



볼링 투구 동작 시 손목 지지대 착용에 따른 몸통과 상지 분절의 움직임 변화

Motion Change of the Trunk and Upper Extremity Segment to Putting the Wrist Support on Throwing in Bowling

김태삼* · 이훈표 · 한희창(한국체육대학교)

Kim, Tae-Sam* · Lee, Hoon-Pyo · Han, Hee-Chang(Korea National Sport University)

ABSTRACT

T. S. KIM, H. P. LEE, H. C. HAN, Motion Change of the Trunk and Upper Extremity Segment to Putting the Wrist Support on Throwing in Bowling, 2006, Vol. 16, No. 3 pp. 33-41, 2006. This study was to analysis three dimension angle of the upper extremity segment and trunk to putting the protector in women bowlers. For this study, the subjects selected 4 players of national and university team. All subjects putted in the same wrist support to satisfy the experiment conditions. To get three dimensions position coordination of swing motion used for 6 ProReflex MCU 240 camera produced by Qualisys. After position coordination calculation, Three dimension angle of the trunk and the upper extremity segment calculated for Matlab 6.5. the result is following

In the trunk motion, there were little differences among the subjects in a flexion and extension change.

There were a lot of differences in motion change of the abduction-adduction and internal-external rotation, but the motion types translated to the adduction-abduction-adduction and from the internal rotation toward the external rotation. In the upper arm segment the Flexion and extension showed a consistent motion in the down swing and up swing phase. And the motion change of abduction-adduction and pronation-supination showed a abduction-adduction-abduction and pronation-supination change during swing phase. In the forearm segment changes, it showed a lot of differences among the subjects and a similar change with the upper arm segment. Especially, the hand segment showed a supination motion from the backswing apex to release phase, but for increasing a rotation velocity of ball, the hand segment translated toward pronation in follow throw phase

KEYWORDS: FLEXION, EXTENSION, ADDUCTION, ABDUCTION, PRONATION, SUPINATION

I. 서론

볼링(Bowling)에서 스트라이크를 얻기 위한 선수들의 투구유형은 세계 우수 선수들일수록 스트레이트 볼(straight ball)보다는 훅 볼(hook ball)이나 커브볼(curve ball)을 85%정도로 많이 사용하는 것으로 보고(Klatt, 1965)되고 있고, 훅 볼은 국내 선수들에게도 일반적으로 사용되고 있는 구질이다(월간 볼링, 2005).

훅 볼을 통해 높은 점수를 얻기 위해서는 투구 동작 시 일관성 있는 스텝과 스윙 동작이 필요한 것으로 보고 되고 있다. 이해명(1997)에 의하면, 팔 스윙은 어깨를 회전축으로 팔을 진자로 하여 시계추와 같이 움직여야 하는 기술적인 특성을 가지고 있기 때문에, 일관성 있는 정확한 팔의 스윙 없이는 정확한 볼링을 구사할 수 없는 것으로 보고하고 있다. 특히 이경일(1998)에 의하면, 볼링 기술의 경기력 향상을 위한 결정적 요인은 두 가지로 구분되는데, 투구된 볼의 일관성 있는 주행(traveling)과 볼의 파워(power)로 보고하고 있다.

일반적으로 사용되고 있는 훅(hook) 볼 유형에서 볼의 파워는 볼이 핀에 맞는 순간의 운동량(momentum)과 비례하며, 이는 볼의 무게와 속도에 의하여 결정된다. 볼링경기에서 사용 할 수 있는 볼의 무게는 볼링경기규정(WTBA playing rules, 2006)에 16파운드 이하로 정해져 있으므로 볼의 주행 속도를 빠르게 하여 볼이 핀을 때리는 운동량을 크게 하는 것이 주요 관건이라 할 수 있다. 따라서 보다 효율적인 볼의 투구와 속도의 발현을 위해서는 투구동작의 일관성이 이루어져야 하는 것으로 볼 수 있는데, 투구동작과 관련된 선행연구들을 살펴보면, Williams & Pynt(1989)는 볼링 투구 시 손목, 팔 그리고 어깨가 일직선상에서 스윙이 이루어질 때, 공의 일정한 진행 경로와 투구거리의 조절이 가능하며, 스윙 시 팔꿈치를 구부리는 행위는 자연스러운 스윙동작을 저해하여 공이 릴리즈 될 때 목표 선을 상실할 수 있다고 보고 하였고, 이정화(1984)는 숙련자는 어깨의 관절 이동이 일직선에 가깝고, 백스윙 시 진자운동의 추가되는 팔이 직선상에 있으며, 볼의 수직 높이는 어깨의 높이에 가깝다고 보고 하였다.

