끊어 지르기와 밀어 지르기 동작의 운동 제어적 특성에 대한 영상 분석

Picture Analysis of Motor Control's Property about the Motion of Stop-jirugi and Push-jirugi

안정덕
한국과학영재학교

Jeong-Deok Ahn(ajdhwang@hanmail.net)

요약

본 연구의 목적은 태권도 기본동작의 하나인 정권지르기 기술을 끊어지르기와 밀어지르기로 구분 실시하여 impact순간의 가속도 및 속도의 변화유형을 분석하고, 충격순간의 동작을 영상분석으로 살펴보았다. 먼저, 가속도와 속도 변화를 알아보기 위해서는 미국에서 제작한 Low-g Accelerometer 라는 가속도 분석장비를 이용하였으며, 피험자 상완 전체길이의 80% 지점에 흰 마분지를 걸어놓고 센서를 주먹 등에 단단히 부착한 후 끊어지르기와 밀어지르기를 각각 10회씩 실시하였다. 이중 3회씩의 그래픽을 분석자료로 활용하였다. 그리고 impact 순간의 영상 분석을 위해서는 미국에서 2005년에 만든 Trouble Shooter Camera를 활용하여 초당 250프레임으로 촬영하였다. 이러한 과정을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째, 가속도 파형에서 밀어지르기가 끊어지르기 보다 1주기 더 나타나 밀어지르기 동작이 시간적으로 더 길게 힘을 가하다는 사실을 알 수 있었다. 둘째, 가속도와 속도 변화를 그래프로 보면 최고의 가속도를 보인 후 급격하게 떨어지기 시작한 지점에서 최고 속도가 일어났다. 셋째, 고속 카메라에 의한 영상분석을 통하여 끊어지르기도 어깨를 약간은 밀게 된다는 사실을 알 수 있었다.

■ 중심어 : | 끊어지르기 | 밀어지르기 | 태권도 |

Abstract

This research differentiate the technique of Jungkwon-jirugi, one of the basic movements of Taekwondo, into two movements stop-jirugi and push-jirugi and gives analysis of the impulse, acceleration and velocity in the point of motor control. For this, we tried graphic analysis using an acceleration sensor and high speed camera which was made from USA in 2005 and took pictures at 250 frames per second. We reached the following conclusions. First, the acceleration wave of push-jirugi was a period longer than stop-jirugi, meaning that the push-jirugi motion asserts force for a longer time. Second, the acceleration and velocity graph shows that the highest velocity occurs on the point when the acceleration begins to decrease right after reaching its maximum. Third, according to the image analysis using the high speed camera, we could find out that the shoulder is pushed a little even in the stop-jirugi motion.

■ keyword : | Stop-jirugi | Push-jirugi | Taekwondo |

접수번호 : #080714-001
접수일자 : 2008년 07월 14일
심사완료일 : 2008년 08월 18일
교신저자 : 안정덕, e-mail : ajdhwang@hanmail.net

Ⅰ. 서 론

오늘날 태권도는 세계 179개국이 세계태권도 연맹에 가입될 정도로[1] 전 세계에 보급된 가장 성공한 무도 스포츠이다. 특히 태권도는 경기화를 추구하면서 국제화되어 한국적인 것으로 토착화되었고, 더 나아가 문화적 정체성을 확립하여 종주국으로 인정받고 있다. 태권도 기술 동작은 맨손으로 신체의 모든 부분을 공격과 방어에 활용한다는데 있다. 특히 발과 손은 태권(跆: 발, 拳: 주먹)의 어원적 본질에서 의미하듯 기술체계에 있어 가장 핵심적인 활용부위이다. 즉 태권도는 발과 손을 이용하여 차고, 치고, 지르고, 찌르고, 서고, 막는 동작을 구사하면서 삶의 고상한 가치를 추구해가는 수련과정이라고 정의할 수 있다.

맨손 무예로서의 태권도는 다른 무예와 달리 발을 중점적으로 사용한다는 특징이 있다. 하지만 손기술은 태권도 기술의 시작이고, 정권이나 손날을 이용한 지르기와 막기 및 치기 동작은 품새 동작 구성의 70% 이상을 차지하고 있다. 최근 들어 태권도의 미학적 · 예술적 가치를 추구하는 품새와 격파의 경기화는 손기술에 대한 중요성을 더욱 부각시키고 있다. 더욱이 정권 격파의 경우에는 가장 효율적 동작으로 큰 충격력을 얻는 것이 기술의 핵심이므로 이에 대한 학술적 기초자료가 요구되고 있다. 태권도 정권지르기 동작은 전완을 회내시키면서 어깨를 밀어 넣지 않고 팔 분절 전체 길이를 이용하여 정권으로 목표물을 타격하는 기술이다. 어깨를 밀지 않기 때문에 목표점을 타격한 지점에서 지속되던 힘이 멈춰지게 된다.

