

여자해머던지기 턴 동작과 투사국면에 대한 운동학적 기술 요인 분석

정남주¹ · 김재필² · 송옥흥²

¹호남대학교 환경이공대학 스포츠레저학과 · ²순천대학교 인문예술대학 사회체육학과

Kinematic Skill Analysis of the Turn Motion and Release Phase in Female Hammer Throw

Nam-Ju Chung¹ · Jae-Pil Kim² · Ok-Heung Song³

¹Division of Sport Science, College of Environmental Science and Engineering, Honam University, Gwangju, Korea

²Department of Sport and Leisure Science, College of Humanities and Arts, Suncheon National University, Suncheon, Korea

³Department of Physical Education, Graduate School Education, Suncheon National University, Suncheon, Korea

Received 31 October 2010; Received in revised form 10 November 2010; Accepted 26 December 2010

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the kinematic factors and throwing variables for the 3-turn and 4-turn techniques and for release as well as to provide technical advice for improving athletic performance in hammer throwing. Data analysis led to the following conclusions: To increase the rotation speed for the 3-turn and 4-turn techniques, the time elapsed during the 1-foot support period should be decreased the distance between the rotating foot and the rotation axis should be small and the height of the hip joint should be increased at the times of release The throwing angle at the moment of release should be more than 40 degrees, and the throwing position should be taken vertically high at the shoulder joints. To accelerate the motion of the hammer, the speed should not be reduced during the 1-foot support period but should be increased during the 2-foot support period for much greater acceleration. In the 3-turn technique, the angles of the shoulder axis and hummer string should be dragged angle at the maximum point and lead angle at the minimum point, and dragged angle at the maximum and minimum points in the 4-turn at the time of relase The upper body should be quickly bent backward, the knee angle should be extended, and the angles of the shoulder axis and hammer string should be dragged angle close to 90 degrees.

Keywords : Hammer, Projection Angle, Rotation Axis, Dragged Angle, Lead Angle

I. 서론

해머던지기는 육상경기 가운데 고유한 특성을 가지고 있는 복잡한 경기종목 중 하나이다. 핸들, 와이어, 볼 베어링, 강철 구로 구성되어 있는 해머종목은 해머의 회전을 강하게 하여 투사거리를 넓혀가는 특성을 가지고 있다. 해머를 돌리기 위한

선수의 움직임은 턴(turn)이라하는데 턴을 할 때에는 선수와 해머는 하나의 동일체를 형성하며 몸이 축의 중심되어 회전한다. 또한, 회전운동과 함께 던지는 방향으로 이동하게 됨으로 턴의 리듬과 속도를 적절히 잘 맞추어가야 한다.

해머던지기 기술은 예비스윙과 턴, 릴리즈 등으로 구분할 수 있다. 예비스윙은 가능한 넓고, 리드미컬하게 하여 첫 번째 턴으로 옮겨가는 과정이 부드러워야 하고, 턴을 할 때는 두발지지 단계를 길게 하여 한발지지 단계를 짧게 함으로써 턴을 하는데 소요되는 시간을 짧게 해야 한다. 그리고 각각의 두발지지 단계에서 최적으로 속도를 증가시켜야하며, 턴을 할 때 마다 점진적으로 속도를 증가 시켜 마지막 턴을 할 때 폭발적으

Corresponding Author : Jae-Pil Kim
Department of Sport and Leisure Science, College of Humanities and Arts,
Suncheon National University, 413 Jungangno Suncheon, Jeollanam-do, Korea
Tel : +82-61-750-5210 / Fax : +82-61-750-3977
E-mail : jpkim@suncheon.ac.kr
본 논문은 2009년 순천대학교 학술연구비 공모과제로 연구되었음.

로 릴리즈를 하여야 해머의 기록을 최대화 할 수 있다. 결국, 해머던지기 기술의 핵심은 던지라 할 수 있는데 예전에는 3회전의 턴을 행하였지만, 최근 대부분의 선수들은 4회전 턴을 실시하고 있어 기술의 변천이 이미 진보하였다.

현재 여자 해머던지기의 세계 신기록은 77.80 m, 아시아 기록은 74.86 m이며 국내 기록은 63.53 m로 세계기록과는 많은 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 그동안 체격 및 체력에 관한 부분과 기술적인 차이에 의한 것으로 생각되어 왔으나, 아시아 신기록과 세계 신기록의 차이가 좁혀지면서 체력과 기술적인 면으로 기록의 격차를 만회하려는 시도가 꾸준히 진행되고 있다.

그동안 해머던지기과 관련된 선행연구를 살펴보면, 이정훈(1984)은 해머의 직경이 투척거리에 미치는 영향을 분석하였으며, 남상남, 최창국, 남정웅, 김일곤 및 안정훈(2003), 최대우 및 이왕복(1986)은 해머 길이의 변화가 기록에 미치는 영향에 대한 연구하여 회전동작에 있어서 2-3 t/s로 회전할 때 회전반경이 약 3.68 m커지면 비행거리는 약 3 m증가하고, 7.35 m증가하면 비행거리는 약 5.5m증가하는 것으로 보고하여 회전반경에 대한 회전속도에 의해 경기력이 크게 좌우되는 것으로 보고하였다.

