케틀벨을 이용한 투암 스윙 동작 시 숙련도에 따른 운동학적 변인 비교

백창의[1] · 주지용[1] · 김영관[2]
[1]전남대학교 대학원 체육학과 · [2]전남대학교 사범대학 체육교육과

Kinematic Comparisons of Kettlebell Two-Arm Swings According to the Skill Levels

Chang-Yei Back[1] · Ji-Yong Joo[1] · Young-Kwan Kim[2]
[1]*Department of Physical Education, Graduate School, Chonnam National University, Gwangju, Korea*
[2]*Department of Physical Education, Colldge of Education, Chonnam National University, Gwangju, Korea*

Received 31 April 2016; Received in revised from XX June 2016; Accepted XX January 2016

ABSTRACT

Objective : The purposes of this study were to investigate kinematic comparisons of kettlebell two-arm swing between experts and beginners and to find out the information of correct postures and biomechanical key points in an attempt to prevent sports injury from kettlebell swing.

Methods : Four experts (height, 169.7±1.5 cm; mass, 70.5±1.8 kg; age, 32.0±1.0 yrs) having a licence of teaching kettlebell exercise and three beginners (height, 173.7±4.1 cm; mass, 78.3±3.8 kg; age, 30.0±1.4 yrs) having no experience of kettleball exercise before participated in this study. They performed kettlebell two-arm swing by 15 repetitions with a 16 kg weight. Joint angles, angular velocities, and sequence of peak angular velocities were calculated and compared between two groups.

Results : The large range of motions (ROM) of pelvic angle and hip joint were detected in experts, while beginners showed greater ROM of shoulder joint than experts did. Magnitudes and sequential orders of peak angular velocities were significantly different between two groups. Experts lifted the kettlebell upward by using hip, pelvis, and shoulder joints (proximal to distal order) sequentially and lowered it downward by the reverse order of peak angular velocities from shoulder to hip joints.

Conclusion : The mobility of pelvic segment and hip joint are required, while the stability of the other joint are needed to produce appropriate kettlebell two-arm swings. The activation and coordination of gluteus and hamstring muscles are key points in kettlebell exercise.

Keywords : Kettlebell two-arm swing, Kinematics, Multi-joint coordination, Pelvis, Hip

Ⅰ. 서 론

케틀벨 운동은 선수들의 경기력을 향상시키는 새로운 형태의 기능 운동(functional training)이다. 케틀벨 운동으로 단련되었던 구소련 국가대표 역도 선수들이 국제 스포츠대회에서 좋은 성적을 거두면서 케틀벨에 대한 서구 사회의 관심이 높아졌다(Jung, Kang, & Choi, 2010).

케틀벨 운동은 몇 가지 독특한 특징을 가지고 있다. 운동 도구인 케틀벨은 목탁과 비슷한 형태를 띠고 있어, 몸 가운데에 놓고 흔들기에 편한 모양을 하고 있다. 이런 케틀벨의 구조를 이용하여 스윙 또는 스내치 동작을 효율적이고 역동적으로 하는 것이 케틀벨 운동이다. 케틀벨 스윙은 무게를 위로 들어 올리는 동작으로 주관절의 굴곡과 신전보다 코어의 안정성을 확보한 상태에서 코어 협응근들과 주요 관절들의 가동성에 의해 이루어진다(McGill, Marshall, & Leigh, 2012). 특히, 케틀벨 스윙할 때 원심력에 의해 케틀벨이 자꾸 바깥으로 나가려 하기 때문에 같은 무게라도 신체에 가해지는 부하

Corresponding Author : Young-Kwan Kim
Department of Physical Education, Chonnam National University,
77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, 61186, Korea
Tel : +82-62-530-2553 / Fax : +82-62-530-2563
E-mail : ykim_01@jnu.ac.kr
이 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었음

가 더 크게 느껴진다. 케틀벨 하나로 무산소성 운동과 유산소성 운동을 동시에 만족시키며 전신을 단련할 수 있다는 것이 이 운동의 장점이다(Jay et al., 2011; Schnettler, Porcari, Foster, & Anders, 2010). 또한, 협소한 공간에서도 손쉽게 할 수 있는 운동으로서 코어근육과 상하지의 협응 능력을 향상시킬 수 있다(Jung et al., 2010).

메커니즘을 살펴보면 스윙 과정에서 슬관절 움직임이 적고 역동적인 골반과 고관절 움직임이 요구되기 때문에 둔부의 근력과 기능을 향상시키는데 유용하다. 이에 따라 둔근 훈련을 대표하는 스쿼트와 데드리프트 운동을 대체할 수 있는 운동법으로도 여겨졌다(Matthews, Cohen, 2013; McGill, Marshall, & Leigh, 2012). 또한, Zebis 등(2013)에 의하면 다른 근력운동과 비교하였을 때, 케틀벨 스윙이 내측 햄스트링 근육을 더 활성화시킨다고 하였다. 지면반력과 관련된 연구에 의하면 케틀벨 스윙은 점프 스쿼트나 일반 스쿼트보다 더 높은 비율의 지면반력을 생산한다. 그렇기 때문에 케틀벨 스윙이 내측 햄스트링의 활성도를 높이고 강한 수평 지면반력을 요하는 단거리 선수들에게 적합한 트레이닝 법이라고 알려졌다(Cronin, Keogh, Randell, & Gill, 2010; Lake & Lauder, 2012a).

