | 14.8 | 14.6±1.93 |
| Trunk lean back(deg) | 4.7 | -0.4 | 3.0 | -6.6 | 0.5 | 0.2±4.32 | |
| Trunk lean lateral(deg) | 28.2 | 19.7 | 23.6 | 18.2 | 17.1 | 21.4±4.55 | |
| Shoulder rotation(deg) | 86.5 | 92.5 | 96.3 | 93.9 | 89.4 | 91.7±3.84 | |
| Shoulder tilt(deg) | 32.0 | 35.4 | 30.0 | 11.0 | 22.8 | 26.2±9.69 | |
| Body lean back(deg) | -14.6 | -10.8 | -28.1 | -17.3 | -6.8 | -15.5±8.07 | |
| Hip(deg) | 127.1 | 131.5 | 132.6 | 134.3 | 136.3 | 132.4±3.46 | |
| Knee(deg) | 147.1 | 166.5 | 176.7 | 170.2 | 169.2 | 165.9±11.18 | |
| Shoulder(deg) | 119.7 | 114.6 | 100.6 | 132.2 | 133.6 | 120.1±13.60 | |
| Elbow(deg) | 111.6 | 124.6 | 130.7 | 111.2 | 132.8 | 122.2±10.29 | |
| Release V(m/s) | 19.6 | 20.9 | 19.5 | 18.6 | 16.1 | 19.0±1.81 | |
| Release H(cm, %) | 169.1 (97.2) | 164.0 (96.5) | 135.1 (79.5) | 146.2 (88.1) | 154.1 (89.6) | 153.7±13.65 (90.2±7.21) | |
| Release angle(deg) | 40.4 | 34.6 | 41.7 | 35.5 | 33.0 | 37.0±3.80 | |

%; Body height, COG: Center of mass, H: Height, V_R: Resultant velocity, UEJ: Upper extremity joint, V: Velocity,

릴리즈 시 신체중심의 높이를 보면, 평균 $82.8 \pm 4.88\text{cm}$ 의 $48.6 \pm 2.29\%$ 로 나타났는데, 피험자 A가 51.4%로 가장 높은 자세에서 릴리즈를 하였고, 피험자 C가 45.2%로 가장 낮은 자세에서 릴리즈를 하는 것으로 나타났다. 이종훈(2002), 윤희중 등(2000), Mero(1994)등의 연구에서는 딜리버리 착지까지 신체중심의 높이가 낮아지다가 릴리즈 시 다시 높아지는 특성을 보인 것과 달리 이 연구에서는 크로스 스텝 착지와 딜리버리 국면의 힘발 착지와 지지발 착지까지 신체중심이 점진적으로 낮아지는 특성을 보였지만, 릴리즈 순간에 있어서는 오히려 신체중심이 높아지는 것이 아니라 지지발 착지와 유사하거나 다소 낮아지는 특성을 나타냈다.

신체중심 속도에 있어서는 평균 $3.56 \pm 0.39\text{m/s}$ 를 보였는데, 피험자 A가 3.27m/s 로 가장 작게 나타났고, 피험자 D가 가장 큰 속도를 보이면서 릴리즈 하는 것으로 나타났다.

릴리즈 시 상지관절의 속도를 살펴보면, 어깨의 경우 평균 $8.6 \pm 0.69\text{m/s}$, 팔꿈치가 평균 $12.3 \pm 1.26\text{m/s}$, 손목의 경우는 평균 $14.6 \pm 1.93\text{m/s}$ 로 나타났다. 창 의 속도와 가장 밀접한 원위 관절의 손목에 있어서는 피험자 B가 16.8m/s 로 가장 빠른 속도를 보인 반면에 피험자 C가 가장 작은 속도를 보였다. 백진호와 김재필(2001)의 연구에서는 상지분절의 상완, 전완 그리고 손이 각각 4.96m/s , 9.97m/s , 그리고 13.9m/s 의 속도를 나타냈고, Komi(1985)의 연구에서는 8.2m/s , 10.9m/s , 21.8m/s , Mero(1994)에서는 7.5m/s , 13.6m/s , 18.4m/s , 이종훈(2002)과 양동영(2002)의 연구에서는 상완과 전완이 각각 6.0m/s 와 10.1m/s 그리고 9.2m/s 와 16.6m/s 의 속도를 보여, 이 연구의 피험자들이 다소 작은 속도를 나타냈다. 그러나 선행연구와 이 연구에서 나타난 속도에 있어서 원위분절로 갈수록 속도가 크게 증가하는 것을 볼 수 있는데, 원위분절로 갈수록 몸통에 대한 상지분절의 속도전이가 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

