한국운동역학회지, 2005, 제15권 4호, pp. 55-66
Korean Journal of Sport Biomechanics
2005, Vol. 15, No. 4, pp. 55-66

공격위치에 따른 핸드볼 스텝슛의 운동학적 분석

Kinematical Analysis of Handball Step Shoot according to Attack Position

강상학*(한중대학교)
Kang, Sang-Hack*(Hanzhong University)

ABSTRACT

S. H. KANG, Kinematical Analysis of Handball Step Shoot according to Attack Position, Vol. 15, No. 4, pp.55-66, 2005. The present study used a video analysis system to quantify the kinematical data of step shoot motion by male university handball players. From the results of analyzing dynamic variables of step shoot motion according to shooting direction were drawn conclusions as follows.

1. The height of release was proportional to the height of players, and the height of release appeared low in left side attacks. This is probably because the left right throwing angle is larger in left side attacks than that in center attacks and right side attacks and, as a result, the throwing arm is lowered down in throwing.
2. The leftward inclination angle of the body was larger in order of right side attacks > center attacks > left side attacks.
3. Players' throwing form was close to three quarter style in left side attacks. In center and right side attacks, the arm was somewhat more upright but still it was more three quarter style than overhand style.
4. The front rear throwing angle at the moment of release was much higher in right side attacks than in left side ones. This is probably because the point of time for releasing the ball is usually late in right side attacks and, as a result, the front rear throwing angle becomes quite large.
5. The contribution of body parts on the ball speed was higher in order of the forearm > upper arm, hand > shoulder joint.
6. In players whose distance between the two legs at the moment of release, their body usually did not incline to the side much. Thus it is considered necessary to correct the right leg in their shooting motion.
7. According to the result of analyzing throwing form, the speed of the ball at the moment of leaving the hand was faster in right side attacks than in left side and center attacks.

KEYWORDS: HANDBALL, STEP SHOOT

* sun10097@jj.ac.kr

Ⅰ. 서 론

핸드볼은 신체 접촉이 많은 경기로서 자기 몸을 조절 할 수 있는 능력, 도약력, 민첩성, 상황 판단력과 더불어 적절한 패스와 강력하고 정확한 슈팅 능력이 요구되는 종목이다.

핸드볼 슈팅동작에 관한 연구는 주로 점프슛과 스텝슛에 관한 연구가 많은데, 정철수(1977)는 숙련자와 비숙련자의 점프슛 동작을 분석한 결과, 숙련자들은 일련의 동작이 허리를 축으로 해서 결정되어지는 반면, 비숙련자들은 어깨를 축으로 하는 회전운동으로 비효율적이라고 기술했다. 조승제 등(1998)은 점프슛과 스텝슛 동작을 비교 분석한 결과, 스텝슛은 민첩성과 허리의 유연성에 중점을 두어 투스텝간의 거리를 짧게 하여 백스윙에서 릴리스까지 팔꿈치 각도를 급격히 상승시킬 것을 지적했다. 세계주니어 여자핸드볼 경기를 분석한 임영철(2001)의 연구에 의하면, 경기 승패는 슛 시도 기준으로 속공, 왼쪽 6m라인 지점에서의 슛이 가장 큰 비중을 차지했고, 위치별 득점 기준으로 속공, 중간 6m라인 지점에서의 공격이 가장 큰 비중을 차지했다고 기술했다. 이 외에 핸드볼의 점프슛에 관한 연구로는 류재충(1984), 박범규(1989), 류보현(1993), 이중숙과 조승제(2001) 등이 있다. 스텝슛에 관한 연구는 손태열과 박철무(1985), 김승렬(1984)은 다이빙슛, 강인섭(1985)은 사이드 오버헤드슛, 김갑경(1983)은 핸드볼 경기의 점프슛과 스텝슛을 비교 연구, Eliasz, Janiak과 Wit(1990)는 던지기 동작에서 볼 비행 속도에 관한 연구들이 있다. Sprigings, Marshall, Elliott와 Jennings(1994)는 테니스 서브시 라켓헤드 선속도에 대한 팔 분절들의 해부학적 회전의 기여도를 정량화했다.

이와 같이 핸드볼에 관한 많은 연구들이 행해져 왔지만, 스텝슛에 관한 연구는 부족한 편이며, 슈팅은 공격위치에 따라 많은 변인들이 작용한다. 따라서 본 연구는 공격위치에 따른 핸드볼 스텝슛 동작에서 볼 속도에 대한 투척팔을 제외한 부분들의 기여 요인으로 볼 수 있는 견관절, 투척팔의 상완, 전완, 그리고 손의 속도에 의한 기여도를 산출하고, 중심의 이동거리나 속도, 동체의 기울기, 투사각, 릴리스의 높이, 팔다리의 동작 패턴과 같은 3차원 운동학적 변인들을 분석하고, 올바른 동작 수행을 위한 요인들을 밝히는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상

6명의 남자 대학 핸드볼 선수들을 본 연구의 피험자로 선정했으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

피험자	키(m)	몸무게(kg)
S1	1.80	80
S2	1.81	85
S3	1.73	65
S4	1.80	80
S5	1.80	75
S6	1.85	82
M	1.79	78
SD	4	7

2. 실험 장비

영상분석과 자료산출을 위해 캠코더 4대(Sony HCR-FX1), 통제틀, 컴퓨터, 동작분석용 소프트웨어 등을 사용했다.

3. 자료 처리

핸드볼의 스텝슛 동작을 <그림 1>과 같이 4대의 캠코더로 촬영했다. 슈팅방향은 골대의 왼쪽 위 모서리

그림 1. 공격위치와 캠코더의 세팅

방향이며, 공격위치는 좌측공격, 중앙공격, 우측공격으로 피험자 한 명당 각각 2회씩 전체 6명을 대상으로 실시했다. 캠코더는 모두 4대이며, 두 대(원-1, 원-2)는 멀리 설치해서 공격위치를 바꿀 때 이동시키지 않고 전 영역을 포함시켜서 볼의 움직임과 골대, 라인 등의 좌표를 구해서 그래픽 처리에만 사용했다. 두 대(근-1, 근-2)의 캠코더는 공격위치에 따라 다시 세팅했으며, 운동학적 자료 산출을 위해 사용했다. 캠코더의 촬영속도는 모두 초당 30프레임, 노출시간은 1/2,000초로 설정했다. 기준척은 가로, 세로 높이 2m의 통제틀을 사용했다. 양 카메라에서 획득한 동조된 2차원 좌표들은 DLT방식으로 3차원 좌표를 계산했다. 계산된 3차원 공간 좌표에 내포된 노이즈를 제거하기 위해 디지털 필터링 방법을 사용했다.