이밖에도 Dapena(1984), Dapena, Gutierrez, Soto, 와 Rojas(2003), Dapena 와 Teves(1989), Judge(2000), Maro'nski(1991), Murofushi, Sakurai, Umegaki 와 Kobayashi(2005), Simonyi (1980), 의 연구에서는 해머 속도의 유형과 해머 진동에 대한 중력의 영향 측정방법 및 분석, 그리고 던지는 거리에 대한 측정방법, 해머 구(ball) 직경의 영향, 공기저항, 성별이 기록에 미치는 영향 등을 분석함으로써 해머던지기의 경기력에 많은 자료를 제공하였다. Judge(1999)는 우수한 해머던지기 선수일수록 회전각이 뛰어나야 하며, 체력 면으로 강한 팔과 다리의 힘 그리고 허리의 근력 발현능력, 폭발적인 회전력, 신체의 조정능력이 필요하다고 하였다. Dapena(1986, 1989)는 투사 거리를 크게 하기 위해서는 릴리즈 순간의 투사 속도와 투사 각도가 가장 중요한 요인으로 작용하며 회전 동작에서 신체중심의 수평이동에 따른 빠른 회전속도를 얻는 것이 주요 관건이라고 보고하였다. 이는 선수와 해머와의 역동적인 균형이 이루어질 때 회전동작에서의 충분한 가속도가 형성된다는 것을 제시해주고 있다.

또한 Dapena 와 Feltner (1989), Dapena 와 McDonald (1989)의 연구에 따르면 빠른 회전속도를 얻기 위해서는 회전동작 시 해머와 신체중심과의 회전반경을 크게 하여 각운동량을 증가시킴으로써 릴리즈 순간의 선속도를 증가시킬 수 있는 것으로 보고하였다. 즉, 해머를 보다 멀리 던지기 위해서는 빠르게 회전할 수 있는 파워 및 해머가 손에서 떨어지는 순간의 스피드와 각도를 유지할 수 있는 조정력을 필요로 한다는 것이다. 해머가 아무리 빠르게 회전한다 하여도 선수의 다리가 그에 상응하는 회전속도를 발휘하지 못한다면, 좋은 기록을 낼 수 없으며, 우

수한 선수일수록 하지의 회전속도가 해머보다 빠른 경향을 보인다고 하였다.

이상의 선행연구들을 정리해 보면 해머의 직경에 따른 공기 저항과 직경 및 길이의 변화는 해머의 규격과 길이가 규정에 의해 정해져 있어 기록에 직접적인 영향을 미치지 않으며, 해머의 보조적인 기술 즉, 기록에 직접적인 영향을 미치는 해머와 신체와의 회전 관계를 조명하는 것이 보다 현실적인 가치를 갖는다고 볼 수 있다. 국내 여자경기의 기록 행진이 차츰 두각을 나타내고 있는 시점에서 체계적인 연구를 통하여 아시아 기록과 세계기록에 근접할 수 있는 발판을 마련하는 것이 무엇보다 시급한 과제이다. 따라서 본 연구에서는 여자 해머던지기 선수들을 대상으로 3Turn부터 4Turn, 릴리즈까지의 운동학적 인과 투사변인들을 분석하고 해머던지기 경기력 향상을 위해 기술적인 조언을 하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 최고 기록이 50m 이상인 현 여자국가대표와 대표급 선수 4명을 선정(나이 : 26.5±6.13 yrs, 신장 : 169.3±2.29 cm, 체중 : 70±3.81 kg, 최고기록 : 52.29±4.27 m, 경력 : 12.0±3.94 yrs)하였으며 시험시즌을 앞둔 상황에서 실험에 참가하여 최고의 컨디션을 유지할 수 있도록 하였다.

2. 실험 장비 및 절차

본 연구를 위해 해머던지기 동작을 모두 포함할 수 있는 통제점 틀을 길이 4 m, 높이 2 m, 폭 4 m로 조립하여 설치하였다. 디지털 비디오카메라 4대를 이용하여 통제점 틀이 모두 관찰될 수 있는 위치에 삼각대를 고정시켜 설치하였다.

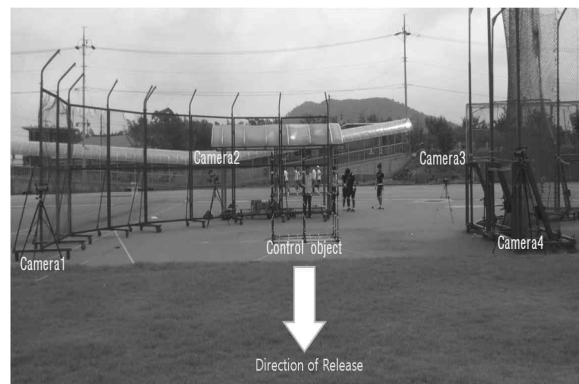


Figure 1. A set of experimentation

통제점 틀은 약 3분간 촬영한 다음 제거하였다. 연구대상자들은 스판유형의 반바지와 나시를 착용하였으며 인체와 해머에 총 22개의 표면마커를 부착하였고 해머던지기 동작을 실제 수행하여 던지기 동작에 부담을 줄 수 마커를 다시 조절하였다. 각각의 디지털 카메라의 동조를 위하여 Lamp Indicator를 사용하였는데 디지털카메라의 영상에 100 W의 불빛을 발생시킴으로써 이 프레임을 기준으로 동조이벤트를 설정하였다. 정해진 순서에 의해 모두 1회씩 해머던지기를 실시한 다음 다시 1회씩 총 6회씩의 동작을 실시하였다(Figure 1).

3. 자료 분석 방법

좌표화는 영상으로 나타나는 표시 점의 위치를 실제 공간상의 좌표값으로 변화시키는 과정으로 이러한 좌표화는 기준 공간을 수치화하는 통제점 좌표화와 공간상에서 실제로 움직이는 인체관절 중심점에 대한 좌표화로 나누어진다. 통제점 좌표화에서는 통제 점 틀에 표시되어 있는 통제 점을 5번 반복 디지털 타이핑하여 평균값을 파일로 저장하여 사용함으로써 디지털 타이핑 시 발생할 수 있는 오차를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 좌표값의 설정은 투사 방향을 Y축, 상, 하 방향을 Z축, 그리고 좌우 방향을 X축으로 설정하였다. 인체 관절 중심점의 좌표화에서는 신체를 총 22개의 관절점을 가진 15개 분절로 연결된 강체 시스템(linked rigid body system)으로 정의한다.

