



축구 페널티킥에서 초보자와 숙련자의 3차원 운동학적 비교 3-D Kinematics Comparative Analysis of Penalty Kick between Novice and Expert Soccer Players

신제민* (상명대학교)
Shin, Je-Min* (Sangmyung University)

ABSTRACT

J. M. SHIN, 3-D Kinematics Comparative Analysis of Penalty Kick between Novice and Expert Soccer Players, Vol. 15, No. 4, pp.13-24, 2005. The purpose of this study was to compare kinematic data between experts and novices, and identify difference kinematic parameters changing direction to kick in penalty kick of soccer play. Novice subjects were 5 high school students who has never been experienced a soccer player, and expert subjects were 5 competitive high school soccer players. The 3-d angle was calculated by Euler's Angle by inertial axis and local axis with three-dimensional cinematography. Kinematic parameters in this study consisted of angles of knee joints, hip joints, lower trunk and upper trunk when the support foot was contacted on ground and kicking foot impacted the ball.

The difference of angle of knee joints in the flexion/extension was insignificantly showed below 4~9° in groups and directions of ball at the time of support and impact. But the difference of angle of hip joint was significant in groups and directions of ball at the time of support and impact. Specially the right hip joint of experts were more flexed about 12° (43.99±6.17° at left side, 31.87±4.49° at right side), less abducted about 10° (-31.27±4.49° at left side, -41.97±6.67° at right side) at impact when they kicked a ball to the left side of goalpost. The difference of amplitude angle in the trunk was significantly shown at upper trunk not lower trunk. The upper trunk was external rotated about 30° (novice' angle was -16.3±17.08°, expert's angle was -43.73±12.79°) at impact. Therefore the significant difference of kinematic characteristics could be found at the right hip joint and the upper trunk at penalty kick depending on the direction of kicking.

KEYWORDS : KINEMATIC PARAMETERS, THREE-DIMENSIONAL CINEMATOGRAPHY, JOINT ANGLE

I. 서론

2002년 한·일 월드컵에서 한 달여 동안 64경기가 열

렸는데 총 득점수가 161골로 경기당 평균 2.52골이 기록되었다. 이 수치는 월드컵 최저골을 기록한 90년 이탈리아대회 때 2.21골, 직전 98년 프랑스 월드컵 때 2.67골을 비교하면 비슷한 결과를 보여주고 있다

본 논문은 2004년 상명대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

* jemshin@smu.ac.kr

(www.fifa.com). 따라서 게임당 평균 득점을 고려한다면 페널티킥은 경기 중 성공했을 때 1득점을 얻을 수 있는 것과 무승부가 되었을 때 승부를 결정하는 방법으로 선택되어 승패의 중요한 요인이 될 수 있다.

축구 킥에 관한 운동학적·운동역학적 분석은 지속적으로 연구되고 있지만(오정환과 김승권, 1998; 윤재만, 2000; 김의환, 이요열, 김성섭, 권문석과 김성호, 2003; 진영완과 신제민, 2005) 페널티킥의 연구는 승부에 크게 영향을 미칠 수 있는 중요한 요인임에도 찾아보기 힘들다. 페널티킥에서 사용되는 킥이 실제 경기에서 사용되지 않는 독특한 것이 아니고 일반적으로 경기 중에 사용되는 킥과 동일한 방법이기 때문일 것으로 생각한다. 그러나 페널티킥은 일반적인 킥과 다르게 정지된 시간과 정해진 거리에서 골키퍼와 마주하는 일대일의 관계라는 독특한 상황에서 실시된다. 따라서 연구하는 관점도 이런 상황에 맞게 접근되어야 할 것이다. 그리고 1회의 킥으로 인해 승패가 좌우될 수 있기 때문에 일반적인 킥의 연구보다 더욱 비중 있게 연구될 필요가 있다.

최근 페널티킥에 대한 운동학적 분석이 공을 차는 좌·우 방향과 높이를 중심으로 연구되고 있다. 이 연구에서는 공을 차는 키퍼를 대상으로 디딤발 착지 시 보폭, 공과 디딤발 사이의 거리 그리고 디딤발 착지 시 자세변인, 볼 릴리즈 시 볼의 속도 등이 분석되었다. 특히 이 연구에서 디딤발 착지 시 공의 방향에 따른 디딤발의 위치와 각도, 골반의 각도의 변화에 대한 접근이 시도되었다(임비오, 2001; 임비오와 윤재만, 2002). 그러나 페널티킥을 성공하기 위해서는 키퍼가 공을 의도한 대로 정확하게 차는 것이 일차적으로 중요하지만, 찬 공을 막는 골키퍼의 수행능력 또한 중요한 요인이 된다. 키퍼가 아무리 좋은 자세로 킥을 했어도 골키퍼가 막아낼 수 있다면 득점할 수 없기 때문이다. 따라서 골의 성공을 위해서는 유능한 골키퍼는 어떠한 단서를 통하여 방향을 예측할 것인가는 중요한 관점이 될 것이다. 골키퍼가 공의 방향을 예측하는 단서는 역설적으로 키퍼가 골을 성공시키기 위하여 사전에 알아야 할 중요한 요인이 될 것이다. 골키퍼의 시각단서에 대한 연구는 지속적으로 이어져 오고 있다. McMoris, Hauxwell, & Holder(1995)는 페널티킥에서 골키퍼들의 시각단서

를 찾는 분석을 통해 숙련자들은 임팩트 근처에서 엉덩관절에 시선을 집중한다는 것을 밝혔다. Flanks & Hanvey(1997)은 지지다리의 방향이 공의 방향을 예측하는 과정에서 도움을 줄 수 있다고 하였다. 보다 구체적인 연구로 Williams(2000)는 설문조사를 통하여 숙련자는 키퍼가 공을 차는 지지다리 쪽 보다는 공을 차는 다리를 중심으로 시선이 고정되고 힙과 다리와 발 및 공에서 어깨 쪽으로 상승한다는 사실을 알게 되었다. 또한 임팩트 시에 엉덩이가 열리고 닫히는 정도를 통해 공의 방향을 예측할 수 있다고 하였다. 김선진, 이승민과 박승하(2005)는 안구추적 장치를 이용한 연구에서 접근구간에서 초보자는 키퍼다리, 팔에 시선을, 숙련자는 어깨, 몸통, 키퍼다리에 시선을 고정하였다. 임팩트 구간에서 초보자는 키퍼다리에 숙련자는 지지다리에 시선을 고정하는 것으로 분석하였다. 이와 같은 사전연구의 결과에서 볼 수 있듯이 골키퍼가 예측하는 시각 단서는 디딤발이 착지되는 시점과 임팩트에서 지지다리, 키퍼다리, 몸통 및 어깨의 움직임이 중요한 것으로 나타났다. 그러나 골키퍼가 단서로 활용하는 관절에서 3차원 분석에 대한 자료가 전무하고 특히 골키퍼의 시각단서를 중심으로 동작형태를 연구한 사례는 없다. 따라서 본 연구의 목표는 페널티킥을 좌·우 방향으로 차는 때 3차원 운동학적 분석을 하여 숙련된 키퍼의 형태를 정량화하는 한편, 골키퍼가 중요한 단서로 이용하는 디딤발 착지 및 임팩트 시점에서 키퍼의 관절 각도의 차이를 분석하여 골 성공률을 높이기 위한 자료를 제공하는 데 있다.

