

남·여 축구선수의 중거리 인스텝 슈팅의 운동학적 분석

김 세 민¹⁾ · 류 재 청²⁾

The Kinematic Analysis of Instep-shooting of Middle Distance of Football Player in Male & Female

Kim, Sei-Min · Ryew, Che-Cheong

ABSTRACT

The aim of the study was to present the scientific & systemic training method in instep-shooting and to analysis Kinematic variables of instep-shooting of middle distance of football player in male & female. The subjects participated in the analysis university football player 6(male 3, female 3). The conclusions obtained from results were as follows:

1. Temporal variables

Female group showed more delayed time in just before and later of impact in instep kicking, for that showed unstable kicking motion and irregular timing, and not balsting kick. than male.

2. C.O.G. displacement

Female group showed unstable kicking by movement in lateral direction(X)and shorter displacement in anterior-posterior direction(Y) of COG than male.

3. Linear velocity

Female group showed lower Y component of velocity of COG than male group and more unstable kicking by lateral movement of COG than male. male group showed stronger kick in view of foot velocity(Y componment) to ball velocity in just before and later of impact but showed more efficient timing in linear momentum transfer from proximal to distal endpoint in lower limbs than male.

4. Angular displacement & velocity

Both group was necessary to transfer more momentum to ball just before of impact by longer radius of gyration and higher linear velocity in flexion & extension of knee & ankle joint angular displacement. Both group showed desirable angular velocity pattern of foot by continuing dorsiflexion from just before and later to follow through for more momentum transfer to ball.

5. Contribution to initial ball velocity of lower limbs.

1) 제주대학교 체육학과 조교

2) 제주대학교 체육학과 교수

Contribution ratio to initial ball velocity of lower limbs was group was 55.45% in female and 62.62% in male group and this result was due to irregular order of flexion & extension of lower limbs and movement of COG laterally.

1. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

오늘날 축구는 전 세계 약 30억 인구가 즐기는 범세계적인 스포츠로서 각광받고 있는 구기종목으로 우리나라의 경우 80년대 프로 축구의 출범이후 월드컵 4회 연속 본선진출과 2002년 월드컵을 유치하게 되면서 전국민적 관심이 고조되고 있다.

한편, 여자축구는 '90년 북경 아시아 경기 대회와 '96년 애틀랜타 올림픽경기에서 정식종목으로 채택되었고 최근에 '99미국여자축구월드컵 등의 개최로 여자축구의 인기는 날로 상승하고 있다. 대한 축구협회에 등록된 여자팀은 초중고와 대학 및 실업팀을 모두 합쳐 32개팀, 등록된 선수는 1999년 현재 581명에 이르고 있으며, 중국과 일본 등 아시아 각국에 비해 10년 이상 더 늦게 여자축구를 도입한 한국은 도약의 단계로 접어들고 있다.

축구는 상대편 골문에 볼을 넣어 승패를 가리는 경기로서 머리와 발, 몸 등이 이용되지만 발에 의한 슈팅이 대부분을 이루어지고 있다.

발에 의한 슈팅은 경기에서 가장 중요한 비중을 차지하므로 그 동작이 강하고 정확하게 이루어져야 하는데 슈팅 동작 기술은 차는 발의 부위에 따라 인사이드 슈팅, 인스텝 슈팅, 아웃사이드 슈팅, 인프런트 슈팅, 아웃프런트 슈팅, 토 슈팅, 힐 슈팅, 등으로 구분된다.(신동성, 1990)

박일진(1984)은 축구 경기 슈팅 득점력의 분석 결과 인스텝슈팅의 경우 2253(52%)회로 과반수 이상이고, 포지션별 슈팅 조사 결과 인스텝 슈팅 수가 1223(28.22%)회로 보고한 결과 인스텝슈팅의 중요성을 강조하고 있다.

축구 키큰동에 대한 대표적인 운동역학적 선행연구로서 Cooper, Adrian & Glassow(1982)는 키큰동의 기본 기전을 분석보고 하였고, 박두균(1989)은 임팩트 순간과 팔로스로우 동작시 고관절의 각도에서, 정확한 키큰을 위해서는 발목 관절의 고정과 신전동작이 필요함을 보고하였고, 윤남식(1984)은 키큰시 에너지 소비면에서 효율성을 연구보고 하였고, 김호곤(1991)은 잔디와 맨땅에서 장거리 키큰의 결과 비행거리를 비교분석, Jenson(1984)은 키큰시 하지의 운동 형태가 채찍과 같은 운동형태로 보고하였고, Plagenhoef(1974)는 키큰하는 대퇴, 하퇴, 및 무릎관절의 기계학적 원리를 적용하여 분석결과를 보고 하였다.

반면 인스텝 슈팅동작을 운동학적 분석한 대표적인 선행연구는 Burden(1955)의 축구 인스텝 키큰시 볼과 지지 발 및 신체중심의 위치에 대한 분석, 정광복(1980)의 인스텝 슈팅시 동작 분석에서 거리와 위치의 관계를 분석, 진영완(1991)의 잔디와 맨땅에서 인스텝 슈팅시 운동학적인 비교분석, 김한환(1996)의 여자 축구선수의 인스텝 슈팅을 움직이는 상황에서 3차원 영상분석으로 운동학적 비교분석 및 김준현(1996)의 장거리 키큰과 인스텝 슈팅의 운동학적 비교분석 등을 들 수 있다.

이처럼 축구 경기에서 인스텝 슈팅의 비율이 가장 빈번하지만 미약하고, 선행연구의 결과는 남자선수의 경우가 대부분으로 체격 및 체력면에서 많은 차이를 보이는 여자 선수를 대상으로 분석한 운동학적 자료는 거의 전무한 상태이다.