4. 운동학적 변인의 계산

1) 동체 기울기(T_{TRK}) : 좌·우경각은 양어깨의 중앙점과 양힙 중앙점을 연결하는 벡터를 zx평면상에 투영시켰을 때 z축과 이루는 각을 나타내며, 전·후경각은 yz평면상에 투영시켰을 때 z축과 이루는 각을 나타낸다.

2) 투척각(D_{PROJ}) : 좌우-투척각($D_{PROJ/X}$)은 견관절과 팔꿈치를 연결하는 벡터를 zx평면상에 투영시켰을 때 z축과 이루는 각을 나타내며, 전후-투척각($D_{PROJ/Y}$)은 yz평면상에 투영시켰을 때 z축과 이루는 각을 나타낸다.

3) 볼 속도에 대한 기여도

순간적인 볼 속도에 대한 투척팔 분절들의 기여도는 Sprigings et al.(1994)이 제시한 알고리즘을 수정해서 사용했다.

$$V_{FING}' = V_{SLD} + (\omega_{1L} + \omega_{1FE} + \omega_{1AA}) \times r_{FING/SLD} + (A\omega_{2L} + A\omega_{2FE}) \times r_{FING/ELB} + (A\omega_{3FE} + A\omega_{3UR}) \times r_{FING/WRI}$$

여기서 V_{FING}'는 손끝의 예측 속도를 나타내며, V_{SLD}는 견관절의 속도를 나타낸다. ω_{1L}, ω_{1FE}, ω_{1AA}는 상완 각속도의 장축 회전, 굴곡/신전, 내전/외전 성분을 말하며, $A\omega_{2L}$, $A\omega_{2FE}$는 전완 각속도의 장축과 굴곡/신전 성분을 나타내고, $A\omega_{3FE}$, $A\omega_{3UR}$은 손 각속도의 굴곡/신전과 요굴/척굴 성분을 나타낸다. $r_{FING/SLD}$, $r_{FING/ELB}$, $r_{FING/WRI}$는 견관절에서 손끝, 팔꿈치, 손목까지의 길이를 나타낸다.

Ⅲ. 결과 및 논의

공격위치에 따른 역학적 변인들의 변화 패턴을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 중심이동

릴리스 높이(R_{HEI}), 신체중심의 이동거리(D_{COG}), 릴리스 순간 신체중심의 이동속도(V_{COG})를 분석한 결과는 <표 2>와 같이 나타났다. 공격방향은 공격선수가 골대를 보았을 때 좌측 상단이다. 릴리스 높이는 공격위치가 중앙(SC)과 우측(SR)일 때는 같은 값으로 나타났지만 좌측(SL)일 때는 상당히 낮게 나타났다. 스텝슛에서

표 2. 릴리스 높이(RHEI), 중심의 이동거리(DCOG), 중심의 속도(VCOG) 단위 : m, ㎧

Sub.	R_{HEI}			D_{COG}			V_{COG}			M_{ATH}		
	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR
S1	1.81	1.82	1.92	.34	.48	.39	1.53	1.85	1.34	122	148	107
S2	1.86	1.82	1.85	.35	.43	.44	1.10	1.39	1.27	94	118	108
S3	1.69	1.72	1.65	.34	.46	.46	1.40	1.40	1.48	91	84	96
S4	1.76	1.86	1.85	.17	.20	.20	.58	.72	.71	46	58	57
S5	1.84	1.94	1.92	.22	.31	.28	.78	1.03	1.04	59	77	78
S6	1.83	1.95	1.93	.29	.30	.26	.95	.86	.75	78	71	62
M	1.79	1.85	1.85	.28	.36	.33	1.05	1.20	1.09	81	92	84
SD	.06	.08	.10	.07	.11	.10	.36	.41	.31	27	33	22

의 릴리스 높이는 사실상 강한 도약을 해서 슛을 하는 점프슛과는 달리 개개인의 신장에 비례해서 나타난 것을 알 수 있었다. 공격위치가 좌측일 때, 릴리스 높이는 신장의 평균치와 같은 값으로 나타났다. S3와 S4는 자신의 신장보다 릴리스 높이가 약간 낮게 나타났다. 공격위치에 따라 릴리스 높이에서 차이가 나는 것은 공격수의 슈팅자세에 따른 것으로 보인다. 좌측공격일 때 릴리스 높이가 낮은 이유는 좌우-투척각이 중앙이나 우측공격에서보다 크게 되어 투척팔을 내려서 던지기 때문인 것으로 판단된다.

릴리스 직전 오른발의 이지에서 릴리스 순간까지 중심의 이동거리는 공격위치가 중앙일 때 가장 길었으며, 좌측일 때 가장 짧은 것으로 나타났다. 공격위치에 따라서 중심 이동거리는 중앙공격 > 우측공격 > 좌측공격의 순으로 나타났다.

릴리스 순간 신체중심의 이동속도(V_{COG})는 양 측면에서의 공격보다 중앙공격일 때 상당히 빠르게 나타났다. 전체적으로 볼 때, 공격위치에 따른 중심의 순간속도는 중앙공격 > 우측공격 > 좌측공격의 순으로 선수마다 비슷한 양상을 보이지만, 같은 공격위치에서 선수간의 비교에서는 상당한 차이가 나타났다. 특히 S1과 S3는 신체중심의 순간 이동 속도가 빠르고, S4는 아주 느리게 나타났다.

2. 각도요인

릴리스 순간 우측 어깨각($D_{SLD/R}$), 우측 팔꿈치각($D_{ELB/R}$), 좌측 무릎각($D_{KNE/L}$), 동체 기울기(T_{TRK}), 투척각(D_{PROJ})의 각도요인을 분석한 결과는 <표 3>과 같이 나타났다. 릴리스 순간 투척팔의 어깨각은 좌측공격 > 중앙공격 > 우측공격의 순으로 공격위치가 우측일 때 가장 낮게 나타났다. 우측에서 슈팅을 할 경우는 시야도 좁아지지만 슈팅각도도 좁아지기 때문에 이를 보상하기 위한 동작으로 상완을 들어 올려서 어깨각을 크게 해야 좋은 자세를 확보할 수 있다. 하지만 본 실험 결과, 선수들은 어깨각을 조정하기보다는 동체를 측면으로 구부려서 조절하는 것으로 판단된다. 좌측공격일 때 S1과 S6는 다른 선수들에 비해 상완을 세워서 어깨각을 크게 해서 슈팅을 했으며, S4와 S5는 어깨관절을 많이 구부려서 볼을 던지는 것으로 나타났다. 이들의 동작을 자세히 관찰해 보면, S1과 S6와 같이 어깨각이 크게 나타나는 선수들은 대체로 볼의 릴리스 순간 어깨관절에서의 회전운동이 어느 정도 계속되고 있는 것을 볼 수 있다. 하지만 S4와 S5 선수와 같이 어깨관절의 각을 많이 구부려서 던지는 선수들은 릴리스 순간 견관절에서의 회전운동은 거의 멈춘 상태로 동체와 상완은 하나의 강체처럼 릴리스 직전과 직후에 일정한 어깨각을 유지한 채 볼을 던지는 것을 알 수 있었다. 정철수(1977)의 연구에 의하면, 숙련자의 슛 동작은 허리를 축으로 어깨, 팔꿈치, 손의 일련 동작으로 결정되어지나, 비숙련자의 슛 동작은 어깨를 축으로 한 스윙으로서 비효율적이라고 지적했다. 이영석 등(1994)의 연구 결과(124도)와 비교했을 때, 본 실험에서는 위치에 상관없이 모든 공격에서 어깨를 조금 더 많이 구부려서 슈팅하는

