



역도 용상 Jerk기술동작의 성공·실패에 대한 운동학적 분석 -사례연구-

Kinematic Analysis of Jerk Motion during Successful and Failed Trials of a Male Weight lifter -Case Study of an Olympic Gold Medalist-

박태민* · 류지선 · 윤석훈(한국체육대학교)

Park, Tae-Min* · Ryu, Ji-Seon · Yoon, Suk-Hoon(Korea National Sport University)

국문요약

본 연구의 목적은 2008년 베이징올림픽 남자 역도 금메달리스트인 사재혁선수를 대상으로 최대의 노력으로 경기력을 수행하고 있는 실제 경기상황에서 동일한 중량으로 Jerk동작의 1차시기 실패 후 2차시기 성공을 운동학적으로 분석하여 실패의 원인을 구명하여 사재혁 선수의 Jerk기술 향상과 경기력을 극대화시키고 현장에서 선수들을 지도하는데 필요한 기초자료를 제공하는데 있었다. 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 성공 동작이 실패동작에 비하여 1국면에서는 짧은 시간을, 3국면과 4국면에서는 다소 긴 수행시간을 보였다. 바벨의 수직변화는 큰 차이를 보이지는 않았으나, 무릎에서는 E4에서 실패 시 낮은 수직 위치를 나타냈다. 바벨의 수직속도는 4국면에서 무릎의 수직속도는 3국면과 4국면에서 성공과 실패동작 간에 큰 차이를 보였다. 3국면의 실패동작에서 성공동작에 비하여 빠른 신체무게중심의 하방속도가 나타났다. E3순간의 실패동작에서 성공동작에 비하여 더 굴곡된 무릎각도가 나타났다.

ABSTRACT

T. M. PARK, J. S. RYU, and S. H. YOON, Kinematic Analysis of Jerk Motion during Successful and Failed Trials of a Male Weight lifter -Case Study of an Olympic Gold Medalist-. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 4, pp. 739-748, 2009. The purpose of this study was to compare successful and failed trials of the clean and jerk exercise performed by an 2008 Beijing Olympic gold medalist. One successful and one failed trial of an Olympic gold medalist (2008 Beijing Olympic 77 kg event) were investigated for this study. A three-dimensional motion analysis was performed, using three digital camcorders (SF: 6Hz). The events were recorded during the 89th Korean National Athletic Games. After analyzing the jerk motion, the following results were found. The successful trial revealed a shorter performance time at Phase 1 and a longer one at Phase 3 and Phase 4 as compared to the failed trial. The vertical displacement of the knee in failed trial was lower than that in the successful one. The differences in the vertical velocity of barbell and knee between the trials were seen at Phase 3 and Phase 4. A faster COM inferior velocity was seen in the successful trial at Phase 3. A more flexed knee angle was seen in the failed trial as compared to the successful trial at E3.

KEYWORDS : CLEAN, JERK, JERK DIP, JERK UP, JERK SPLIFT, JERK RECOVERY

*Corresponding Author : 박태민

서울특별시 송파구 오륜동 88-15 한국체육대학교 대학원 체육학과 운동역학실

Tel : 02-410-6972 / Fax : 02-410-6549

E-mail : parktaemin6700@hanmail.net

I. 서론

역도경기는 많은 스포츠 종목 중에서 힘을 대변하는 경기로 인식되어지고 있지만 힘과 더불어 선수의 기술 또한 경기력에 중요한 영향을 미치는 운동이다.

역도경기는 남자 8체급 여자 7체급으로 구분되며 단 한 번의 동작으로 중량을 들어 올리는 인상경기와 바벨을 가슴 위에 올려놓는 클린(clean)기술과 가슴위에서 바벨을 위로 들어 올리는 저크(jerk)의 두 가지 연속적인 기술 동작으로 이루어지는 용상경기로 구분된다. 세계선수권대회와 전국체육대회는 각 체급에 인상과 용상, 인상과 용상의 합계로 3개의 메달이 주어지는 반면 올림픽과 아시안 게임은 인상과 용상의 합에 대한 1개의 메달만이 주어진다. 또한 세계선수권 대회는 합계 기록이 높은 선수가 우승자가 된다.

많은 연구자들은 역도의 우수선수와 비우수선수간의 퍼포먼스 차이는 근본적으로 근력과 파워의 차이에 의존하며, 동원되는 근육군의 파워 발휘능력의 효율적 이용과 더불어 특정중량에 대한 바벨 들기에 소요되는 전체 일의 양을 최소화시킴으로써 경기력 향상을 도모할 수 있다고 보고하였다(Brudett, 1982; De;otto, Brawn, Strube, Rose & Lehman, 1989; Funato, Kanehisa & Fukunaga, 2000; Haff et al., 2005; Hakkinen, Komi, Alen & Kauhanen, 1987). 또한 주명덕(1998)은 역도경기의 기본원칙은 바벨의 저항에 대하여 선수가 최대의 힘을 발휘하여 그 저항을 극복하고 규정된 동작을 성공적으로 수행하는데 있으며, 역도경기의 기술체계에 관련된 운동학적 변인들에 대한 과학적 분석과 이해는 역도선수의 경기력 향상에 큰 기여를 할 수 있다고 보고하였다. 그리고 문영진, 류중현, 및 이순호(2004)와 Butler, Andersson, Trafimow, Schipplein와 Andriacchi (1993)는 역도경기는 보이지 않는 아주 미세한 자세의 변화에도 선수들의 경기력은 많은 차이를 발생시키기 때문에 근력과 더불어 고도의 기술을 습득해야만 좋은 기록을 낼 수 있는 종목이라고 하였다.