II. 연구방법

1. 피험자

본 연구의 피험자는 초보자 5명과 숙련자 5명이었다. 초보자는 축구선수 경험이 없는 비교적 축구를 자주하지 않는 고등학생이었고, 숙련자는 전국대회 우승경험이 있는 B고등학교 축구선수였다. 초보자의 신장은 172.37±4.12cm, 체중은 55.74±6.18kg, 연령은 17.8±0.45세이었고, 숙련자의 신장은 175.26cm±5.35, 체중은

67.23±4.41kg, 연령은 17.6±4.49세이었다. 모든 피험자는 오른발을 주로 사용하였다.

2. 실험방법 및 절차

본 연구를 위한 실험은 3차원 영상분석 절차에 의해 진행되었다. 영상 자료를 명확하게 얻기 위해 피험자에게 반바지만 착용하게 하고 해부학적 경계점을 표시하기 위해 관절에 반사용 마커를 부착시켰다. 실험방법을 피험자에게 충분히 숙지시키고 실험 전에 충분히 준비운동을 시켰다. 공은 정해진 지점에 정지된 상태로 두고 골키퍼는 없는 상태에서 골대를 향하여 인사이드 킥만으로 땅볼로 차게 하였다. 피험자가 찬 공이 뜨거나 골인되지 못하면 계속 수행하게 하였고 3회의 성공한 수행을 영상분석 자료로 사용하였다.

본 실험을 위해 2대의 6mm 디지털 비디오 카메라 (GR-DVL9500, JVC)가 사용되었고, 촬영속도는 60 field/sec 노출시간은 1/500이었다. 반사용 마커가 잘 인식되도록 조도를 확보하기 위해 1200W의 조명기를 2대 사용하였다. 영상으로 확보된 자료는 APAS(Ariel Performance Analysis System)를 이용하여 디지털이정한 후 3차원 자료로 합성되었다. 이 자료는 second-order Butterworth를 이용하여 8Hz의 비율로 최적으로 평활화되었다(Winter, 1990). 촬영전에 실측치를 계산하기 위해 1×1×2(m)의 기준틀을 이용하였다.

이런 과정을 통하여 3차원 위치좌표를 만들었고, LabVIEW(laboratory virtual instrument engineering workbench) graphical programming(Johnson, G. W., 1994)을 이용하여 운동학적 분석 프로그램을 제작하였다.

3. 지역좌표계 설정

본 연구에서는 좌·우 무릎관절 및 엉덩관절, 몸통하부, 상부의 움직임을 분석하였다. 먼저 실험에서 사용한 기준틀을 기준으로 관성축이 설정되었는데 피험자가 골대를 바라보는 방향에서 X축은 동작이 진행되는 방향에서 좌우방향으로, Y축은 전후방향으로, Z축은 상하방향으로 설정하였다. 관절의 각도를 계산하기 위

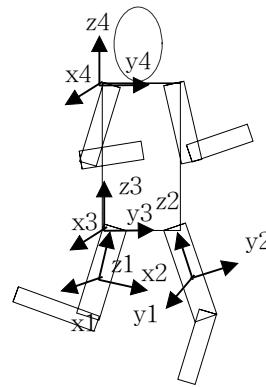


그림 1. 지역축 설정

해 관성축의 방향과 동일하게 3차원 지역축을 매립하였다.

<그림 1>과 같이 오른쪽 대퇴분절에 매립된 지역축(local axis) 중 z1은 대퇴골의 길이 방향으로 즉 엉덩관절과 무릎관절을 잇는 벡터로 설정되었고, x1은 무릎관절과 발목관절을 잇는 벡터와 z1 벡터를 외적(cross product)하여 새로운 벡터로 생성되었다. 그리고 y1은 z1과 x1의 벡터를 외적하여 생성되었다. 왼쪽 대퇴분절에 매립된 지역축은 오른쪽 대퇴분절에 매립한 동일한 방법으로 매립되었다.

몸통하부의 지역축은 엉덩이(골반)의 움직임을 계산하기 위하여 매립되었다. z3은 어깨관절점과 엉덩관절점을 잇는 벡터로 생성되었고, x3은 양쪽 엉덩관절점을 잇는 벡터를 이용하였다. 그리고 y3은 z3과 x3을 외적하여 생성되었다. 몸통상부의 지역축은 몸통 중에 가슴부위의 움직임을 계산하기 위하여 매립되었다. z4는 어깨관절점과 엉덩관절점을 잇는 벡터의 역벡터를 구하여 사용되었고, x4는 양쪽 어깨관절점을 잇는 벡터를 이용하였다. 그리고 y4는 z4와 x4를 외적하여 생성되었다.

4. 각도계산

본 연구에서 3차원의 각도를 계산하기 위해서는 오일러 각도(Euler's angle), 무릎관절과 같이 2차원의 각도를 계산하기 위해서는 내적(Inner Product)이 이용되었다(Anton, 2000). 오일러 각도는 각 분절에 심어놓은

좌표계가 겹쳐 있다고 가정하고, 한 좌표계가 다른 좌표계와 다시 겹쳐지도록 i, j, k 순서로 돌려 각 축을 중심으로 회전할 때 만들어지는 각을 계산하는 방법이다. 이때 회전시키는 두 축과의 관계가 순서대로 굴곡/신전, 외전/내전 및 내축회전/외축회전의 방향이 일어나는 것이 일반적이다(Chao, 1980; Grood & Suntay, 1983; Nigg & Herzog, 1994; Allard, Stoke & Bianchi, 1995). 본 실험에서는 관성축에 대한 지역축을 회전시켜 절대각도를 계산하였다. 따라서 관성축의 단위벡터를 $I, J, K(X, Y, Z)$ 로 정의하고, 지역축의 단위벡터를 $i, j, k(x, y, z)$ 로 정의하였다. 지역축을 회전시켜 각도를 구하는 오일러 각도를 행렬로 표시하면 다음과 같다.

