



한국운동역학회지, 2004, 제14권 3호, pp. 191-202
Korean Journal of Sport Biomechanics
2004, Vol. 14, No. 3, pp. 191-202

투구 속도 증가에 따른 타자의 발 움직임과 지면 반력의 변화

이영석* · 은선덕(서울대학교)

ABSTRACT

The Movement of Foot and the Shift of Ground Reaction Force in Batters according to the Ball Speed Increase

Lee, Young-Suk* · Eun, Seon-Deok(Seoul National University)

Y. S. LEE, S. D. EUN. The Movement of Foot and the Shift of Ground Reaction Force in Batters according to the Ball Speed Increase. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No3, pp. 191-202, 2004. The batting performance in baseball is a repetitive movement. In order to make the stabilization of posture and the efficient shift of body weight, both the range of stance and stride are important. The previous studies explained that the consistent stride which included the amount of time, stance, and direction were needed. However, the batting performance is frequently changed according to the several speed of ball. Therefore, this study was to analyze the reaction time, the range of stance, the change of stride, and the change of GRF during the batting movement in three kinds of ball speed (120km/h, 130km/h, & 140km/h). Seven elite players are participated in this study.

1. The reaction time of the stride phase was short whereas the time of the swing phase was long according to the increasing ball speed.

* leeysk@empal.com

2. The range of the stance was wide and the mediolateral direction of the stride was decreased according to the increasing ball speed.
3. In the three kinds of ball speed, the change of body weight was transferred to the center, the rear foot, and the front foot directions. The ball speed of 130km/h showed the high frequency of the suitable batting. At this ball speed, the movement of the body weight was shifted smoothly and the value of the Ground Reaction Force was large enough.

KEY WORDS : BASEBALL, BATTING STANCE, STRIDE, GROUND REACTION FORCE

I. 서 론

치기, 때리기와 같은 타격 기술(striking skills)에서 도구를 쥐고 스윙을 하게 되는 경우에 자신이 주로 사용하는 손은 다른 손보다 위에 위치하게 된다. 또한 물체를 타격하게 되는 경우에는 타격에 대해 힘을 가할 수 있고 스윙의 타이밍에 안정성(stability)을 주기 위하여 발을 타격 방향으로 내딛는 스트라이드(stride)를 하게 된다(Jones-Morton, 1991). 타격을 하기 위해서는 양 발을 벌리고 서게 되는데 이러한 스탠스(stance)의 목적은 밸런스(balance)를 유지하기 위함으로, 이는 여러 종목에서 자세의 기본을 이루며 운동 수행에 있어 안정성에 지대한 역할을 한다. 발을 적당히 벌려 완전하게 밸런스를 잡아야 좋은 스윙이 나오게 되고 밸런스가 있어야 몸의 리듬과 체중 이동이 용이해져 올바르게 스트라이드를 하게 되며, 타격 때 취해야 할 나머지 동작이 가능해진다(김종원, 현태운, 1985).

야구에서의 타격은 투수 쪽에 가까이 놓여진 발을 약간 들어 올려 투수 쪽으로 내딛는, 스트라이드 동작으로부터 시작된다. 이러한 스트라이드는 타자의 체중을 앞발로 전이시켜 보다 효율적인 배팅 동작을 수행하기 위한 선행 동작(Hay, 1993)으로서 이는 투수가 공을 던지기 직전에 시작되고 스윙은 스트라이드가 완료된 이후에 시작되어야 신체가 효과적으로 움직이게 된다(김종원, 현태운, 1985). 그러나 비숙련자의 경우에는 스트라이드 동작과 스윙 동작이 중복되는 구간을 가지게 되어 견고하지 못하고 비효율적인 타격을 전개하는 것으로 나타났다(이영석, 2003a).

타격에 있어서 중요하게 언급되는 것이 앞으로 내딛는 발의 움직임이다. 그 이유는 보폭이 일정해야 구조적으로 중심이 흔들리지 않고 스윙을 할 수 있기 때문이다. 스트라이드를 짧게 하면 배팅 동작 시 타자의 무게 중심이 뒷발에 가깝게 위치하게 되므로 힘차게 엉덩이를 돌릴 수 있고, 머리가 앞이나 아래쪽으로 움직이는 것이 감소되어 볼을 오랫동안 주시할 수 있고 시간적인 여유를 가질 수 있는 장점이 있다(Hay, 1993). 우수한 타자는 투구의 방향에 관계없이 스트라이드의 방향과 길이

가 일정(Breen, 1967)하고, 앞발을 내디딜 때 소요되는 시간이 일정할수록 안정되고 정확한 타격을 하는 것으로 나타났다(Pecci, 1986). 이렇듯이 전문가들(Lau, Gloobrenner, LaRussa, & Salzberg, 1980; Bubalo, 1981; Thomas, 1981; Murphy, 1991; Hay, 1993)은 스트라이드 거리가 짧으면 머리의 움직임도 줄어들어 타격의 성공률을 높일 수 있다고 주장하였다. 반면에 보폭이 너무 넓으면, 속도를 효율적으로 변화(change-up)하여 던지는 투수에게 대응하기가 힘들어진다고 보고하였다.