이훈표(1999)는 클래식 볼링 투구 동작 시 상지 분절

의 운동학적 분석에서 숙련자와 비숙련자의 투구 동작을 분석한 결과 백스윙의 정점에서 릴리즈 종점까지의 구간이 숙련자가 비숙련자 보다 신체중심 이동 변위와 백스윙의 움직임 각이 크게 나타난다고 보고하였다. 뿐만 아니라 김기돈(1996), 김재필(1998), 변호진(2001) 그리고 송영규(2002)의 연구에서도 투구동작에 대한 운동학적인 분석이 이루어지면서 많은 정량적인 자료를 제시하고 있다. 그러나 앞서 제시된 선행연구들은 남자 선수들을 대상으로 한 운동학적 분석으로서, 일반적으로 손목 지지대(wrist support)를 많이 착용하는 여자 선수들의 스윙 동작과의 비교는 신체적, 체격적인 이유로 차이가 있을 수 있다.

여자 선수들을 대상으로 연구한 선행연구를 살펴보면, 박찬희와 백승국(2003), 이해명(1997)은 스윙동작의 운동학적 분석을 통해 신체중심과 볼의 수직변위, 볼의 속도 그리고 상지분절의 굴곡과 신전의 움직임 변화를 분석하였지만, 보다 구체화된 3차원적 스윙 동작의 정량적인 자료가 미흡한 실정에 있다. 특히 송영규(2002), 이훈표(2004), 그리고 이훈표(2005), 김서영, 김무영, 이용구, 정남주, 이훈표(2005)는 남자 선수들을 대상으로 파워볼링과 클래식 볼링, 그리고 훅볼에 대한 분절의 3차원 움직임을 정량적으로 분석한 자료가 있지만, 여자 선수들을 대상으로 3차원 움직임의 자세를 분석한 정량적인 자료는 미흡한 실정에 있다. 특히 대부분의 여자 선수들이 손목지지대를 착용하고 있음에도 불구하고 손목지지대를 착용에 따른 몸통과 상지분절의 분석이 미흡한 실정에 있다.

따라서 이 연구는 여자선수들을 대상으로 손목 지지대를 착용한 상태에서 스윙 동작 시 나타나는 3차원적 움직임 변화를 정량적으로 제시하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구의 대상자는 현재 국가대표와 대학대표 여자 선수 4명으로 선정하였으며, 이들의 특성은 <표 1>와 같다.

표 1. 피험자의 특성

피험자	신장 (cm)	체중 (kg)	연령 (age)	구력 (yrs.)	평균 점수 (ave.)
A	168	60	20	5	200
B	169	66	22	8	200
C	165	64	21	8	190
D	168	63	22	7	180
M	167.5	63.3	21.3	7.0	192.5
SD	1.7	2.5	1.0	1.4	9.6

2. 실험 분석 장비

이 연구에 사용된 실험장비와 분석장비는 <표 2>에 제시한 것과 같이 Qualisys사의 ProReflex MCU 240 카메라를 이용하여 240Hz/sec의 샘플링으로 3차원 위치 좌표값을 얻었다.

표 2. 실험장비의 특성

	기기명	제품명	제작사
촬영 장비	Camera Marker Computer	ProReflex MCU Reflection Marker PentiumIV	Qualisys Qualisys Samsung
분석 장비	Software	Qualisys Track Manager Matlab 6.5	Qualisys Matworks

3. 실험 절차

3차원 위치 좌표값을 얻기 위해 진행 방향을 중심으로 전·후 측면과 좌·우 측면에 각각 2대씩 총 6대의 카메라를 설치한 다음 NLT(non linear transformation)를 이용하여 기준좌표계를 설정하였다. 본 실험에 들어가기 전 모든 피험자는 충분한 연습을 한 후, 카메라의 정확한 마커 트래킹을 위해 상의를 탈의 시킨 후, <그림 1>과 같이 상완분절, 전완분절, 손분절과 좌·우 견봉, 흉골등에 12개의 마커(Reflection Marker, Qualisys)를 부착하였다. 각 분절의 지역좌표 설정을 위해 실제 투구동작에 앞서 몸통과 상지 분절에 대한 기준 방향을 설정하기(standing calibration) 위해 투구 진행방향으로 <그림 1>과 같은 자세에서 3초 등

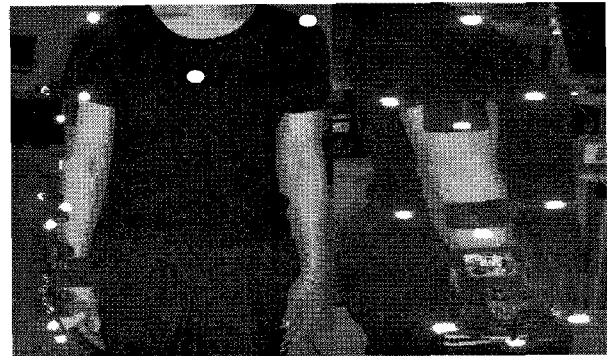


그림 1. 마커 부착점

안 스탠딩 자세를 촬영하였고, 스탠딩 캘리브레이션 후, 본 실험에 대한 3차원 위치 좌표값을 얻었다.

