야구 타격시 숙련자와 미숙련자의 족저압력 분석

문원호¹ · 이종숙² · 김창현¹ · 장영민¹ · 정진우³

¹신라대학교 대학원 체육학부 · ²신라대학교 의생명과학대학 체육학부 · ³동아대학교 의과대학 응급의학교실

Plantar Pressure in Skilled and Unskilled Players during Baseball Batting

Won-Ho Moon¹ · Joong-Sook Lee² · Chang-Hyun Kim¹ · Young-Min Jang¹ · Jin-Woo Jeong³

¹Division of Physical Education, Graduate School of Silla University, Busan, Korea

²Division of Physical Education, College of Medical and Life Sciences, Silla University, Busan, Korea

³Department of Emergency Medicine, College of Medicine, Dong-A University, Busan, Korea

Received 01 December 2012; Received in revised form 20 March 2013; Accepted 25 March 2013

ABSTRACT

This study examined 24 right-handed amateur baseball players. Twelve who had played baseball for more than 6 years were grouped as skilled players, while 12 who had played for 1-3 years were the unskilled player group. The swing motion was divided into four event phases: stance, backswing, impact, and follow-through. The mean and maximum plantar pressure, center of pressure, and ground reaction force were measured during each event phase. The mean and standard deviations for each variables were calculated and differences were validated with the independent sample *t*-test. A *p*-value <0.05 was considered statistically significant. The results were as follows. 1) The ideal stance is a stable, balanced position with more than 65% of weight on the right foot. There was significant difference in mean left plantar pressure, while the maximal plantar pressure and mean right plantar pressure did not differ significantly. 2) The effective backswing of a skilled player is comprised a rightward shift in weight to build maximum energy. More than 90% of the weight was on the right foot. There was a significant difference in the mean left plantar pressure, while the maximal plantar pressure and mean right plantar pressure did not differ significantly. 3) For an effective impact, a rapid shift in weight to the left foot is essential, so that a power hit is obtained. Significant difference in the mean and maximum plantar pressures of both feet were observed. 4) Follow-through requires weight balance, more on the right than the left, without leaning leftward. There was no significant difference in the mean or maximum plantar pressure. 5) The center of plantar pressure should move from the center of the foot to the toe. 6) The analyses of the ground reaction force suggest that a good swing involves a gradual shift in weight to the right side and a rapid leftward shift at impact. Good balance, with the center of gravity on the right side at follow-through, is also required.

Keywords : Baseball Players, Plantar Pressure, Ideal Stance, Power Hit, Effective Backswing

I. 서 론

야구는 많은 선수 및 동호인에 의해서 매우 광범위하게

인식된 종목으로 던지고, 치고, 받고, 달리는 인간의 기본 운동 패턴을 모두 내포하고 있으며, 그 경기방식도 선수 개개인의 기능이 부각되는 동시에 단체로서의 팀워크가 요구되는 스포츠로 인기가 높다(Bae, 1992). 한국 프로야구는 1982년 출범하여 짧은 역사에도 WBC 준우승, 2008 베이징올림픽 금메달 획득 등 인기 있는 스포츠이다(Kim, 2008).

국내외 선행연구로는 Nam과 Eun(2007)의 배트 빠르기는 보다 강력한 볼을 칠 수 있도록 해준다고 보고하였으며, 배트의 스윙 속도를 증가시키기 위해서는 하체를 이용

본 논문은 문원호(2012)의 석사 학위논문 중 일부를 발췌하였음.
Corresponding Author : Joong-Sook Lee
Division of Physical Education, College of Medical & Life Sciences
Silla University, Street 100 Gwaebup-dong, Sasang-gu, Busan, Korea
Tel : +82-51-999-5064 / Fax : +82-51-999-5576
E-mail : jslee@silla.ac.kr

Table 1. General characteristics of the subjects

Subjects	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	Career(yrs)
skilled (<i>M</i> ± <i>SD</i>)	36.42±3.83	178.1±6.07	77.6±8.44	10.6±5.04
unskilled (<i>M</i> ± <i>SD</i>)	33.71±6.88	175.0±8.25	82.9±10.88	2.2±0.94

Table 2. Experimental measurement equipments

Measuring Tools	Model	Purpose	Quantity	Makers
Pitching machine	BATA2	Pitching	1	Baseball world
Foot pressure measuring device	pedar-x	Plantar pressure measurements	1	Novel
Digital video camera	HDR-CX560	Video shoot	1	Sony

한 허리 회전을 축으로 하는 각 분절들의 운동량 전이가 이루어져야 하고 각 분절들의 협응이 중요하다(Hay, 1993 ; Flyger, Button & Rishiraj, 2006))고 보고하였으며, 운동학적 변인과 지면반력이나 토크에 대한 분석들은(Shapiro, 1979 ; Messier & Owen, 1985 ; Kinoshita & Yosida, Back & Park, 2008) 등에 의해 연구가 수행되었다.

야구에서 가장 중요한 기초기술은 크게 투구(pitching)와 배팅(batting)이다. 야구의 기초에 근거하여 코치와 감독들은 배팅동작을 스탠스(stance), 스트라이드(stride), 팔로우스로(follow-through)로 구분하고 각 동작을 지도자들 나름대로 일정한 패턴에 따라 지도하고 있다. Hay(1973)는 배트의 스윙 동작을 빠르게 시작하거나 홈 플레이트 앞에서 볼을 임팩트 할 때 같은 위치와 방향으로 볼을 타격할 수 있으며, 배트의 스윙을 늦게 하거나 홈플레이트 위를 볼이 지날 때 임팩트하면 전술한 내용과 반대의 위치로 볼을 타격할 수 있다고 했다. 투수가 던진 볼은 홈플레이트를 통과하기까지 0.4~0.5초가 소요되는데, 1/100초의 차이에 따라 타구의 방향이 결정된다(Kevin, Stephanie, Robert & Keith, 2010).