세계에서 가장 큰 스포츠 제전인 올림픽과 아시안게임에서 용상종목에 강한 선수는 그렇지 못한 선수에 비하여 매우 유리한 경기를 할 수 있다. 왜냐하면 역도경

기는 모든 선수의 인상종목이 끝난 후 용상경기를 실시하기 때문에 비록 인상경기에서 기록이 뒤진 선수라도 용상에서 역전할 수 있는 기회가 주어지기 때문이다.

한국역도는 전통적으로 용상종목에 강세를 보여 왔으며, 2008년 중국베이징 올림픽에서 금메달을 획득한 +75kg급 장미란, 77kg급 사재혁 선수 모두 용상기록이 높았기 때문에 우승할 수 있었다. 특히 2005-2007년 세계선수권 3연패를 달성한 장미란 선수는 중국선수에게 3번 모두 인상기록에서 뒤지고 있었지만 용상종목에서 이를 극복해 우승을 이끌어 낼 수 있었다.

용상종목에 대한 선행연구를 살펴보면 신동철(1993)은 불가리아 대표선수와 한국대표선수들 간에 용상동작 비교에서 우수선수의 Jerk 동작의 궤적은 폭이 좁은 L자 모양을 나타내며, Jerk 동작을 수행할 때 무릎관절의 굴곡과 신전을 효율적으로 사용한다고 보고하였다. 또한 김용재(2001)는 Jerk 동작에서 바벨의 수직변위가 크고 신체중심이 높은 것은 Jerk 동작 실패의 원인이 된다고 보고 하였으며, 이종호(2001)는 Jerk동작 시 국면별 소요시간은 정확한 자세에 따라 짧게 실시해야하며 각 관절각도 변화는 준비 자세를 기준으로 각도의 변화가 적어야 하고, 바벨이동궤적 또한 준비 자세를 기준으로 수직 및 전후거리의 변화가 적어야 한다고 보고하였다.

문영진 등(2004)은 Jerk 동작 시 최소 무릎각도가 무릎, 고관절에서의 큰 신전력을 발현하기 위한 중요한 포인트라고 보고 하였으며, 이석구(2004)는 Jerk 동작 시 소요시간이 중량이 증가함에 따라 감소하였으며, 최대의 순발력을 발휘하기위해서 Jerk 구름동작 시 큰 무릎굴곡을 통해 하지의 큰 신전력이 발현될 수 있어야 한다고 보고하였다. 그리고 김기현(2007)의 연구에서 Jerk Dip 동작 시 발목, 무릎, 고관절의 최대의 신전력을 내기 위해서는 100°의 무릎 각에서 용상 Jerk Dip 동작이 이루어 져야 한다고 보고 하였다.

이와 같이 용상경기에 관한 연구들이 Jerk동작을 중심으로 수행되고 있으며, 이것은 Jerk동작이 Clean동작에 비하여 경기력에 미치는 영향이 크다는 것을 의미하며 구간에 따른 다양한 기술동작과 복합적인 기술적 요인을 포함하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 또한 용

상경기에서 일반적으로 Clean의 실패 보다 Jerk의 실패율이 매우 높는데, 본 연구를 위하여 연구자가 2008년 제89회 전국체육대회에 참가한 일반부 남녀 173명의 용상경기를 분석한 결과 총 463회의 시기에서 196회의 실패를 하였으며, 이 중에 Clean 59회, Jerk 137회로 Clean에 비해 Jerk의 실패가 2.3배 정도 높게 나타났다.

용상경기를 수행할 때 Jerk 기술동작은 경기의 승패를 좌우하는 가장 중요한 기술동작이지만 대부분의 선행연구는 우수선수와 비 우수선수의 비교(신동철, 1993; 최은자, 김창범, 신준용, 2004)나 근육 활동 양상(김용재, 2001; 최은자, 김창범, 신준용, 2004)을 분석한 실험연구가 대부분이며, 선수들이 최대의 노력으로 경기력을 수행하고 있는 현장에서의 연구는 미비한 수준이다. 더욱이 같은 무게에서 인위적인 조작이 아닌 실패와 성공에 관한 연구는 전무한 실정이다.