4. 자료처리 및 분석 방법

3차원 위치 좌표는 Qualisys사의 ProReflex MCU 240 카메라를 이용하여 240Hz로 샘플링 하여 3차원 위치좌표를 얻었다. 카메라를 통해 얻은 위치 좌표는 Qualisys Track Manager 프로그램을 이용하여 txt 파일로 변환시킨 후, Matlab 6.5 프로그램을 통해 3차원 각도를 계산하였다.

앞서 제시한 <그림 1>은 몸통, 상완, 전완, 그리고 손 분절의 3차원 각을 계산하기 위해 12개의 마커를 부착시킨 것이며, 3차원 각도 계산은 Cardan의 방법을 이용하여 분석하였다. Cardan 방법은 3축을 모두 한번 씩 3번 연속 회전(Xyz, Xzy, Yxz, Yzx, Zyx)시키는 방법이며, 이중 Xyz 회전 순서 유형을 사용하였다. 즉 굴곡(flexion)과 신전(extention)은 내·외측에서, 내전(adduction)과 외전(abduction)은 전·후측에서, 그리고 몸통의 내측회전(internal rotation)과 외측회전(external rotation), 전완과 손의 회내(pronation)와 회외(supination)는 수직축에서 이루어지며, 이들 방법에 의하여 몸통과, 상완, 전완 그리고 손 분절의 움직임을 각각 분석하였다. 분석 시 노이즈에 의한 오차 제거를 위해 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filtering)를 이용하여 스무딩(smoothing) 하였고, 차단 주파수는 8.0Hz로 설정하였다. 그리고 이 연구에서의 주요 분석 국면은 동작 특성에 따라 Event1은 백스윙 정점, Event2는 릴리즈 순간, 그리고 Event3는 팔로우드로우

종점으로 각각 구분하여 분석하였다.

III. 결과 및 논의

1. 몸통의 움직임 변화

<표 3>은 몸통의 움직임 변화를 Event별로 나타낸 것이다. <그림 2>는 몸통의 굴곡과 신전, 내전과 외전, 그리고 내측회전과 외측회전의 변화를 상상할 그림으로 나타낸 것이다. 표에 나타난 굴곡과 신전은 수직축을 기준으로 나타냈으며, +값은 진행 방향에 따라 내전과 내측회전, -값은 외전과 외측회전을 의미하는 것으로, 이는 <그림 1>에 제시된 스탠딩 자세를 기준으로 설정된 값이다.

표에 나타난 몸통의 굴곡과 신전의 움직임 변화를 살펴보면, E1에 있어서는 평균 51.8±2.5도로 크게 숙여진 자세를 보였고, 릴리즈 순간의 E2에 있어서는 평균 22.0±3.5도를, 그리고 E3에서는 평균 21.9±1.6도를 보이

면서 상체의 전경자세 기울기가 작아지는 특성을 보였다. 남자 선수들을 대상으로 분석한 이훈표(2004)에 의하면, 백스윙에서는 평균 36.4±3.8도, 릴리즈에서는 평균 28.8±6.8도, 그리고 팔로드로우 종점에서는 평균 20.4±10.9도를 보이면서 백스윙 시 상체의 전경각이 큰 것은 백스윙의 높이를 높여 백스윙에 이어지는 포워드 스윙 시 공의 이동 변위를 크게 하여 볼의 속도를 높이기 위한 동작으로 보고 있다. 특히, 릴리즈 시 상체전경각이 세워지는 것은 상체를 세워서 위로 들어올리는 힘을 증가시켜 볼에 속도와 회전을 더해주기 위한 것으로 보고하고 있는데, 선행연구와 비교할 때, 이 연구에서 남자 선수들보다 여자선수들이 백스윙 정점에서 상체가 크게 전경자세를 보이는 것으로 나타났다.

릴리즈 순간에 있어서는 남자보다 여자선수들이 다소 상체를 세운 상태에서 릴리즈 하는 것으로 나타났다.

내전과 외전의 움직임 변화를 살펴보면, 백스윙 정점의 E1에 있어서는 평균 37.4±2.5도로 내전된 자세를

표 3. 몸통의 움직임 변화

(단위: degree)

Subjects	Event Factors			E1			E2			E3		
	FE	AA	IE	FE	AA	IE	FE	AA	IE	FE	AA	IE
A	49.9	39.5	-23.1	25.5	-12.1	-2.4	24.0	20.6	13.0			
B	50.9	38.8	-12.4	24.0	-20.4	-3.3	21.5	3.5	15.6			
C	50.9	37.2	-36.3	18.0	-37.4	-1.3	22.1	5.5	21.9			
D	55.4	34.0	-23.1	20.2	-31.1	-4.7	20.2	-4.5	13.0			
M	51.8	37.4	-23.7	22.0	-25.3	-2.9	21.9	6.3	15.9			
SD	2.5	2.5	9.8	3.5	11.2	1.4	1.6	10.5	4.2			

FE: Flexion and Extension, AA: Abduction and Adduction, IE: Internal and External rotation