이러한 지르기 동작은 그 기원을 추측할 수 없을 정도로 오래된 것으로 일본의 가라테나 태권도와 같이 강권 무도에서 적용되는 주먹 지르기 기술이다. 이처럼 어깨를 밀어 넣지 않는 이유는 다음과 같은 몇 가지 효과를 얻고자 한 것으로 추측된다. 첫째, 태권도와 같은 무도에서는 공격과 방어가 신속히 전환되어야 하는데, 어깨를 밀어 넣지 않고 지르는 동작은 뒤 따르는 다음 동작을 더욱 빠르고 효율적으로 수행하는데 용이 할 것이다. 둘째, 타이밍 과제에서는 속도가 빠를수록 오차가 줄어들고 정확성이 높아지는 것으로 알려져 있는데 [2][3] 무도는 움직이는 상대를 타격하는 타이밍 과제이다. 어깨를 밀어 넣지 않는 동작은 어깨를 밀어 넣는 동작보다 빠르고 신속할 것으로 예측해 볼 수 있고, 목표 타격의 정확성을 기대할 수 있다. 셋째, 어깨를 밀어 넣지 않은 지르기 동작은 허리회전과 팔 근력에서 발생된 최대 파워를 목표물을 가격하는 한 지점에서 일제히 모아주기 때문에 어깨를 밀어 넣는 동작보다 충격을 가하는 시간이 짧고 강해 더 큰 충격력을 얻는 효과가 있을 것으로 예상할 수 있다.

그러나 끊어지르기 동작이 어깨를 밀어 넣어 지르는 동작보다 속도와 가속도에서 더 효과적이고, 충격력이 크다고 보고된 연구결과는 없다. 더욱이 실제의 격파 시연 현장에서는 충격력을 더 오래 동안 지속시켜 격파량을 늘리기 위해 어깨를 깊숙이 밀어 넣는 방식을 대부분의 수행자들이 선호하고 있다. 그렇다면 움직이지 않는 물체를 격파하는 과제에서는 어깨를 밀어 넣어 지르는 동작이 더 큰 충격량을 얻는데 효과적이라는 새로운 가설을 세울 수 있을 것 같기도 하다. 물리학적 기초공식을 빌린다면, Impulse(충격량)= Force(힘) ×Time(시간)으로 나타낼 수 있는데, 주어진 힘이 같다고 가정하면 밀어 지르기 동작이 끊어지르기 동작 보다 충격을 주는 시간이 더 지속될 것으로 여겨져 충격량이 클 것으로 예상된다. 정말 그럴까?

물리학적 공식인 충격량(impulse)= 힘(force) × 시간(time)은 물체에 작용된 힘이 항상 동일하다고 가정할 때 가능한 공식이고, 본 과제와 같이 정권지르기로 목표물을 격파하는 과제에서는 허리 회전과 주먹의 회내, 그리고 팔 근육 수축을 통해 생성된 힘이 송판을 가격하는 순간에 작용한 충격력의 크기를 다음과 같이 풀어 쓸 수 있다.

주먹이 목표물을 가격하는 순간, 충격량의 크기는 다음과 같이 주어진다.

$$I=\int_0^t F dt=\int_0^t ma dt=\int_0^t m\frac{dv}{dt}dt=\int_{v_i}^{v_f} m dv=mv_f-mv_i$$

단, 이 때 주먹이 직선 운동을 한다고 가정해 보자.

즉, 충격량의 크기는 운동량의 변화의 량이자, 주먹이 목표물을 가격하여 접촉하는 총 시간 t와 인체의 운동 제어 기전을 통해 팔에서 발생한 평균적인 힘의 크기 $F_{av} = \frac{1}{t}\int_0^t Fdt$의 곱이라고 할 수 있고, 맨 위의 식은 다음과 같이 다시 변형할 수 있다.

$$I = mv_f - mv_i = \sqrt{m^2v_f^2} - \sqrt{m^2v_i^2} = \sqrt{2m}$$
$$(\sqrt{\frac{1}{2}mv_f^2} - \sqrt{\frac{1}{2}mv_i^2}) = \sqrt{2m}\,(\sqrt{KE_f} - \sqrt{KE_i})$$

즉, 충격량의 크기는 충돌 후의 운동에너지의 제곱근에서 충돌전의 운동에너지의 제곱근을 뺀 값에 질량의 두 배의 제곱근을 곱한 것이다.

만약 물체가 태권도에서의 격파처럼 충돌 후에 멈춘다고 하자. 그렇다면 위의 식은 다시 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = \int_0^t Fdt = mv_i = \sqrt{2m}\,\sqrt{KE}$$

즉, 충격량의 크기는 물체의 운동에너지와 질량의 곱의 제곱근에 비례한다.

자, 그러면 태권도 정권지르기 격파 동작에서 끊어지르기(어깨를 밀어 넣지 않은 동작)와 어깨를 밀어넣고 지르기 동작의 충격량을 [그림 1]과 함께 다시 살펴보자.