개인적인 특성으로 선수 개개인이 습득한 타격 방법은 다양하나, 타격은 지속적인 반복을 통해 자동·고정화된 리듬이기 때문에 개인 내 타격은 일정한 패턴을 지닌다. 타자들은 배트 속도를 증가시키기 위해 부단히 웨이트 트레이닝(weight training)을 하고 있지만 배트 속도를 높이는 것은 쉽지 않고 스윙 패턴을 교정하기에는 수많은 노력과 시간이 필요하다. 이러한 이유로 전문가들은 타격 전에 이루어지는 선행동작인 일정한 스트라이드를 중요한 요인으로 보고 있다.

야구 타격에 관한 선행된 연구물에서는 임의로 설정된 하나의 구속에 대한 운동학적 연구들이 대부분이다. 그러나 연습 또는 실제 경기에서 투수는 타자의 밸런스를 무너뜨리기 위해 다양한 구속의 공을 던지고 타자는 다양한 구속의 공에 대처해야 한다. 즉 타격 상황이 변하게 되는 것이다. 이러한 경우, 선수들은 다양한 구속의 공에 대해 어떻게 대처를 할 것인가? 전문가들(Breen, 1967; Pecci, 1986)은 투구와 상관없이 스트라이드의 방향과 위치, 소요 시간 등을 일정하게 유지하라고 말한다. 하지만 강속구 투수와 맞붙게 되면 타자는 심리적으로 위축되어 제 스윙을 못하는 경우가 빈번하다. 일정한 스트라이드로 빠른 공을 타격하기 위해서는 배트의 스윙 속도 증가, 타격의 시간 비율 재분배, 인체중심 및 체중의 위치 변화 등의 가정(hypothesis)을 가질 수 있다.

타격은 심리적으로 불리한 상태에서 이루어지지만 적극적으로 대응하여야 한다. 본 연구에서는 투구의 속도를 하나의 구속으로 한정하지 않고 시속 120km에서 140km에 이르는 구속에 대해 타자들의 스탠스 간격, 스트라이드 변화 등의 발 움직임과 스윙 동작 시 지면 반력의 패턴을 살펴보고자 한다. 이러한 연구의 결과는 타자가 좀 더 자신있는 스윙을 할 수 있도록 기술적·심리적으로 도움을 줄 수 있으리라 기대된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

투구 속도 증가에 따른 타자들의 발 움직임과 지면반력의 변화 양상을 살펴보는 본 연구의 목적을 수행하기 위하여, 오른손 타자로서 직구를 선호하고 일반 스탠스(normal stance)로 타격하는 엘리트 야구 선수 7명을 연구 대상으로 선정하였다. 이들은 21.28 ± 0.75 세로, 신장 177.57 ± 3.99 cm, 체중

79.71±8.95kg의 신체적 조건을 지녔으며 야구 경력은 9.57±1.13년인 것으로 조사되었다.

표 1. 연구 대상자

연구대상	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	경력(년)
K ₁	21	175	73	10
K ₂	21	178	73	10
K ₃	22	178	77	11
K ₄	21	176	70	10
K ₅	22	176	85	10
K ₆	20	174	85	8
K ₇	22	186	95	8
M±SD	21.28±0.75	177.57±3.99	79.71±8.95	9.57±1.13

