

1 [Title page]

2 **The effects of factors on response variables lap time and lower extremity ROM in bobsleigh start**
3 **by Bobsleigh Shoes for the 2018 PyeongChang Winter Olympics**

4

5 Seungbum Park¹, Kyungdeuk Lee¹, Daewoong Kim¹, Junghyeon Yoo¹, Jaemin Jung¹, Kyunghwan Park¹,

6

7 ¹ Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion
8 Agency, Busan, Korea, 46757

9

10 Corresponding author

11 Seungbum Park, Ph.D.

12 Head of Team/ Footwear Biomechanics Team

13 Footwear Industrial Promotion Center,

14 Busan Economic Promotion Agency,

15 Busan, Korea, 46757

16 Phone: 51.979.1800

17 Fax: 51.979.1816, Email: sbpark@shoenet.org

18

19 Acknowledgements

20 This article is a study supported by National Sports Promotion Fund of Korea Sports Promotion
21 Foundation in accordance with the Sports Industry Development Project of the Ministry of Culture,
22 Sports and Tourism(Assignment(Number: 2014-Sports-5).

23

24

25

26

27

28 **The effects of factors on response variables lap time and lower extremity ROM in bobsleigh start**
29 **by Bobsleigh Shoes for the 2018 PyeongChang Winter Olympics**

30

31

32 **Abstract**

33

34 **Objective:** The aim of this study was to analyze the effects of bobsleigh shoes on the lower extremity
35 range of motions and start speed lap time and to develop bobsleigh shoes suitable for winter
36 environments and Korean players based on sports science and optimized biomechanical performance.

37 **Background:** The bobsleigh shoes used in the start section of the sport are one of the most important
38 equipment for improving athletes' performances. Despite the importance of the start section, there are
39 no shoes that are specifically designed for Korean bobsleigh athletes. Thus, Korean athletes have to
40 wear sprint spike shoes and practice the start instead of wearing bobsleigh shoes.

41 **Method:** The subjects were four bobsleigh athletes of Kangwon Province Bobsleigh Skeleton Federation.
42 The study selected the bobsleigh shoe type A(company A) and type B(company B). We analyzed the
43 lower extremity range of motion and sprint time(start line to 10m) by Motion Analysis System(USA).

44 **Results:** As a result of measuring the time required for the bobsleigh start section (10m), type A shoes
45 demonstrated the fastest section record by 2.765 ± 0.086 second. Also Type A led to a more efficient
46 movement, hip and knee flexion, hip extension, ankle dorsi flexion, plantar flexion, and inversion than
47 type B.

48 **Conclusion:** Type A shoes can lead to a better performance through effective lower extremity
49 movement during bobsleigh start section.

50 **Application:** In the future, functional analysis should be carried out by comparing the upper material
51 properties, comfort, and muscle fatigue of the shoes based on the Type A shoe in order to fully develop
52 bobsleigh shoes suitable for Koreans.

53

54 *Keywords:* Bobsleigh, Motion analysis, Range of Motion, Sprint spike, Shoe

55

56

57 Introduction

58

59 2018년 평창 동계올림픽 유치로 인해 한국에서 동계스포츠에 대한 관심이 증대되고 있으며, 동계올림픽 종목
60 중 하나인 봅슬레이는 2003년 한국에 도입된 이후 2011~2012 시즌 아메리카컵 3연속 은메달과 2연속
61 동메달을 획득하며 한국에서 많은 관심을 받게 되었다. 이러한 봅슬레이에 대한 관심 증가는 아직까지 하계
62 스포츠에 비해 상대적으로 열악한 여건인 동계스포츠의 발전에 매우 고무적인 일이라 할 수 있다. 봅슬레이의
63 경기진행은 출발선에서 준비 자세를 갖춘 선수들이 약 200kg에 달하는 고 중량의 봅슬레이 썰매를 동시에 밀며
64 출발하여 국가별 스타트 구간 조건에 따라 최대 55m를 전속력으로 달려나간다(Lee, 2013; Sabbioni, Melzi,
65 Cheli & Braghin, 2016). 봅슬레이 경기는 3가지 구간으로 구분되는데 스타트 구간, 주행 구간 그리고 종료
66 구간이다(Krone, 2002). Zanoletti, La Torre, Merati, Rampinini and Impellizzeri (2006)는 봅슬레이 경기
67 있어서의 성공요인은 빠른 스타트 구간 기록이 필수적이라고 보고하였다. 실제 뛰어난 선수들 간의 출발 시간은
68 1/10초 혹은 1/100초 차이 밖에 나지 않지만, 이 출발 시간에서의 0.01초 단축이 전체 기록의 0.03초의
69 기록단축으로 이어져 전체 성적에 있어서 대단히 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Wacker, Erdman,
70 Nickel & Johnson, 2007; Dabnichki & Avital, 2006; Park, Kim & Park, 2015; Sabbioni, Melzi, Cheli &
71 Braghin, 2016).

72 전력질주 시 영향을 미칠 수 있는 요인으로는 선수들의 연령과 훈련 정도에 의한 빠른 순발력, 지구력, 운동학적
73 요인인 스트라이드(stride) 거리 및 빈도 등의 내적 요인과 트랙(track)의 지면, 바람, 옷 등과 같은 외적 요인이
74 있다(Daniels and Danniels, 1992). 육상경기 중 100m와 같은 단거리 달리기 기록단축은 선수들의 훈련과
75 노력에 의한 내적 요인의 향상에 기인하여 나타나기도 하지만(Aron, Robert & Aaron, 2003; Lee & Choi,
76 2010; Choi & Oh, 2015), 경기의 결과가 극도의 미세한 기록차이에 의해서 결정되기 때문에 스포츠 과학의