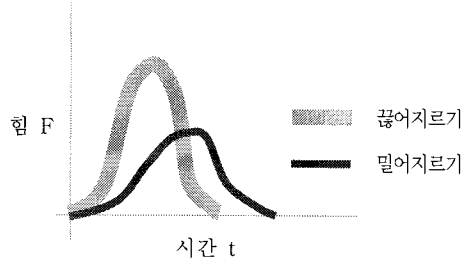

그림 1. 충격량이 동일할 때 끊어지르기와 밀어지르기의 peak force

만약 끊어지르기와 밀어지르기의 충격량이 같다고 가정하면 힘의 크기를 y축으로 하고 시간을 x축으로 하여 그린 그래프에서 내부 면적은 같을 것이다. 이 때 x축에서의 시간이라는 것은 주먹이 격파하고자 하는 대상에 힘을 가하는 시간 간격을 말한다. 끊어지르기에서는 이 시간 간격이 비교적 짧은 반면에 밀어넣고 지르기에서는 이 시간 간격이 비교적 길 것으로 예상된다. 하지만 두 경우에 대해서 전체 그래프의 면적은 일정해야 하므로, 최대 힘(peak force)의 크기는 끊어지르기의 경우에서 밀어지르기의 경우보다 더 클 것으로 예상된다. 허나 실제 상황에서 끊어지르기와 밀어지르기의 충격량 크기가 같다 라는 가정이 성립 할지는 알 수 없으므로, 지르기 형태에 따라 충격력을 분석하는 실험이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

운동 제어 측면에서 충격량은 근육 수축을 통하여 생성된 힘이 사지를 움직이는데 작용한 힘의 크기로 정의할 수 있고, 동작이 지속되는 시간과 그 때 생성되는 힘의 양에 따라 결정된다고 본다. 특정한 수축을 할 때 생성되는 복잡한 유형의 힘은 운동체계에 의해 지배될 것이며, 상대적 힘과 상대적 타이밍 등과 같은 불변 매개변수와 전체적인 힘의 크기와 충격량 시간 등과 같은 가변 매개변수가 인간의 운동제어 체계에 작용하여 충격량 가변성과 운동 가변성을 결정한다고 보고 있다[4]. 만약 가변성이 크다면 정확성을 상실하여 좋은 결과를 얻지 못할 것인데, Schmidt & Sherwood[5]는 힘이 증가 할수록 힘의 가변성은 최고점에 이르고, 힘이 더 증가하면 가변성은 점차 감소한다는 것을 제시하였다. 그들은 힘 가변성이 가장 높은 지점은 피험자들이 자신의 최대힘의 50%를 발휘했을 때 힘 가변성이 가장 높게 나타났으며, 동작이 매우 빠르고 최대 힘의 84%를 요구했을 때 가변성이 감소하였다고 제시하였다. 이 실험 결과는 타이밍 정확성을 높이기 위해선 자신이 낼 수 있는 최대힘의 80% 힘으로 가능한 한 빠르게 운동을 수행하는 것이 가장 효과적이라는 것을 시사하고 있다. 태권도 기술의 충격력과 관련한 연구로는 하철수[6]가 SSAURABI라는 센서 부착용 충격량 측정 기계를 이용하여 앞차기, 반달차기, 돌려차기, 옆차기, 뒤차기의 충력력을 측정한 바 있다.

최근에 최치선[7]은 태권도 정권 지르는 방식과 목표물의 타격 거리에 따라 impact시 충격량과 속도, 가속도를 분석하였다. 여기서 지르는 방식은 정권지르기 준비자세에서 끊어지르기 동작과 같이 주먹을 회전시키면 지르는 회내지르기, 회전없이 지르기, 옆으로 지르기

3가지 방법이었다. 그리고 목표 거리는 피험자가 팔을 완전히 뻗어을 때 길이를 100%로 가정하고, 목표물을 90%, 80%, 70%, 60%, 50%로 변형하여 살펴보았다. 그 결과 80%의 거리에서 최대의 충격력과 최고의 속도 및 가속도를 나타냈고, 회내로 회전하여 지르는 방식이 가장 큰 충격력을 얻을 수 있는 것으로 보고하였다. 그 외 강성철, 김의환, 신현무, 김성섭, 김태완[8] 등은 몸통지르기 유형을 어깨만 이용하여 지르기, 허리를 이용한 지르기, 하지를 이용한 지르기, 팔굽을 가슴위치에서 지르는 4가지 형태별로 구분하여 소요시간과 최대속도 지면반력 등을 조사한 연구를 실시했다. 그 결과 주먹의 평균속도는 어깨만 이용하여 지르는 동작이 가장 빠른 것으로 제시하였다. 이들 연구에서는 충격량 변인을 얻기 위한 방법으로 지면 반력이나 압력 등을 측정하기 위해 제작한 force platform을 수직으로 세워 벽에 부착한 후 활용하는 방식을 주로 사용하였다[7][9][10]. 그러나 이러한 연구들은 태권도의 주춤 서 몸통지르기 동작에서 가장 보편적인 끊어 지르기 형태만을 연구하였다는데 한계가 있다.