표 3. 투척팔의 관절각, 동체 기울기(T_{TRK}), 투척각(D_{PROJ}) 단위 : 도

Sub.	$D_{SLD/R}$			$D_{ELB/R}$			$D_{KNE/L}$			T_{TRK}						D_{PROJ}					
										$T_{TRK/X}$			$T_{TRK/Y}$			$D_{PROJ/X}$			$D_{PROJ/Y}$		
	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR
S1	126	107	119	151	154	130	125	138	145	24	11	15	3	6	1	50	45	23	12	22	30
S2	117	106	112	145	144	135	144	134	144	10	15	14	3	7	5	50	46	22	8	19	31
S3	115	114	104	109	100	105	133	131	142	14	24	25	0	17	4	40	11	18	8	33	45
S4	106	107	96	133	126	110	159	148	143	1	13	12	20	10	3	57	44	39	6	26	42
S5	103	98	96	127	109	124	139	145	150	0	12	12	6	4	3	51	36	18	16	29	52
S6	121	111	97	109	124	139	154	153	154	3	12	14	13	5	0	22	30	24	20	26	45
M	115	107	104	129	126	123	142	141	146	8	14	15	7	8	2	45	35	24	11	25	40
SD	8	5	9	17	20	13	12	8	4	9	4	4	7	4	1	12	13	7	5	4	8

것으로 나타났다.

스텝슛은 점프슛과 달리 지면에 다리가 지지되어 있는 상태이므로, 뉴턴의 작용과 반작용의 법칙에 따라 무릎운동으로 지면에서 생성된 힘은 적절하게 체인링크시스템을 통해 힙에 전달되고 몸통과 상완, 전완을 거쳐 손끝으로 힘의 전이가 이루어진다. 무릎운동으로 지면에서 생성된 힘이 손끝까지 이러한 체인링크시스템을 통한 힘의 전달이 제대로 이루어지기 위해서는 각 링크에서의 적절한 타이밍이 유지되었을 때 최대의 파워를 얻을 수가 있다.

이와 같이 선수들 간에 투척팔의 어깨각에서 차이가 나타나는 것은 견관절의 유연성이나 체격에 따라 볼에 힘을 싣기에 적절한 각도와 같은 다른 요인들이 있다고 볼 수 있다. 중앙공격과 우측공격일 때도 선수들 간의 어깨각 차이는 비슷한 양상으로 나타났다. 하지만 S1과 S2는 측면보다 중앙공격일 때 특히 어깨를 많이 구부린 것으로 나타났다.

슈팅 순간에 투척팔의 팔꿈치는 투수들이 야구공을 던질 때와는 상당한 차이가 나타났다. 공격위치에 상관없이 전체적으로 팔꿈치를 130도 가량 유지한 상태로 슈팅을 하는 것을 관찰할 수 있었다. 물론 선수들 간에도 많은 차이가 나타났다. 우측공격보다 좌측공격일 때 투척팔의 팔꿈치를 6도 가량 많이 구부리는 것을 볼 수 있었다. 공격위치가 좌측일 때 S3와 S6는 팔꿈치를 상당히 많이 구부렸으며, S1은 다른 선수들보다 많이 펴서 던지는 것으로 나타났다. 중앙공격이나 우측공격일 때도 선수들마다 좌측과 거의 비슷한 형태를 보였다. 전체적으로 볼 때, S1은 릴리스 순간 팔꿈치를 많이 펴서 볼을 투척하는 스타일이었으며, S3는 팔꿈치를 많이 구부리는 스타일로 볼 수 있었다. 선행 연구와 비교 한 결과, 릴리스 순간 우측 팔꿈치각은 조승제 등(1998)의 연구 결과(148도)와는 상당한 차이가 나타났으며, 이영석 등(1994)의 결과(133도)보다 7도 가량 많이 구부리는 것으로 나타났다.

릴리스 순간 왼쪽 무릎각($D_{KNE/L}$)은 공격위치에 따른 차이는 많이 나타나지 않았으나, 우측공격에서 조금 높게 나타났다. 공격위치가 우측일 때는 전체적으로 다른 공격위치에서보다 조금 무릎을 편 상태에서 슈팅을 하지만 특이한 양상은 나타나지 않았다. 공격위치에 따른 선수 간 비교를 한 결과, S1과 S5는 좌측공격 > 중앙공격 > 우측공격의 순으로 무릎을 구부리며, S4는 S1과는 반대로 우측공격 > 중앙공격 > 좌측공격의 순으로 공격위치에 따라 왼쪽 무릎각에 차이가 나타났다.

릴리스 순간 동체의 좌경각($T_{TRK/X}$)은 평균치를 보면, 공격위치에 따른 차이는 우측공격일 때 가장 높고, 좌측공격일 때 가장 낮은 수치로 7도 가량의 차이가 나타났다. 선수 간 비교에서는 좌측공격일 때 상당한 차이가 나타났다. 공격위치가 좌측일 때, S1은 동체를 좌측으로 상당히 많이 구부린 반면, S5는 거의 상체를 세운 상태로 슈팅을 하는 것으로 나타났다. 이러한 원인을 분석해 보면, 공격위치가 좌측이고 슈팅방향도 골대의 좌측 윗 방향일 때 동체를 왼쪽으로 기울이면 오히려 골대에서 멀어지게 된다. 반대로 우측으로 동체를 기울이면 골대와 가까워져서 슈팅하는 데 유리할 것으로 보인다. 하지만 동체를 우측으로 많이 기울이게 되면 슈팅 자세가 어색해져서 볼에 힘이 실리지 않게 된다. 우측공격과 좌측공격 모든 위치에서 S3는 다른 선수들에 비해 상당히 동체를 많이 구부리는 것으로 나타났으며, 다른 선수들은 동체를 거의 15도가량 측면으로 구부려서 슈팅을 하는 것으로 나타났다. 스텝슛 동작에서 이상적인 동체의 좌경각은 우측공격 > 중앙공격 > 측면공격의 순으로 볼 수 있으며, 본 실험에서도 결과가 비슷하게 나타났으나, 우측공격일 때 동체를 좌측으로 많이 구부려서 던졌다기보다는 좌측공격일 때 동체를 측면으로 많이 기울이지 않고 세워서 슈팅을 하는 것으로 나타났다. 동체의 좌경각은 페널티 드로우를 연구한 임규찬(2001)의 연구 결과(18도)보다는 약간 낮게 나타났다.