인체분절들의 조화로운 협응동작에 의해 운동량을 발생시키는 기전이 밝혀졌을 때 배팅기술에 대한 과학적인 설명이 가능해질 수 있지만 현재 타격 동작에 관한 연구가 부족하므로 타격 동작에 운동역학적인 연구의 필요성이 있다.

따라서 이 연구의 목적은 야구의 타격 동작 시 숙련자들과 미숙련자들의 좌우발의 족저압력 측정을 통해 평균 족저압력(mean plantar pressure), 최대족저압력(maximum plantar pressure), 족저압력 중심이동(shift of the center of pressure)과 지면반력(ground reaction force)을 분석하여 숙련자들과 미숙련자들의 체중 이동 방법에 대한 족저압력의 변화를 과학적으로 비교 분석하여 현장에서 지도자들이나 선수들이 활용할 수 있는 야구의 운동역학적인 기초자료를 제공하는 데 있다.

Figure 1. Experimental equipments

II. 연구방법

1. 연구대상

연구대상자는 부산광역시 사회인야구 활동을 하는 야구 선수 출신들과 비선수 출신들을 모두 오른손잡이로 선발하였다. 여기서 숙련자 그룹은 중·고등학교 또는 대학교까지 6년 이상 야구선수경력 또는 타격부문 입상경력이 있는 12명으로 선정하였으며, 미숙련자 그룹은 초보자가 아닌 사회인야구 경력이 1년 이상 3년 미만으로 아마추어 야구를 즐기는 12명으로 선정하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

2. 실험장비

족저압력과 중심이동경로 그리고 지면반력 등은 Novel사의 Pedar-x System을 사용하여 측정하였고, 이벤트별 동작 상황을 동조시키기 위해 Digital Video Camera로 실험장면을 촬영하였으며, 실험 측정 장비는 <Figure 1, Table 2>와 같다.

Table 3. Experimental design

Item	Contents	Note
Warming-up	1. Stretch 2. Baseball batting(20 times)	Practice batting
Set up the camera	Shoot betting action photography	Entire body
Set up the laptop and other measurement equipment	Camera was installed within 14m from Pitcher point	Arranging the measurement equipment
Tool wear	1. Belts 2. My shoe™ insole Sensor Insert	Left : X.1994L Right : X.1996R
Betting	More than 5 times free throw per subject	Hits

Figure 2. Experimental setup

Figure 3. Experimental setup

3. 실험방법

1) 실험과정

모든 연구대상자에게 실험 전에 본 연구에 대한 취지와 목적을 충분히 설명하고 피험자가 자발적으로 실험참가 동의서에 서명한 후 실험을 하였다. 실험설계는 <Figure 2, Table 3>과 같다.

2) 측정방법

야구 타격 동작 시 숙련자·미숙련자 간에 족저압력 측정을 위해 아래와 같이 측정도구를 피험자에게 착용시켜 순서에 맞게 실험을 하였다.

(1) 피험자들에게 실험에 관한 내용과 상황을 자세히 설명하였다.

(2) 미숙련자들의 타격을 먼저 실시하고 타격간격을 10초 이내로 하여 긴장감을 유지하였다.

(3) 타격 순서에 맞추어 피험자에게 블루투스 족저압력 측정장비가 부착된 벨트를 착용시키고 운동화에 삽입형 족저압력 Novel사의 Padar-x System인 인솔 센서(좌 : X.1994L, 우 : X.1996R)를 삽입하였다. Novel사의 Padar-x System과 영상촬영(60 fps)을 동조시키기 위해 사전에 피험자에게 준비 사인을 주어 실험을 하였으며 영상과 족저압력 실험결과를 실험 후에 시간분석을 통해 재동조시켰다.

(4) 피험자의 불편함이나 거부 반응에 대해서 확인하였다.

(5) 확인 후 이상이 없을 시 타격 준비를 하였다.

(6) 준비가 끝난 상황에 맞추어 피험자는 신호를 보내고

Figure 4. Experimental events

타격연습기로 공을 날려 타격을 하였다. 사회인 야구선수들을 대상으로 연구를 수행하였기 때문에 속도측정기로 110 km/h인 직구로만 실험을 하였다.

(7) 피험자 개인당 정타 5개 이상을 쳐낼 때까지 횟수에 상관없이 타격을 실시하게 하였다.

4. 자료 분석

자료 분석을 위해 스윙동작을 4개의 이벤트(event)와 3개의 구간(phase)으로 다음과 같이 구분하였다.

- (1) 배트를 들고 편안히 준비된 상태(Event 1)
- (2) 백스윙 동작이 완료된 상태(Event 2)
- (3) 배트와 공이 임팩트 순간(Event 3)
- (4) 팔로우스로 동작을 마무리한 순간(Event 4)
- (5) Event 1과 Event 2 사이의 구간(Phase 1)
- (6) Event 2과 Event 3 사이의 구간(Phase 2)
- (7) Event 3과 Event 4 사이의 구간(Phase 3)

4개의 이벤트와 3개의 구간에서 야구 타격 동작 시 측

정된 평균족저압력(mean plantar pressure), 최대족저압력(maximum plantar pressure), 족저압력 중심이동(shift of the center of pressure)과 지면반력(ground reaction force)을 분석하였다. 각각의 이벤트는 <Figure 4>와 같다.

