



## 볼링의 운동학적 분석과 주요인 구조분석

이 경 일

### 국 문 요 약

본 연구는 볼링의 운동학적 변인들을 규명하고 변인들간의 관계를 분석하여 볼링의 운동학적 변인들에 대한 주요인 구조를 파악할 뿐 아니라 나아가 본 연구를 통하여 볼링 지도자와 볼러들에게 경기력 향상에 관한 유의한 자료를 제공하고자 한다. 볼링의 운동학적 변인을 분석하고 변인들간의 관계 및 중요 요인을 분석함으로써 볼러들과 지도자들에게 유의한 자료를 제공하기 위해 시도되었으며 프로 1명, 국가대표 2명, 일반 볼러 6명으로 선정하였으며 분석시 방향의 일치성을 위해 모두 오른손잡이로 선정하였다. 스트라이크 포켓 존(1-3번핀 사이)에 볼이 진입된 시기만을 선택하였으며 선택된 시기 가운데 스트라이크가 발생된 3회의 시기와 스트라이크가 발생되지 않은 3회의 시기로 총 54회의 시기 가운데 2회의 시기를 제외하고 52회의 시기를 선택하여 분석하였다. 볼링의 운동학적 변인들의 집단간 차이를 보기위한 t-test결과 x1(오른쪽 어깨 위치), x2(볼중심 위치), x4(볼중심 속도), x8(볼의 회전수), x9(손끝 위치), x10(손등위치), x11(손끝 속도), x12(손등 속도), x13(손등 각도)는 집단간 유의한 차이가 나타났지만, x3(오른쪽 어깨 속도), x5(오른쪽 손목 각도), x6(오른쪽 어깨 각도), x7(소요시간)은 집단간 유의한 차이가 나타나지 않았다. x8(볼의 회전수)의 경우 우수집단이  $12.25 \pm 0.90$ , 비우수집단이  $8.39 \pm 1.88$ 로 집단간 평균차는 3.86이며  $p < .001$ 수준에서  $t = 7.48$ 로 유의한 차이가 나타났다. 요인점수는 관측대상이 각 변수에 대해 회답한 결과를 요인별 가중치를 이용하여 요인 공간상의 점수로 변환시켜 연구자가 각 관측대상의 요인 공간상의 위치를 파악할 수 있게 해준다.

주제어 : 볼링, 운동학적 분석, 구조분석

이 논문은 2001년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

2002년 11월 8일(금) 접수

\* Corresponding author, 교수, 501-759, 광주시 동구 서석동 375번지 조선대학교 체육대학 체육학부  
연락처 : lki7429@mail.chosun.ac.kr

## I. 서 론

고대 이집트에서 7000년 이상 된 볼링의 원형이라 추측되는 목재의 볼과 핀의 발골을 시초로 볼링은 문명의 발달, 꾸준한 경제 성장과 더불어 장비가 기계화·과학화 되면서 좁은 공간에 설치할 수 있게 되었고 우리 주변에서 쉽게 찾아갈 수 있는 여가 스포츠로서 각광받고 있다. 건강을 위한 신체활동에는 여러 가지가 있으며 모든 운동마다 장점도 있으나 한가지만으로 종합적인 효과를 얻기가 매우 어렵고 계절, 장소, 시설, 용구등의 제한점으로 인하여 지속적인 운동이 불가능한 경우가 많으며 이러한 관점에서 볼 때 볼링은 대중적인 요소와 레저를 겸한 경기 스포츠로서의 다양한 기능을 보유하고 있다. 1895년 미국볼링협회(ABC : America Bowling Congress)가 창설되어 볼링경기가 체계화되기 시작할지 50년이 지났고 PBA(Pro-Bowling Association)가 발족되어 20여년이 지났다. 또한 국내에서도 1995년 KPBA(Korea Pro-Bowling Association)가 창설되었고 1996년 Pro-Tour가 시작되어 볼링이 폭넓은 저변확대를 가져왔다. 경기스포츠로서 볼링은 '86년 서울 아시안게임에서 정식종목으로 채택된 이후 '94년 히로시마 아시안게임, '98년 방콕아시안 게임, 2002년 부산아시안 게임과 세계선수권 대회에서 괄목할 만한 성적을 거두었다. 그러나 이러한 성장과 발전에도 불구하고 볼링의 경기력 향상에 관한 연구는 매우 부진한 실정이다.

