한국운동역학회지, 2005, 제15권 1호, pp. 29-44
Korean Journal of Sport Biomechanics
2005, Vol. 15, No. 1, pp. 29-44

두 가지 축구 골킥 동작의 운동역학적 비교 분석

진영완*(동의대학교)·신제민(상명대학교)

ABSTRACT

Biomechanical Comparative Analysis of Two Goal-kick Motion in Soccer

Jin, Young-Wan*(Dongeui University) · Shin, Je-Min(Sangmyung University)

Y. W. JIN, J. M. SHIN. Biomechanical Comparative Analysis of Two Goal-Kick Motion in Soccer. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 1, pp. 29-44, 2005. The purpose of this study is to reveal the effects of two different kicks, the drop kick and the punt kick, into the kicking motion, through the kinetic comparative analysis of the kicking motion, which is conducted when one kicks a soccer goal. To grasp kinetic changing factors, which is performed by individual's each body segment, I connected kicking motions, which were analyzed by a two dimension co-ordination, into the personal computer to concrete the digits of it and smoothed by 10Hz. Using the smoothed data, I found a needed kinematical data by inputting an analytical program into the computer. The result of comparative analysis of two kicking motions can be summarized as below.

1. There was not a big difference between the time of the loading phase and the time of the swing phase, which can affect the exact impact and the angle of balls aviation direction. 2. The two kicks were not affected the timing and the velocity of the kicking leg's segment. 3. In the

* ywjin@deu.ac.kr

goal kick motion, the maximum velocity timing of the kicking leg's lower segment showed the following orders: the thigh(-0.06sec), the lower leg(-0.05sec), the foot(-0.018sec) in the drop kick, and the thigh(-0.06sec), the lower leg(-0.05sec), the foot(-0.015sec) in the punt kick. It showed that whipping motion increases the velocity of the foot at the time of impact. 4. At the time of impact, there was not a significant difference in the supporting leg's knee and ankle. When one does the punt kick, the subject spreads out his hip joint more at the time of impact. 5. When the impact performed, kicking leg's every segment was similar. Because the height of the ball is higher in the punt kick than in the drop kick, the subject has to stretch the knees more when he kicks a ball, so there is a significant affect on the angle and the distance of the ball's flying. 6. When one performs the drop kick, the stride is 0.02m shorter than the punt kick, and the ratio of height of the drop kick is 0.05 smaller than the punt kick. This difference greatly affects the center of the ball, the supporting leg's location, and the location of the center of gravity with the center of the ball at the time of impact. 7. Right before the moment of the impact, the center of gravity was located from the center of the ball, the height of the drop kick was 0.67m ratio of height was 0.37, and the height of the punt kick was 0.65m ratio of height was 0.36. The drop kick was located more to the back 0.21m ratio of height was 0.12, the punt kick was located more to the back 0.28m ratio of height was 0.16. 8. There was not a significant difference in the absolute angle of incidence and the maximum distance, but the absolute velocity of incidence showed a significant difference. This difference is caused from that whether players have the time to perform of not; the drop kick is used when the players have time to perform, and punt kick is used when the players launch a shifting attack. 9. The surface reaction force of the supporting leg had some relation with the approaching angle. Vertical reaction force (Fz) showed some differences in the two movements($p<0.05$). The maximum force of the right and left surface reaction force (Fx) didn't have much differences ($p<0.05$), but it showed the tendency that the maximum force occurs before the peak force of the front and back surface (Fy) occurs.

KEYWORDS: GOAL KICK, DROP KICK, PUNT KICK, KINEMATICS, REACTION FORCES

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성

전 세계 시청자들은 2002년 한·일 월드컵에서 골키퍼들의 눈부신 활약상을 보았다. 골키퍼의 능력에 비례해서 성적이 나온다고 해도 과언이 아닐 만큼 오늘날 축구에서 골키퍼의 능력에 따라 울고 웃고 하는 경우가 허다하다고 볼 수 있다. 골키퍼는 상대팀의 수비 형태가 정비되기 전에 수비 사이의 빈 공간으로 볼을 보내어 팀의 최전방 공격수에게 볼을 정확하고 신속하게 패스하여 역습 공격이 진행되도록 하여야 한다. 골킥은 이러한 이유로 정확성과 더불어 비교적 넓은 범위의 지역이나 멀리 있는 선수를 향해 볼을 보내는 기술로써 되도록이면 멀리 보내는 것을 목적으로 골키퍼들은 골킥 연습을 한다. 골킥은 킥킹의 한 형태이다. 킥킹은 힘을 발에 전달하기 위해 사용하는 치기(striking)동작 형태이며(Wickstrom, 1977)다리를 앞으로 내미는 동작시 고관절의 굴곡(flexion)과 무릎관절의 신전(extension)후에 골반부의 회전이 발생한다는 점에서 뛰기와 걷기동작의 변형된 동작으로 간주 할 수 있다(Cooper, Adrian & Glassow, 1995). 하지만 Wickstrom(1972)은 킥킹동작은 발로 힘을 공에 전달하기 위해 사용되는 치기동작의 유일한 형태라고 정의하였다. Toyoshima(1974)는 인체는 기계학적으로 회전운동이 대부분인데 회전운동만을 할 수 있는 지레로 이루어진다라고하여 가동되는 회전이 많을수록 차례대로 시간이 조절된다면 최종스피드는 높아진다고 하였다. Putnam (1991)은 말초끝분절의 속도를 최대로 내기 위해서는 동작이 기시분절에서 시작하여 말초분절로 진행되어야하는데 이때 말초분절의 운동은 기시분절의 최대속도 순간에 시작되며 이후 기시분절 보다 큰 최대의 속도값을 보인다는 근위분절에서 원위분절로의 효율적인 분절운동원리 순서를 설명한 분절순서의 원리를 연구하여 왔다. Barfield(1995)는 축구에서 주로 사용하는 발과 주로 사용하지 않는 발의 연구에서 포스플랫폼의 연구결과는 지지발의 좌우면의 힘과 전후면의 힘을 연구하였는데 각도를 가지고 접근하는 것은 좌우면의 힘과 상관이 있고 볼속도와도 상당한 상관이 있는 것으로 설명하고 있다. 정광복(1980)은 instep shooting시 동작분석에 관한 연구에서 12개의 표적을 만들어 14m와 11m에서 거리와 위치의 관계를 알아보려고 실시했는데 특별한 차이점을 발견하지 못하였다. 홍기호(1991)는 킥의 거리와 정확성, 볼의 투사각에 가장 큰 영향을 미치는 로딩 구간과 스윙 구간은 럭비선수들간에는 매우 작은 변이를 보이면서 거의 같은 소요시간을 보여 주었는데, 축구선수와의 비교에서는 스윙 구간만이 매우 유의한 차이를 나타냈는데, 이는 축구선수와 럭비선수의 고관절 회전범위가 다르기 때문이라고 설명했다. 진영완(1991)은 잔디와 맨땅에서 인스텝슈팅시 운동역학적 비교분석에서 축구 슈팅에서도 골프, 테니스, 태권도 등에서 볼 수 있는 채찍과 같은 현상이 나타난다고 밝혔다. 이러한 일반적인 기계학적 원리를 바탕으로 보다 용이한 논의를 위하여 임팩트전, 임팩트순간, 활로스로우 구간으로 나누어 킥킹동작을 설명하는 것이 효과적이라는 결론을 내리고 있

