Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 21, No. 4, December 2011, 429-436

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.4.429
http://www.kssb.or.kr

윤축을 적용한 좌·우 주관절 신전 동작의 운동역학적 비교 연구

김성주[1]
[1] 한양대학교 체육대학 체육학과

Comparative Study of Biomechanical Left and Right Elbow Joint Extension Movements After Wheel Axle Application

Sung-Joo Kim[1]
[1] Department of Physical Education, College of Physical Education, Hanyang University, Seoul, Korea

Received 1 July 2011; Received in revised form 19 September 2011; Accepted 16 December 2011

ABSTRACT

In this study, we have experimented with 9 players at the national delegate level. Although there were some differences in the average effects of 3 types of one-two straight movements after the application of wheel axle, there were no statistical differences in the case of surface reacting forces, electromyograms, and impact forces. When the right fist was impacted using the one-two straight movements and the wheel axle was applied with 3 segmentations, high impact forces were obtained for the pronation in the following order-72.01 m/s^2 (type 2), 70.93 m/s^2 (type 3), and 58.19 m/s^2 (type 1). Higher values of the surface reacting force were found for type 1 that did not exhibit pronation in the left foot, whereas in the case of the vertical direction of the right foot, type 2 with pronation exhibited higher values and impact forces. In the right electromyogram, high impact forces due to the activation of the muscular electric potential were obtained for lumbar erector (LE) spinae and triceps brachii (TB) with type 1; LE spina, latissimus dosi (LD), and upper trapezius (UT) with type 2; and brachioradialis (BR), UT, and rectus abdominal (RA) with type 3. Due to pronation and complex motions of the 3 pronation segmentations, the efficiency was higher for impacts due to one-two straight movements.

Keywords : Wheel Axle, 3-Segmentation, One-Two Straight, Force Plate, EMG, Impact

Ⅰ. 서 론

신체 각 분절의 근육과 회전은 스포츠 활동에서 안정성 유지와 운동수행능력을 높이는데 중요한 역할을 가져올 수 있으며, 특히 상체 부위에서는 굴곡(flextion), 신전(extension), 좌측굴(left lateral bending), 우측굴(right lateral bending), 좌회전(left rotation)과 우회전(right rotation)의 운동으로 이루어지며, 각각의 운동을 통해 다양한 움직임과 스포츠 활동에 필요한 중추적인 역할을 한다. 따라서 체간은 몸의 중추를 이루는 분절로서 특히 체간 근육은 운동경기 중 체간의 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 한다(Ahn, 1999). 그리고, 인간이 신체활동을 하는데 여러 가지 체력 요소가 필요하지만, 신체운동 시 모든 힘은 허리에서 발생한다고 볼 수 있고, 척추와 몸통의 사용이 효과적으로 이루어져야 최대의 힘을 낼 수 있다(Ha, 2002). 대부분 운동기능들은 회전의 발생과 조절을 필요로 하기 때문에 회전의 빠른 속도를 일으키기 위해서는 요추부위 토크의 회전효과를 이용해야 하고, 파워의 발생 속도를 높이기 위해서는 운동신경의 다수가 근에 유입되어야 한다(Lee, 1994). 특히 근력은 모든 스포츠 종목에서 경기력을 좌우하는 가장 기본적인 체력요소이고, 기술 발휘와 부상방지를 위해 중요한 역할을 담당하는 부분으로 트레이닝을 지도하는데 관심분야가 되고 있다.

이 논문은 김성주(2010) 박사학위 논문 중 일부를 발췌한 논문임.
Corresponding Author : Sung-Joo Kim
Department of Physical Education, College of Physical Education, Hanyang University, 17 Haengdang-dong, Seongdong-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-2220-1324 / Fax : +82-2-2220-1329
E-mail : kimsj707@hanmail.net

신체움직임의 형태는 대부분 유사하지만, 운동 유형에 따라 근육의 작용형태, 관절의 운동범위, 생성된 힘의 크기 등에서 다양한 형태를 보이고 있다(Williams, 1992).

몸통의 회전은 윤축(wheel and axle)원리로 작은 힘으로 무거운 물체를 끌어 올리고 바퀴와 축을 동시에 회전시키는 장치이며, 회전 시 동원되는 근육의 종류 및 발휘근력의 크기는 신체활동 자세와 동작에 따라 달라지는데, 그 증가율은 근육의 종류에 따라 서로 다른 양상을 나타낸다(Kim, 1995).

몸통의 회전을 대표하는 종목으로 골프, 야구, 육상의 원반던지기, 테니스, 탁구 등이 있다. 복싱의 원-투 스트레이트는 하체부터 몸통의 회전에 의해 발생되는 펀치로 3분절(몸통, 상완, 전완) 회내 복합동작으로 훨씬 더 복잡한 메커니즘을 통해 강해진다. 또한 타격에서 주먹의 파워 향상은 전신 및 여러 근육의 가중된 협응운동의 결과로 안정된 중심이동과 신체 활동의 일치된 역할이 매우 중요하고, 하지를 축으로 고관절과 체간 회전에 의한 팔의 상완, 전완의 토크가 중요할 것이다.

그리고 생체역학분석에 의해 논증된 바에 따르면 스트레이트 펀치는 발목과 발바닥의 굽힘(Ankle Plantar Flexion: 족저굴근), 스트레이트는 무릎과 히프의 신전, 몸통의 회전 및 팔의 신전 (운동연계시스템, The Kinetic Link System)이 조합된 동작에 의해 발휘된다. 팔 근육의 상대적인 기여도는 몸통(Trunk)과 다리가 각 37%와 39%인데 비해 24%에 불과한 것으로 알려졌다(Koryak, 1995).