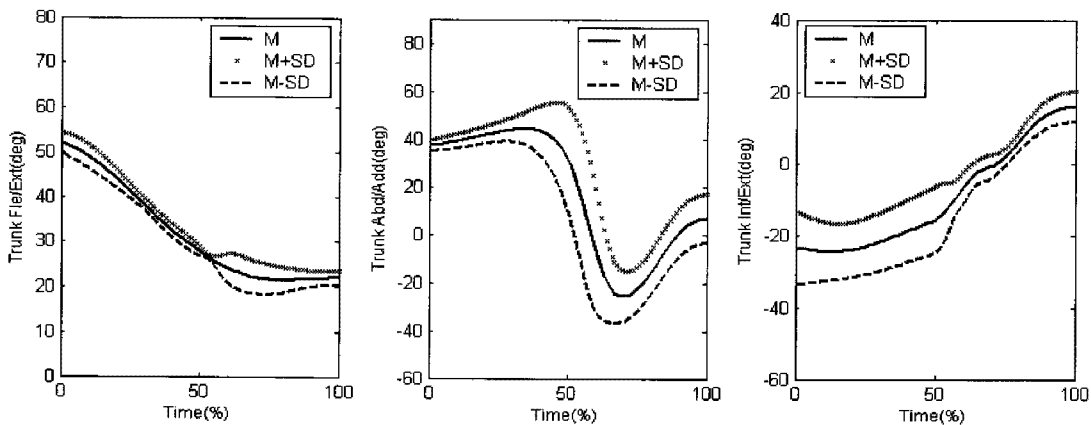


그림 2. 몸통의 움직임 변화

보였고, E2의 릴리즈 순간에 있어서는 평균 25.3 ± 11.2 도로 상체가 외전된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났는데, 피험자 C는 37.4 도의 외전된 자세로 다른 피험자들보다 크게 기울어진 자세를 보였다. 팔로드로우 종점에 있어서는 평균 6.3 ± 10.5 도로 내전된 자세를 보였지만, 피험자 A는 20.6 도의 내전을 보였지만, 피험자 D는 4.5 도의 외전된 자세를 보임에 따라 피험자 간에 많은 편차를 보였다. 신성휴 등(1999)의 연구에 의하면, 투구동작의 일관성을 보이는 프로볼링 선수들에 대한 몸통의 좌우 기울기, 즉 내전과 외전의 움직임 그리고 전후경각의 움직임을 분석한 결과, 개인차에 따른 움직임이 큰 것으로 보고하고 있지만, 다소 전경각이 크고, 외전의 움직임이 작게 나타나는 것으로 보고하고 있다. 그러나 <그림 2>에 의하면, 피험자 간에 많은 편차를 보이고 있지만, 릴리즈 시점으로 갈수록 외전에서 내전으로 전환되는 특성을 보이면서 상체를 수직으로 세우는 자세를 보여주고 있다.

내측회전과 외측회전의 움직임 변화를 보면, E1의 백스윙 정점에서는 평균 23.7 ± 9.8 도의 외측회전된 자세를 보였는데, 피험자 B의 12.4 도와 달리 피험자 C의 경우 36.3 도로 크게 외측회전된 자세를 보여 피험자 간에 많은 편차를 보였지만, 릴리즈가 이루어지는 E2에서는 평균 2.9 ± 1.4 도로 피험자 간에 큰 차이 없이 외측회전된 자세를 보임에 따라 피험자 간에 일관된 자세로 릴리즈 하는 것으로 나타났다. 그러나 릴리즈 순간의 외측회전된 자세와 달리 팔로드로우 종점에서는 평균 15.9 ± 4.2 도의 내측회전된 자세로 몸통이 회전하는 특성을 보였다. Youlian(1997)은 몸통 회전각이 클수록 하위 분절의 역학적 요인에 영향을 주기 때문에 몸통의 회전을 크게 해야 하는 것으로 보고하였고, 김서영 등(2005)의 연구에 의하면, 충분한 스윙 시간과 추진력을 얻기 위해 비숙련자보다 숙련자가 몸통의 회전이 크게 나타나는 결과를 보였다. 이러한 특성은 <그림 4>에서 볼 수 있듯이, 백스윙 정점에서의 외측회전에서 팔로드로우의 내측회전으로 전환되면서 몸통 회전운동을 하는 것으로 볼 수 있다. 특히 릴리즈 전까지 피험자 간에 많은 편차를 보이고 있지만, 릴리즈 국면으로 갈수록 피험자 간의 편차가 작게 이루어지면서 다소 일관된 자세를 보이고 있다.

2 상지분절의 움직임 변화

1) 상완의 움직임

<표 4>은 상완의 굴곡과 신전, 내전과 외전, 그리고 회내와 회외의 움직임 변화를 Event별로 나타낸 것이며, <그림 3>은 상완의 굴곡과 신전, 내전과 외전, 그리고 회내와 회외의 움직임 변화를 앙상블 그림으로 나타낸 것이다. 표에 나타난 굴곡과 신전은 스탠딩 자세에서 0을 기준으로 +값은 백스윙의 신전, -값은 포워드 스윙의 신전 값을 의미하며, +값은 내전과 회내, 그리고 -값은 외전과 회외를 의미한다.