다. 골키퍼의 킥 유형에는 플레이스 킥, 드롭킥, 펀트킥, 사이드 발리킥 등이 있는데, 본 연구에서는 주로 골키퍼들이 많이 사용하는 두 가지 킥 즉, 시간적인 여유가 있을 때 손에 잡은 볼을 가볍게 앞으로 던져 차는데 볼이 땅에 떨어져 튀어 오르는 순간에 인스텝킥으로 차는 드롭킥과 기습공격으로 빠르게 공격수에게 연결해야 할 때 손에 잡은 볼을 가볍게 앞으로 던져 올려 그 볼이 땅에 떨어지기 전에 인스텝킥으로 차는 펀트킥 동작을 운동역학적으로 분석하여 밝혀진 과학적인 정보를 일선 현장에서 지도하고 있는 지도자들과 선수들에게 제공하고자 하는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구대상 및 실험방법

본 연구의 대상자는 P 지역 고등학교 2-3학년 골키퍼 8명을 선정하였다. 연구 대상자의 특성은 신장 180.38±3.47cm, 체중74±2.58kg, 경력 7±0.90년 이었다.

인체관절의 위치를 용이하게 알아보기 위해 각 실험 대상자들에게 유니폼을 착용시키고 충분한 워밍업을 실시한 후 3~4m 후방에서 뛰어 들어와 지면반력 측정기(force platform)를 오른발로 밟고 지나가면서 드롭킥과 펀트킥을 촬영을 하였다. 1대의 Photosonic 1PL 고속카메라를 대상자와 수직이 되게 설치하였다. 이때 바닥면과 렌즈 중앙까지의 높이는 1.03m, 카메라와 대상자의 거리는 10m 떨어진 곳에 설치하였다. 카메라 개각도(shutter opening)는 60도 f-stop은 5.6, 촬영속도는 100frames/second로 하였고 필름은 ASA 200인 Kodakcolor High Speed Negative Film 7292를 사용하였다. 또한 2차원 좌표를 구하기 위하여 운동을 수행하기에 앞서 운동 동작이 일어나는 평면에 필름상의 좌표를 실제좌표로 환산할 수 있는 2차원 좌표 측정대를 설치하여 촬영한 후 제거하였다. 이렇게 얻어진 필름을 Model DF-16C Analysis Projector를 통해 인체관절의 위치를 Televideo Personal Computer와 연결되어 있는 TG-8036 Digitizer로 계수화(digitizing)하였다. 1개의 기준점, 19개의 해부학적 경계점이 번호 순서대로 각 프레임마다 계수화되었다. 계수화과정에서 순간적으로 보이지 않는 분절의 근위점(proximal point)과 원위점(distal point)의 위치는 전 프레임(frame)이나 다음 프레임의 동작과 비교하여 추정하였다. 위의 과정을 거친 표본 데이터를 Personal Computer에서 자체 개발된 2차원 좌표를 구했다. 이렇게 얻어진 2차원 좌표를 10Hz의 차단주파수(cut-off frequency)의 Second Order Butterworth Digital Filtering을 사용하여 스므딩(smoothing)하였으며, 스므딩된 데이터로 개발된 프로그램을 통해 운동학적 자료를 얻었다.

지면반력 측정기는 땅을 파서 지면과 수평되게 위치시키고 대상자들은 지면반력 측정기(Bertec, #30201 type 4060A)를 킥킹 순간에 지지발로 밟고 지나가게 하였다.

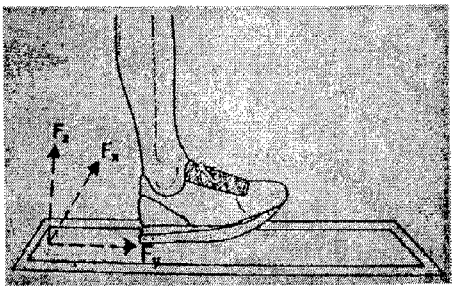

그림 1. 지지발의 지면반력측정

지면반력 측정기로부터 나오는 신호는 증폭기(Bretec mode AM6.3)를 거쳐 아나로그 신호를 디지털신호로 변형(A/D board) 시킨 후 1/500 hz로 데이터를 수집하여 퍼스날 컴퓨터에 기록하였다. 이렇게 얻은 자료는 운동역학적 변인들을 계산하기 위하여 사용되었다.