지금까지의 스트레이트에 관한 선행연구를 살펴보면 Lee (1983)는 복싱선수의 펀치력 증강 훈련에 관한 연구에서 훈련 시 중량감을 들거나 부착하고 펀치 연습하는 것이 6주 정도만 지나면 맨손으로 훈련하는 것 보다 펀치력이 증진 된다는 평가를 제시하였다.

Donivan (1984)는 “복싱 세 가지 기본 펀치의 운동학적 분석”에서 미 육군사관학교 남자생도 9명을 대상으로 잽, 크로스, 훅 펀치의 2차원 영상 실험에서 글러브의 무게와 신체 사이즈의 발생된 속도, 가속도, 상호관련성과 기술별 훅, 크로스, 잽의 속도와 가속도에 관한 과학적인 연구를 제시하였다.

Song과 Cho(1991)의 스트레이트, 훅, 어퍼컷, 동작시 근전도(Electromyogram: EMG)를 통해 근육의 활용범위를 알아보기 위해 우수선수를 선별하여 어깨보호대와 허리 유연성을 위한 봉체조를 동시에 이용한 특수훈련과 일반적인 스타일로 연습한 선수에게 15개의 근육부위 근전도학적인 측면을 분석하여 근섬유를 동원하는 경향을 파악하였다.

Fortin et al.(1993)은 Punching bag Dynamometer 라는 압력 Transducer를 사용한 측정 도구를 만들어 펀치력을 계산해 낸 연구로 주먹의 강도를 측정할 수 있게 되었다.

Lim과 kim(2008)의 레프트 스트레이트 3가지 타입별 실험에서 운동학적 변위를 분석하고 효과적인 방법으로 레프트 기술을 사용하는 연구와 신체 분절의 다양한 연구 유형을 제시하였다. 위의 선행 연구는 대부분 주먹의 속도나, 파워에 관한 연구는 진행되어 왔지만 이벤트의 다양성이 부족한 분석으로 기초적인 연구에 머물고 있는 실정이다. 그리고 타격에서 몸통의 회전을 적용한 주먹의 회내유무에 따른 펀치력의 강도가 다른 변화를 보이지만, 이에 따른 지면반력, 근전도, 충격력의 상호관련성이 어떠한 영향을 미치는지 알아볼 필요가 있다.

윤축에 관한 선행연구 Han(2007)은 앉아 고정된 자세에서 체간의 회전하는 동작에서 팔의 속도와 가속도, 근전도, 충격력을 비교 연구를 실시하였으나 이 연구는 상체와 오른팔의 등척성 운동으로 움직임 있는 분석은 미비하였다. 그리고 신체의 회전을 요하는 운동연쇄에서 고관절의 토크와 움직임 없이는 강한 파워를 발휘할 수 없을 것이다. 그러므로 윤축과 3분절의 등장성 운동을 통하여 지면반력, 근전도, 가속도계를 이용해 충격력을 분석코자 한다.

따라서 본 연구에서는 윤축을 적용한 좌·우 주관절 신전시 전완의 회내유무에 따른 운동역학적 분석을 통해 운동의 효율성을 밝히는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상은 경력 7년 이상으로 요통이나 그 밖에 근 골격계와 관련된 병력이 없고, 건강상태가 양호한 국가대표 선수 9명(나이 : 20.9±1.2 year, 신장 : 174.2±6.9 cm, 체중 : 67.7±6.9 kg)을 선정하였다.

2. 실험 장비

본 연구에 사용되어진 실험장비는<Table 1>과 같다.

Table 1. Measurement equipments for research

Instrument	Model	Co.
Triaxial Accelermeter	480B21 3-CHNNEL	KTM(USA)
EMG	Telemyo 2400GT	Noraxon(USA)
Force Plate	BP400600 BP600900	AMTI(USA)
Punch Bag		Future Sport(KOR)
Hardware	MX Control	Vicon(UK)
	MX Net	Vicon(UK)
Software	Nexus	Vicon(UK)
	Bodybuilder	Vicon(UK)
	Polygon	Vicon(UK)

3. 실험 절차

본 연구의 실험을 위해 측정 대상자의 인체계측을 위하여 신장계, 체중계, 인체측정기(Martin, Tikei) 줄자를 이용하였다.

측정 대상자는 인체분절의 해부학적 관절중심점을 쉽게 알아 볼 수 있도록 검은색 타이즈 반바지를 착용하게 하였고, 또한, 최적의 동작을 위해서 측정에 들어가기 전에 충분한 준비운동과 세 가지 Type별 연습을 실시하였다.

본 연구에서는 윤축의 회전 동작 시 펀치의 3차원 데이터를 얻기 위해 3개의 축을 가진 가속도계(tri-axial accelerometer)가 부착된 펀치 백을 이용하여 실험하였고, 충격량은 측정한 손의 가속도 값에 Chandler, Clauser, McConville, Reynolds와 Young(1975)가 고안한 충격력 공식을 이용하였다.