릴리스 순간 동체의 전경각($T_{TRK/Y}$)은 평균치가 10도 이내로 나타났지만, 공격위치에 따라서는 몇몇 선수들은 약간의 차이가 나타났다. 공격위치가 좌측일 때, S4는 동체를 상당히 많이 앞으로 구부려서 슈팅을 하지만, S1, S2, S3는 동체를 수직으로 완전히 세운 상태에서 슈팅을 하는 것으로 나타났다. 공격위치가 중앙일 때는 S3가 가장 많이 상체를 앞으로 숙인 상태에서 슈팅을 하는 것을 볼 수 있었다. 전체적으로 보면 우측공격일 때 선수들은 동체를 앞으로 숙이지 않고 거의 수직에 가까이 세워서 슈팅을 하는 것으로 나타났으며,

좌측공격과 중앙공격일 때는 선수들 간에 약간의 차이를 보였다. 페널티 드로우를 연구한 임규찬(2001)의 연구 결과(22도)보다는 상당히 낮게 나타났다. 따라서 페널티 드로우의 동작보다 스텝슛의 동작에서 릴리스 순간 동체를 앞으로 많이 세워서 던지는 것을 알 수 있다.

릴리스 순간 투척팔의 견관절과 손목을 잇는 벡터와 Z축이 이루는 투척각(D_{PROJ})은 좌우 방향과 전후 방향으로 분리해서 분석했다. 야구의 피칭 방법에는 볼을 머리 위에서 던지는 스타일은 오버핸드, 스리쿼터, 사이드, 언더핸드 등으로 분류해 볼 수 있는데, 좌우-투척각($D_{PROJ/X}$)을 보면 선수들의 던지는 스타일을 구분하기가 쉽다. 공격위치에 상관없이 S1과 S7은 다른 선수들에 비해 팔을 많이 세워서 던지는 스타일로 나타났다. 반면 S3는 공격위치가 좌측일 때는 팔을 약간 눕혀서 던지는 것으로 나타났다. S1, S2, S5는 다른 선수들에 비해 공격위치가 우측일 때 투척팔을 많이 세워서 목표지점에 가까이 위치시킨 것을 볼 수 있었다. 공격위치와 상관없이 선수들의 투구폼을 분석한 결과, 오버핸드형의 스타일은 볼 수 없었으며, 쓰리쿼터형의 스타일로 던지는 것을 관찰할 수 있었다. 공격위치가 좌측일 때는 거의 쓰리쿼터형이었으나, 공격위치를 중앙이나 우측이면 투척팔을 조금 더 세워서 던지지만 오버핸드보다는 스리쿼터에 가까운 스타일로 나타났다. 공격위치에 따라 투척폼에 약간의 차이가 나타나는 것은 슈팅 목표지점에 볼을 가까이 위치시키려는 시도로 볼 수 있다.

릴리스 순간 전후-투척각($D_{PROJ/Y}$)은 공격위치에 따라 많은 차이가 나타났다. 우측공격 > 중앙공격 > 좌측공격의 순으로 우측공격은 좌측공격보다 20도 정도 전후-투척각이 높게 나타났다. 좌측공격일 때 S2, S3, S4의 전방 투척각은 10도 이내로 거의 팔을 세운 상태에서 볼을 릴리스 하는 것을 알 수 있었다. 중앙공격일 때는 선수들 간에는 많은 차이를 보이지 않았으며, 좌측공격보다는 투척팔을 앞으로 숙인 상태, 즉 릴리스 시점이 약간 늦게 나타난 것을 알 수 있었다. 공격위치가 우측일 때는 볼을 릴리스 하는 시점이 전체적으로 늦게 나타나, 전후-투척각이 평균 40도로 상당히 높게 나타났다.

이영석 등(1994) 연구에 의하면, 야구의 투구동작은 핸드볼의 스텝슛보다 좌우-투척각을 크게 해서 릴리스 높이가 낮다고 기술했다. 이러한 차이는 야구는 정확하게 던져야 하므로 직선에 가까운 변위를 지녀야 정확성을 높일 수 있는 반면, 핸드볼은 상대방의 블로킹을 피하기 위하여 높은 타점의 곡선적 변위로 투구하는 경기상의 특성이 반영된 것으로 보인다고 보았다.

3. 볼 투사속도에 대한 신체분절들의 기여도

릴리스 순간 볼 투사속도에 대한 신체분절들의 기여도를 분석한 결과는 <표 4>와 같이 나타났다. 릴리스 직후 볼의 속도와 방향은 릴리스 직전 손끝의 속도에 의해 거의 결정된다. 따라서 본 연구에서는 오른손잡이 선수들의 투척팔은 우상완, 우전완, 우손 및 볼의 분절로 이루어진 연결시스템의 스윙 동작으로 이들 분절이 손끝의 속도에 미치는 영향을 분석하였다.