볼링에 관한 선행연구들을 살펴보면 Broer(1960)는 볼링경기에서는 볼의 속도보다 방향조절능력이 더 중요하다고 하였으며 Larry(1996)는 볼 무게와 스트라이크 발생확률의 관계에 관한 연구에서 스트라이크의 발생확률에 크게 영향을 미치는 것은 볼의 무게보다는 볼의 입사각도의 영향을 더 받게 되며 스트라이크 확률에 대한 입사각도의 의존도가 높다고 하였다. 국내연구에서 이기청(1990)은 볼링의 투구동작 패턴에 관한 연구에서 릴리스 순간 상체는 앞으로 내딛는 발과 거의 직각을 유지하고 볼을 든 반대쪽으로 약 20도 정도 기울이며, 투구하는 팔의 상완은 바닥과 거의 수직인 상태를 유지하는 것으로 나타났다고 하였다. 김재필(1998)을 볼링의 투구 스타일에 따른 투구동작의 차이점과 투구한 볼의 운동을 규명하는 연구에서 릴리스한 볼의 구간별 회전수는 전구간에서 P.B.M(파워 볼링 모션)이 C.B.M(클래식 볼링 모션)보다 많게 나타났다고 하였다.

강상조(1986)는 경기종목과 관련하여 체격, 체력요인이 경기종목의 변별력에 미치는 효과에 관한 연구를 수행하였다. 또한 종목별 경기력 결정에 관한 연구는 송영호(1993), 김복주(1996), 이종경(1996)과 차정훈(1997)등 많은 연구가 수행되었으며 이는 운동기능 요인의 구조적 변화와 체력요인의 구조적 요인 분석에 많은 도움을 주었다.

그러나 이러한 선행연구들은 대부분이 운동역학적 변인의 분석이나 체격·체력에 관한 연구에 한정됨으로써 변인들간의 관계를 분석하고 경기력 수행에 미치는 주 요인에 대한 구조를 파악하는 연구는 매우 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 볼링의 운동학적 변인들을 규명하고 변인들간의 관계를 분석하여 볼링의 운동학적 변인들에 대한 주요인 구조를 파악할 뿐 아니라 나아가 본 연구를 통하여 볼링 지도자와 볼러들에게 경기력 향상에 관한 유익한 자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상은 프로 1명, 국가대표 2명, 일반 볼러 6명으로 선정하였으며 분석시 방향의 일치성을 위해 모두 오른손잡이로 선정하였다. 또한 이 연구를 위하여 선택된 시기는 스트라이크 포켓 존(1-3번핀 사이)에 볼이 진입된 시기만을 선택하였으며 선택된 시기 가운데 스트라이크가 발생된 3회의 시기와 스트라이크가 발생되지 않은 3회의 시기로 총 54회의 시기 가운데 2회의 시기를 제외하고 52회의 시기를 선택하여 분석하였다.

### 2. 실험 및 분석장비

본 연구는 볼링 투구동작을 촬영하여 여러 가지 변인을 분석하기 위한 것으로 실험에 사용된 도구는 크게 2가지로 나누며, 이는 촬영장비와 분석장비로서 다음과 같다.

표 1. 실험장비

	종 류	모 델	용 도
촬영장비	High Speed Video Camera, VCR, Time Trigger, 통제점 틀	Peak HSC 180-NM Panasonic AG-7400	투구동작 재생기, 동조, 공간좌표설정
분석장비	Video Digitizing System, 컴퓨터	S-VHS VCR (Panasonic AG-7400)	좌표화, 자료계산 및 산출

### 3. 실험 절차

본 연구는 볼링 투구동작을 촬영하기 위해 국제공인 규격을 갖추고 있는 B시의 S볼링장에서 실시하였다. 투구형태를 촬영하기 위하여 초당 180프레임 카메라 2대를 설치하여 라인 위에서 직접 실시하였으며 이때의 카메라는 대상자로부터 약 5M 떨어진 곳에서 촬영하였다. 카메라의 높이는 투구 장면이 잘 포착되는 높이에 고정을 시켰고 카메라의 위치 또한 투구동작이 잘 포착되는 지점에 설치하였다. 또한 라인상의 볼에 관한 운동학적 자료를 추출하기 위하여 초당 60프레임의 카메라 2대를 설치하였다.