따라서 본 연구는 남·여 축구선수들의 인스텝 슈팅 동작을 운동학적 비교분석하여 여자선수들의 키큰동작

의 개선방안으로서 중거리 인스텝 슈팅 동작을 정량적으로 분석하여 훈련 자료로 활용할 수 있는 자료를 제시하는 데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구 대상은 대학교에 재학 중인 축구 선수로서 오른발 슈팅을 구사하는 남자선수 3명과 여자선수 3명으로 구성하였다. 이들의 특성은 <Table-1>과 같다.

<Table-1> Characteristics of subject participated in the experiment

Factor Subj.	height(cm)	weight(kg)	year(yr)	position	career(yr)
Sw1	165	54	20	M.F	5
Sw2	160	54	21	M.F	7
Sw3	160	48	21	F.W	8
M±SD	167±2.89	52.00±3.46	20.67±0.58		6.66
Sm1	175	74	20	M.F	7
Sm2	173	75	20	F.W	8
Sm3	173	69	23	F.W	8
M±SD	173.67±1.15	72.67±3.21	21.00±1.73		7.66

2. 실험절차 및 도구

실험 장소는 축구 경기장으로 골정면에서 정면 20m 지점에 공간좌표 변환을 위한 통제점 틀(포인트 33개의 정육면체, 2m X 2m X 1m)을 피험자의 인스텝 슈팅 동작을 완전히 포함할 수 있도록 설치하였다. 통제점 틀이 모두 비디오카메라(Panasonic Video Cam.) 2대 층안에 들어오도록 피험자 방향에서 우측으로 Cam #1으로부터 10m, Cam #2로부터 12m 위치에 설치하고, 두 카메라간 거리는 11m, 지면으로부터 층의 높이는 각각 1m로 삼각대에 고정시켜 수평을 유지하였다.

카메라 셔터스피드는 1/1000초로 고정하고, 카메라 속도는 60fr./sec로 하여 인스텝 슈팅 동작을 촬영하기 전 카메라를 작동시켜 통제점 틀을 1분 동안 촬영한 다음 통제점 틀을 제거하였다. 피험자들의 슈팅 동작을 촬영하기 전 충분한 준비운동과 사전 실험목적 이해하도록 하였으며, 수치화하는 과정에서 오차의 범위를 줄이기 위해 각 관절(고관절, 무릎관절, 발목관절, 발끝)에 표식점(land mark)을 하였다.

실험에 사용된 볼은 국제 공인규격인 둘레 68-71cm, 무게 396-453g, 공기압력 0.6-1.1b의 낫소(Nassau) 제품을 이용하였다. 매 피험자마다 볼과의 거리는 3보로 제한하여 3-4회씩 슈팅을 하게 하여 골 확률이 가장 높은 골포스트로부터 안쪽으로 1.5m 범위 이내의 장면을 수치화 하였다.

3. 자료처리 및 변인 산출

분석모델은 분절이 21개 관절점에 의해 연결된 14개 분절로 된 강체시스템으로서 디지털라이징 점은 기준 점과 볼을 합쳐 한 프레임에 23개 점을 설정하였다. 비디오 카메라로 촬영된 영상은 KWON3D Version 2.1 디지털라이징 프로그램이 내장된 S-VHS(SANYO GVR-S955)와 14" S - VHS모니터 (Sony PVM - 1351Q)를 이용하여 분석하였다.

디지털라이징 후 얻어진 좌표값을 이용하여 3차원 좌표를 산출하기 위해 공간좌표는 통제점들의 좌표를 이용하여 산출하였다. 통제점으로부터 나온 좌표와 인체관절점의 3차원 좌표를 구하기 위해 DLT방법 (Abdel & Karara.1971)을 이용하였다. 공간좌표 방향설정은 전후방향을 Y축, 좌·우방향을 X축, 상하방향을 Z축으로 설정하였다.

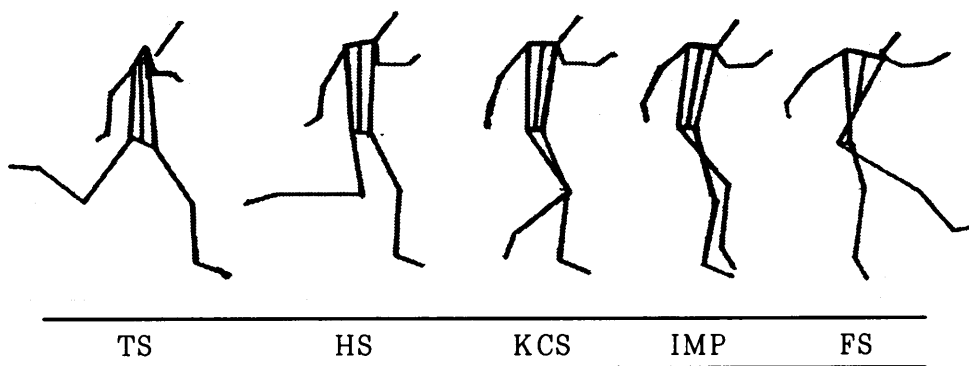
수치화된 좌표는 Kwon3D version 2.1프로그램(Kwon.1994)을 이용하여 3차 스플라인 함수를 이용하여 0.01초 간격으로 보간하여 동조(synchronization) 시켰다. 3차원 좌표에서 고질적으로 발생하는 오차인 인위적인 오차(수치화과정)와 기계적 오차(기계의 움직임)를 줄이기 위해 Butterworth의 2차 저역통과필터 (low pass filter)를 사용하여 6HZ로 스무딩을 하였다.

변인 산출과정에서 신체분절(BSP)의 자료는 Kwon3D(1994)를 활용하였다.