2. 실험설계 및 자료 분석

타석에 선 타자의 동작을 분석하기 위해 고속 비디오 카메라(Peak社 HSC 180-NM) 2대를 설치하였고 체중 이동의 변화를 조사하기 위해 동원된 지면반력기(AMTI社, OR 6-5)는 연구 대상자들의 스탠스 간격을 살펴본 후, 스윙 동작에 불편이 없도록 간격을 두어 양발이 닿는 위치에 각 1대씩을 지면과 평행하도록 고정시켰다. 카메라는 기준척(control point)이 촬영 범위 내에 들어오도록 초점을 맞추고 촬영 속도(90Frame/s)와 노출 시간(1/500sec)을 설정하였다. 지면반력기 위에는 야구화가 미끄러지는 것을 방지하기 위해 인조잔디를 부착하였고 자료는 180Hz/s로 샘플링(sampling)하였다. 영상 자료와 지면반력 자료는 트리거(trigger) 신호를 주는 순간, 촬영 범위 내에 설치한 발광체와 지면반력기에 연결된 외부 신호가 동시에 작동되도록 제작된 단자를 사용하여 동조하였다. 투수는 와인드 업(wind-up) 후에 투수판에서 홈 플레이트(home plate) 쪽으로 약 1.4m 내디디며 릴리즈(이건범, 1998)하므로, 공의 위치와 속도를 통제하기 위해 사용한 피칭 머신(pitching machine)은 홈 플레이트와 17m 떨어진 위치에 설치하였다. 타격 타이밍을 잡아주기 위하여 '셋-둘-하나'의 구령에 맞춰 공을 투사하였다.

연구 대상자의 신체적 특성 및 야구 정보에 관한 자료를 수집하였고 타격은 다운 스윙(down-swing)으로 짧게 끊어치는 타격을 요구하였다. 타격의 채택은 연구 대상자와 지도자 및 전문가의 의견이 일치된 것으로 야구장 중앙 쪽으로 직선적으로 강한 타구(line drive)를 보인 시행으로 하였다.

타격은 연구 대상자 모두가 120~124km/h(이하 120km/h)의 공을 각각 10여회 타격한 후에 130~134km/h(이하 130km/h), 140~144km/h(이하 140km/h)의 공을 때리도록 하였다. 이때 피칭 머신으로 투사된 공의 속도는 스피드 건(radar speed gun)으로 통제하였고 연구 대상자에게는 구속

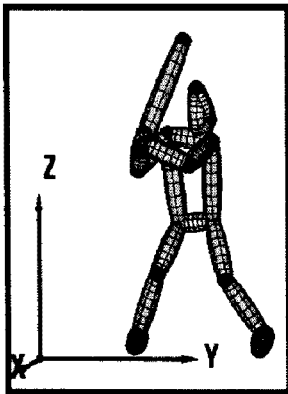


그림 1. 좌표축

간에 휴식 시간(30분 이상)을 충분히 주어 피로를 줄이고자 하였다. 원칙적으로는 구속을 임의대로 조절하여 공을 random하게 투사하여야 하나 피칭머신으로 위치, 속도를 매번 조작하는 것에 문제점이 도출되어 같은 속도에 대해 전원의 과제 수행 후 구속이 증가하는 순으로 실험을 전개 하였다.

자료의 분석과 해석을 위한 좌표축은 홈 플레이트에서 투수판을 향하는 방향을 좌우(Y)축, 지면에 대하여 수직인 방향을 수직(Z)축, 좌우(Y)축과 수직(Z)축에 의해 이루어지는 평면에 수직인 방향을 전후(X)축으로 설정하였다(그림 1). 동조된 2차원 좌표 쌍으로부터 3차원 좌표 계산은 DLT 방법을 이용하였고 저역 통과 필터 방식에 의한 평활화의 차단 주파수는 6Hz로 하였다. 지면반력기를 통해 영상 분석과 동일한 좌표축에 대한 힘 성분을 획득하였다. 자료의 분석은 영상 분석 프로그램(Visiol社, Kwon3D 3.0), 지면반력 분석 프로그램(Visiol社, KwonGRF 2.0)으로 하였고 산출된 변인들의 평균과 표준편차를 구하고 유의도 5% 수준에서 일원분산분석(one-way repeated ANOVA)을 실시하였다.

3. 변인 및 주요 시점

본 연구의 주요 변인인 스텝스 간격은 준비 자세 시 좌우 양발 끝 간격으로 정의하였다. 스트라이드 변화량은 앞발이 지면에서 떨어지는 순간(앞발 이지; toe off)과 내딛은 앞발의 일부분이 지면에 닿는 순간(앞발 착지; toe down)의 위치 변화로 설정하고 두 국면 사이를 스트라이드 구간(stride phase)으로 정의하였다. 또한 앞발의 일부분이 지면에 닿는 순간(TO)에서 공을 때리는 순간(impact)까지를 스윙 구간(swing phase)으로 정의하였다. 대개의 선행 연구에서는 스윙 구간을 배트의 포워드 스윙(forward swing)으로 설정하나, 본 연구에서는 발의 움직임을 기준으로 하여 스트라이드가 완료되고 몸통의 테이크 백(take-back) 동작과 임팩트를 포함하는 넓은 범위로 스윙 구간으로 확대 하였다. 타격의 시작점은 임팩트 1sec 전의 준비자세로 설정하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 소요 시간