이렇게 Jerk 동작에서 실패가 많음에도 불구하고 실패에 대한 원인을 분명하게 밝혀내기는 매우 어렵다. 그러나 대부분의 경우 바벨무게의 증가, 시기 차, 개인의 기술수준 및 신체특성 등 다양한 요인들에 의해서 실패로 이어진다고 유추해 볼 수 있으며, 이러한 실패의 원인을 찾아내기 위해서 본 연구는 사재혁선수의 Jerk동작을 관찰한 결과 split 한 후 마지막 다리 모으는(recovery) 과정에서 실패한 것을 알 수 있었으며, 그 원인을 찾아내기 위해서 Jerk동작의 처음구간(start position)부터 마지막 구간(recovery)까지의 정확한 변인 설정과 각 구간에 따른 기술동작의 특성분석이 반드시 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구의 목적은 2008년 베이징올림픽 금메달리스트인 사재혁선수를 대상으로 최대의 노력으로 경기력을 수행하고 있는 실제 경기상황에서 동일한 중량으로 Jerk동작의 1차시기 실패 후 2차시기 성공을 운동학적 분석을 통하여 실패의 원인을 명확히 규명하는데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 제89회 전국체육대회에 참가한 올림픽 금메달리스트인 남자 77Kg급 사재혁선수를 대상으로 하였으며, 개인특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 신체적 및 경기관련 특성

연구대상자	연령 (yrs)	신장 (Cm)	신체 질량 (Kg)	경력 (yrs)	용상 최고기록 (Kg)	본 중량 92% MBW
사재혁	26	166	77	11	203	187

2. 실험방법 및 장비

본 실험을 위해 동원된 실험장비는 비디오카메라 3대, 통제점, 노트북 3대이며, 자료처리에는 Kwon 3D Motion Analysis Package Version 3.1 Program을 사용하였다. 사재혁선수의 용상동작을 촬영하기 위하여 3대의 카메라를 관중석에 설치하였으며, 실 공간좌표를 계산하기 위하여 첫 체체하기 1시간 전에 위치를 알고 있는 가로 3m×세로 2m× 높이 3m의 통제점들을 시험장 중앙에 설치한 후 녹화하였다. 본 실험에서 공간좌표의 방향은 좌·우 방향을 X축, 전·후 방향을 Y축, 상·하 방향을 Z축으로 정의 하였다. 모든 카메라는 노트북 컴퓨터를 연결하여 실시간으로 영상을 저장하였으며 인체의 모델은 총 14개의 신체분절로 연결된 강체시스템으로 정의하였다. 디지털이징(digitizing)을 통해 구해진 3차원 인체좌표의 실험오차를 줄이기 위하여 원 데이터(raw data)를 Butterworth 2차 저역 통과필터를 이용하여 스무딩 하였으며(차단주파수: 6Hz) 이때 필터링을 전후 두 번 반복하여 필터의 성능을 2배로 함과 동시에 Phase lag를 제거하였다.

3. 이벤트 및 국면

Jerk 동작의 성공·실패의 운동학적 특성 차이를 분석하기 위하여 동작을 5개의 이벤트와 4개의 국면으로 정의 하였고 <그림 1>, 동일한 중량으로 실패 한 동작과 성공한 동작을 분석하였다.

1) 이벤트 (Event)

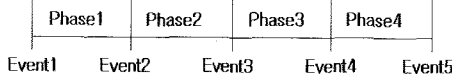
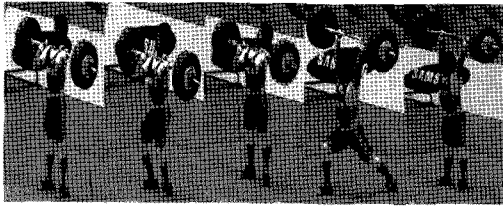


그림 1. 이벤트 및 국면

- (1) Event 1 (E1) : 가슴위에 바벨을 올려놓고 몸의 움직임이 없는 순간
- (2) Event 2 (E2) : Jerk구름동작을 강하게 하기위해 무릎을 굽히며 바벨의 높이가 최저점에 이르는 순간
- (3) Event 3 (E3) : 바벨의 탄성을 이용하여 올림동작 시 발뒤꿈치가 최대로 들린 순간
- (4) Event 4 (E4) : 양발을 앞뒤로 벌리면서 빠르게 바벨을 머리위로 고정하고 발의 움직임이 정지된 순간
- (5) Event 5 (E5) : 벌렸던 양 발을 다시 모아 무릎을 펴고 바벨을 머리위에서 고정시킨 순간

2) 국면 (Phase)

- (1) Phase 1 (P1: E1-E2): Jerk 준비 자세부터 바벨의 높이가 최저점에 이르는 순간까지의 구간 (Jerk Dip)
- (2) Phase 2 (P2: E2-E3): 바벨의 높이가 최저점인 순간부터 발뒤꿈치가 최대로 들린 순간까지의 구간(Jerk Up)
- (3) Phase 3 (P3: E3-E4): 발뒤꿈치가 최대로 들린 순간부터 양발이 앞뒤로 정지 된 순간까지의 구간(Jerk Split)
- (4) Phase 4 (P4: E4-E5) 동작까지: 양발이 앞뒤로 최대로 벌린 순간부터 벌렸던 양 발을 다시 모아 바벨을 머리위에서 고정 시킨 순간까지의 구간(Recovery)

III. 결 과

1. 소요시간

본 연구에서 수행된 사재혁 선수의 역도 Jerk 동작의 성공과 실패 시 국면별 소요시간은 <표 2>에 제시되어 있다. 실패의 경우 4구간은 바벨을 떨어 드릴 때까지의 시간으로 계산하였다. 1국면에서는 성공 동작이, 2국면, 3국면에서는 실패 동작이 짧은 소요시간을 나타냈다.