상체의 자세각을 살펴보면, 상체전·후경각에 있어서는 평균 0.2 ± 4.32 도의 수직자세를 보였지만, 피험자 A와 C는 전경자세, 피험자 D는 후경자세, 그리고 피험자 B와 E는 거의 수직자세를 보이면서 릴리즈 하는 것으로 나타났다. 이종훈(2002)에 의하면, 릴리즈 순간의 전경자세는 창을 던지는 동안 몸통 회전에 의하여 전달된 힘이, 오른쪽 어깨와 팔꿈치를 통해 창에 보다 많은 힘을 가하여 속도를 높여주기 위해 상체는 전경자세를 취해야 하는 것으로 보고하고 있는데, 이 연구에서는 피험자 A가 4.7도로 다른 피험자들보다 큰 전경자세로 릴리즈 하는 것으로 나타났다.

특히, 상체 좌·우 기울기각과 어깨선상의 회전각 그리고 어깨선상의 기울기각을 살펴보면, 좌·우 기울기에 있어서는 평균 21.4 ± 4.55 도로 상체가 왼쪽으로 기울어진 자세를 보이면서, 피험자 A가 가장 크게 기울어진 자세로 릴리즈 하는 것으로 나타났다. 어깨선상의 회전각을 살펴보면, 평균 91.7 ± 3.84 도로 나타나면서 우측 어깨가 좌·우측과 나란한 상태를 보였는데, 피험자 A가 86.5도, 피험자 C가 96.3도로 피험자 간에 10도정도의 차이를 보였다. 특히 어깨의 회전각이 큰 피험자일수록 어깨관절의 속도가 크게 나타났는데, 이는 상체보다 어깨가 앞으로 나갔기 때문에 상체로부터 힘의 전달을 크게 전이시켜 주는 것으로 볼 수 있다. 어깨선상의 기울기에 있어서는 평균 26.2 ± 9.69 도를 보이면서, 피험자 B가 35.4도로 가장 큰 기울기를 보였고, 피험자 D가 11.0도로 가장 작은 기울기를

나타냈는데, Jorg & Lutz(1998)의 연구에서는 좌우 기울기가 평균 29도를 보여, 이 연구와 유사한 평균값을 나타냈다. 그러나 65m와 66m의 우수한 선수들일수록 기울기가 10도와 11도로 작게 나타나는 것으로 보고하였는데, 기울기가 크면 릴리즈 거리가 작아지기 때문에 창에 힘을 전달할 수 없을 뿐만 아니라 창의 릴리즈각이 과도하게 증가할 수 있어 창의 비행거리가 작아지게 된다. 이 연구에서 나타난 피험자들의 기울기는 다소 큰 상태에서 릴리즈를 하는 것으로 나타났다.

팔꿈치각에 있어서는 평균 122.2 ± 10.29 도를 보이면서 Morriss, Bartlett & Neil(1997)의 연구에서 보여준 154도와 많은 차이를 보였고, 특히 기록이 우수한 선수들일수록 릴리즈 순간에 팔꿈치를 최대한 신전시키는 것으로 나타났다. 고관절과 무릎각에 있어서는 평균 132.4 ± 3.46 도와 165.9 ± 11.18 도를 나타내면서 고관절의 경우는 E3의 141.1 ± 3.77 도보다 크게 굴곡되는 것을 보였고, 무릎각은 E3의 164.3 ± 7.01 도와 유사한 자세각을 보였다. Jorg & Lutz(1998)의 연구에서는 릴리즈 시 고관절과 무릎각의 경우는 평균 114도와 171도를, 이종훈(2002)은 136.8도와 168.7도를 보였는데, 이 연구에서 나타난 피험자들이 고관절과 무릎각에 있어서는 다소 굴곡된 자세로 릴리즈 하는 것으로 나타났다.

