



클럽 샤프트(Club Shaft) 특성에 따른 골프 스윙(Golf Swing) 동작 분석

김성일·김기형*·김형수***·이현섭***·김진욱***·안찬규***·김희진***

국 문 요 약

본 연구는 클럽 샤프트의 대표적인 재질인 그래파이트(graphite)의 유연한(flexible) 클럽 샤프트(club shaft)의 특성에 따라 피험자가 운동학적(kinematics) 요인이 되는 관절의 각변위, 각속도, 각가속도, 클럽헤드의 속도와 가속도와 같은 변인들이 어떻게 적용하는지 비교 분석하여 보다 효율적인 드라이버 선택에 도움을 주며 샤프트 특성에 따른 신체관절의 움직임에 대한 자료를 제시하고자 하였다. 고속 카메라 2대의 속도는 500 fps로 하였고 각 regular, stiff, x-stiff, 자신의 클럽을 포함 각 4개의 클럽을 사용하여 각 클럽당 3번씩 촬영하였으며 목표방향에서 20m이상 벗어나는 경우의 촬영은 다시 촬영하였다. 본 연구에서는 디지털이징(digitizing)을 신체 9개 마커는 강체로 가정된 클럽과 신체분절 모델로 정의하였으며 2 대의 카메라(500fps)로부터 얻은 avi화일을 컴퓨터에 저장하고 자료로부터 Butterworth 6th order recursive digital filter를 사용하여 1차 자료를 smoothing 하고 DLT를 이용하여 3차원 좌표를 구성하도록 한다. 좌표값을 얻기 위하여 kwon3d v3.0을 이용하였다. 본 실험은 피험자 스스로 클럽의 특성에 따라 스윙의 속도를 달리 하기 때문에 스윙의 시간이 달라지며 어느 정도 클럽이 강성에 따라 스윙시간이 빨라지는 결과로 나타났다. 이것은 피험자가 샤프트가 강성(stiffness)에 따라 스윙 속도를 빨리 하게 되는 원인이 되는 것으로 생각된다. 어깨의 각변위는 클럽이 regular의 경우 임팩트에서 각속도를 계속 유지하고 있으며 stiff, x-stiff의 경우에는 어깨의 움직임이 임팩트에서 급격하게 감소되는 것을 알 수 있다. 이것은 팔의 동작과 클럽의 힘을 크게 하기 위한 동작으로 생각된다. 어깨 각속도는 클럽이 stiff할수록 각속도가 큰 감속하는 것으로 나타났다. 손목 속도는 regular 클럽의 경우 손목의 감속이 늦게 되고 임팩트에서 손목의 감속이 적게 하는 것으로 나타났으며 stiff와 x-stiff의 클럽에서 임팩트 시에 순간적인 감가속도로 인해 클럽의 속도를 증가시키고 있다. 임팩트 시에 손목의 감가속은 클럽헤드의 임팩트 시 속도를 증가시키는 결과를 보였다. 클럽헤드는 regular 클럽이 임팩트전에서 속도 증가가 커지는 결과와 일치된 결과를 보이고 있다.

주제어 : 클럽샤프트, 골프스윙, 동작분석

2002년 11월 9일(토) 접수

* Corresponding author, 136-701, 서울시 성북구 안암동 5가 1번지 고려대학교 체육학과 대학원
연락처 : kitasun@hanmail.net, Tel : 031-707-5683

** 교수, 136-701, 서울시 성북구 안암동 5가 1번지 고려대학교 사범대학 체육교육과

*** 136-701, 서울시 성북구 안암동 5가 1번지 고려대학교 체육학과 대학원

I. 서 론

골프는 형태와 길이가 다른 여러 종류의 클럽을 사용하여 볼을 홀컵에 넣는 경기로써 볼의 위치와 자신의 포지션에 따라 각기 다른 클럽을 사용해야 하며 클럽이 가지고 있는 고유한 특성에 알맞은 스윙을 해야 볼을 정확히 타격할 수 있다. 샷의 길이에 대한 많은 동경과 바람이 있으며 클럽과 볼의 제조업자들은 최근에 많은 시간동안 최대 클럽 속도를 가지고 볼을 정확하게 칠 수 있는 재질과 제조과정에서 발전을 해 가고 있다.

골프는 볼의 높은 속도와 함께 정확성을 갖는 것이 목표이며 골프 전문가들은 소비자들의 각 개인 스윙에 최적화할 수 있는 클럽을 공급하고 있다. 그러나 골프 스윙동안 골프 클럽의 역학적인 운동에너지(kinetic energy)와 변형 에너지(strain energy)는 계속적으로 변화하기 때문에 2~3초의 풀스윙 과정은 매우 복잡한 골프의 동역학적 움직임으로 이루어지며 이해는 쉽지 않다. 또한 골퍼의 손목은 지속적인 회전을 하기 때문에 샤프트(shaft)의 축이 회전하는 동안 휨 모멘트(bending moment)의 변화로 인하여 샤프트는 휘어짐(bending)을 만들게 된다고 하였다(Newman, S., Clay, S. & Strickland, P., 1997).

클럽 샤프트(club shaft)의 길이와 휘어짐(bending)과 강성(stiffness)의 위치에 따라서 동적인 로프트(loft)는 변화될 수 있다. 밀 부분(tip)이 유연한 샤프트는 밀부분(tip)이 뾰족한 샤프트보다 더 동적인 로프트(loft)를 만든다. 스틸(steel) 샤프트에서는 토션(torsion)이 일어나기 힘든 강성으로 인하여 볼과 헤드사이의 접촉 면적을 크게 하는데 이점이 있다. 샤프트의 특성에 대한 연구에서 거리보다는 볼의 궤적과 샷의 정확성에 대한 연구가 더 필요하며(Horwood, 1994), 최근 출시되는 많은 클럽이 가볍다는 이유로 그라파이트(graphite) 샤프트를 채택하고 있으나 프로골퍼를 비롯해 힘이 강한 골퍼나 빠른 스윙 스피드를 유지하고자 하는 사람들은 여전히 스틸 샤프트를 선호하고 있다(Golf Digest, March 2000).