본 연구는 태권도 기본동작의 하나인 정권지르기 기술을 끊어지르기 동작과 밀어지르기 동작으로 구분 실시하여 impact순간의 충격량과 속도 및 가속도를 운동제어적 측면에서 분석하고자 하였다. 이를 위해 우선 1차적으로 두 형태의 지르기 동작시 가속도 센서를 활용한 그래픽 분석과 고속 카메라 촬영에 의한 영상 분석을 시도하였다. 정성적 분석을 위한 예비실험 차원에서 이루어진 본 연구 결과는 본 실험을 위한 기초 정보를 제공하는데 큰 기여를 할 것으로 생각되고, 본 실험이 완성되어 보고서가 제출된다면 지르기 동작에 대한 생태학적인 운동제어 특성을 설명하는 학술적 자료로써 태권도의 과학적 기술체계 구성에 큰 도움을 줄 것으로 판단된다.

II. 연구방법

1. 피험자

본 연구에는 2명의 피험자가 각각의 실험에 참여하였으며, 피험자들은 현재 태권도 사범으로 활동하고 있고 장기간 태권도를 수련한 전문인이다.

표 1. 피험자 현황

구분	성별	나이	체중	신장	수련경력
가속도실험	남	44	69Kg	170cm	30년 (공인6단)
영상분석	남	55	72Kg	168cm	41년 (공인8단)

2. 측정 장비

1.1 가속도 분석 기기

미국 Vernier Software & Technology사에서 만든 Low-g Accelerometer 기기를 사용하였다. 데이타를 모우고 분석하는 컴퓨터용 소프트웨어, 센서, Universial Lab Interface, Serial Box Interface로 구성되어 있다. 이 기기는 -5g(-49m/s2)에서 +5g(+49m/s2)까지의 손가락이나 손목, 발 등의 움직임 동작의 가속도를 센서로 측정하여 분석하는 장비이다. 반응빈도는 0-100 Hz까지 측정 가능하다. 본 연구에서 50Hz의 반응빈도로 설정하였으며, [그림 2]에서 나타난 바와 같이 가속도 센서를 주먹의 등에 단단히 부착하여 피부에 밀리지 않도록 하였다.

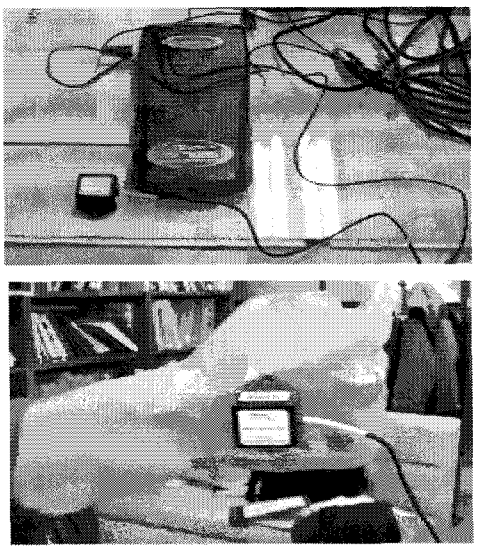

그림 2. 가속도 측정 센서 기기와 부착

1.2 초고속 영상분석 기기

본 연구에서는 미국 Fastec Imageing Co에서 2005년에 만든 Trouble Shooter Camera를 활용하였다. 이 기기는 초당 1000프레임까지 촬영이 가능한 초고속 디지털 영상분석 기기로 빠른 움직임의 시각화연구에 적합하다. 이 기기는 20배 까지 셔트 속도를 조절할 수 있고, 5″color digital display와 휴대용 플래시, 자료저장 및 분석 software와 렌즈 탑재장비를 갖추고 있다. 본 연구에서 초당 250프레임에 5배속 셔트 속도로 렌즈를 고정시켜 휴대용 플래시 3대를 동원하여 [그림 3]과 같이 촬영하였다.