창의 비행거리에 직접적인 영향을 주는 창의 속도는 평균 19.0 ± 1.81 m/s로 나타났는데, 백진호와 김재필(2001)과 이종훈(2002)의 연구에서는 각각 평균 17m/s와 15.6m/s의 속도보다 약간 빠른 속도를 보였지만, Best, et al(1993)과 Mero, et al(1994)의 연구에서는 평균 21-24m/s, 박수권 등(1986)의 연구에서는 17.2-22.9m/s의 속도를 보이면서, 이 연구의 피험자들이 다소 릴리즈 속도가 작은 것을 볼 수 있다. 릴리즈 높이에 있어서는 평균 153.7 ± 13.65 cm의 $90.2 \pm 7.21\%$ 에서 릴리즈 하는 것으로 나타났다. Jorg & Lutz(1998)의 평균 105%의 높이와 비교할 때, 이 연구의 피험자들이 다소 낮은 자세에서 릴리즈 하는 것으로 나타났다. 릴리즈 각은 평균 37.0 ± 3.80 도를 보이면서, Jorg & Lutz(1998)의 평균 36도, 백진호와 김재필(2001)의 39.7도, Komi(1985)의 42도를 보인 것과 비교할 때 다소의 차이를 보이고 있지만, 기록이 우수한 선수들일수록 35-38도 내에서 릴리즈를 하는 것으로 나타났다. 그러나 이 연구에서 나타난 결과에 의하면, 기록이 우수한 피험자 일수록 릴리즈각이 크게 나타났는데, 이는 상체의 좌·우 기울기각에서 볼 수 있듯이, 기울기각이 크게 나타난 피험자들이 다소 릴리즈각이 크게 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 창에 힘을 전달하는 과정에서 손목이 뒤로 신전됨에 따라 창의 자세각이 높아지기 때문에 그에 따른 릴리즈각이 크게 나타난다고 볼 수 있다.

V. 결 론

이 연구는 2004년 부산 국제육상대회에 참가한 여자 창던지기 선수들 중 50m 이상의 기록을 낸 선수들을 대상으로 크로스 스텝과 딜리버리 국면 그리고 릴리즈 순간에 대한 운동학적 변인을 분석하였다. 운동학적 분석은 Kwon3D Motion Analysis Package Version 3.1 Program(Kwon, 2000)을

사용하여 거리요인, 속도요인 그리고 각도요인 등을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 크로스 스텝 국면에서 신체중심의 속도가 작게 나타났는데, 도움닫기에서 얻은 신체중심 속도를 크로스 스텝 착지까지 유지하기 위해서는 피험자 신장의 약 130% 내에서 스텝 길이를 길게 해야 하는 것으로 나타났다.
2. 딜리버리 국면에서 신체중심의 높이가 점진적으로 낮아지는 것으로 나타났고, 특히 신체중심의 감속도가 커지는 것으로 나타났다. 이는 크로스 스텝국면에서 나타난 것처럼, 피험자들이 보폭의 길이를 짧게 함으로서 감속도를 유발하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 신체중심의 속도를 증가시키기 위해서는 가능한 한 피험자 신장의 100%내로 보폭을 증가시켜야 하는 것으로 나타났다. 릴리즈 시 상지관절의 가속도를 크게 하기 위해서는 딜리버리의 오른발 착지에서 왼발 착지까지 팔꿈치 관절의 각변위를 최대한 작게 해야 하는 것으로 나타났다.
3. 릴리즈 시 신체중심의 높이가 낮아지면서 낮은 릴리즈 높이를 보였고, 상지관절의 릴리즈 속도가 작게 나타났고, 특히 상체 좌·우 기울기각이 큰 피험자일수록 과도한 릴리즈각을 보였다. 그리고 어깨 회전각이 크게 나타난 피험자일수록 상체보다 어깨관절이 앞으로 크게 열려 속도의 전이가 크게 나타났다

이상의 결과를 종합해 보면, 창의 비행거리를 길게 하기 위해서는 크로스 스텝과 딜리버리 국면의 자세가 중요한 요인으로 작용하는데, 크로스 스텝과 딜리버리 국면에서는 보폭의 길이를 증가시켜야 하는 것으로 나타났고, 특히 릴리즈 순간에 있어서 상체전·후경각, 상체 좌·우 기울기각 그리고 어깨선상의 회전각에 따라 창의 릴리즈각과 릴리즈 속도에 영향을 주는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 권영후(2000). KWON3D motion analysis package version 3.1.
- 박수권, 김의진, 이계산, 진성태, 최규정, 황경숙(1986). 국가대표 투창선수의 경기력향상을 위한 생체 역학적 고찰. 대한체육회 스포츠과학 연구 과제 종합보고서, 245-306.
- 박천우(1994). 창던지기에서 투사거리에 미치는 운동학적 요인분석. 동국대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 백진호, 김재필(2001). 여자 창던지기 경기 시 투사구간의 운동학적 특성. 한국체육학회지, 40(2), 853-860.

