세계일류여자높이뛰기선수의 발구름 기술에 대한 바이오메카닉스적 분석

배영상¹ · 김의환² · 김기만³ · 이정민⁴ · 김성섭² · 권문석² · 위웅량⁵

¹계명대학교 체육대학 태권도학과 · ²용인대학교 무도대학 유도학과 · ³대구산업정보대학 레저스포츠과 ·

⁴계명대학교 대학원 체육학과⁵ · ⁵용인대학교 스포츠웰니스연구센터

Biomechanical Analysis of Take-Off Techniques of Women's High Jump Winners at IAAF World Championships, Daegu 2011

Young-Sang Bae¹ · Eui-Hwan Kim² · Ki-Man Kim³ · Jeong-Min Lee⁴ ·

Sung-sup Kim⁵ · Moon-Seok Kwon⁵ · Ung-Ryang Wi⁵

¹Department of Taekwondo, College of Physical Education, Keimyung University, Daegu, Korea

²Department of Judo, College of Martial Art, Yongin University, Yongin, Korea

³Department of Sports & leisure, Daegu Polytechnic College University, Daegu, Korea

⁴Department of Physical Education, Graduate School of Keimyung University, Daegu, Korea

⁵Sports & Wellness Research Center, Yongin University, Yongin, Korea

Received 31 September 2011; Received in revised form 30 October 2011; Accepted 23 December 2011

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze, from a kinematical point of view, the high jump techniques of three women's high jump winners at the IAAF World Championships, Daegu 2011. The trends for the techniques of the world's top high jumpers were examined, with a view toward adapting these techniques to the physical characteristics of Korean women's high jumpers. It was valuable that Di Martino, who was the shortest in height, was able to win a medal by using a single arm swing take-off technique, along with a half flexed leading leg swing to attain a deep arch and clear the bar. This showed that the world's top athletes used jumping techniques with no decrease in the run-up velocity at the take-off. Furthermore, It appeared that the knee joint angle at take-off had a direct effect on the body position at take-off (H1).

Keywords : Run-up, Take-off, Clearance, Body Position, Knee Joint Angle

I. 서 론

2011대구세계육상선수권대회의 여자 높이뛰기 경기에서는 2007오사카세계대회에서 명승부를 펼쳤던 치체로바(Anna

Chicheroba, 러시아), 블라시치(Blanka Vlasic, 크로아티아) 등의 세계 초일류하이점퍼들이 참가하여 불꽃튀는 결전을 벌이는 명승부의 장이었다. 특히, 신장 1.93 m의 블라시치가 출전했는가 하면 신장 1.69 m의 단신 마르티노(Antonietta DI Martino, 이탈리아)가 참가하는 등 여러 형태의 선수가 활약한 대회이기도 했다.

높이뛰기의 기술은 도움닫기, 발구름 준비, 발구름, 클리언스 등으로 나누어지지만 가장 중요한 것은 발구름이다. 특히 높이뛰기 기술 중 배면도의 기술은 곡선도움닫기를 이용하기 때문에 3차원적인 동작요소가 강할 뿐만 아니라, 발구름 준비, 발구

Corresponding Author: Young-Sang Bae
Department of Taekwondo, College of Physical Education, Keimyung University, 1095 Dalgubeol Daero, Dalseo-gu, 704-701, Korea
Tel : +82-53-580-5518 / Fax : +82-53-580-5314
E-mail : ysb146@kmu.ac.kr

본 논문은 2011 대구세계육상선수권대회 운동역학 프로젝트로서 문화체육관광부와 대한육상경기연맹으로부터 지원을 받아 수행한 것임.

름, 클리언스 등이 다른 높이뛰기 기술에 비해 복잡하기 때문에 많은 연구가 이루어지고 있지 않다(Ae, 1992).

배면도는 포스베리(Dick Fosbury)가 멕시코 올림픽(1968)에서 이 도약기술을 이용하여 우승(2.24 m)한 이래 급속하게 세계에 보급되었다. 현재 개최되고 있는 국내외대회에서는 배면도 이외의 높이뛰기 기술은 거의 찾아 볼 수가 없다. 급속하게 배면도 기술이 보급된 이유는 기술의 유리성과 기술습득의 용이성에 있다는 것이 인정되고 있으며, 높이뛰기의 경기력 향상에 크게 기여하고 있는 기술이다.