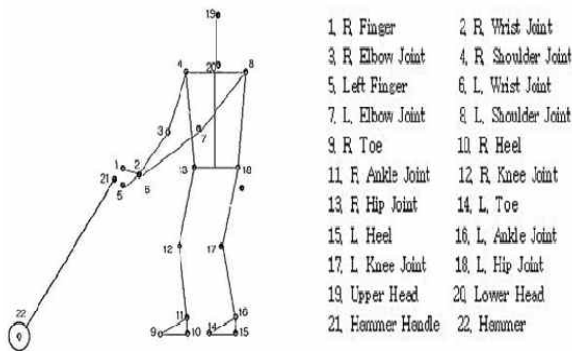


Figure 2. Marker Position

이러한 분절의 무게 중심점과 신체중심 위치의 산출은 Plagenhoef 등(1983)의 신체 분절지수(body segment parameter)자료를 사용하였으며, 신체 관절 중심점의 좌표화는 동작시작 전 5frames 전부터 착지 후 5frames까지를 디지털 타이핑 하였다. 디지털 타이핑 하여 2차원 좌표를 얻은 후 3차원 좌표를 산출하기 위해 이미 알고 있는 통제점 틀의 공간 좌표를 활용하는 DLT(Direct Linear Transformation: Abdel-Aziz & Kararah, 1971)방법을 사용하였다. 4대의 카메라에서 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용하여 0.0167초 간격으로 보간(interpolation)

하여 동조(synchroniz -ation) 하였으며, 이 연구에서는 램프 인디케이터에 불빛이 들어오는 프레임을 택하여 그 프레임을 동조시켰다. 3차원 좌표에 포함되는 디지털 타이핑 오차와 기자재 자체에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위하여 Butterworth의 저역 통과 필터(low-off frequency)는 8.0Hz로 설정하였다. 이와 같은 자료분석을 위하여 주)비솔에서 개발한 Kwon3d 3.1 프로그램(Kwon, 2003)을 사용하였다.

4. 분석변인과 국면

본 연구에서 분석변인은 소요시간, 회전축 발과 회전발의 변화, 고관절과 어깨관절의 수직위치, 해머의 속도와 투사각도, 상체전후경각, 무릎각, 어깨축과 해머줄이 이루는 각을 분석하였다. 각 변인별 분석시점과 국면은 <Figure 3>과 같다.

1) 시점(event) 설정

- ① Event 1 : 세 번째 턴 최고점에 도달하는 순간
- ② Event 2 : 세 번째 턴 최저점에 도달하는 순간
- ③ Event 3 : 네 번째 턴 최고점에 도달하는 순간
- ④ Event 4 : 네 번째 턴 최저점에 도달하는 순간
- ⑤ Event 5 : 릴리즈 순간

2) 국면(Phase) 설정

- ① Phase 1 : turn(E1 - E2)간 회전
- ② Phase 2 : turn(E3 - E4)간 회전
- ③ Phase 3 : turn(E4 - E5)간 회전

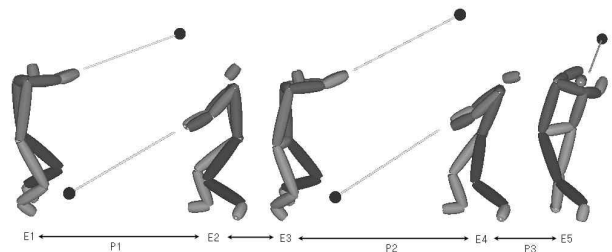


Figure 3. Event and Phase

III. 연구결과

1. 국면별 소요시간

시간요인은 각 회전별 소요시간으로 3Turn은 세 번째 턴의 오른발이 지면에 착지하는 순간부터 네 번째 턴의 오른발 착지까지이며, 4Turn은 네 번째 턴의 오른발 착지에서 릴리즈 동작

이 이루어지는 순간까지로 이들의 각 국면별 소요시간은 <Table 1> 과 같다.

국면별 소요시간을 살펴보면, 3Turn에서 두발지지(double support)는 0.37초, 한발지지(SS, single support)는 0.34초로 두발 지지가 한발지지 보다 다소 긴 지지시간이 소요됐으며, 3Turn의 전체시간은 0.71초가 소요되었다. 네 번째 턴의 오른발 착지에서 릴리즈 동작이 이루어지는 순간까지 두발지지는 0.38초가 소요됐으며, 그에 따른 전체 소요시간은 1.49초가 소요됐다. 위의 결과에서 회전이 증가할수록 짧은 지지시간을 보였지만, 선행연구(Bartoniets, Barclay & Gathercole, 1997)의 지지시간보다 다소 긴 시간을 보였다. 특히 회전 시 빠른 속도를 얻기 위해 두 발지지시간을 한발지지시간보다 길게 해야 한다. 두발지지기의 시간이 한발지지기의 시간 보다 크지만 그 격차가 더 커져야 할 것으로 보여진다.