변인의 산출은 톱스윙(TS)부터 필로스윙(FS)시 까지 간격을 동일 프레임수로 나누는 표준화기법(normalization)을 사용하였으며, 산출된 선운동 변인은 각 국면별 소요시간, 분절의 변위 및 속도, 신체중심의 변위 및 속도이며, 볼에 대한 분절의 기여도를 규명하기 위해 속도를 활용하였다. 각운동의 변인으로서는 각변위 및 각속도를 각각 산출하였다.

4. 분석범위

축구 인스텝 킥 동작의 운동학적 분석을 위한 국면은 <Fig.-1>와 같이 5국면으로 구분하였다. 제 I 국면(TS)은 백 스윙하여 발끝이 최고인 위치, 제 II 국면(HS)은 하퇴가 수평에 이른 지점, 제 III 국면(KCS)은 슛 방향의 시상면(Y축)에서 볼 때 다운스윙 국면에서 임팩트 전에 양 무릎이 일치하는 시기, 제 IV 국면(IMP)은 슛하는 오른발이 볼과 접촉하는 순간, 제 V 국면(FLS)은 임팩트 후부터 발끝이 최고정점까지 도달한 시기로 각각 구분하여 분석하였다.



<Fig.-1> Phase of instep shooting

III. 연구결과

1. 소요시간

인스텝 키큰작의 톱스윙에서 휠로스윙까지 국면별에 따른 소요시간은 <Table-2>와 같이 남자의 경우 총 소요시간은 평균 0.267 ± 0.017 초인 반면 여자의 경우 평균 0.289 ± 0.009 초로서 여자의 경우 평균 0.022초가 더 지연된 스윙을 하였다. 이러한 차이는 임팩트 직전 평균 0.006초와 직후 평균 0.011초의 차이로 여자의 지연현상에 기인한 것으로 나타났다. 즉 여자선수의 경우 임팩트직전·후에 지연된 현상으로 키큰의 타이밍과 강력한 키큰이 이루어지지 않았던 것으로 사료된다.

<Table-2> Time elapsed in female & male by phase (unit : sec.)

Phase Subj.	TS-HS (%)	HS-KCS (%)	KCS-IMP (%)	IMP-FLS (%)	TOTAL (%)
Sw1	0.050(16.72)	0.033(11.04)	0.033(11.04)	0.183(61.20)	0.299(100)
Sw2	0.067(23.59)	0.017(5.99)	0.033(11.62)	0.167(58.80)	0.284(100)
Sw3	0.067(23.59)	0.033(11.62)	0.017(5.99)	0.167(58.80)	0.284(100)
M±SD	0.061 ± 0.01 (21.30)	0.028 ± 0.009 (9.55)	0.028 ± 0.009 (9.55)	0.172 ± 0.009 (59.60)	0.289 ± 0.009 (100)
Sm1	0.067(26.69)	0.017(6.77)	0.017(6.77)	0.150(59.77)	0.251(100)
Sm2	0.067(23.59)	0.017(5.99)	0.033(11.62)	0.167(58.80)	0.284(100)
Sm3	0.050(18.73)	0.033(12.36)	0.017(6.37)	0.167(62.54)	0.267(100)
M±SD	0.061 ± 0.01 (23.00)	0.022 ± 0.009 (8.38)	0.022 ± 0.009 (8.25)	0.161 ± 0.01 (60.37)	0.267 ± 0.017 (100)

2. 신체중심 변위

인스텝 키큰작의 톱스윙에서 휠로스윙까지 국면별에 따른 신체중심의 X축(좌우), Y축(전후), Z축(상하)방향에서 변위는 <Table-3> 과 같다.

<Table-3> Mean displacement of COG in X,Y,Z direction in female & male by phase

(unit:m)

Phase Subj.		TS	HS	KCS	IMP	FS
Sw	X	0.47 ± 0.02	0.40 ± 0.01	0.29 ± 0.08	0.35 ± 0.11	0.38 ± 0.41
	Y	0.69 ± 0.06	0.79 ± 0.60	0.88 ± 0.07	0.92 ± 0.09	1.00 ± 0.13
	Z	0.91 ± 0.02	0.86 ± 0.032	0.84 ± 0.04	0.85 ± 0.04	0.92 ± 0.06
Sm	X	0.13 ± 0.07	0.11 ± 0.08	0.16 ± 0.11	0.16 ± 0.11	0.17 ± 0.13
	Y	0.50 ± 0.23	0.70 ± 0.15	0.91 ± 0.25	0.97 ± 0.29	1.35 ± 0.27
	Z	0.97 ± 0.02	0.96 ± 0.03	0.95 ± 0.03	0.99 ± 0.05	1.06 ± 0.04

신체중심의 진행방향(Y)에서 총 변위는 남자의 평균 $1.35 \pm 0.27m$, 여자의 평균 $1.00 \pm 0.13m$ 로서 여자의 경우가 평균 $0.35m$ 중심이동이 더 적은 반면, 좌우이동(X)의 경우 여자 평균 $0.38 \pm 0.41m$, 남자 평균 $0.17 \pm 0.13m$ 로 여자의 경우가 평균 $0.2m$ 더 중심이 안정되지 못한 자세를 유지하였고, 상하(Z)방향에서는 남자 평균 $1.06 \pm 0.04m$, 여자 평균 $0.92 \pm 0.06m$ 로서 남자가 $0.14m$ 더 수직변위를 보였다. 이러한 결과를 종합할 때 진행방향에서 여자의 경우 남자보다 키동작이 더 적었고, 좌우의 움직임으로 인한 불안정된 키동작과, 상하방향에서 각 국면에 걸쳐 하지분절의 굴곡 및 신전에 의한 탄력성 있는 키클을 하지 못한 것으로 사료된다.