① Hand's Weight = 0.005 ×Weight + 0.75

② impulse = Hand's Weight × acceleration × 9.8 (N)

또한 지면반력 측정을 위해 AMTI 사의 2대를 사용했다. 이때 샘플링 비율은 1,200Hz로 설정하였고, 지면반력은 전·후(Fx), 좌·우(Fy), 수직(Fz)의 지면반력을 분석하였으며, Type에 따른 실험횟수별 평균값을 구하여, 피험자의 체중(body weight, BW)에 의한 표준화를 거쳐 준비자세부터 임팩트까지 최대 값을 구하였다. 근전도 분석은 좌·우 주관절 신전 시 phase 2의 우측 8개(전완, 이두, 삼두, 삼각, 승모, 광배, 척추기립, 복직) 근의 EMG 측정을 위해 Telemyo 2400GT 사용하였다. 근전도 측정은 각 시기 당 5초씩 측정하였고, 샘플링 빈도(sampling frequency)는 1000 Hz로 설정하였다. 또한 측정된 모든 근전도 원자료(raw date)는 잡음(noise)을 제거하기 위해, 먼저 원자료의 근전도 신호는 전파정류(full wave rectication)를 실시하였고, 대사자간 비교를 위해 각 근육별 근전도 표준화(normalization) 작업을 위해 MVC 측정을 3회 실시하였다. 근전도 자료는 50 ms의 평균(rms)을 이용하여 평활화(smoothing)한 후 발견된 최대값을 해당 근육의 최대 근전도($EMG_m^{\max}$)값으로 결정하였다. 그리고, 정류된 자료의 잡음을 제거하기 위해 전자필터(FIR filter, 10~450 Hz band pass)를 이용하여 필터링하였다. 근전도 표준화는 다음과 같은 공식을 이용하였다. 즉, $NorEMG_m$ 은 각 근육의 표준화된 근전도 값을 말하고 단위는 %MVC이다. EMG_m 은 실제 시기 시 측정된 2번의 필터링 작업을 거친 각 근육의 근전도 값이고 $EMG_m^{\max}$ 는 MVIC 측정 시 발견된 각 근육의 최대 근전도 값을 말한다.

$$AverageIEMG = \frac{|EMG(t)dt|}{1024 \times t} \cdots\cdots\cdots\text{<공식-1>}$$

본 연구에서는 적분근전도(Integrated EMG; IEMG)는 근전도의 파형을 전파정류 한 후 각 근육이 근수축한 시간동안의 적분값을 나타낸 것으로, 해당 근육의 누적된 활동정도를 나타내는 변인이다. 평균 적분근전도의 수학적 산출방식은 다음과 같다.

본 연구의 측정은 몸통의 회전과 상완, 전완의 회내 동작에서 토크 변화를 분석하기 위하여, 준비자세는 제자리 스텝의 움직임에서 전진과 동시에 원-투 스트레이트 임팩트 동작이 잘 수행된 세 가지 Type별 5회를 측정하였다. 지면반력, 근전도, 충격력을 실험하여 이벤트 측정 횟수별 최대 발생 값을 평균 산출하여 비교 분석하였으며, <Figure 1>은 공통적으로 세 가지 Type과 <Figure 2>의 실험 배치도는 다음과 같다.

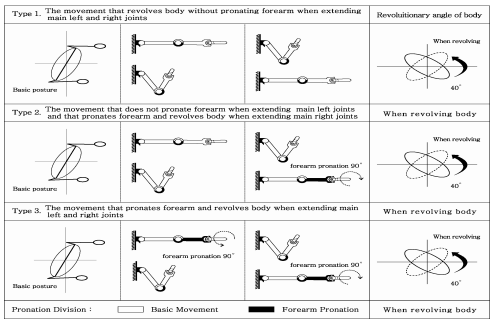

Figure 1. Motion trunk and forearm rotation type angles

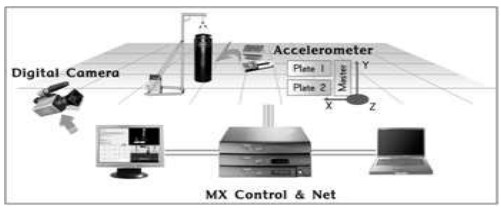

Figure 2. Kinetic analysis setting of experimental situation

1) 이벤트 및 국면

(1) 이벤트(event) : 기본자세(E1)에서 원(left) 신전(impact)(E2)과 투(right) 신전(impact)(E3)로 구분하였다.

(2) 국면(phase) : 원((left)을 신전(impact) 국면(1P), 투(right) 신전(impact) 국면(2P)으로 구분하였다.

4. 통계 처리

본 연구는 윤축을 적용한 주관절 신전 동작의 세 가지 type에 따른 근전도 분석은 Noraxon 사의 MyoresearchXP 프로그램을 이용하여 분석하였고, 자료 처리 및 그래픽 처리는 Vicon 사의 Poygon 3.1 프로그램을 이용하여 값을 산출하여 그룹별로 비교 분석하였고, 모든 결과 처리는 SPSS 17.01 for Windows 프로그램을 이용하였고, 지면반력, 근전도, 충격력을 통한 운동역학적 변인에 따른 각 형태별 차이를 보기 위하여 일원변량분석(One-way)을 실시하였다. 이에 따른 사후검증(post-hoc)으로 Turkey HSD 방법을 적용하였으며, 통계치의 유의성은 p<.05 수준으로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. Type 별 왼발 지면반력

발 지면반력은 좌·우 주관절 신전 임팩트 시 phase 1과 phase 2의 왼발에서 발생하는 무게중심 방향의 최대값을 비교 하였으며, 결과는 <Table 2>와 같다.