5. 자료 처리

피험자 개인당 여러 회의 타격을 하여 그 중 야구전문가(고등학교 혹은 대학교까지 야구선수 출신과 현재 야구 지도자 활동을 하는 대학팀 지도자 3명)가 유효 타라고 판단한 5개의 타격만 선택하고 무효 타(빗맞은 타구)는 분석에서 제외했다. 측정된 자료는 평균값(M)과 표준편차(SD)를 산출하고, 집단간의 통계적 유의성을 검증하기 위하여 독립표본 t -검정(independent sample t -test)을 사용하였다. 통계분석에는 SPSS 18.0(SPSS Inc, Chicago, IL, US)을 이용하였으며 $p < .05$ 일 때 통계적 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

III. 결 과

1. 준비자세의 평균 · 최대족저압력의 차이

준비자세에서 숙련자의 평균족저압력은 왼발이 14.58 ± 7.99 kPa, 오른발이 27.05 ± 12.96 kPa로 측정되었으며, 미숙련자의 평균족저압력은 왼발이 9.66 ± 8.84 kPa, 오른발이 36.51 ± 19.55 kPa로 측정되었다(Table 4).

두 집단의 왼발과 오른발의 평균족저압력 좌우비율을 보면 숙련자는 왼발과 오른발이 각각 35%와 65%이고, 미숙련자는 왼발과 오른발이 각각 21%와 79%의 결과로 나타났다(Figure 5, 6). 숙련자의 최대족저압력은 왼발이 96.40 ± 38.09 kPa이고 오른발이 131.62 ± 63.19 kPa로 측정되었으

Figure 5. The proportion of mean plantar pressure on each foot at stance

Figure 6. Distribution of mean plantar pressure at stance

며, 미숙련자의 최대족저압력은 왼발이 90.17 ± 41.81 kPa이며, 오른발이 140.93 ± 69.01 kPa로 측정되었다. 평균족저압력의 왼발에서 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 평균족저압력의 오른발과 최대족저압력에서는 유의한 차이가 없었다(Table 5).

2. 백스윙의 평균 · 최대족저압의 차이

백스윙 시 숙련자의 평균족저압력은 왼발이 1.87 ± 1.97 kPa이며 오른발이 35.36 ± 6.32 kPa로 측정되었고, 미숙련자의 평균족저압력은 왼발이 3.49 ± 4.13 kPa이며 오른발이 44.47 ± 15.76 kPa로 측정되었다(Table 6).

Table 4. Mean plantar pressure at stance (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	14.58 ± 7.99	-2.348	22	.028
	unskilled	9.66 ± 8.84			
right	skilled	27.05 ± 12.96	-1.39	22	.176
	unskilled	36.51 ± 19.55			

Table 5. Maximal plantar pressure at stance (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	96.40 ± 38.09	-0.880	22	.381
	unskilled	90.17 ± 41.81			
right	skilled	131.62 ± 63.19	-0.842	22	.394
	unskilled	140.93 ± 69.01			

Table 6. Mean plantar pressure at backswing (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	1.87 ± 1.97	-1.22	22	.235
	unskilled	3.49 ± 4.13			
right	skilled	35.36 ± 6.32	-1.85	22	.070
	unskilled	44.47 ± 15.76			

Table 7. Maximal plantar pressure at backswing (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	147.51 ± 38.46	-2.412	22	.020
	unskilled	102.16 ± 41.26			
right	skilled	190.87 ± 32.63	-1.685	22	.162
	unskilled	206.31 ± 38.77

Figure 7. The proportion of mean plantar pressure on each foot at backswing

Figure 8. Distribution of mean plantar pressure at backswing

두 집단의 왼발과 오른발의 평균족저압력 좌우비율을 보면 숙련자는 왼발과 오른발이 각각 5%와 95%이고, 미숙련자는 왼발과 오른발이 각각 7%와 93%의 결과로 나타났다(Figure 7, 8).

숙련자의 백스윙 시 최대족저압력은 왼발이 147.51 ± 38.46 kPa이며 오른발이 190.87 ± 32.63 kPa로 측정되었으며, 미숙련자의 최대족저압력은 왼발이 102.16 ± 41.26 kPa이며 오른발이 206.31 ± 38.77 kPa로 측정되었다. 최대족저압력 왼발에서 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 최대족저압력 오른발과 평균족저압력에서는 유의한 차이가 없었

Table 8. Mean plantar pressure at impact (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	52.04 ± 5.65	3.180	22	.040
	unskilled	23.55 ± 7.30			
right	skilled	13.70 ± 3.31	-3.618	22	.032
	unskilled	27.23 ± 10.54			

Table 9. Maximal plantar pressure at impact (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	462.60 ± 276.99	11.280	22	.029
	unskilled	197.31 ± 226.27			
right	skilled	150.15 ± 133.60	-5.301	22	.050
	unskilled	276.24 ± 133.56

Figure 9. The proportion of mean plantar pressure on each foot at impact

Figure 10. Distribution of mean plantar pressure at impact

Figure 11. Maximal plantar pressure at impact

다(Table 7).

3. 임팩트의 평균 · 최대족저압력의 차이

임팩트의 평균족저압력은 <Table 8, Figure 9, Figure 10>에 제시하였다. 숙련자의 평균족저압력은 왼발이 52.04 ± 5.65 kPa이며 오른발이 13.70 ± 3.31 kPa로 측정되었으며, 미숙련자의 평균족저압력은 왼발이 23.55 ± 7.30 kPa이며 오른발이 27.23 ± 10.54 kPa로 측정되었다.

두 집단의 왼발과 오른발의 평균족저압력 좌우비율을 보면 숙련자는 왼발과 오른발이 각각 79%와 21%이고, 미숙련자는 왼발과 오른발이 각각 46%와 54%의 결과로 나타났다.

임팩트의 최대족저압력은 <Figure 11>과 같이 숙련자는 왼발이 462.60 ± 276.99 kPa이며 오른발이 150.15 ± 133.60 kPa로 측정되었으며, 미숙련자는 왼발이 197.31 ± 226.27 kPa이며 오른발이 276.24 ± 133.56 kPa로 측정되었다. 평균족저압력과 최대족저압력에서 왼발과 오른발 모두 유의한 차이가 측정되었다.