타격 동작 시 구간별 소요 시간은 다음의 <표 2>와 같다. 앞발이 지면에서 떨어져 투수판(+Y축)

쪽으로 내딛는 스트라이드 구간에서는 투구의 속도가 증가함에 따라 각각 $0.178\pm 0.061\text{sec}$, $0.173\pm 0.068\text{sec}$, $0.136\pm 0.048\text{sec}$ 로 스트라이드 시간이 감소하는 것으로 나타났다. 반면 앞발 착지(TO) 후 임팩트까지의 스윙 구간에서는 구속이 증가함에 따라 각각 $0.519\pm 0.189\text{sec}$, $0.552\pm 0.108\text{sec}$, $0.588\pm 0.125\text{sec}$ 로 스윙 시간이 증가하는 것으로 측정되었다. 그러나 각 구속에 대해 스트라이드 시간, 스윙 구간의 소요 시간은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

표 2. 구간별 소요 시간

(단위 : sec)

	스트라이드 구간	스윙 구간
120km/h	0.178 ± 0.061	0.519 ± 0.189
130km/h	0.173 ± 0.068	0.552 ± 0.108
140km/h	0.136 ± 0.048	0.588 ± 0.125

안영필(1987)은 3할 이상의 타율을 가진 대학생 8명을 대상으로 시속 119km 직구 공을 타격하여 타구의 방향(좌, 중앙, 우)에 따른 스트라이드 시간을 조사해 보니, 좌측 0.238sec , 중앙 0.241sec , 우측 0.246sec 로 측정되어, 당겨치는 타법에서 밀어치는 타법으로 갈수록 스트라이드 시간이 증가하였다고 보고 하였다. 당겨치는 타법은 밀어치는 타법에 비해 공을 홈 플레이트 앞에서 맞춰야 하므로 스트라이드와 몸통 회전, 배트의 스윙 등 일련의 움직임이 빨리 진행됐기 때문이다. 또한 平野(1979)의 연구에서는 스트라이드를 하는데 0.26sec 의 시간이 소요되었고, 실제 경기 상황의 자료를 수집한 연구(한태륜, 유문집, 정선근, 이성재, 1996)에서는 국내 프로 선수와 대학 선수의 스트라이드 시간이 각각 0.45sec 와 0.40sec 로 측정되었다.

선행 연구에 비해 본 연구의 결과는 상당히 짧은 시간 내에 스트라이드 동작을 마무리한 것으로 나타났다. 이러한 결과 차이는 예전에 비해 현재의 타격법이 상이하고 발전된 이유도 있겠으나 그보다는 피칭머신을 통한 공을 타격한 것이 큰 영향을 미쳤다고 판단된다. 투수가 던지는 공은 투구 폼을 보면서 타이밍을 잡으나, 본 실험에서는 타격 타이밍을 도와주기 위해 투구 시점을 알려주었으나, 피칭 머신에서는 와인드 업 자세가 없어 스트라이드 동작이 빠른 시점에서 시작되었고 짧은 시간 내에 스트라이드를 완료한 것으로 보인다. 공 속도가 140km/h의 고속 공에 이르게 되면서 스트라이드 동작은 더욱 민첩하게 진행되었다.

Breen(1967)은 배팅 시간을 공의 판단 시간(decision time)과 스윙 시간(swing time)으로 구분하여 시속 120km의 공을 타격한 결과, 메이저리그 선수들의 판단 시간과 스윙 시간은 각각 0.26sec , 0.28sec 인 것으로 나타났다. 안영필(1987)은 스윙 개시에서 임팩트까지의 타구 방향별 소요 시간을 측정된 결과, 좌측 0.182sec , 중앙 0.178sec , 우측 0.175sec 로 당겨 칠수록 스윙 시간이 길어진 것으로 보고하였다.

선행된 연구물에서는 배트의 스윙 개시를 기준으로 스윙 시간을 분석한 것이고 본 연구에서는 스

트라이드 완료 시점부터 임팩트까지를 스윙 구간으로 설정한 것이기에 직접적으로 수치 비교는 할 수 없다. 다만 이 구간에서는 스트라이드 완료 후 고관절과 어깨관절이 스윙의 반대방향(clockwise)으로 회전되는 몸통의 테이크 백(take-back) 현상이 나타났기(이영석, 2003)에 스윙 구간의 시간이 길게 소요되었다. 더욱이 빠른 공에 대한 부담으로 구속이 빨라지면서 스윙 구간의 소요시간은 점차 증가하였다.