2011대구세계육상선수권대회에 참가하여 상위 입상한 3명의 선수 중에는 신장 1.93 m의 장신선수와 신장 1.69 m의 단신선수가 포함되어 있어 세계 톱클래스의 선수들의 기술을 밝힐 수 있을 뿐만 아니라, 개인의 신체적 특성에 맞는 높이뛰기 기술을 해명하는 기초적 자료를 얻을 수 있다는 점에서 바이오메카닉적 분석에 큰 의의를 갖는다고 생각한다. 왜냐하면 단신의 신체적 핸디캡을 극복하고 세계대회에서 상위 입상할 수 있는 높이뛰기 기술의 해명은 거의 비슷한 신체적 특성에서 분투하고 있는 한국의 여자높이뛰기선수들이 극복해야할 기술적 과제이기 때문이다.

본 연구에서는 2011대구세계선수권대회 여자높이뛰기 경기에서 상위 입상한 3명의 선수의 도약기술을 키네메틱스적 관점에서 분석하여, 초일류여자높이뛰기선수의 도약기술의 동향을 검토함과 동시에 한국여자높이뛰기선수들의 신체적 특성에 맞는 기술을 해명하는 기초적 자료를 얻고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자 및 데이터의 수집

여자높이뛰기 결승진출자 중 상위입상자 3명의 발구름 준비 마지막 2보와 발구름동작(왼발구름)을 2대의 고속디지털비디오 카메라(Casio, Model Ex-FH20, 촬영스피드 210 fps, 노출시간 1/1000초)로 촬영하였다. 그리고 이들 카메라는 대구스타디움의 스탠드 최상단에 설치했다. 카메라의 동기는 카메라 설치위치 등의 제약이 있기 때문에 발구름 2보전 발접지 순간을 동기 신호로 해서 2대의 카메라로 영상을 동기하였다. 그리고 실측거리의 환산을 위한 교정점의 위치는 <Figure 1>과 같이 설치하여, 경기 전과 경기 후 2회에 걸쳐 촬영하였다.

2 데이터의 처리

분석하고자 하는 상위 입상선수 3명의 최고기록 시기에 대

Figure 1. Calibration of Women's High Jump Final

Figure 2. Definition of Angles

해 발구름전 2보접지 시점전의 5프레임부터 발구름하여 선수가 바아를 클리언스하는 최고점후의 5프레임까지 신체계측점 23점을 디지털이징하고, 이들의 3차원좌표값을 DLT법에 의해 산출한 다음, 이를 이동평균법에 의해 평활화했다. 또한 계측오차의 평균은 x축(바아에 평행)방향으로 0.013 m, y축(바아에 수직)방향으로 0.014 m, z축(연직)방향으로 0.008 m이었다.

AE(1996)의 신체부분관성계수를 이용하여 신체각부분 및 전신의 중심위치를 추정하여, 신체중심높이를 산출함과 동시에 수치미분함으로써 도움닫기 및 발구름 국면에 있어서의 신체부분의 속도 등을 산출했다. 또한 높이뛰기의 높이(성적)는 발구름발 이지의 중심높이(H1), 공중에서 중심이 상승하는 연직거리(H2), 그리고 중심의 최고도달높이와 클리언스한 바아 높이와의 차(H3)의 총합이라는 점에 착안하여 H1, H2 및 H3를

Table 1. Results of Woman's High Jump, IAAF, W.C., Daegu 2011

(unit : m)

Place	Name	Country	1.89	1.93	1.97	2.00	2.03	2.05
1	Anna Chicherova	RUS	○	○	○	○	○	xxx
2	Blanka Vlasic	CRO	○	○	○	×○	×○	xxx
3	Antonietta Di Martino	ITA	○	○	○	xx○	xxx	
4	Elena Slesarenko	RUS	○	×○	○	xxx		
5	Svetlana Shkolina	RUS	○	○	xx○	xxx		
6	Zheng Xingjuan	CHN	×○	○	xxx			
6	Deirdre Ryan	IRL	×○	○	xxx			
8	Svetlana Radzivil	UZB	×○	×○	xxx			
8	Doreen Amata	NGR	×○	×○	xxx			
10	Brigetta Barrett	USA	○	xx○	xxx			
11	Emma Green Tregaro	SWE	○	xxx				
12	Anna Iljustsenko	EST	×○	xxx

Figure 3-(a). Back stick picture of Anna Chicherova(RUS)

Figure 3-(b). Side stick picture of Anna Chicherova(RUS)

Figure 4-(a). Back stick picture of Blanka Vlastic(CRO)

Figure 4-(b). Side stick picture of Blanka Vlastic(CRO)

Figure 5-(a). Back stick picture of Antonietta Di Martino(ITA)

Figure 5-(b). Side stick picture of Antonietta Di Martino(ITA)

산출했다.