하지만, 무거운 무게를 반복적으로 들어올리기 때문에 케틀벨 스윙에 여러 위험 요소도 있다. 파벨 차졸린은 케틀벨 스윙 시 효율적임 움직임과 부상을 예방하기 위해서 척추와 견관절의 중립을 유지하고 손목을 굽히지 않을 것을 주장하였다(Tsatsouline, 2006). 케틀벨 스윙에 입문하는 초보자들에게 케틀벨 스윙이 햄스트링과 둔부의 신장반사(stretch reflex)를 통해 탄성에너지를 케틀벨로 전달하는 것이라고 하였다. 케틀벨 하강 시 힙 힌지(hip-hinge)에 부하를 만들어주고 둔부로 저장된 탄성에너지를 케틀벨로 전달되기 위해서는 척추와 견관절의 중립을 통한 케틀벨 스윙이 이뤄져야 한다. 이러한 자세는 신체와 케틀벨 사이에서 보이지 않는 힘의 변화를 효율적으로 제어하고 운동 효과를 극대화하기 위한 것으로 볼 수 있다(Tsatsouline, 2006). 그러나 스윙하는 동안 케틀벨 위치가 변하기 때문에 현실적으로 신체 중립을 유지하기가 어렵다. 그래서 정확하게 동작을 숙지하지 않고 단순한 흥미만으로 케틀벨 운동을 시작한 사람들이 허리, 무릎 등의 부상을 경험하게 되었다(Health Chosun, 2015). 그 이유는 케틀벨 동작을 수행할 때 초보자들은 무릎, 허리, 손목을 사용하여 케틀벨을 들어올리기 때문이다. 즉 초보자들은 둔근과 햄스트링 활성화에 익숙하지 않아서 어려움을 겪는다.

이에 따라, 케틀벨 스윙을 배우는 사람들에게 케틀벨 스윙의 운동학적 지식을 제공할 필요가 있다. 정확히 동작을 이해하여 무분별한 동작을 피하고 집중력있는 동작을 이끌어 내어 상해를 피하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 3차원 동작 분석 장치를 이용하여 숙련자와 비숙련자의 케틀벨 스윙 동작을 운동학적 관점에서 비교분석하고, 이를 통해 올바른 케틀벨 스윙 자세와 효율성을 높일 수 있는 핵심 사항을 제시하여 부상예방을 위한 교육적 자료를 제공하고자 하였다.

Table 1. Anthropometric data of subjects (mean±SD)

Subject	Height (cm)	Mass (kg)	Age (yrs)
Export(n=4)	169.75±1.48	70.50±1.80	32.00±1.00
Beginner(n=3)	173.67±4.19	78.33±3.86	30.00±1.41

Ⅱ. 연구방법

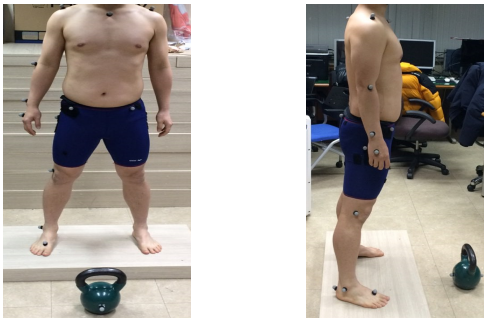
1. 연구 대상자

대상자는 근골격계 질환이 없고 케틀벨 스윙 운동에 대한 경험이 없는 비숙련자 3명과 케틀벨 전문 단체 (STRONG FIRST GYRIA, SFG) LEVEL 1 지도자 자격을 취득하고 현장에서 케틀벨을 지도하고 있는 지도자 4명을 숙련자로 선정하였다. 모든 연구대상자에게 연구의 목적, 실험 절차, 주의 사항을 충분히 설명하고 연구동의서를 받고 실험을 실시하였다. 대상자의 신체적 특징은 <Table 1>과 같았다.

2. 실험장비

본 연구에 사용된 실험 및 분석 장비는 5대의 적외선 고속 카메라(Osprey®, Motion Analysis, Santa Rosa, CA, US)와 이를 구동시키는 소프트웨어(Cortex 4.0®, Motion Analysis Santa Rosa, USA)이었다. 카메라 영상 취득률은 120 Hz로 하였고, 영상자료를 수집하기 위해 19mm 반사마커 17개를 주요 부위에 부착하였다.

주요 해부학적 부착 위치는 오른쪽 발가락(2nd metatarsal phalangeal joint), 발뒤꿈치(middle of calcaneous), 발목(lateral malleolus), 무릎(lateral condyle), 너클(3rd metacarpal phalangeal joint), 고관절(greater trochanter), 손목(middle of styloid processes), 팔꿈치(lateral epicondyle) 그리고 좌우 견봉(acromion process)과 전상장골극(anterior superior iliac spine)이었다. 전후로는 중간 후상장골극(middle of posterior superior iliac spine), 복장뼈 절흔(sternal notch), 경추 7번(cervial #7 spinous process), 전면 케틀벨, 후면 케틀벨에 부착하였다. 팔과 다리의 움직임은 좌우 대칭으로 볼 수 있기 때문에 동작을 2차원 평면운동으로 가정하고 오른쪽



Front view　　Side view

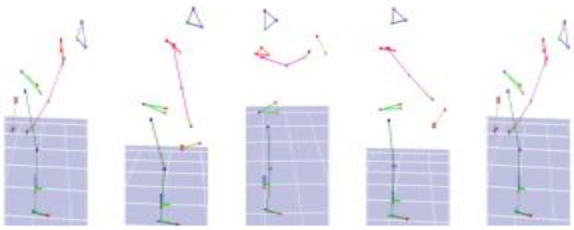
Figure 1. Layout of attachments of 19 reflective markers

분절에만 마커를 부착하였다. 피험자의 상의는 탈의하고 몸에 흡착되는 반바지 수영복을 착용한 상태에서 진행하였다 (Figure 1).

3. 실험절차

우선 실험대상자들에게 실험의 목적, 실험 절차, 측정 방식에 대해 설명하였다. 케틀벨 스윙에 앞서 충분한 워밍업과 스트레칭을 하게 하였으며, 케틀벨 스윙 시 지면에 놓인 케틀벨을 기울어지게 뒤로 잡아당기면서 신체의 무게중심을 뒤에 있게 만든 후 첫 번째 시점(E1) 자세를 취하라고 하였다. 케틀벨을 위로 올릴 때 빠르고 강하게 케틀벨을 앞으로 던져버리듯 스윙하라고 주문하였고, 아래로 내릴 때는 손이 자연스럽게 케틀벨을 따라 가라고 제시하였다. 그립은 손목 각도를 바꾸지 말고 중립 상태에서 막대기를 부러뜨리는 듯한 느낌으로 잡으라고 제시하였다. 케틀벨의 무게는 SFG 단체에서 제시하는 16 kg(보통 성인 남성 초급자 수준용)으로 하였다. 이 후 연구자의 명령에 따라 케클벨을 양손으로 잡고 들어 올리는 투암 스윙(kettlebell two arm swing)을 15회 연속적으로 실시하였다. 15회 근거는 Mullineauz, Bartlett와 Bennett(2001) 연구 결과에 따랐다.