Table 1. Elapsed time (unit: sec)

Turn Factors Subjects	3Turn		4Turn		Total time
	DS	SS	Total	DS	
A	0.36	0.34	0.70	0.37	1.39
B	0.37	0.35	0.72	0.42	1.57
C	0.38	0.33	0.71	0.37	1.48
D	0.40	0.37	0.77	0.38	1.53
M	0.37	0.34	0.71	0.38	1.49
SD	0.01	0.01	0.03	0.02	0.07

DS : double support, SS : single support

2 회전축 발과 회전발의 변화

해머던지기 동작을 상하(Z)축에 투영시켜보면 회전을 할 때 축이 되는 발을 중심으로 회전하는 발(왼발)이 3턴과 4턴에서 하나의 원(circle)이 형성된다. 이때 축발에 대한 회전발의 좌우 상대적 위치를 <Table 2>에 제시하였다.

Table 2. Distance between right and left foot (unit: m)

Turn Event Subjects	3Turn		4Turn		Rel
	HP	LP	HP	LP	
A	-0.13	0.46	-0.21	0.38	0.44
B	-0.20	0.39	-0.17	0.37	0.44
C	-0.17	0.45	-0.15	0.45	0.54
D	-0.13	0.36	-0.13	0.27	0.39
M	-0.15	0.41	-0.16	0.36	0.45
SD	0.03	0.04	0.03	0.07	0.06

* HP: High position, LP: Low position, Rel: Release

축발에 대한 회전발의 좌우 이동변화를 살펴보면, 3Turn의 최고점에서는 -0.15 m, 최저점에서는 0.41 m로 나타났다. 4Turn의 최고점에서는 -0.16 m, 최저점에서는 0.36 m로 나타났으며, 릴리즈 순간에 있어서는 0.45 m의 움직임은 보였다. 위의 결과에서 3Turn과 4Turn의 최고점에서 두발사이의 거리가 거의 비슷하였으며, 최저점에서는 3Turn 보다는 4Turn에서 보다 작은 값을 보였다.

3 고관절/어깨관절/해머의 수직위치 변화

해머던지기 시 해머가 최고점(HP)과 최저점(LP)의 위치를 보일 때 신체의 관절의 위치 또한 변화를 보이게 된다. <Table 3>은 회전 별 회전축 다리의 고관절 수직위치 변화를 나타낸 것이다.

Table 3. Vertical displacement of hip joint (unit: m)

Turn Factors Subjects	3Turn			4Turn			Rel
	HP	LP	Dif	HP	LP	Dif	
A	0.73	0.89	0.16	0.72	0.91	0.19	0.94
B	0.68	0.85	0.17	0.70	0.86	0.16	0.96
C	0.64	0.82	0.18	0.66	0.86	0.20	0.92
D	0.74	0.84	0.10	0.76	0.88	0.12	0.76
M	0.69	0.85	0.16	0.71	0.87	0.16	0.89
SD	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.09

* HP: High position, LP: Low position, Dif: Difference, Rel: Release

회전별 고관절 수직위치 변화를 살펴보면, 3Turn의 최고점에서는 0.69 m를 보였지만, 최저점에 있어서는 0.85 m 다소 높았다. 4Turn의 최고점에서는 0.71 m를 보였고, 최저점에서는 0.87 m를 보였으며 릴리즈 순간에 있어서는 0.89 m로 상승하였다. 결국, 해머의 위치가 최고점에 있으면 고관절의 높이가 낮아지고, 해머의 위치가 최저점에 있으면 고관절의 높이가 올라가는 특성을 보이면서 해머를 투사하는 것으로 나타났다.

해머던지기 시 해머의 안정된 회전을 위해서는 어깨관절이 중요한 역할을 한다. <Table 4>는 회전 별 우측 어깨관절의 수직위치와 변화를 나타낸 것이다.

어깨관절 수직위치 변화를 살펴보면, 3Turn에서 최고점에서는 1.26 m를 보였고, 최저점에서는 1.33 m를 보였다. 4Turn의 최고점에서는 1.27 m를 보였고, 최저점에 있어서는 1.36 m를 보였으며, 릴리즈 순간에는 1.36 m를 보였다. 3Turn에서 해머의 위치에 따른 어깨관절의 위치변화 차이는 0.07 m, 4Turn에서는 0.09 m를 보여 선수 간에 다소 편차는 있지만 해머던지기 시 이들의 자세는 안정된 것으로 평가 할 수 있다.

해머던지기 시 해머의 위치는 투사거리에 영향을 미치는 변인으로 <Table 5>에 회전별 해머의 수직위치변화를 제시하였다.

Table 4. Vertical displacement of shoulder joint (unit: m)

Subjects	3Turn			4Turn			Rel
	HP	LP	Dif	HP	LP	Dif	
A	1.32	1.36	0.04	1.29	1.38	0.09	1.35
B	1.22	1.32	0.10	1.26	1.33	0.07	1.30
C	1.16	1.27	0.11	1.18	1.31	0.13	1.29
D	1.35	1.37	0.02	1.36	1.40	0.04	1.49
M	1.26	1.33	0.07	1.27	1.36	0.09	1.36
SD	0.08	0.04	0.04	0.07	0.04	0.03	0.09

* HP: High position, LP: Low position, Dif: Difference, Rel: Release

Table 5. Vertical displacement of hammer ball (unit: m)

Subjects	3Turn			4Turn			Rel
	HP	LP	Dif	HP	LP	Dif	
A	2.15	0.12	2.03	2.16	0.10	2.06	1.69
B	2.03	0.13	1.90	2.09	0.05	2.04	1.58
C	2.02	0.14	1.88	2.23	0.15	2.08	1.66
D	2.06	0.12	1.94	2.18	0.13	2.05	1.56
M	2.06	0.12	1.94	2.16	0.10	2.06	1.62
SD	0.05	0.01	0.06	0.05	0.04	0.01	0.06