외국에서의 장비를 고려한 선행연구를 살펴보면 Pelz(1990)는 그라파이트와 스틸 샤프트의 정확도와 비거리를 비교하였으며 결과에서 그라파이트 샤프트는 약간의 거리를 증가시켰고 스틸 샤프트는 그라파이트 샤프트보다 정확도에서 좋은 결과를 보였다고 하였다. 드라이버 스윙에 문제가 많을 경우 스틸이나 강성(stiff)의 샤프트로 바꾸는 것이 좋다고 하였고 거리에 문제가 있다면 그라파이트 샤프트로 바꾸는 것이 더 좋다고 하였다.

Hale, Bunyan 과 Squires(1994)는 우드 헤드(a wooden-headed)와 3개의 대중적인 메탈 헤드(metal-headed) 드라이버들 사이에서 거리와 정확성에 대한 측정을 비교하여 3개의 메탈 드라이버가 이론적으로 골퍼에게 잠재적인 이익을 주리라는 기술적 이론에서 디자인되었지만, 낮은 핸디의 골퍼들은 거리와 정확성에서 확실한 이득을 얻기가 쉽지 않다고 하였으며 대다수 골퍼들의 드라이버 선택은 타당한 과학적 증거보다는 오히려 유행이나 마케팅의 유혹에 의해 결정하기 쉽다고 하였다.

이러한 클럽 장비를 고려한 연구는 국내에서 부족한 상태이며 본 연구는 클럽 샤프트의 대표적인 재질인 그래파이트(graphite)의 유연한(flexible) 클럽 샤프트(club shaft)의 특성에 따라 피험자가 운동학적(kinematics) 요인이 되는 관절의 각변위, 각속도, 각가속도, 클럽헤드의 속도와 가속도와 같은 변인들이 어떻게 적용하는지 비교 분석하여 보다 효율적인 드라이버 선택에 도움을 주며 샤프트 특성에 따른 신체관절의 움직임에 대한 자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상자와 실험 장비

본 연구대상자는 세미 프로 1명, 일반인 1명, 학생 1명이며 개인별 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자(Subject)의 개인별 특성

	Sub a	Sub b	Sub f
이 름	ksc	iwy	kbc
나 이	41	16	32
구 력	20	4	0
핸 디			
신 장	174	177	173

표 2. 실험에 사용된 클럽 장비(Club)

	shaft	club head	frequency	mass(total)	length	
driver 1	graphite	regular	tf360	229 cpm	62(311)	45inch
		stiff	tf360	248 cpm	64(311)	45inch
		extra-stiff	tf360	269 cpm	62(311)	45inch

<표 2>는 연구에 사용된 클럽 장비이다. 클럽헤드는 Integra 제품으로 taylor 카피 모델이며 샤프트는 Penly, Grafalloy사 제품을 구입하여 제작하였고 샤프트의 특징은 위와 같다.

2. 실험 절차

장소는 경기도 광명시에 있는 K 골프 실외 연습장에서 실시하였으며 고속 카메라 2대는 정면에서 45도에서 세팅되었다. 카메라가 움직이지 않도록 테이프로 고정하였으며 카메라 화면에 방해받지 않도록 장비를 설치하였다. 카메라 속도는 500 fps로 하였고 피험자의 마커가 잘 보이도록 배치하였으며 조명이 잘 들어오도록 하였다. 각 regular, stiff, x-stiff, 자신의 클럽을 포함 각 4개의 클럽을 사용하여 각 클럽당 3번씩 촬영하였으며 목표방향에서 20m이상 벗어나는 경우의 촬영은 다시 촬영하였다.

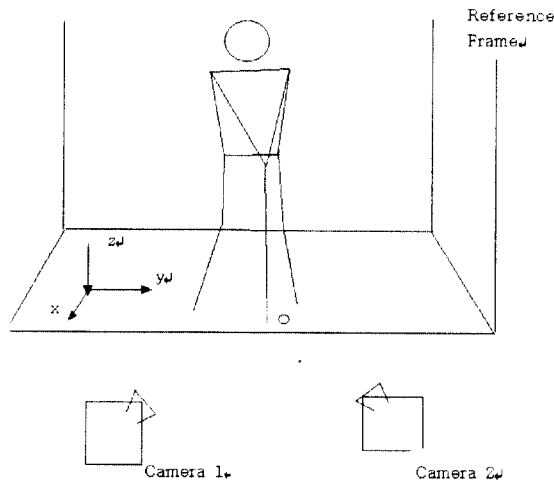


그림 1. 실험 장비 세팅(Experiment Instrument Setting)

3. 자료처리 방법

본 연구에서는 디지털화(digitizing)를 신체 9개 마커는 강체로 가정된 클럽과 신체분절 모델로 정의하였으며 2 대의 카메라(500fps)로부터 얻은 avi화일을 컴퓨터에 저장하고 자료로부터 Butterworth 6th order recursive digital filter를 사용하여 1차 자료를 smoothing 하고 DLT(Direct Linear Transformation(Abdel-Aziz & Karara,1971))를 이용하여 3차원 좌표를 구성하도록 한다. 좌표 값을 얻기 위하여 kwon3d v3.0을 이용하였다.

위에서 얻어진 자료는 운동학적 분석을 위해 Matlab 5.01 프로그램을 이용하여 클럽샤프트의 강성(stiffness)이나 휘어짐(bending)의 특성에 따라 골프스윙(golf swing)의 클럽 헤드(club head)와 견관절의 각변위, 각속도, 각가속도와 손목관절의 속도, 가속도와 볼의 속도, 투사각과 같은 결과를 계

산하였다.

통계점들의 아래쪽에서부터 하나씩 총 91개의 정해진 순서대로 좌표화 하였다. 이러한 과정을 반복하여 좌표화한 후 컴퓨터 파일에 저장하였다. 자료에서 볼이 운동하는 방향을 y축 방향으로 하였으며, 지면에 대하여 수직 방향을 z축, 피험자의 얼굴 정면방향을 x축으로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

골프 클럽의 샤프트(shaft) 특성에 따라 골프 스윙동작에서 다운스윙의 3차원 영상분석법에 의해 운동학적(kinematic) 변인인 어깨관절의 각변위와 각속도, 손목관절의 속도, 가속도 그리고 클럽헤드의 속도, 가속도등의 변인을 클럽의 특성에 따라 동작 차이를 비교하였으며 본 실험에서는 클럽별로 의도된 스윙이 아니라 피험자가 스스로 스윙에 적응토록 연습한 후 실험을 하였다.