- 서학용(1989). 투창에서 도움닫기 거리가 투척동작과 투척거리에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 양동영, 조필환, 정남주(2002). 남자 창던지기 경기의 투사구간에 대한 운동학적 분석. 한국체육학회 학술발표회. pp.798-811
- 윤희중, 홍순모, 김태삼(2000). 여자 창던지기 선수들의 운동학적 분석. 제38회 한국체육학회 학술발표회. pp.798~811
- 이영선(2003). 여자 창던지기 도움닫기 최종1보와 릴리즈 동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교 석사학위논문.
- 이종훈(2002). 창던지기 동작의 Kinematic적 특성분석. 제12권 2호. 한국운동역학지. pp.345~359
- 최규정(1988). 투창의 생체역학 및 코칭. 대한체육회 스포츠과학연구소, 스포츠 과학정보, 25호, 36-42.
- 허성민(2001). 창던지기 릴리즈 국면의 운동학적 분석. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- Abdel-Aziz, Y.I., & Karara, H.M. (1971). Direct linear transformation: From comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry. Proceeding of ASPUI Symposium on Cross-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois(pp.1-19). Falls Church, VA: American Society of Phtogrammetry.
- Bartlett, R.M., & Best, R.J. (1988). The biomechanics of javelin throwing : a review. *Journal of Sports Science* 6, 1-38.
- Bartlett, R.M., Muller, E., Lindinger, S., Brunner, F., & Morriss, C. (1996). Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throwers of different skill levels. *Journal of Applied Biomechanics* 12, 72-87.
- Bartlett, R.M., Muller, E., Raschner, C., Lindinger, S., Jordan, C. (1995). Pressure distributions on the Plantar surface of the foot during the javelin throw. *Journal of Applied Biomechanics* 11, 163-176.
- Hay, J.G. (1978). *The biomechanics of sport techniques* (2nd ed). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Hubbard, M., & Always, L.W. (1984). Optimum release conditions for the new rules javelin.
- Hubbard, M., & Always, L.W. (1989). Rapid and accurate estimation of release conditions in the javelin throw. *Journal of Biomechanics*, 22, 583-595
- Hubbard, M., & Rust, H.J. (1984). Simulation of javelin flight using experimental aerodynamic data. *Journal of Biomechanics* Vol. 17, 769-776.
- Hubbard, M., Bergman, C.D. (1989). Effect of vibrations on javelin lift and drag. *International Journal of Sport Biomenchanic* 5, 40-59

- Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H., & Hashimoto, I. (1981). Biomechanical analysis of the javelin throw. *Biomechanics VII-B*, 27-276.
- Jensen, C.R., Schults, G.W., & Bangerter, B.L. (1986). *Applied Kinesiology and Biomechanics Third Edition*. McGraw-Hill Company.
- Jorg, B., & Lutz, K. (1998). The technique of the best female javelin throwers in 1997. *IAAF quarterly*, 13(1), 46-61.
- Komi, P.V., & Mero, M. (1985). Biomechanical analysis of Olympic javelin throwers, *International Journal of Sport Biomechanics*, 139-150.
- Mero, A., Komi, P.V., Kotjus, T., Navarro, E., & Gregor, R.G. (1994). Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *Journal of Applied Biomechanics* 10, 166-179.
- Miller, D.I., & Munro, C.F. (1983). Javelin Position and velocity patterns during final foot plant preceding release. *Journal of Human Movement studies*, 9, 1-20.
- Morriss, C., & Bartlett, R. (1996). Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Medicine* Jun 21, 438-446.
- Morriss, C., & Bartlett, R., & Neil, F. (1997). Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 world championships in athletics. *IAAF quarterly*, 12(3), 31-41.
- Plagenhoef, S., Evans G.F., & Abdelnour T. (1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise And sport*, 54(2), 169-178
- Whitting, W.C., Gregor, R.J., & Halushka, M. (1991). Body segment and Release Parameter contributions to new- rules javelin throwing. *International Journal of Sport Biomechanics* 7, 111-124.

투 고 일 : 10월 29일
 심 사 일 : 11월 4일
 심사완료일 : 12월 12일