4. 분석방법



Event1(E1) | Event2(E2) | Event3(E3) | Event4(E4) | Event5(E5)

P1 | P2 | P3 | P4

Figure 2. Definition of major events and phases in kettlebell two-arm swing

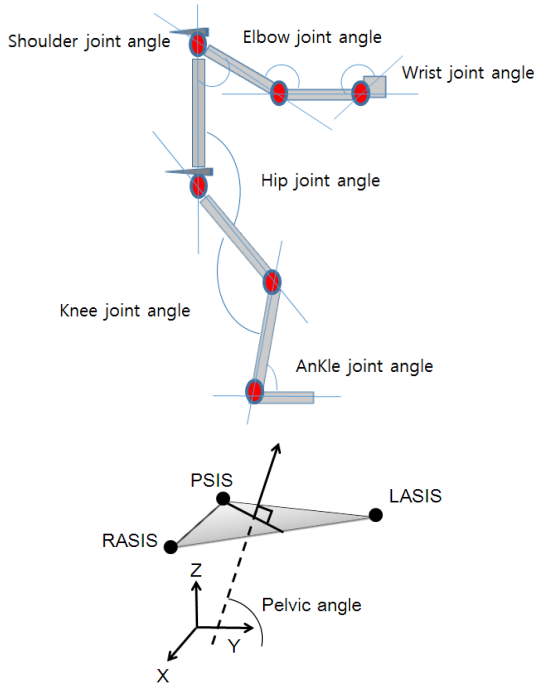


Figure 3. The definition of joint angles and pelvic

해석용 컴퓨터로 측정된 자료를 내려 받은 후 상용수치해석 프로그램인 Matlab®(ver, 2009, MathWorks, USA)에서 데이터 후처리를 하였다. 동작 자료는 차단주파수(cutoff frequency) 8Hz의 저역통과필터(Butterworth low-pass filter)를 통과시켜 평활화한 후에 운동학적 변인들을 계산하였다. 해석의 편이성을 위해 다음과 같이 케틀벨 스윙 동작을 5개 이벤트와 4개 국면으로 세분화 하였다(Figure 2).