표와 그림에 나타난 상완의 굴곡과 신전의 움직임 변화를 살펴보면, 백스윙 정점의 E1에 있어서는 평균 122.0 ± 9.7 도로 신전된 자세를 보이면서 피험자 A가 132.8 도로 가장 큰 백스윙 동작을 보였고, 피험자 C는 110.2 도로 다른 피험자 보다 다소 작은 백스윙 동작을 보였다.

릴리즈가 이루어지는 E2에서는 평균 1.3 ± 0.6 도로 피험자 간에 큰 차이를 보이지 않고 포워드 스윙으로 신전된 상태에서 릴리즈가 이루어지는 나타나면서 피험자 간에 큰 차이를 보이지 않고 다소 일관된 자세를 보였다. E3의 팔로드로우 종점에 있어서는 평균 61.2 ± 8.7 도의 신전된 자세로 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 피험자 B는 72.9 도로 다른 피험자 보다 큰 신전의 스윙 동작을 보였지만, 피험자 D는 54.5 도로 다소 작은 신전된 동작을 보였다.

내전과 외전의 움직임 변화를 살펴보면, 백스윙 정점의 E1에 있어서는 평균 59.2 ± 9.0 도로 외전된 자세를 보이면서 피험자 D는 72.1 도로 다른 피험자 보다 수평축에 가까운 진자운동으로 백스윙 동작을 취하는 것으로 나타났다. 릴리즈가 이루어지는 E2에서는 평균 0.5 ± 6.5 도로 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 피험자 A와 B는 3.2 도와 5.3 도의 외전된 자세에서 릴리즈가 이루어지면서 아웃사이드 투구자세를 보였고, 피험자 C와 D는 각각 9.3 도와 1.1 도의 내전된 자세에서 인사이드 투구자세로 릴리즈를 하는 것으로 나타났다.

그러나 E3에 있어서는 평균 12.9 ± 5.0 로 피험자 모두 외전된 자세를 보였다. 특히 피험자 D는 백스윙 정점에서 팔로드로우 종점까지 다른 피험자 보다 내전과 외

전의 움직임은 작게 하면서 수평축에 가까운 진자운동으로 투구 동작을 취하는 것으로 나타났다.

회내와 회외의 움직임 변화를 살펴보면, 백스윙 정점의 E1에 있어서는 평균 53.2±10.1도로 회내된 자세를 보였지만, E2의 릴리즈 순간에서는 평균 15.9±5.3도로 회외된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 팔로드로우 종점에 있어서는 평균 13.1±5.0도로 회외된 자세를 보이면서 모든 피험자가 회내-회외-회외의 움직임으로 투구 동작이 변화되는 특성을 보였다. 특히 피험자 A는 다른 피험자들과 달리 백스윙 정점에서는 62.5도의 회내, 릴리즈와 팔로드로우에서는 각각 23.7도와 16.5도로 회외의 움직임을 보임에 따라 회내에서 회외로 움직임 변화를 크게 하여 볼의 선속도와 회전속도를 크게 하는 것으로 보여 진다.

<그림 3>에 제시된 앙상블 그림에 의하면, 굴곡과 신전에 있어서는 릴리즈 전을 중심으로 백스윙의 굴곡에서 포워드 스윙의 신전으로 전환되는 특성을 보이고 있지만, 릴리즈 구간으로 갈수록 편차의 폭이 작아지면

서 피험자 간에 일관된 변화를 보이고 있다.

내전과 외전의 변화에 있어서도 외전-내전-외전의 움직임 변화가 피험자 간에 편차가 다소 크게 나타나지만, 릴리즈 구간으로 갈수록 다소 일관된 움직임을 보이고 있다.

이러한 일관된 자세의 움직임은 회내와 회외의 움직임에서도 볼 수 있는데, 백스윙 정점의 회내에서 회외의 움직임으로 변화되는 특성을 보이고 있지만, 릴리즈 구간으로 갈수록 피험자 간의 편차가 작아지는 특성을 보이고 있다.

2) 전완과 손의 움직임 변화

<표 5>는 전완 분절의 굴곡과 신전, 내전과 외전의 움직임 변화와 손 분절의 회내와 회외의 움직임을 변화를 나타낸 것이며, <그림 4>는 움직임 변화를 앙상블 그림으로 나타낸 것이다. 표에 나타난 굴곡과 신전은 스탠딩 자세에서 0을 기준으로 +값은 백스윙의 신전, -값은 포워드 스윙의 신전 값을 의미하며, 내전은 + 값

표 4. 상완의 움직임 변화

(단위: degree)