77 발전을 통한 외적 요인의 극복으로 인한 기록단축의 결과가 발생하기도 한다(Oggiano et al., 2013; Smith,
78 Lake, Sterzing & Milani, 2016; Mohr, Enders, Nigg, & Nigg, 2015; Brownlie, Kyle, Harber, MacDonald &
79 Shorten, 2004; McCann, 2005; Vinet & Caine, 2010; Vinet & Caine, 2011; Toon, Vinet, Pain & Caine,
80 2011). 그러므로 외적 요인을 극복하기 위한 다양한 도구와 장비들이 사용되고 있으며, 그 중 신발은 선수가
81 어떠한 종류의 신발을 선택하느냐에 따라서 기록에 영향을 미칠 수 있는 외적요인을 극복하기 위한 스포츠과학
82 발전의 대표적인 사례이다. 마라톤과 같은 중장거리에 적합한 신발은 오래도록 달릴 시 지면으로부터 발생하는
83 충격을 흡수하기 위하여 설계 시 아웃솔(oursole)과 미드솔(sole)소재를 안락하고 편안함을 제공하는데 초점을
84 두는 반면, 100m, 200m, 400m 와 같은 단거리 달리기에는 적합한 신발은 바닥은 딱딱하면서도 탄성이 높은
85 구조의 기능성 소재의 솔(sole)을 사용하여 지면반력(ground reaction force)을 극대화하여 에너지의 반환에
86 효과적이라도 초점을 두고 설계되고 있다(Kwak, Mok & Kwon, 2005; Kim, Cho, Lee & Park, 2009). 또한
87 바닥이 딱딱하면서 탄성이 높은 소재를 사용하는 것은 단거리 달리기 시의 주법(running style)인
88 전족보행패턴(forefoot strike pattern)과 연관이 있으며, 이러한 착지 형태의 차이는 발목관절과 무릎관절의
89 움직임은 물론 근육의 효율을 변화시킬 수 있다(Hardin, Bogert & Hamill, 2004; Chen, Hsieh, Shih, Shiang,
90 2012; Jung & Kim, 2012; Lin et al., 2013). 또한 달리기 시 접지력과 추진력 향상을 위하여 신발 바닥에
91 스파이크(spike cleat)을 부착함으로써 발이 지면에 접지 할 때 미끄러짐을 방지함과 동시에 주로면에 킥력을
92 확실히 전달할 수 있도록 단거리, 중장거리 종목에 적합한 스파이크를 부착하고 경기에 임한다(Oh & Yoon,
93 2005).

94 봅슬레이화는 단거리 육상과 유사하게 순간적으로 폭발적인 파워를 이끌어내며 전력 질주해야 한다는 점에서
95 육상의 단거리 종목과 유사하다고 생각할 수 있다. 그러나 봅슬레이 경기는 출발 지점에서부터 종료 지점까지
96 미끄러운 얼음 트랙에서 고중량의 썰매를 밀며 지면을 박차고 나가는 힘을 용이하게 제어할 수 있으며 이를
97 바탕으로 하지 분절의 움직임을 효과적으로 제공할 수 있어야 한다. 그럼에도 불구하고 현재 한국의 봅슬레이
98 선수들은 한국에서 봅슬레이 신발의 연구와 개발이 미미한 탓에 봅슬레이 전용 신발이 아닌 육상용 스프린트
99 스파이크를 신고 훈련에 임하고 있으며, 경기 시에는 해외 신발 브랜드인 B사와의 후원계약을 통한 신발을
100 제공받고 있지만, 일부 선수들에게만 제공되고 있는 실정이며, 수량 역시 제한적이라 선수들의 훈련 시 어려움을
101 겪고 있다. 또한 봅슬레이 신발의 개발에 있어서 해외 봅슬레이화 개발업체에서는 신발의 소재 및 내적 구조를
102 기밀사항으로 취급하고 있어 한국에는 봅슬레이 전용 신발을 생산하는 기업이 전무한 실정이다. 그러므로 본
103 연구에서는 한국 선수에 최적화된 한국형 봅슬레이화를 개발하기 위한 봅슬레이 신발 1 차 시제품과 기존 신발에
104 대한 스타트 구간 기록 및 하지 관절 각도를 비교 분석함으로써 선수들의 경기력 향상을 위한 한국형 봅슬레이
105 전용 1 차 시제품에 대한 가능성을 알아보고 차기 시제품 개발을 위한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

106
107
108 **Method**

109
110 1. 연구대상자

111
112 본 연구에 참여한 연구대상자는 신경학적 질환, 요추 및 하지의 근골격계 질환이나 징후가 없으며 발의 형태학적
113 변형이 없는 4명의 대한민국 강원도 봅슬레이 스킨레톤 연맹 소속 선수들로 대상자 모두 국가대표 상비 후보군이
114 었다. 실험 전 연구의 취지와 내용을 상세하게 설명한 후 자발적으로 참여의사를 밝힌 선수들을 대상으로 자발적
115 참여 동의서를 받은 후 실험을 실시하였다. 대상자들의 일반적인 특성은 <Table 1>과 같다.

116
Table 1. Subject information

(N=4)

Item	Mean±SD
Age(yrs)	22.50±2.38
Weight(kg)	89.00±10.67
Height(cm)	179.00±0.81
Foot length(mm)	266.25±2.50

117

118 2. 실험도구

119

120 2.1. 실험 신발

121

122 본 연구에서 사용한 실험은 실험용 신발에는 A사에서 한국형 봅슬레이 신발로 개발한 Type A를 사용하였다.
 123 한국형 봅슬레이화인 Type A를 개발하기 위하여 봅슬레이 선수들이 육상 훈련 시 착용하는 스프린트
 124 스파이크를 대상으로 선행연구를 실시한 결과 우수한 스타트 기록과 상관성을 가지는 스프린트 스파이크를
 125 토대로 개발되었다(Park, Kim, and Park, 2015; Park et al., 2016). 선행연구를 통하여 Type A는 육상용
 126 중장거리용 보다 경도가 높은 딱딱한(hard) 형태의 물성을 가진 단거리 육상을 목적으로 개발된 신발을 기반으로
 127 라스트 및 솔(sole)의 경도를 채택 개발하였다. 또한 갑피의 소재 및 핀 배열은 대조군으로써 사용된 Type B
 128 신발을 참고하였다. 대조군으로 사용된 Type B 신발은 해외 브랜드인 B사로부터 후원 받는 신발로서 봅슬레이
 129 선수들이 아이스 트랙 경기장에서 연습 또는 경기 시 실제 착용하는 신발이었다. Type B의 구조물 및 소재는
 130 기밀로 취급되어 알 수 없는 실정으로 확보한 신발을 이용하여 아웃솔 부분의 소재 분석을 실시하였다(Figure 1,
 131 Table2).