1) 시점 정의

① E1: 케틀벨 위치가 신체 후면의 끝에 위치하는 시점

② E2: 케틀벨을 위로 올리는 과정에서 케틀벨의 순간 선속력이 최대가 되는 시점

③ E3: 케틀벨 위치가 최정상이 되는 시점

④ E4: 케틀벨을 아래로 내릴 때 케틀벨의 순간 선속력이 최대가 되는 시점

⑤ E5: 케틀벨 위치가 신체 후면의 끝에 위치하는 시점으로 E1시점과 동일시점

2) 구간 정의

① P1(E1- E2): 케틀벨 상승과 가속 국면

② P2(E2- E3): 케틀벨 상승과 감속국면

③ P3(E3- E4): 케틀벨 하강과 가속 국면

④ P4(E4- E5): 케틀벨 하강과 감속 국면

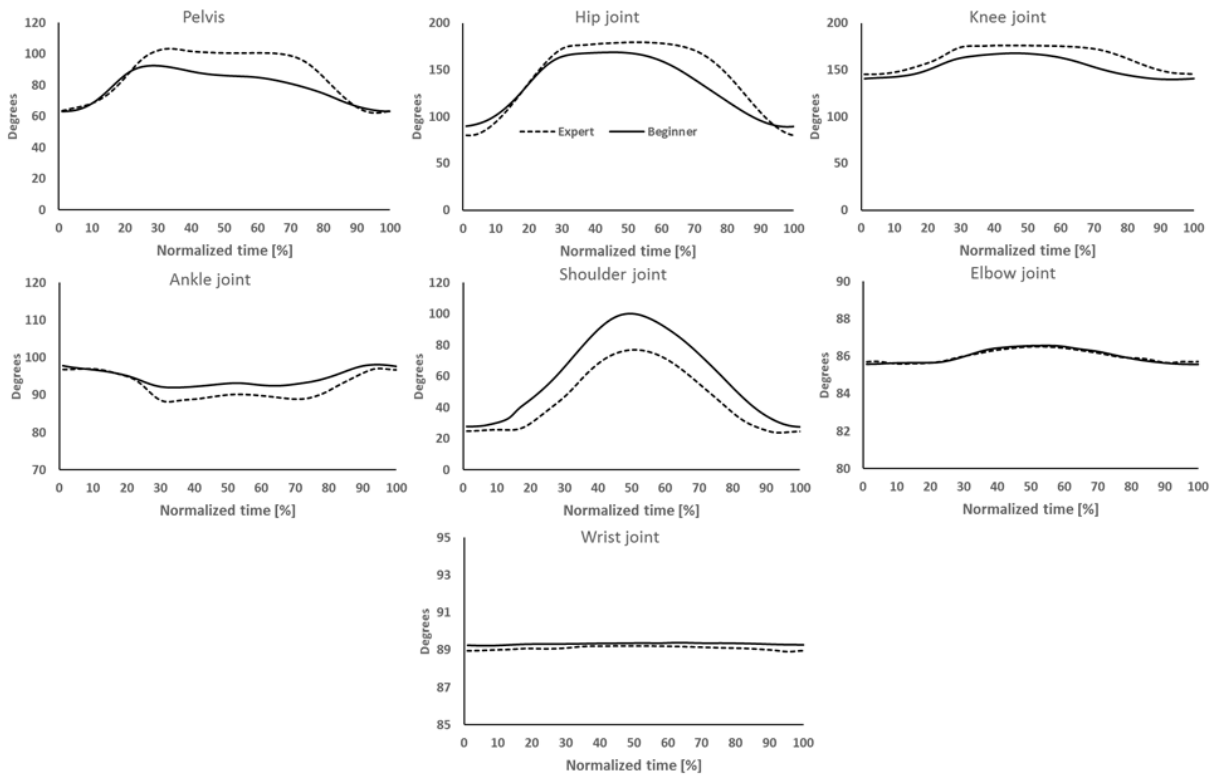


Figure 4. Comparisons of joint angles between experts and beginners

2) 각도의 정의

하지에서 족관절각은 하퇴와 발등의 사이각이며, 슬관절각은 대퇴와 하퇴의 사이각, 고관절각은 몸통 분절(고관절과 견관절 연결선)과 대퇴가 이루는 사이각으로 정의하였다. 골반각은 전상장골극(ASIS)과 후상장골극(MPSIS)에 의해 형성되는 평면의 수직축과 전역좌표계 수평면이 이루는 각도로 정의하였다. 상지에서 수관절각은 아래팔 종축과 손 분절의 종축이 이루는 사이각이며, 주관절각은 아래팔과 윗팔 종축의 사이각으로 정의하였다. 견관절각은 몸통 분절 수직축과 윗팔 분절의 종축이 이루는 사이각으로 정의하였다(Figure 3).

5. 통계적 처리

각 연구대상자들이 15회씩 수행한 값의 평균을 연구대상자의 대푯값으로 정하였다. 통계는 이 대푯값을 대상으로 유의수준 .05 비모수 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 그래프 값은 각 연구대상자들의 대푯값을 가지고 집단평균을 구한 결과를 제시하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 관절각 분석

1) 정성적 관절각 그래프

케틀벨 스윙 시 숙련자와 비숙련자간의 정성적 관절 각도 비교는 <Figure 4>와 같다. 그래프는 숙련자(4명)와 비숙련자(3명)의 케틀벨 스윙 결과를 앙상블 평균값으로 구한 것을 보여준다. 수평축은 E1(0%)부터 E5(100%)까지 표준화한 시간을 나타내고, 수직축은 시간에 따른 각도 변화를 나타낸 것이다. 각각의 관절에서 발생하는 각도 변화를 살펴보면 골반각의 중·후반부에 두 집단 간 차이가 발생하였다. 고관절각과 슬관절각은 최대 각속도값과 내릴 때 각도값에 숙련자와 비숙련자 간 차이가 발생했다. 족관절과 견관절각에서는 초보자의 최대 각속도값이 숙련자 것보다 컸다. 그 외 주관절과 수관절각에서는 두 집단간 차이가 뚜렷하지 않았다.

2) 관절가동범위 차이

반복된 동작에서 나온 관절각도의 최대값, 최소값, 관절가동범위의 평균값은 <Table 2>와 같다. 두 집단 간 차이값(Δ)은 비숙련자값을 기준으로 삼았다. 각 관절의 관절가동범위를 살펴보면 견관절과 고관절에서 집단 간 유의한 차이를 볼 수 있었다(p<.05). 견관절에서는 비숙련자의 관절가동범위

(72.66°)가 숙련자의 값(53.57°)보다 19.09° 유의하게 컸다(p<.05). 반면 고관절에서는 숙련자의 관절가동범위(99.75°)가 비숙련자의 값(79.88°)보다 19.87° 유의하게 컸다(p<.05) 골반각에서는 유의한 차이가 발생하지 않았으나 숙련자의 관절가동범위가 비숙련자보다 11.57° 컸다.

3) 이벤트 별 각도 분석

이벤트에 따른 숙련자와 비숙련자의 관절각 평균과 표준편차는 <Table 3>과 같다. 각각 이벤트에서 숙련자와 비숙련자 간의 관절각 차이를 살펴보면 고관절, 슬관절, 견관절 일부 이벤트에서만 유의한 차이가 발생했다(p<.05). 고관절은 케틀벨 최대 정점(E3)에서 슬관절은 하강최대속력(E4) 지점에서 유의한 차이를 보였다(p<.05). 견관절에서는 상승최대속력(E2)부터 하강최대속력(E4)까지 유의한 차이가 있었다(p<.05). 비숙련자(52.72°, 100.25°, 63.16°)는 E2부터 E4사이에 숙련자(38.85°, 76.99°, 35.08°)보다 견관절각을 더 크게 가져갔다. 특히, E3에서 비숙련자의 견관절각은 숙련자의 값보다 23.26°가 컸다. 골반각에 있어서 두 집단간 유의한 차이가 없었다. 그러나 E2에서 E5까지 숙련자가 비숙련자보다 더 크게 신전하였다.

Table 2. Comparisons of maximum, minimum, and range of motion in joint angles (unit: deg)

Joint		Export	Beginner	Δ	p
Pelvis	Max	104.0	92.99	11.01	.480
	Min	61.64	62.54	-0.9	.724
	ROM	42.01	30.44	11.57	.157
Hip	Max	179.5	168.8	**10.7***	.034
	Min	79.75	88.95	-9.2	.157
	ROM	99.75	79.88	**19.87***	.034
Knee	Max	176.7	169.0	7.7	.480
	Min	143.8	134.5	9.3	.157
	ROM	32.84	34.47	-1.63	.724
Ankle	Max	98.57	103.2	-4.63	.480
	Min	87.76	86.83	0.93	1.0
	ROM	10.80	16.36	-5.56	.289
Shoulder	Max	76.98	100.3	**-23.32***	.034
	Min	23.41	27.59	-4.18	.157
	ROM	53.57	72.66	**-19.09***	.034
Elbow	Max	86.61	86.59	0.02	.724
	Min	85.57	85.46	0.11	.480
	ROM	1.04	1.13	-0.09	.724
Wrist	Max	89.21	89.41	-0.2	.289
	Min	88.89	89.20	-0.31	.157
	ROM	0.35	0.21	0.14	.157

* indicates significant difference (p<.05).