투척팔의 견관절 속도(V_{SLD})는 몸통이나 다리의 속도에 의한 기여도로 해석된다(Sprigings, 1994). 공격위치에 따른 투척팔 견관절의 순간속도는 많은 차이를 보였는데, 우측공격 > 좌측공격 > 중앙공격의 순으로 투척팔을 제외한 요인들에 의한 기여도가 우측이 중앙보다 6%나 높게 나타났다. 이와 같이 공격위치가 우측일 때, 견관절의 기여도가 높게 나타나는 것은 슈팅을 하는 데 투척팔은 가장 어색하고 불편하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 좌측공격이나 중앙공격보다 투척팔에 주의를 집중해서 볼에 강한 힘을 실어서 공격하는 데 주력하기보다는 적절한 신체의 조절로 슈팅하기에 이상적인 위치를 잡는데 더 주의를 기울이게 된다. 따라서 좌측이나 중앙공격일 때 볼 속도를 높이기 위한 투척팔의 기여도가 높게 나타나게 되므로, 견관절의 기여도는 상대적으로 떨어지는 것으로 판단된다. 공격위치가 왼쪽일 때 선수 간 비교를 한 결과, S1과 S3는 견관절의 선속도가 대체로 높게 나타났으며, S2는 견관절의 순간속도가 가장 낮게 나타났다. 볼 속도에 대한 견관절에 의한 기여도도 마찬가지로 S1은 S2나 S4보다 11%나 높게 나타났다. 순간속도와 기여도 사이에는 약간의 차이가 나타나는데, 이는 선수들 간에 볼 속도에서 차이가 나타나기 때문이다. 중앙공격일 때, 볼 속도에 대한 우측

견관절의 기여도가 가장 낮은 선수는 S6로 투척팔 이외의 작용에 의한 기여도는 13%로 다른 선수들에 비해 상당히 낮게 나타났다. 이와 같이 견관절의 기여도가 낮게 나타나는 선수들은 대체로 슈팅 순간 전방으로의 중심이동 속도가 느린 것으로 볼 수 있으며, 주로 투척팔에 의존해서 볼을 던지려는 경향이 나타나리라 판단된다. 따라서 전체적으로 동작이 민첩한 선수들은 대체로 견관절의 순간속도에 의한 기여도가 높게 나타났다. 공격위치가 우측일 때 S4는 견관절의 기여도가 32%로 상당히 높게 나타난 반면, S6는 12%로 아주 낮게 나타났다. 실제 볼 속도에 대한 견관절의 기여도는 다른 야구공의 투구동작이나 테니스의 서브동작에서의 견관절의 기여도 보다는 상당히 높게 나타났다.

릴리스 순간 볼 속도에 대한 상완의 기여도는 전완보다 약간 낮았으며, 손의 기여도와 비슷하게 나타났다. 공격위치에 따른 견관절에 대한 팔꿈치의 상대속도($V_{SLD/ELB}$)는 중앙공격 > 좌측공격 > 우측공격의 순으로 나타났으며, 기여도도 같은 순으로 나타났다. 상완의 기여도는 공격위치에 상관없이 선수 간에는 큰 차이가 나타났다. 공격위치가 좌측일 때 상완의 기여도가 가장 높은 선수는 S6로 가장 느린 S1보다 22%나 높게 나타났다. 공격위치가 중앙일 때 S6는 상완의 기여도가 낮게 나타났으며, 공격위치가 우측일 때 상완의 기여도가 가장 낮은 선수로는 S2, S4, S5로 나타났다.

릴리스 순간 팔꿈치에 대한 손목의 상대속도($V_{ELB/WRI}$)는 중앙공격 > 우측공격 > 좌측공격의 순으로 나타났지만, 기여도는 중앙공격과 우측공격일 때 36%로 같게 나타났으며, 좌측공격일 때는 2% 정도 낮게 나타났다. 전완의 기여도는 공격위치에 따라서도 큰 차이가 없었으며, 선수 간에도 두드러진 차이가 나타나지 않았다. 단지 S6는 공격위치가 좌측일 때, 중앙이나 우측보다 상완의 기여도가 상대적으로 낮게 나타났다.

슈팅 순간 전방으로의 볼 속도에 대한 손의 기여도는 전완보다는 낮지만, 견관절보다 조금 높으며, 상완과 비슷하게 나타났다. 공격위치에 따른 손의 기여도는 좌측공격 > 중앙공격 > 우측공격의 순으로 슈팅위치가 좌측일 때가 우측일 때보다 6%나 높게 나타났다. 이와 같이 좌측공격일 때 손의 기여도가 대체로 높게 나타났으며, S1, S2, S4는 다른 선수들에 비해 좌측공격에서 손의 기여도가 비교적 높게 나타났다. 실험 결과, 공격위치에 따른 볼 속도에 대한 손의 기여도는 견관절의 작용에 의한 기여도와는 거의 상반된 작용을 하는 것으로 나타났다. 공격위치가 우측일 때는 부자연스런 팔동작으로 견관절의 기여도가 높지만, 손에 의한 기여도는 낮다. 하지만 공격위치가 좌측일 때는 팔의 동작이 우측보다 상당히 유연해지므로 견관절에 의한 요인보다

표 4. 볼 투사속도에 대한 신체분절들의 기여도 단위 : ㎧(%)

Sub.	V_{SLD}			$V_{SLD/ELB}$			$V_{ELB/WRI}$			$V_{WRI/FING}$			V_{FING}			V_{BALL}		
	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR	SL	SC	SR
S1	2.98 (27)	1.81 (14)	2.65 (23)	1.38 (13)	3.76 (29)	2.92 (25)	3.62 (33)	4.63 (36)	3.53 (30)	3.07 (28)	2.84 (22)	2.49 (21)	11.05	13.04	11.58	14.04	17.15	13.59
S2	1.89 (16)	2.72 (22)	3.24 (28)	2.34 (20)	3.24 (26)	1.78 (15)	4.30 (37)	3.92 (31)	4.42 (38)	3.21 (27)	2.70 (21)	2.17 (19)	11.74	12.58	11.62	14.39	15.29	13.68
S3	3.01 (21)	3.27 (23)	3.09 (23)	3.08 (22)	3.59 (25)	3.19 (24)	4.64 (33)	4.94 (35)	4.42 (33)	3.39 (24)	2.44 (17)	2.66 (20)	14.12	14.23	13.35	16.48	18.84	15.70
S4	2.05 (16)	2.53 (20)	3.37 (32)	3.35 (27)	3.04 (24)	2.29 (22)	3.70 (30)	4.00 (32)	3.06 (29)	3.38 (27)	2.93 (23)	1.68 (16)	12.48	12.51	10.40	15.68	13.98	11.16
S5	2.55 (23)	2.17 (19)	2.86 (28)	1.73 (16)	1.88 (16)	1.30 (13)	3.92 (35)	4.41 (38)	4.17 (41)	2.88 (26)	3.12 (27)	1.93 (19)	11.09	11.58	10.26	13.73	14.54	13.36
S6	2.52 (18)	1.65 (13)	1.51 (12)	4.72 (35)	2.81 (22)	2.85 (24)	3.80 (28)	5.58 (43)	5.40 (45)	2.60 (19)	2.88 (22)	2.36 (19)	13.65	12.91	12.12	15.59	17.80	15.45
M	2.50 (20)	2.36 (18)	2.79 (24)	2.77 (22)	3.05 (24)	2.39 (20)	4.00 (33)	4.58 (36)	4.17 (36)	3.09 (25)	2.82 (22)	2.21 (19)	12.35	12.81	11.56	14.98	16.27	13.82
SD	.46	.60	.67	1.21	.67	.73	.39	.62	.80	.30	.23	.36	1.30	.86	1.14	1.08	1.94	1.64

손에 의한 기여도가 상대적으로 높아지는 것으로 판단된다.