통계 처리의 영가설(null hypotheses)은 드롭킥과 펀트킥에서 "모든 변인들의 평균치는 차이가 없다"고 가정하였으며, SPSSWIN 10.0 통계 package를 사용하여 t-test로 검정하였다.

동작 구간의 설정은 다음과 같이 하였다.

1) 스텝 구간(step phase)은 차는 다리의 마지막 스텝을 밟고 난 후부터 차는 다리가 지면에서 떨어지기 직전까지, 2) 로딩 구간(loading phase)은 차는 다리가 지면에서 떨어진 직후부터 차는 다리의 무릎관절이 최소각을 이루기 직전까지, 3) 스윙 구간(swing phase)은 차는 다리의 무릎관절의 최소각시부터 임팩트순간까지, 4) 임팩트 구간(impact phase)은 임팩트 순간이며, 5) 팔로우스루 구간(follow-through phase)은 임팩트 순간 이후로 정의 하였다.

본 연구에서는 1구간을 스텝 구간으로, 2구간은 로딩 구간으로, 3구간은 스윙 구간과 임팩트구간으로 나누었다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 동작 구간별 수행 시간

모든 매개변수는 t-test에 의해서 분석되었으며, 가설은 기각 기준치 0.05 수준에서 처리되었다. 0.05 수준의 자유도(df) 7에서 양방검증의 t 값은 ±2.365이었다. <표 1>은 두 킥의 소요시간으로서 1구간 드롭킥은 0.167sec, 펀트킥은 0.162sec, 2구간 드롭킥은 0.148sec, 펀트킥은 0.151sec, 3구간 드롭킥은 0.068sec, 펀트킥은 0.068sec였으며, 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. 진영완(1991)은 잔디와 맨땅에서 인스텝 슈팅시 소요된 시간은 1구간(0.160sec, 0.158sec), 2구간(0.146sec, 0.144sec), 3구간(0.066sec, 0.066sec), 김호곤(1991)의 잔디와 맨땅에서 장거리킥 소요시간, 1구간(0.165sec, 0.150sec), 2

표 1. 동작 구간별 소요시간

변인	드롭킥		펀트킥	
	Mean(sec)	SD	Mean(sec)	SD
1구간	0.167	0.009	0.162	0.012
2구간	0.148	0.013	0.151	0.018
3구간	0.068	0.003	0.068	0.007

*$p<0.05$, df=7, t=2.365

구간(0.145sec, 0.143sec), 3구간(0.088sec, 0.088sec), 모두 각 구간별로는 유사한 형태로 나타났다.

특히 정확성을 요하는 임팩트와 공이 날아가는 거리와 각도에 영향을 미치는 로딩 구간과 스윙 구간은 두 킥에서 매우 작은 변이를 보이면서 거의 같은 소요시간을 보여주고 있다. 또한 세 구간의 동작을 전체 소요시간으로 나누었을 때 드롭킥은 스텝 구간이 43%, 로딩구간이 39%, 스윙구간이 18%의 비율로 시간이 소요되었으며, 펀트킥은 42%, 40%, 18%의 비율로 나타났고, 홍기호(1991)는 축구 플레이스킥 차기동작의 분석에서 인스텝 킥을 실시한 축구선수는 39%, 38%, 23%의 비율로 나타났다고 하였다.

2. 임팩트시 차는 다리의 발, 하퇴, 대퇴 분절의 속도

<표 2>는 임팩트시 차는 다리의 각 분절의 속도 비교인데 하퇴, 대퇴 분절의 속도는 모두 유의한 차이를 보이지 않고 있으나, 발의 절대속도에서는 유의한 차이(드롭킥 15.56±1.72m/sec, 펀트킥 16.93±1.71m/sec)가 나타났다. Barfield(1995)는 축구에서 잘 사용하는 발과 잘 사용하지 않는 발의

표 2. 임팩트시 차는 다리의 발, 하퇴, 대퇴분절의 속도

변인		드롭킥		펀트킥	
		Mean(m/sec)	SD	Mean(m/sec)	SD
발	수평	15.52	1.94	15.92	1.42
	수직	-1.24	1.18	-0.28	1.21
	절대	15.56	1.72	16.93	1.71*
하퇴	수평	7.58	1.72	7.78	1.93
	수직	-0.94	0.85	-1.12	0.89
	절대	7.64	1.40	7.86	1.24
대퇴	수평	3.51	0.58	3.70	0.77
	수직	-1.02	0.41	0.35	0.89
	절대	3.66	0.57	3.72	0.92

*$p<0.05$, df=7, t=2.365

연구에서 19.17±2.20m/sec와 18.12±2.17m/sec로 나타났고, 진영완(1991)은 잔디와 맨땅에서 인스텝 슈팅을 할 때 각각 16.87±1.79m/sec와 16.61±0.98m/sec로 나타났으며, 홍기호(1991)는 축구 플레이스킥 차기동작의 분석에서 축구 선수의 발끝 속도는 17.32±0.01m/sec로 나타났다.

본 연구에서는 펀트킥이 드롭킥보다 빠른 역습을 시도할 때 사용하기 때문에 그만큼 발끝의 속도를 빠르게 움직였다고 볼 수 있다.

3. 최대속도시 차는 다리의 발, 하퇴, 대퇴분절의 속도 및 타이밍

<그림 2>와 <표 3>은 최대 속도시 차는 다리의 발, 하퇴, 대퇴 분절의 속도 및 타이밍을 나타낸 것인데, 타이밍은 각 분절들이 최대 속도를 나타내는 시간을 임팩트 순간을 기준으로 나타낸 것으로 음(-)의 부호는 임팩트 전에 최대 속도가 발생된 것을 의미한다.