표 2. 국면별 소요시간

형태	P1	P2	P3	P4	total
P	0.40 (17%)	0.25 (11%)	0.40 (17%)	1.284 (55%)	2.334 (100%)
F	0.50 (24%)	0.20 (9%)	0.30 (14%)	1.117 (53%)	2.117 (100%)

P : 성공, F : 실패

2 바벨 및 무릎관절의 수직 변화

바벨의 수직 변화 그래프는 Jerk 기술동작을 각 이벤트에 따라 정확하고 효율적으로 수행했는지를 판별 할 수 있는 자료를 제공한다.

표 3. Event별 바벨과 무릎관절의 수직 변화

변인	형태	E1	E2	E3	E4	E5	
바벨	L	P	138.7	123.1	138.4	165.6	187.6
		F	138.7	122.0	139.4	169.3	-
	R	P	135.1	120.6	141.1	165.8	184.3
		F	136.1	121.4	143.3	170.1	-
무릎	L	P	49.5	43.4	50.0	38.2	48.8
		F	47.8	41.4	51.0	30.3	46.6
	R	P	50.6	45.5	50.2	52.2	50.3
		F	49.2	44.7	50.3	51.9	46.4

L : Left R: Right P: Pass F: Fail
E5 : - 실패 동작은 recovery 동작 중간에 실패하여 데이터가 없음

<표 3>에서 보이는 것과 같이 성공과 실패 시 좌우 바벨의 수직 높이는 E4순간을 제외하고는 대부분의 순간에서 큰 차이는 보이지 않았다. 또한 무릎관절의 수직위치는 대부분의 순간에서 성공과 실패 동작이 비슷한 높이를 보였으나 E4순간의 왼쪽 무릎에서는 성공에

비하여 실패 동작이 매우 낮은 수직위치(8cm)를 보였으며 이 차이는 Jerk의 마지막 순간까지(E5) 유지되면서 동작을 수행하였다.

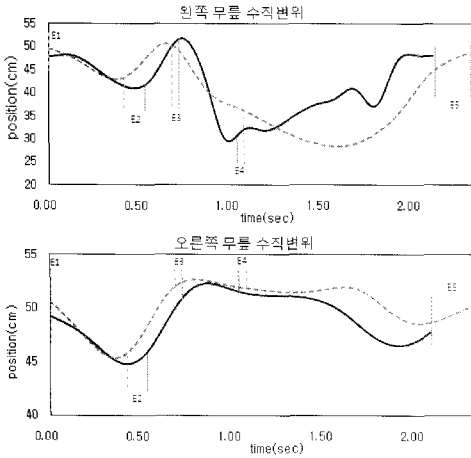


그림 2. 무릎의 수직변화(실선: 성공, 점선: 실패)

표 4. Phase별 바벨과 무릎수직 최대속도 (unit: cm/s)

변인	형태	P1	P2	P3	P4
바벨	L-P	-87.6	158.3	160.3	36.4
	L-F	-94.1	165.0	167.3	50.1
	R-P	-88.4	169.2	171.6	29.0
	R-F	-91.5	175.2	175.2	34.8
무릎	L-P	-25.1	44.9	-60.9	53.7
	L-F	-29.3	70.2	-143.9	103.3
	R-P	-27.7	29.6	26.8	-13.8
	R-F	-24.9	29.2	24.6	-14.5

성공과 실패 시 바벨과 무릎의 국면별 속도변화는 <표 4>에 제시되어 있다. 바벨의 경우 양쪽 모두 대부분의 구간에서 큰 차이는 보이지 않았으나 실패동작에서 다소 빠른 속도를 보였으며, 무릎에서는 2국면, 실패 시 빠른 상방속도를 보였으며, 3국면에서 왼쪽무릎의 속도가 실패 시 2배정도 빠른 하방속도를 보였다.

3. 전환(Jerk Split)국면의 운동학적 변인

Jerk동작 시 E1-E3 는 수직방향, E4-E5 는 수평방향으로 전환되는 구간(split)으로 신체의 운동학적 변인은 <표 5>에 제시되어 있다. 전환국면에서 신체중심과 왼발속도의 전후속도는 실패 시 매우 빠른 속도를 보였으며, 양발의 좌우 폭과 전후 폭에서도 실패 시 길게 나타나는 특성을 보이고 있다. 사재혁 선수는 성공과 실패 시에 오른발 속도를 제외하고 모든 변인에서 매우 큰 차이를 보였다.

표 5. 전환국면(Jerk Split)에서 최대 신체변화

변인	P	F
신체중심의 전·후 속도 (cm/s)	12.69	41.27
양발의 좌·우 폭 (cm)	44.47	48.63
양발의 전·후 폭 (cm)	88.29	96.01
오른발 속도 (cm/s)	346.67	342.47
왼발 속도 (cm/s)	-312.33	-374.89

4. 신체관절의 각도변화

역도 경기에서 신체관절각은 선수들의 기술에 대한 평가와 경기력 향상을 도모하는데 중요한 자료로 활용할 수 있는데 <그림 3>은 성공과 실패 시 주요 관절각을 제시하고 있다. 제시된 하지관절각에 있어서 왼쪽 하지는 후방으로 뻗는 다리이며, 오른쪽은 전방으로 뻗는 다리이다.