0.5sec 이상의 시간이 스윙 구간에서 소요됨은 피칭머신에서 공이 투구되기 이전에 이미 스트라이드가 완료되었다는 것을 의미한다. 이 결과 역시 피칭머신을 통한 타격이었기에 실제 투구와는 차이가 있으리라 판단된다. 피칭머신을 통한 타격 연습은 다양한 구속, 위치, 구질의 공을 대처할 수 있는 장점이 있지만 실제적인 타격 타이밍을 잡는 데는 한계성을 지닌다고 볼 수 있겠다.

2. 스탠스 간격

연구 대상자들은 어떠한 공이라도 밀어치고 당겨칠 수 있는 장점이 있고 몸의 균형을 이루는데 용이한 일반 스탠스 유형(Johnson, Leggett, & McMahon, 2001)으로 타격에 임하였다. <표 3>의 스탠스 간격은 좌우 양발 끝 간격으로 제시한 것이다. 구속이 증가할수록 스탠스 간격은 증가하는데 120km/h에서는 신장의 35.55%에 해당하는 63.02cm, 130km/h에서는 신장의 38.53%에 해당하는 68.34cm, 140km/h에서는 신장의 42.49%에 해당하는 75.12cm로 점차 증가하였다.

표 3. 스탠스 간격

(단위 : cm, %)

	스탠스	스탠스/신장
120km/h	63.02±8.89	35.55±5.41
130km/h	68.34±6.31	38.53±3.99
140km/h	75.12±7.59	42.49±4.85

전문가들은 스탠스 간격을 어깨 폭보다 약간 넓히도록 권고하고 있다(McCord, 1969; Hay, 1993). 국내 엘리트 선수들을 대상으로 한 다른 연구(한태륜 등, 1996)에서는 신장의 31.68%에 해당하는 스탠스 간격을 취한 것으로 나타났다. 스탠스는 몸의 밸런스를 유지하고 인체중심의 이동을 쉽게 하기 위한 준비자세이다. 스탠스 간격이 좁으면 넓힐 수 있는 공간적인 여유가 많아 적극적인 스윙을 할 수 있는 특성이 있고, 스탠스 간격은 넓으면 기저면(base of support)이 커져서 안정성이 증가할 수는 있으나, 민첩성은 떨어지게 되고 인체 중심 및 체중의 이동에는 한정적일 수 있다.

연구 대상자들은 시속 130km 조건에서 강하고 빠른 직선타를 많이 날려 보냈다. 이는 대학 야구에서 타자들이 많이 접하는 투수의 구속이 시속 130km대의 직구이기에 이 조건에서 타이밍 적응이 잘 되었기 때문이다. 시속 130km를 전후로 구속이 떨어지면 적극적이고 공격적인 타격을 하기 위해

스트라이드 변화를 크게 할 수 있는 좁은 스탠스 간격을 취한 반면, 구속이 빨라지게 되면 스탠스 간격을 넓히며 타격에 임하는 것으로 나타났다.

3. 스트라이드 변화

타격에서는 인체중심의 이동이 중요하다. 이러한 인체중심의 이동은 발의 움직임인 스트라이드를 통해 일어난다. 스트라이드는 보다 효율적인 타격을 수행하기 위한 사전 동작으로 <표 4>에서와 같이 구속이 증가함에 따라 스트라이드의 전후 변화량(X축)은 각각 $1.56\pm 2.67\text{cm}$, $2.10\pm 1.49\text{cm}$, $2.00\pm 3.03\text{cm}$ 로 거의 변화는 없었으나 앞발이 홈 플레이트 쪽으로 약간 접근한 것으로 나타났다. 한편 구속이 증가함에 따라 스트라이드의 좌우 변화량(Y축)은 120km/h에서 $13.35\pm 5.97\text{cm}$, 130km/h에서 $10.98\pm 4.49\text{cm}$, 140km/h에서 $10.06\pm 5.04\text{cm}$ 로 점차 감소하는 것으로 나타났다. 세 조건 모두 스트라이드는 투구 쪽을 향하여 직선적인 방향으로 이루어졌다. 구속의 증가에 대한 스트라이드의 전후, 좌우 변화량은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 4. 스트라이드 변화

(단위 : cm)

	전후 변화량	좌우 변화량
120km/h	1.56 ± 2.67	13.35 ± 5.97
130km/h	2.10 ± 1.49	10.98 ± 4.49
140km/h	2.00 ± 3.03	10.06 ± 5.04

연구 대상자들은 Breen(1967)의 7.62~30.48cm의 범위에서 스트라이드를 할 것을 요구한 결과에는 포함이 되었으나 한태륜 등(1996)에 의해 측정된 국내 프로 선수 21.16cm, 대학 선수 17.9cm 에 비해서는 스트라이드 폭이 좁았다.