1) H1 : 발구름발이 지면을 떨어지는 순간의 신체중심높이

2) H2 : 공중에서 신체중심이 상승한 높이로서 본 연구에서는 발구름발 이지의 신체중심의 연직속도로부터 $V^2/2g$ 의 공식을 이용하여 산출($g = -9.8m/s^2$)

3) H3 : 신체중심의 최대치(H1+H2)와 바아 높이와의 차

그리고 발구름발 접지시의 자세의 지표로서 신체의 내경각과 후경각, 몸통의 경사각(양어깨와 양고관절의 중점을 이은선이 연직선과 이루는 각도)을 산출했으며, 발구름다리의 발구름시의 무릎관절각도를 구했다.

III. 결 과

1. 경기결과

<Table 1>은 경기결과의 성적을 나타낸 것이다. <Table 1>에 나타난바와 같이 12명이 결선에 진출하여 대부분의 선수들이 1.93 m를 통과했지만, 1.97 m를 고비로 상위입상의 윤곽이 나타나기 시작했다. 그 결과 2.00m를 통과한 3명의 명승부는 2.03 m를 놓고, 2007오사카대회(Ae, Nagahara & Oshima et al., 2010a, 2010b) 때와 같이 재연하게 되었다. 2007오사카대회 때는 2.05 m를 넘는 블라시치(크로아티아)가 1위, 2.03 m를 넘은 치체로바(러시아)와 마르티노(이태리)가 공동2위를 차지했지만, 2011대구대회에서는 2.03 m를 넘는 치체로바와 블라시치에게 1위와 2위가 돌아갔고, 2.00 m를 넘는 마르티노가 3위를 차지하였으며, 치체로바는 2007오사카대회에서 블라시치에게 내어 준 1위 자리를 2011대구대회에서 설욕하는 기회를 갖게 되었다.

2. 도약동작

<Figure 3>, <Figure 4>, <Figure 5>는 여자높이뛰기 선수의 발구름 2보전 접지부터 신체중심이 최고점에 이를 때까지의 동작을 스틱피겨로 나타낸 것이다(Figure 3-(a), (b), 치체로바, Figure 4-(a), (b), 블라시치, Figure 5-(a), (b), 마르티노). <Figure 3(a), (b), 4(a), (b), 5-(a), (b)>의 왼쪽부터 발구름 2보전 접지시, 이지시, 발구름 1보전 접지시, 이지시, 발구름 접지시, 발구름 중점, 발구름 이지시, 중심의 최고점 때를 나타낸다.

3. 높이뛰기 기록을 결정하는 3요인

높이뛰기는 발구름발이 지면을 떨어지는 순간의 신체중심 높이(H1), 발구름발이 지면을 떨어진 후에 신체중심이 상승하

는 높이(H2), 신체중심의 최대높이와 바아 높이와의 차이(H3) 등 3요인의 총합에 의해서 결정된다(Liboschi, Ae & Yuuki et al., 1994).

<Table 2>에는 상위 입상선수 3명의 기록을 결정하는 3요인의 데이터 및 기록에 대한 3요인의 비율을 나타내었다. H1은 1위를 차지한 치체로바선수가 1.28 m로 가장 컸고, 블라시치선수도 1.24 m로 큰 값을 나타내면서 선수자신의 기록의 60% 이상을 차지하였다.

H2는 1위를 차지한 치체로바선수가 0.94 m, 2위를 차지한 브라시치선수가 0.93 m를 보인 반면, 3위를 차지한 마르티노선수는 0.88 m로서 가장 낮은 값을 기록하면서, 자신의 경기성적(기록)의 약 45%를 나타내었다.

신체중심의 최대높이와 바아 높이와의 차이를 나타내는 H3는 1위와 2위를 차지한 선수는 마이너스의 값을, 3위를 차지한 마르티노선수만 플러스의 값을 나타내었다.