좌측 지지발의 평균 Fx값을 살펴보면, type 1, 3, 2, 평균 Fy 값은 type 3, 2, 1, 평균 Fz값은 type 1, 2, 3의 순으로 큰 값을 보였으며, 세 가지 type 별 평균 차이는 보였지만, 통계적 유의한 차이는 보이지 않았다.

Table 2. Left ground reaction forces

(unit: N)

axis	type	*M*±*SD*	F-Ratio	*post-hoc*
Fx	1	-451.42±112.17	1.943	-
	2	-376.03±186.52		
	3	-377.06±174.80		
Fy	1	-107.21±12.02	.337	-
	2	-131.86±57.74		
	3	-157.17±15.84		
Fz	1	1351.16±321.79	2.804	-
	2	1227.42±261.44		
	3	1169.38±277.77		

(Note) Significant at *p<.05

2. Type 별 오른발 지면반력

오른발 지면반력은 좌·우 주관절 신전 임팩트 시 phase 1과 phase 2의 오른발에서 발생하는 무게중심 방향의 최대 값을 비교 하였으며, 결과는 <Table 3>와 같다.

우측 지지발의 평균 Fx값을 살펴보면, type 1, 2, 3, 평균 Fy 값은 type 3, 2, 1, 평균 Fz값은 type 1, 2, 3의 순으로 큰 값을 보였고, 세 가지 type 별 평균 차이는 보였지만, 통계적 유의한 차이는 보이지 않았다.

Table 3. Right ground reaction forces

(unit: N)

axis	type	*M*±*SD*	F-Ratio	*post-hoc*
Fx	1	-117.16±19.74	.255	-
	2	-106.80±21.31		
	3	-82.25±28.76		
Fy	1	-22.74±9.80	1.756	-
	2	-33.82±8.89		
	3	-51.38±8.72		
Fz	1	639.16±203.41	1.606	-
	2	652.86±189.53		
	3	549.43±162.23		

3. Type 별 우측 적분근전도 - phase 1

우측 적분 근전도는 좌측 주관절 신전 임팩트 phase 1 동작 시 우측 8개 근육들의 적분 값을 비교 하였으며, 결과는 <Table 4>와 같다.

phase 1 동작 임팩트 시 우측 근전도 적분근전도 값을 살펴보면, BR은 type 1, 3, 1, BB는 type 3, 2, 1, TB는 type 2, 1, 3, PD는 type 2, 3, 1, UT는 type 3, 2, 1, LD는 type은 2, 1, 3, LE는 type 1, 2, 3 RA는 type 2, 1, 3의 순으로 큰 값을 보였으며, 세 가지 type 약간의 평균 차이를 보였지만, 통계적 유의한 차이는 보이지 않았다.

Table 4. Integral EMG in phase 1

(unit: %MVC)

muscle	type	*M*±*SD*	F-Ratio	*post-hoc*
BR	1	3.66±0.38	.626	-
	2	2.23±0.44		
	3	3.09±0.52		
BB	1	3.47±1.75	.125	-
	2	3.83±1.08		
	3	4.14±1.05		
TB	1	2.20±0.56	.418	-
	2	2.26±0.63		
	3	1.53±0.41		
PD	1	1.44±0.04	.876	-
	2	2.55±0.92		
	3	1.56±0.09		
UT	1	9.62±2.48	2.221	-
	2	12.07±1.45		
	3	12.31±2.12		
LD	1	6.17±1.02	.507	-
	2	7.05±1.25		
	3	4.79±0.48		
LE	1	14.29±2.87	3.281	-
	2	11.44±2.75		
	3	7.86±1.91		
RA	1	9.52±2.33	.268	-
	2	11.17±2.77		
	3	10.75±2.65		

BR: Brachioradialis, BB: Bicps Brachii, TB: Triceps Brachii, PD: Posterior Deltoid, UT: Upper Trapezius, LD: Latissimus Dosi, LE: Lumbar Erector spinae, RA: Rectus Abdominal lower

4. Type 별 우측 적분근전도 - phase 2

우측 적분근전도는 좌·우측 주관절 신전 임팩트 시 phase 2의 동작 우측 8개 근육들의 적분 값을 비교 하였으며, 결과는 <Table 5>와 같다.

phase 2의 우측 적분근전도 값을 살펴보면, LE type 2에서 17.17%로 가장 높은 근육 활성화 값을 보였고, type 1은 14.22 %, type 3은 13.64%의 순으로 평균 차이를 보였지만, 통계적 유의한 차이는 보이지 않았다.

UT의 type 3에서 14.38%로 가장 높은 근전도 활성화 값을 보였고, type 2는 7.38%, type 1은 9.57%의 순으로 평균 차이를 보였으며, type 별에 따른 유의한 차이가 나타났다(p<.05).