132

133



134
135
136

Figure 1. Prototype of bobsleigh shoes which is used in the experiment

Table 2. Chemical and physical properties of outsole

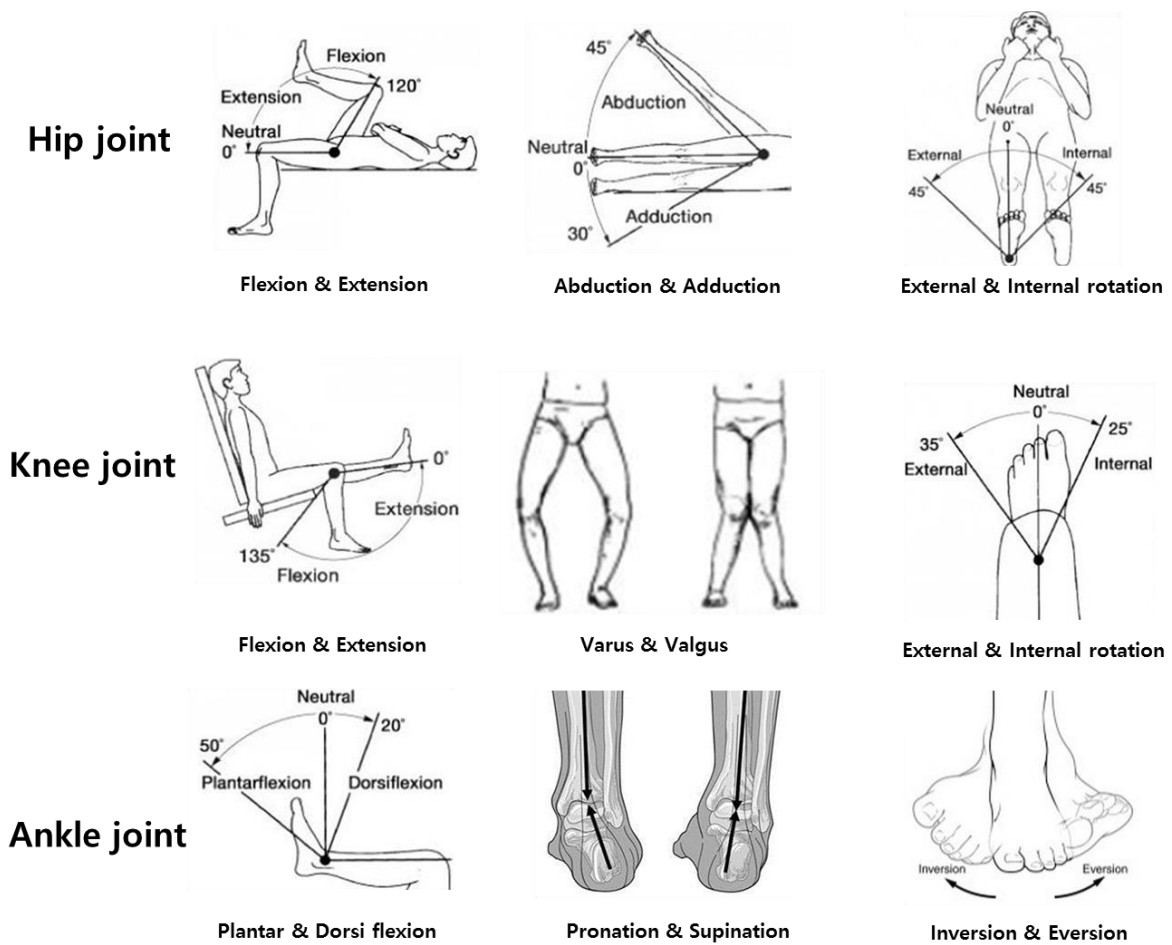
Item	Type A	Type B
Hardness	61	71
Specific gravity	1.11	1.14
Tensile strength (Kg/cm ²)	17.6	8
Extension Rates (%)	540	200
Number of pins (piece)	280~300 (It depends on shoe size)	280~300 (It depends on shoe size)

137
138
139

2.2. 측정 장비

140 본 연구에서 봅슬레이 스타트 동작 시의 고관절, 슬관절, 족관절의 가동범위 및 대상자들의 스타트 동작 소요
141 시간을 분석하기 위하여 Motion Analysis 사의 Raptor-E 적외선 카메라 22 대와 Data station, Control PC,
142 반사 마커로 이루어진 삼차원동작분석시스템(Motion Analysis, USA)를 이용하였다. NTL(nonlinear
143 transformation) 방법을 이용하여 총 97 m의 봅슬레이 아이스 스타트 트랙 중 스타트 구간인 12 m 지점까지
144 3 차원 캘리브레이션을 수행하였으며, 축의 정의는 좌우 방향을 X 축, 전후 방향을 Y 축, 상하 방향을 Z 축으로

145 정의하였다. 샘플링 빈도(sampling rate)는 1000 Hz로 설정하였으며, 초당 120 프레임(frame index time :
 146 1/120 sec)의 속도로 데이터를 수집하였다. 대상자들의 하지 관절가동범위와 스타트 동작 시의 소요시간을
 147 분석하기 위하여 Helen-Hayes Marker Set 중 하지 부위에만 부착하였으며, 빠른 동작에 따른 원활한 데이터
 148 수집을 위하여 골반(pelvis)에 두개의 마커를 추가 부착하였다. 또한 실험 시 슬관절과 족관절 내측의 마커들을
 149 제거하지 않은 상태에서 실험을 실시하였다(Table 3). 12 m 지점까지의 수집된 데이터 중 전력질주 구간인 10
 150 m 지점까지의 데이터를 Cortex 6.0 프로그램을 이용하여 마커들의 움직임을 통한 하지관절의 가동범위를
 151 분석하였으며(Figure 2), V. Sacrum의 마커가 스타트라인을 통과한 후 10 m 지점까지 도달하는 소요시간을
 152 스타트 동작의 소요시간으로 정의하여 스타트 라인에서 5 m, 5 m ~ 10 m, 스타트 라인에서 10 m 까지
 153 도달하는 소요 시간을 비교 분석하였다(Figure 3).