4. 신체중심의 속도 및 도약각

<Table 3>은 발구름국면에 있어서의 신체중심의 속도변화 및 도약각을 나타낸 것이다. 발구름 접지시의 수평합성속도는 치체로바선수의 경우 발구름전 2보 접지시의 속도보다 1보 접지시의 속도가 낮고 발구름접지시의 속도는 낮아지는 경향을 나타내었다. 그러나 블라시치선수와 마르티노선수는 발구름 2보전 접지시의 속도보다 1보 접지시의 속도가 낮아졌다가 발구름시의 속도가 높아지는 경향을 나타내었다.

도약각은 마르티노선수가 52.2 °로서 가장 크게 나타났으며, 블라시치선수가 46.9 °로서 가장 낮게 나타났다.

5. 무릎관절각도의 변화

<Table 4>는 발구름 1보전 및 발구름에 있어 지지다리의 무릎관절각도의 변화를 나타낸 것이다. <Table 4>에 나타난 것처럼 치체로바선수와 블라시치선수는 발구름1보전 접지시에 이미 크게 굴곡(약 140 °)해서 접지후에는 그다지 굴곡하지 않고 신전(약 155 °)하는 타입이었으며, 마르티노선수는 접지후 굴곡이 적은 타입이었다.

6. 발구름시의 신체의 기울기각

<Table 5>는 발구름 접지시에 있어 후경각, 내경각 및 몸통의 경사각을 나타낸 것이다. 후경각은 치체로바선수와 마르티노선수가 약 33 °로서 블라시치선수의 약 25 °보다 컸다. 그러나 몸통의 경사각에 있어서는 마르티노선수가 가장 큰 약 42 °를 나타냈다.

Table 2. Three Factors of High Jump's Result

Athlete	Height (m)	Weight (kg)	Result (m)	H1 (m)	H2 (m)	H3 (m)	Peak CG Height (m)	Foot Contact time(s)
Anna Chicherova (RUS)	1.80	57	2.03	1.28 (63%)	0.94 (46.3%)	-0.19 (-9.3%)	2.22	0.16
Blanka Vlasic (CRO)	1.93	75	2.03	1.24 (61%)	0.93 (45.8%)	-0.14 (-6.8%)	2.17	0.15
Antonietta Di Martino (ITA)	1.69	57	2.00	1.09 (54.5%)	0.88 (44%)	0.03 (1.5%)	1.97	0.14

Table 3. Velocity of CG and Angle of Take-off

Athlete	Horizontal (m/s)				Vertical(m/s)				Angle of Take-off (deg.)	Changing Rate of Velocity (%)
	Before 2step	Before 1step	Take-off		Before 2step	Before 1step	Take-off			
	on	on	on	off	on	on	on	off		
Anna Chicherova (RUS)	7.37	7.32	6.27	3.59	-0.88	-0.77	-0.36	4.18	49.3	67
Blanka Vlasic (CRO)	6.35	5.97	6.87	3.89	-0.64	-0.57	-0.89	4.15	46.9	61.4
Antonietta Di Martino (ITA)	6.75	6.25	6.52	3.14	-0.64	-1.02	0.15	4.05	52.2	62.1

Table 4. Knee Joint Angle at Last Stride and Take-Off Phase

(unit: deg)

Athlete	Last Stride		Take-Off Phase		
	on	off	on	max flexion	off
Anna Chicherova (RUS)	138.2	153.3	163.0	133.4	172.3
Blanka Vlasic (CRO)	140.7	157.5	174.1	146.9	165.8
Antonietta Di Martino (ITA)	149.9	140.3	175.9	153.3	168.0

Table 5. Angles of Body Lean at Take-Off

(unit: deg)

Athlete	Backward	Inward	Trunk
Anna Chicherova (RUS)	33.2	29.9	33.1
Blanka Vlasic (CRO)	25.2	32.4	34.7
Antonietta Di Martino (ITA)	33.1	40.6	42.9

IV. 논의

1. 발구름시의 도약동작에 대하여

발구름에 있어 팔과 리드다리의 동작에 착목하면, 팔의 스윙은 싱글암(S)형과 더블암(D)형으로 나눌 수 있고, 리드다리의 스윙동작은 굴곡(B)형과 전반에는 무릎을 조금 신전했다가 후반에 굴곡해서 스윙하는 반굴곡(HB)형으로 나눌 수 있다(Ae, 1990).