Subjects	Event Factors			E2			E3		
	FE	AA	PS	FE	AA	PS	FE	AA	PS
A	132.6	-56.9	62.5	-1.6	-3.2	-23.7	-54.6	-16.5	-16.5
B	126.7	-51.2	54.3	-0.5	-5.3	-12.3	-72.9	-16.6	-16.6
C	110.2	-56.5	39.0	-1.8	9.3	-13.5	-63.0	-12.5	-13.0
D	118.6	-72.1	56.8	-1.1	1.1	-14.3	-54.5	-6.0	-6.2
M	122.0	-59.2	53.2	1.3	0.5	-15.9	-61.2	-12.9	-13.1
SD	9.7	9.0	10.1	0.6	6.5	5.3	8.7	5.0	4.9

FE: Flexion and Extension, AA: Abduction and Adduction, PS: Pronation and Supination

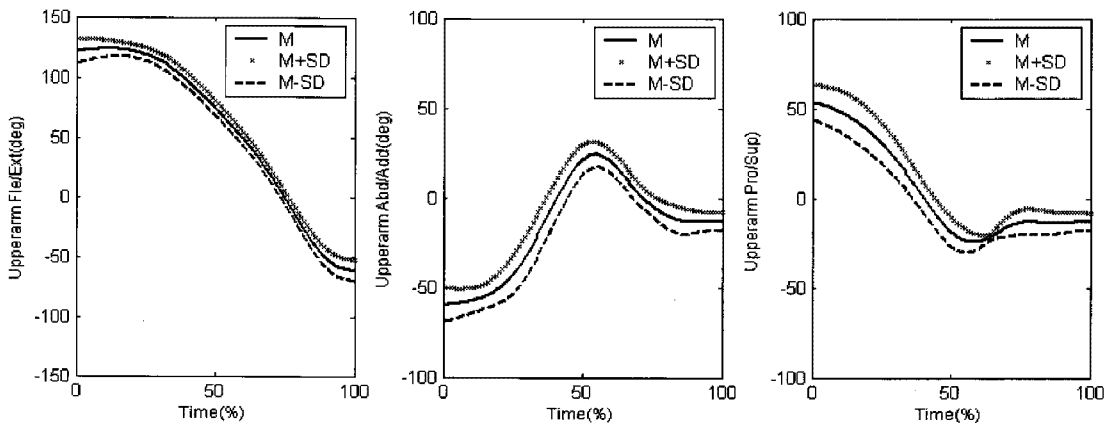


그림 3. 상완의 움직임 변화

표 5. 전완과 손의 움직임 변화

(단위: degree)

Subjects	Segment		전완				손		
	Event		E2		E3		E1	E2	E3
	FE	AA	FE	AA	FE	AA	PS	PS	PS
A	140.7	-23.7	-26.1	-5.4	-112.5	4.1	-16.4	-4.6	2.3
B	141.3	-37.2	-26.4	-3.5	-123.5	-8.5	18.6	-28.4	0.5
C	114.2	-61.7	-36.8	6.4	-124.8	-10.9	-20.9	-6.5	-8.6
D	126.5	-53.8	-38.0	2.3	-124.8	-0.9	-22.3	-2.2	11.6
M	130.7	-44.1	-31.8	0.0	-121.4	-4.1	-10.2	-10.4	1.5
SD	12.9	17.0	6.5	5.4	5.9	6.9	19.4	12.1	8.3

FE: Flexion and Extension, AA: Abduction and Adduction, PS: Pronation and Supination

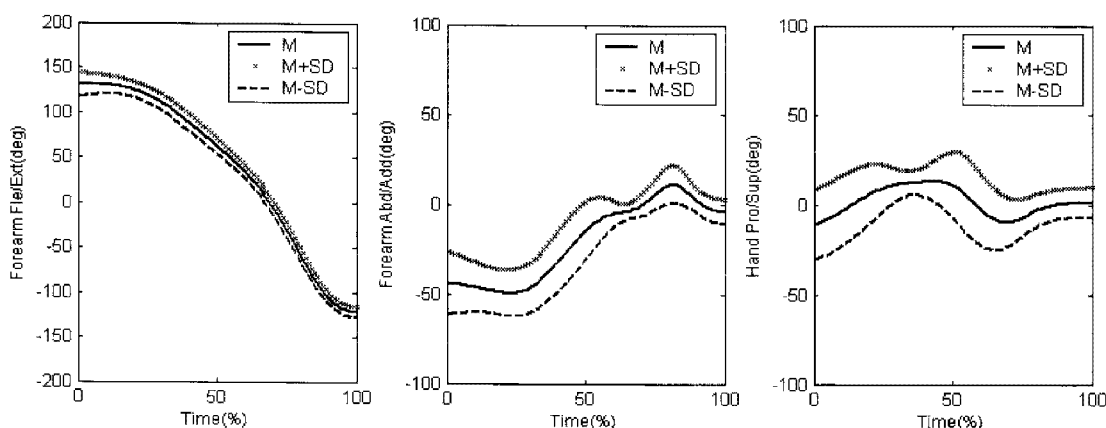


그림 4. 전완과 손 분절의 움직임 변화

외전은 - 값, 그리고 회내는 + 값, 회외는 - 값을 의미한다.