3. 속도변인

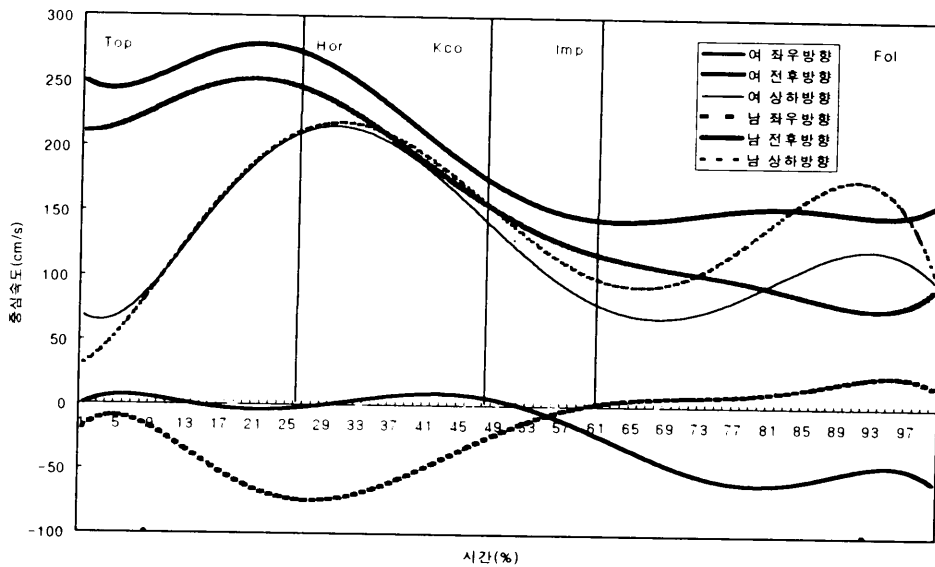
신체중심의 및 하지분절의 속도는 <Table-4> 및 <Fig.-2>와 같다.

신체중심의 진행방향(Y)속도에서 임팩트 직전 남자의 평균 $1.74 \pm 0.18m \cdot s^{-1}$, 여자 평균 $1.48 \pm 0.46m \cdot s^{-1}$ 로서 남자의 경우가 평균 $0.26m \cdot s^{-1}$ 더 중심 이동이 빠른 것으로 나타났으며 임팩트시 남자의 평균 1.47

<Table-4> Mean velocity of COG and lower limbs X,Y,Z direction in female & male by phase
(unit: $m \cdot s^{-1}$)

Subj.		Phase	TS	HS	KCS	IMP	FS
S _w	COG	X	0.04 ± 1.20	-0.07 ± 0.75	0.27 ± 0.18	-0.32 ± 0.18	-0.45 ± 0.57
		Y	2.20 ± 0.05	2.59 ± 0.27	1.48 ± 0.46	1.31 ± 0.42	1.16 ± 0.17
		Z	0.51 ± 0.16	2.16 ± 0.22	1.54 ± 0.14	0.56 ± 0.11	1.06 ± 0.24
S _M	COG	X	-0.61 ± 1.44	-0.69 ± 0.49	-0.02 ± 0.58	0.06 ± 0.64	0.25 ± 0.79
		Y	2.41 ± 0.30	2.75 ± 0.27	1.74 ± 0.18	1.47 ± 0.17	1.52 ± 0.13
		Z	0.47 ± 0.24	2.35 ± 0.17	1.71 ± 0.15	0.77 ± 0.14	1.46 ± 0.16
S _w	foot	X	0.23 ± 3.01	1.83 ± 0.68	0.97 ± 3.05	0.14 ± 3.49	-1.12 ± 0.57
		Y	1.46 ± 0.03	2.77 ± 0.32	4.20 ± 0.13	5.45 ± 1.29	2.92 ± 0.63
		Z	0.92 ± 1.36	1.40 ± 0.23	3.08 ± 0.13	0.71 ± 0.12	1.37 ± 0.19
S _M	foot	X	0.52 ± 0.32	2.00 ± 3.01	-1.04 ± 1.40	-1.67 ± 1.42	-1.11 ± 1.44
		Y	2.26 ± 0.17	3.77 ± 0.80	4.96 ± 0.66	6.76 ± 1.46	3.26 ± 0.27
		Z	0.60 ± 0.24	1.43 ± 0.12	3.03 ± 0.16	0.80 ± 0.13	1.52 ± 0.17
S _w	Shank	X	1.62 ± 0.69	4.08 ± 0.41	2.53 ± 0.17	1.44 ± 0.40	-2.42 ± 0.64
		Y	2.15 ± 0.13	2.68 ± 0.34	4.56 ± 0.34	3.48 ± 0.45	0.26 ± 0.22
		Z	1.09 ± 0.06	3.19 ± 0.06	2.32 ± 0.14	0.88 ± 0.08	1.51 ± 0.15
S _M	Shank	X	1.48 ± 2.30	4.03 ± 2.79	2.38 ± 2.44	0.62 ± 1.82	-1.05 ± 1.26
		Y	2.39 ± 0.14	4.19 ± 0.17	5.85 ± 1.36	4.82 ± 1.24	1.93 ± 1.13
		Z	0.96 ± 0.28	3.39 ± 0.23	2.38 ± 0.07	0.80 ± 0.17	1.63 ± 0.25
S _w	Thigh	X	1.56 ± 0.91	0.55 ± 0.4	-2.31 ± 1.74	-3.46 ± 2.49	-1.60 ± 0.79
		Y	2.58 ± 0.12	3.66 ± 0.11	2.29 ± 0.29	2.02 ± 0.20	2.59 ± 0.33
		Z	1.41 ± 0.37	2.37 ± 0.27	1.24 ± 0.10	0.45 ± 0.36	1.34 ± 0.21
S _M	Thigh	X	2.21 ± 0.50	0.29 ± 0.34	-1.36 ± 0.54	-1.46 ± 0.35	-1.28 ± 0.83
		Y	3.83 ± 0.31	4.71 ± 0.37	3.25 ± 1.11	2.51 ± 1.19	2.70 ± 1.13
		Z	1.27 ± 0.29	2.39 ± 0.18	1.49 ± 0.22	0.59 ± 0.10	2.13 ± 0.88