즉 -0.018의 값은 임팩트 순간 0.018전에 최대속도가 발생되었다는 것이다. 각 분절들의 최대 속도시 타이밍을 살펴보면 두 킥 요인에서 비슷하게 대퇴, 하퇴, 발 분절 순으로 최대 속도가 발생되고 있음을 알 수 있다. 각 분절들의 속도는 수평방향의 속도에 많이 의존하고 있음을 알 수 있고 이는 킥의 거리와 밀접한 관계가 있다고 생각된다. 이것은 임팩트 순간 끝 분절인 발의 속도를 최대로 증가 시키기 위해 대퇴, 하퇴 분절 순으로 최대속도 후 감속시키는 채찍동작(whipping motion)의 형태를 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 3. 최대 속도시 차는 다리의 발, 하퇴, 대퇴 분절의 속도 및 타이밍

변인		드롭킥		펀트킥	
		Mean(m/sec)	SD	Mean(m/sec)	SD
발	수평	16.11	1.42	16.31	0.92
	수직	-2.90	2.93	-2.95	1.90
	절대	16.37	0.99	16.58	1.17
	타이밍	-0.018		-0.015	
하퇴	수평	9.18	0.59	9.37	0.87
	수직	-1.07	0.41	-1.13	0.72
	절대	9.24	0.38	9.44	0.70
	타이밍	-0.05		-0.05	
대퇴	수평	6.51	0.49	6.68	0.40
	수직	0.35	0.45	0.48	0.32
	절대	6.52	0.73	6.70	0.48
	타이밍	-0.06		-0.06	

*$p<0.05$, df=7, t=2.365

음(-) 표시는 임팩트 순간보다 앞을 나타냄

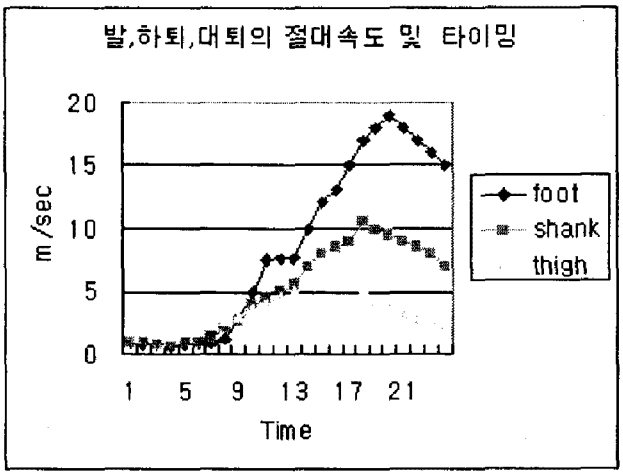

그림 2. 차는 다리의 발, 하퇴, 대퇴 질량중심점의 절대속도 및 타이밍

4. 임팩트시 지지발과 차는발의 고관절, 무릎, 발목의 각도

<표 4>는 임팩트시 지지다리의 고관절, 무릎, 발목 각도의 비교인데 드롭킥과 펀트킥에서의 무릎(143°, 143°), 발목(98°, 105°)과 고관절(155°, 158°)의 각도는 유의한 차이를 보이지 않았다. 관절각도의 변화에 따른 각속도, 각가속도와 관련하여 Putnam(1993)은 분절운동의 연속성을 기술하는 여러 가지 방법 중 관절 각속도 데이터는 기시분절에서 말초분절로 연속성을 명확히 설명 하였고, 더군다나 이러한 데이터는 운동을 일련의 관절회전으로 생각하기 때문에 움직임을 시각화하기가 용이하다고 하여 분절운동을 설명하는데 좋은 방법이라고 하였다.

또한 킥킹 동작에서 관찰되는 동작의 연속성에 관한 여러 가지 면은 대퇴의 최대 각속도, 시간, 무릎신전 시작 시간, 킥킹 후반부의 대퇴 각속도 감소 등을 들어 최대 각속도의 시작 시간으로 동작의 연속성을 알 수 있다고 하였다. 고관절에서는 펀트킥의 임팩트 순간 공의 날아가는 각도를 향상시키기 위해서 지지발의 뒷꿈치를 들어올리고 상체를 더 편 것으로 분석된다.

표 4. 임팩트시 지지다리의 고관절, 무릎, 발목의 각도

변인	드롭킥		펀트킥	
	Mean	SD	Mean	SD
고관절	155	7.62	158	8.56
무릎	143	8.34	143	9.45
발목	98	6.59	105	7.32

*$p<0.05$, df=7, t=2.365

표 5. 임팩트시 차는 다리의 고관절, 무릎, 발목의 각도

변인	드롭킥		펀트킥	
	Mean	SD	Mean	SD
고관절	147	3.18	148	3.71
무릎	138	10.24	140	15.24
발목	142	7.25	143	9.43

*$p<0.05$, df=7, t=2.365

<표 5>에서 차는 다리의 고관절, 무릎, 발목의 각도는 두 킥 모두 비슷하게 나타났으나, 드롭킥은 공이 지면에서 튀어 오르는 순간 차기 때문에 임팩트시 신체의 균형을 유지하기 위해서 자세를 앞으로 구부린 것으로 분석된다. 그리고 안정적인 자세에서 스윙 구간 초기에 고관절을 굴곡시키므로써 보다 효율적으로 하지 분절에 전이시킬 수 있다. 두 동작에서 전체적인 패턴은 비슷하나 임팩트 순간에는 <표 5>에서와 같은 차이를 보여주고 있다. 김호곤(1991)은 장거리 킥시 맨땅에서 차는 다리의 고관절 153.8°, 무릎 126.8°, 발목 127.3°로 발표하였으나, 본 논문과는 상당한 차이를 보여주고 있다.