Table 3. Comparisons of joint angles at each event (unit: deg)

Joint	Subject	E1	E2	E3	E4	E5
Pelvis	Export	63.44±4.05	96.97±5.77	100.50±4.35	84.09±6.03	63.45±4.76
	Beginner	63.19±7.64	91.36±19.53	86.38±14.23	78.14±13.28	63.26±8.51
	p	.724	.480	.289	.476	.724
Hip	Export	80.13±3.52	159.06±11.92	179.41±5.10	143.34±9.67	80.00±3.64
	Beginner	89.87±10.26	151.05±8.89	168.38±6.55	127.58±9.98	89.46±3.64
	p	.157	.480	**.034***	.077	.157
Knee	Export	144.97±5.46	166.17±8.11	175.92±3.63	161.21±6.36	145.19±5.44
	Beginner	140.54±12.89	155.98±15.11	167.44±15.58	147.31±5.02	140.64±12.90
	p	.724	.289	.480	**.034***	1.0
Ankle	Export	96.86±4.44	91.81±4.07	90.13±5.19	91.51±3.86	96.74±4.39
	Beginner	97.84±6.07	93.77±14.50	93.09±14.57	93.99±5.59	97.66±6.22
	p	1.0	.724	1.0	.285	1.0
Shoulder	Export	20.59±4.11	38.85±2.27	76.99±5.45	35.08±2.83	24.88±4.20
	Beginner	27.88±1.21	52.72±2.77	100.25±2.59	63.16±3.53	27.61±1.31
	p	.289	**.034***	**.034***	**.032***	.289
Elbow	Export	85.73±0.30	85.84±0.25	86.54±0.38	85.93±0.40	85.74±0.30
	Beginner	85.58±0.89	85.73±0.48	86.56±0.57	86.05±0.49	85.58±0.89
	p	.471	.593	.724	.724	.476
Wrist	Export	88.95±0.15	89.06±0.09	89.22±0.09	89.10±0.08	88.96±0.14
	Beginner	89.25±0.28	89.32±0.20	89.36±0.24	89.37±0.19	89.28±0.30
	p	.203	.064	.364	.064	.208

* indicates significant difference

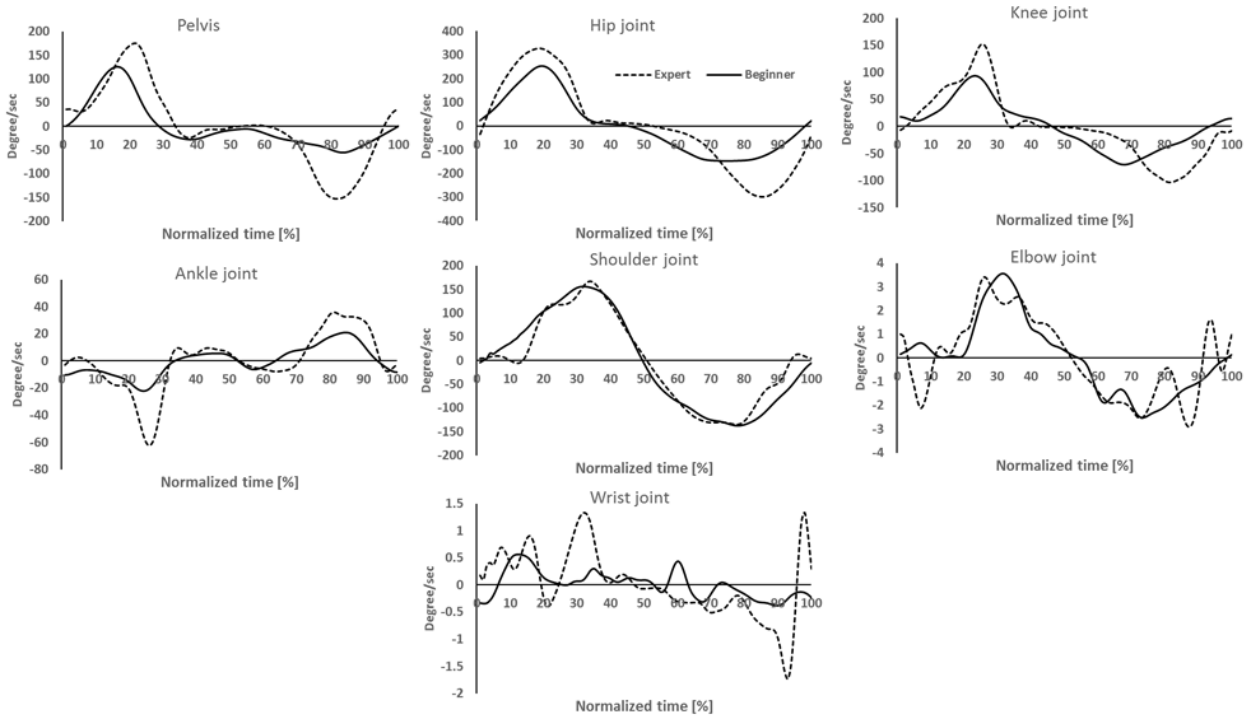


Figure 5. Comparisons of joint angular velocites between experts and beginners

Table 4. Comparisons of maximum, minimum, and difference of joint angular velocities at each joint (unit: deg/s)

Variable	Range	Export	Beginner	Δ	*p*
Pelvis	Max	183.2	132.7	50.5	.289
	Min	-166.2	-59.7	**106.5***	.034
	Diff	349.4	192.3	**157.1***	.034
Hip	Max	329.9	255.7	**74.2***	.034
	Min	-305.7	-155.9	**149.1***	.034
	Diff	635.5	411.7	**223.8***	.034
Knee	Max	158.5	103.9	54.6	.077
	Min	-116.4	-103.3	13.1	.480
	Diff	274.9	207.2	67.7	.289
Ankle	Max	47.3	47.8	-0.5	.724
	Min	-65.9	-52.1	13.8	.289
	Diff	113.2	99.9	13.3	.724
Shoulder	Max	169.1	157.0	12.1	.480
	Min	-142.3	-142.2	0.1	1.0
	Diff	311.4	299.2	12.2	.724
Elbow	Max	4.4	3.6	0.8	.289
	Min	-5.1	-3.2	1.9	.157
	Diff	9.5	6.8	2.7	.077
Wrist	Max	2.6	1.0	**1.6***	.034
	Min	-2.3	-0.9	**1.3***	.034
	Diff	4.9	2.0	**2.9***	.034

* indicates significant difference.

2. 관절각속도 분석

1) 정성적 관절각속도 그래프

케틀벨 스윙 시 숙련자와 비숙련자 간의 정성적 관절각속도 비교는 <Figure 5>와 같았다. 수평축은 E1(0%)부터 E5(100%)까지 시간을 표준화한 것이고, 수직축은 각속도 변화를 나타낸 것이다.