1. 골프 스윙 시간

본 연구 피험자들의 클럽별 전체스윙, 백스윙, 다운스윙의 시간 소요는 <표 6>와 같다. 각각의 regular, stiff, x-stiff 클럽별 3번씩의 실험을 가졌으며 결과는 이를 평균으로 나타내었다.

선행 연구의 결과들을 보면 Plagenhoef(1983)의 연구에서는 다운스윙은 평균 0.2~0.26초까지 걸렸다고 하였다. Milburn(1982)는 평균 0.23초, Cochran & Stobbs(1968)은 0.230~0.250초, Neal & Wilson(1985)은 0.210초, Cambell(1985)은 0.250초, 김주선(1993)은 0.232초, 임태상(1996)은 0.242초로 보고하였고 홍우정의 2명(2000)은 46인치 클럽을 이용한 실험에서 평균 0.268초가 걸렸다고 하였다. 이러한 선행연구에 비해 본 연구의 <표 3>에서는 다운스윙에서 평균적으로 약간 많은 시간을 소비하였다. 그 원인은 피험자들의 다운스윙시간이 긴 이유는 탑스윙에서 샤프트가 지면과 180도를 오버하여 다운스윙 구간이 길어짐으로 인하여 나타난 것으로 판단된다. 일반인인 피험자 a의 경우에는 피험자 b의 0.290초 보다 긴 평균 0.300초를 보였으며 프로골퍼 f의 경우에는 0.280초를 보이고 있다.

피험자 b의 경우는 백스윙을 특히 다른 피험자들 보다 약 1초 정도 느린 백스윙을 하고 있으며 이는 평균적인 데이터에서 많은 시간 소요의 원인이 되었고 이러한 원인은 개인적 특성으로 백스윙이 느리고 유연성으로 인한 백스윙이 과하게 되어 탑 스윙에서의 시간이 지연되고 그 만큼 다운스윙의 시간이 길어지는 것으로 분석되었다. 백스윙에서 대체적으로 regular club은 일반인의 경우 약 0.01초의 느린 시간을 보이고 피험자 b와 피험자 f는 최고 빠른 경우와 비교하여 약 0.1초 이상을

느리게 스윙을 한 것으로 나타났다.

표 3. 피험자(Subject)의 스윙 시간(Swing Time)

(단위: 초)

		Sub a	Sub b	Sub f	Mean
back swing	own	1.201±0.126	2.273±0.157	1.246±0.182	1.422
	regular	1.113±0.168	2.463±0.126	1.416±0.159	1.495
	stiff	1.142±0.173	2.256±0.149	1.205±0.257	1.424
	x-stiff	1.100±0.202	2.100±0.257	1.191±0.138	1.367
	Mean	1.140	2.270	1.260	1.430
down swing	own	0.296±0.041	0.276±0.026	0.287±0.025	0.318
	regular	0.301±0.051	0.306±0.016	0.288±0.036	0.323
	stiff	0.294±0.024	0.301±0.027	0.273±0.016	0.319
	x-stiff	0.308±0.026	0.294±0.064	0.267±0.067	0.318
	Mean	0.300	0.290	0.280	0.320
full swing	own	2.180±0.237	3.206±0.256	2.416±0.125	2.662
	regular	2.170±0.462	3.586±0.205	2.623±0.257	2.748
	stiff	2.126±0.156	3.293±0.143	2.355±0.165	2.608
	x-stiff	2.136±0.646	3.220±0.335	2.301±0.349	2.605
	Mean	2.150	3.330	2.420	2.660

다운스윙에서는 대체적으로 자신의 클럽과 x-stiff 클럽에서 가장 빠른 시간을 보였으며 regular club에서 가장 느린 스윙 시간을 보였다. 이러한 결과는 다운스윙은 전체 스윙 중 가장 중요한 구간으로서 자신의 클럽이 대부분 잘 적응된 Stiff한 클럽이기 때문인 것으로 생각된다. 풀스윙의 경우에도 대부분의 피험자들이 regular club 과 stiff club보다는 x-stiff club에서 더 빠른 시간을 보였다.

특히 프로인 피험자 f 에서 x-stiff의 백스윙에서는 약 0.22초, 다운스윙에서는 약 0.021초, 풀스윙에서 0.11초 빠른 스윙을 나타냈다. 결론적으로 stiff한 클럽 일 경우 보다 빠른 스윙을 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

2. 볼의 초속도 및 볼의 투사각

<표 4>은 클럽에 따라 볼의 속도와 투사각을 나타낸다. 윤재백(1992)에서는 63.95m/s, 11.78도로 나타났으며, Combell과 Rick(1985)에서는 69.2m/s, Lamposa(1975)의 최적 제어 조건에서 69.2m/s 였으며 이러한 결과는 본 실험의 피험자 a의 63.01m/s, 피험자 b 68.85m/s, 피험자 f의 68.40m/s와 비슷한 결과를 보이고 피험자에 따라 그 속도와 각은 약간의 차이를 보이고 있다. 위와 같이 볼 속도가 Stiff한 클럽일수록 약간 크게 나타났으며 이것은 앞에서 살펴본 빠른 스윙을 한 결과이며 볼 투사각은 클럽에 따라 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

표 4. 볼의 속도(velocity)와 투사각(release angle) (단위: 속도=m/s, 각도= °)

	Sub a		Sub b		Sub f	
	ball velocity	release angle	ball velocity	release angle	ball velocity	release angle
Own	64.98±6.54	11.01±1.59	73.44±1.46	10.83±2.52	65.23±3.40	10.90±2.84
Regular	60.73±1.81	7.71±1.62	64.52±1.99	10.6±1.62	68.08±0.44	9.93±0.50
Stiff	63.75±1.47	12.78±1.20	67.51±2.42	9.09±0.43	70.12±0.54	8.91±1.06
x-stiff	62.56±5.62	10.90±2.70	69.93±2.95	7.12±0.97	70.17±0.33	8.07±1.14
Total	63.00	10	68.85	9.41	68.40	9.45

3. 신체관절의 운동학적 변인

1) 어깨관절

<그림 2>는 피험자 f의 어깨 각변위를 나타내고 있다. 각 클럽에 대한 각변위는 임팩트 순간이 같은 시간이 되도록 하였으며 초기에 20에서 40도를 보여주고 있으며 약 51프레임 이후에 증가하는 모습을 보여준다. 다운스윙의 미들스윙이 되는 75프레임에서 regular, stiff, x-stiff 클럽에 대한 어깨 각변위의 크기는 각각 54.274도, 46.109도, 42.2216도를 보이고 있다. 임팩트에서는 각각 87.7201도, 83.252도, 70.269도를 보이고 있다. regular클럽의 경우 어깨의 각변위는 약 10도 정도의 큰 각을 보이고 있다. 위의 결과를 통하여 regular 클럽에서 어깨의 각이 커지는 것으로 나타났다.