무릎관절각의 변화를 살펴보면, E2(jerk dip 순간)에 있어서 왼쪽 무릎은 성공 동작이 실패동작에서 보다 굴곡 된 자세를(성공: 98.3°, 실패:121.3°) 보였으며 이러한 패턴은 E3과 E4에서도 유지되었다<그림 3>. 그러나 Jerk 동작의 마지막 구간인 4국면(recovery, E4-E5)의 중반에 왼쪽무릎은 성공 동작에서는 무릎을 신전시키며 양발을 모으는 형태를 취하고 있는 반면 실패동작에서는 무릎이 굴곡 되는 형태를 보이고 있다. 엉덩이관절각은 Jerk 동작의 시작 시에는 성공과 실패의 경우 모두 오른쪽과 왼쪽이 큰 차이를 보이지 않고 수평형태를

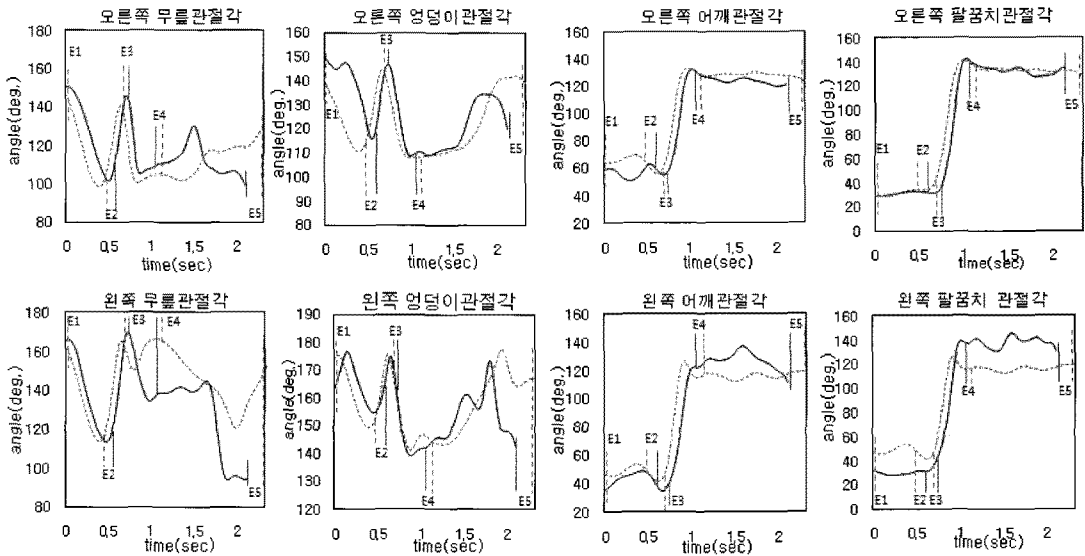


그림 3. 성공과 실패 시 각 관절각의 변화 (실선: 성공, 점선: 실패)

보이고 있지만(좌우각도: 성공 175 & 170°; 실패: 176 & 169°; 각도차이: 성공 -5°, 실패 -7°), E2(Jerk Dip) 순간으로 진행되면서 이 차이는 실패시의 경우에 성공에서보다 큰 차이(성공: 7°, 실패 30°)를 보여 좌우 균형을 이루는데 어려움을 보이고 있는 것으로 보인다. 더욱이 Jerk Up(2국면: E2-E3)구간에서는 엉덩이 관절을 신전시켜야 하는데 성공에서는 좌우 엉덩이관절각 모두 신전이 보여 지지만(왼쪽: 150 - 174°, 오른쪽: 142-170°), 실패에서는 반대로 왼쪽 엉덩이 관절이 굴곡 현상을 나타내고 있다(왼쪽: 161 - 155°, 오른쪽: 131-156°). 어깨관절각의 변화는 좌우 모두에서 큰 차이는 보이고 있지 않지만 시작 시 실패동작이 성공 동작에 비하여 다소 신전된 형태를 보이다가 Jerk Up(2국면) 중반 이후로 성공 동작이 실패동작에 비하여 신전된 형태를 보였다.

더욱이 Jerk 동작의 마지막 구간부터 성공 동작의 경우 더욱 어깨 관절을 신전하면서 바벨을 지탱하고 있는 반면 실패동작은 급격한 굴곡 현상을 보이며 바벨을 지탱하는데 어려움을 보이고 있는 것으로 사료된다. 또한 팔꿈치 관절은 4국면에서 오른쪽은 실패동작이 왼쪽은 성공 동작이 보다 신전된 형태를 보였다. 특히 이 구간에서 성공의 경우 팔꿈치 관절을 계속 신전시키며(오른

쪽: 140-164°, 왼쪽: 152-160°) 동작을 수행한 반면 실패동작은 굴곡 되는 형태(오른쪽 163-148°, 왼쪽 159-137°)를 보였다.

IV. 논의

이석구(2004)의 연구에서 보고된 바와 같이 본 연구에서도 Jerk 동작의 국면별 소요시간은 성공과 실패 간에 일정한 패턴을 보이고 있지 않았다. 1국면에서 성공했을 때가 실패했을 때에 비하여 약 23% 빠르게 이루어 졌는데 이것은 사재혁 선수가 바벨 탄성에 대한 작용을 빠르게 이용하여 무릎 굽힘(jerk dip) 동작을 수행했기 때문이라고 사료된다.