DLT 통제점 군의 3차원 좌표를 설정하기 위하여 각 국면이 전체적으로 관찰될 수 있는 범위를 설정하여 각각의 통제점 틀을 설치하고, 4대의 카메라를 약 10초간 작동시켜 통제점 군의 좌표화를 위한 자료를 얻은 후 통제점 틀을 제거하고 본 촬영에 착수하였다.

#### 4. 국면분석

본 연구의 분석구간은 투구동작시 가장 중요하다고 생각되는 릴리스시점부터 볼이 핀과 임팩트되어 핀의 리바운드가 종료될 때까지

- ① 1단계:rl(release) - 스윙하는 팔이 포워드스윙 되어 볼이 릴리스 될 때
- ② 2단계:ft(follow through) -스윙하는 손이볼과 릴리스 된 후 지면과 평행이 될 때
- ③ 3단계:hp(hooking point) - 볼이 레인과 접촉되는 시점부터 훅킹 포인트를 통과하는 시점까지
- ④ 4단계:ip(impact) - 볼이 훅킹 포인트를 통과하는 시점부터 핀과 임팩트 되기 직전까지
- ⑤ 5단계 - 볼과 핀이 임팩트 되는 시점부터 핀의 리바운드가 종료될 때까지

#### 5. 자료분석방법

본 연구의 자료 분석 방법은 운동역학적 변인들의 자료를 산출하기 위하여Kwon3D Motion Analysis Package Version 2.1 Program(Kwon, 1996)를 사용하였으며, 분석된 변인들의 자료처리를 위하여 MS Excel 2000과 SPSS 10.0 통계program을 사용하여 분석을 하였다.

또한 분석된 변인들의 통계처리는 t-test와 요인구조분석을 실시하였다.

### Ⅲ. 결과 및 논의

본 연구는 볼링의 운동역학적 변인을 분석하기 위하여 영상분석을 시도하였으며 결과와의 관계 그리고 결과에 미치는 변인들의 주요인과 설명력의 정도를 규명하고자 요인분석을 시도하였다. 요인분석은 변수간의 상관행렬로부터 공통요인을 추출하여, 공통요인을 이용함으로써 변수간의 상관관계를 설명하고 공통요인과의 관계에 의해서 각 변수의 성질을 간결한 형태로 기술하는 것이다. 또한 요인분석의 결과를 변수나 관측대상의 분류를 위하여 사용한다. 특히 주성분 분석은 해석하고자 하는 다차원의 데이터를 포함시켜 정보의 손실을 가능한 적게 해서 2차원 혹은 3차원의 데이터로 축약하는 방법으로 유의수준 .05에서  $r=0.5$ 이상의 상관관계를 가지는 변인만을 분석하였다.

#### 1. 볼링 운동학적 변인의 집단(우수-비우수)간 차이

볼링 경기력에 영향을 미치는 13개 변인들의 집단간 차이는 <표 2>와 같다. 운동학적 변인들에 대한 집단간 차이는 x1(오른쪽 어깨 위치)는 우수집단이  $2.14 \pm 0.10$ , 비우수집단이  $2.02 \pm 0.08$ 로  $p < .001$

표 2. 볼링의 운동학적 변인에 대한 집단(우수-비우수)간 차이분석(t-test)