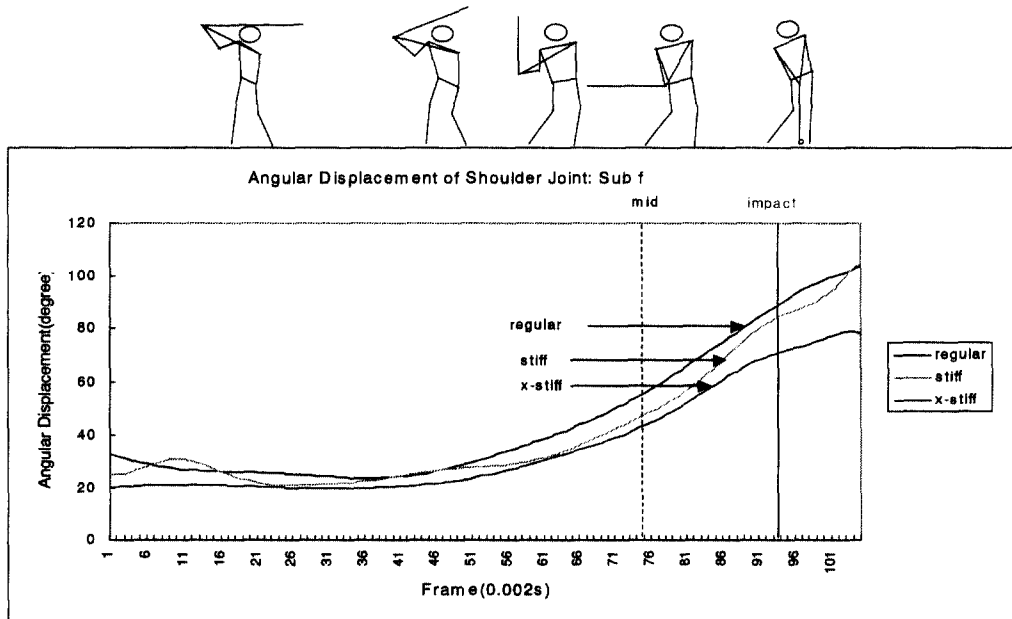


그림 2. Angular Displacement of Shoulder Joint: Sub f

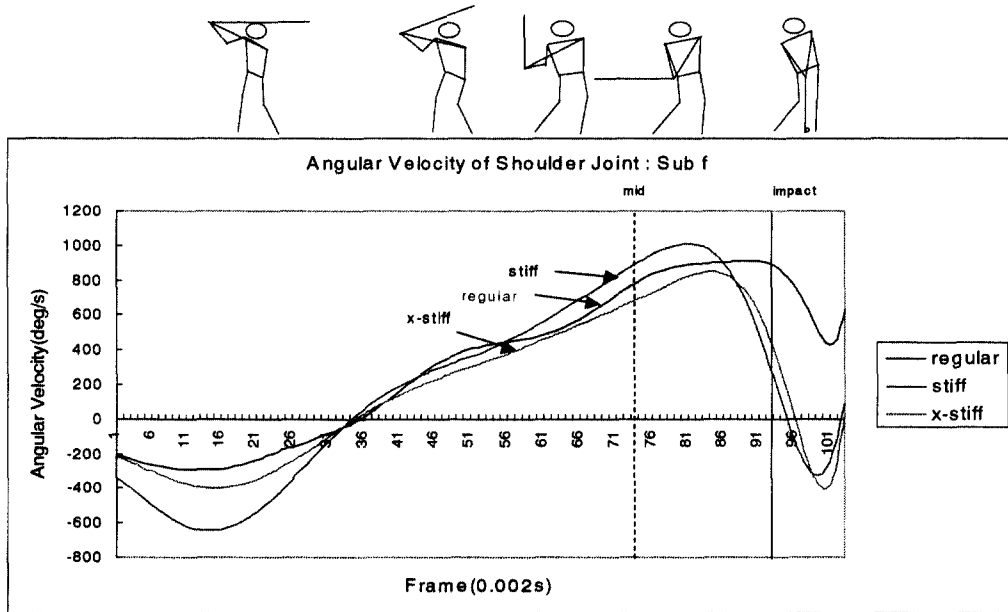


그림 3. Angular Velocity of Shoulder Joint : Sub f

윤재백(1993)에 의하면 어깨관절의 각을 적게 하는 것이 정확성에 도움을 줄 것이라 하였으며 본 연구의 x-stiff에서 regular 보다 적은 각을 보이고 있다. 이것은 stiff에서 보다 빠른 스윙에서 어깨관절의 각이 작아지며 특히 신체와 팔의 각이 좁아지는 것을 의미하며 팔을 몸에 붙여 스윙하게 되는 것으로 해석할 수 있다.

<그림 3>은 피험자 f의 어깨관절에 대한 각속도를 보여주고 있다. 다운스윙의 초기에 regular는 -289.04deg/s , x-stiff는 -359.432deg/s , stiff는 -641.465deg/s 을 보여준다. 초기에 stiff에서 어깨의 각속도가 감속이 많은 것으로 나타났다. 미들스윙(middleswing)에서는 stiff가 877.869deg/s , regular가 768.256deg/s , x-stiff가 674.549deg/s 으로 나타났으며 임팩트에서는 regular가 869.625deg/s , stiff가 300.007deg/s , x-stiff가 421.379deg/s 으로 나타났다. 각 클럽에 따라 각속도의 차이는 약간 다르고 regular의 경우는 stiff와 x-stiff의 경우보다 각속도의 크기가 완만하다는 것을 알 수 있다. 임팩트에서는 어깨의 각속도 차이가 약 500deg/s 정도가 차이가 나는데 이것은 regular의 경우 임팩트에서 각의 속도를 계속 유지하고 있으며 stiff, x-stiff의 경우에는 어깨의 움직임이 임팩트에서 급격하게 감소되는 것을 알 수 있다. 이것은 팔의 동작과 클럽의 힘을 크게 하기 위한 동작으로 생각된다.