남·여 축구선수의 중거리 인스텝 슛팅의 운동학적 분석 (김 세 민·류 재 청)



<Fig.-2> COG velocity by phases

$\pm 0.17 \cdot s^{-1}$. 여자의 평균 $1.31 \pm 0.42 \cdot s^{-1}$ 인 경우 조규권(1992)의 연구에서 나타난 임팩트시 $1.63m/s$ 보다 낮은 결과임을 알 수 있다. 이와 같이 임팩트시 진행방향의 속도가 적게 나타난 원인은 도움닫기 거리를 3보로 통제했기 때문이며, 골포스트 1.5m안에 슛을 정확히 하기 위해서 슈팅 전·후 속도가 감소하는 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 반면 좌우(X)방향의 경우 여자 평균 $0.27 \pm 0.18m \cdot s^{-1}$, 남자 평균 $-0.02 \pm 0.58m \cdot s^{-1}$ 로 임팩트 직전 남자보다 여자의 경우가 좌우측으로 안정성이 없는 것으로 나타났다. 즉 볼에 파워를 직접적으로 전달하는 진행방향에서 남자에 비해 더 낮은 속도와 좌우측으로 불안정한 키행동을 한 것으로 사료된다.

하지분절의 경우 진행방향(Y)에서 임팩트 직전 여자 발의 속도는 평균 $4.20 \pm 0.13m \cdot s^{-1}$, 남자 평균 $4.96 \pm 0.66m \cdot s^{-1}$ 로 남자의 경우가 평균 $0.76m \cdot s^{-1}$ 의 더 큰 속도로 키키 이루어 졌고, 대퇴, 및 하퇴의 상대속도가 발에 대한 전이율의 경우 여자 하퇴 평균 $4.56 \pm 0.34m \cdot s^{-1}$, 대퇴 평균 $2.29 \pm 0.29m \cdot s^{-1}$ 양분절의 합이 $6.85 \pm 0.63m \cdot s^{-1}$ 으로 임팩트 직전 발의 진행방향의 속도는 $4.20 \pm 0.13m \cdot s^{-1}$ 로서 약 61%의 전이율을 보였다. 남자의 경우 하퇴 평균 $5.85 \pm 1.36m \cdot s^{-1}$, 대퇴 평균 $3.25 \pm 1.11m \cdot s^{-1}$ 이며 양 분절의 합이 $9.10 \pm 2.47m \cdot s^{-1}$ 로 임팩트 직전 발의 진행방향의 속도는 $4.96 \pm 0.66m \cdot s^{-1}$ 로서 약 54%의 전이율을 보였다.

임팩트 직후 진행방향(Y)의 경우 여자 발의 속도는 평균 $5.45 \pm 1.29m \cdot s^{-1}$, 남자 평균 $6.76 \pm 1.46m \cdot s^{-1}$ 로 남자의 경우가 평균 $1.31m \cdot s^{-1}$ 의 더 큰 속도로 키키 이루어 졌고, 대퇴, 및 하퇴의 상대속도가 발에 대한 전이율의 경우 여자 하퇴 평균 $3.48 \pm 0.45m \cdot s^{-1}$, 대퇴 평균 $2.02 \pm 0.20m \cdot s^{-1}$ 양 분절의 합이 $5.50 \pm 0.65m \cdot s^{-1}$ 으로 임팩트 직후 발의 진행방향의 속도는 $5.45 \pm 1.29m \cdot s^{-1}$ 로서 약 99%의 전이율을 보였다. 남자의 경우 하퇴 평균 $4.82 \pm 1.24m \cdot s^{-1}$, 대퇴 평균 $2.51 \pm 1.19m \cdot s^{-1}$ 이며 양분절의 합이 $7.33 \pm 2.43m \cdot s^{-1}$ 로 임팩트 직후 발의 진행방향의 속도는 평균 $6.76 \pm 1.46m \cdot s^{-1}$ 로서 약 92%의 전이율을 보였다.

이러한 결과를 볼 때 임팩트 직전과 직후 진행방향(Y)에서 볼에 대한 발의 절대속도에서 여자보다 더 강한 키키가 구사되었지만 하지분절 간 근위분절에서 원위분절로의 속도 전이율은 오히려 여자의 경우가 남자보다 더 효율적인 타이밍과 키행동이 이루어진 것으로 사료된다.