각각 관절의 각속도 변화를 살펴보면 케틀벨을 들어올릴 때 하지 관절각(고관절, 슬관절, 족관절)과 골반각 각속도에서 숙련자의 최대각속도 크기와 케틀벨을 내릴 때 최소각속도 크기가 비숙련자 값들보다 컸다. 또한, 최대 각속도와 최소 각속도 발생 시점도 조금씩 차이가 났다. 상지 관절각(견관절, 주관절, 수관절)의 각속도에서는 두 집단 간 뚜렷한 차이가 없었다.

2) 각속도 크기 차이

관절 각속도의 최대값, 최소값, 그리고 최대 각속도와 최소 각속도 차이의 평균 결과는 <Table 4>와 같다. 비숙련자의 절대값을 기준으로 판단할 때 최대 각속도와 최소 각속도 차이가 가장 크게 발생한 관절은 고관절(223.8°/s), 그 다음은 골반각(157.1°/s), 슬관절(67.7°/s) 순이었다.

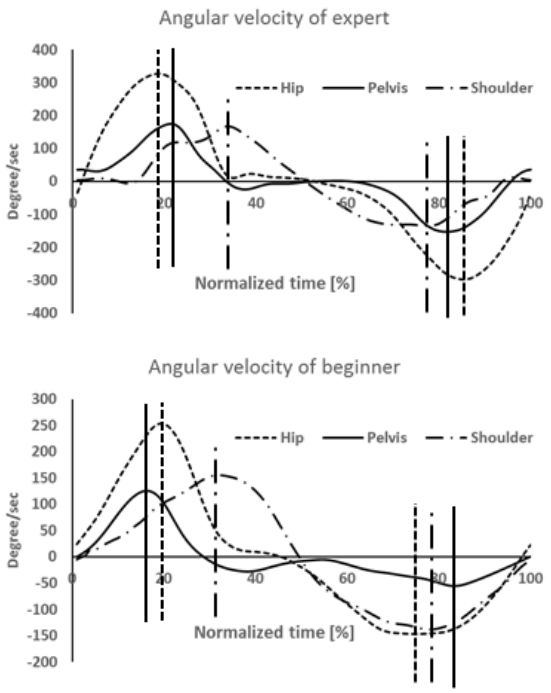


Figure 6. Comparisons of the order of peak angular velocities of multiple joint between experts and beginners

통계적으로 유의한 차이를 보인 관절이나 분절은 골반, 고관절, 수관절이었다(p<.05). 수관절에서는 두 집단 간 유의한 차이를 보였으나 절대값 크기가 5°/s로 매우 작았다.

3. 다관절 협응 비교

1) 관절각속도 최대·최소 각속도 시점

케틀벨 스윙 시 숙련자와 비숙련자 간의 다관절 협응 비교는 <Figure 6>와 같이 최대·최소 각속도 발생 시점으로 살펴보았다. 숙련자는 케틀벨을 들어올릴 때(E1에서 E3까지) 고관절(19%), 골반각(21%), 견관절(34%) 순서로 최대 관절 각속도를 발생시켰다. 케틀벨이 내려올 때(E3에서 E5까지)는 반대로 견관절(78%), 골반(82%), 고관절(85%)의 역순서로 최하 각속도를 발생시켰다. 비숙련자는 케틀벨을 들어올릴 때(E1에서 E3까지) 골반각(16%), 고관절(19%), 견관절(32%)의 순서로 최대 각속도를 발생시켰으며, 내릴 때는 고관절(75%), 견관절(78%), 골반각(83%)의 순서로 최소 각속도를 발생시켜 숙련자와는 다른 패턴을 보였다.

Ⅳ. 논 의

본 연구는 케틀벨 숙련자와 비숙련자의 케틀벨 투암 스윙 동작을 비교분석하여 올바른 케틀벨 스윙 자세, 효율성을 높일 수 있는 방안, 부상 예방을 위한 운동학적 기초 자료를 찾고자 하였다.

정성적 그래프와 정량적 분석에서 숙련자와 비숙련자 사이에 뚜렷한 차이를 볼 수 있는 곳은 골반각, 고관절각, 견관절각이었다. 케틀벨 스윙 시 견관절을 아래쪽과 뒤쪽으로 당긴다는 느낌으로 스윙하라고 가르침을 받는다(Tsatsouline, 2006). 이것은 케틀벨이 움직이면서 발생하는 원심력을 효과적으로 제어하기 위해 견관절이 취하는 방법이다. 이를 통해 스윙 시 견관절의 안정화와 관절가동범위를 줄이는 것이 중요하다. 숙련자는 이를 효과적으로 수행하여 비숙련자보다 19° 적은 관절가동범위를 보였다. 따라서, 줄어든 견관절의 관절가동범위는 다른 관절이나 분절의 움직임으로 보상이 나타났다. 그것이 고관절과 골반의 움직임이었다. 숙련자는 고관절 가동범위를 19.87°, 골반의 가동범위를 11.57° 더 비숙련자보다 크게 하였다. 즉 견관절보다는 고관절과 골반을 이용한 스윙 동작을 만들어 냈다.

Cook(2012)에 의하면 여러 신체 분절에서 움직임이 발생할 때 안정성이 필요한 분절은 잘 움직이지 않는 것으로 보았다. 본 연구 결과를 볼 때 견관절은 안정성을 요하는 관절이다. 실제 케틀벨 트레이닝에서 견관절의 정렬유지와 조절, 그리고 다른 신체 다른 분절과 협응할 수 있는 스윙자세 교육이 현장에서 이뤄져야 하겠다. 숙련자가 비숙련자보다 큰 골반 관절가동범위를 보인 것은 숙련자가 케틀벨 스윙에서 골반을 적극적으로 사용하였음을 나타낸다. 충분한 골반 가동범위 확보없이 케틀벨 스윙이 이뤄진다면, 골반 주변의 연부조직에 부정적 영향을 미칠 수도 있을 것이다. 그럼 주변 조직에서 보상작용이 일어나고 누적된 비효율적인 움직임은 통증과 상해로 이어질 수 있다(Micheal, Scott & Brian, 2010). 다른 연구에서도 케틀벨이 신체중심과 멀어질 때 원심력으로 케틀벨이 손에서 빠지기 때문에 같은 무게라도 다른 운동에 비해 신체에 가해지는 부하가 케틀벨 운동이 더 크다고 하였다. 이러한 힘의 변화에 적극적으로 대처하기 위해서는 코어 안정성과 특정 분절 가동성(고관절과 골반)이 충분히 확보되어야 한다(McGill, Marshall, & Leigh, 2012). 특히 케틀벨 스윙에 참여하는 초보자들에게 운동인지적 측면에서 가동성 분절과 안정성 분절을 정확히 이해시키고, 신체감각을 구체화할 수 있는 반복적인 연습과 내외적 피드백을 제공해야 한다. 이것들이 만족된다면 효율적인 케틀벨 스윙으로 이어질 수 있다.