Table 5. Integral EMG in phase 2

(unit: %MVC)

muscle	type	*M±SD*	F-Ratio	*post-hoc*
BR	1	9.27±1.89	5.385*	2<3*
	2	7.08±1.77		
	3	14.27±4.54		
BB	1	9.28±2.24	.683	-
	2	8.59±2.75		
	3	11.20±3.85		
TB	1	13.07±4.92	1.030	-
	2	10.08±2.62		
	3	9.87±2.10		
PD	1	8.74±2.83	.351	-
	2	9.46±2.82		
	3	10.22±3.87		
UT	1	9.57±2.30	5.284*	1<3*
	2	13.38±4.15		
	3	14.38±2.60		
LD	1	9.99±2.27	2.144	-
	2	13.96±4.90		
	3	12.18±3.64		
LE	1	14.22±4.53	.953	-
	2	17.17±4.93		
	3	13.64±4.97		
RA	1	9.12±2.52	1.642	-
	2	12.03±4.27		
	3	15.69±4.95		

(Note) Significant at *p<.05

BR: Brachioradialis, BB: Bicps Brachii, TB: Triceps Brachii, PD: Posterior Deltoid, UT: Upper Trapezius, LD: Latissimus Dosi, LE: Lumbar Erector spinae, RA: Rectus Abdominal lower

이에 따른 사후검정 결과, type 1과 2, type 2와 3에서는 차이를 보이지 않았지만, 1과 3에서 4.81%의 유의한 차이가 나타났다(p<.05).

RA의 type 3에서 15.69%로 가장 높은 근육 활성화 보였고, type 2는 12.03 %, type 1은 9.12%의 순으로 평균차이를 보였지만, 통계적 유의한 차이는 보이지 않았다.

BR의 type 3에서 14.27%로 가장 높은 근육 활성화 보였고, type 1는 9.27%, type 2는 7.03%의 순으로 평균 차이를 보였으며, type 별에 따른 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 이에 따른 사후검정 결과, type 1과 2, type 1과 3에서는 차이를 보이지 않았지만, 2와 3에서 7.19%의 유의한 차이가 나타났다(p<.05).

그 다음으로 LD는 type 1, 3, 2, TB는 1, 2, 3, BB는 3, 1, 2 PD는 3, 2, 1의 순으로 약간의 평균 차이를 보였지만, type 별에 따른 통계적 유의한 차이는 보이지 않았다.

5. Phase 2의 충격량

충격량은 좌·우측 주관절 신전 임팩트 시 type 별 phase 2의 오른쪽 주먹이 펀치 백(Punch bag)을 가격 했을 때, X, Y, Z축에서 나타난 값을 의미하며, 결과는 <Table 6>과 같다.

Table 6. Results of impulse

(unit : m/s^2)

axis	type	M±SD	F-Ratio	*post-hoc*
X	1	58.19±10.91	.328	-
	2	72.01±21.87		
	3	70.93±17.34		
Y	1	15.40±1.29	.411	-
	2	17.49±5.02		
	3	15.36±4.43		
Z	1	37.98±7.76	1.135	-
	2	28.43±8.37		
	3	40.95±9.52		

Phase 2의 우측 충격량 값을 살펴보면, X축의 type 2, 3, 1, Y축은 type 2, 1, 3, Z축은 type 3, 1, 2의 순서로 큰 값의 충격력을 보였고, type 별 평균 차이를 보였지만, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

Ⅳ. 논 의

본 연구에서는 윤축(wheel and axle)을 적용한 좌·우 주관절 신전 동작의 세 가지 type에 따른 운동역학적 비교 분석을 통해

운동의 효율성에 대한 이론적 틀을 마련하고자 다음과 같이 논의하였다.

Chae와 Lee (2007)는 아이스하기 스위프 샷 동작의 상지 협응 형태 연구에서 성공적인 동작의 위하여 손목, 팔꿈치, 어깨 관절과 몸통의 협응이 중요한 요인이라고 보고하였고, 특히 근위분절의 몸통 움직임과 역할의 중요성을 강조하였으며, Yoon과 Chae(2008)은 연습기간에 따른 태권도 차기 동작에서 인접한 분절 간의 운동량 전이 효과로 인하여 최대합성 직선속도가 증가하였다고 보고하여, 분절간 협응과 운동량의 전이를 통한 운동연쇄를 설명하고 있다.

본 연구의 결과에서 왼쪽 지면반력은 Fx, Fy, Fz 방향의 type 1, 2, 3에 따른 차이를 보이지 않았다.

Fx, Fy, Fz 모두에서 type의 변화에 상관없이 일정한 지면반력 값을 보였으며, 최대 지면반력 값을 받은 수직방향에서 type 1, 2, 3 순으로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 전완이 회내하는 type에서 회내하지 않는 type보다 지면반력이 낮은 이유는 윤축과 상완, 전완이 회내 하면서 상완이두근의 신전 활성화와 전완근의 수축으로 근 전위가 높아지는 것을 확인할 수 있었기에 신체의 중심이동도 주먹방향으로 전이 되는 것으로 판단된다. 그리고, 임팩트 시 지지발의 앞발 왼쪽에서 우측발보다 2배정도의 높은 값을 확인할 수 있었으며, 피험자의 평균 체중보다 3~4배 이상의 높은 지면반력 값을 얻을 수 있었다. 따라서 모든 스포츠 종목에서 인체의 중심이동과 근육의 활성도에서 높은 파워를 발휘할 수 있듯이, 윤축을 적용한 원-투 스트레이트는 3분절(몸통, 상완, 전완) 복합동작의 강한 파워는 임팩트 시 중심이동과 밸런스의 일원화된 동작으로 지지발부터 몸통의 회전과 상완, 전완을 이용한 것으로 사료된다.