릴리스 순간 손끝의 속도(V_{FING})는 중앙공격 > 좌측공격 > 우측공격의 순으로 나타났다. S3는 공격위치에 상관없이 손의 속도가 다른 선수들에 비해 상당히 높게 나타났다. 선행 연구와 비교한 결과, 이영석 등(1994)의 연구에서는 손 속도가 15.91㎧, 조승제 등(1998)은 14.16㎧로 본 실험 대상자들보다 상당히 높게 나타났다.

릴리스 순간 볼 속도(V_{BALL})는 중앙공격 > 좌측공격 > 우측공격의 순으로 손의 속도와 같은 양상으로 나타났다. 슈팅위치에 따른 차이를 보면, 중앙공격은 우측공격일 때보다 2.45㎧ 빠른 것으로 나타났다. 이와 같은 양상은 전 선수에게서 공통적으로 나타났지만, S4는 특이하게 슈팅방향이 좌측일 때 볼 속도가 가장 빠르게 나타났다. 공격위치에 상관없이 볼 속도가 가장 빠른 경우는 S3의 중앙공격으로 나타났다. 볼 속도가 중앙공격 > 좌측공격 > 우측공격의 순서를 유지한 선수는 S2, S3, S4, S5였으며, S6는 유일하게 중앙공격보다 좌측공격일 때 손 속도가 가장 높게 나타났다. 이와 같이 공격위치가 중앙일 때 볼 속도가 가장 빠르고 우측일 때 가장 느리게 나타나는 현상을 분석해 보면, 좌측공격일 때는 팔의 스윙동작에는 유연성이 풍부하지만, 공격자의 시야에 골대의 면적이 좁게 보이게 되어 정면공격일 때보다 볼 속도가 떨어지는 것으로 판단된다. 릴리스 순간 볼 속도를 분석한 선행 연구 결과를 보면, 임규찬(2001)의 페널티 드로우 16.31㎧, 이영석 등(1994)의 스텝슛은 21.06㎧, 조승제 등(1998)의 점프슛은 22.52㎧로 상당히 높은 값으로 본 실험에서의 릴리스 직후 최대 볼 속도와 비슷한 값으로 볼 수 있다. 이상과 같이 전체적으로 볼 때, 볼 투사속도에 대한 신체분절들의 기여도는 전완 > 상완,손 > 견관절의 순으로 전완의 동작에 의한 기여도가 가장 높고, 견관절의 기여도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 공 던지기 동작을 연구한 진성태(1984)의 연구 결과에 의하면 공의 투사속도에 미치는 영향은 전완 > 상완 > 동체 > 손의 순으로 손의 기여도에서 본 실험 결과와 차이가 나타났는데 이는 볼과 던지는 자세의 차이로 인한 것으로 판단된다.

4. 투척자세

볼의 릴리스 순간 위에서 본 양발에 대한 볼의 상대적 위치를 분석한 결과는 <그림 2>와 같이 나타났

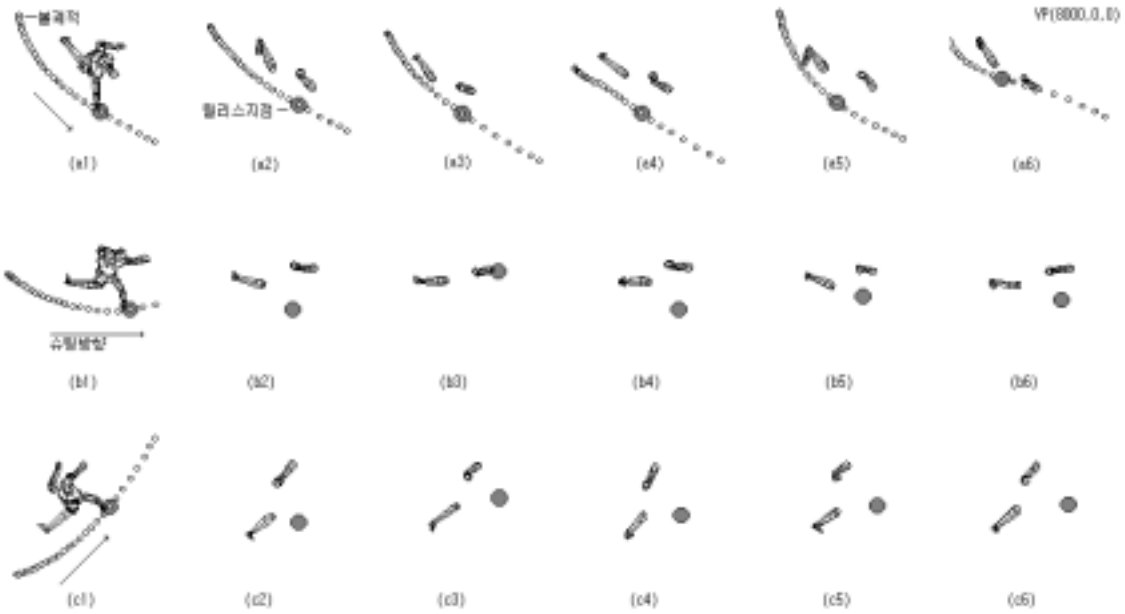

그림 2. 릴리스 순간 볼의 위치(a1~a6 : 좌측공격, b1~b6 : 중앙공격, c1~c6 : 우측공격)