* HP: High position, LP: Low position, Dif: Difference, Rel: Release

해머의 수직위치 변화를 살펴보면, 3Turn의 최고점에서는 2.06 m, 최저점에서는 0.12 m를 보였다. 4Turn의 최고점에서는 2.16 m, 최저점에 있어서는 0.10 m로 나타났으며, 릴리즈 순간에 있어서는 1.62 m로 나타났다. 위의 결과에서 릴리즈 순간 해머의 높이는 어깨 높이와 유사한 위치에서 릴리즈가 이루어져야 하는데 본 연구결과 4Turn에 최고점에서는 3Turn의 최고점보다 높아진 특성을 보였으며, 최저점에 있어서는 다소 낮은 위치를 보이면서 회전이 증가할수록 최고점에서 모든 피험자의 해머 높이가 증가되는 특성을 보였다. 또한 어깨 높이가 1.36 m을 보인 것과 비교할 때 어깨보다 높은 위치에서 릴리즈 하는 것으로 나타났다.

4. 해머의 속도와 투사각도

해머의 속도와 투사각도는 해머의 비행거리에 영향을 미치는 변인으로 <Table 6>에 회전별 해머의 최고점과 최저점에서의 합성 속도를 제시하였다.

회전별 해머의 속도변화를 살펴보면, 3Turn의 최고점에서는 17.4 m/s, 최저점에서는 20.6 m/s로 나타났다. 4Turn의 최고점에서는 18.7 m/s를 보였고, 최저점에서는 21.9 m/s로 나타났으며,

릴리즈 순간에 있어서는 24.2 m/s를 보였다. 그리고 릴리즈 순간의 투사각은 39.7도를 보이는 것으로 나타났다. 해머던지기에서 기록을 좋게 하기 위해서는 가장 중요한 요인은 릴리즈 순간의 투사속도라고 할 수 있다. 결국, 회전이 증가함에 따라 해머의 속도 역시 비례적하여 증가하고, 해머에 더 큰 가속을 주기 위해서는 한발지지기 보다는 두발이 지지하고 있을 때가 유리함으로 한발지지기 때는 속도가 줄지 않도록 하고 두발 지지기에서는 더 큰 가속이 발생될 수 있도록 속도를 강하게 해주어야 한다. 이때 최고점과 최저점에서의 속도 차이가 작을수록 릴리즈 순간의 투사속도를 크게 할 수 있다.

Table 6. Velocity and projection angle of Hammer (unit: m/s)

Subjects	3Turn			4Turn			Rel	PA
	HP	LP	Dif	HP	LP	Dif		
A	18.4	22.1	3.8	19.9	23.0	3.2	25.5	40
B	18.1	20.4	2.4	19.0	21.7	2.7	23.8	37
C	17.1	20.0	2.9	18.9	21.7	2.8	23.8	42
D	15.9	19.8	3.9	17.1	21.4	4.2	23.4	39
M	17.4	20.6	3.2	18.7	21.9	3.2	24.1	39.7
SD	1.12	1.06	0.72	1.14	0.73	0.70	0.96	2.5

* HP: High position, LP: Low position, Dif: Difference, Rel: Release
PA: Projection angle

4. 각도요인

1) 상체전·후경각도

상체전·후경각도는 해머던지기 동작의 효율성을 설명하는 변인으로 예비스윙 이후 턴 동작이 시작됨과 동시에 상체는 전경과 후경자세, 직립자세를 반복하게 된다. <Table 7>은 회전에 따른 상체 전·후경각을 나타낸 것이다.

상체 전·후경각의 변화를 살펴보면, 3Turn의 최고점에 있어서는 10.95도의 후경자세를 보였고, 최저점에 있어서는 4.87도로 나타났으며, 4Turn의 최고점에 있어서는 12.57도의 후경자세를 보였으며, 최저점에 있어서는 9.0도를 보였다. 릴리즈 순간에 있어서는 24.15도로 나타났다. 모든 피험자가 3Turn, 4Turn, 릴리즈까지 후경자세를 보이고 있지만, 기록이 좋을수록 릴리즈 순간에 있어서는 큰 후경자세를 취하는 것으로 나타났다. 이는 마지막 턴 회전에서 후경자세를 취하여 회전에 의한 각운동량을 최대한으로 하여 투사시점에서 선속도를 강화하려는 의도로 보여진다.

2) 무릎각도

무릎각도는 대퇴와 하퇴사이의 상대각도로 인체의 안정성이 기여하는 변인이다. <Table 8>은 회전에 따른 회전축 다리의 무릎각도에 대한 변화를 나타낸 것이다.

Table 7. Incline and decline angle of trunk (unit: deg)

Subjects	3Turn			4Turn			Rel
	HP	LP	Dif	HP	LP	Dif	
A	9.3	4.3	5.0	13.9	13.3	0.6	23.0
B	13.5	5.8	7.7	13.5	8.9	4.6	29.3
C	7.5	4.6	2.9	10.4	4.9	5.5	15.9
D	13.5	4.8	8.7	12.5	8.9	3.6	28.4
M	10.95	4.87	6.07	12.57	9.0	3.57	24.15
SD	2.62	0.56	2.27	1.35	2.97	1.84	5.33

* HP: High position, LP: Low position, Dif: Difference, Rel: Release

Table 8. Angle of knee joint (unit: deg)

Subjects	3Turn			4Turn			Rel
	HP	LP	Dif	HP	LP	Dif	
A	85.92	111.02	-25.10	86.52	99.53	-13.01	134.72
B	81.24	94.27	-13.03	78.51	102.07	-23.56	140.65
C	84.02	109.73	-25.71	91.50	115.20	-19.70	146.60
D	92.30	108.70	-16.40	96.62	115.20	-18.58	147.60
M	85.87	105.93	-20.06	88.28	108.00	-18.71	142.39
SD	4.06	6.78	5.48	6.67	7.25	3.77	5.16