첫 번째는 x 축을 중심으로 회전시켰다.

$$\begin{aligned} x_1 &= X + oY + oZ \\ y_1 &= oX + \cos \theta_1 Y + \cos(90 - \theta_1)Z \\ z_1 &= oX - \cos(90 - \theta_1)Y + \cos \theta_1 Z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_1 & \sin \theta_1 \\ 0 & -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \\ &= [C_1(\theta_1)] \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \end{aligned}$$

두 번째는 y 축을 중심으로 회전시켰다(floating axis).

$$\begin{aligned} x_2 &= \cos \theta_2 x_1 + 0y_1 + \cos(90 + \theta_2)z_1 \\ y_2 &= 0x_1 + 1y_1 + 0z_1 \\ z_2 &= \cos(90 - \theta_2)x_1 + 0y_1 + \cos \theta_2 z_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & 0 & -\sin \theta_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_2 & 0 & \cos \theta_2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \\ &= [\cos_2(\theta_2)] \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

세 번째는 z 축을 중심으로 회전시켰다.

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & \sin \theta_3 & 0 \\ -\sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} \\ &= [\cos_3(\theta_3)] \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} &= [C_3(\theta_3)][C_2(\theta_2)][C_1(\theta_1)] \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \\ &= [C] \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \end{aligned}$$

그런데 X, Y, Z 와 x, y, z 축의 단위벡터(unit vector)를 각각 I, J, K 와 i, j, k 라 하면 두 축 간의 상대적 orientation을 구하기 위한 회전변환행렬식(rotational transformation metrics), R 은

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i \cdot I & i \cdot J & i \cdot K \\ j \cdot I & j \cdot J & j \cdot K \\ k \cdot I & k \cdot J & k \cdot K \end{bmatrix}$$

이고, 오일러 모델 Re 를 변환행렬식으로 정리하여 다음과 같은 함수를 얻었다.

$$\begin{aligned} Re &= \begin{bmatrix} \cos \theta_3 \cos \theta_2 & \sin \theta_3 \cos \theta_1 + \cos \theta_3 \sin \theta_2 \sin \theta_1 & \sin \theta_3 \sin \theta_1 - \cos \theta_3 \sin \theta_2 \cos \theta_1 \\ -\sin \theta_3 \cos \theta_2 & \cos \theta_3 \cos \theta_1 - \sin \theta_3 \sin \theta_2 \sin \theta_1 & \cos \theta_3 \sin \theta_1 + \sin \theta_3 \sin \theta_2 \cos \theta_1 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 \sin \theta_1 & \cos \theta_2 \cos \theta_1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} i \cdot I & i \cdot J & i \cdot K \\ j \cdot I & j \cdot J & j \cdot K \\ k \cdot I & k \cdot J & k \cdot K \end{bmatrix} \\ \sin \theta_2 &= k \cdot I \rightarrow \theta_2 = \sin^{-1} k \cdot I \\ \cos \theta_2 \sin \theta_1 &= k \cdot J \rightarrow \theta_1 = \sin^{-1} \frac{k \cdot J}{\cos \theta_2} \\ \sin \theta_3 \cos \theta_2 &= j \cdot I \rightarrow \theta_3 = \sin^{-1} \frac{j \cdot I}{\cos \theta_2} \\ \text{각도범위} &(-\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}) \end{aligned}$$

III. 결 과

1. 무릎관절 각도

1) 왼쪽 무릎관절

<그림 2-1>에서 나타나듯이 초보자와 숙련자간에 동작의 형태에서 큰 차이가 없었다. 디딤발이 착지되는 동안 최대 신전되었다가 점차 굴곡되는 공통된 형태를 보였다. 그리고 왼쪽과 오른쪽 방향이 달라질 때 나타나는 동작 형태의 차이도 크게 나타나지 않았다. 디딤발이 착지되는 동안 다소 차이가 있지만 디딤발이 착지되고 임팩트되는 구간에서의 형태는 거의 유사하였다.

차는 동작 중 디딤발 착지와 임팩트 때 각도 변화를 비교해 보면 <표 1>과 같다. 왼쪽 방향으로 찰 때 디딤발 착지와 임팩트 때 초보자가 숙련자 보다 약 3~4° 신전된 상태를 유지하는 정도로 큰 차이가 없었다. 오른쪽 방향으로 찰 때 초보자가 숙련자 보다 임팩트

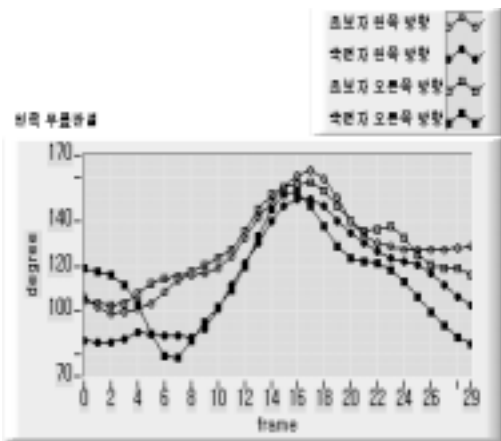


그림 2-1. 왼쪽 무릎관절 각도(초보자 왼쪽방향 a는 18f, b는 24, 숙련자 왼쪽방향 a는 18f, b는 24f, 초보자 오른쪽방향 a는 17f, b는 23f, 숙련자 오른쪽방향 a는 18f, b는 23f; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

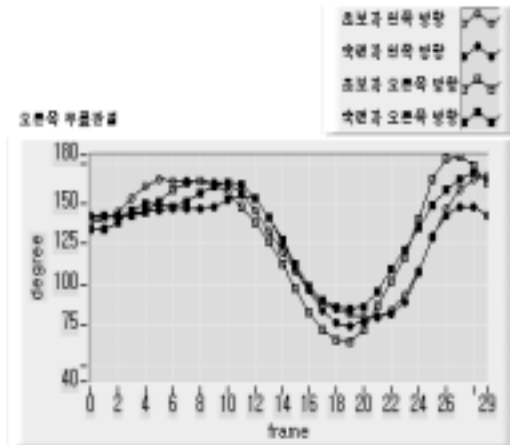


그림 2-2. 오른쪽 무릎관절 각도(초보자 왼쪽방향 a는 18f, b는 24, 숙련자 왼쪽방향 a는 18f, b는 24f, 초보자 오른쪽방향 a는 17f, b는 23f, 숙련자 오른쪽방향 a는 18f, b는 23f; a는 디딤 발 착지, b는 임팩트를 의미)

때에 약 9° 더 신전한 상태였다.