154 Figure 2. Definitions of the lower extremity ROM
 155

156

157
158
159

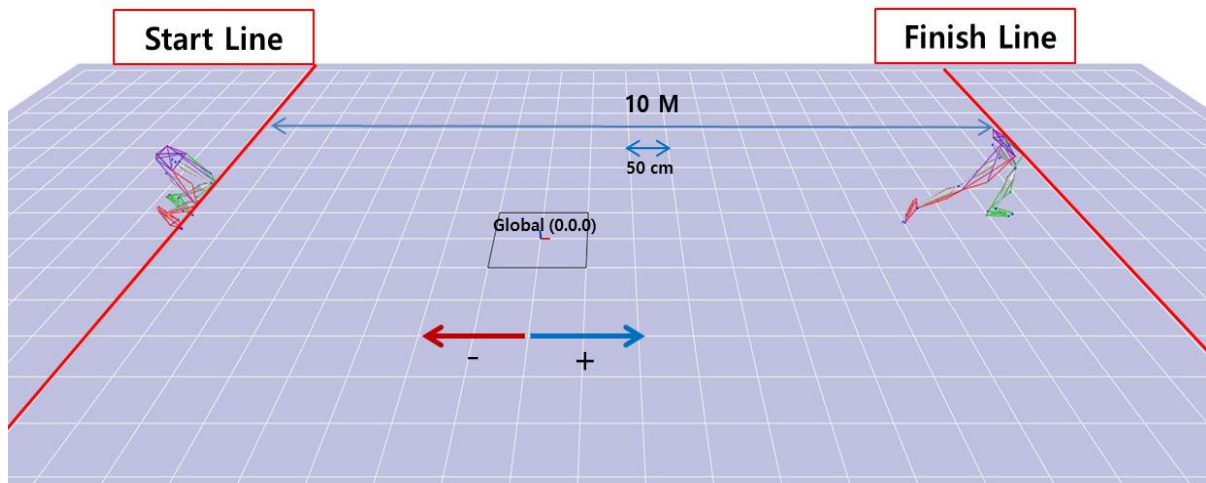


Figure 3. Example of measurement of bobsleigh start lap time

Table 3. Detailed placement of marker sets

Description	Marker name	Placement
Left ASIS	L. ASIS	Anterior superior iliac spine
Right ASIS	R. ASIS	
Sacrum	V. Sacrum	Superior aspect the L-5-sacral interface
Left Thigh Wand	L. Thigh	One lower thigh below the midpoint
Right Thigh Wand	R. Thigh	
Left lateral knee	L. knee	Along the flexion/extension axis of rotation at lateral femoral condyle
Right lateral knee	R. knee	
Left shank wand	L. shank	On lower shank below the midpoint
Right shank wand	R. shank	
Left lateral ankle	L. ankle	Along the flexion/extension axis of rotation at lateral malleolus
Right lateral ankle	R. lateral	
Left heel	L. heel	Posterior calcaneus at same height from floor as toe marker
Right heel	R. heel	
Left toe	L. toe	Center of the foot between the 2 nd and 3 rd metatarsals
Right toe	R. toe	
Left medial knee	L. medial knee	Along the flexion/extension axis of rotation at medial femoral condyle
Right medial knee	R. medial knee	
Left medial ankle	L. medial ankle	Along the flexion/extension axis of rotation at medial malleolus`
Right medial ankle	R. medial ankle	
Left PSIS	L. PSIS	Posterior superior iliac spine
Right PSIS	R. PSIS	

160

161 3. 실험 절차

162
163 본 연구는 대한민국 강원도 평창군에 위치한 봅슬레이 슬라이딩센터 아이스 스타트 훈련장에서 실시하였으며
164 실험에 참여한 선수들의 컨디션을 고려하여 평소 훈련 시간을 활용하여 실험을 진행하였다. 대상자들은 실험 전
165 봅슬레이 아이스 스타트 훈련장에 설치된 측정 장비들과 추운 환경에 대한 적응을 위하여 충분한 사전 반복
166 숙달시간을 가지며 워밍업(warm up)을 실시하였다. 대상자들은 본 실험이 올림픽 규정에서의 스타트 구간과
167 동일하도록 하기 위하여 봅슬레이 아이스 스타트 훈련장 출발선에서 2인용 봅슬레이 썰매 제동수 자리에서
168 봅슬레이 썰매를 잡고 플라잉 스타트(flying start)자세로 대기하다가 연구자의 출발 신호(sign)가 있을 후 30초
169 이내에 썰매를 밀며 전력질주 하도록 하였다. 약 97 m 구간의 스타트 트랙 구간 중 약 12 m 이후까지 전력질주 후
170 썰매에 올라타도록 하였으며, 12 m 지점까지의 수집된 데이터 중 10 m 지점까지의 데이터를 분석하였다. 각각의
171 신발 별로 총 3회 반복 측정하여 평균값을 채택하였으며, 대상자들이 반복에 의한 피로의 누적을 제거하기 위하여
172 각각의 반복 간 최소 10분 이상의 충분한 휴식을 대상자에게 제공하였으며, 휴식 시 선수들의 체온이 떨어 지지
173 않도록 방한복을 착용하며 불완전 휴식 시간을 가졌다. 각 신발의 착용은 무선(random) 배치하였다.

174
175 4. 자료처리

176
177 본 연구에 대한 자료처리는 대상자들의 수가 제한적이라 정량적 비교분석은 불가능하였다. 그러므로 각 신발 별
178 3 회 반복에 의한 고관절, 슬관절, 족관절의 X 축, Y 축, Z 축에서의 최대 관절가동범위와 스타트 동작 소요시간의
179 평균값을 도출하여 Type A와 Type B의 차이 값으로 비교분석 하였다.