집단 \ 요인	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	
우수	M	2.14	2.18	1.90	8.17	162.12	57.44	2.16	12.25	2.16	2.14	9.68	8.58	137.16
	SD	0.10	0.11	0.58	0.52	8.62	11.90	0.13	0.90	0.12	0.13	1.82	1.19	13.44
비우수	M	2.02	2.07	1.69	7.71	164.06	54.24	2.19	8.39	2.06	2.04	8.51	7.36	151.34
	SD	0.08	0.09	0.37	0.37	10.76	13.25	0.07	1.88	0.08	0.08	0.68	0.54	13.28
t	3.84	3.21	1.25	3.04	-0.57	0.74	-0.87	7.48	2.87	2.93	2.54	3.91	-3.09	
p	.001	.003	.219	.005	.570	.467	.390	.000	.007	.006	.016	.000	.004	
평균차	.13	.11	.21	.46	-1.94	3.20	-.03	3.86	.10	.10	1.17	1.22	-14.18	

- X1: 오른쪽 어깨 위치                      X2: 볼중심 위치                      X3: 오른쪽 어깨 속도                      X4 : 볼중심 속도
- X5: 오른쪽 손목 각도                      X6: 오른쪽 어깨 각도                      X7: 소요시간 (레인상의 볼)                      X8: 볼 회전수
- X9: 손끝위치                      X10: 손등 위치                      X11: 손끝 속도                      X12: 손등 속도
- X13: 손등각도

수준에서 t값이 3.84로 유의한 차이가 나타났다. x2(볼중심 위치)는 우수집단이 2.18±0.11, 비우수집단이 2.07±0.09로 p<.05수준에서 t값이 3.21로 유의한 차이가 나타났다. x3(오른쪽 어깨 속도)는 우수집단이 1.90±0.58, 비우수집단이 1.69±0.37로 p>.05수준에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. x4(볼중심 속도)는 우수집단이 8.17±0.52, 비우수집단이 7.71±0.37로 p<.05수준에서 t값이 3.04로 유의한 차이가 나타났다. x5(오른쪽 손목 각도)는 우수집단이 162.12±8.62, 비우수집단이 164.06±10.76로 p>.05수준에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. x6(오른쪽 어깨 각도)는 우수집단이 57.44±11.90, 비우수집단이 54.24±13.25로 p>.05수준에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. x7(소요시간)는 우수집단이 2.16±0.13, 비우수집단이 2.19±0.07로 p>.05수준에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. x8(볼의 회전수)는 우수집단이 12.25±0.90, 비우수집단이 8.39±1.88로 p<.001수준에서 t값이 7.48로 유의한 차이가 나타났다. x9(손끝 위치)는 우수집단이 2.16±0.12, 비우수집단이 2.06±0.08로 p<.05수준에서 t값이 2.87로 유의한 차이가 나타났다. x10(손등 위치)는 우수집단이 2.14±0.13, 비우수집단이 2.04±0.08로 p<.05수준에서 t값이 2.93으로 유의한 차이가 나타났다. x11(손끝 속도)는 우수집단이 9.68±1.82, 비우수집단이 8.51±0.68로 p<.05수준에서 t값이 2.54로 유의한 차이가 나타났다. x12(손등 속도)는 우수집단이 8.58±1.19, 비우수집단이 7.36±0.54로 p<.001수준에서 t값이 3.91로 유의한 차이가 나타났다. x13(손등각도)는 우수집단이 137.16±13.44, 비우수집단이 151.34±13.28로 p<.05수준에서 t값이 -3.09로 유의한 차이가 나타났다.

이와같이 x1(오른쪽 어깨 위치), x2(볼중심 위치), x4(볼중심 속도), x8(볼의 회전수), x9(손끝 위치), x10(손등위치), x11(손끝 속도), x12(손등 속도), x13(손등 각도)는 집단간 유의한 차이가 나타났지만, x3(오른쪽 어깨 속도), x5(오른쪽 손목 각도), x6(오른쪽 어깨 각도), x7(소요시간)은 집단간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 x8(볼 회전수)의 경우 집단간 평균차가 3.86으로, x13(손등각도)의 경우 -14.18로 큰 차이가 나타났다. 따라서, 볼링의 운동학적 변인들 중 x8(볼 회전수)와 x13(손등각도)는 경기력 향상에 큰 의의가 있을 것으로 사료된다.

## 2. 주성분 분석을 이용한 볼링의 운동학적 요인 구조

### 1) 운동학적 변인의 상관관계

요인분석은 변수간의 상관관계가 중요하므로 볼링의 운동학적 변인들 중 유의수준 .01에서  $r = .5$ 이상의 상관이 있는 변인들만을 가지고 분석하였다.