방향간의 비교에서 숙련자는 왼쪽으로 찰 때 오른쪽 보다 임팩트 때 6° 정도 더 신전하였다. 그러나 초보자는 차이가 거의 없었다.

2) 오른쪽 무릎관절 각도

오른쪽 무릎관절의 동작 형태는 집단 및 방향 간에 유사하였다<그림 2-2>. 왼발이 지면에 착지되는 동안 오른쪽 무릎관절은 최대 굴곡하고 임팩트를 향하여 신전하였다. 각도의 차이는 <표 1>과 같이 나타났다. 왼쪽 방향과 오른쪽 방향에서 집단 간 각도 크기의 차이는 미미하였고 방향 간에 약간 차이가 있었다. 즉 초보자와 숙련자 모두 오른쪽 방향으로 공을 찰 때 왼쪽으로 찰 때 보다 디딤발 착지 시점에서 오른쪽 무릎관절의 각도가 약 3~4° 더 굴곡되었다.

2. 엉덩관절 각도

1) 왼쪽 엉덩관절 각도

왼쪽 엉덩관절의 동작 형태는 왼쪽방향과 오른쪽 방향에서 유사하게 나타났다. x축에서는 디딤발이 착지될 때 굴곡되다가 임팩트를 지나는 동안 점차 신전되는 공통된 형태를 보였다. y축에서는 전체 동작 중에 내전이 나타나며 임팩트가 되면서 점점 더 내전되었다. z축에서는 디딤발이 착지될 때 외측회전이 최대로 나타나다가 점차적으로 감소하는 형태를 보였다<그림 3-1, 3-2>.

엉덩관절 각도의 크기는 <표 2>에서 비교되었다. 왼쪽 방향으로 찰 때 X축에서는 임팩트에서 약 8°의 차이가 있었다. 그러나 보다 뚜렷한 차이는 Y축에서 나타났다. 임팩트 때 숙련자는 초보자 보다 약 13° 정도 더 내전하였다. Z축에서의 차이는 피험자 간 표준편차가 너

표 1. 무릎관절 각도(mean±s)

		초보자(°)		숙련자(°)	
		디딤발 착지	임팩트	디딤발 착지	임팩트
왼쪽 무릎관절	왼쪽 방향	158.15±4.72	129.81±5.77	154.76±5.27	126.71±3.69
	오른쪽 방향	154.76±3.10	129.68±4.93	153.51±9.09	120.26±6.32
오른쪽 무릎관절	왼쪽 방향	86.10±12.31	98.07±12.30	87.50±7.88	100.77±8.82
	오른쪽 방향	83.38±7.01	100.33±3.38	83.71±7.52	101.71±12.72

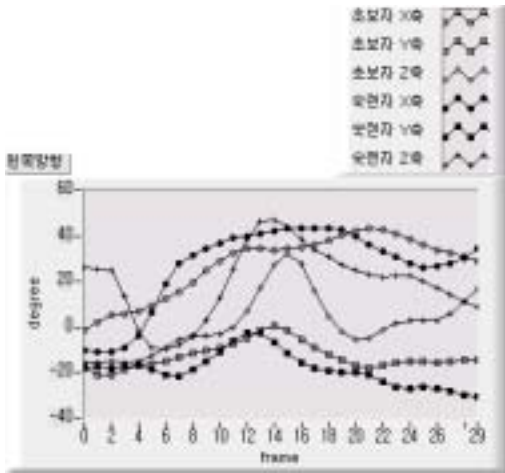


그림 3-1. 왼쪽 엉덩관절 왼쪽 방향(초보자 a는 18f, b는 23f, 숙련자 a는 18f, b는 24f; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

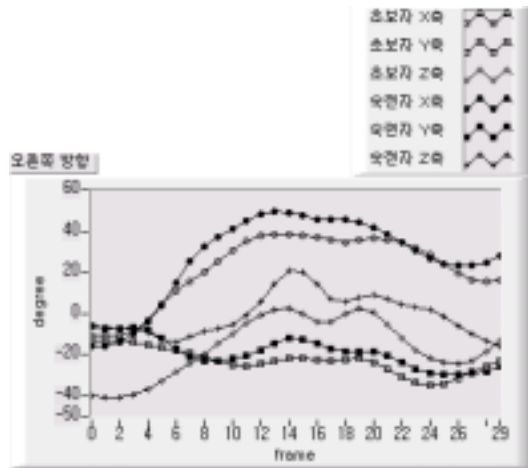


그림 3-2. 왼쪽 엉덩관절 오른쪽 방향(초보자 a는 8f, b는 24f, 숙련자 a는 18f, b는 23f; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

무 크게 나타나서 절대적인 비교를 할 수 없었다.

오른쪽 방향으로 찰 때 각도의 차이는 두 집단 간 크게 나타나지 않았다. 즉 x축과 y축에서 각도의 차이는 3~4° 정도로 나타났다. 그러나 z축에서 각도의 차이는 나타나지만 표준편차가 크기 때문에 집단 간 차이로 설명하기에는 무리함이 있었다. 그러나 공을 치는 방향이 다를 때 각도의 차이는 집단 내에서 상대적으로 다르게 나타났다. 초보자 집단에서 임팩트 때 굴곡각도가 왼쪽 방향에서는 38.13±8.75°, 오른쪽 방향에서는 30.91±7.25°로 나타났다. 그러나 숙련자 집단에서는 같은 시점에서 약 2° 정도의 미미한 차이를 보였다. 또한 z축에서 초보자는 디딤발이 착지 될 때나 임팩트 때에 오른쪽 방향에서 약 10° 정도 내전이 더 크게 나타났다. 그러나 초보자에 비해 공을 치는 방향이 달라져도 숙련

자의 각도 차이는 더 적게 나타났다.

2) 오른쪽 엉덩관절

오른쪽 엉덩관절의 동작 형태는 왼쪽방향과 오른쪽 방향에서 유사하게 나타났다. x축에서는 디딤발이 착지 될 때 거의 펴지듯이 신전되었다가 임팩트를 지나는 동안 점차 굴곡되는 형태를 보였다. y축에서는 해부학적 기준자세를 유지한 채 각도의 변화가 거의 없다가 임팩트로 진행되면서 조금 외전되었다. z축에서는 디딤발이 착지될 때는 큰 변화가 없었지만 임팩트로 진행되면서 외측회전이 증가하는 형태를 보였다<그림 3-3, 3-4>.