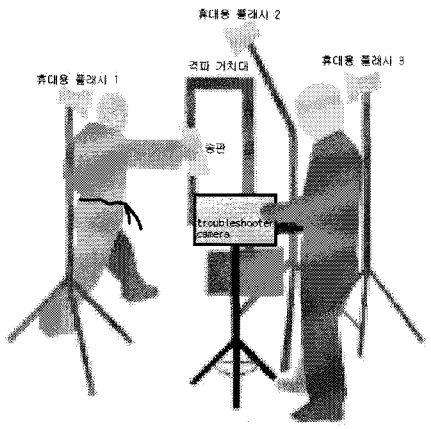

그림 3. 고속 카메라를 활용한 촬영 모습

3. 측정절차

본 연구에서는 2가지 실험이 구분되어 실시되었다. 먼저 지르기 방식에 따른 주먹의 가속도와 속도변인의 변화 양상을 그래픽으로 알아보기 위해서는 [그림 2]와 같이 가속도 측정 센서를 주먹 등에 부착한 후 피험자 상완 길이의 80%에 목표물로 흰 마분지를 걸어놓고 끊어지르기와 밀어지르기를 각각 10회씩 실시하였다. 최치선[7]의 연구에 의하면 팔 분절의 전체 길이를 100%로 했을 때 80%의 길이에 목표물이 있을 때 최대의 속도와 가속도 및 충격력을 얻을 수 있는 것으로 보고되어 본 연구에서는 모든 목표물의 위치를 피험자 팔 길이의 80% 지점에 고정하여 실시하였다. 그리고 고속 카메라에 의한 영상분석은 [그림 3]와 같이 피험자가 4Cm 두께의 송판을 끊어지르기와 , 밀어지르기로 격파하는 실제 장면을 기록하여 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 지르기방식에 따른 가속도 그래픽 분석

지르기 방식별로 나타난 그래픽을 각각 3회씩 제시하였다.

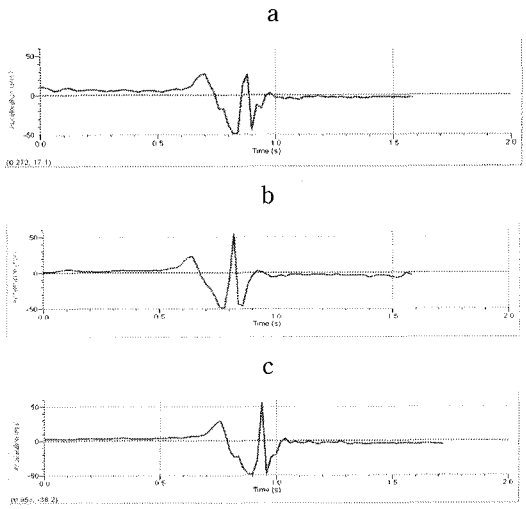

그림 4. 끊어지르기 동작의 반복 측정 그래프

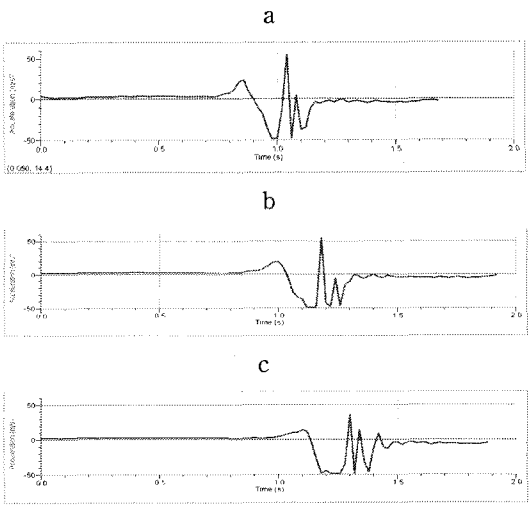

그림 5. 밀어지르기 동작의 반복 측정 그래프

[그림 4]와 [그림 5]의 그래픽에서 다음과 같은 현상이 나타났다. 가속도가 일어났다 사라진 시간적 간격이 끊어지르기 동작보다 밀어지르기 동작이 약간 길다는 사실을 발견할 수 있다. 이것은 끊어지르기 동작은 가격 후 개인의 팔 길이 만큼 뻗은 후 모든 힘과 팔 운동이 멈춰지는 동작이고, 밀어지르기는 목표물 가격 후 팔을 쭉 뻗으며 다시 어깨를 밀어 넣으면서 가속이 한 번 더 생긴 것으로 해석할 수 있겠다. 이처럼 가속도 진폭이 길게 나타난 것이 충격량을 높이는 데 효과적일 것인지 아니면 가속도 진폭이 짧은 것이 오히려 순간적 최대 파워가 높아 격파 동작이 더 유리할 것이지는 추가적인 연구가 필요하다. 단지 위 그림을 통해서는 다음과 같은 사실을 유추해 볼 수 있겠다.

첫째, 시간적으로 더 길게 가속도가 일어난다는 것은 동작 시간이 더 길다는 것을 의미한다. 이점은 impulse-가변성 이론에서 보면 근육의 가변성이 더 높아 정확성이 떨어지게 된다는 것을 시사한다[11]. 따라서 끊어지르기 동작이 충격순간의 동작 시간이 짧아 공간정확성을 요구하는 타이밍 과제에서 보다 더 정확성을 높이는데 효과적인 기술이라고 판단된다.

둘째, 한 개인이 끊어지르기 동작과 밀어지르기 동작으로 격파시 충격량에 유의할 만한 차이가 없다면 충격시간이 보다 짧은 끊어지르기 방식이 순간적인 최대 힘이 커서 격파에 보다 효과적일 것으로 판단된다. 즉 격파에서는 전체 충격량 보다는 순간적인 peak force가 더 중요한 요인이기 때문이다. 그러나 이러한 판단은 그래픽 분석만으로는 불가능하고 충격량을 측정할 수 있는 실험을 추가적으로 강구하여 과학적 근거를 통하여 지지되어야 할 것으로 판단된다.