Kang et al.(2007)의 태권도 몸통지르기 7단계 유형별 비교에서 왼팔 최대 신전 시 좌·우측 지지발의 평균 Fx값을 살펴보면, 왼팔 최대 신전 시 지르는 반대 주먹을 끌어당기면서 지르는 유형 V에서 가장 큰 값(51.8N, -47.4 N), 평균 Fy값 좌측 지지발에서는 어깨 질량을 이용하여 지르는 유형 Ⅱ (71.15 N)에서 가장 높게 나타났으나, 유형 V(68.6 N) 값 차이가 미미하였다. 반면, 우측 지지발에서는 유형 V(-74.5 N)와 지르는 반대 팔의 주먹에 힘을 빼고 어깨와 상완을 끌어당기면서 지르기 Ⅳ(-69.5 N)에서 가장 높은 좌우 지면반력 값을 보였고, 평균 Fz값에서는 좌·우측 모두 허리질량을 이용하여 어깨, 팔로 이어지는 지르기 유형 Ⅲ(407.5 N, 389.1 N)에서 가장 높은 수직 지면반력 값을 보고하였으며, 위 연구와 비교하여 보면, 앞발의 수직방향은 3배 뒤발은 1.5배 이상의 높은 값이 나타났다. 이러한 이유는 태권도는 제자리에서 상체를 이용해서 지르는 타격이지만, 본 연구는 전진 스텝을 하면서 타격하는 방식으로 지지발부터 시작하는 펀치력으로 지면의 중요한 작용점에 의한 결과로 사료된다.

오른쪽 지면반력은 Fx, Fy, Fz 방향의 type 1, 2, 3에 따른 차이는 보이지 않았으며, 본 연구의 왼쪽 지면반력과 동일하게 오른쪽 지면반력에서도 Fx, Fy, Fz 모두에서 type의 변화에 상관없이 일정한 지면반력 값을 보였다.

오른쪽 세 방향의 지면반력 값도 왼발 지면반력 값과 유사한 방향과 패턴의 결과가 나왔고, 원-투 동작의 중심이동은 앞으로 진행하므로 임팩트 시 오른발의 탄력있는 근력과 3분절(몸통, 상완, 전완)을 연결하는 일체된 동작을 발휘하는 중요한 부분이 우측발의 수직 지면반력 값이 높다는 결과가 나타났다. 그리고, 지면반력 우측발 Fz방향의 가장 높은 값이 회내하는 type 2에서 충격력도 높았으며, 이러한 이유는 우측발(뒷발)이 지면에서 미는 힘 높아야 충격력이 높다는 결과를 얻을 수 있었다.

Kim(2010)은 운동학적 분석의 각도, 속도, 시간, 중심변위의 회내하는 type에서 높게 나타났지만, 지면반력<Table 2>와 <Table 3> 좌·우 지지발의 회내없는 type에서 높은 값을 확인할 수 있었다.

적분근전도는 처리된 어떤 근전도 형태보다도 근력과 관련(Nigg & Herzog, 1994)이 있고, 이러한 근전도의 사용은 근육활동 전위의 적분을 산출하는데 수축에 의해 동원된 근육을 측정하는 방법은 객관적이고 편견이 없으며 개개의 상대적인 근력에 독립적이다(Hinson & Rosentswieg, 1993).

왼쪽 팔꿈치 관절이 신전되는 phase 1의 동작 시 우측 근전도에서 BR, BB, TB, PD, UT, LD, LE, RA은 type에 따른 적분근전도 값에 영향을 주지 못하였다.

요추의 신전과 수축하는 방향으로 외측굴곡, 수축하는 방향으로 회전을 담당하는 LE는 좌, 우 회내 동작이 없는 type 1이 좌, 우 회내 동작을 하는 type 3보다 크게 나타난 것으로 보아, 회내 동작이 없는 동안 LE는 크게 수축하여 몸통 회전 동안 중심을 유지하기 위하여 요추를 고정하는 일을 담당하는 것으로 사료된다.

Phase 2에서는 BB, TB, PD, LD, LE, RA은 type에 따른 적분근전도 값에 영향을 주지 못하였지만, BR과 UT는 type에 따라 차이를 보였다. 특히, BR은 type 2와 3에서 차이를 보였고, UT는 type 1과 3에서 차이가 나타났다.

팔꿈치관절의 신전 시 회내 담당하는 BR에서는 type 3에서 강한 회내 운동을 하기 위해 수축하면서 BR의 활동이 크게 일어난 것으로 사료된다. UT에서는 선행연구의 결과에서 알 수 있듯이 승모근의 활동이 다른 근육에 비해 우세하게 나타났고, 이로 인해 회내 동작의 더 강한 파워를 발생하는 type 2, 3은 RA에서 큰 활동을 보였다. 또한 type 1에서 주동근의 역할로 LE와 TB에서 가장 높은 근육의 활성화를 보였으며, 선행연구에서 속도가 가장 빠른 type 2에서는 LE와 LD가 높은 근 활동을 보였다. 본 연구에서는 윤축을 적용한 좌·우 주관절 신전 동작에서 type 별 주동근의 역할을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 볼 때 신체의 회전을 이용하는 야구나 골프 스윙에서도 운동연쇄 작용과 근육들의 순차적인 협응동작에 기여할 때 더 높은 운동수행력을 발휘한다는 결과를 얻을 수 있었다.