오른쪽 엉덩관절 각도의 크기는 <표 3>에서 비교 되었다. 왼쪽 방향으로 찰 때 x축에서는 디딤발이 착지될 때 숙련자는 약 13° 더 과신전되었다. y축에서는 디딤

표 2. 왼쪽 엉덩관절 각도(mean±s)

	초보자(°)		숙련자(°)			
	디딤발 착지	임팩트	디딤발 착지	임팩트		
왼쪽 방향	X	39.24±5.41	38.13±8.75	X	40.48±3.70	30.12±4.37
	Y	-13.01±5.79	-13.81±5.34	Y	-15.33±6.53	-26.26±4.94
	Z	2.12±21.30	21.73±34.62	Z	23.88±16.03	10.61±11.57
오른쪽 방향	X	36.56±3.21	30.91±7.25	X	39.76±3.82	28.39±4.44
	Y	-21.81±4.70	-23.37±5.48	Y	-16.68±4.11	-24.71±4.60
	Z	-16.95±13.65	-12.58±9.86	Z	7.63±13.57	-5.84±8.57

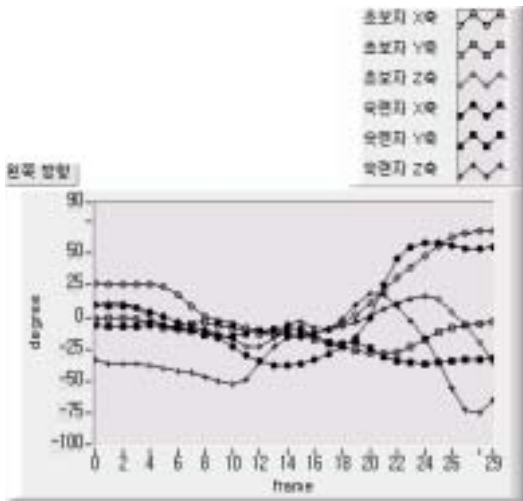


그림 3-3. 오른쪽 엉덩관절 왼쪽방향(초보자 a는 18f, b는 24f, 숙련자 a는 19f, b는 26f; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

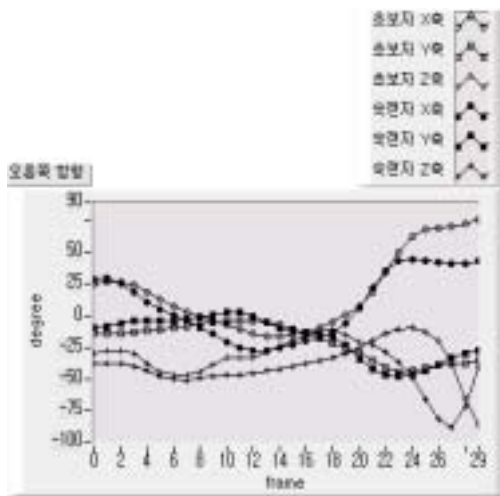


그림 3-4. 오른쪽 엉덩관절 오른쪽 방향(초보자 a는 18f, b는 23f, 숙련자 a는 19f, b는 24f ; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

발이 착지 될 때 및 임팩트 때 5~8° 정도 차이가 있었다. 오른쪽 방향으로 찰 때 집단 간 각도의 차이는 z축에서 디딤발이 착지 될 때 분명히 나타났다. 외측회전이 초보자는 $-34.59 \pm 4.92^\circ$, 숙련자는 $-16.37 \pm 4.6^\circ$ 로 나타나서 숙련자가 초보자에 비해 대퇴bones를 작게 외측회전하였다.

공을 차는 방향이 달라질 때 각도의 차이는 상대적으로 크게 나타났다. 이와 같은 차이는 x축과 y축에서 뚜렷이 나타나서 잘 비교될 수 있는 부분이었다. 초보자는 임팩트 때 왼쪽 방향으로 찰 때 약 16° 더 굴곡하였고, 약 20° 덜 외전하였다. 이와 같은 차이는 숙련자 집단에서도 유사하게 나타났는데 임팩트 때 왼쪽으로 찰 때 12° 더 굴곡하고, 10° 덜 외전하였다.

3. 몸통각도

1) 몸통하부

몸통하부의 동작형태는 집단이나 방향 간에 유사하였다. x축에서 움직임은 몸통이 지면에 수직을 유지하면서 약간의 굴곡과 신전하는 형태였다. y축에서 움직임 또한 x축과 거의 유사한 정도로 몸통을 좌·우로 과도하게 굴곡하지 않았다. z축에서는 디딤발이 지면에 착지하기 전부터 임팩트 후 거의 대부분의 구간에서 외측회전이 일어나는 형태를 보였다.

몸통하부 각도의 비교는 <표 4>와 같다. 왼쪽 방향으로 찰 때 x축에서 디딤발이 착지 되는 순간 초보자는 약간의 굴곡($9.13 \pm 6.08^\circ$)이 발생하는데 비해 숙련자는 오

표 3. 오른쪽 엉덩관절 각도(mean±s)

		초보자(°)		숙련자(°)		
		디딤발 착지	임팩트	디딤발 착지	임팩트	
왼쪽 방향	X	-6.93±14.46	47.07±8.69	X	-19.75±8.90	43.99±6.17
	Y	-24.11±10.37	-23.16±17.63	Y	-19.54±3.0	-31.27±4.49
	Z	-10.95±10.65	1.85±18.11	Z	-6.44±7.01	-6.86±20.32
오른쪽 방향	X	-15.93±10.57	31.23±16.28	X	-17.76±8.89	31.87±2.94
	Y	-18.62±9.50	-43.35±9.43	Y	-13.80±6.55	-41.97±6.67
	Z	-34.59±4.92	-36.4±24.62	Z	-16.37±4.6	-36.14±9.65

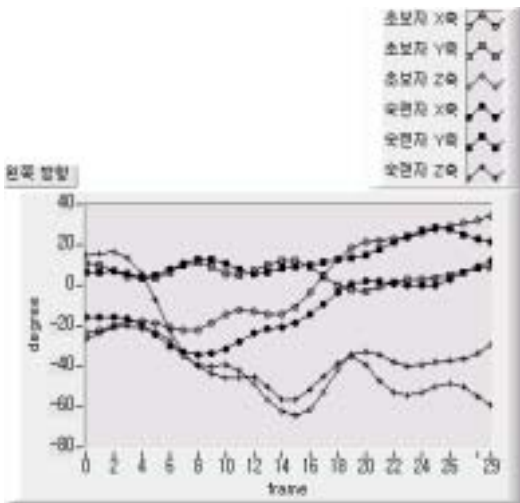


그림 4-1. 몸통하부 왼쪽 방향(초보자 a는 18f, b는 23f, 숙련자 a는 18f, b는 24f ; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