즉, <Figure 3>, <Figure 4>, <Figure 5>에 나타난바와 같이 치체로바선수와 블라시치선수는 발구름에 있어서의 팔스윙이 더블암형이며, 마르티노선수는 팔스윙이 싱글암형이었다. 그리고 더블암형 팔스윙을 한 선수는 리드다리의 스윙동작이 굴곡형인데 비해 싱글암형 팔스윙을 한 선수는 리드다리를 반굴곡형으로 다리스윙을 하였다. 흥미로운 것은 신장이 1.93 m, 1.80 m 인 블라시치선수와 치체로바선수가 더블암형 팔스윙, 굴곡형의 리드다리스윙을 한데 대해, 신장이 1.69 m로 단신인 마르티노선수가 싱글암형 팔스윙, 반굴곡형의 리드다리스윙형식을 취하고 있다는 점이다.

각운동량적 측면에서 더블암형은 좌우의 팔이 생성한 세로 축돌레의 각운동량이 상쇄되지만, 싱글암형은 스윙다리와는 반대방향의 각운동량이 생성된다(Kaneko & Fukunaga, 2006). 따라서, 상기 3선수의 발구름 동작에서의 더블암형 팔스윙-굴곡형 리드다리스윙과 싱글암형 팔스윙-반굴곡형 리드다리 스윙형은 역학적으로 합리적인 동작을 하고 있음을 의미하며, 단신의 마르티노선수가 보다 큰 각운동량으로 발구름에 임하고 있음이 주목된다.

2 H1(발구름발이 지면을 떨어지는 순간의 신체중심의 높이)에 대하여

H1은 신장, 발구름시간과 발구름 이지의 발구름다리의 무릎관절각도가 영향을 미친다는 관점에 착목하였다. <Table 2>에 나타난바와 같이 신장 1.93m의 블라시치선수는 1.24m, 신장 1.80m의 치체로바선수는 1.28m의 H1값을 나타내었다. 이것은 치체로바선수가 블라시치선수보다 신장이 0.13 m나 적지만 발구름시간이 0.01초 길었다는 것이 H1을 크게 한 원인이라 생각된다. 그러나 블라시치선수에 비해 신장이 무려 0.24 m나 적은 마르티노선수는 H1은 1.09m라는 기록을 나타내면서, 블라시치선수에 비해서는 높은 효율성을 보였지만, 1.69m의 단신을 극복하지 못하고, 치체로바선수에 비해서 상대적으로 낮은 H1의 기록을 보였다.

발구름시 발구름다리의 무릎굴곡 각도에 있어서는 치체로바선수가 163°, 블라시치선수가 약174°, 마르티노선수가 약176°

로 발구름다리를 접지하여, 발구름다리의 무릎관절 굴곡은 치체로바선수와 블라시치선수는 약30° 굴곡하였으며, 마르티노선수는 약20° 굴곡한 것으로 나타났다. 그리고 최대무릎굴곡각도가 대단히 적은 치체로바선수는 무릎신전력의 한계각도 가까이까지 무릎을 굴곡하였다가 발구름발 이지시 무릎관절각도 약 172°까지 신전하고 있어, 이것이 H1(1.28 m)을 크게 한 원인이라고 생각한다. 그러나 블라시치선수는 발구름발 이지시 무릎관절각도가 약166°를 나타냄으로써, 1.93 m라고 하는 장신의 이점을 충분히 살리지 못하고 H1(1.24 m)을 적게 하는 원인을 제공하였다고 생각한다. 발구름다리의 이지시 무릎관절각도는 H1의 높이에 직접적으로 영향을 미치는 요소라고 생각되기 때문에 발구름국면에 있어 발구름다리의 굴곡과 신전은 최대근수축력을 발휘할 수 있는 범위내에서 이루어지도록 하되, 이지시 무릎관절각도를 가능한 크게 하는 것이 바람직하다고 생각한다.

3. H2(발구름발이 지면을 떨어진 후에 신체중심이 상승하는 높이)에 대하여

<Table 3>에 나타난바와 같이 발구름 접지시의 수평합성속도는 치체로바선수의 경우 발구름전 2보 접지시의 속도보다 1보 접지시의 속도가 낮고 발구름 접지시의 속도는 낮아지는 경향을 보였지만, 블라시치선수와 마르티노선수는 발구름 2보전 접지시의 속도보다 1보 접지시의 속도가 낮아졌다가 발구름시의 속도가 높아지는 경향을 나타내었다는 점이 주목되는 점이다. 왜냐하면 실질적인 도약높이를 나타내는 H2는 발구름시의 연직초속도에 의해 결정되는 것으로 수평속도의 연직속도로의 효과적 변환, 발구름시의 내경각, 발구름다리의 굴곡 등이 관여하는 것으로 알려져 있기 때문이다.