본 연구에서는 구속이 증가하면서 스트라이드의 좌우 변화량이 감소하는 것으로 나타났다. 공 속도가 빨라지면서 스트라이드 동작의 소요 시간이 줄어들고 스트라이드의 좌우 변화량도 감소하였다. 이는 공 속도에 대해 부담감을 가지게 되어 소극적으로 스트라이드를 마치게 된 것이다.

결국, 빠른 볼에 대응하기 위해서는 스트라이드를 줄이고 스윙 시간을 확보하는 것이 유리하다. 이러한 결과는 선수 및 전문가와의 의견과도 일치하였는데, 선수들은 공이 빠르면 테이크 백을 할 수 있는 시간적인 여유가 없으므로 스트라이드 변화량을 다소 줄이는 대신에 스탠스 간격을 넓힘으로써 타격을 한다고 하였다.

4. 지면 반력의 변화

<표 5>는 구속의 증가에 대한 양발의 지면 반력 변화를 나타낸 것이다. 지면반력의 결과치에는 수직성분이 크게 작용하는 것으로 나타났다. 120km/h 조건에서 준비시에는 앞발과 뒷발에 비교적 균등한 51.10%BW, 57.02%BW를 두었고, 스트라이드 구간에서는 오른발인 뒷발에 93~94%BW 정도로 체중이 이동되었다가 임팩트 순간에는 뒷발에 20.81%BW, 앞발에 94.88%BW로 중심이 앞발 쪽으로 이동하였다.

표 5. 지면반력의 변화

(단위 : %BW)

구 분	뒷발(오른발)				앞발(왼발)				
	Fx	Fy	Fz	Fr	Fx	Fy	Fz	Fr	
120 km/h	ST	1.98±0.87	8.73±3.81	56.26±20.35	57.02±20.56	-1.54±2.95	-16.23±9.96	48.30±23.89	51.10±25.78
	TO	3.00±1.51	20.38±3.37	91.98±2.38	94.34±1.66				
	TD	3.11±3.13	16.65±3.70	91.97±9.36	93.66±9.00	-0.25±0.62	-0.34±0.22	1.88±0.86	1.97±0.97
	IM	2.60±2.77	1.51±3.90	19.99±9.22	20.81±8.92	0.68±6.21	-24.05±8.47	91.34±17.24	94.88±17.70
130 km/h	ST	1.76±1.79	7.74±7.19	42.12±19.76	43.04±20.68	-2.06±2.05	-19.83±5.30	59.87±21.94	63.25±22.21
	TO	3.31±2.16	19.80±3.11	92.37±3.51	94.60±3.00				
	TD	2.18±1.55	16.22±2.63	93.13±3.87	94.59±3.87	-0.06±0.20	-0.32±0.16	1.80±0.65	1.85±0.63
	IM	7.09±6.39	3.51±3.34	21.27±9.96	23.33±10.81	-10.18±11.82	-30.33±12.24	108.19±15.15	113.75±16.50
140 km/h	ST	2.08±2.01	11.76±7.15	61.60±27.22	62.89±27.88	-0.43±2.22	-13.47±9.87	40.94±30.18	43.21±31.65
	TO	2.72±1.78	20.50±3.92	90.30±3.70	92.74±2.98				
	TD	1.46±1.74	17.44±4.15	93.87±4.75	95.60±4.29	-0.13±0.30	-0.26±0.31	19.29±0.62	19.78±0.67
	IM	4.69±4.60	4.72±5.73	31.20±16.04	32.81±15.59	0.44±3.47	-15.20±10.21	73.60±27.70	75.41±28.97

ST: 준비 자세 TO: 앞발 이지 TD: 앞발 착지 IM: 임팩트

가장 많은 유효타를 날려 보낸 130km/h에서는 앞발과 뒷발에 대략 6대 4정도의 체중이 분배된 상태로 타격에 임하였고 스트라이드 구간에서는 뒷발에 94%BW로 체중이 이동하였다가 임팩트 순간에는 앞발에 113.75%BW로 강하게 지면을 누르는 것으로 나타났다.