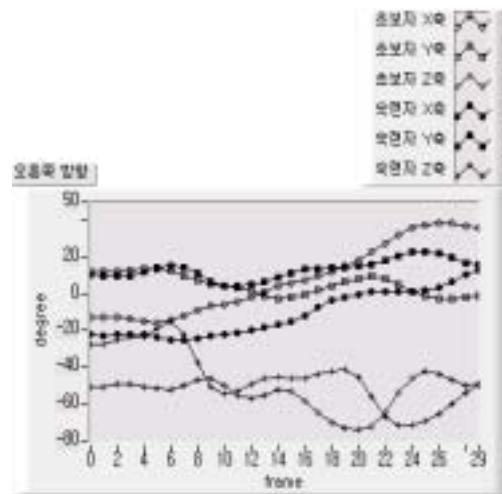


그림 4-2 몸통하부 오른쪽 방향(초보자 a는 18f, b는 23f, 숙련자 a는 17f, b는 23f ; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

허려 과신전(-8.13±4.61°)이 발생하였다. 집단 간 각도의 차이는 미미할 수 있지만 동작형태가 초보자는 앞으로 약간 구부리는 듯 한 형태로, 숙련자는 뒤로 약간 기울인 듯 한 형태로 차이가 나타났다. 이런 차이는 임팩트에서도 나타났는데 초보자에 비해 숙련자가 몸통을 덜 굴곡시키는 것으로 나타났다. x축의 굴곡정도와는 대조적으로 y축에서는 숙련자의 우측굴곡이 디딤발 착지 및 임팩트 시점에서 12~13° 정도 더 크게 나타났다.

오른쪽 방향으로 찰 때 x축에서는 두 시점에서 집단 간 차이가 나타났다. 디딤발이 착지될 때 초보자는 5.7±6.09°로 우측굴곡이, 숙련자는 -10.78±4.24°로 좌측굴곡이 발생하였고, 임팩트 때 초보자는 17.66±8.75°, 숙련자는 5.25±8.04°로 나타나서 숙련자가 몸통을 수직에 가

깝게 더 잘 유지하는 것으로 나타났다. y축에서도 집단 간 뚜렷한 특징을 보였는데 두 시점에서 숙련자가 보다 약 12~16° 우측굴곡이 크게 나타났다. z축에서는 특히 초보자의 오른쪽 방향으로 찰 때 임팩트 때 각도의 편차가 크게 나타나서 상대적인 비교가 어려웠지만 왼쪽방향으로 찰 때 집단 간 각도의 크기는 크지 않았다.

초보자와 숙련자 모두 공을 오른쪽, 왼쪽으로 찰 때 몸통하부의 각도 크기의 차이는 크게 나타나지 않았다. x축과 y축에서 4° 이하의 크기 정도로 미미하였다.

2) 몸통상부

몸통상부의 각도의 변화형태는 x축과 Y축에서 몸통하부의 동작형태와 동일하고, z축도 하부의 형태와 유

표 4. 몸통하부 각도(mean±s)

	초보자(°)		숙련자(°)			
	디딤발 착지	임팩트	디딤발 착지	임팩트		
왼쪽 방향	X	9.13±6.08	22.36±4.23	X	-8.13±4.61	9.07±10.66
	Y	-0.55±6.74	4.40±7.05	Y	11.84±4.95	17.56±4.47
	Z	-54.88±7.36	-55.95±8.82	Z	-49.77±4.83	-55.87±11.89
오른쪽 방향	X	5.7±6.09	17.66±8.75	X	-10.78±4.24	5.25±8.04
	Y	-2.15±7.10	1.83±6.40	Y	10.52±5.16	17.58±6.02
	Z	-31.64±12.5	-24.91±23.03	Z	-44.17±3.26	-45.41±8.12

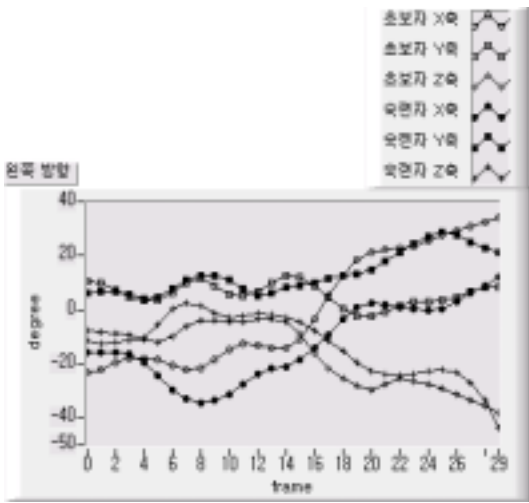


그림 5-1 몸통상부 각도 왼쪽방향(초보자 a는 18f, b는 23f, 숙련자 a는 18f, b는 24f ; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

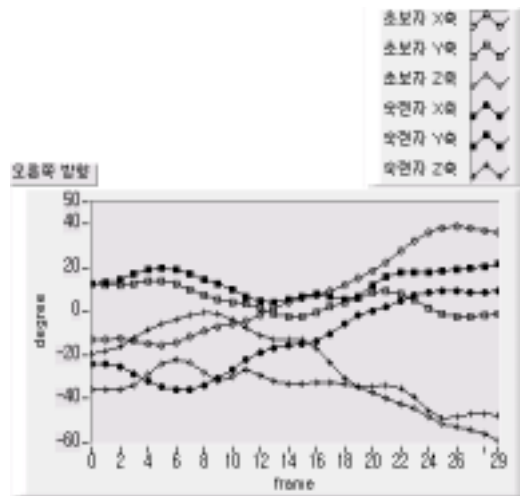


그림 5-2 몸통상부 각도 오른쪽 방향(초보자 a는 18f, b는 23f, 숙련자 a는 17f, b는 23f ; a는 디딤발 착지, b는 임팩트를 의미)

사하게 디딤발이 착지 된 후 임팩트를 지나면서 외측회전이 발생하였다. 각도의 크기를 비교하면 <표 5>와 같다. 왼쪽 방향으로 찰 때 x축과 y축에서 각도의 변화는 하부와 동일하게 발생하였다. z축에서 집단간 각도의 차이는 임팩트 때 초보자가 외측회전이 다소 크게 나타났다. 오른쪽 방향으로 찰 때 z축에서의 차이는 숙련자가 초보자 보다 디딤발이 착지될 때 및 임팩트 때 더 외측회전이 크게 나타나는 경향을 보였다.