2. 지르기 방식에 따른 가속도와 속도 변화

아래의 [그림 6]은 지르기 방식에 따른 가속도와 속도 변화를 동시적으로 제시한 것이다.

가속도 센서와 소프트웨어를 통해 측정된 가속도 수치를 엑셀파일속에서 해당 가속도별 속도를 재 산출하여 그래프로 표현하였다.

실제 실험을 통해서 구한 데이터는 주어진 시간 간격에 대한 가속도 변화이므로, 이것을 통해서 시간에 따른 속도 변화를 계산하여야 한다. 이상적으로는 적분을 통해서 하여야 하나, 주어진 데이터가 이산적으로 주어졌으므로 다음과 같이 근사한 공식을 사용했다.

$$a(t) = \int_0^t v(t)dt \approx \sum_{i=0}^{N-1} v(N\triangle t)\triangle t$$

이 때 $t = N\triangle t$이다. 위 식에서 $a(t)$는 시간 t에서의 가속도의 크기이고, $v(t)$는 시간 t에서의 속도 크기, $\triangle t$는 주어진 데이터 파일에서의 측정시간 간격, N은 지금까지 경과한 시간 간격의 개수, 그리고 t는 구하고자 하는 시각이다. 단, 이 때 초기 가속도는 0이다. 위 근사식을 통해서 아래 그래프를 생성할 수 있었다.

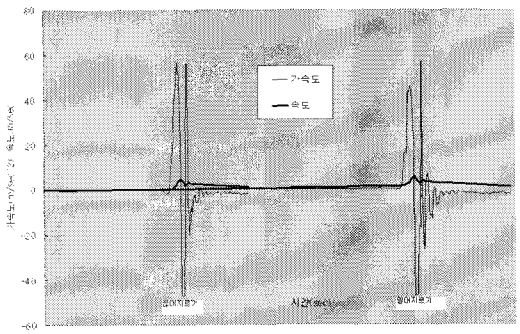

그림 6. 지르기 방식에 따른 가속도와 속도 변화

[그림 6]을 보면, 주먹이 최초 가속이 일어나고 감속하는 중간 쯤에서 최고 속도가 일어난다는 사실을 알 수 있다. 이러한 현상은 빠르게 목표물을 맞추는 팔운동과제를 제시한 Wadman, Denier van der Gon , Geuze & Mol[12]의 연구에서의 속도와 가속도 변화 패턴과 유사하였다. 그리고 가속의 변화 크기보다는 속도의 변화 진폭이 작다는 사실도 발견할 수 있고, 속도의 변화는 끊어지르기와 밀어지르기 형태에 상관없이 1회 최고 속도를 보인 후 떨어지는 전형적인 양상을 보여주고 있다.

3. 영상 분석 실험

미국에서 제조된 Trouble shooter TSHRCE로 지칭하는 고속 카메라를 이용하여 초당 250프레임으로 촬

영한 것을 movie maker 프로그램에서 필요한 부분만 재구성하여 지르기 방식별로 [그림 7]과 [그림 8]에 제시하였다.

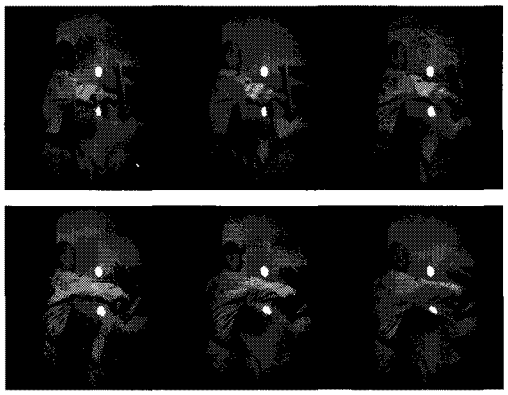

그림 7. 끊어 지르기 격파 순간의 고속 영상

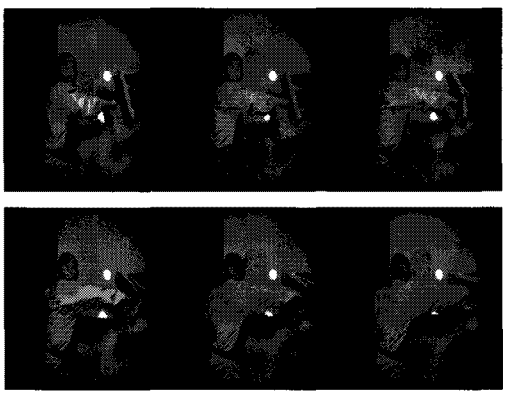

그림 8. 밀어 지르기 격파 순간의 고속 영상

[그림 7]과 [그림 8]사진을 보면, 끊어지르기도 어깨를 약간은 밀게 된다는 사실을 알 수 있다. 이점은 직선운동을 하는 주먹은 계속해서 운동의 성향을 유지 하려고 하는 관성의 법칙과 완전하게 격파하고자 하는 심리적 동력에서 비롯되며, 아무리 어깨를 밀어 넣지 않아도 어느 정도 미는 동작이 정지한 목표물을 격파하는 상황에서 오히려 자연스럽다는 것을 보여 주는 것이다. 실제로 국기원의 태권도 교본[13]에서도 주먹지르기 동작 시 어깨를 밀지 않는 게 원칙이나 어느 정도 미는 것도 허용된다고 규정하고 있다.