또한 이 구간에서 실패 동작 시 긴 시간을 보인 것은 Jerk Start 자세에서 반 호흡을 통한 복압이 약해 바벨의 저항을 줄이지 못해 구름(jerk dip) 동작 시 무릎이 전방으로 밀렸거나 하방으로 더 내려간 것으로 생각된다(그림 2). 3국면, 4국면에서는 실패 동작에서 짧은 소요시간을 보인 것은 Split 동작 후에 무릎을 펴고 일어나는 동작에서 평행하게 다리 모으기 동작을 행 하여야 하는데, 다리를 모으는 과정에서 오른쪽 무릎이 왼쪽으

로 치우쳐 불안정한 자세로 인하여 바벨을 정지시키지 못하고 실패한 것으로 사료된다.

그러나 각 국면별 소요시간에 대한 결과는 바벨의 탄성을 최대한 이용할 수 있는 기술, 반 호흡을 통해 복압을 높여 바벨의 저항을 줄이고, 강하고 빠른 파워의 발현능력과 바벨을 빨리 정지 시킬 수 있는 제어능력, 그리고 순간 타이밍 능력 등 선수의 개인적 특성에 기인한다고 볼 수 있기 때문에 동작수행시간이 성공과 실패에 결정적인 영향을 미칠 수는 없다고 사료된다.

바벨의 수직변화에서 차이를 보이지 않는 것은 우수한 선수일수록 기술동작의 패턴은 일관성을 보이고 있기 때문으로 생각되며, 위에서 서술된 E4순간에서 무릎의 수직변화는 사재혁 선수의 실패와 성공을 설명할 수 있는 중요한 현상으로 사료된다. 즉, 다리 벌리기 동작(split)에서 왼발은 Jerk의 마지막 동작인 양발을 모으기 위해 오른발에 비하여 많은 움직임이 필요하므로 이러한 움직임을 최소화 할 필요가 있다. 그러나 실패의 경우에 처음 바벨을 받는 순간인 E4에서 바벨의 수직위치가 성공에 비하여 약 5cm 높으면서 왼쪽 무릎의 위치도 약 8cm 낮아 Jerk의 마지막 동작인 양발을 모으기 위해서는 성공의 경우에 비하여 총 13cm의 무릎의 추가적인 수직움직임이 필요하다. 이러한 조건을 극복하기 위해서는 왼쪽 무릎의 강한 근력이 요구되나 실패의 경우 그러한 근력을 발휘할 수 없었고 이것은 E5에서 비효율적인 불안정한 자세를 유도함으로써 실패한 것으로 사료된다. 이러한 특성은 <그림 2>에서 찾아 볼 수 있는데 오른쪽 무릎의 경우 실패와 성공이 비슷한 양상을 보이고 있지만 왼쪽 무릎의 경우 성공의 경우는 다리를 모으는 동작에서(4국면) 자연스럽게 수직위치가 감소되며 증가되는 현상을 보이고 있지만, 실패 시에는 급격히 낮아지는 현상을 보이고 있다. 결국 이를 회복하지 못하여 바벨을 머리위로 정지시키는 동작(recovery)에서 왼쪽무릎을 다 펴지 못하여 실패 하였다고 생각된다.

바벨과 무릎의 속도변화는 앞에서 제시한 수직위치로 설명되어질 수 있다. 즉, 왼쪽 무릎은 E4 순간에 실패의 경우 성공 때에 비하여 급격히 낮아지는데 <표 3> 이를 수행하기위하여 3국면에서 빠른 하방 무릎속도를 보이고 있는 것이다. 또한 이것을 회복하기 위하여 실패의 경우 성공에 비하여 거의 2배 이상의 무릎 상방속

도를 보이지만 결국 정상적인 다리 모으기 동작을 못한 실패의 결정적 요인으로 생각되며, 각 국면에 따른 효율적인 기술동작과 템포, 타이밍, 협응능력이 중요하다고 사료된다. 이것은 궁극적으로 박성순, 이석구, 및 송주호(2004)가 보고한 안정된 Jerk Split 동작을 수행하기 위해서는 힘의 크기와 힘을 주는 타이밍의 연습이 필요하다는 연구보고와 같은 결과를 보였다. 전환국면은 1국면과 2국면에서 행해진 수직방향중심의 움직임으로 변환하는 신체의 동작이 큰 국면이다. 이 국면에서는 간헐하게 최소의 동작으로 행하여지는 것이 필요한데 실패의 경우 성공에 비하여 큰 움직임을 보임으로서 사재혁 선수의 실패를 설명하고 있다고 사료된다. 즉, 이 구간시작(E3)에서 전후 신체중심의 속도는 성공과 실패 시 각각 -7.88cm/s 와 -33.37cm/s 으로 실패 시 과도하게 후방으로 몸을 움직이는 경향을 보였다. 물론 전환구간 초기에 원활하게 들어올리기 위해서는 신체중심의 후방이동이 필요하지만 실패시의 과도한 후방움직임은 다음동작으로(split)연결을 방해하는 요인으로 작용한다.