2) 손목 관절

<그림 4>는 피험자 f의 손목관절의 선속도를 나타낸 것이다. 미들스윙에서 regular, stiff, x-stiff

클럽 각각, 11.64 m/s, 11.77 m/s, 12.21 m/s 로 x-stiff에서 약간의 빠른 속도를 보이고 있으며, 임

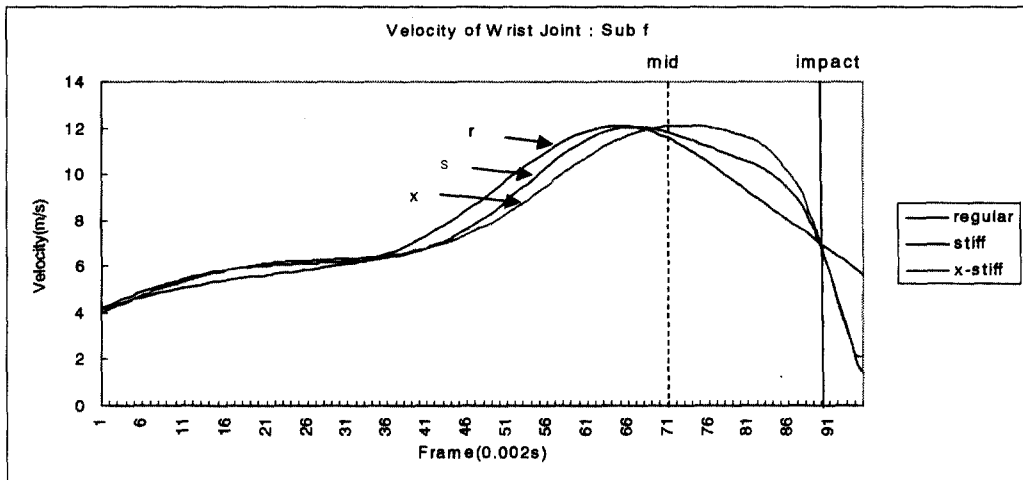
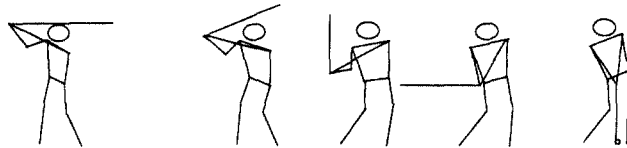


그림 4. Velocity of Wrist Joint : Sub f

팩트에서는 약 7.74m/s로 비슷한 속도를 보이고 있다. 손목의 속도는 regular에서 일찍 빠른 속도를 보이다가 완만한 감소를 하고 있으며 다음으로 stiff의 속도가 감속을 하고 x-stiff의 경우 미들스윙에서의 속도가 더 오래 지속되고 있는 모습을 보이고 임팩트에 가까워지면서 급격한 감소를 보이고 있다.

regular 클럽의 경우에는 임팩트 이전 65 프레임(0.054초전)에서부터 완만한 감속을 하고 stiff, x-stiff 클럽의 경우에는 임팩트 이전 약 70 프레임(0.042초전)부터 완만한 감속을 보이다 임팩트 이전 84 프레임(약 0.014초전)부터 감속이 크게 나타나는 원인은 클럽의 속도를 증가시키기 위한 동작으로 이러한 결과를 나타난 것으로 판단된다. Vaughan(1981)은 손의 속도는 임팩트 0.06초전에서 감소되기 시작하며 이시기에서부터 클럽헤드 속도는 큰 증가를 한다고 하였으며 본 연구에서도 regular 경우에 비슷한 0.054초전에서 손목의 속도가 감소하기 시작하고 <그림 6>에서처럼 클럽헤드가 약 65프레임부터 큰 증가를 보이고 있으며 regular와 비슷한 결과를 보이고 있다. 이것은 손목의 감속은 클럽헤드의 속도를 증가시키는 동작으로 분석된다.