5. 차는 발과 지지발 사이의 거리(보폭)

<표 6>에서 보폭(신장의 비율로 드롭킥 0.95, 펀트킥 1.00)은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 진영완(1991)은 보폭이 임팩트 직전 공의 중심점에서 지지발까지의 수평 직선 거리와 신체의 무게중심점과 공의 중심점과의 거리<표 7>에 영향을 미친다고 하였다. Ben-sira(1980)는 선수와 비선수의 연구에서 신장의 비율로 0.990과 0.912로 나타났다고 설명하고 있다. 선수들은 강한 킥을 하거나 슈팅을 할 때는 자신의 키와 비슷한 거리만큼 보폭을 딛는 것으로 분석된다.

6. 임팩트 직전 신체의 무게중심점과 공중심점과의 거리

<표 7>에 나타난 임팩트 직전 신체의 무게중심점과 공의 무게중심점과의 거리는 수평방향으로 유

표 6. 차는 발과 지지발 사이의 거리(보폭)

변인	Mean	SD
드롭킥	1.78m(0.95)	0.07
펀트킥	1.80m(1.00)	0.09

*$p<0.05$, df=7, t=2.365
( )안은 보폭을 대상자의 평균신장으로 나눈 비율

표 7. 임팩트 직전 신체의 무게중심점과 공중심점과의 거리

변인	드롭킥		펀트킥	
	Mean	SD	Mean	SD
수평	0.21m(0.12)	0.031	0.28m(0.16)	0.045
수직	0.67m(0.37)	0.022	0.65m(0.36)	0.078

*$p<0.05$, df=7, t=2.365
( )안은 거리를 대상자의 평균신장으로 나눈 비율

의한 차이점이 나타났다. 드롭킥에서는 공의 중심보다 신체의 무게중심이 뒤쪽에 위치해 있고 펀트킥보다는 0.07m 앞쪽에 위치하고 있다. 이것은 드롭킥의 임팩트 순간 신체가 앞으로 중심이동을 더 많이 한 것을 알 수 있다. Lee(1983)은 피로한 상태의 선수와 피로하지 않은 상태의 선수 연구에서 피로한 상태의 선수 신체의 무게중심점이 피로하지 않은 선수의 신체무게 중심점보다 0.06m 더 뒤쪽에 위치하고 있다고 보고 있다. 공의 중심으로부터 신체의 무게중심점이 멀어지면 자세가 불안한 상태에서 킥을 하기 때문에 공의 속도, 거리, 비행방향 등에 많은 영향을 미치는 것으로 분석된다.

7. 공의 투사절대각도, 투사절대속도 및 공의 최대거리

<표 8>에서 보는 바와 같이 공의 투사절대각도 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 평균의 비교에서는 드롭킥 17.02±4.85°, 펀트킥 16.54±5.29°로 나타났다. 여기서 알 수 있는 것은 드롭킥은 그라운드 지면 상태가 좋을 때 멀리 보내기 위해서 주로 사용하는 킥킹이고, 펀트킥은 골키퍼가 공을 잡았을 때 순간적으로 역습을 시도할 때 주로 사용하는 킥킹으로 투사절대각도가 차이가 나는 것으로 생각된다.

Kermond와 Konz(1987)는 우수한 풋볼 선수를 대상으로 펀트킥 중에서 하이 킥(high kick)연구에서 비행각도는 56.7±12.6°로 나타났다. Phillips(1985)는 풋볼 플레이스 킥(place kick) 연구에서 우수선수들의 투사각도는 36.2±2.85°로 나타났으며, 클럽 선수들의 축구 킥에서는 투사각도가 25.3±6.73°

표 8. 공의 투사절대각도, 투사절대속도 및 공의 최대거리

변인	드롭킥	펀트킥
공의 투사절대각도(°)	17.02±4.85	16.54±5.29
공의 투사절대속도(m/sec)	23.89±1.95	25.24±1.29*
공의 최대거리(m)	65±7.72	66±3.27

*$p<0.05$, df=7, t=2.365

로 나타났다고 발표하였고, 진영완(1991)은 잔디와 맨땅에서 인스텝 슈팅을 할 때 각각 8.3±3.1°, 3.7±0.8°로 나타났다고 발표하고 있다. 위의 연구 결과들을 비교해 볼 때 킥킹의 종류와 형태에 따라 임팩트 후 공의 투사각도가 다른 것을 알 수 있다. <표 8>에서 공의 투사절대속도 비교에서는 드롭킥 23.89±1.95m/sec, 펀트킥 25.24±1.29m/sec로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p<0.05$). 이것은 "두 가지 킥킹에서 투사절대속도가 같다"고 가정한 영가설에 기각된다. 즉, 두 가지 킥킹에서 투사절대속도는 차이가 있다고 판단된다. 이것은 대체적으로 골키퍼들이 공을 잡았을 때 빠른 속공을 위해서 주로 사용하는 펀트킥과 그라운드 상태가 좋고 시간적 여유가 있을 때 주로 사용하는 드롭킥의 특성으로 생각된다.