발구름시의 속도가 높아지는 경향은 발구름에 있어 도움닫기 속도를 가능한 감소하지 않고 도약하고자하는 의도를 나타낸 것이라 생각되며, 세계일류선수들에게 볼 수 있는 새로운 경향으로 생각된다.

또한 접지시의 수평속도에 대한 이지의 연직속도의 비율(속도변환율)을 보면 치체로바선수가 67%로 가장 높게 나타났으며, 블라시치선수가 60%로서 가장 낮게 나타남으로써, 치체로바선수가 수평속도를 가장 유효하게 연직속도로 변환하고 있음을 알 수 있다.

그리고 <Table 4>에 나타난바와 같이 발구름 1보전 지지다리의 접지와 이지의 무릎관절 각도를 보면, 치체로바선수와 블라시치선수는 굴곡이 큰 선수이며, 마르티노선수는 굴곡이 적은 선수이다. 발구름 2보전과 1보전 접지시의 속도와 무릎관절각도와 함께 고려한다면, 1보전 지지기에서 무릎관절 굴곡이 컸던 치체로바선수와 블라시치선수는 발구름 2보전, 1보전 및

발구름발 접지시의 속도의 증감이 조금 컸으며, 굴곡이 적은 마르티노선수는 발구름발 접지시의 속도가 1보전과 비슷한 경향을 보였다. 따라서 발구름 1보전 지지기에 있어 발구름 준비 동작으로서 무릎관절의 굴곡을 크게 한 경우에는 도움닫기속도의 증감이 크게 된다는 것을 이해해 둘 필요가 있다고 생각한다.

H2를 위한 중요한 요소로서 신체의 기울기 각이 중요시 되는 것은 신체의 기울기가 발구름 이지시의 연직속도에 크게 영향을 미치는 것으로 이야기되고 있기 때문이다. 즉 신체의 기울기가 큰 선수는 접지시의 연직하향속도가 크며, 신체기울기가 적은 선수는 연직하향속도가 적은 경향이 있다는 것이다. 그러나 본 연구에서는 이것과 일치한 경향을 나타내지 않았다. 그리고 내경각이 몸통의 경사각보다 적은 값을 나타낸 것으로 미루어 체간에 대해 외경하고 있는 것으로 나타났다. 이것은 높이뛰기 선수는 과도한 발의 내전에 따른 상해로 염좌(Mizumura & Yamamoto, 1990)를 일으킬 가능성이 많은바 적은 각도의 외경을 나타낸다는 것은 발관절의 상해를 방지하는데 유용하리라 생각된다.

4. H3(신체중심의 최대높이와 바아높이와의 차이)에 대하여

<Table 2>에 나타난바와 같이 H3의 값이 치체노바선수와 블라시치선수는 마이너스값을 보였지만, 마르티노선수는 플러스값을 보였다. 배면도에서는 바아 위에서 깊은 아치의 클리언스 자세를 취하면 H3을 플러스 값으로 하는 것이 가능하다고 주장되고 있지만, 일반적으로 H3을 플러스 값으로 하는 것은 힘들다고 얘기되고 있다. 그러나 치체노바선수와 블라시치선수는 마이너스 값을 보인 반면, 마르티노선수는 플러스 0.03 m를 나타냄으로써, 신체중심이 바아의 밑을 통과하면서 대단히 효율성이 높은 클리언스를 하고 있는 것으로 나타났다. 마르티노는 신장 1.69 m라는 신장의 열세와 발구름 이지시의 연직속도에 의해 결정되는 H2가 상대적으로 적은 값임에도 불구하고, 바아 위에서 효율성이 높고 깊은 아치의 클리언스를 성공시킴으로써 H3의 값을 플러스로 할 수 있었고, 이것이 신체적 핸디캡을 극복하면서 상위 입상할 수 있었던 원인으로 생각된다.