왼쪽 및 오른쪽 방향 간 차이를 비교해 보면 초보자는 왼쪽 보다 오른쪽 방향으로 찰 때 디딤발 착지 순간에 약 9°, 임팩트 때에 5° 더 크게 외측회전 하였다. 그러나 숙련자는 초보자 보다 외측회전이 더 크게 나타났는데 특히 임팩트에서 왼쪽 방향으로 찰 때 -16.3 ± 17.08

°, 오른쪽 방향으로 찰 때 $-43.73 \pm 412.79^\circ$ 로 약 30° 정도 차이가 나타났다.

IV. 논의

축구 페널티킥을 할 때 초보자와 숙련자의 동작형태의 차이는 무엇일까? 또한 공은 차는 방향이 달라질 때 동작형태는 어떻게 달라질까? 이런 질문은 키퍼의 숙련성에 따라 변화되는 동작의 특징을 알게 하고, 방향이 달라질 때 나타나는 특징을 비교해서 키퍼에게는 정확한 페널티킥의 동작형태를, 골키퍼에게는 골을 막아낼 수 있는 단서를 제공할 수 있다. Williams(2000)는 페널티킥에서 골키퍼가 지각하는 시각단서에 관한 연구

표 5. 몸통상부 각도(mean±s)

	초보자(°)		숙련자(°)			
	디딤발 착지	임팩트	디딤발 착지	임팩트		
왼쪽 방향	X	9.13±6.08	22.36±4.23	X	-8.13±4.61	9.07±10.66
	Y	-0.55±6.74	4.40±7.05	Y	11.84±4.95	17.56±4.47
	Z	-3.62±5.39	-27.75±9.87	Z	-3.88±20.66	-16.3±17.08
오른쪽 방향	X	5.7±6.09	17.66±8.75	X	-10.78±4.24	5.25±8.04
	Y	-2.15±7.10	1.83±6.40	Y	10.52±5.16	17.58±6.02
	Z	-12.75±5.87	-33.17±6.73	Z	-22.96±10.28	-43.73±12.79

에서 숙련자는 키퍼가 공을 찰 때 지지다리 쪽 보다는 공을 차는 다리를 중심으로 시선이 고정되며 또한 힙과 다리와 발 및 공에서 어깨 쪽으로 상승한다고 하였다. 김선진 등(2005)은 축구 페널티킥에서 골키퍼가 키퍼들의 동작을 안구추적 장치를 사용하여 분석한 결과 디딤발이 착지되는 접근구간에서 초보자는 키퍼다리, 팔, 공에 시선을, 숙련자는 어깨, 몸통, 키퍼다리, 공 오른쪽 영역에 시선을 고정하였다. 임팩트구간에서 초보자는 키퍼다리 및 공 영역, 숙련자는 지지다리, 공 영역에 시선을 고정하는 것으로 분석하였다.

이와 같은 사전연구의 결과에서 볼 수 있듯이 페널티킥에서 골키퍼가 방향을 판단하는 데 이용하는 단서는 시간적 요인과 각도 요인이라고 할 수 있다. 시간적 요인은 디딤발이 착지될 때와 임팩트가 중요하고, 신체 분절의 각도 변화는 지지다리, 키퍼다리, 몸통 및 어깨의 위치가 중요하다. 그러므로 이와 같은 관점에서 본 연구에서는 페널티킥을 연구하는데 중요한 변수가 될 디딤발 착지, 임팩트에서 양쪽 무릎관절 각도, 양쪽 엉덩관절 각도, 몸통하부 및 몸통상부의 각도를 분석하였다.

양쪽 무릎관절 각도의 집단 및 방향 간 차이는 크지 않았다. 초보자와 숙련자 간 가장 큰 차이는 왼쪽 무릎관절에서 임팩트 때 초보자가 9° 정도 더 신전하는 것으로 나타났고, 같은 집단 내에서 방향이 달라질 때 각도의 변화는 초보자가 오른쪽으로 찰 때 왼쪽 무릎관절에서 디딤발이 착지 될 때 약 4°정도 덜 신전되었고, 숙련자가 오른쪽으로 찰 때 왼쪽 보다 6° 정도 덜 신전되는 정도였다. 또한 오른쪽 무릎관절에서도 집단 간 방향 간 가장 큰 차이는 4°이하로 나타났다. 따라서 무릎관절의 각도 변화는 공을 차는 방향이 변화되더라도 지지발이나 차는 발에서 큰 차이가 없었다.

엉덩관절 각도의 변화는 오른쪽 엉덩관절에서 뚜렷이 나타났다. X축과 Y축의 디딤발 착지 및 임팩트에서 각도는 두 집단 모두 차이가 나타났다. 그러나 초보자에 비해 숙련자의 각도 차이가 방향 간 작게 나타났다. 이것은 공을 차는 방향이 달라질 때 오른쪽 엉덩관절의 각도는 분명하게 차이가 생기게 되고 또한 기술이 숙련되면서 각도의 변화는 줄어들어다는 것을 의미하였다. 그리고 방향이 달라질 때 숙련자의 각도의 변화를 구체적

으로 살펴보면 임팩트 때 왼쪽으로 찰 때 12° 더 굴곡하고, 10° 덜 외전하였다. 따라서 왼쪽 방향으로 찰 때와 오른쪽 방향으로 찰 때 임팩트 시점에서 대퇴분절의 굴곡과 외전의 정도는 공의 방향을 예측할 수 있는 중요한 단서가 될 수 있다는 것이다.