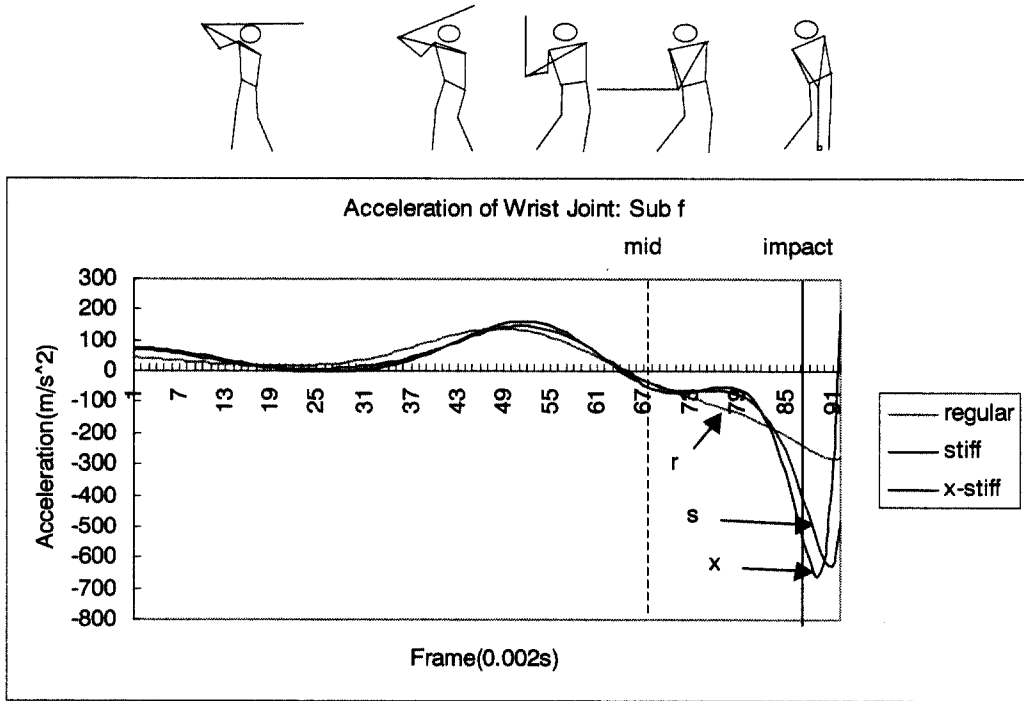


그림 5. Acceleration of Wrist Joint : Sub f

<그림 5>에서는 피험자 f의 손목의 가속도를 보여주고 있다. x-stiff의 경우 -24.44 m/s^2 , regular, stiff에서는 30.24 m/s^2 , 29.35 m/s^2 로 비슷한 가속도를 보여주고 있다. regular의 경우 -236.36 m/s^2 로 다운스윙의 중간에서부터 완만한 감가속을 보이고 있으며 x-stiff와 stiff의 경우 -510.24 m/s^2 , -412.34 m/s^2 을 보이고 있다. regular의 경우 손목의 감속이 늦게 되어 임팩트에서 손목 속도의 감속이 적게 하는 것을 알 수 있다. stiff와 x-stiff의 클럽에서 피험자 f는 임팩트시에 순간적인 감가속으로 인해 클럽의 속도를 증가시키고 있다. <그림 4>에서와 같이 손목의 임팩트 시에 감가속은 클럽 헤드의 임팩트 시 속도를 증가시키는 결과를 보인다. 피험자 f는 stiff와 x-stiff의 경우 임팩트 시에 손목의 감가속이 크게 나타났다.

3) 클럽헤드(Club head)

<표 5>는 피험자 f의 클럽헤드 속도와 가속도를 나타낸 것이다. 클럽의 최대 속도는 regular, stiff, x-stiff 클럽은 각각 48.99 m/s , 49.98 m/s , 50.67 m/s 로 나타났고 이것은 피험자 f가 클럽의 특성에 따라 스윙의 속도를 다르게 하는 것으로 나타났으며 이것은 일반적으로 알려진 stiff 클럽의 경우 빠른 스윙의 사람에게 적절하다는 내용과 일치하고 있다. 클럽 헤드의 최고속도가 Milburn(1982)의 최대

선속도 43.45~53.56m/s, Daish(1972)의 평균 45.00m/s, Cochran(1968)의 평균 44.70m/s, Budney와 Bellow(1982)의 52.6m/s등과 비교하여 비슷한 결과를 보였다.

표 5. 클럽 헤드(Club head) 속도와 가속도(피험자 f) 단위(m/s²)

	내 용	Regular Club	Stiff Club	X-stiff Club
클럽헤드 속도	최대 속도	48.998	49.983	50.671
	미들스윙	25.012	25.089	25.712
	임팩트	48.285	47.531	50.671
클럽헤드 가속도	최대 가속도	981.321	1074.240	1005.040
	미들스윙	103.272	-8.637	-257.362
	임팩트	-47.883	-253.604	-290.375

클럽헤드의 가속도에서 regular가 981.321m/s² 으로 가장 낮은 최대 가속을 보이고 stiff와 x-stiff의 경우에 174.240m/s², 1005.040m/s²을 보였다. 임팩트에서 stiff와 x-stiff에서는 -253.604m/s², -290.375m/s² 으로 regular의 -47.883m/s²에 비해 큰 감속을 하고 있으며 이것은 stiff한 클럽의 경우 임팩트 순간에 감속을 많이 하는 것으로 나타났다. 다시 말하면 regular의 경우 임팩트 순간에 stiff한 클럽보다 감속을 덜하게 되는 것으로 나타났다. 미들스윙에서는 regular가 오히려 103.272m/s²으로 다른 클럽에 비해 오히려 큰 가속을 보이고 있다.

<그림 6>은 피험자 f에 대한 클럽헤드의 속도를 나타내고 있다. 클럽헤드의 속도는 미들스윙에서 regular는 28.02m/s, stiff는 25.08m/s, x-stiff는 25.77m/s의 비슷한 값을 보이고 있다. 임팩트에서는

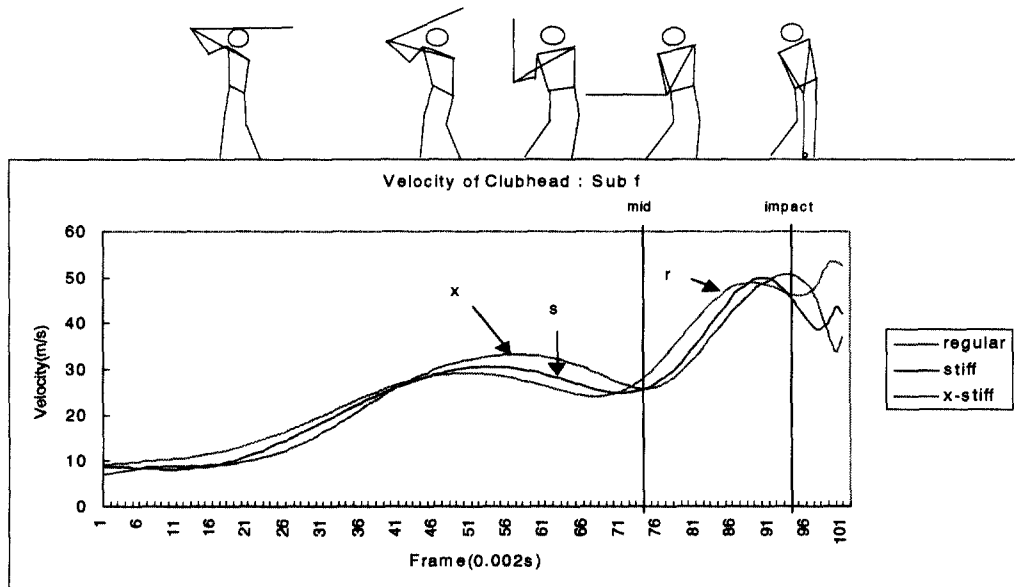


그림 6. Velocity of Clubhead : Sub f

regular가 45.57m/s, stiff가 43.29m/s, x-stiff가 50.13m/s로 나타났다. regular에서는 다운스윙 중간까지는 29.18m/s로 stiff의 30.67m/s, x-stiff의 33.21m/s과 비교하여 비교적 낮은 속도를 보이는데 반해 미들스윙 이전에서 임팩트까지 증가속도는 다른 클럽에 비해 높은 증가를 보였다. Budney와 Bellow(1979)에 의하면 그라파이트(graphite) 드라이버는 일반 클럽보다 적은 힘으로 같은 클럽헤드 속도를 낸다고 하였으며 본 연구 결과와 일치된 결과를 보이고 있다. 이것은 샤프트 특성으로 인하여 속도의 증가로 생각되며 일반적으로 알려진 유연성이 많은 클럽이 속도 증가에 도움을 준다는 사실과 일치한다.