Table 10. Mean plantar pressure at follow-through (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	18.84±7.30	-1.498	22	.148
	unskilled	24.82±9.80			
right	skilled	31.70±8.41	0.761	22	.453
	unskilled	27.73±13.93			

Table 11. Maximal plantar pressure at follow-through (unit: kPa)

Item		$M \pm SD$	t	df	p
left	skilled	206.11±18.36	-0.880	22	.381
	unskilled	222.90±19.43			
right	skilled	327.35±32.22	-0.842	22	.394
	unskilled	264.53±34.14

Figure 12. The proportion of mean plantar pressure on each foot at follow-through

Figure 13. Distribution of mean plantar pressure at follow-through

4. 팔로우스로의 평균 · 최대족저압력의 차이

마지막 이벤트 구간인 팔로우스로의 평균족저압력은 <Table 10, Figure 12, Figure 13>과 같이 숙련자는 왼발이 18.84±7.30 kPa이며 오른발이 31.70±8.41 kPa로 측정되었으며, 미숙련자의 평균족저압력은 왼발이 24.82±9.80 kPa이며 오른발이 27.73±13.93 kPa로 측정되었다.

두 집단의 왼발과 오른발의 평균족저압력의 좌우비율을 보면 숙련자는 왼발과 오른발이 각각 37%와 63%이고, 미숙련자는 왼발과 오른발이 각각 47%와 53%의 결과로 나타났다.

Figure 14. Movement of the center of plantar pressure during a baseball swing

Figure 15. The change of ground reaction force during a baseball swing of a skilled player

마지막 이벤트 구간인 팔로우스로의 최대족저압력은 <Table 11>과 같이 숙련자는 왼발이 206.11±18.36 kPa이며 오른발이 327.35±32.22 kPa로 측정되었으며, 미숙련자는 왼발이 222.90±19.43 kPa이며 오른발이 264.53±34.14 kPa로 측정되었다. 평균 · 최대족저압력에서 두 집단 간에 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다.

5. 숙련자와 미숙련자간의 족저압력 중심이동의 차이

숙련자는 배팅 동작을 수행하면서 왼발과 오른발의 족저압력이 발의 중심에서 발의 엄지발가락 방향으로 일관성 있고 안정적인 움직임을 나타냈지만, 미숙련자의 족저압력 중심이동을 보면 전방과 후방뿐만 아니라 좌측과 우측으로도 중심이 이동함으로써 중심을 잘 유지하지 못했음을 알 수 있다(Figure 14).

6. 타격동작 시 숙련자와 미숙련자 간의 지면반력 차이

숙련자의 배팅동작을 <Figure 15>를 통하여 전체 구간(P1~P4)을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

숙련자의 지면반력 그래프로 동작을 분석해보면 준비자세인 P1 지점은 왼발에서 오른발로 중심이동을 위한 준비 단계이고, 백스윙자세인 P2 지점은 후측에 체중의 대부분 이동시켰음을 알 수 있다. 임팩트 순간인 P3 지점은 체중

Figure 16. The change of ground reaction force during a baseball swing of an unskilled player

을 오른발에서 왼발로 이동시켜 지면을 내딛으면서 가장 높은 지면반력 측정값을 나타냈다. 이러한 동작은 임팩트 순간 전방으로 체중이동을 효과적으로 수행한 것으로 분석되었으며, 체중보다 큰 힘이 전족의 지면에 가해진 것으로 분석되었다. 팔로우스로 지점인 P4에서는 P3 지점에서 임팩트 한 후 왼발 쪽으로 옮겨졌던 힘의 중심이 흔들리지 않고, 후족에 체중을 유지한 채 균형을 잘 유지한 것으로 분석되었다.

이에 비해 미숙련자의 지면반력 그래프로 동작을 <Figure 16>을 통하여 분석해보면 준비자세인 P1과 백스윙 동작인 P2 지점은 숙련자와 유사한 동작을 수행했지만 임팩트 순간인 P3 지점에서 체중을 오른발에서 왼발로 순간적으로 이동시켜 지면을 내딛는 동작을 효과적으로 수행하지 못한 것으로 분석되었으며, P4 지점의 동작도 밸런스를 유지하지 못한 것으로 분석되었다.

IV. 논 의

이 연구에서는 야구 배팅 동작 시 4개의 이벤트와 3개의 구간에서의 평균족저압력, 최대족저압력, 족저압력의 중심이동과 지면반력 분석을 통하여 숙련자들과 미숙련자들의 체중 이동 방법에 대한 족저압력의 변화를 과학적으로 비교 분석하고자 한다.

1. 준비자세에서 족저압력

족저압력분석은 보행 분석실에서 이루어지는 여러 가지 운동역학적 분석 방법의 하나로, 족저압력 자료는 물리 치료사들에게 근골격계, 외피계, 신경계와 관련된 질환들을 관리하는데 유용한 정보를 제공한다(Kim, Lee & Jang, 2012). 골프에서는 프로는 왼발이 277.21 N으로 45.13%, 오른발은 337.10 N으로 54.87%로 나타났고, 아마추어는 왼발은 299.29 N으로 45.04%, 오른발은 365.21 N으로 54.96%로 아마추어가 프로보다 왼발은 28.08 N 높게, 오른발은 34.11 N 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차가 없었다고 보고한 연구가 있다(Oh, 2008). 야구 타격 동작을 분석한 Lee(2003)의 연구에서는 준비자세에서 뒷발과

앞발에 부과된 힘의 총 합은 숙련자가 각각 466.67 N, 415.61 N, 미숙련자는 613.91 N, 201.52 N으로 측정되었고 이를 일반화하기 위해 체중으로 나누어 환산한 결과 숙련자는 57.02% 체중비, 51.10% 체중비, 미숙련자는 80.03% 체중비, 24.98% 체중비로 나타났다. 숙련자는 5대 5의 비율로 양발에 힘을 분배한 균형 있는 자세로 타격에 임하였지만, 미숙련자는 8대 2의 비율로 뒷발에 체중을 두고서 타격준비에 임하였다고 보고하였다.