* HP: High position, LP: Low position, Dif: Difference, Rel: Release

해머던지기 시 무릎관절각도는 인체의 안정성에 기여하는 변인으로 회전의 양이 증가함으로써 해머의 각운동량이 증가하게 되면 선수는 인체의 안정성을 위해 무릎을 굴곡시키는 작용을 하게 된다. 회전축 다리의 무릎각 변화를 살펴보면, 3Turn의 최고점에 있어서 85.87도의 굴곡자세를 보였고, 최저점에 있어서는 105.93도를 보였다. 4Turn의 최고점에 있어서는 88.28도로 굴곡된 자세를 보였고, 최저점에 있어서는 108.00도를 보였으며, 릴리즈 순간에 있어서는 142.39도로 나타났다. 릴리즈 이전 동작에서는 모두 굴곡상태를 보여주었으나 릴리즈시점에서 신전된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다. 특히 기록이 좋을수록 4Turn에서는 최고점과 최저점에서의 무릎이 굴곡된 자세를 유지하는 것과 같이 릴리즈 순간에 있어서도 기록이 좋을수록 무릎이 굴곡된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다.

3) 어깨 축과 해머 줄이 이루는 각 변화

어깨 축과 해머 줄이 이루는 각도에 대하여 Otto(1992)는 90도보다 클 경우는 해머를 끌어당기는 Dragged 각도로 정의하였고, 90도보다 작은 경우 해머에 이끌리는 Lead 각도로 정의한바 있다. <Table 9>는 어깨관절을 잇는 선과 해머 줄이 이루는 각 변화를 나타낸 것이다.

회전별 어깨 축과 해머 줄이 이루는 각과 변화를 살펴보면, 3Turn의 최고점에 95.41도를 보였고, 최저점에 있어서는 85.93도로 나타났다. 4Turn의 최고점에 있어서는 95.53도를 보였고, 최저점에 있어서는 91.94도를 보였으며, 릴리즈 순간에 있어서는 80.08도로 나타났다. 3Turn의 최고점에서는 Dragged된 각도를 최저점에서는 Lead된 각도를, 4Turn의 최고점과 최저점에 있어서는 Dragged된 각도를 보였으며, 릴리즈 순간에 있어서는 4Turn의 최고점과 최저점보다 작은 각도를 보이면서 모든 피험자가 Lead된 각도에서 릴리즈 하는 것으로 나타났다.

Table 9. Angle of the axis of shoulder and hammer (unit: deg)

Subjects	3Turn			4Turn			Rel
	HP	LP	Dif	HP	LP	Dif	
A	98.21	91.12	7.09	96.10	96.82	-0.72	89.70
B	82.01	68.70	13.31	80.73	81.07	-0.34	78.50
C	103.40	90.60	12.80	103.40	91.60	11.80	66.82
D	98.02	93.33	4.69	101.92	98.30	3.62	85.32
M	95.41	85.93	9.47	95.53	91.94	3.59	80.08
SD	8.03	10.00	3.68	8.97	6.75	5.03	8.63

* HP: High position, LP: Low position, Dif: Difference, Rel: Release

IV. 논 의

해머던지기 시 3Turn과 4Turn 수행 시 소요시간이 1.49초를 보였다. 이중 두발지지 시간이 한발지지시간 보다 길게 나타났다. Otto(1992)에 의하면, 86.47 m의 기록을 세운 Yuriy Syedikh 선수의 세 번째 턴에서 두발지지시간은 0.22초, 한발지지는 0.21초를 보이면서 한발 지지시간보다 두발지지시간이 길게 나타났고, 회전이 증가할수록 지지시간이 짧아지는 것으로 보고하였다. 국내선수들이 보다 좋은 경기력을 보이기 위해서는 전체적인 소요시간을 짧게 하면서 한발지지시간보다는 두발지지시간을 길게 하면서 수행해야 할 것으로 보여진다. 회전축 발과 회전하는 발의 거리를 살펴보면 3Turn과 4Turn의 최고점에서 두발사이의 거리가 거의 비슷하였으나, 최저점에서는 3Turn 보다 4Turn에서 보다 작은 값을 보였다. Mizera 와 Horva'ath(2002)는 두 발 사이의 간격은 회전이 증가할수록 축 발과 회전 발의 거리가 작아진다는 패턴과 유사한 경향을 보였다.

Judge(1999)는 회전 시 속도를 증가시키기 위해서는 최고점과 최저점에서 고관절의 수직 변화가 중요한 의미를 갖는다고 하였다. 본 연구결과 4Turn의 최고점에서는 0.71 m을 보였고, 최저점에서는 0.87 m을 보이면서 3Turn과 같이 고관절이 높아졌으며, 특히 3Turn의 최저점보다 높아졌다. 릴리즈 순간에 있

어서는 0.89 m로 3Turn과 4Turn의 최저점보다 고관절이 높아졌다. Murofushi, Saito 와 Yuasai(1982)는 해머던지기 시 투사높이가 1.7 m 정도 되는데 이는 선수의 어깨높이에서 투사가 이루어지고 있음을 의미한다. 본 연구에서도 1.36 m를 보였는데 이는 선수의 어깨 지점 높이와 비슷한 경향을 보이고 있어 투사 지점으로써 나쁘지 않다는 것을 의미한다.