각 이벤트에 따른 숙련자와 비숙련자의 신체관절 각도차이를 살펴보았을 때 골반과 고관절은 가동성과 관련이 깊고 두 관절을 제외한 나머지 관절은 가동범위가 매우 적어 안정성에 관여하는 관절이라고 판단할 수 있다. 견관절은 가동범위가 크기 때문에 가동성 관절로 여겨질 수 있지만 견관절 관

절가동범위를 최소화하는 것이 중요하므로 안정성 관절로 볼 수 있다.

숙련자와 비숙련자의 관절 각속도를 살펴보면, 고관절, 골반, 수관절에서 숙련자와 비숙련자의 차이가 뚜렷하게 나타났다. 슬관절과 견관절의 최대 각속도와 최소 각속도 절대값은 컸으나 두 집단 간 차이는 고관절과 골반에 비해 적었다. 따라서, 근위분절에 속하는 고관절과 골반이 주요 가동성 관절이고 원위분절로 운동량을 전이시키는 관절임을 알 수 있었다. 특히 숙련자의 골반과 고관절의 각속도 그래프 형태를 살펴보면 P2는 음의 최대 각속도값(음의 각속도 그래프 기울기)이 나타났고, P4에서는 양의 최대 각속도 값(양의 각속도 그래프 기울기)을 나타냈다. P2와 P4는 케틀벨 스윙 시 신장성 수축을 통해 둔근과 햄스트링을 활성화하는 구간으로 볼 수 있다. 즉, 고관절과 골반의 주도적인 활성을 사용하는 케틀벨 스윙은 스포츠 상황에서 특정 구간의 근수축 속도를 강화하고 신장—단축 사이클(stretch shortening cycle)의 발달에 유용 할 수 있다(Kim, Yoon, & Seo, 2005; Zebis et al., 2013). 그 이유는 햄스트링의 신장성 제어에 더 큰 중점을 두기 때문에 햄스트링 발달에 활용되었던 전통적인 운동보다도 케틀벨 스윙이 더 빠른 햄스트링 수축 속도를 만들어 낼 수 있다. 따라서, 짧은 시간에 운동량을 최대로 전이시켜야 하는 축구, 야구, 농구, 육상 같은 스포츠에서 컨디셔닝 프로그램으로서 케틀벨 스윙이 필요하다고 생각한다. 또한 케틀벨 스윙을 시작하는 초보자들은 전반적인 움직임 기능요소와 근력을 포함한 기초체력 요소의 결핍으로 특정 구간에서 케틀벨 움직임의 타이밍을 잘 못 맞춘다. 따라서 둔부 활성화를 통해 케틀벨 움직임 타이밍을 잘 맞추기 위해서는 가벼운 무게로 실시하거나 무게없이 케틀벨 스윙에 사용되는 다관절 움직임을 숙달시키고, 점차적으로 무게를 높여가는 것도 필요하다.

다관절 협응패턴을 살펴보면, 숙련자의 경우 케틀벨을 들어 올릴 때(E1에서 E3까지) 고관절, 골반, 견관절의 순서로 최대 활성(최대 각속도 시점)을 보였주었다. 즉 개방사슬형 동작의 키네마틱 시퀀스처럼 근위분절에서 원위분절로 운동량 전이가 순차적으로 이루어 졌다는 것이다(Kim, 2014; Yoon & Chae, 2008). 하지만, 비숙련자는 케틀벨을 들어 올릴 때 고관절과 골반이 활성 순서가 바뀌었다. 숙련자는 케틀벨을 내릴 때(E3에서 E5까지)는 올릴 때와 반대로 견관절, 골반, 고관절 순으로 최대 활성 협응을 가져갔다. 반면 비숙련자는 고관절, 견관절, 골반 순으로 올릴 때와의 연관성을 찾아볼 수 없었다. 이것은 비숙련자의 고관절과 골반 근력, 가동성, 협응성 등이 떨어져서 나오는 현상을 볼 수 있었다. 즉 고관절과 골반의 운동이 확실히 이루어지지 못했기 때문에 관절의 최대 각속도·최소 각속도 값에서 숙련자와 명확하게 차이가 났다.

케틀벨 스윙은 하지로부터 올라오는 지면반력을 고관절과 골반을 이용하여 원위분절로 운동량을 전이시키는 것이 중요하다. 이를 위해 대둔근과 햄스트링의 활용이 매우 중요하다. Cho(2015)의 3가지 힙 드라이브 운동 시 코어근육 근활성도 비교 연구에서도 케틀벨 스윙이 스쿼트, 데드리프트보다 대둔근의 근활성도가 높게 나왔다. Zebis 등(2013)의 연구에서도 케틀벨 스윙과 레그컬 동작의 햄스트링 근육 활성을 비교했을 때 케틀벨 스윙 시 값이 더 커서 높은 굴곡각도에서 햄스트링의 근력강화와 근비대 개선으로 이어질 수 있다고 하였다. 이렇게 문헌들에서 대둔근과 햄스트링이 고관절과 골반의 움직임과 관련이 깊고, 본 연구의 연구결과에 부합된다고 해석된다. Lake와 Lauder(2012b)는 케틀벨 스윙 중 케틀벨이 아래에 위치할 때 척추의 각도를 그대로 유지하는 것이 중요하다고 하였는데 이것 역시 대둔근의 근력이 뒷받침되어야 가능한 것이다.