투구 되는 지점과 타석까지의 거리, 그리고 공의 속도는 변수가 있으므로, 연구에 따라 결과가 일치하지 않을 수 있다. 이 실험에서는 투구 되는 지점으로부터 타석까지의 거리가 14 m로 경기장의 규격보다는 4.44 m 짧은 거리였고 110 km/h라는 비교적 빠른 구속으로 설정하였기 때문에 더욱 빠른 타이밍의 백스윙을 필요로 하였다. 그래서 선행연구보다 준비자세에서 오른발에 비중이 높았던 것으로 판단된다. 이후의 실험에서 정확도를 높이기 위해서는 규정거리인 18.44 m로 하고, 구속을 다양화한다면 보다 정확한 실험결과가 나올 것으로 판단된다.

이 연구결과와 선행연구결과를 종합적으로 분석해보면 이상적인 준비자세란 백스윙 동작으로 원활하게 진행하기 위한 자세로써 신체중심을 오른쪽 발에 65%이상 배분한 상태로 흔들리지 않도록 하는 것이 바람직한 동작으로 분석되었다.

2. 백스윙 동작 시 족저압력

이 연구결과에서의 평균족저압력은 백스윙구간에서 숙련자가 왼발에 1.87 ± 1.97 kPa이고 오른발이 35.36 ± 6.32 kPa로 왼발과 오른발이 각각 5%와 95%의 결과가 나왔다. 미숙련자는 왼발이 3.49 ± 4.13 kPa이며 오른발이 44.47 ± 15.76 kPa로 왼발과 오른발이 각각 7%와 93%의 결과가 나타났다.

야구 타격 동작에 관한 선행연구를 고찰해 보면 Kim(2010)은 스윙할 때 투수에 가까운 발을 들어 약간 움직여야 한다고 하였다. 이러한 스트라이드의 목적은 더 효율적인 배팅 동작을 수행하기 위한 준비단계로서 타자의 체중을 앞으로 이동시키는 것이라고 하였다.

백스윙은 공을 타격하기 위해서 힘을 모으기 위한 동작으로 상대적으로 숙련자와 미숙련자와의 유의점을 발견할 수 없었으며, 체중의 90% 이상을 뒷발 즉, 오른발로 이동하는 것으로 확인하였다. 백스윙에서 평균족저압력의 측정값은 비슷할 수는 있으나, 숙련자와 미숙련자 간의 동작분석을 함께 해보면, 신체의 움직임에는 많은 차이점이 있을 것으로 예상되므로 족저압력과 동작분석을 함께 연구한다면 더욱 정확한 연구가 될 것으로 예상된다.

이 연구결과와 선행연구결과를 종합적으로 분석한 결과

이상적인 백스윙동작은 공을 타격하기 위한 최대 힘을 생성시키기 위하여 체중을 최대한 오른발에 90% 이상 이동시켜 동작을 수행하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

3. 임팩트 동작 시 족저압력

실험에서 숙련자와 미숙련자와의 뚜렷한 차이점을 보인 구간이 임팩트 구간인데, 평균족저압력에서 숙련자의 왼발이 52.04 ± 5.65 kPa이며 오른발이 13.70 ± 3.31 kPa로 왼발과 오른발이 각각 79%와 21%의 결과가 나왔다. 미숙련자는 왼발이 23.55 ± 7.30 kPa이며 오른발이 27.23 ± 10.54 kPa로 왼발과 오른발이 각각 46%와 54%의 결과가 나타났다.

임팩트동작에 관한 선행연구를 고찰해보면 Hirano(1987)는 일본 대학 선수들을 5명의 숙련자 집단과 2명의 미숙련자집단으로 나누어 스윙동작을 분석하였는데, 숙련자들은 앞발을 들었다가 지면에 닿을 때까지 천천히 움직이다가 공을 맞히기 직전에 선속도가 다이내믹하게 증가한 반면, 미숙련자들의 선속도는 점진적으로 증가한다는 사실을 발견했다. 선속도의 점진적인 증가는 엉덩이의 회전을 잘못 사용하기 때문에 일어난 결과이고 미숙련자들은 몸에서 배트로의 에너지의 전달이 비효율적이었다고 설명하였다. Bubalo(1981)는 인체 중심의 이동은 뒷다리의 발과 다리에 중심을 실었다가 앞다리로 이동하는 것으로 이 순간이 바로 스윙이 시작되는 지점이다. 스트라이드를 위한 앞발은 투수를 향해 직선적으로 뻗어야 한다.