Bartonietz, Barclay 와 Gathercole(1997), Dapena(1984, 1986), Jaede(1991), Stone et al(2003)는 자세를 낮추는 것은 회전이 증가함에 따라 해머의 속도는 비례적으로 증가하고, 그에 따라 원심력도 회전속도의 증가에 비례하여 커진다고 보고하였는데, 본 연구결과 4Turn의 최고점에 있어서는 피험자 간에 많은 차이가 있는 것으로 나타났으며, 릴리즈 순간에 있어서는 4Turn의 최저점과 유사한 높이를 보였다.

해머던지기 턴 동작시 해머의 속도는 3Turn 보다는 4Turn에서 보다 큰 속도를 보이고 있고 최저점보다는 최고점에서 약 1 m/s 정도 속도가 큰 것으로 나타났으나, 선행연구(Abdel-Aziz 와 Karara 1971; Bartonietz, Barclay & Gathercole, 1997, Dapena, 1984; 1986; Dapena & McDonald, 1989; Gutierrez & Rojas, 2002; Otto, 1992; Towned, 1984)에 비해서는 다소 작은 속도를 보이고 있다. 본 연구의 투사각도가 39.7도를 보였는데 박준기(1994)의 연구에 의하면 예비스윙을 할 때 해머의 회전면은 수평면에 대하여 37-38도의 각도를 만들어내나 그 뒤 회전수가 늘어남에 따라 경사도가 커지면서 던지는 순간에는 42-44도까지 증가한다고 하였다. 회전속도가 일정한 경우 투사각도와 기록과의 관계를 살펴본 결과 평균 36도의 투사각도에서는 약 49 m정도 기록하였으나 평균 40도의 각도에서 약 67 m 이상을 기록한 것으로 나타났다. 본 연구의 투사각도가 이와 비슷한 결과를 보이고 있지만 투사각도가 다소 향상되어야 할 것으로 판단된다.

상체전·후경각은 해머던지기 동작의 효율성을 설명하는 변인으로 회전시 상체가 후경자세에 있으면 해머의 궤적이 그리며 반경이 작아지고, 원심력에 대응하는 구심력을 크게 하기 위해 상체는 수직으로 유지하는 것이 보다 효율적인 동작으로 보고하고 있다(Jaede, 1991). 따라서 모든 피험자가 3Turn, 4Turn, 릴리즈까지 후경자세를 보이고 있지만, 더 좋은 기록을 위해서는 3Turn과 4Turn에서는 상체를 수직으로 유지하다가 릴리즈 시점에서 후경자세를 빠르게 취해야 할 것으로 보여진다.

Jaede(1991)와 Otto(1992)에 의하면, 회전이 증가할수록 원심력이 커지기 때문에 선수는 반대방향으로 똑같은 구심력을 발휘하며 이 구심력을 크게 하기 위해 상체를 세우고, 중력 중심을 위해 회전축 다리의 무릎을 최대한 굴곡 시키며, 특히 마지막 턴의 최고점에 있어서는 무릎을 최대한 굴곡 시키야 한다고 하였다. 본 연구결과 4Turn의 최고점에 있어서는 88.28도로 굴곡된 자세를 보이면서, 3Turn의 최고점과 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 4Turn에서는 최고점과 최저점에서

의 무릎이 굴곡된 자세를 유지하는 것으로 나타났다. 릴리즈 순간에 있어서는 142.39도로 3Turn, 4Turn의 최고점과 최저점보다 크게 신전된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과 마지막 턴의 최고점에서 무릎을 최대한 굴곡시키고 릴리즈 시점에서는 신전하면서 투사하는 것으로 나타났다.

어깨 축과 해머 줄이 이루는 각도에 대하여 각도가 90도보다 클 경우는 해머를 끌어당기는 Dragged 각도로, 90도보다 작은 경우 해머에 끌려가는 Lead 각도로 정의하였다. 본 연구결과 4Turn의 최고점과 최저점에 있어서는 Dragged된 각도를 보였는데, 릴리즈 순간에 있어서는 4Turn의 최고점과 최저점보다 작은 각도를 보이면서 모든 피험자가 Lead된 각도에서 릴리즈 하는 것으로 나타났다. 강나루(2008)와 이윤철(2007)는 기록이 우수한 선수일수록 직각에 가까운 상태에서 Dragged 각도로 해머를 끌어당긴다고 하였는데 본 연구결과와 선수들이 모두 90도에 근접한 자세각을 유지해야 할 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구의 목적은 여자 해머던지기 선수들을 대상으로 3Turn과 4Turn, 릴리즈까지의 운동학적 요인과 투사변인들을 분석하고 해머던지기 경기력 향상을 위한 기술적인 조언을 하고자 실시하였다. 이를 위해 2009년 현재 여자 해머던지기 선수들 중 국가대표와 이번년도 최고기록을 가지고 있는 4명의 선수들을 선정하였다. 4대의 디지털비디오카메라와 가변형 통제점 틀을 이용하여 해머던지기 동작을 촬영하였으며 DLT(Direct Linear Transformation)방법을 이용하여 분석하였다. 분석변인은 소요시간, 회전축 발과 회전발의 변화, 고관절과 어깨관절의 수직위치, 해머의 속도와 투사각도, 상체전후경각, 무릎각, 어깨축과 해머 줄이 이루는 각을 분석국면으로 나누어 분석하였다. 분석결과 다음과 같은 기술적인 조언을 제시하고자 한다.

첫째, 기록을 향상시키기 위해서는 3Turn과 4Turn에서 두발지지 보다는 한발지지의 소요시간을 짧게 함으로써 전반적인 소요시간을 단축시켜 회전속도를 빠르게 전개하는 것이 필요하다.