180
181 **Results**

182
183 1. 스타트 동작 소요 시간

184
185 봅슬레이 선수의 스타트 동작 소요시간을 분석한 결과 스타트라인 ~ 5 m 구간에서 Type A 1.758±0.056 sec,
186 Type B 1.763±0.073 sec 로 Type B에 비하여 Type A가 -0.005 초 기록 단축이 나타나는 결과를 보였다. 5 m
187 ~10 m 구간에서는 Type A 1.007±0.037 sec, Type B 1.011±0.040 sec, 전체 구간인 스타트라인 ~ 10 m
188 구간에서 Type A 2.765±0.086 sec, Type B 2.773±0.110 sec 로 Type B에 비하여 Type A가 각각 0.004 초,
189 0.008 초 기록이 단축되는 결과를 보였다(Table 4).

190
191 Table 4. Results of bobsleigh start lap time (Unit :
192 sec)

	Type A	Type B	Type A - Type B
Start line ~ 5 m	1.758±0.056	1.763±0.073	-0.005
5 m ~ 10 m	1.007±0.037	1.011±0.040	-0.004
Start line ~ 10 m	2.765±0.086	2.773±0.110	-0.008

193
194 2. 삼차원동작분석을 통한 스타트 동작 시 하지관절 가동범위 분석

195
196 Table 5. Comparison of range of motion on hip, knee and ankle joint between Type A and Type B (Unit : °)

Hip	Right hip joint	Left side hip joint
-----	-----------------	---------------------

joint	Type A	Type B	A-B	Type A	Type B	A-B
	Extension	22.60±16.88	27.42±13.04	-4.82	17.97±12.58	21.60±11.28
Flexion	91.15±17.35	88.15±15.45	3	89.92±19.33	89.72±21.69	0.2
Adduction	12.24±5.15	12.50±4.68	-0.26	6.97±5.59	7.76±2.63	-0.79
Abduction	7.18±5.74	6.79±3.93	0.39	15.14±4.35	14.28±5.45	0.86
External rotation	14.66±4.06	13.65±5.24	1.01	21.37±8.27	19.42±9.21	1.95
Internal rotation	17.10±8.17	15.29±6.02	1.81	9.93±5.64	13.11±9.79	-3.18
Right knee joint			Left knee joint			
	Type A	Type B	A-B	Type A	Type B	A-B
Extension	-14.54±6.06	-6.85±3.45	2.31	-5.14±4.01	-5.06±3.16	-0.08
Flexion	121.88±7.62	120.09±10.76	1.79	127.21±7.96	126.94±12.06	0.27
Varus	13.01±6.59	12.26±5.09	0.75	10.13±3.87	12.77±4.64	-2.64
Valgus	8.25±7.41	7.45±4.18	0.8	7.55±5.90	5.84±3.11	1.71
External rotation	20.87±6.18	21.05±5.70	-0.18	22.04±8.59	23.64±13.11	-1.6
Internal rotation	2.22±4.05	3.39±5.11	-1.17	0.72±5.26	-0.76±7.40	1.48
Right side			Left side			
	Type A	Type B	A-B	Type A	Type B	A-B
Dorsi flexion	25.85±3.93	28.02±4.41	-2.17	23.04±3.59	27.42±3.61	-4.38
Plantar flexion	46.70±11.34	43.98±9.91	2.72	43.61±8.87	42.22±7.05	1.39
Pronation	16.27±4.57	13.89±5.29	2.38	15.46±2.55	17.45±4.61	-1.99
Supination	8.49±4.90	11.04±5.08	-2.55	6.61±3.17	7.95±3.34	-1.34
Inversion	17.17±2.61	17.99±4.07	-0.82	16.90±6.79	20.22±8.69	-3.32
Eversion	-2.33±4.47	-3.98±3.55	1.65	5.49±6.88	1.38±4.05	4.11

Note. A-B = Type A - Type B

197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207

2.1. 고관절 가동범위 분석결과

봅슬레이 선수의 스타트 동작 시 고관절 X축의 가동범위 분석 결과 오른쪽 고관절 신전 Type A < Type B, 굴곡 Type A > Type B, 왼쪽 고관절 신전 Type A < Type B, 굴곡 Type A > Type B로 나타났다. Y축의 가동범위 분석 결과 오른쪽 고관절 내전 Type A < Type B, 외전 Type A > Type B, 왼쪽 고관절 내전 Type A < Type B, 외전 Type A > Type B로 나타났다. Z축에서의 가동범위 분석 결과 오른쪽 다리 외회전 Type A > Type B, 내회전 Type A > Type B, 왼쪽 다리 외회전 Type A > Type B, 내회전 Type A < Type B로 나타났다(Table 5).

2.2. 슬관절 가동범위 분석결과

208
 209 봅슬레이 선수의 스타트 동작 시 슬관절 X축의 가동범위 분석 결과 오른쪽 무릎 신전 Type A > Type B, 굴곡 Type
 210 A > Type B, 왼쪽 무릎 신전 Type A < Type B, 굴곡 Type A > Type B로 나타났다. Y축의 가동범위 분석 결과
 211 오른쪽 무릎 내반 Type A > Type B, 외반 Type A > Type B, 왼쪽 무릎 내반 Type A < Type B, 외반 Type A > Type
 212 B로 나타났다. Z축에서의 가동범위 분석 결과 오른쪽 무릎 외회전 Type A > Type B, 내회전 Type A > Type B, 왼쪽
 213 무릎 외회전 Type A > Type B, 내회전 Type A < Type B로 나타났다(Table 5).

214
 215 2.3. 족관절 가동범위 분석결과

216
 217 봅슬레이 선수의 스타트 동작 시 족관절 X축의 가동범위 분석 결과 오른쪽 족관절 배측굴곡 Type A < Type B,
 218 저측굴곡 Type A > Type B, 왼쪽 족관절 배측굴곡 Type A < Type B, 저측굴곡 Type A > Type B로 나타났다.
 219 Y축의 가동범위 분석 결과 오른쪽 족관절 옆침 Type A > Type B, 뒤침 Type A < Type B, 왼쪽 족관절 옆침 Type A
 220 < Type B, 뒤침 Type A < Type B로 나타났다. Z축에서의 가동범위 분석 결과 오른쪽 족관절 내반 Type A < Type B,
 221 외반 Type A < Type B, 왼쪽 족관절 내반 Type A < Type B, 외반 Type A > Type B로 나타났다(Table 5).