Yoon(1987)은 기본동작 시 근전도 분석 A, B-Group으로 4개 근육 8개 부위 측정에서 라이트 스트레이트 동작 시 주동근은 상완삼두근, 보조 주동근은 승모근, 척측수근신근이었으며, 오른쪽 훅 동작 시 주동근은 승모근, 보조 주동근은 상완삼두근, 대흉근이라고 하였고, 오른쪽 어퍼컷 동작시 주동근은 승모근과 상완삼두근을 사용하였다는 결과와 특히 세 가지 기술에서 승모근의 근 전위가 높은 결과를 보고하였다.

선행연구와 비교하여 보면, 본 연구와 비슷한 유형과 패턴의 결과를 얻을 수 있었지만, type 1은 척추기립근, 상완삼두근, type 2는 척추기립근, 광배근, type 3은 전완근, 승모근, 복직근의 활성화된 명확한 결과가 나타났다. 그리고, type 1의 주관절 신전 시 근전도 값을 보면 type 2와 3에서 활성화된 근육과 다르게 세 가지 type 중 TB(삼두근)에서 높은 값을 보인 것은 회내 없는 type 1은 회전운동보다 직선의 병진운동이 주가 되는 빠른 펀치가 적합한 것으로 판단된다.

Phase 2의 우측 충격량 X, Y, Z축의 type 1, 2, 3에 따른 차이를 보이지 않았다. 전후방향 X축에서 볼 때, type에 따라 충격력의 변화를 보였으며, type 2, 3, 1의 순으로 나타났다. 좌우방향 Y축에서 볼 때, type에 따른 충격력의 변화를 보였고, type 2, 3에서 type 1 보다 약간의 큰 값을 보였다. 상하방향 Z축에서는 type 3, 1, 2 순으로 충격력의 변화가 나타났으며, 3개의 축을 통합적으로 보았을 때 type 3이 가장 큰 충격을 발휘하는 것은 역회전에 의한 반동과 몸통의 회전에 의한 3분절 동작은 근육간의 협응관계 사용률을 높여 파워를 증가시킨다는 결과를 얻었다. Choi(2004)의 태권도 지르기 방식의 회내 지르기에서 속도, 각속도가 빠른 순서와 같이 회내하는 type 2와 3의 충격력에는 근전도의 높은 값을 확인 할 수 있었다. 위 결과처럼 근전도와 펀치력은 하나의 원리라 볼 수 있다. 또한 파워를 높이는 것은 속도와 질량이 함께 이루어져야 하고, 회내하는 type 2와 3에서 파워를 높이는 것은 회전운동의 작용이 크다는 결론을 얻었다. 그리고, type 1은 빠른 스피드를 발생하는 직선의 병진운동에 의해 파워를 높이는 것으로 사료된다.

Atha et al.(1984)은 영국 출신의 헤비급 세계랭킹 권투선수의 펀치력을 분석한 결과, 힘 변환기, 필름자료, 가속도계를 사용하여, 각각의 실험에서 4130 N, 3600 N, 4600 N의 충격력을 산출했다고 보고 하였다.

이상의 논의 부분은 몸통의 회전원리를 적용한 펀치의 충격에 관한 과학적인 분석 결과는 윤축과 3분절의 세 가지 type에 대한 효과는 전완의 회내하는 스크류 펀치에서 높은 값과 8개 근육의 한 두개에 편중 되지 않았으며, 회내없는 유형보다 7개의 근육에서 높은 근 전위 활성도를 확인할 수 있었다. 지면반력에서는 회내없는 type에서 더 높은 값을 보였고, 이러한 결과는 지면에 의한 파워처럼 발에서부터 순차적인 운동연계시스템에 의한 연관성을 확인할 수 있었다. 또한 몸통의 회전에 의한 3분절의 원리를 적용시키면 위력이 높다는 결론을 얻었다. 그러므로, 좌·우 주관절 신전 동작의 원-투 스트레이트는 윤축과 3분절 회내 복합동작의 하나로 정의할 수 있다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 윤축(wheel and axle)을 적용한 좌·우 주관절 신전의 원-투 스트레이트 동작을 선정하였다. 이에 따른 연구 대상자는 근 골격계와 관련된 병력이 없고, 그밖에 신체적 결합이 없는 국가대표 급 경력 7년 이상의 우수선수 9명을 선정하여, 원-투 스트레이트 동작 시 세 가지 Type의 운동역학적 분석으로 지면반력, 우측 8개 근육의 근전도, 충격력 분석을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 윤축과 3분절을 적용시킨 전완의 회내유무 동작 시 세 가지 type에 따른 효과는 지면반력과 근전도, 충격력에서 약간의 평균 차이는 있었지만, 통계적 유의한 차이는 없었다.

둘째 우측 근전도 BR에서 type 2와 3과 UT type 1과 3에서 통계적 유의한 차이가 나타났다.

셋째, 지면반력의 좌측발은 회내하지 않는 type 1에서 type 2와 3보다 높은 값이 나타났지만, 우측발 Fz방향의 높은 값이 회내하는 type 2에서 충격력도 높았다.

넷째, 충격력에서 type 2는 72.01 m/s^2, type 3은 70.93 m/s^2, type 1은 58.19 m/s^2의 순서로 회내하는 type에서 높은 충격력이 나타났다.

다섯째, 우측 근전도에서는 type 1은 LE(척추기립근), TB(상완삼두근), type 2는 LE(척추기립근)와 LD(광배근), UT(승모근), type 3은 BR(전완근)과 UT(승모근), RA(복직근)의 순서로 근 전위 활성화의 주동근과 주관절 신전 시 높은 값의 근전도로 회내하는 type 2와 3에서 큰 충격력이 나타났다.