둘째, 3Turn과 4Turn에서 회전속도를 빠르게 하기 위해서는 회전 축 발을 중심으로 회전하는 발의 거리가 커져서는 안 되며, 회전 축 다리의 고관절의 높이는 3Turn과 4Turn에서는 큰 변화를 주어서는 안 되며 릴리즈 시점에서 고관절의 높이를 상승시켜 투사해야 한다. 이때 투사지점은 어깨관절의 수직높이와 근접한 곳에서 이루어져야 한다.

셋째, 릴리즈 순간의 투사각도를 40도 이상으로 해야 하며, 해머에 더 큰 가속을 주기 위해서는 한발지지기 보다는 두발이 지지하고 있을 때가 유리하므로 한발지지기 때는 속도가 줄지 않도록 하고 두발 지지기에서는 더 큰 가속이 발생될 수 있도록 속도를 증가시켜 주어야 한다.

넷째, 더 좋은 기록을 위해서는 3Turn과 4Turn에서 상체를 수직으로 유지하고 무릎은 굴곡된 상태를 유지한다. 어깨 축과 해머 줄이 이루는 각도는 3Turn의 최고점에서는 Dragged된 각도를 최저점에서는 Lead된 각도로, 4Turn의 최고점과 최저점에 있어서는 Dragged된 각도를 취해야 한다. 릴리즈 시점에서 상체는 후경자세를 빠르게 취해야 하고 무릎각도는 신전되어야 하며 어깨 축과 해머 줄이 이루는 각도는 90도에 근접한 Dragged된 각도를 취해야 한다.

참고문헌

- 강나루(2008). 여자 해머던지기 턴 동작에 따른 운동학적 차이. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 교육대학원.
- 남상남, 최창국, 남청웅, 김일곤, 안정훈(2003). 육상경기 아카데미. 서울 : 대경북스.
- 박준기(1994). 육상경기-이론과 실제. 서울 : 도서출판 금광.
- 이정훈(1984). 해머던지기에서 구의 크기가 기록에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 충남대학교 교육대학원.
- 이운철(2007). 해머던지기 턴 동작과 릴리즈 국면의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 교육대학원.
- 최대우, 이왕복(1986). 해머 길이 변화가 기록에 미치는 영향. 충남대학교체육과학연구소논문집, 4(1), 136-139.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). *Direct linear transformation : From comparator coordinates into object coordinate in close-range photogrammetry*. Proceedings of ASPUI Symposium on close-range photogrammetry, Urbana, UA : American Society of Photogrammetry, 1-19.
- Bartonietz, K., Barclay, L., & Gathercole, D.(1997). Characteristics of top Performances in the women's hammer throw: Basics and technique of the world's best athletes. *IAAF* 12:2-3, 101-109.
- Dapena, J.(1984). The pattern of hammer speed during a hammer throw and influence of gravity on it's fluctuation. *Journal of Biomechanics*, 17, 553-559.
- Dapena, J.(1986). A kinematic study of center of mass motion in the hammer. *Journal of Biomechanics*, 19, 147-158.
- Dapena, J., & Felmer, M.E.(1989). Influence of the direction of the cable force and of the radius of the hammer path on speed fluctuation during hammer throwing. *Journal of Biomechanics*, 22, 565-575.
- Dapena, J., Gutierrez-davila, M., Soto, V. M., & Rojas, F. J. (2003). predication of distance in hammer throwing. *Journal of Sports Science*, 21, 21-28.
- Dapena, J., & Mcdonald, c.(1989). A three-dimensional analysis of angular momentum in the hammer throw. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 206-220.
- Dapena, J., & Teves, M.(1989). Influence of the diameter of the hammer head on the distance of a hammer throw. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53, 78-91.
- Gutierrez, M., Soto, V. M., & Rojas, E. J.(2002). A biomechanical analysis of the individual technique of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship 1999. *IAAF*, 17(2), 15-26.
- Jaede, E.(1991). The Main Elements of Modern Hammer Throwing Technique. *Modern Athlete and Coach*, 27, 16-19.
- Judge, L.(1999). Are There Any Differences? Teaching The Women's Hammer. *TRACK COACH*, 148, 4713-4719.
- Judge, L.(2000) A technique analysis of the hammer throw for men & women. *Track & Field*, 2, 36-39.
- Kwon, Y. H.(2003). *Know3 Film Motion Analysis Package. User's Reference Manual*. Unpublished program manual. <http://www.KWON3D.com>.
- Maro'nski, R.(1991). Optimal distance from the impement to the axis of rotation in hammer and discus throws. *Journal of Biomechanics*, 24(11), 999-1005.
- Mizera, F., & Horva'ath G.(2002). Influence of environmental factors on shot put and hammer throw range. *Journal of Biomechanics*, 35(6), 785-96.
- Murofushi, S., Saito, M., & Yuasa, M.(1982). Biomechanical analysis of hammer throw: The speed, height and angle of release and phase analysis. *Research Journal of physical education Chunkyo University*, 23, 38-43.
- Murofushi, K., Sakurai, S., Umegaki, K., & Kobayashi, K.(2005). Development of a System to Measure Radius of Curvature and Speed of Hammer Head during Turns in Hammer Throw. *International Journal of Sport and Health Science*, 3, 116-128.
- Otto, R.(1992). *NSA Photosequence 22-Hammer Throw*. Yuriy Sesykh 86.74w, Commentary. In: New Studies in Athletic, 7(3), 51-65.
- Stone, M. H., Sanborn, K., O'Bryant, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., Ward, B., & Hruby, J.(2003). Maximum strength-power-performance relationship in collegiate throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 739-745.
- Towned, M. S.(1984). *Mathematics in sport*. Horwood, Chichester, 38-44.