임팩트 이후에 클럽속도의 감속은 x-stiff, stiff, regular 순으로 나타났고 regular 할수록 임팩트 이후의 속도가 덜 감속하였다. 이러한 원인은 손목 관절이 가속이 완만하게 이루어진 결과로 생각된다. 다른 클럽은 임팩트 이전에 최고의 속도를 보이는데 반해 x-stiff의 경우 임팩트에서 최고의 속도가 나오고 있다.

본 연구에서 클럽의 최고 속도는 임팩트 전에서 이루어지고 있으며 regular는 0.010초전, stiff는 0.006초전, x-stiff의 경우 0.004초전에 나타났으며 이것은 Cochran과 Stobb(1968), Daish(1972), Milburn(1982), Budney & Ballow(1982), Neal & Wilson(1985), 황(1990)등의 연구에서 최대 스피드 시점이 임팩트 0.003~0.005초전이라는 것과 비교 할 때 x-stiff의 경우와 비슷하게 나타났으며 regular에서는 다른 클럽보다 약 0.005초가 빠른 지점에서 최대의 속도를 보였다.

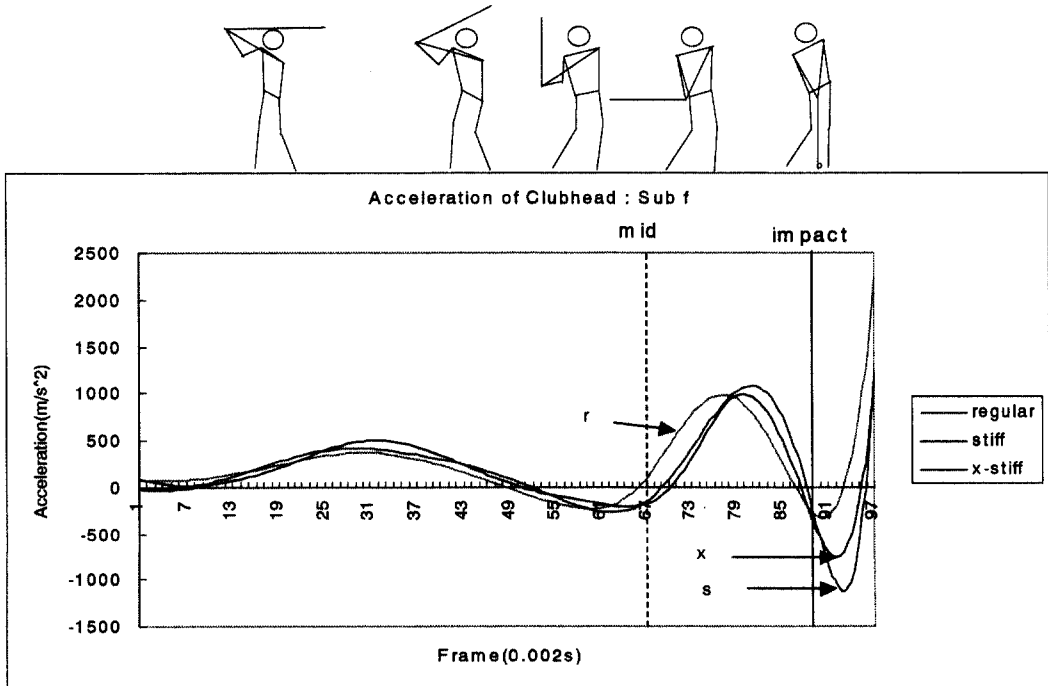


그림 7. Acceleration of Clubhead : Sub f

손목코킹의 지레역할이 클럽 헤드의 가속도와 전적으로 상관관계가 있음을 밝힌 Cochran과 Stobbs(1968)는 클럽헤드에 스피드를 가속화시켜 주는 방법은 두 축에 힘을 가하여 오른팔을 단순히 밀고 주관절을 신전시킴으로서 가능하다고 밝혔다.

<그림 7>은 클럽헤드의 가속도를 나타내고 있으며 클럽별 모두 비슷한 모습을 나타내고 있다. 가속은 처음에 서서히 증가 후 감소하고 미들스윙에서 증가를 시작하여 임팩트에서는 감소되는 모습을 나타낸다. 특히 임팩트에서는 클럽헤드가 많은 감속을 하고 있는 것으로 나타났다. stiff의 클럽에서 임팩트 이전에서 가장 높은 가속도를 보여주고 있다. 임팩트 이전에서 regular는 981.321m/s^2 , stiff는 987.144m/s^2 , 1074.24m/s^2 의 최대 가속도 값을 나타내었다. 피험자 f는 임팩트 이전에선 stiff한 클럽의 경우 손목의 가속을 높이는 것으로 나타났다.

Neal & Wilson(1985)의 연구결과에서 최대 가속도가 870m/s^2 와 비교하여 약간 높은 값을 보이고 있다.

IV. 결과 및 논의

본 연구는 3차원 영상분석에 의해 얻어진 클럽 샤프트(club shaft)의 특성에 따라 골프스윙의 운동학적(kinematics) 요인이 되는 스윙동작의 운동학적 변인 분석 결과를 나타내었으며 클럽의 특성에 따라 피험자가 어떻게 적응하는지 비교하고 보다 정확한 골프 스윙에 도움을 주고자 한다.

1. 본 실험은 클럽별로 시간을 정하지 않은 클럽에 적용해 나가는 실험의 결과로서 피험자 스스로 클럽의 특성에 따라 스윙의 속도를 달리 하기 때문에 스윙의 시간이 달라지며 <표 3>에서와 같이 어느 정도 클럽이 강성에 따라 스윙시간이 빨라지는 결과로 나타났다. 이것은 피험자가 샤프트가 강성(stiffness)에 따라 스윙 속도를 빨리 하게 되는 원인이 되는 것으로 생각된다.
2. 어깨의 각변위: <그림 2>에서 나타난 바와 같이 regular의 경우 임팩트에서 각속도를 계속 유지하고 있으며 stiff, x-stiff의 경우에는 어깨의 움직임이 임팩트에서 급격하게 감소되는 것을 알 수 있다. 이것은 팔의 동작과 클럽의 힘을 크게 하기 위한 동작으로 생각된다. 윤재백(1993)에 의하면 어깨관절의 각을 적게 하는 것이 정확성에 도움을 줄 것이라 하였으며 본 연구의 x-stiff에서 regular보다 적은 각을 보이고 있다.
3. 어깨의 각속도: <그림 3>에서 나타난 바와 같이 stiff할수록 각속도가 큰 감속하는 것으로 나타났다.