Breen(1967)에 의하면 우수한 타자일수록 투구의 방향과 관계없이 일정한 방향과 일정한 거리의 스트라이드를 하는 것으로 나타났다(Kim, 2010). 임팩트는 투수가 투구한 공이 배트에 맞는 순간을 의미하며, 공을 맞히는 임팩트 순간, 배트를 잡은 손의 손바닥은 위를, 아래 손의 손바닥은 밑을 향하게 된다. 발가락이 직선적으로 전방을 향하지 않으면 엉덩이의 회전 시점이 빨라져서 스윙에 힘을 신지 못하게 된다(Murphy, 1991). Kim(2010)은 신체중심의 위치 변화는 타격 시 발을 내디딜 때 운동진행 방향의 뒤쪽에 위치시켜 공의 방향에 미리 대응하여 정확성을 높이고, 지면으로부터 밀어 올리는 반작용으로 몸통 중심을 수직 상승시키고, 움직임을 최소화하여 임팩트하는 것이 바람직하다고 하였다. Shapiro(1979)는 피험자 5명을 대상으로 실제 투구에 대한 구간별 스윙동작을 분석하였다. 첫 국면(임팩트 되기 0.25초 전)에서는 배트가 스윙이 시작된다. 두 번째 국면(임팩트 0.12초 전)에서는 공을 맞히기 위하여 배트가 배팅이 이루어지는 지점으로 빠르고 회전하였고, 마지막 구간(임팩트 0.059~0.068초 전)에서 엉덩이, 몸통, 어깨에서 최대의 각속도를 보였다고 하였다(Lee, 2003).

실험 결과에서 알 수 있듯이 숙련자는 백스윙 시 우측에 있던 체중 대부분을 임팩트 구간으로 넘어가면서 투수

방향으로 즉, 왼발 쪽으로 급격히 체중을 이동시켰음을 알 수 있다. 미숙련자의 경우를 보면 임팩트 구간에서 왼발 즉, 투수 쪽으로 체중이동을 완전히 이동하지 못하여 좌측과 우측의 비율이 약 5대 5로 측정되었다. 전 구간인 백스윙시 우측 발에 대부분의 체중을 실었던 것을 고려해보면, 정타라고 할지라도 공을 배트 중심에 맞췄을 뿐, 전방으로 공을 체중을 실어 강하게 타격하지는 못했다는 결론을 내릴 수 있다. 실내야구장연습장에서 실험한 결과이므로 타구의 비거리를 측정할 수는 없었지만, 같은 정타라 할지라도 숙련자와 미숙련자 간의 비거리의 차이는 뚜렷했을 것으로 예상된다.

선행연구와 이 연구결과를 종합적으로 분석한 결과 이상적인 임팩트 동작은 공을 최대한 강하게 타격할 수 있는 동작으로, 전 구간이었던 백스윙에서 오른발에 가해졌던 체중 대부분을 앞발 즉, 왼발로 신속하게 이동시키는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

4. 팔로우스로 동작 시 족저압력

이 연구결과에서는 팔로우스로시 평균족저압력은 숙련자에서 왼발이 18.84 ± 7.30 kPa이며 오른발이 31.70 ± 8.41 kPa로 왼발과 오른발이 각각 37%와 63%의 결과가 나왔다. 미숙련자는 왼발이 24.82 ± 9.80 kPa이며 오른발이 27.73 ± 13.95 kPa로 왼발과 오른발이 각각 47%와 53%의 결과로 나타났다.

팔로우스로 동작 시 족저압력에 관한 선행연구를 고찰해보면 Lee(2003)은 숙련자와 미숙련자의 야구 타격동작 비교분석이라는 연구결과에서 임팩트 후의 동작에 대해 타자는 뒷발에 중심을 둔 상태로 임팩트를 하여야 하고, 그 후에 무게중심을 전방으로 움직여야 한다고 보고하였다. 실력이 우수할수록 임팩트 후에 무게 중심이 앞으로 움직였지만, 초보자들은 임팩트 후에 뒤로 움직이는 것으로 보고하였다. 그리고 프로와 준프로들은 초보자보다 임팩트가 적절한 위치에서 이루어졌다고 기술하였다. 임팩트의 적절한 지점이란 공이 홈플레이트 바로 위를 지나갈 때의 위치라고 하였다. 골프스윙은 Sin(1999)은 골프 스윙 동작의 운동학적 분석연구에서 피니쉬 국면에서 왼발에 신체중심의 83%의 분배가 이루어지는 것으로 보고하였으며, Kim(1999)은 골프스윙 동작의 단순화를 위한 3차원 영상 분석 연구결과에서 조금 더 높은 왼발 85.3%의 체중 분배가 이루어졌다고 보고하였다. 골프스윙과 야구스윙은 임팩트동작에서는 좌우비율이 비슷하였지만, 팔로우스로 구간에서는 차이점이 나타나는 것으로 판단된다.

이 연구결과에서 알 수 있듯이 숙련자는 임팩트 구간에서 공을 타격하고 난 다음 동작에서 몸이 앞으로 쏠리지 않고 충분한 스윙 후 뒷발 즉, 오른발을 중심으로 균형을 잡음을 알 수 있고, 미숙련자는 임팩트구간에서의 측정값

과 비슷한 것으로 보아 체중이동으로 공을 강하게 타격하지 못하고 상체의 회전으로만 공을 타격한 것으로 볼 수 있다. 이번 실험에서는 규격보다 짧은 거리의 투구거리와 110 km/h 라는 비교적 빠른 구속으로 실험하여 미숙련자들이 정타를 때려내기 쉽지 않았던 것을 고려해보면 예상과는 큰 차이가 없었다. 아주 느린 변화구의 공을 타격하는 실험을 하였다면 팔로우스로 구간에서 반대로 앞쪽 즉, 왼발에 측정값이 높았을 수도 있었을 것이다. 이 점을 충분히 반영하여 구속에 변화를 주어 실험을 해본다면 더욱 다양한 결과들이 나올 것으로 예상된다.