이것은 split 동작 시 좌우 발의 속도에서도 보여지고 있다. 성공과 실패 시 앞으로 향하는 오른발의 속도는 차이가 없는데 반하여 뒤로 향하는 왼발은 실패 시, 성공보다 매우 큰 속도를 보이고 있다<표 5>. 이것은 여러 가지로 설명되어질 수 있으나 대상자가 세계 최정상급인 선수임을 감안하면 Jerk 구간동작의 타이밍 문제라고 할 수 있다. 즉, <표 2>에서 나타난 것처럼 1국면에서 3국면까지의 총소요시간은 성공과 실패 동작이 거의 같은 시간을 보인다. 이것은 오랜 반복훈련을 통하여 선수가 찾아낸 적정 시간이라고 볼 수 있으며 이것을 선수는 시합 중에 본능적으로 수행한다. 그러나 실패동작에서 사재혁 선수는 1국면구간에서 성공 동작에 비하여 약 0.1초 더 소요하여 이를 보상하려고 2국면과 3국면에서 빠른 소요시간을 보인 것으로 사료된다. 즉, 평소와 같은 유기적인 동작의 연결이 아닌 보다 빠른 움직임을 보임으로서 동작 전체를 수행하는 타이밍을 놓친 것으로 판단된다.

또한 좌우와 전후 발의 폭은 실패시가 성공에 비하여 약 9% 크게 나타났는데 <표 5> 이러한 동작은 다음 구간인 바벨을 정지(recovery) 시키는 동작을 수행하는데 있어 사재혁 선수에게 어려움을 준 것으로 사료된다.

신체관절각의 연구결과에서 E2(jerk dip) 동작 시 무릎의 각도는 연구자별로 각기 다른 주장을 하고 있다. 즉, 이 지점에서 최대의 신전력을 발휘하기 위한 무릎 각도는 문영진 등(2004)은 약 114°-118° 정도, 김기현(2007)은 100° 라고 보고하고 있다. 그러나 본연구의 결과는 실패 시에는 문영진 등(2004)의 보고한 결과를 성공 시에는 김기현(2007)의 결과를 보이고 있다. 즉, E2에서 최대의 신전력을 발휘하기 위해서 무릎 굽힘 동작이 중요하지만 이것은 특정한 각도 보다는 선수의 특성에 더 기인한다고 사료된다.

Jerk Split 구간 전 까지 동체는 최소의 각을 유지하고 있을 때 전환동작 시 원활한 동작을 수행할 수 있으며 4국면 구간 중간에 실패의 경우 무릎의 각도가 성공보다 굴곡된 자세를 보이는 것은 사재혁 선수의 실패의 결정적 원인으로 생각되어지며, 이 구간에서 굴곡된 자세를 보임에 따라 무릎을 다 펴지 못하고 다리를 모으는 동작에서 바벨을 머리위에 고정시키지 못한 채 실패한 것으로 사료된다.

하지관절각인 무릎과 엉덩이관절각에서 차이를 보이는 것은 1국면 구간에서 바벨을 올려놓고 서 있는 자세에서 두발의 너비의 정렬이 올바르지 않은 상태에서 구름동작을 실시할 때, 한쪽의 기울임 현상에 의한 힘의 불균형, 또는 수직 동작에(dip-up)서 수평으로 전환되는 동작에서 빠른 Split 동작을 행하기 위한 것으로 사료된다.

본 연구에서 밝혀진 사재혁 선수의 실패에 대한 원인으로 운동학적 변인들을 종합해 보면 Jerk기술동작을 수행함에 있어 결정적인 실패원인으로 1국면 구간(jerk start)에서 하방으로 구름 동작 시(jerk dip) 다소 느린 소요시간(0.1초)으로 인해 다음동작에 대한 보상을 하기 위하여 평소 훈련했던 다른 템포와 타이밍 결여로 인한 일련의 유기적인 동작의 일관성부족과 2국면(jerk up)에서의 빠른 상방속도, 3국면(split) 구간에서 전후 다리 벌리기 동작 시 왼쪽무릎의 빠른 하방속도와 큰 굴곡, Split 동작 시 뒷다리의 전후, 좌우 폭의 증가, 4국면(recovery) 구간에서 무릎을 펴고 다리 모으기 동작 시 바벨을 정지시키기 위하여 좌우 폭을 좁히며 오른쪽 무릎으로 바벨의 움직임을 최소화 하여 멈추려 했으나, 지속적인 불안정한 동작과 근력의 감소로 마지막 동작에서 바벨을 정지시키지 못하고 실패한 것으로 판단된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 세계적인 경기력을 갖고 있고 베이징올림픽 금메달리스트인 사재혁선수의 용상 Jerk기술동작의 성공·실패에 대한 운동학적 변인분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 국면별 소요시간은 1국면에서 성공 시에 짧은 시간을 보였고, 3국면과 4국면에 있어서는 실패보다 성공 시에 다소 긴 수행시간을 보였다.
2. 바벨과 무릎의 수직변위는 E4에서 실패 시 왼쪽바벨 위치는 높게, 왼쪽무릎은 낮게 나타나는 특성을 보였다.
3. 바벨의 수직속도는 1국면에서 실패 시 하방속도가 빠르게, 2국면, 3국면, 4국면에서 실패 시 상·하방속도가 다소 빠르게 나타나는 특성을 보였다.
4. 무릎의 수직속도는 실패 시 2국면에서는 상방속도, 3국면에서 왼쪽무릎의 하방속도가 빠르게 나타났다으며, 4국면에서 실패 시 상·하방속도가 빠르게 나타나는 특성을 보였다.
5. 전후신체무게 중심속도는 3국면에서 실패 시 하방속도가 빠르게 나타나는 특성을 보였다.
6. 무릎관절각은 E2, E4는 성공 시 굴곡, 실패 시는 신전된 자세를 보였으며, E3은 왼쪽무릎이 실패 시 큰 신전 자세를 보였다. E5는 성공 시 신전, 실패 시 굴곡된 자세의 특성을 보였다.
7. 엉덩관절각은 E2에서 실패 시 왼쪽이 오른쪽보다 낮은 특성을 보였으며, E3, E5는 성공 시 신전된 자세를 보인 반면 실패 시는 굴곡된 자세를 보였다.
8. 어깨관절각은 E2, E5에서 실패 시에 굴곡된 자세를 보였다.
9. 팔꿈치관절각은 E3에서 실패 시 왼쪽은 굴곡, 오른쪽은 신전되는 차이를 보였으며, E4에서는, 실패 시 왼쪽 팔꿈치가 신전, 오른쪽 팔꿈치는 굴곡된 자세를 보이고 있으며, E5는 성공 시에 신전된 특성을 보였다.