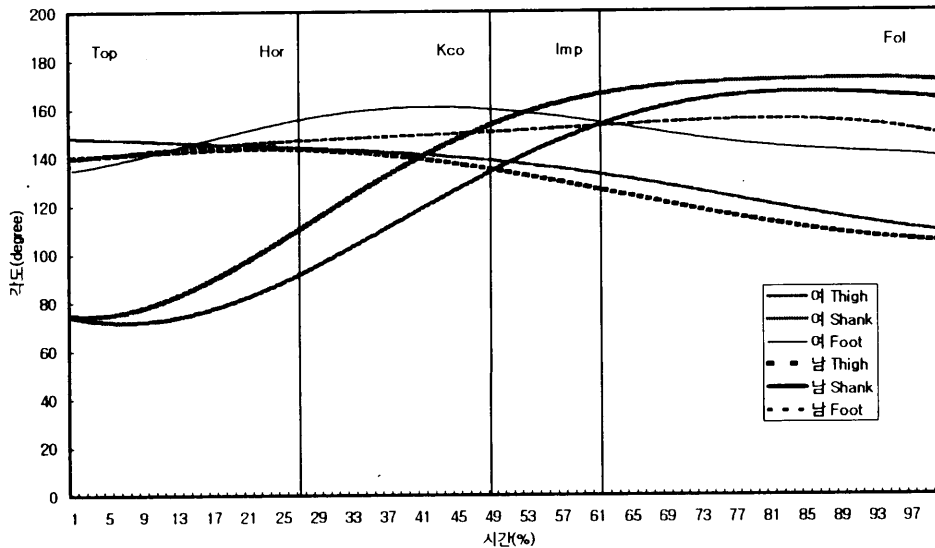
4. 하지분절의 각변위

하지분절의 국면별 분석결과는 <Table-5> 및 <Fig.-3>과 같고, 고관절각은 몸통과 대퇴가 이루는 전방각, 슬관절각은 대퇴와 하퇴가 이루는 후방각, 및 족관절각은 하퇴와 발이 이루는 전방각을 분석하였다.

<Table-5> Mean angular displacement of lower limbs in female & male by phases.

(unit:deg.)

Subi.	Phase	TS	HS	KCS	IMP	FS
S _w	Hip	148.1±2.16	144.03±2.97	138.33±2.61	132.3±5.00	108.5±11.17
	Knee	72.97±16.00	105±11.28	154.8±19.39	162.43±14.46	171.73±7.13
	Ankle	134.7±9.43	154.27±9.74	159.93±3.18	155.77±6.07	136.87±5.31
S _M	Hip	140.03±5.96	143.5±3.15	136.53±5.90	132.37±4.84	104.7±11.17
	Knee	73.60±5.63	90.33±6.62	128.70±7.54	142.63±4.48	163.53±8.17
	Ankle	139.43±8.24	146.77±5.26	149.67±5.92	154.67±7.06	142.1±5.37



<Fig.-3> Angular displacement by phases

임팩트 직전 여자 고관절 평균각은 $138.33 \pm 2.61^\circ$, 남자 평균 $136.53 \pm 5.90^\circ$ 로서 거의 차이가 없이 동체와 대퇴가 다소 구부린 자세를 유지하면서 임팩트를 하였고, 임팩트 후에 역시 남녀 모두 평균 132° 로 임팩트 전후 큰 변화가 없었다. <Table-5>에서 보는 바와 같이 고관절의 경우 남·여 모두 스윙이 진행되면서 고관절 각이 작아지는 현상을 볼 수 있다. 이는 조규권(1992)이 대퇴관절의 각도가 좁을수록 파워 있는 슈팅 동작이 이루어진다고 했듯이 슈팅 동작시 대퇴관절의 각을 좁혀줌으로써 타이밍과 정확도를 높일 수 있을 것으로 사료된다. 무릎의 경우 임팩트 직전 여자 평균 $154.8 \pm 19.39^\circ$, 남자 평균 $128.70 \pm 7.54^\circ$ 로 26.10° 의 차이를 보인 바, 여자는 남자에 비해 임팩트 직전에 무릎관절을 훨씬 더 신전된 자세로 킥을 하였고, 반면 남자의 경우는 굴곡된 자세로 킥을 임했다. 무릎관절각은 김성배(1996)가 보고한 인스텝 슛 동

작시의 임팩트 순간에 나타난 128.93° 보다 크게 나타났는데 이는 중거리 인스텝 슛을 할 때 볼을 정확하게 멀리 보내려고 하는데서 오는 것으로 사료된다.

발목의 경우 임팩트 직전 여자 평균 159.93±3.18°, 남자 평균 149.67±5.92° 로 10° 의 차이를 보인 바, 여자는 남자에 비해 임팩트 직전에 발목관절을 훨씬 더 신전된 자세로 킁을 하였다.

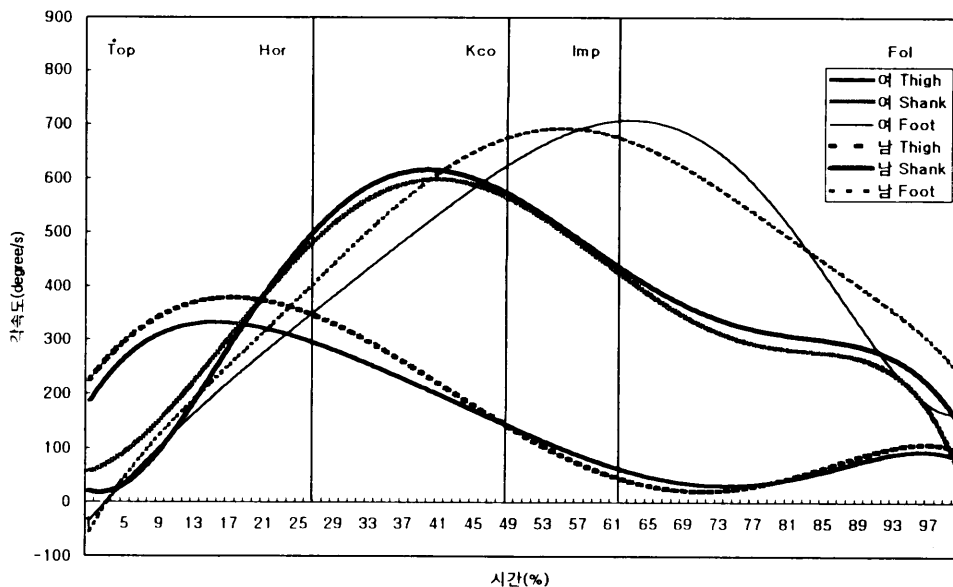
임팩트 직전 무릎관절 및 발목관절을 종합하면 회전반경과 선속도 관계에서 볼 때 회전반경이 클수록 볼에 전달하는 운동량은 더 많아진다. 따라서 남자의 경우는 같은 크기의 속도라면 무릎관절과 발목관절을 더 신전시켜 킁을 할 때 볼에 더 큰 운동량을 전달 할 수 있었을 것으로 사료되며, 여자의 경우는 남자에 비해 킁동작이 더 효율적이고 타이밍이 잘 유지된 것으로 사료된다.