위 결과를 종합하여 보면, 윤축과 3분절 회내하는 type에서 높은 근전도와 충격력을 보였듯이, 연구 결과에 따른 근육들을 발달시킨다면 더 높은 운동 수행을 가져 올 것으로 사료된다.

따라서 본 연구를 포함한 신체의 윤축에 이용되는 골프, 테니스, 육상의 원반던지기 등의 회전운동과 같은 모든 스포츠 종목에서 다양한 방법으로 활용되는 만큼 보다 효율적인 트레이닝을 위해 윤축과 신체 분절의 운동연쇄에 관한 다양한 연구가 필요할 것을 사료된다.

참고문헌

Atha, J., Yeadcn, M. R., Sandover, J., & Parsons, K. C.(1995).

Measuring the mechanical properties of a heavyweight's punch. Abstract of the Sports Sciences Conference, Bedford, 13-15 Sept 84. *Journal of Sports Sciences,* 2(3), 188-189.

Chandler, R. F., Clauser, C. E., McConville, J. T., Reynolds, H. M., & Young, J. W.(1975). *Investigation of Inertial Properties of the Human Body,* AMRL-TR- 74-137, WPAFB OH.

Choi, C. S.(2004). *Comparative study of the impact forces on target distance and punching types during taekwondo punching motions.* Unpublished Dissertation for Master's Thesis. The Graduate School Seoul University.

Chae, J. Y., & Lee, E. L.(2007). Coordination pattern of upper limb of sweep shot movement in ice hockey. *Korean Journal of Sport Biomechanics,* 17(4), 169-179.

Donivan, J. M.(1984). *A Kinematic analysis of the Three Basic Boxing punches.* An Nnpublished Master's Thesis. The Pennsylvania State University.

Fortin, Y., Lamontagan M., & Ganouas A.(1993). Punching bag dynamonmeter. *International Society of Biomechanics Congress XIV,* Paris, France.

Han, J. H., & Woo, B. H.(2007). Biomechanical analysis on kinematic chains type of trunk. *The Korean Journal of Sport Biomechanics,* 20(3), 277-284.

Hinson, M., & Rosentswieg, J.(1993). Comparative electromyogroaphic values of isometric, isotonic, and isokinetic contractio. *Research Quarterly,* 44(1), 71-78.

Kang, S. C., Kim, E. H., Shin, H. M., kim, S. S., & Kim, T. W.(2007). A Kinetic and kinematic comparison midsection punching in the sitting stance. *The Korean Journal of Sport Biomechanics,* 17(4), 201-208.

Kim, S. H.(1995). *Effects of task conditions on trunk muscular activity and fatigue duringdynamic lifting tasks.* Unpublished dissertation for doctor's degree. The Graduate School Pohang University of Science and Technology.

Kim, S. J.(2010). *Biomechanical analysis of the pronation complex movement on wheel axle and 3-segmentation.* Unpublished dissertation for doctor's degree. The Graduate School Hanyang University.

Koryak, Y. A.(1995). Assessing neuromusclr speed and speed-strength in boxers. *Soviet Sports Review.* 26(4), 195-198.

Lee, J. W.(2002). *A Kinematic analysis of the right straight punch in boxing.* Unpublished dissertation for master's degree. The Graduate School Yongin University.

Lee, K. S., Chung, C. M., Kwak, J. K., Kim, S. E., Park, H. C., Lee, S. H., & Park, S. T.(1983). A Study on developing of training method in boxing. *Korean Olympic Committee Sports Science Research Institute.*

Lim, Y. K.(1994). A Study on the tine-variation to phase moverment time at the muscular power revelation Time. *The Hanyang University Sports Science Research Institute,* 14(14), 194-203.

Lim, Y. K., & Kim, S. J.(2008). A Kinematic analysis of the left straight punch in boxing. *Korea Journal of Sports Science,* 17(2), 135-145.

Nigg, B. M., & Herzog, W.(1994). *Biomechanics of the Musculo-Skeletal System* Chichester, England. John Wiley & Sons Ltd.

Mclagg, S. E., Warnock, A., & Thomas, J.(2009). Kinetic analyses of maximal effort soccer kicks in female collegiate athletes. *Sports Biomechanics,* 8(2), 141-153.

Rouffet, D. M., & Hautier, C. A.(2008). EMG normalization to study muscle activation in cycling. *Journal of Electromyography & Kinesiology,* 18(5), 866-878.

Song, S. C. & Cho, H. C(1990). A Study on the devel opment of the training method for the boxing punch through EMG. *The* Yo*ngin University Collection Dissertation,* 6, 283-292.

Whiting, W. C., Gregor, R. J., & F, G. A.(1998). Kinematic analysis of human upper extremity movements in boxing. *Sports Medicine,* 16(2), 130-136.

Williams, K. R.(1992). *Biomechanics of Distance Running.* Champaign, IL: Human Kinetics. 535-540.

Winter, D. A.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement.* 2nd edition. Wiley-Interscience Publication, New york: John Wiley & Sons, Inc.

Yoon, C. J., & Chae, W. S.(2008). The Process of the interjoint and intersegmental coordination of side kick motion in taekwondo. *Korean Journal of Sport Biomechanics,* 18(4), 179-189.

Yoon, M. Y.(1987). *Analysis of EMG in the basic movement of boxing.* Unpublished Dissertation for Master's Degree. The Graduate School Yonsei University.