또한 <표 2>에서 보는 바와 같이 발끝의 속도 또한 펀트킥(16.93±1.71m/sec)이 드롭킥(15.56±1.72m/sec)보다 속도가 큰 것으로 보아 효과적으로 힘을 공에 전달하는 것으로 보인다. Asami와 Nolte(1983)는 직업 풋볼 선수와 아마츄어 선수들을 대상으로 강한 플레이스킥을 하게 하여 평균으로 나타내고 있는데 최고 34.0m/sec, 최저 21.5m/sec, 평균 29.9±2.9m/sec 로 나타났다. 여기서 강한 킥을 하기 위해서는 임팩트시 발의 속도뿐만 아니라 킥킹 다리의 조인트 고정(joint fixation)에 의해 크게 영향을 받는다고 설명하고 있다. Kermond와 Konz(1978)는 풋볼의 펀트킥에서 공의 평균직선속도는 25.8±2.2m/sec로 나타났다고 설명하고 있다. Phillips(1985)는 풋볼의 플레이스킥에서 숙련자와 클럽 선수들을 비교하였는데 숙련자의 수평속도는 23.8± 0.84m/sec, 수직속도 17.4± 1.30m/sec, 절대속도 29.5± 0.48m/sec로 나타났고, 클럽 선수들의 평균 수평속도 27.7±4.36m/sec, 수직속도 13.0± 1.77m/sec, 절대속도 30.7±3.13m/sec 로 나타났다. 진영완(1991)은 잔디와 맨땅에서 축구 인스텝 슈팅을 할 때 공의 투사절대속도는 각각 30.2±1.7m/sec, 29.4±0.8m/sec 로 나타났다고 밝혔다. 본 연구에서 고등학교 2-3학년 골키퍼를 대상으로 하여 실시한 결과 다른 연구자들의 공 투사속도와 약간의 차이가 있는 것으로 판단된다. <표 8>에서 보는 바와 같이 두 가지 킥킹에서 공의 최대거리는 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 평균의 비교(드롭킥:65±7.72m, 펀트킥:66±3.27m)에서도 두 가지 킥킹에서 많은 차이가 나타나지 않았다. 이것은 두 가지 킥킹의 특성 즉, 펀트킥은 콘트롤 우선보다는 빠른 속공을 할 때 주로 사용하고, 드롭킥은 그라운드 상태가 좋고 시간적 여유가 있을 때 사용하는 킥이므로 두 가지 킥킹 모두 최대 거리면에서는 비슷하게 나타나는 것으로 파악되었다. 연구 결과 대체적으로 골키퍼들은 습관적으로 사용하는 킥을 실시하는 것으로 조사되었다.

8. 지지발의 지면반력 분석

<그림 3, 4>는 두가지 골킥 동작에서 세가지 힘의 구성요소(Fx medio/lateral, Fy anterior/posterior, Fz vertical)를 나타낸 것이다. 두 가지 골킥 동작 모두 수직력면(Fz)에서는 최초 2개의 피크(peak)값이 나타나고, 그 다음으로 어느 정도의 값을 유지한 다음에 서서히 줄어드는 형태를 보여주고 있다. 전후(Fy)면 힘과 좌우(Fx)면 힘에서는 두 가지 골킥 동작 모두 좌우면으로 첫번째 피크가

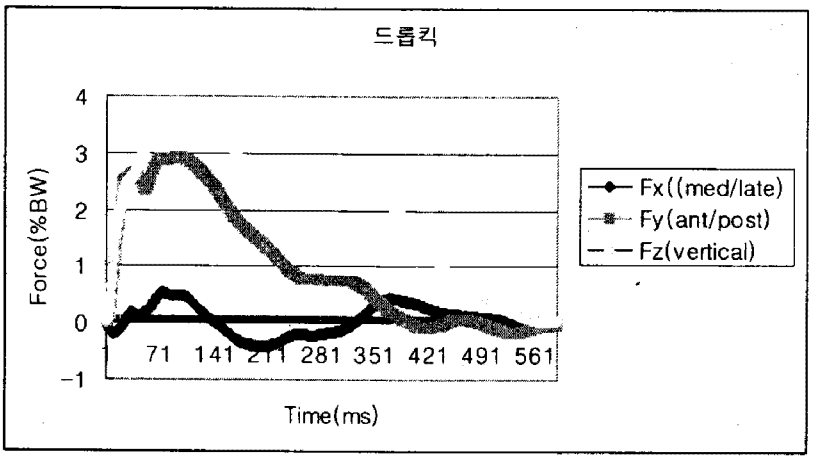

그림 3. 드롭킥시 지지발의 지면반력

나타난 뒤에 전후면으로 피크가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이것은 킥을 하기 위해서 들어오는 접근 방향각과 관계가 있는 것으로 보인다. Fz(수직력면)는 <표 9>에서 보는 바와 같이 두 동작에서 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$).

펀트킥은 골키퍼가 순간적으로 역습을 시도할 때 주로 사용하는 킥의 형태이고, 드롭킥은 시간적 여유가 있고 그라운드 상태가 좋을 때 사용하는 킥의 형태로서 최대 Fz 지면반력이 차이가 나타나는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 Kermond와 Konz(1978)가 풋볼(football)의 펀트킥(punt kick) 연구에서 Fz는 1329N(체중의 비율;1.57)으로 나타난 결과와는 반대의 결과가 나타났다. 즉 여기서 이들은 공의 거리와 지면반력과는 반대의 관계가 있다고 설명하고 있다. 즉 공에 최대의 힘을 전달하기 위해서는 지지다리가 지면을 미는 힘의 양을 적게 해야 한다는 것이다. 이것은 지지다리가 지면을 힘 있게 구르는 것보다는 가볍게 밟아야 한다는 것이다. 본 연구의 결과는 킥킹에서 공의 거리와 관계가 있는 공의 투사절대속도 <표 8>과 관계를 살펴보면 Kermond와 Konz(1978)의 펀트킥 연구와는 반대의 결과를 보여주고 있다. 즉 본 연구의 펀트킥은 공의 투사절대속도가 25.24±1.29m/sec이고 Fz의 지면반력이 1491±358N(체중비:3.007)이고 드롭킥의 공의 투사절대속도는 23.89±1.95m/sec, Fz의 지면반력은 1273±312N(체중비:2.518)로 나타났다. 축구에서 킥킹을 강하게 하는 것은 임팩트 순간 지면을 힘 있게 밟으면서 킥킹하는 것으로 나타났다. Isokawa와 Lees(1988)는 인스텝 킥킹의 연구에서 접근 방향각도에 따라 지면반력을 연구하였는데 Fz 값은 접근 각도가 30°일 때 1410N, 45°일 때 1432N, 90°일 때 1454N 으로 나타났다. Fy의 값은 접근각도가 30°일 때 328N, 45°일 때 433N, 90°일 때 583N으로 나타났다.