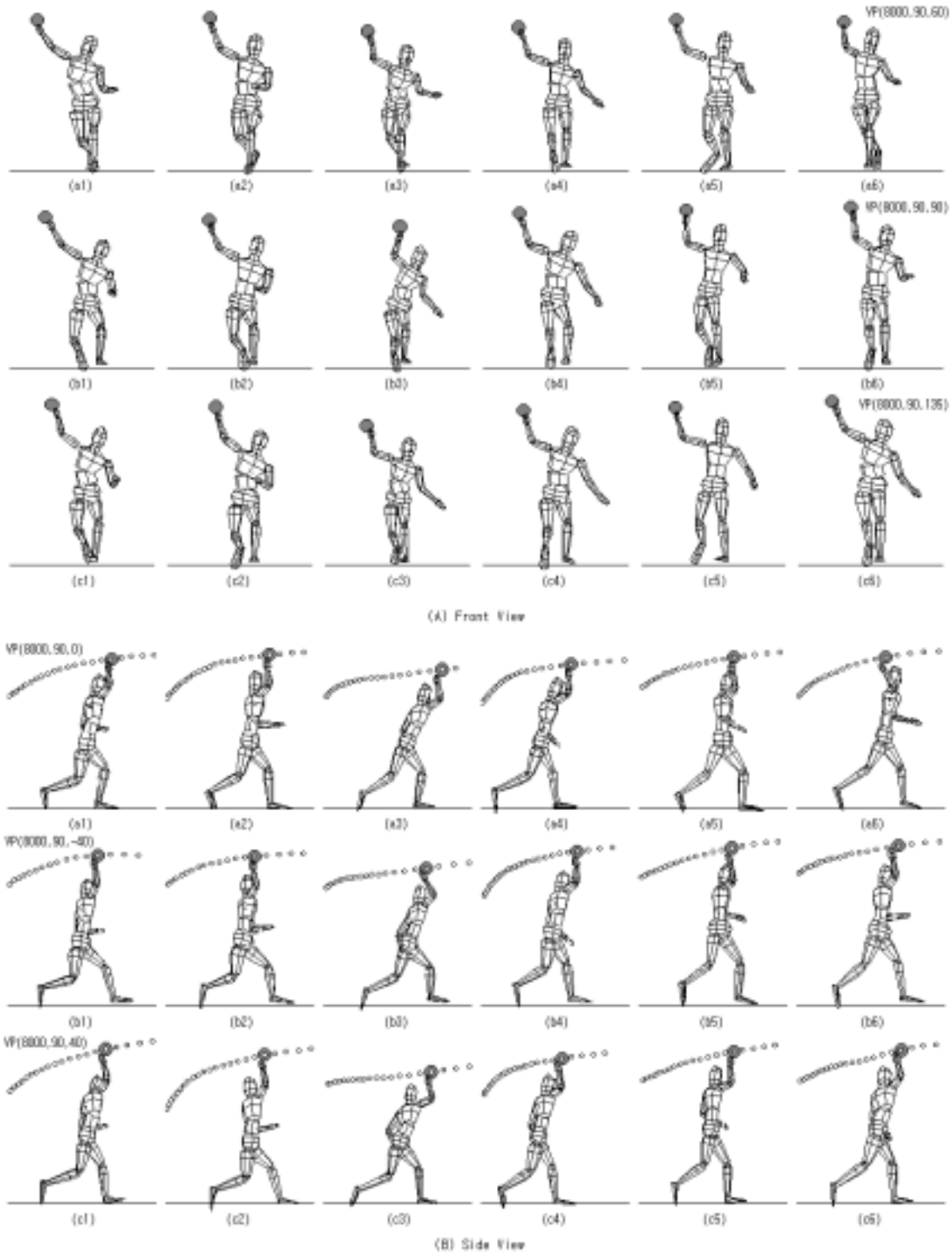

그림 3. 릴리스 순간 투척자세(a1~a6 : 좌측공격, b1~b6 : 중앙공격, c1~c6 : 우측공격)

다. 슈팅 장면을 위에서 보았을 때, 양발에 대한 볼의 상대적 위치를 관찰하기가 상당히 용이하다. 하지만 중앙공격일 때는 슈팅방향이 좌측에서 우측을 향하지만, 측면공격일 때는 45도 가량의 대각선 방향이다. 이 그림에서 앞에 있는 발은 지지발로 왼발이며, 뒤에 있는 발은 전방으로 이동하고 있는 오른발이다. 여기서 오른발에 대한 볼의 위치는 별 의미가 없는 것으로 판단되어 왼발에 대한 볼의 릴리스 지점을 관찰했다. 좌측공격일 때 S1(a1), S2(a2), S3(a3) 선수는 왼발 앞쪽에서 릴리스 지점이 형성되었으나, S6는 왼발 뒤꿈치의 뒤쪽인 오른쪽 무릎에서 릴리스 지점이 형성되어 볼을 약간 빨리 던지는 것을 볼 수 있었다. 공격위치가 중앙일 때, 대부분의 선수들은 지지발의 뒤꿈치 부근에서 릴리스가 이루어졌으나, S3(b3)는 지지발보다 상당히 앞에 릴리스 지점이 형성되는 것을 볼 수 있었다. 공격위치가 우측일 때는 거의 모든 선수들에게서 릴리스 지점이 지지발의 뒤꿈치보다 뒤쪽에 형성되었다. 따라서 공격위치가 우측일 때는 좌측공격이나 중앙공격에서보다 던지는 타이밍을 약간 빠르게 해서 볼이 손에서 이탈하는 순간이 빠르게 나타난 것을 알 수 있었다.

볼의 릴리스 순간 정면에서 본 투척자세를 분석한 결과는 <그림 3A>와 같이 나타났다. <그림 3A>의 투척자세는 중앙공격의 동작장면(b1~b6)은 뷰포인트(8000, 90, 90)를 정확히 정면에 맞추었으며, 측면공격은 각각 45도씩 회전시켜서 본 그림이다. 공격위치가 좌측일 때 선수들의 투척자세를 보면, S1은 오른팔의 팔꿈치가 다른 선수들에 비해 많이 편 것을 볼 수 있었다. 반면, S3와 S6는 투척 순간에 팔꿈치를 상당히 많이 구부리는 스타일로 나타났다. 이와 같이 투척 순간 팔꿈치를 대체로 많이 펴는 S1이나 팔꿈치를 다른 선수들에 비해 많이 구부리는 S3나 S6와 같은 선수들뿐만 아니라 나머지 선수들까지 공격위치에 따른 팔꿈치의 굴곡각은 별 차이를 보이지 않았다. 하지만 S5는 측면보다 중앙공격일 때만 팔을 많이 구부렸고, S6는 좌측공격일 때만 팔꿈치를 많이 구부린 것으로 나타났다. 공격위치가 중앙일 때를 관찰해 본 결과, 좌우 방향으로의 신체 중심선에 가장 가까이 볼의 릴리스 지점이 형성되는 선수는 S3(b3)의 동작으로 나타났다. S3는 측면공격보다 중앙공격에서 몸을 좌측으로 많이 구부려서 볼을 거의 머리 위에서 던지는 것을 볼 수 있었다. S1(a1), S2(a2), S4(a4)는 대체로 팔을 펴서 신체중심선에서 약간 떨어진 위치에서 릴리스 지점이 형성되는 것을 관찰 할 수 있었다. 공격위치가 우측일 때를 관찰해 본 결과, S5(c5)의 동체상부와 허리를 연결하는 부위가 다른 선수들에 비해 일직선으로 나타난 것을 볼 수 있다. S5는 우측공격뿐만 아니라 중앙공격일 때도 동체를 측면으로 기울이지 않는 자세를 관찰할 수 있었다. <표 3>에 나타난 것과 같이 S5는 볼을 슈팅하는 순간에 다른 선수들과는 달리 좌측이나 전방으로 동체를 거의 기울이지 않고 있다. 따라서 이 선수는 볼 속도를 더 높여서 강력한 슛팅을 하기 위해서는 동체의 기울기에 더 관심을 두어야 할 것으로 판단된다.