4. 손목의 속도: <그림 4>에서 regular 클럽의 경우 손목의 감속이 늦게 되고 임팩트에서 손목의 감속이 적게 하는 것으로 나타났으며 stiff와 x-stiff의 클럽에서 임팩트 시에 순간적인 감가속으로 인해 클럽의 속도를 증가시키고 있다. 임팩트 시에 손목의 감가속은 클럽헤드의 임팩트 시 속도를 증가시키는 결과를 보였다. regular 클럽의 경우 갑작스런 움직임이 적은 것으로 해석되며 stiff한 클럽의 경우 임팩트에서 더 크게 감가속이 일어나는 것을 알 수 있다. 이것은 클럽의 속도를 증가시키기 위한 손목의 감속을 하는 것으로 생각된다.
5. 손목의 가속도: <그림 5>에서 나타난 바와 같이 임팩트 이전에서 stiff한 클럽의 경우 손목의 가속을 높이는 것으로 나타났다.
6. 클럽헤드: Budney와 Bellow(1979)에 의하면 그라파이트(graphite) 드라이버는 일반 클럽보다 적은 힘으로 같은 클럽헤드 속도를 낸다고 하였으며 본 연구의 regular 클럽이 임팩트전에서 속도 증가가 커지는 결과와 일치된 결과를 보이고 있다. 이것은 샤프트 특성으로 인하여 속도의 증가로 생각되며 일반적으로 알려진 유연성이 많은 클럽이 속도 증가에 도움을 준다는 사실과 일치한다.

참 고 문 헌

- 홍우정, 김용이, 신용석 (2000). 드라이버 샤프트(shaft)의 길이 변화에 따른 골프 스윙의 3차원 운동학적 분석. 한국체육학회지, 39(4), pp.745-754.
- 윤재백, 박경실 (1993). 골프스윙 시 신체분절의 회전 각도와 볼의 수평 비행각도의 상관관계 분석. 한국체육학회지, 32(2), pp.273-288.
- Budney, D. R. & Bellow, D. G. (1979). A kinematic analysis of a golf swing. *Research Quarterly*, 50, pp.171-179.
- Cochran, A. & Stobbs(1968). The search for the perfect swing, J. B. Lippincott Philadelphia.
- Daish, C. B(1972). The physic of ball game. London: The English university. Press, pp.22-40.
- Golf Digest. (2000, March), pp.148-156.
- Hale, T., Bunyan, P. & Squires, S. (1998). Does it matter what driver you use?. In A. J. Cochran & M. R. Farrally (Eds.), *Science and Golf III: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf* (pp.563-567).
- Horwood, G. P. (1994). Golf shafts - a technical perspective. In A. J. Cochran & M. R. Farrally (Eds.), *Science and Golf II: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf* (pp.247-258).
- Milburn, P. D. (1982). Summation of segmental velocities in the golf swing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(1), 60-64. 1997. *Proceedings., Fourth Annual Conference*, pp.265-270.
- Neal, R. J. & Wilson, B. D. (1985) 3D Kinematics and kinetics of the golf swing. *International Journal of sport Biomechanics*, 1, pp.221-232.
- Newman, S., Clay, S. & Strickland, P. (1997). The dynamic flexing of a golf club shaft during a typical swing. *Mechatronics and Machine Vision in Practice*,
- Pelz, D. (1990). A simple, scientific, shaft test: steel versus graphite. In A. J. Cochran & M. R. Farrally (Eds.), *Science and Golf I: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf* (pp. 43-45).
- Plagenhoef, S.C., Evans, F. G. & Abdelnour, T.(1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2), pp.169-178.
- Vaughan, C. L. (1981). A three dimensional analysis of the forces and torques applied by a golfer during the downswing. In A. Morecki, K. Kedzior, & A. Wit(Eds.), *Biomechanics VII -B.*(pp.325-331). Balitmore: University Park Press.

ABSTRACT

Analysis of golf swing motion for specific properties of club shaft

Sung-Il Kim^{*} · Ky-Hyoung Kim^{**} · Hyung-Soo Kim^{***} · Hyun-Seob Lee^{***}
Jin-Uk Kim^{***} · Chan-Gyu Ahn^{***} · Hee-Jin Kim^{***}

The purpose of this study was to find the rational method to analyze golf swing with specific property of club shaft. Three subjects were filmed by two high speed digital cameras with 500 fps. The phase analyzed was downswing of each subject. The three-dimensional coordinates of the anatomical landmarks were obtained with motion analysis system Kwon3d 3.0 version and smoothed by lowpass digital filter with cutoff frequency 6Hz. From these data, kinematic and kinetic variables were calculated using Matlab(ver 5.0)

The variables for this study were angular velocities and accelerations, which were calculated and following conclusions have been made :

- 1) Golf swing time of stiff club is faster than that of regular club.
- 2) In shoulder joint motion of swing with the stiff club, x-stiff showed more rapid negative acceleration than that of regular club.
- 3) In regular club, the velocity of club head would be more effective velocity, which was increasing, than those of other clubs before impact.
- 4) In wrist joint motion of swing with stiff club, x-stiff club showed faster than regular club in the downswing, and impact more rapid negative acceleration.

key words : Club Shaft, golf Swing, motion analysis

Received in final form 9 November 2002

* Corresponding author, Graduate Student, Dept. of Physical Education College of Education Korea University 1,5ka, Anam-dong, Sungbuk-ku, Seoul, 136-701,

E-mail : kitasun@hanmail.net, Tel : 031-707-5683

** Dept. of Physical Education College of Education Korea University 1,5ka, Anam-dong, Sungbuk-ku, Seoul, 136-701,

*** Graduate Student, Dept. of Physical Education College of Education Korea University 1,5ka, Anam-dong, Sungbuk-ku, Seoul, 136-701,