세계적인 기량을 갖춘 선수라 할지라도 경기에 있어서는 한 번의 실패가 경기력에 직접적인 영향을 미치므로

평소 본인의 실패동작의 기술적 결함은 치명적일 수 있으며, 본 실험연구 결과를 토대로 훈련현장에 적용하여 일관성 있는 효율적 기술을 습득해야 한다고 판단된다.

본 연구는 용상 Jerk 동작의 운동학적 변인들을 통해 얻은 결과를 토대로 경기력 향상과 현장에서 기초적인 자료로 활용되기를 바라지만, 1명에 대한 연구의 결과를 일반화시키기에는 무리가 있을 것으로 판단되며, 향후 연구에서는 동일한 체급의 많은 피험자를 대상으로 실패유형에 따른 특성비교, 세계적인 외국의 우수한 선수들과 비교 분석함으로써 Jerk기술동작의 차이를 규명하고, 각각의 동작에서 움직임의 원인이 되는 운동역학적인 측면에서 후속연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김기현(2007). 역도용상 Jerk-Dip동작 시 무릎 자세 각에 따른 생체 역학적 분석. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 김용재(2001). 역도우수선수 용상동작의 생체역학적 분석. *한국운동학회지*, 11(1), 83-98.
- 문영진, 류중현, 이순호(2004). 주기적 정성적 분석을 통한 훈련목표 제공이 남자역도 인상기술 향상에 미치는 영향. *한국운동역학회지*, 14(2), 69-93.
- 박성순, 이석구, 송주호(2004). 우수역도선수들의 용상종목 시 Jerk 동작에 관한 운동학적분석. *국민대학교 스포츠과학연구소 논총*, 제23집
- 신동철(1993). 역도경기 용상동작의 운동학적연구. 한국체육과학연구원 1급 경기지도자연수원 역도전공 수료논문.
- 이석구(2004). 우수역도 선수의 용상동작에 대한 생체역학적 분석. 미간행 박사학위 논문. 국민대학교 대학원.
- 이종호(2001). 역도용상종목의 Jerk동작에 대한 운동학적 분석. 미간행 석사학위 논문. 용인대학교 대학원.
- 주명덕(1998). 역도 경기의 인상과 용상 종목의 풀 동작에 대한 운동학적 비교분석. *한국운동역학회지*, 8(2), 57-79.
- 최은자, 김창범, 신준용(2004). 여자 역도 우수선수와 비 우수 선수간 용상동작의 비교분석. *한국체육학회지*, 44(2), 351-362.
- Brudett, R. C.(1982). Biomchanics Of The Snatch Technique high Skiled Weightlifters *Reserch. Quartery for Exercise and Sport*, 53(3), 193-197.
- Delitto, A., Brown, M., Strube, M. J., Rose, S. J., & Lehman, R. C.(1989). Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: a single subject experiment. *International Journal of Sports Medicine*, 10(3), 187-191.
- Hakkinen, K., Komi, P. V., Alen, M., & Kauhanen, H.(1987). EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *Eurepean Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 56(4), 419-27.
- Funato, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T.(2000). Differences in muscle cross-sectional area and strength between elite senior and college Olympic weight lifters. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(4), 312-318.
- Haff, G. G., Carlock, M., Hartman, M. J., Kilgore, J. L., Kawanmori, N., Jackson, J. R., Morris, R. T., Sands, W. A., & Stone, M. H.(2005). Force-Time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women Olympic weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 741-748.
- Butler, D., Andersson, G. B., Trafimow, J., Schipplein, O. D., & Adriacchi, T. P. (1993). The infulence of load knowledge on lifting technique. *Ergonomics*, 36(12), 1489-1493.

투 고 일 : 10월 31일
 심 사 일 : 11월 11일
 심사완료일 : 12월 01일