표에 나타난 전완분절의 움직임 변화를 살펴보면, 굴곡과 신전에 있어서 백스윙 정점의 E1에 있어서는 평균 130.7±12.9도로 신전된 자세를 보이면서 피험자 B가 141.3도로 가장 큰 자세를 보였고, 피험자 C는 114.2도로 다소 작은 움직임을 보였다. E2의 릴리즈 순간에 있어서는 평균 31.8±6.5도의 포워드 스윙으로 신전된 자세를 보이면서 피험자 C와 D는 36.8도와 38.0도로 피험자 A와 B의 26.1도와 26.4도보다 다소 신전된 자세에서 릴리즈를 하는 것으로 나타났다. 그러나 팔로드로우 종점에 있어서는 평균 121.4±5.9도로 피험자 B, C, D는 유사한 자세를 보이면서 팔로드로우의 동작을 크게 하는 것으로 나타났지만, 피험자 A는 112.5도로 다소 작은 동작을 보였다.

그러나 <그림 4>에 의하면, 백스윙 정점에 있어서는

피험자 간에 많은 편차를 보이고 있지만, 릴리즈 국면으로 갈수록 편차가 작아지면서 피험자 간에 일관된 자세로 스윙하는 것을 볼 수 있다.

내전과 외전의 움직임 변화를 보면, 백스윙 정점에 있어서는 평균 44.1±17.0도의 외전된 자세를 보이면서 피험자 A는 23.7도로 가장 작은 외전을 보였고, 피험자 C는 61.7도로 수평축을 크게 벗어난 자세를 보였다. 릴리즈 순간에 있어서는 평균 0.0±5.4도로 수평축에 나란한 자세에서 릴리즈를 보였지만, 피험자 A와 B는 5.4도와 3.5도의 외전된 자세를 보이면서 아웃사이드의 투구 동작을 보였고, 피험자 C와 D는 각각 6.4도와 2.3도로 내전된 인사이드 상태에서 투구하는 것으로 나타났다.

그러나 팔로드로우 종점에 있어서는 평균 4.1±6.9도로 외전된 자세를 보였는데, 피험자 A의 4.1도의 내전과 달리 피험자 B, C, 그리고 D는 외전된 아웃사이드 투구자세를 보였다. 이는 <그림 4>에서 볼 수 있듯이

백스윙 정점에서는 외전된 자세에서 피험자 간에 많은 편차를 보이고 있지만, 릴리즈 국면으로 갈수록 편차가 작아지면서 수평축에 가까운 자세에서 릴리즈 하는 것을 볼 수 있으며, 회외에서 회내, 그리고 다시 회외로 변화되는 특성을 보이고 있다.

손 분절에 대한 회내와 회외의 움직임 변화를 살펴 보면, 백스윙 정점의 E1에 있어서는 평균 10.2 ± 19.4 도로 회외된 자세를 보였지만, 피험자 간에 많은 편차를 보였다. 피험자 B는 18.6 도로 피험자 A, C, D의 회외의 자세를 보인 것과 달리 회내된 자세를 보였다. 릴리즈 순간에 있어서는 평균 10.4 ± 12.1 도로 피험자 모두 회외된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다.

그러나 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 피험자 B는 28.4 도로 다른 피험자들보다 큰 회외의 움직임을 보였다. 팔로드로우 종점에 있어서는 평균 1.5 ± 8.3 도로 회내된 움직임 보였지만, 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 피험자 C는 8.6 도의 회외된 자세를 보였고, 피험자 A, B, D는 회내된 자세로 팔로드로우 자세를 취하는 것으로 나타났다.

이러한 특성은 <그림 4>에서 볼 수 있듯이, 백스윙 정점에서의 회외에서 다운스윙이 되면서 회내의 움직임으로 전환된 후 릴리즈 국면에서는 다시 회외된 자세를 보이고 있다.

IV. 결론

이 연구는 손목 지지대를 착용하는 여자 볼링 선수들의 투구 동작에 대한 3차원 각도를 분석함으로써 스윙동작에 대한 형태를 운동학적으로 분석하는데 있다. 이를 위해, 국가대표 및 대학 대표선수 4명을 선정하였다. 투구동작에 대한 3차원 위치좌표를 얻기 위해 Qualisys 사의 ProReflex MCU 240 카메라를 이용하여 240Hz로 샘플링 하여 3차원 위치좌표를 얻었다.