222
 223
 224 Discussion

225
 226 보행은 땅을 발이 지면에 닿는 때의 입각기(stance phase)와 발이 지면으로부터 떨어져 공중으로 들려질 때인
 227 유각기(swing)로 구분되며, 이 두 주기가 서로 교대적이고 율동적으로 6:4의 비율로 나타난다(Perry & Burnfield,
 228 2010). 달리는 인간의 가장 빠른 이동 운동으로, 입각기와 유각기에서 보행에 비하여 높은 하지관절의
 229 가동범위를 보이며 입각기 시의 추진력에 의하여 양발이 모두 지면으로 떨어져 공중으로 들리는 이중 공중기를
 230 가지게 된다(Novacheck, 1998; Bae, 2010). 육상에서 100 m, 200 m 와 같은 단거리 달리기에서는 일반적인
 231 보행이나 달리기 보다 보수와 보폭을 증가가 중요하며, 이러한 보수와 보폭의 증가를 위해서는 효율적이며 큰
 232 관절가동범위가 필수적이다. 효율적인 관절가동범위는 안정된 지지를 기반으로 바닥으로부터 발생하는
 233 지면반력을 흡수 및 에너지의 반환에 용이할 수 있는 신발의 역할이 중요하다. 특히 얼음과 같은 불안정한 지면에서
 234 고중량의 썰매를 끌며 전력질주를 해야만 하는 봅슬레이 스타트 시에는 필수 불가결한 장비라고 볼 수 있다.
 235 스프린트화의 주요 기능 중 추진력은 가장 중요한 기능 중 하나이며 추진력을 향상 시키기 위한 방법으로 솔(sole)
 236 경도, 솔의 두께 등의 최적화가 있다(Kwak et al., 2005; Kim et al., 2009). 또한 보행이나 런닝 시 발목의
 237 불안정은 회내와 내반에 의해 결정되며, 이에 따라 스프린트화를 개발하는데 있어서 후족제어 역시
 238 중요하다(Kwak & Lee, 1997; Tang et al., 2015). 본 연구에서 봅슬레이 스타트 시 소요 시간 알아본 결과 Type
 239 A를 신고 스타트를 하는 것이 Type B를 신고 스타트를 하는 것 보다 초반 구간이라고 할 수 있는
 240 스타트라인에서부터 5m, 후반 구간이라고 할 수 있는 5m~10m 구간에서 모두 기록이 단축되는 경향을 보였다.
 241 족관절에서 나타나는 관절 가동범위를 분석한 결과 족관절의 회내에서는 Type A와 Type B, 오른쪽과 왼쪽에서
 242 서로 다른 경향을 보인 반면 내반에서는 Type A가 Type B보다 낮은 경향의 관절가동범위를 보임으로써 Type A가
 243 지면이 미끄러운 방판위에서 입각기 시 안정적으로 하지를 지지하는 것으로 나타났다. 배측굴곡에서는 Type
 244 A보다 Type B가 높은 관절가동범위의 경향을 보인 반면, 저측굴곡에서는 Type A가 Type B 보다 높은 경향의
 245 관절가동범위를 보였다. 실험에 사용된 Type A는 지난 사전 연구를 통하여 단거리 육상을 목적으로 개발된
 246 스프린트 스파이크를 기반으로 라스트를 설계하였으며 솔의 경도는 딱딱한(hard) 형태의 가지도록 제작되었다.
 247 Willwacher, König, Potthast & Brüggemann(2013), Willwacher, König, Braunstein, Goldmann &
 248 Brüggemann(2014)은 런닝 시 전족부 부위의 경도가 높은 형태의 아웃솔(outsole)과 미드솔(midsole)은
 249 발허리관절(Metatarsophalangeal Joint) 부위의 움직임을 제한하지만 런닝 시의 추진력 얻기 위한 에너지
 250 반환(energy return)에 효과적이라고 보고하였는데, 본 연구 결과에서도 Type A는 솔(sole)이 Type B 보다 경도가
 251 높음으로 인하여 낮은 배측굴곡의 움직임 후, 높은 저측굴곡의 움직임을 보임으로써 종아리 근육들의(calf

252 muscles) 신장반사(stretch reflex)에 의한 단축성 수축 에너지 이외에도 Type A 신발 자체의 굴곡모멘트가 스타트
 253 시 제공됨으로써 스타트 구간기록 단축에 긍정적으로 작용한 것으로 생각된다.

254 보행의 패턴에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 보행 속도가 있으며, 보행 속도가 증가를 증가시키기 위해서는
 255 활보장(stride length)과 빈도가 증가하게 되며(Mercer, Bezodis, Russell, Purdy & DeLion, 2005; Schwartz,
 256 Rozumalski & Trost, 2008), 활보장과 빈도를 증가시키기 위해서는 관절의 가동범위 역시 변화하게 된다.
 257 Novacheck(1998)의 연구에 의하면 전력질주와 같은 스프린트는 일반적인 보행과 조깅에 비하여 고관절의 굴곡과
 258 슬관절의 굴곡이 보행 속도가 증가하면 할수록 보폭을 넓히기 위한 전략으로 중간 유각기(mid swing)에서 굴곡
 259 각도가 커진다고 보고하였다. 본 연구에서는 Type A를 신었을 시 Type B를 신었을 때보다 고관절 굴곡과 슬관절
 260 굴곡에서 더 증가하는 경향을 보였는데, 이는 Type A가 입각기 시 족관절의 안정된 지지를 제공함으로써 이를
 261 바탕으로 반대측의 유각기(mid swing)의 가동성의 증가로 이어진 것으로 판단된다.