볼의 릴리스 순간 측면에서 본 투척자세를 분석한 결과는 <그림 3B>와 같이 나타났다. <그림 3B>를 자세히 관찰하면, 투척 순간 볼의 릴리스 위치, 앞무릎의 굴곡각, 상체의 회전각, 동체의 전방기울기 등의 관찰이 상당히 용이했다. 좌측공격일 때 볼의 릴리스 위치는 S3(a3)와 S4(a4)가 대체로 전방에 위치했다. 특히 이 두 선수는 투척 순간 상체를 앞으로 상당히 많이 숙이면서, 오른쪽 어깨가 이미 많이 돌아가 있는 것을 볼 수 있었다. 공격위치가 중앙일 때와 우측일 때도 거의 모든 선수들에서 좌측공격과 비슷한 양상으로 나타났다.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 핸드볼 선수들을 대상으로 스텝슛 동작의 제반 역학적 변인들을 분석한 결과를 토대로 한 결론은 다음과 같다.

1. 릴리스 높이는 신장에 비례해서 나타났으며, 좌측공격일 때 릴리스 높이가 낮게 나타났는데, 이는 좌측공격일 때 좌우-투척각이 중앙이나 우측보다 크게 되어 투척팔을 내려서 던지기 때문인 것으

로 판단된다.

2. 위치에 따른 보폭과 중심의 이동거리는 중앙공격 > 우측공격 > 좌측공격의 순으로 나타났다. 선수의 운동량은 공격위치에 따라 중앙 > 우측 > 좌측의 순으로 중심의 순간속도에 많은 영향을 받은 것으로 판단된다.
3. 릴리스 순간 어깨각은 좌측공격 > 중앙공격 > 우측공격의 순이었지만, 우측공격에서는 슈팅각도와 시야가 좁아지기 때문에 어깨각을 크게 해야 좋은 자세를 확보할 수 있지만, 오히려 선수들은 어깨각을 조정하기보다는 팔꿈치각과 동체를 측면으로 구부려서 조절하는 것으로 판단된다
4. 동체의 좌경각은 우측공격 > 중앙공격 > 측면공격이 이상적인 순으로 볼 수 있으며, 본 실험에서도 결과가 비슷하게 나타났으나, 우측공격일 때 동체를 좌측으로 많이 구부려서 던졌다기보다는 좌측공격일 때 동체를 측면으로 많이 기울이지 않고 세워서 슈팅을 하는 것으로 나타났다.
5. 릴리스 순간 동체의 전경각은 우측공격일 때 거의 수직에 가까이 세워서 슈팅을 하는 것으로 나타났으며, 좌측공격과 중앙공격일 때는 선수들간에 약간의 차이를 보였다.
6. 공격위치에 따라 선수들의 투구폼에 약간의 차이가 나타나는 것은 슈팅 목표지점에 볼을 가까이 위치시키려는 시도 때문인 것으로 판단된다.
7. 공격위치가 우측일 때는 볼을 릴리스 하는 시점이 전체적으로 늦게 나타나 전후-투척각이 상당히 크게 나타난 것으로 판단된다.
8. 볼 투사속도에 대한 신체분절들의 기여도는 전완 > 상완, 손 > 견관절의 순으로 나타났다. 볼 속도가 중앙공격 > 좌측공격 > 우측공격의 순으로 나타난 현상을 분석해 본 결과, 좌측공격일 때는 팔의 스윙동작에는 유연성이 풍부하지만, 공격자의 시야에 골대의 면적이 좁게 보이게 되어 중앙공격일 때보다 볼 속도가 떨어지는 것으로 판단된다.
9. 투척자세를 분석한 결과, 공격위치가 우측일 때는 좌측공격이나 중앙공격에서보다 볼이 손에서 이탈하는 순간이 빠르게 나타난 것을 관찰할 수 있었다.

참 고 문 헌

강인섭(1985). Handball Side Over Head Shoot동작의 영상 분석. **핸드볼 경기연구 논총**. 제1호, 대한핸드볼협회. 22-30.

김갑경(1983). **Handball 경기의 점프슛과 스텝슛의 비교 연구**. 미간행 석사학위논문. 중앙대학교 대학원.

김승렬(1984). **Handball 다이빙 슛의 동작분석**. 미간행 석사학위논문. 충남대학교 대학원.

류보현(1993). **숙련자와 비숙련자간의 핸드볼 점프슛 동작의 비교 분석**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교. 대학원.

류재충(1984). **Handball 경기의 Back Swing Jump Shoot과 Upper Swing Jump Shoot의 영상분석**. 미간행 석사학위논문. 명지대학교.

박범규(1989). **핸드볼 점프슛 동작에 관한 역학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 전남대학교. 대학원.

손태열, 박철무(1985). 핸드볼 Step Shoot의 동작분석. **핸드볼 경기연구논총**. 제1호.

이영석, 배성제, 이기청(1994). 야구와 핸드볼 공 던지기 동작의 비교 분석. **한국운동역학회지**. 4(2). 41-50.

이중숙, 조승제(2001). 핸드볼 점프슛 동작의 운동학적 분석. **한국운동역학회지**. 11(1). 195-215.

임규찬(2001). 핸드볼 페날티 드로우시 표적에 따른 상지 분절의 역할. **한국운동역학회지**. 11(1). 217-235.

임영철(2001). 세계주니어 여자핸드볼 선수권대회 경기분석. **한국체육측정평가학회지**. 3(2). 77-90.

정철수(1977). **Handball Jump Shoot의 동작분석**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교.

조승제, 윤양진, 서국웅, 정미라, 김용재(1998). 핸드볼 점프슛 과 스텝슛 동작의 운동학적 분석. **한국체육학회지**. 37(3). 381-392.

진성태(1984). **던지기 동작에서 각 신체분절의 역할**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교.

Eliasz, J., Janiak. J., and Wit. A. (1990). Ball Flight

Velocity during Throws in Handball. *Sport Wyczynowy*. 9(10). 17-23.

Sprigings, E., Marshall, R., Elliott, B., & Jennings, L.(1994). A Three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racquet head speed. *Journal of Biomechanics*, 27(3), 245-254.

투 고 일 : 10월 30일
심 사 일 : 11월 20일
심사완료일 : 12월 07일