카메라를 통해 얻은 위치 좌표는 Qualisys Track Manager 프로그램을 이용하여 txt 파일로 변환시킨 후, Matlab 6.5 프로그램을 이용하여 몸통과 상지분절의 3차원 각을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 몸통의 굴곡과 신전에 있어서는 피험자 간에 많은 차이를 보이지 않았고, 내전과 외전에 있어서는 피험자 간에 많은 차이를 보였지만, 내전에서 외전 그리고 내전으로 전환되는 움직임 변화를 보였다. 그리고 내외측회전에 있어서는 외측회전된 자세에서 내측회전으로 전환됨에 따라 볼에 대한 선속도를 크게 하는 것으로 나타났다.
2. 상완의 굴곡과 신전에 있어서는 백스윙 정점과 팔로드로우 종점에서 차이를 보였고, 다운스윙과 업스윙에 있어서는 일관된 자세를 보였다. 내전과 외전의 움직임에 있어서 외전-내전-외전의 움직임을 보이면서 아웃사이드로 투구하는 특성을 보였다. 회내와 회외의 움직임 변화를 살펴보면, 회내에서 회외로 전환되는 움직임을 보이면서 볼의 회전속도를 크게 하는 것으로 나타났다.
3. 전완의 굴곡과 신전에 있어서는 백스윙 정점에서 차이를 보였고, 릴리즈국면과 팔로드로우 종점에서는 다소 일관된 자세를 보였다. 그러나 내전과 외전의 변화에 있어서 외전-내전-외전 움직임으로 전환되면서 아웃사이드로 투구하는 특성을 보였다. 특히 손분절의 회내와 회외의 움직임에 있어서 피험자 간에 많은 편차를 보였지만, 회외의 움직임에서 회내로 전환되는 특성을 보이면서, 볼의 회전속도를 크게 하여 훅 볼을 구사하는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면, 여자 선수의 경우 손목 지지대를 착용한 상태에서 볼의 선속도와 회전속도를 증가시키기 용이한 것으로 나타났으며, 투구 동작 시 몸통과 상완, 전완, 그리고 손 분절의 움직임에 의해 크게 좌우되는 것을 볼 수 있다.

차후의 후속연구에 있어서는 훅 구질에 있어서 볼의 회전속도와 관련하여 몸통과 상지분절의 3차원 움직임 변화가 볼의 회전속도에 미치는 영향을 분석하여, 볼의 회전운동량에 기여하는 정도를 분석하는 것은 의미 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 강신복(1998). 볼링. 교학사. 47-48p, 56~58p.
- 김서영, 김무영, 이용구, 정남주, 이훈표(2005). 훅(Hook) 볼링 투구 동작에 대한 숙련자와 비숙련자의 운동학적 요인 비교. 한국스포츠리서치, 16(5).
- 박성순, 이경일(1997). 볼링투구 형태의 운동역학적 분석. 스포츠과학연구소 논문집. 제16권 77-89P.
- 박성순, 이경일(2000). 볼링의 리프팅 동작에 관한 연구. 스포츠과학연구소 논문집. 제18호, 73-88P.
- 변호진(2001). 헬리콥터 볼 투구동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.
- 서태석(1982). 볼링경기의 투구 동작분석. 경희대학교 석사학위논문.
- 송영규(2002). 파워 볼링 투구동작 시 상지분절 및 관절의 각도요인 분석. 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.
- 월간볼링(2005). 월간볼링사.
- 이경일(1995). 볼링 투구 동작시 스텝과 스윙의 운동역학적 분석. 국민대학교 대학원 석사학위논문.
- 이기청(1990). 볼링 투구 동작의 모형에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 이정화(1984). 볼링동작의 영상학적 분석. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 이해명(1997). 볼링 스윙 동작의 운동학적 분석. 연세대학교 대학원 석사학위논문.
- 이훈표(1999). 볼링 투구 동작 시 상지분절의 운동학적 분석. 한국체육대학교 대학원석사학위논문.
- 이훈표(2004). 볼링 릴리즈시 볼의 속도에 따른 상지분절의 기여도와 착지구간의 역학적 변인과의 관계. 한국체육대학교 대학원 박사학위논문.
- 이훈표(2005). 파워 볼링 투구 동작 시 상지분절의 3차원 각변화. 한국스포츠리서치, 16(2).
- Anthony, E. (1982). *Winning Bowling*. Contemporary Books, Inc. Chicago.
- Burton, A.W. (1986). The effect of age on relative timing variability and transfer. *Journal of Motor Behavior*, 18(3), pp. 323-342
- Larry, V. (1996). *Bowling Magazine*. New York, Bowling Magazine Co.
- Strickland, R.H. (1989). *Bowling Step to Success*. IL : Leisure Press.
- Terauds, J. & barham, J.N. (1993). Biomechanics in Sports II, pp. 102-111.
- Tesi, J.M. (1995). Effect of Speed and Accuracy Emphasis on Performance and Learning a Bowling Task. Texas Woman's University, Degree : Ph. D. in Kinesiology.
- WTBA (2006). playing Rules. www.wtba.org.my/
- Youlian, H. & Li, W. (1997). Biomechanical analysis on tenpin bowling techniques. *XVth Congress of the International Society of Biomechanics*. 25-29(8), pp. 361
- Zielke, C. (1995). *Revolutions*. Jostens Printing and Publishing, Illinois.

투 고 일 : 2006. 7.30

심 사 일 : 2006. 8. 1

심사완료일 : 2006. 8.15