5. 하지분절의 각속도

하지분절의 국면별 분석결과는 <Table-6> 및 <Fig-4>와 같고, 고관절각은 몸통과 대퇴가 이루는 전방각, 슬관절각은 대퇴와 하퇴가 이루는 후방각, 및 족관절각은 하퇴와 발이 이루는 전방각을 분석하였다.

<Table-6> Mean angular velocity of lower limbs by phases. (unit:deg. · s⁻¹)

Phase Subj.		TS	HS	KCS	IMP	FS
S _w	Hip	223.43±41.22	265.00±38.59	177.67±17.60	42.47±11.94	99.27±8.56
	Knee	45.00±4.36	402.37±62.11	600.36±26.05	384.87±54.50	122.03±17.91
	Ankle	-34.73±5.07	364.03±54.89	572.37±72.19	760.17±23.85	130.07±10.20
S _M	Hip	249.80±25.51	286.2±23.65	192.53±25.46	63.53±14.52	111.43±3.39
	Knee	-33.67±12.34	524.10±6.05	632.00±2.52	467.63±24.34	194.37±12.40
	Ankle	-42.00±7.00	437.60±15.82	592.33±4.20	788.43±1.70	240.50±2.71



<Fig.-4> Angular velocity by phases

임팩트 직전 여자 고관절 평균각속도는 $177.67 \pm 17.60 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 남자 평균 $192.53 \pm 25.46 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로서 남자의 경우가 평균 $14.86 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 굴곡하는 속도가 더 빠르게 진행되었다. 임팩트 후에는 여자 평균 $42.47 \pm 11.94 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 남자 평균 $63.53 \pm 14.52 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 임팩트 후에 남녀 모두 고관절의 굴곡속도는 현저히 감소하는 양상을 보였다. 무릎의 경우 임팩트 직전 여자 평균 $600.36 \pm 26.05 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 남자 평균 $632.00 \pm 2.52 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 남녀 모두 임팩트 직전 무릎 신전속도가 비슷하게 나타났다 임팩트 직후 여자 평균 $384.87 \pm 54.50 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 남자 평균 $467.63 \pm 24.34 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 임팩트 직후에 무릎신전속도의 감소가 남자보다 여자가 더 큰 현상을 보인다. 완전한 무릎신전이 되지 못한채 임팩트가 이루어 졌음을 알 수 있고, 임팩트 직후 윗로스루 국면까지 연결되어 신전이 이루어 지는 것이 킥동작에는 더 유리하기 때문에 여자의 경우 임팩트후에서 윗로스루까지 신전속도를 유지하는 것이 바람직하다고 사료된다. 발목의 경우 각속도 남자 평균 $592.33 \pm 4.20 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 여자 평균 $572.37 \pm 72.19 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 발목신전속도에서는 큰 차이를 보이지 않았고, 임팩트 후에 역시 남녀 모두 발목의 배측굴곡 속도를 더욱 증가시키는 현상을 보였다. 임팩트에서 윗로스루까지 연결하여 발의 배측굴곡을 시키므로 해서 볼의 정확성과 운동량 전달에서 더 유리하기 때문에 남녀 모두 바람직한 발동작을 보였다고 사료된다.

6. 초기 볼 속도에 대한 하지분절의 기여도

임팩트시 초기볼 속도에 대한 하지 분절의 기여도 분석은 <표-7>과 같다.

<Table-7> Contribution of segments to initial ball velocity in Y direction (unit: m/s)

Phase Subj.	V _{coo} (%)	V _{thigh} (%)	V _{shank} (%)	V _{foot} (%)	Error (%)	V _{ball} (%)
S _{w1}	1.76(8.49)	1.99(9.60)	4.00(19.30)	4.31(20.79)	8.67(41.82)	20.73(100)
S _{w2}	0.92(4.10)	2.23(9.95)	3.24(14.45)	5.19(23.15)	10.84(48.35)	22.42(100)
S _{w3}	1.26(5.42)	1.83(7.88)	3.20(13.78)	6.86(29.53)	10.08(43.39)	23.23(100)
M±SD	1.31±0.42 (5.92)	2.02±0.20 (9.13)	3.48±0.45 (15.73)	5.46±1.29 (24.67)	9.86±1.40 (44.55)	22.13±1.28 (100)
S _{M1}	1.30(5.34)	1.77(7.27)	5.71(23.44)	7.52(30.87)	8.06(33.08)	24.36(100)
S _{M2}	1.64(6.61)	1.88(7.58)	5.35(21.56)	7.31(29.47)	8.63(34.78)	24.81(100)
S _{M3}	1.47(5.79)	3.88(15.28)	3.40(13.39)	5.44(21.43)	11.2(44.11)	25.39(100)
M±SD	1.47±0.17 (5.92)	2.51±1.19 (10.10)	4.82±1.24 (19.40)	6.76±1.46 (27.20)	9.29±1.67 (37.38)	24.85±0.52 (100)