표 3. 표본상관행렬

요 인	x1	x2	x3	x9	x10	x11
x1	1.000					
x2	.891**	1.000				
x3	.070	.040	1.000			
x9	.893**	.979**	.095	1.000		
x10	.913**	.976**	.117	.991**	1.000	
x11	.241	.185	.575**	.243	.237	1.000

\*\*  $p < .01$

볼링 경기력에 영향을 미치는 6개의 변인들에 대한 표본상관행렬은 <표 3>과 같다. 변인들에 대한 상관관계를 살펴보면 모든 변인이  $r = .5$ 이상의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 이들 변인들 중 x1(오른쪽 위치)는 x2(볼 중심 위치)와  $r = .89$ , x9(손끝위치)와  $r = .89$ , x10(손등위치)과는  $r = .91$ 의 아주 높은 정상관이 나타났다. x2(볼중심 위치)는 x9(손끝위치)과  $r = .97$ , x10(손등위치)과는  $r = .97$ 의 아주 높은 정적 상관이 나타났다. x3(오른쪽 어깨 속도)는 x11(손끝속도)과  $r = .57$ 의 다소 높은 상관이, x9(손끝위치)는 x10(손등위치)과  $r = .99$ 의 아주 높은 정적 상관이 나타났다. 따라서, x1(오른쪽 어깨 위치), x2(볼중심 위치), x3(오른쪽 어깨 속도), x9(손끝위치), x10(손등위치), x11(손끝속도)의 변인들을 가지고 주성분분석 방법을 이용한 요인분석을 시도하였다.

### 2) 운동학적 변인들의 요인구조

요인분석에 의하여 추정된 고유값은 <표 4>와 같다. 고유값은 그 요인이 설명하는 분산의 양을 나타내므로 이 값이 큰 요인이 중요한 요인으로 설명될 수 있다.

표 4. 고유값

	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	전체	%분산	%누적	전체	%분산	%누적
1	3.916	65.258	65.258	3.916	65.258	65.258
2	1.498	24.792	90.230	1.498	24.972	90.230
3	.415	6.915	97.146			
4	.141	2.344	99.489			
5	.024	.392	99.882			
6	.007	.118	100.000			

요인분석 결과 제 1요인의 고유값은 3.916으로 설명 분산량은 65.258%, 제 2요인의 고유값은 1.498

로 설명 분산량은 24.972%로 나타났으며 총 분산량은 90.230%를 차지하고 있다. 따라서 정보량을 소수의 요인에 모으는 것이 요인분석의 목적이므로 정보량이 1보다 작은 요인은 무시하고 제 1요인과 제2요인을 선택하는 것이 적절하다고 판단된다.

회전 전의 성분행렬은 <표 5>와 같다. 성분행렬의 각 수치는 회전시키기 전의 요인부하량(factor loading)을 나타내고 있다. 분석결과에 의하면 요인(성분)1에 대해서는 x1, x2, x9, x10의 부하량이 하나의 공통적인 특성을 가지고 있으며, 요인2에 대해서는 x3, x11의 부하량이 하나의 공통적인 특성을 가지고 있다.

여기에서 각 변수의 공통성(communality)은 요인1과 요인 2에 대한 적재량의 제곱합에 의해 구할 수 있으며 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 x1 : (0.940)^2 \times (-0.098)^2 &= 0.893 & x2 : (0.972)^2 \times (-0.160)^2 &= 0.970 \\
 x3 : (0.174)^2 \times (-0.880)^2 &= 0.804 & x9 : (0.984)^2 \times (-0.096)^2 &= 0.977 \\
 x10 : (0.988)^2 \times (-0.087)^2 &= 0.983 & x11 : (0.336)^2 \times (-0.820)^2 &= 0.785
 \end{aligned}$$