이 연구결과와 선행연구결과를 종합적으로 분석한 결과 이상적인 팔로우스로는 임팩트 구간에서 강하게 공을 타격한 후에 체중이 앞쪽으로 치우치지 않으면서 뒷발에 신체중심을 남겨 둔 상태로 균형을 잘 유지하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

5. 숙련자와 미숙련자 간의 족저압력 중심이동

족저압력 중심이동 곡선에 관한 선행연구를 고찰해보면 Park과 Lee(2007)은 등산화의 종류와 보행동작에 따른 지면반력 및 족저압력 분석을 통하여 중심이동 운동을 분석하였고, Park(2009)는 아마추어와 프로 골프선수들의 퍼팅 시 족저압력분석을 통하여 중심이동 운동을 분석하였으며, Baek과 Im(1997)은 보행 시 족저압력 중심의 이동 경로에 관한 연구를, Son(2009)는 경사면에서 골프스윙 동작 시 족저압력 분석을 Oh(2008)은 골프스윙 시 족저압력 분석을 통한 힘의 변화 및 중심이동 변화에 관한 연구를 수행하였는데 상기 선행연구자들의 중심이동 운동체계와 이 연구결과의 중심이동 운동체계가 서로 달라 이 연구에서는 자료를 제시하는 데 의의를 두고 중심이동 운동을 기술하였다.

이와 같이 이 연구결과와 선행연구결과를 종합적으로 분석해보면 숙련자는 모든 구간의 배팅동작에서 족저압력 중심이동이 발의 중심에서 발의 엄지발가락 방향으로 일관성 있는 움직임을 나타냈다. 이러한 결과는 동작마다 필요 이상의 움직임 없이 간결하면서도 효율적인 동작을 수행한 것으로 판단된다. 미숙련자는 전방과 후방뿐만 아니라 좌측과 우측으로도 중심이 이동함으로써 중심을 잘 유지하지 못하고, 동작마다 힘을 집중시키지 못한 것으로 판단된다. 결론적으로 족저압력 중심이동은 발의 중심에서 엄지발가락방향으로 간결하게 이동하는 바람직한 것으로 분석되었다.

6. 타격동작 시 숙련자와 미숙련자 간의 지면반력

준비자세에서는 두 그룹 모두 왼발에서 오른발로 서서

히 이동을 준비하는 동작을 볼 수 있고, 백스윙에서는 뒷발 즉, 오른발로 체중을 대부분 이동시켰음을 알 수 있다. 여기까지는 미숙련자와의 뚜렷한 차이점은 없었다.

임팩트동작에서는 숙련자는 체중을 왼발로 신속히 이동시켰으며 체중이동을 통한 측정값보다 훨씬 높은 측정값을 확인할 수 있다. 이것은 임팩트순간에 왼발로의 체중이동과 투구된 공의 방향으로 지면을 내딛는 힘이 더해져 왼발의 지면반력이 급격히 증가하였다. 이 결과를 보면 공에 최대한의 큰 에너지를 실어 타격하였다고 판단된다. 반대로 미숙련자의 임팩트에서는 왼발과 오른발이 비슷하게 측정되었고 숙련자만큼 지면반력이 크게 상승되지 않아 비교적 공을 강하게 타격했다고는 볼 수 없다고 판단된다.

Jo(1993)는 힘 있는 스윙을 하기 위해서는 배트의 운동방향으로 힘을 가하고 그 반작용(지면반력)을 이용하여 몸의 균형을 유지해야 한다고 했다. 왼발이 충분히 몸의 균형을 유지하지 못하면 배트 스윙의 회전축이 움직여 버리며, 연직방향에서 하방으로 힘을 가하는 것이 없으면 배트가 가지는 에너지를 수평 방향으로 변환할 수 없게 된다고 하였다. 이 결과를 실제 경기에 적용해 보면 공의 컨택(contact)능력에서는 큰 차이점이 없으나 타구의 강도나 비거리에서 상당한 차이점이 나타났을 것으로 판단된다.

Oh(2008)는 골프 스윙에서 임팩트 시 왼발이 428.16 N으로 83.10%, 오른발은 87.08 N으로 16.90%로 나타났고, 아마추어는 왼발이 855.17 N으로 87.80%, 오른발은 118.80 N으로 12.20%로 아마추어가 프로보다 왼발은 427.01 N 높게, 오른발은 31.00 N 높게 나타났으며, 왼발은 통계적으로 유의하게 높았다고 하였다. Yu(1992)는 골프 스윙 시 신체 분절의 기여도 및 지면반력에 관한 연구에서 임팩트 국면 직전에는 수직력이 클수록 타이밍에 유리하며 임팩트 이후에는 적을수록 유리하다고 하였다.

팔로우스로에서는 숙련자는 공을 타격하면서 전방으로 옮겨졌던 힘에 신체가 앞쪽으로 이동하지 않고 오른발 중심으로 균형을 잘 잡고 있었다고 판단되며, 미숙련자는 좌우발의 지면반력그래프가 오르내린 것으로 보아 공을 타격한 후 균형을 잘 잡지 못했다고 판단된다.

이 연구결과와 선행연구를 종합적으로 분석해보면 올바른 스윙은 준비자세와 백스윙구간에서는 오른쪽으로 체중을 이동하였다가 임팩트구간에서 왼쪽으로 급격하게 이동시키며 팔로우스로 구간에서도 오른발을 중심으로 균형을 잘 유지해야 하는 것으로 판단된다.

V. 결 론

이 연구에서는 야구 배팅 동작 시 숙련자와 미숙련자 간의 구간별(준비자세, 백스윙, 임팩트, 팔로우스로) 평균족저압력, 최대족저압력, 족저압력 중심이동 및 지면반력을 비

교 분석하였다.

표집된 자료를 토대로 SPSS 18.0 통계 프로그램을 이용하여 각 변인의 평균값(M)과 표준편차(SD)를 산출하였고, 숙련자집단과 미숙련자집단 간의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위하여 독립표본 t -검정을 하였다. 통계적 분석에서 유의수준은 $p < .05$ 일 때 통계적 유의성이 있는 것으로 간주하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 이상적인 준비동작이란 균형을 잡은 상태에서 백스윙 동작으로 전환하기 위해 후족에 65%이상 체중이 배분된 상태에서 흔들림이 없도록 하는 것이 바람직하고, 평균족저압력의 경우 숙련자와 미숙련자의 왼발에서 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 숙련자들은 백스윙동작을 효과적으로 수행하기 위해 오른발에 90%이상의 체중을 이동시켰으며, 최대족저압력의 경우 숙련자와 미숙련자의 왼발에서 유의한 차이가 나타났다.