대퇴, 하퇴, 발의 진행방향(Y) 속도가 볼의 초속도에 미친 기여율은 여자 초기 볼속도가 평균 $22.13 \pm 1.28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 남자 평균 $24.85 \pm 0.52 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로서 남자의 경우가 평균 $2.72 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 더 빠른 것으로 나타났다. 여자의 경우 하지분절의 운동량 손실은 $9.86 \pm 1.40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로서 볼 속도에 대한 44.55%를 차지하여 볼초속도에 대한 하지분절 기여도는 55.45%였고, 남자의 경우 하지분절의 운동량 손실은 $9.29 \pm 1.67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로서 볼초속도에 대한 37.38%를 차지하여 하지분절이 볼초속도에 대한 기여율은 62.62%로 나타났다. 따라서 볼초속도에 대한 여자의 하지분절 기여도는 남자에 비해 7.17%가 더 적은 것으로 나타났다. 이러한 여자의 더 적은 기여율의 결과는 대퇴, 하퇴 및 발의 굴곡 및 신전순서와 타이밍에서 적절하지 못한 결과로 사료된다.

IV. 결론 및 제언

축구 중거리 인스텝 슈팅 동작시 하지분절의 운동학적 변인들을 비교 분석하여 정량적 자료를 토대로 효율적인 인스텝 슈팅을 위한 과학적 자료를 제시하는 데 있다. 이를 위해 피험자는 남녀 대학 축구선수 3명씩을 대상으로 3차원 영상분석법을 이용하여 분석한 결과 얻어낸 결론은 다음과 같다.

1. 소요시간

인스텝 킥동작시 남자에 비해 여자의 경우 임팩트 직전·후에 지연된 시간으로 킥의 타이밍과 강력한 킥을 못한 결과로, 안정되지 못한 자세를 보였다.

2. 신체중심 변위

인스텝 킥동작의 진행방향에서 여자가 남자보다 더 적은 중심변위와, 좌우의 중심 움직임으로 인한 불안정한 킥동작과, 상하방향에서 각 국면에 걸쳐 하지분절의 굴곡 및 신전에 의한 탄력성 있는 킥을 하지 못했다.

3. 속도변인

여자의 경우 신체중심 속도의 경우 볼에 파워를 직접적으로 전달하는 진행방향에서 남자에 비해 더 낮은 속도와 좌우측으로의 불안정한 킥동작을 하였다.

남자의 경우 임팩트 직전과 직후 진행방향(Y)에서 볼에 대한 발의 절대속도에서 여자보다 더 강한 킥이 구사되었지만 하지분절 간 근위분절에서 원위분절로의 속도 전이율은 여자의 경우가 더 효율적인 타이밍을 이루었다.

4. 하지분절의 각변위

남녀 모두 임팩트 직전 무릎 및 발목관절에서 더 큰 하지 회전반경과 발의 선속도를 증가시켜 더 큰 운동량을 볼에 전달하는 것이 필요하다. 즉 무릎관절과 발목관절을 더 신전시켜 킥을 할 때 볼에 더 큰 운동량을 전달할 수 있다.

5. 하지분절의 각속도

남녀 모두 임팩트 직전과 직후 및 월로스루국면까지 발의 배측굴곡을 계속하므로써 볼의 정확성과 운동량 전달과정에서 더 바람직한 발동작을 보였다.

6. 초기 볼 속도에 대한 하지분절의 기여도

여자의 하지분절의 볼 초속도에 대한 기여도는 55.45%였고, 남자의 경우 62.62%였다. 볼 초속도에 대한

여자의 하지분절 기여도는 남자에 비해 7.17%가 더 적은 것은 대퇴, 하퇴 및 발의 굴곡 및 신전순서와 타 이밍 및 신체중심의 불안정에 의한 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 김성배(1996). "축구 인스텝 킥 동작 시 하지분절이 생체역학적 분석", 박사학위논문, 단국대학교 대학원.
- 김준현(1996). "축구장거리 킥과 인스텝 슈팅의 운동학적 비교", 석사학위논문, 연세대학교 교육대학원.
- 김한환(1992). "여자축구 선수들의 슈팅에 관한 운동역학적 분석", 석사학위논문, 연세대학교 교육대학원.
- 김호곤(1991). "축구장거리 킥 동작의 운동학적 비교분석", 석사학위논문, 연세대학교 교육대학원.
- 박두균(1989). 축구 Instep Long Kick의 Kinematic적 분석. 경희대학교 교육대학원 석사학위 논문1.
- 박일진(1984). "축구경기에서 있어서 슛과 득점력의 분석적 고찰", 석사학위논문, 동아대학교 대학원.
- 신동성(1990). 「과학적 축구」. 한국체육과학원.
- 윤남식의 2인(1991). 「스포츠 바이오메카닉스 입문」. 학원연구사.
- 정광복(1980). "축구경기에서 인스텝슛 동작 분석에 관한 연구", 석사학위논문, 동아대학교 대학원.
- 조규권(1992). "축구선수의 인스텝 슛 동작에 관한 생체역학적 분석", 박사학위논문, 고려대학교 대학원.
- 진영환(1991). "잔디와 맨땅에서 축구 인스텝 슈팅시 운동학적 비교 분석", 석사학위논문, 연세대학교 대학원.
- Burden, P.(1955). "A cinematographic analysis of three basic kicks used in soccer". Master's thesis. pennsylvania State University.
- Cooper. J. M. Adrian. M. & Glassow, R. B(1982). "Kinesiology (5th ed)."St. Louis :The C. V. Mosby Company.
- Jonson, C. R.(1984). "Applied Kinesiology and biomechanics", Mc Graw - Hill.
- Plagenhoef, S. C.(1971). "Pattern of human motion-a cinematographical analysis". Englewood cliffs: prentice - Hall. Inc.