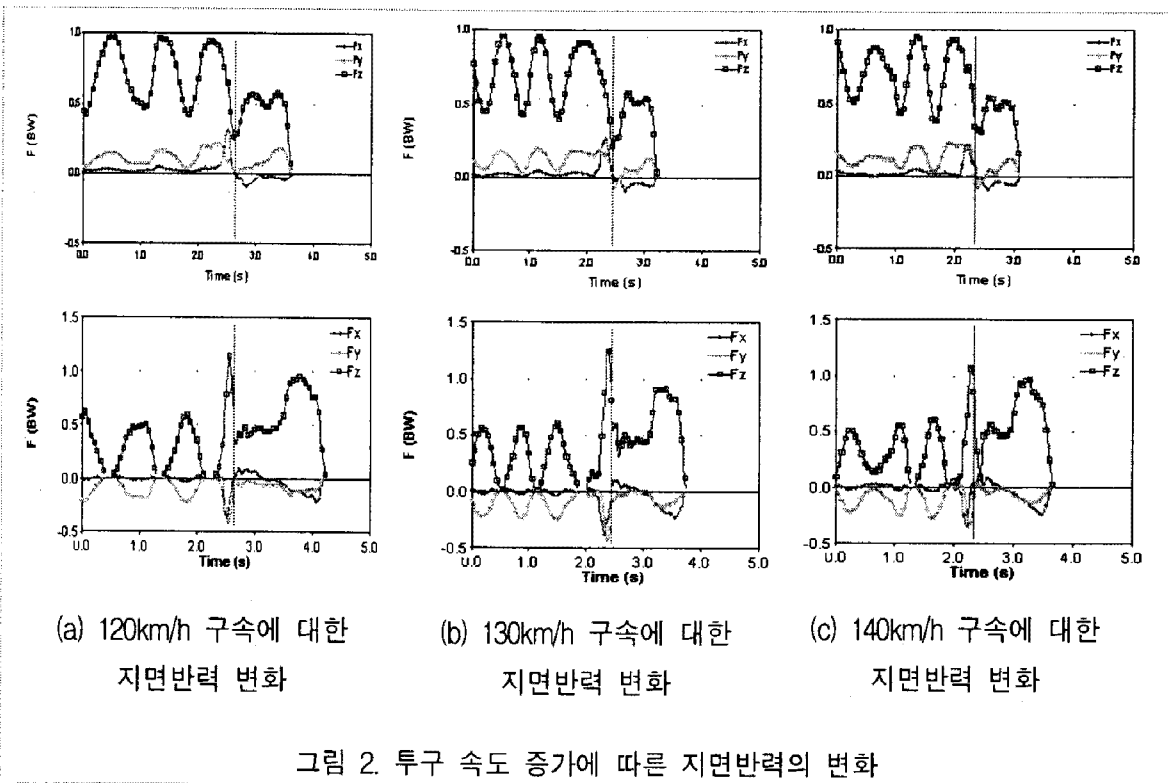
140km/h에서는 오히려 뒷발에 63% 정도의 체중이 실린 상태로 타격 준비를 하였고 스트라이드 구간에서는 뒷발에 92~95%BW 이상의 체중이 실린 것으로 나타났고 임팩트 시점에서는 뒷발에 32.81%BW, 앞발에 75.41%BW의 값을 보였다.

지면반력의 좌우성분은 인체중심 및 체중 이동을 위한 역할과 견고한 타격을 위한 성분이고 전후성분은 스트라이드의 방향과 타구 방향에 연관성을 갖는다. 본 실험에서는 다운 스윙(down swing)에 의한 강한 직선타(이영석, 2003b)를 채택하였으므로 임팩트 시 지면반력의 좌우성분이 작게 측정되었는데 장타를 위하여 어퍼 스윙(upper swing)을 구사하였다면 큰 수치를 보였을 것이다. 또한 투수판을 향한 직선적인 스트라이드와 중앙부를 향한 타구를 분석하였기에 지면반력의 전후성분은 큰 변화가 없었다.

체중의 이동은 세 조건에서 동일하게 중앙 부 뒷발 - 앞발로 전이되었으나 130km/h 조건에서 체중의 이동 변화가 컸고(F_z : 108.19% BW) 임팩트 시 가장 큰 지면반력 결과치를 보였다. 실제로 이 조건에서 유효한 강한 직선타구를 많이 날려 보냈다.

골프, 테니스 등 체중 이동이 수반되는 타격에서는 임팩트 직전에 앞발에 대한 지면반력이 크게 작용하게 된다. 박성순(1991)은 임팩트 직전에 수직력이 클수록 안정성과 정확성을 높일 수 있고 오른발에 대한 왼발의 수직력 비율이 클수록 볼의 초속도에 좋은 영향을 줄 수 있다고 하였다

<그림 2>는 세 구속에 대한 K_3 의 지면반력 변화를 나타낸 그래프로써, 각 구속에 대해 위 그림은 뒷발(오른발)에 대한 자료이고, 아래 그림은 앞발(왼발)에 대한 자료이다. 각 그림의 수직선은 임팩트 시점을 의미한다. 세 조건에서 성분별 곡선의 유형은 유사하게 나타났다. 선수들은 임팩트를 하기 전에 앞뒤발 쪽으로 체중의 이동을 규칙적으로 하고 있음을 알 수 있었다. 유효타가 많았던 시속 130km 조건에서 보다 규칙적인 지면반력의 주기 변화를 확인할 수 있었다. 비속력자 역시 앞 뒤 발에 체중 분포를 달리하여 타격준비를 하였으나 불규칙적인 주기를 보인 바(이영석, 2003a), 일정한 주기를 갖는 체중 이동 패턴은 우수 선수를 평가하는 하나의 특성이라고 할 수 있겠다.