본 연구에서는 약 45°의 각도로 대부분이 접근하였기 때문에 최대의 지면반력을 낸 것으로 판단된다. <표 9>에서 보면 좌우면(medio/lateral)의 최고의 힘은 두 가지 동작 비교에 있어서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나, <그림 3, 4>에서 보는 바와 같이 두 가지 동작 모두 좌우면 힘의 피크(medio/lateral peak force)는 전후면 힘의 피크(anterior/posterior peak force)보다 앞서 일어나

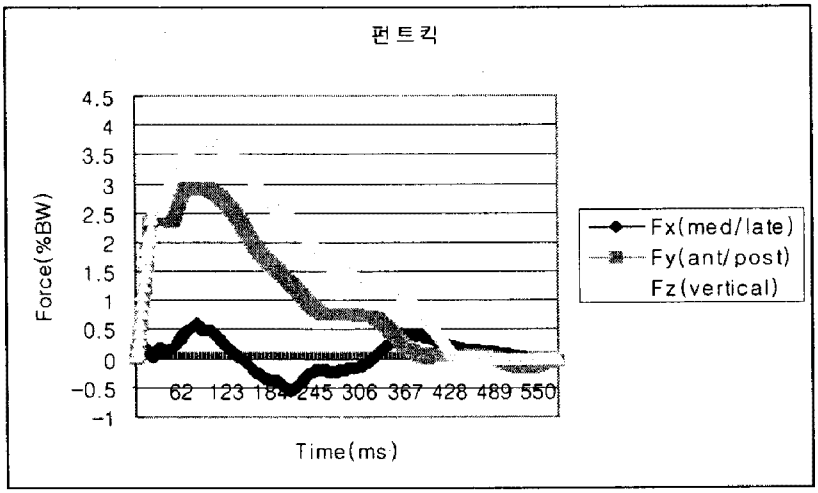

그림 4. 펀트킥시 지지발의 지면반력

는 형태를 보여주고 있다. Barfield(1995)는 주로 사용하는 발과 주로 사용하지 않는 발의 축구 인스텝 킥 연구에서 좌우면의 힘은 몸무게의 1.07배와 1.00배로 나타났다고 발표하였고, 그는 각도를 가지고 접근하는 것은 좌우면의 힘과 상관이 있고, 볼 속도와도 상관이 있는 것으로 설명하였다.

지지발의 접촉시간의 연구에서는 <표 9>에서 보는 바와 같이 드롭킥(0.294±0.052sec)과 펀트킥(0.325±0.061sec)의 두 동작에서 유의한 차이를 발견하지 못하였다. Kermond & Konz(1978)는 풋볼의 펀트킥 연구에서 지지발과 지면과의 적당한 접촉시간은 요구된 킥의 종류(distance kick 0.51 low kick 0.41 high kick 0.37)에 따라서 다양할 수 있다고 밝히고 있다. 이러한 평균 시간들은 기대한 공의 거리와는 유의한 차이가 없었으나, 투사각도와는 상관이 있는 것으로 나타났다고 밝히고 있다.

표 9. 두 가지 골킥 동작에서 지면반력과 관계된 변인들

변인	단위	드롭킥	펀트킥
Fz의 최대값	[N]	1273±312	1491±358*
	[%BW]	(2.518)	(3.007)
Fy의 최대값	[N]	286±58	294±69
	[%BW]	(0.578)	(0.594)
임팩트 순간 Fz의 값	[N]	1135±85	1012±135
	[%BW]	(2.298)	(2.055)
첫 번째 peak와 두 번째 peak 사이 시간	[sec]	0.0168±.005	0.025±.006
지지발의 접촉시간	[sec]	0.294±.052	0.325±.061

*p<0.05, df=7, t=2.365
( )안은 힘을 체중으로 나눈 비율

두 가지 킥킹의 본 연구의 접촉시간은 킥킹 후 다음 동작으로 빠르게 이루어 져야 하기 때문에 풋볼의 펀트킥과는 차이가 있는 것으로 생각된다. Macmillan(1975)도 풋볼의 펀트킥 지지발의 알맞은 접촉시간의 연구에서, 보통 킥커는 필드(field)에서 다른 선수들과 달리기 위해서 펀트킥을 하는데, 아마도 지지발이 지면으로부터 빠르게 떨어지면 떨어질수록 그의 달리기는 빠르게 시작된다고 밝히고 있다. <그림 3, 4>에서 보는 바와 같이 지면반력의 피크(peak) 곡선은 최초 2개가 나타나는데 이는 지지발의 뒤쪽이 먼저 닿고 나서 앞쪽이 닿는 형태를 보여주는 그림이다. 두 번째 피크는 <표 9>에서 보는 바와 같이 두 동작에서 약간의 시간 차이가 나타나고 있으나 유의한 차이를 나타내지는 않고 있다. 대상자에 따라서 두 번째 피크가 첫 번째 피크보다 오히려 크게 나타나는 경우도 있었고, 두 번째 피크가 나타나지 않는 대상자도 있었다.