Ⅳ. 논의 및 결론

본 연구는 정권을 이용하여 끊어지르기와 밀어지르기 방식에 따라 어떤 동작이 격파에 더 효과적이고 충격량이 크게 낼 수 있는지를 알아보기 위한 기초연구로써 시도되었다. 이를 위해 충격량을 규명하는 이론적 배경과 태권도에서의 정권지르기 동작 시 나타나는 충격량의 크기를 수학적 공식으로 규명하여 제시하였고, 가속도 센스를 활용하여 지르기 방식에 따른 가속도와 속도의 파형을 분석하였다. 그리고 초당 250프레임의 고속 카메라를 활용하여 실제적인 격파 현장에서 목표물을 타격하는 순간의 주먹과 어깨의 움직임을 영상분석으로 살펴보았다. 이러한 실험들은 많은 피험자를 동원하여 반복 측정에 의한 전형적인 정성적 통계기법에 의한 차이를 분석하여 규명하는 연구를 위한 예비 실험단계로서의 의미를 가지고 있다고 할 수 있으며, 그 결과 다음과 같은 시사점을 제시하고자 한다. 첫째, 가속도 파형을 보며, 밀어지르기 동작이 끊어지르기 동작보다 1주기 더 나타난다는 것을 알 수 있었는데, 이것은 밀어지르기 동작이 시간적으로 더 길게 힘을 가하다는 것을 의미하는 것이었다. 이 점은 전체 충격량을 크게 할 수도 있고, 최대 힘(peak force)에서 불리할 수도 있다. 만약 충격량이 밀어지르기와 끊어지르기에 큰 차이가 없다면 끊어지르기 동작이 힘을 가하는 시간이 짧아 순간적인 최대 힘에서 유리하여 격파에 더 효과적일 것으로 예상해 볼 수 있었다[그림 1]. 또 격파에서는 전체적인 충격량보다 순간적인 peak force가 더 중요하고, 물리적 법칙에 따르면 격파순간에 최대 속도가 높다면 더 큰 힘을 얻을 수 있으므로 끊어지르기 방식이 peak force를 얻는데 더 효과적일 것으로 예측되었다. 그러나 이러한 예측이 인체의 충격량과 관련한 운동제어의 원리로서 인정받기 위해선 최대 속도로 운동할 때 발생하는 힘을 감지할 수 있는 force sence나 다른 장치를 이용한 추가적인 실험으로 지지되어야 할 것으로 결론 내릴 수 있겠다.

둘째, 가속도와 속도의 변화양상을 그래픽 상에서 동시적으로 살펴본 결과, 목표물을 타격하기 전에 최고의 가속도를 보이다가 가속도가 급격하게 떨어지기 시작

한 직후에 최고 속도 현상이 일어난다는 것을 알 수 있었다. 이러한 현상은 끊어지르기와 밀어지르기 모두 동일하게 나타났고 전형적인 양상이라고 판단된다.

셋째, 고속 카메라에 의한 영상분석을 통하여 끊어지르기도 어깨를 약간은 밀게 된다는 사실을 알 수 있었다. 이점은 품새 동작 중 지르기나 기본 동작 연습시의 정권지르기 처럼 목표물이 없는 상황에서는 어깨를 밀어넣지 않고도 끊어지르기 동작을 완벽히 수행 할 수 있으나 목표가 있으면(특히 목표물이 고정되어 있을 경우) 어깨를 약간 밀어 넣을 수 밖에 없다는 점을 시사하는 것이다. 즉 상완의 관성 법칙과 최대 힘을 쏟아 완벽하게 격파하고자 하는 심리적 동력이 어깨를 밀어 넣게 되는 것으로 설명할 수 있겠다.

끊어 지른다는 것은 타격물과 접촉한 후 멈춘다는 것이고, 밀어 지른다는 것은 타격물을 접촉한 후에도 마침 다음 타격물이 하나 더 있는 듯이 어깨를 밀어 넣으면서 동작을 계속 유지하는 것이다. 이러한 동작을 약간 다르게 이미지화 해 보면, 끊어 지르기 동작은 한 개의 목표물이 피험자 상완의 80-90% 거리 지점에 위치하여 지르기로 타격 한 후 상완을 완전히 뻗은 100% 지점에서 멈추는 것이고, 밀어 지르기는 1차 2차 목표물이 연속적으로 상완의 80-90% 지점과 100% 지점에 놓여 있어 한 번에 두개의 목표물을 격파하는 상황과 유사한 동작으로 생각할 수 있다. Marianne, Jeroen & Eli[14] 등은 목표물이 하나 있는 상황과 목표물이 두개 있는 상황에서의 상완 수평운동 실험에서 하나인 상황이 두개인 상황 보다 최고속도에서 더 빨랐다고 보고하였다. 이와 같은 결과와 연관시켜 유추해 보면, 끊어지르기가 밀어지르기 보다 최고 속도에서 더 빠르고, 이로 인해 최대 파워에서도 유리하여 격파 동작에 더 효과적 일 수 있다고 추론 할 수 있다.