262 고관절의 신전은 추진력을 얻기 위하여 말기 입각기(terminal stance) 시 발생하며 큰 추진력이 요구되면 될 수록
 263 신전각도는 커진다고 하였다(Novacheck, 1998). 그러나 본 연구에서 나타난 고관절 신전은 Type A의 경우 Type
 264 B 보다 감소함으로써 선행연구와 다른 경향을 보였다. 단거리 육상의 크라우칭 스타트 동작은 신체무게
 265 중심(center of mass)을 전방으로 향하며 불안정한 상태를 극대화한 상황에서 스타팅블록(starting block)을
 266 강하게 차서 보다 큰 반력(reaction force)을 이용하는 방법이다. 크라우칭 스타트 시 숙련자와 비숙련자에 대한
 267 비교 연구에서 숙련자가 비숙련자에 비하여 출발부터 3보까지 수평변위 무게중심이 숙련자가 비숙련자에 비해
 268 멀리 이동했으며, 수직변위는 숙련자가 비숙련자에 비하여 낮은 것으로 나타났다(Oh, Shin, Hong, Lim & Yang,
 269 2015). 봅슬레이도 크라우칭 스타트와 마찬가지로 봅슬레이 스타트 시 고중량의 썰매를 밀기 위해서 힘의 방향을
 270 수직보다는 수평변위에 초점을 맞추기 위하여 노력해야 할 것이며, 이에 따라서 신체 무게 중심을 전방을
 271 향함으로써 그 힘이 썰매에 전달되어야만 유리할 것이다. 결과적으로 신체중심이 전방으로 기울어 짐에 따라
 272 고관절 역시 수직변위에 대한 손실을 최소화하기 위하여 신전이 감소한 것으로 여겨진다. 그러나 Type A를 신었을
 273 시 Type B에 비하여 고관절에서의 외전과 외회전, 슬관절의 외반에서 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 Type A가
 274 선수들이 고중량의 썰매를 밀기 위한 체중심을 이동을 효과적으로 제공하기 위한 지지발의 안정성 제공함으로써
 275 입각기 시 고관절의 외전과 외회전, 슬관절 외반의 가동범위 증가로 이어진 것으로 여겨진다.

276 본 연구의 제한점으로 한국 봅슬레이 종목의 특성으로 인하여 4명의 국가대표 상비 후보군 봅슬레이 선수가
 277 참여하였으며 이에 따라 정량적인 데이터 분석을 통한 일반화에는 어려움이 있을 수도 있다. 또한 보행 패턴이 달라
 278 질 수 있는 스타트 구간(start event)과 스프린트 구간(sprint event)구간에 대한 구분 없이 10 m 구간의 전체적인
 279 데이터 중 최고 값을 채택하여 비교한 것은 본 연구의 한계점이라 할 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 봅슬레이
 280 국가대표 및 더욱 많은 봅슬레이 선수를 대상으로 한국형 봅슬레이 개발 시제품에 대한 좀 더 세밀한 생체역학적
 281 연구가 필요할 것으로 생각된다.

282
 283

284 Conclusion

285 본 연구에서는 한국 선수에 최적화된 한국형 봅슬레이화 개발을 위해 봅슬레이 신발 종류에 따라 스타트 구간
 286 기록 및 하지 관절 각도를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

287

288 1. 봅슬레이 스타트 시 소요 시간 알아본 결과 Type A 를 신고 스타트를 하는 것이 Type B 를 신고 스타트를 하는
 289 것 보다 초기 구간이라고 할 수 있는 스타트라인에서부터 5m, 후반 구간이라고 할 수 있는 5m~10m 구간에서
 290 모두 기록이 단축되는 경향을 보였다.

291

292 2. 봅슬레이 스타트 시 하지 관절가동범위를 비교 분석한 결과 Type A 가 고관절과 슬관절의 굴곡, 고관절 신전,
 293 족관절의 저축굴곡과 배축굴곡, 내반에서 Type B 보다 효율적인 움직임을 제공하는 것으로 나타났다.