V. 결 론

축구 골킥 동작의 운동역학적 비교 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

정확한 임팩트와 공이 날아가는 각도에 영향을 미치는 로딩 구간과 스윙 구간의 시간은 두 킥에서 대상자들 간에 매우 작은 차이를 보이면서 거의 같은 소요시간을 보여주었다. 두 킥 요인은 차는 다리 분절들의 속도와 타이밍에 영향을 미치지 않은 것을 알 수 있다. 골킥 동작에서 차는 다리 하지분절들의 최대 속도 타이밍은 드롭킥에서 대퇴(-0.06sec), 하퇴(-0.05sec), 발(-0.018sec), 펀트킥에서 대퇴(-0.06sec), 하퇴(-0.05sec), 발(-0.015sec)의 순서로 나타나 임팩트 순간 발의 속도를 최대로 증가시키기 위한 채찍동작(whipping motion)의 형태를 보여 주었다. 임팩트시 지지다리의 무릎과 발목은 유의한 차이를 보이지 않았다. 펀트킥은 임팩트시 고관절을 더 펴서 킥 동작을 수행한 것으로 나타났다. 임팩트시 차는 다리의 각 분절들은 비슷하게 나타났으며, 공의 높이가 드롭킥보다 펀트킥이 더 높은 곳에서 이루어지므로 무릎을 더 펴서 킥을 하기 때문에 비행각도와 거리에 영향을 미치는 것으로 보인다. 두 킥에서 보폭은 드롭킥이 펀트킥보다 0.02m 신장의 비율로는 0.05 적은 것으로 나타났다. 이것은 임팩트 순간 공의 중심과 지지발의 위치, 공의 중심과 신체무게중심의 위치 등에 큰 영향을 미치는 것으로 보여진다. 임팩트 직전 신체의 무게중심점은 공의 중심으로부터 드롭킥의 높이는 0.67m 신장의 비율로는 0.37 였으며, 펀트킥의 높이는 0.65m 신장의 비율로는 0.36 였으며, 드롭킥은 0.21m 신장의 비율로는 0.12 뒤쪽에 위치하고 있고 펀트킥은 0.28m 신장의 비율로는 0.16 뒤쪽에 위치하고 있었다. 공의 투사절대각도와 최대거리는 유의한 차이는 없었으나, 공의 투사 절대속도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 드롭킥은 시간적 여유가 있을 때, 펀트킥은 빠른 속공을 할 때 사용하기 때문에 차이가 난다. 지지발의 지면반력에서는 접근각도와 관계가 있는 것으로 나타났다. 수직력면(Fz)의 값은 두 가지 동작에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$). 좌우면

반력(Fx)의 최고의 힘은 두 가지 동작에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며($p<0.05$), 전후면의 힘(Fy) 피크보다 앞서 일어나는 형태를 보여주고 있다. 위의 결론에서와 같이 골킥 동작은 비행각도와 거리에 영향을 미치는 임팩트 순간에 각 관절의 동작이 자연스럽게 행해지고 있으며, 처음 배우는 초보자들에게 골킥 동작을 가르치는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

참고문헌

김호곤(1991). 축구 장거리 킥킹 동작 운동학적 비교분석 -잔디와 맨땅에서의 킥킹 동작 유형비교-. 석사학위 논문, 연세대학교 대학원.

정광복(1980). 축구 경기에 있어서 Instep shoot 동작 분석에 관한 연구-디딤발의위치와 차는 발의 몸자세를 중심으로-. 석사학위 논문, 동아대학교 대학원.

진영완(1991). 잔디와 맨땅에서 축구 인스텝 슈팅시 운동학적 비교분석. 석사학위 논문, 연세대학교 대학원.

홍기호(1991). 럭비 차기동작의 운동학적 분석. 석사 학위 논문, 연세대학교 대학원.

Adrian, M. J., & Cooper, J. M.(1995).Biomechanics of human moment(2nd ed.). Dubuque, IA: Brown & Benchmark

Asami, T. & Nolte, V.(1983). Analysis of powerful ball kicking. *Biomechanics VIII-B.*

Barfield, W. R.(1995) Effects of selected kinematic and kinetics variables on instep kicking with domination and nondomination limbs. *Journal of Human Movement Studies, 29, pp. 151-172.*

Ben-sira, D. A.(1980). comparison of the mechanical characteristics of the instep kick between skilled soccer players and novices. Unpublished doctoral dissertation. University of Minnesota.

Isokawa, M. & Lees, A.(1988). A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. In: T. Reilly, A. Lees, K. Davids and W. J. Murphy(Eds.), *Science and Football(pp.449-455). New York: E. and F. N. Spon.*

Kermond, J. & Konz, S.(1978). Support leg loading in punt kicking. *Research Quarterly, 49(1):pp. 71-79.*

Lee, S. C.(1983). An analysis of the effects of fatigue on the soccer-kicking motion, M.A Thesis. Minnesota.

Macmillan, M. B.(1975). The determintions of the flight of the kicked foot-ball. *Research Quarterly, 46(1):pp. 48-57.*

Phillips, S. J.(1985). Invariance of Elite Kicking Performace. *Biomechanics IX-B.*

Putnam, C. A. (1991, 1993). Sequential motions of body segment in striking and throwing skills: Descriptions and explanations. J. *Biomechanics Vol. 26, suppl.1, pp. 125-135.*

Toyoshima, S., Hoshikawa, T., Miyashita, M., Oguri, T.(1974). Contribution of the body parts to throwing performance. Nelson & C. A. Morehouse(Eds), Biomechanics IV., 169-174. Baltimore:University Park Press

Wickstorm, R. L.(1977). Fundamental Motor Patterns(2nd ed.). Philadelphia: Lee & Febiger.

투 고 일 : 2005. 02. 15
심 사 일 : 2005. 02. 23
심사완료일 : 2005. 03. 04