이상을 종합하면 효율적으로 케틀벨 스윙을 수행하면서 부상을 피하기 위해서는 고관절과 골반의 가동성과 나머지 관절의 안정성이 중요하다고 생각한다. 케틀벨 스윙할 때 협응패턴을 보면 케틀벨이 최상점까지 올라가는 동안 고관절, 골반, 견관절 순으로 가속되어 운동량이 전이되어야 한다. 이와 반대로 케틀벨이 최상점에서 시작자세로 전환될 때는 견관절, 골반, 고관절 순서로 협응이 이루어져야 한다. 본 연구 결과를 통해 케틀벨 스윙 시 기본적인 가동성과 안정성, 신체의 정렬, 근수축 타이밍, 힘의 변화를 제어하는 것이 중요하다는 것을 파악하였다. 케틀벨 스윙과 같은 고난이도 동작을 시작하기 전에 운동 효율성과 부상방지를 위해 특정 트레이닝(예, 둔근 활성화 운동)이 선행되어야 할 것이다. 본 연구의 한계점은 대상자의 스펙트럼이 넓은 반면 참여자의 수가 적어 결과를 일반화하는데 한계성이 존재한다. 향후 케틀벨 스윙 시 힘의 변화를 효율적으로 측정하기 위해 근전도와 지면반력을 이용한 폭넓은 연구가 동반되어야 하겠다.

V. 결 론

본 연구는 숙련자 3명, 비숙련자 4명을 대상으로 케틀벨 투암 스윙 동작의 운동학적 변인 비교분석을 통해 올바른 케틀벨 스윙 자세를 파악하고자 하였다. 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 숙련자와 비숙련자 간의 동작 분석에서 뚜렷한 차이를 보인 곳은 고관절, 골반, 견관절이었다. 숙련자는 고관절과 골반의 가동범위를 활용하여 케틀벨 스윙을 하였고, 비숙련자는 부족한 고관절과 골반의 가동범위를 보완하기 위해 견관절 가동범위를 키워 케틀벨을 스윙하였다..

둘째, 숙련자와 비숙련자간의 실질적인 관절 각속도 차이도 고관절과 골반에서 나타났다. 숙련자의 값들이 비숙련자의 값들보다 컸다. 두 곳은 가동성 관절과 분절로 볼 수 있었다.

셋째, 케틀벨을 들어 올릴 때 숙련자는 고관절, 골반, 견관절의 순으로 활성을 보였지만, 비숙련자는 효율적인 다관절 협응을 보여주지 못했다.

결론적으로 케틀벨 스윙은 고관절과 골반의 가동성이 매우 필요한 동작이며, 견관절을 포함한 그 외 관절들은 안정성을 유지해야 좋은 동작이다. 이를 위해서는 둔근과 햄스트링의 활성화 및 협응이 중요하고 사전 훈련을 통해 둔근과 햄스트링을 깨우는 작업이 이뤄진다면, 상해를 줄이고 이상적인 케틀벨 동작이 나올 수 있게 도움을 줄 것이다.

참고문헌

Cho, W. R. (2015). *Comparison of core muscle activation during three hip drive motion exercise*. Unpublished master thesis. Korea National Sport University. Seoul, Korea.

Cook, G. (2012). *Movement: Functional movement systems*, Washington, D.C.: On Target Publications.

Health chosun (2015). Health chosun press release. (http://health.chosun.com/site/data/html_dir/2015/06/19/2015061900834.html.).

Jay, K., Frisch, D., Hansen, K., Zebis, M. K., Andersen, C. H., Mortensen, O. S., & Andersen, L. L. (2011). Kettlebell training for musculoskeletal and cardiovascular health: A randomized controlled trial. *Environ & Health*, 37(3), 196 - 203.

Jung, G., Kang, S., & Choi, H. (2010). *Kettlebell quick result*. Seoul: Wisdom House.

Kim, Y. K. (2014). The Effect of Different Warm-up Procedures on Bat Speed in Baseball. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 23(2), 91-97.

Kim, Y. W., Yoon, T. J., & Seo, J. S. (2005). Effects of preparatory movements on performance of sideward responsive propulsion movement. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 15(3), 9-19.

Lake, J. P. & Lauder, M. A. (2012a). Mechanical demands of kettlebell swing exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3209 - 3216.

Lake, J. P., & Lauder, M. A. (2012b). Kettlebell swing training improves maximal and explosive strength. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2228 - 2233.

Matthews, M., & Cohen, D. (2013). The Modified Kettlebell Swing. *Strength & Conditioning Journal,* 35(1), 79-81.

McGill, S. M., Marshall, & Leigh W. (2012). Kettlebell swing, snatch, and bottoms-up carry: Back and hipmuscle activation, motion, and low backloads. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(1), 16 - 27.

Micheal, A. C., Scott, C. L., & Brian, G. S. (2010). *NASM essentials of corrective exercise training*. New York, N.Y.: Jones & Bartlett Learning.

Mullineauz, D. R., Bartlett, R. M., & Bennett, S. (2001). Research design and statistics in biomechanical and motor control. *Journal of Sports Science*, 19, 739-760.

Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., & Gill, N. D. (2010). Transference of strength and power adaptation to sports performance-horizontal and vertical force production. S*trength & Conditioning Journal*, 32(4), 100 - 106.

Schnettler, C., Porcari, J., Foste, C., & Anders, M. (2010). Kettlebells: Twice the results in half the time. *ACE Fitness Matters,* 16, 6-10.

Tsatsouline, P. (2006). *Enter the kettlebell*. Washington, D.C.: Dragon door publications.

Yoon, C. J. & Chae, W. S. (2008). The process of the kinematics coordination and control of Dollyochagi motion Taekwondo. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 18(2), 95-104.

Zebis, M. .K., Skotte, J., Andersen, C. H., Mortensen, P., Petersen, H. H., Viskær, T. C., Jensen, T. L., Bencke, J., & Andersen, L. L. (2013). Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: An EMG study with rehabilitation implications. *British Association of Sport and Medicine*, 47(18), 1192-1198.