표 5. 회전전의 성분행렬

요인	성분	성분	
		1	2
x1		.940	-9.8E-02
x2		.972	-.160
x3		.174	.880
x9		.984	-9.6E-02
x10		.988	-8.7E-02
x11		.336	.820
X1: 오른쪽 어깨 위치		X2: 볼중심 위치	X3: 오른쪽 어깨 속도
X9: 손끝위치		X10: 손등 위치	X11: 손끝 속도

전반적으로 두 요인에 의한 공통성(설명정도)이 70%이상으로 매우 높게 나타났다. 따라서 현재 요인분석에 의한 분석은 전체적인 공통성이 90%이며, 각 변수에 대한 공통성은 70%이상으로 매우 높게 나타났다. 요인의 해석을 돕기 위해 변수의 설명축인 요인들을 회전시켰으며 <표 6>은 베리맥스의 직각회전방식에 의한 회전 결과이다.

표 6. 회전된 성분행렬

요인	성분	성분	
		1	2
x1		.940	9.140E-02
x2		.985	3700E-02
x3		-5.1E-03	.897
x9		.983	.102
x10		.986	.111
x11		.166	.870
X1: 오른쪽 어깨 위치		X2: 볼중심 위치	X3: 오른쪽 어깨 속도
X9: 손끝위치		X10: 손등 위치	X11: 손끝 속도

분석결과에 의하면 요인 1에서 요인 부하량이 0.9 이상 나타난 변인은 X1, X2, X9, X10이고 요인 2에서 요인 부하량이 0.8이상 나타난 변인은 X3, X11로 나타났다. 따라서 제 1요인의 경우 “위치요인”으로 해석함이 타당할 것이며 제 2요인의 경우 “속도요인”으로 해석함이 타당할 것으로 사료된다.

두 요인중 요인 1인 위치요인이 요인 2인 속도요인 보다 더 중요하다는 것은 고유값을 통해 알 수 있다. <그림 1>은 회전 공간의 성분도표이다. 두 개인 요인에 의해 구성된 2차원 공간에 5개의 변인들이 위치하고 있다. 여기에서 X1, X2, X9, X10의 요인 1과 X3, X11의 요인 2는 서로 다른 위치에 있음을 알 수 있다.

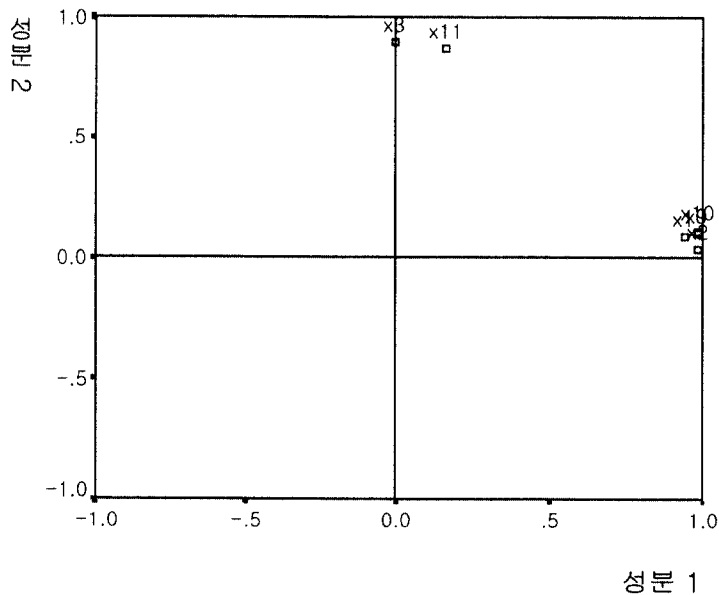


그림 1. 회전공간의 성분도표

<표 7>은 성분점수 계수행렬을 나타낸 것이다. 요인점수는 관측대상이 각 변수에 대하여 회답한 결과를 요인별 가중치를 이용하여 요인 공간상의 점수로 변환시켜 연구자가 각 관측대상의 요인 공간상의 위치를 파악할 수 있게 한다

따라서, 각 개체들의 요인 점수는 다음과 같다.

$$\text{요인 1의 점수} = (0.248)X_1 + (0.265)X_2 + (-0.074)X_3 + (0.259)X_9 + (0.259)X_{10} + (-0.025)X_{11}$$

$$\text{요인 2의 점수} = (-0.016)X_1 + (-0.055)X_2 + (0.584)X_3 + (-0.013)X_9 + (-0.007)X_{10} + (0.553)X_{11}$$

요인 1의 점수는 X1, X2, X9, X10의 값이 높을수록 큰 값을 갖고, 요인 2의 점수는 X3와 X11의 값이 높을수록 큰 값을 갖게 된다.