도약각에 있어, 곡선주를 회전하는 도움닫기로부터 도약하는 경우는 바아의 정면으로부터 뛰어넘는 도약에 비해 도약각이 적더라도 바아와 중심의 최고점의 어긋남을 보다 적게 하는 것이 가능하다는 점을 염두에 둘 필요가 있다고 얘기되고 있지만, 도약각은 이지 후의 신체중심의 궤적을 결정하기 때문에 지나치게 낮으면 바아 위에서 신체가 흐르면서 클리언스가 어렵게 되기 때문에 일반적으로는 도약각이 큰 것이 바람직하다고 생각된다. 본 연구에서도 <Table 3>에 나타난바와 같이 도

약각이 52.2 °로 큰 마르티노선수가 도약각이 적은 다른 두선수 에 비해 H3값이 플러스를 보인 것은 큰 도약각과 깊은 아치의 클리언스에 원인이 있다고 생각한다.

V. 결론

본 연구에서는 2011대구세계육상선수권대회 여자높이뛰기 경기에서 상위 입상한 선수 3명을 중심으로 세계일류선수들의 도약기술을 키네메틱스적 관점에서 분석하여, 초일류여자선수들의 도약기술의 동향을 검토함과 동시에 한국여자높이뛰기 선수의 신체적 특성에 맞는 기술을 해명하는 기초적 자료를 얻고자 하였는바, 얻어진 지견은 다음과 같다.

1) 단신의 마르티노선수가 싱글암형 팔스윙-반굴곡형 리드 다리 스윙의 발구름동작으로 상위 입상하였다는 점에 주목할 가치가 있다고 생각한다.

2) 높이뛰기 기록을 결정하는 3요인 중의 하나인 바아 위에서 효율성 높고 깊은 아치의 클리언스(플러스 H3)와 도약각은 신장 1.69m라는 단신의 마르티노가 신체적 열세를 극복할 수 있었던 원인으로 생각된다.

3) 발구름에 있어 도움닫기 속도를 가능한 감소하지 않고 도약하는 기술은 세계일류선수들에게 볼 수 있는 새로운 경향으로 생각된다.

4) 접지시의 수평속도에 대한 이지시의 연직속도의 비율(속도변환율)이 치체노바선수가 67%로 가장 높게 나타났다는 점에서 수평속도를 유효하게 연직속도로 유효하게 변환하는 것이 중요함을 나타내었다.

5) 발구름다리의 이지시 무릎관절각도는 H1의 높이에 직접적으로 영향을 미치는 요소로 나타나고 있어, 이지시 무릎관절 각도를 가능한 크게 하는 것이 바람직하다고 생각한다.

참고문헌

- Ae Michiyoshi(1990). The Use and the Contribution of Body Segments for Take-off of High Jump and Long Jump. *Japanese Journal of Sports Science*, 9(3), 130-136.
- Ae Micjiyoshi(1992). Sports Performance measured by Biomechanical Method. *Japanese Journal of Sports Science*, 11(11), 725-729.
- Ae Michiyoshi(1996). Body Segment Parameter of Japanese Boys and Athletes. *Japanese Journal of Sports Science*, 15(3), 155-162.

- Ae Michiyoshi, Nagahara Ryu, Oshima Yuji, Koyama Hiroyuki, Takamoto Megumi & Shibayama Kazuhito (2010a). Biomechanical Analysis of Women's High Jump Winners in IAAF World Championships in Athletics Osaka 2007. *In The Performance and Techniques of the World's Top Athletes*. (Ed.). Nippon Rikujio Kyogirenmei, 171-175.
- Ae Michiyoshi, Nagahara Ryu, Oshima Yuji, Koyama Hiroyuki, Takamoto Megumi & Shibayama Kazuhito(2010b). Biomechanical Analysis of Men's High Jump Winners in IAAF World Championships in Athletics Osaka (2007). *In The Performance and Techniques of the World's Top Athletes*. (Ed.). Nippon Rikujio Kyogirenmei, 165-170.
- Iiboshi Akira, Ae Michiyoshi, Yuuki Masahiro, Takamatsu Junji, Nagasawa Mitsuo & Tan Hai Peng(1994). Biomechanical Analysis of High Jumpers. *In The Techniques of the World's Top Athletes*. (Ed.). Nippon Rikujio Kyogirenmei, 169-184.
- Kaneko Masahiro, Fukunaga Tetsuo(2006). *Biomechanics (Scientific Basics of Physical Exercise)*. Tokyo : Kyorin-Shoin.
- Mizumura Shinji, Yamamoto Toshiharu(1990). Relationship between the Take-off Movement and the Ankle Injury on High Jump (Fosbury Flop). *In Reaserch of Jump*. (Ed.). Japanese Society of Biomechanics, 221-226.