IV. 결 론

본 연구는 투구의 속도 증가에 따른 타자의 발 움직임과 지면 반력의 변화를 알아보기 위해, 엘리트 야구 선수 7명을 대상으로 세 조건의 직구(120km/h 초반, 130km/h 초반, 140km/h 초반)를 타격토록 하였다. 야구장 중앙 쪽으로 강한 직선타를 보인 시행을 채택하여 구간별 소요 시간, 스탠스 간격, 스트라이드의 변화와 지면 반력의 변화를 살펴보았다.

1. 구속이 빨라질수록 스트라이드 동작 시간은 짧아진 반면 스윙 시간은 길어졌다. 그러나 각 구속에 대해 구간별 소요 시간은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.
2. 구속이 빨라질수록 스탠스 간격은 넓어졌고 스트라이드의 좌우 변화량은 줄어들었으나 통계적으로 유의하지는 않았다.
3. 세 조건에서 체중의 이동은 중앙부 - 뒷발 - 앞발로 변화하였다. 유효한 타격 빈도가 높았던 130km/h 조건에서 체중의 이동이 반동적으로 원활하였고 지면반력 자료 값도 크게 측정되었다.

이상적인 타격은 일정한 스탠스 간격과 스트라이드 변화로 이어지는 일관된 스윙을 말한다. 그러나 구속 변화에 대해 선수들은 스탠스 간격과 스트라이드 폭을 상대적으로 변화하였다. 적용된 공 이상의 빠른 공을 대응하는 경우는 시간적인 여유가 충분치 않아 적극적인 스트라이드와 중심 이동을 원활하게 하지 못한다. 이런 경우에 선수들은 스트라이드 변화폭을 줄이는 대신에 스탠스를 넓히고 체중을 뒷발 쪽에 타격하는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- 김중원, 현대운 역(1985). **3000의 예술**. 서울:북지문화사.
- 박성순 (1991). 골프스윙시 최적 타이밍을 위한 방안 연구. **국민대학교 스포츠과학논총**, 10, 51-69.
- 안영필 (1987). 야구경기에 있어 타격자세의 역학적 분석. **한국체육학회지**, 26(2), 89-99.
- 이건범 (1998). **초·고등 대학교 투수의 빠른 오버 암 피칭 동작에 대한 운동학적 분석**. 미간행박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 이영석 (2003a). **야구 타격 시 숙련자와 비숙련자의 동작 비교 연구**. 미간행박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- (2003b). 엘리트 야구 선수의 타격 특성 연구. **한국운동역학회지**, 13(1), 173-184.

- 한태륜, 유문집, 정선근, 이성재 (1996). 한국 프로 야구 및 대학 야구 선수의 3차원적 타격 동작 분석. *대한스포츠의학회지*, 14(1), 22-30.
- 平野裕一 (1979). バッティソグの大地反力とその制御. *新體育*, 49(10), 868-875.
- Breen, J. L. (1967). What makes 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), 24-25, 91-95.
- Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques*. (4th Ed.). Englewood Cliffs, Prentice-hall, 198-221.
- Johnson, M., Leggett, J. & McMahon, P. (2001). *Baseball skills & drills*. IL: Human kinetics. 10-14.
- Jones-Morton, P. (1991). Skills analysis series: Striking. *Strategies*, 4(3), 28-29.
- Lau, C., Gloobrenner, A., LaRussa, T., & Salzberg, C. (1980). *The art of hitting*. 300(Rev. 2nd Ed.). New York: E. P. Dutton.
- McCord, B. (1969). The physics of hitting. *Athletic Journal*, 50, 44-50.
- Murphy, G. (1991). Hitting mechanics: From stance to follow through. *Scholastic Coach*, 60(9), 28-30. 72, 74.
- Pecci, S. P. (1986). *Human movement during the three phases of baseball batting*. University of Massachusetts. Master's thesis.
- Thomas, H. (1981). The middle approach in teaching the mechanics. *Scholastic Coach*, 50(9), 30-32, 82-83.

투 고 일 : 10월 29일

심 사 일 : 11월 4일

심사완료일 : 12월 10일