표 7. 성분점수 계수 행렬

요인 \ 성분	성분	
	1	2
x1	.248	-.016
x2	.265	-.055
x3	-.074	.584
x9	.259	-.013
x10	.259	-.007
x11	-.025	.553
성분점수 공분산 행렬		
성분	1	2
1	1.000	.000
2	.000	1.000

### IV. 결 론

본 연구는 볼링의 운동학적 변인을 분석하고 변인들간의 관계 및 중요 요인을 분석함으로써 볼러들과 지도자들에게 유익한 자료를 제공하기 위해 시도되었으며 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 볼링의 운동학적 변인들의 집단간 차이를 보기위한 t-test결과 x1(오른쪽 어깨 위치), x2(볼중심 위치), x4(볼중심 속도), x8(볼의 회전수), x9(손끝 위치), x10(손등위치), x11(손끝 속도), x12(손등 속도), x13(손등 각도)는 집단간 유의한 차이가 나타났지만, x3(오른쪽 어깨 속도), x5(오른쪽 손목 각도), x6(오른쪽 어깨 각도), x7(소요시간)은 집단간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

둘째, x8(볼의 회전수)의 경우 우수집단이 12.25±0.90, 비우수집단이 8.39±1.88로 집단간 평균차는 3.86이며 p<.001수준에서 t = 7.48로 유의한 차이가 나타났다. 또한 x13(손등각도)의 경우 우수집단이 137.16±13.44, 비우수집단이 151.34±13.28로 집단간 평균차는 -14.18이며 p<.05수준에서 t값이 -3.09로 유의한 차이가 나타났다. 따라서, 라인에서의 볼의 회전수가 많을수록 유리하며 손등각도 역시 볼링 경기력에 큰 영향을 미칠 것이다.

셋째, 볼링경기에 영향을 미칠 것으로 사료되는 13개의 요인 중 r=.5이상의 높은 상관성이 있는 요인들은 x1(오른쪽 어깨 위치), x2(볼중심 위치), x3(오른쪽 어깨 속도), x9(손끝위치), x10(손등위치), x11(손끝 속도)로 나타났으며 요인분석 결과 고유값이 1이상인 두개의 주요인이 추출되었으며 이 두 요인의 정보량(누적비율)은 90.2%로 매우 높게 나타났다. 추출된 요인에서 제 1요인에는 x1(오른쪽

어깨 위치), x2(볼중심위치), x9(손끝위치), x10(손등위치)이 높은 관련성이 있으며, 제 2요인에는 x3(오른쪽 어깨 속도), x11(손끝속도)이 높은 관련성이 있다. 따라서 제 1요인은 “위치요인”으로 제 2요인은 “속도요인”으로 분류된다.

넷째, 요인점수는 관측대상이 각 변수에 대해 회답한 결과를 요인별 가중치를 이용하여 요인 공간상의 점수로 변환시켜 연구자가 각 관측대상의 요인 공간상의 위치를 파악할 수 있게 해준다. 각 요인의 요인점수를 구하기 위한 추정식은 다음과 같다.

$$\text{요인 1의 점수} = (0.248)X_1 + (0.265)X_2 + (-0.074)X_3 + (0.259)X_9 + (0.259)X_{10} + (-0.025)X_{11}$$

$$\text{요인 2의 점수} = (-0.016)X_1 + (-0.055)X_2 + (0.584)X_3 + (-0.013)X_9 + (-0.007)X_{10} + 0.553)X_{11}$$

따라서, 요인 1의 점수는 X1(오른쪽 어깨 위치), X2(볼중심위치), X9(손끝위치), X10(손등위치)의 값이 높을 수록 큰 값을 갖고, 요인 2의 점수는 X3(오른쪽 어깨 속도)와 X11(손끝 속도)의 값이 높을 수록 큰 값을 갖게 된다.