이번 실험은 태권도 수련시 끊어지르기 기술이 밀어지르기 보다 왜 효과적이고 파괴적인지에 대해 최초로 과학적인 접근을 시도하였다는데 큰 의의가 있다. 현재 태권도 수련 현장에서는 왜 끊어서 질려야 하는지에 대한 과학적 근거와 설명이 부족한 상황이다. 본 연구에서 제시한 결과와 논의는 현장의 지도 사범들에게 지르기 기술의 과학적 효과에 대한 기초지식을 끊어지르기와 밀어지르기를 비교하여 제공할 수 있을 것이다. 그리고 끊어 지르는 형태의 운동방식이 밀어지르기 방식보다 인간의 운동제어와 인체공학 측면에서 본질적으로 더 효과적일 수 있다는 가설 설정 타당성에 한 발짝 더 다가갔다는 성과가 있었다. 그러나 본 실험은 끊어지르기가 속도와 가속도 및 충격량에서 보다 효과적이라는 운동제어적 특성을 규명하는 초보적 연구에 불과하다. 따라서 차후연구에서는 빛을 내는 다이오드나 LEDs라고 불리는 작은 전구, 또는 형광성의 표시기를 손목 팔꿈치, 정권 끝부분에 부착하여 최소 2대의 무비 카메라로 촬영한 후 구간별 속도를 구해 내는 전통적 방식을 활용하든지 아니면 빠른 물체의 움직임을 순간적으로 측정해 최고 속도를 알 수 있는 스피드 건을 활용하는 방법이 강구되어야 할 것이다. 그리고 충격량은 force sence나 지면반력기를 세워서 주먹으로 가격하여 순간적인 최대 peak force를 진폭 또는 디지털로 나타나는 수치를 활용하여 분석하는 방법과 피험자 숫자도 늘려 양적 분석을 실시할 필요가 있음을 제언하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] http://www.kukiwon.or.kr, 2006.

[2] K. M. Newell, The speed-accuracy paradox in movement control: Error of time and space. In G.E. Stelmach(Ed.), Tutorials in motor behavior, Amsterdam: Elsevier, 1980.

[3] R. A. Schmidt, "Inter-limb specificity of motor response consistency," Journal of Motor Behavior, 1, pp.89-99, 1969.

[4] 김선진, *운동학습과 제어*, 대한미디어, p.129, 2000.

[5] D. E. Sherwood and R. A. Schmidt, "The relationship between force and force variability in minimal and near-maximal static and dynamic contractions," J. of Motor Behavior, 12, pp.75-89, 1980.

[6] 하철수, *운동역학*, 형설출판사, 2002.

[7] 최치선, *태권도 지르기 동작시 목표거리와 지르기 방식에 따른 충격력 비교 분석*, 미간행 서울대학교 석사학위 논문, 2003.

[8] 강성철, 김의환, 신현무, 김성섭, 김태완, "태권도 주춤 서 몸통지르기 유형별 생체역학적 변인 비교 분석", 한국운동역학회지, 제17권, 제4호, pp.201-208, 2003.

[9] K. J. Kim and J. A. Ashton-Miller, "Biomechanics of fall arrest using the upper extremity : age differences," Clinical Biomechanics, 18, pp.311-318, 2003.

[10] Y. Kawakami, T. Muraoka, S. Ito, H. Kanehisa, and T. Fukunaga, "In vivo muscle fibre behavior during counter-movement exercise in humans reveals a significant role for a tendon elasticity," J. of Physiology, Vol.54, No,2, pp.635-646, 2002.

[11] R. A. Schmidt, Motor Control and Learning. Second Edition, Human Kinetics Publishers, Inc. pp.289-293, 1998.

[12] W. J. Wadman, V. D. Denier, J. J. Gon, , R. H. Geuze, and C. R. Mol, "Control of fast goal-directed arm movements," J. of Human Movement Studies, 5, pp.3-17, 1979.

[13] 국기원, TAEKWOND TEXTBOOK 태권도교본, 오성출판사, p.231, 2006.

[14] B. Marianne, B. J. Jeroen, and E. B. Smeets, "Impact forces cannot explain the one target advantage in rapid aimed hand movements," Human Movement Science, 22, pp.365-376, 2003.

저 자 소 개

안 정 덕(Jeong-Deok Ahn) 정회원

- 2002년 8월 : 부산대학교 이학박사
- 2003년 3월 : 한국과학영재학교 교원

<관심분야> : 스포츠심리학, 운동학습 및 제어, 태권도