몸통 각도의 차이는 몸통을 상부와 하부로 구분하여 분석되었다. 상부는 어깨(흉곽)의 위치에서, 하부는 엉덩이(골반) 위치에서 몸통의 각도변화를 분석하기 위하여 구분되었다. Williams (2000)는 숙련된 골키퍼들은 키퍼가 공을 찰 때 엉덩이가 열리고 닫힌 정도를 단서로 공의 방향을 판단한다고 보고하였다. 엉덩이가 열리고 닫히는 정도는 몸통하부의 내측/외측회전 각도를 분석하여서 알 수 있었다. 본 연구에서 몸통의 내측/외측회전의 각도크기의 차이는 집단 간 차이도 분명하지 않을 뿐 아니라 방향 간 차이도 분명하지 않았다. 그러나 몸통하부 보다는 몸통상부에서는 고려할 만한 차이가 있었는데 숙련자가 방향을 다르게 찰 때 왼쪽 방향 보다는 오른쪽 방향에서 보다 외측회전이 크게 나타난다는 점이다. 본 연구에서는 몸통의 외측회전 각도가 디딤발 착지 및 임팩트에서 모두 차이가 있었는데 특히 임팩트 때는 오른쪽 방향으로 찰 때 왼쪽 보다 약 30° 정도 더 외측회전하였다. 즉 엉덩이 부위가 닫혔을 때 왼쪽 방향, 열렸을 때는 가운데 또는 오른쪽 방향으로 공을 찬다는 연구와 동일한 결과를 보여주었다 (Williams, 2000). 그리고 임비오와 윤재만(2002)의 연구 결과에서 골반 기울기 각이 디딤발 착지 시에 오른 땅볼 15.75±4.78°, 왼 땅볼 8.74±3.11°로 나타나 오른 땅볼이 시계방향으로 더 많이 회전한다는 사실과 일치하였다. 그러나 본 연구에서는 숙련자들의 몸통의 외측회전은 몸통하부 즉 엉덩이 부위 보다는 몸통상부 즉 어깨 쪽에서 차이가 크게 나타났다. 따라서 어깨부위의 회전이 공의 방향을 결정하는 중요한 요인 중에 하나일 것이다.

V. 결론 및 제언

페널티킥을 왼쪽 방향과 오른쪽 방향으로 찰 때 초보자와 숙련자의 기술적인 특성은 차이가 있었다. 숙

련자가 초보자에 비해 왼쪽이나 오른쪽으로 찰 때 관절각도의 차이가 적었다. 즉 기술이 숙련될수록 방향이 달라져도 동작형태의 차이가 적어진다는 경향을 알 수 있었다. 그리고 공을 차는 방향이 달라질 때 키퍼의 각도 변인이 가장 뚜렷하게 차이가 나타나는 관절운동은 오른쪽 엉덩관절의 x축(골곡/신전)과 y축(내/외전), 그리고 몸통상부의 z축(몸통회전)에서 나타났다. 특히 이 관절들의 운동은 디딤발이 착지 될 때 보다는 임팩트에서 뚜렷하였다.

공을 차는 기술이 숙련되고, 방향이 변화될 때 특정 관절의 각도가 변화된다는 것은 운동학적 분석에 의해 밝혀질 수 있다. 그러나 운동학적 차이가 단순히 평균값의 차이 이상으로 통계적으로 유의한 결과가 나타난다고 하더라도 ‘어느 정도의 각도차이를 골키퍼가 감지할 수 있는가’하는 것은 페널티킥 성공에 중요한 요인이 될 수 있을 것 같다. 본 연구에서 방향의 변화가 있을 때 특정 관절의 각도가 작게는 4° 이내의 차이가 있는 것으로 나타나는데 골키퍼들은 이 정도의 차이까지 지각할 수 있는지는 의문이다. 이 문제는 단지 각도의 차이에 대한 지각적 판단 뿐 아니라 운동감각과 관련된 문제이기 때문에 상당히 개인차가 클 수 있다. 그러므로 비록 작은 각도 차이지만, 이것이 골키퍼가 공의 방향을 판단하는데 어떤 영향을 미칠지 알 수 없다. 또한 각도차이에 관한 지각(perception)능력은 해당 관절의 운동면(motion plane)에 따라 달라질 수 있다. 골키퍼와 마주보고 있는 상황에서 키퍼의 정중면(frontal plane)에서 각도의 변화는 골키퍼에게 가장 잘 지각될 수 있겠지만 다른 운동면에서 각도의 변화는 정중면의 차이와는 다른 감각적 판단이 필요할 수 도 있기 때문이다. 따라서 이런 시각정보와 관련된 문제를 해결하기 위해 학제 간 연구는 반드시 필요할 것이라 생각한다. 이런 통합적인 연구가 이루어지면 다양한 공의 방향과 높이에 따른 실험을 통해 골 성공률을 높일 수 있을 뿐 아니라 동작 형태의 특징을 보다 객관화할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

김선진, 이승민, 박승하(2005). 축구 페널티킥에서 골키퍼의 숙련도, 예측 및 사전시각단서의 활용 능력. 한국체육학회지, 44(1), 91-101.

김의환, 이요열, 김성섭, 권문석, 김성호(2003). 축구 오버헤드 킥 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 13(1), 155-171.

오정환, 김승권(1998). 축구 인스텝슛시 신체분절의 최종 발속도에 대한 기여도. 한국체육학회지, 37(1), 203-211.

유재만(2000). 축구 기술의 킥에 관한 운동역학적 분석. 한국운동역학회지, 9(2), 117-128.

임비오, 윤재만(2002). 축구 인사이드 페널티 킥의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 41(4), 541-547.

진영완, 신제민(2005). 두 가지 축구 골킥 동작의 운동역학적 비교 분석. 한국운동역학회지, 15(1), 29-44.

Allard, P., Stokes, Ian A. F. & Bianchi, J.(1995). Three dimensional analysis of human movement. Human Kinetics, Champaign, 166-168.

Anton, H.(2000). Elementary Linear Algebra 8th. John Wiley & sons, inc. New York, NY.

Chao, E. Y. S.(1980). Justification of triaxial goniometer for the measurement of joint rotation. Journal of Biomechanics, 13, 989-1006.

FIFA World Cup: Comparative Statistics. www.fifa.com

Grood, E. S. & Suntay, W. J.(1983). A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motion: application to the knee. Journal of Biomechanical Engineering, 105, 136-144.

Johnson, G.W.(1994). LabVIEW graphical programming. practical applications in instrumentation and control. N.Y. :

MaGraw-Hill. Mcmoris, T. Hauxwell, & Holder, T.(1995). Anticipation of soccer goalkeeper when facing penalty kicks to the right and left of the goal using different kicking techniques. Applied research in coaching and athletes. 32-43.

Nigg, B. M. & Herzog, W.(1994). Biomechanics of the muscular-skeletal system. New York : John Wiley & sons.

Williams, A. M. (2000). Perceptual skill in soccer: Implication for talent identification and

development. Journal of Sports Science, 18, 737-750.

Winter, D. A. (1990). Biomechanics and Motor Control of Human Movement (2nd ed.), NY: John Wiley & Sons, Inc.

투 고 일 : 10월 30일

심 사 일 : 11월 20일

심사완료일 : 12월 07일