## 참 고 문 헌

- 강상조, 조정환 (1986). 아시안게임 입상자 경기력 결정요인분석. 스포츠과학연구과제 종합 보고서 (II). pp.89-156.
- 김복주 (1996). 육상중장거리선수들의 지구성 운동능력의 경기력 요인과 경기력간의 상관관계. 한국 체육대학교 논문집. 19. pp.117-128.
- 김재필 (1998). 클래식 볼링모션과 파워 볼링모션의 운동학적 비교. 전남대학교 대학원 박사학위논문.
- 노형진 (2001). 한글 SPSS 10.0에 의한 조사방법 및 통계분석. 서울 : 형설출판사.
- 류지선 외 2명 (1998). 볼링 5스텝 투구동작의 운동학적 분석. 한국 체육학회지.
- 송영호 (1993). 체력요인에 의한 배드민턴종목의 경기력 결정요인 분석. 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.
- 이경일 (1998). 볼링의 운동역학적 분석. 국민대학교 대학원 박사학위논문.
- 이기청 (1990). 볼링 투구동작의 모형에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 이중경 (1996). 체력요인에 의한 핸드볼종목의 경기력 결정요인 분석. 서강대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 차정훈 (1997). 체력요인에 의한 테니스 종목의 경기력 결정요인 분석. 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.
- Broer, M. R. (1960). Efficiency of Human Movement. Philadelphia : W.B.S aunder CO.
- Joan L. Martin & Ruth E. Tandy (1994). Bowling seventh edition. Wm. C. Brown Publishers.
- Kwon, Y. H. (1993). KWON3D Motion Analysis Package Version 2.1, User's Reference Manual. Technical document.
- Larry. V. (1996). Bowling Magazine, New York, Bowling Magazine Co.
- Pollock, M. L, Jackson, A. S., & Rate, R. R. (1980). Discriminant analysis of physical differences between good and elite distance runners. Research Quarterly, 51. pp.521-532.
- Professional Bowlers Association. (1994). "Guide to Better Bowling", New York : Simon and Schuster.
- Robert H. Strickland(1996). Bowling Step to Success(1.2). Human Kinetics.

## ABSTRACT

### An analysis of Factorial structure of Kinematic variables in Bowling

Kyung-Il Lee

This study was attempted to identify changeability of the factorial structure of kinematic analysis in bowling. Subjects of group composed of three groups : Higher bowlers who are national representative bowlers with 200 average point and one pro-bowler. Middle bowlers who are three common persons with 170 average points. Lower bowler who are three common persons with 150 average points.

Motion analysis on throw motion in three groups respectively has been made through three-dimension cinematography using DLT method. Two high-speed video camera at operating 180 and 60 frame per secondary. T-test and factorial structure analysis has been used to define variable relations. It was concluded that :

1. The difference of x1, x2, x4, x8, x9, x10, x11, x12, x13 where significant between two group.
2. The difference of number of spin and angle of the back-hand where statistically significant between two group ( $p < .001$ ,  $p < .05$ )
3. The correlation over  $r = .5$  between the kinematic data was x1, x2, x3, x9, x10, x11.

In the rotation loading matrix Factor 1 was x1, x2, x9, x10 and Factor 2 relates to x3, x11.

4. In order to obtain the factor score as follow as ;

$$\text{Factor 1} = (0.248)X_1 + (0.265)X_2 + (-0.074)X_3 + (0.259)X_9 + (0.259)X_{10} + (-0.025)X_{11}$$

$$\text{Factor 2} = (-0.016)X_1 + (-0.055)X_2 + (0.584)X_3 + (-0.013)X_9 + (-0.007)X_{10} + 0.553)X_{11}$$

*key words : Bowling, Kinematic variables, Factorial structure, analysis*

---

*Received in final form 8 November 2002*

\* Corresponding author, Professor, Division of Physical Education, College of Physical Education, 375 Susuk-dong, Dong-gu, Gwangju, 501-759, Korea College of Physical Education Chosun University  
E-mail : lki7429@mail.chosun.ac.kr