294

295 References

296
297 Aron, J. M., Robert, G. L., & Aaron, J. C. (2003). Kinematic determinanes of early acceleration on field sport
298 athletes. *Journal of sports Science and Medicine*, 2(3), 144-150.
299 Bae, S.J. (2010). Children's Running Motion Character by Velocity-Change, *The Korean Journal of the*
300 *Elementary Physical Education*, 16(3), 103-112.
301 Brownlie, L. W., Kyle, C. R., Harber, E., MacDonald, R., & Shorten, M. R. (2004). Reducing the aerodynamic
302 drag of sports apparel: development of the NIKE Swift sprint running and SwiftSkin speed skating
303 suits. *The engineering of sport*, 5, 90-96.
304 Chen, C.H., Hsieh, C.F., Shih, Y., and Shiang, T.Y. (2012). "Effect of shoe sole flexibility on shank muscles
305 and lower limb joints in different speeds". *Proceedings of the XXXII FIMS world congress of sports*
306 *medicine*, 27-30.
307 Choi, S. N., Oh, C. H. (2015). Comparative Kinematical Analysis of Medium Start 100m Starting Phase in
308 University athlete, *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*, 20(2), 89-100.
309 Zanoletti, C., La Torre, A., Merati, G., Rampinini, E., & Impellizzeri, F. M. (2006). Relationship between push
310 phase and final race time in skeleton performance. *The Journal of Strength & Conditioning*
311 *Research*, 20(3), 579-583.
312 Daniels, J.T. and Danniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine and*
313 *science in sports and exercise*, 24, 483-489.
314 Dabnichki P., and Avital E. (2006). Influence of the position of crew members on aerodynamics performance
315 of two-man bobsleigh, *Journal of Biomechanics*, 39(15), 2733-2742.
316 Hardin, E.C., Van den Bogert, A. J. and Hamill, J. (2004). Kinematic adaptations during running: effects of
317 footwear, surface, and duration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 838-844.
318 Jung, J.H. and Kim, J.T. (2012). Comparative analysis on muscle Function and EMG of trunk and lower
319 extremity in short and long distance athlete, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(1), 9-16.
320 Kim, S.H., Cho, J.R., Lee, S.B. and Park, S.B. (2009). Evaluation of landing impact characteristics of sport
321 shoes in running by finite element analysis. *Korea Journal of Sport Biomechanics*. 19(2), 217-225.
322 Krone, D. (2002). Federation Internationale de Bobsleigh et de Tobogganing(FIBT). Federation Internationale
323 de bobsleigh et de tobogganing.
324 Kwak, C.S. and Lee, K.S. (1997). The influence of regional midsole hardness of forefoot and rearfoot on
325 rearfoot control variables and torsion angle in running. *The Korean Journal of Physical Education*,
326 36(4), 337-347.
327 Kwak, C.S., Mok, S.H., and Kwon, O.B. (2005). The influence of midsole hardness and sole thickness of
328 sport shoes on ball flex angle with the increment of running velocity. *Korea Journal of Sport*
329 *Biomechanics*. 15(4), 153-168.
330 Lee, A.Y. (2013). Relationship between muscle power and starting speed in Bobsleigh athletes, *Korea*
331 *National Sport University*.
332 Lee, J. H., Choi, S. N. (2010). A Muscles activity Analysis of Crouching Starting Starting motion of College
333 Sprinter, *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*, 15(2), 385-394.
334 Lin, S.C., Chen, C.P., Tang, S.F., Wong, A.M., Hsieh, J.H. and Chen, W. P. (2013). Changes in windlass
335 effect in response to different shoe and insole designs during walking. *Gait & Posture*, 37(2), 235-
336 241.
337 McCann, J. (2005). Material requirements for the design of performance sportswear. Shishoo. R.(Ed).
338 *Textiles in Sport*, 44-70.
339 Mercer, J.A., Bezodis, N.E., Russell, M., Purdy, A. and DeLion, D. (2005). Kinetic consequences of
340 constraining running behavior. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 144-152.
341 Mohr, M., Enders, H., Nigg, S. R., & Nigg, B. M. (2015). The Effect of Shoe Weight on Sprint Performance: A
342 Biomechanical Perspective. *J Ergonomics S*, 6(2).
343 Novacheck, T.F. (1998). The biomechanics of running. *Gait & posture*, 7(1), 77-95.

344 Oh, C.H., Shin, E.S., Hong, S.Y., Lim, S.H. and Yang, S.J. (2015). Kinematic analysis on 100 m crouching
345 start movement of female high school athletes. *The Korea Journal of Sports Science*, 24(5), 1641-
346 1651.

347 Oggiano, L., Brownlie, L., Troynikov, O., Bardal, L.M., Sæter, C., and Sætran, L. (2013). A review on skin
348 suits and sport garment aerodynamics: guidelines and state of the art. *Procedia Engineering*, 60,
349 91-98.

350 Oh, B.S. and Yoon S, J. (2005). The analysis of sprint skills in track and field, *Journal of Coaching*
351 *Development*, 7(2), 107-117.

352 Park, J.J., Kim, K.H. and Park, S.B. (2015). The Analysis of foot pressure and lap time for the development of
353 Korean bobsleigh shoes, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 25(4), 465-474.

354 Park, S., Lee, K., KiM, D., Lee, J., Jung, J., Park, K., Park, S., and Kim, J. (2016). Analysis of Forefoot Bending
355 Angle in Sprint Spikes According to Bobsleigh Start Lap Time for Development of Korean-Specific
356 Bobsledding Shoes, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 26(3), 315-321.

357 Perry, J. and Burnfield, J.M. (2010). *Gait Analysis : Normal and Pathological Function*, Second Edition,
358 SLACK, *New Jersey*.

359 Sabbioni, E., Melzi, S., Cheli, F. and Braghin, F. (2016). Bobsleigh and skeleton, *The Engineering Approach*
360 *to Winter Sports*, 183-276.

361 Schwartz, M.H., Rozumalski, A. and Trost, J.P. (2008). The effect of walking speed on the gait of typically
362 developing children. *Journal of biomechanics*, 41(8), 1639-1650.

363 Smith, G., Lake, M., Sterzing, T., & Milani, T. (2016). The influence of sprint spike bending stiffness on
364 sprinting performance and metatarsophalangeal joint function. *Footwear Science*, 8(2), 109-118.

365 Tang, S.F.T., Chen, C. H., Wu, C.K., Hong, W.H., Chen, K.J. and Chen, C.K. (2015). The effects of total
366 contact insole with forefoot medial posting on rearfoot movement and foot pressure distributions
367 in patients with flexible flatfoot. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 129, 8-11.

368 Toon, D., Vinet, A., Pain, M. T., & Caine, M. P. (2011). A methodology to investigate the relationship
369 between lower-limb dynamics and shoe stiffness using custom-built footwear. Proceedings of the
370 Institution of Mechanical Engineers, Part P: *Journal of Sports Engineering and Technology*, 225(1),
371 32-37.

372 Vinet, A., & Caine, M. (2010). Development of traction features in sprint spikes using SLS nylon sole units.
373 *Procedia Engineering*, 2(2), 2769-2774.

374 Vinet, A., & Caine, M. P. (2011). Design, manufacture, and evaluation of traction features on sprint
375 footwear using laser sintered nylon-12 sole units. Proceedings of the Institution of Mechanical
376 Engineers, Part P: *Journal of Sports Engineering and Technology*, 225(4), 259-264.

377 Wacker, M., Erdman, A., Nickel, T., & Johnson, M, G.(2007). **Design, Build, and Test of a Bobsled Simulator**
378 **for Olympic Athletes.** *Journal of Medical Devices*, 1(1), 96-102.

379 Willwacher, S., König, M., Potthast, W., & Brüggemann, G. P. (2013). Does specific footwear facilitate
380 energy storage and return at the metatarsophalangeal joint in running. *Journal of Applied*
381 *Biomechanics*, 29(5), 583-592.

382 Willwacher, S., König, M., Braunstein, B., Goldmann, J. P., & Brüggemann, G. P. (2014). The gearing
383 function of running shoe longitudinal bending stiffness. *Gait & Posture*, 40(3), 386-390.