셋째, 효과적인 임팩트 동작을 수행하기 위해서는 공을 최대한 강하고 정확하게 타격할 수 있어야 하므로 백스윙 동작에서 이루어졌던 후족의 체중을 전족으로 신속하게 이동시키면서 동시에 정교한 임팩트 동작을 수행해야 하는데 숙련자와 미숙련자의 평균과 최대족저압력의 왼발과 오른발 모두 유의한 차이가 나타났다.

넷째, 팔로우스로 동작에서는 임팩트에서 강하게 공을 타격한 후 체중이 앞쪽으로 치우치지 않으면서 오른발을 중심으로 균형을 잘 유지하는 것이 중요하다. 이 때 숙련자집단과 미숙련자집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

다섯째, 족저압력의 중심이동선은 발의 중심에서 엄지발가락 방향으로 간결하게 움직이는 것이 효과적인 것으로 분석되었다.

여섯째, 지면반력분석 결과 효과적인 스윙동작은 준비 자세와 백스윙 구간에서는 후족으로 부드럽게 체중 이동을 한 후 백스윙 구간에서부터 임팩트구간까지 전족으로 최대한 신속하게 체중을 이동시킨 후 팔로우스로 구간에서는 후족에 신체중심으로 둔 상태로 균형을 유지하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

참고문헌

- Bae, W. H.(1992). *Study of biomechanical factors affecting the ball velocity and the ball control during overarm pitch in baseball*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate School of Kyungpook National University.
- Back, J. H., & Park, J. C.(2008). Kinematic analysis of softball batting in elite softball player, *The Korean Journal of Physical Education*, 47(3), 563-572.
- Baek N. J., & Im M. S.(1997). The path of center of pressure(COP) of the foot during walking. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, 21(4), 762-771.
- Breen, J. L.(1967). What make a good hitter?. *Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 38(4), 36-39.
- Bubalo, M.(1981). Nine major checkpoints in the swing. *Scholastic Coach*, 50(9), 91-95.
- Flyger, N., Button, C., & Rishiraj, N.(2006) The science of softball. *Sports Medicine*, 36(9), 797-816.
- Hay, J. G.(1973). *The biomechanics of sports techniques(4th edition)*. Englewood cliffs: Prentice-hall, 190-200.
- Hay, J. G.(1993) *The biomechanics of sport*. 4th ed. Englewood Cliffs(NJ): Prentice-Hall.
- Hirano, Y.(1987). Biomechanical analysis of baseball hitting. *Biomechanics in Sport* •d & •S, *Preceedings of ISBS*, 21-28.
- Jo, B. H.(1993). A study on the ground reaction force during baseball batting. *Journal of Chang Won National University*, 15(1), 532-533.
- Kim, D. S., Lee J. S., & Jang, Y. M.(2012). Analysis of GRF & plantar foot pressure of stepping foot of skilled & unskilled player's in the soccer instep shoot. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(1), 1-10.
- Kim, M. Y.(1999). *3-dimensional cinematic analysis for the simplified movement of golf swing*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate School of Chonnam University.
- Kim, S. H.(2010). *Biomechanical analysis according to the Stance type on the batting movement of baseball players*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Dankook University
- Kim, S. Y.(2008). *Analysis of kinematic in Baseball pitching motion*. Level 1 Coaches Field Application report.
- Kinoshita, H., & Yosida, H.(1988) *Strain response and breakage in wooden baseball bats from batting*. in, G de Groot et al.(eds). *Biomechanics 6-B*, Free University Press, Amsterdam, 798-803.
- Lee, Y. S.(2003). *Comparative study of the baseball batting patterns between skilled and unskilled players*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate School of Seoul National University.
- Messier, S. P., & Owen, M. G.(1985) The mechanics of batting: analysis of ground reaction forces selected lower extremity kinematics. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(3), 206-213.
- Moon, W. H.(2012). *Plantar pressure in skilled and unskilled players during baseball batting*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Silla University.
- Murphy, G.(1991). Hitting mechanics from stance to follow through. *Scholastic Coach*, 60(9), 28-30.
- Nam, K. J., & Eun, S. D.(2007). The research of the contribution of upper-body segments related with the speed of the bat in baseball. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 29, 351-361.
- Oh, Y. D.(2008). *A Study of the changes of plantar foot pressure and weight transfer during golf swing*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Pukyong National University.
- Park, J. M.(2009). *Analysis on plantar pressure between amateur and professional golf players in putting action*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Silla University.
- Park, S. B., & Lee, J. S.(2007). Analyses of GRF & insole foot-pressure distribution: gait patterns and types of trekking boots. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(4), 191-200.
- Kevin, G. L., Stephanie, D. M., Robert, C. S., & Keith, M.(2010) Functional hip characteristics of baseball pitchers and position players. *American Journal of Sports Medicine*, 38(2), 383-387.

- Shapiro, R.(1979). *Three dimensional kinetic analysis of baseball swing*. Unpublished Doctor's Thesis, University of Illinois at Urban-Champaign.
- Sin, Y. S.(1999). *The kinetic relation between the golf swing and the length of the drivers*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate School of Yonsei University.
- Son, D. J(2009). *Plantar foot pressure analysis during golf swing motion in slope*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Silla University.
- Yu, J. C.(1992). *A Study of the changes of plantar foot pressure and weight transfer during Golf Swing*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate School of Kookmin University.