

## 스키 카빙턴 동작 시 기술 수준에 따른 동작의 차이 연구

은선덕<sup>1</sup> · 현무성<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한림대학교 자연과학대학 체육과학연구소 · <sup>2</sup>강남대학교 예체능대학 사회체육학과

### The Differences in the Ski Carving Turn Motion According to Level of Expertise

Seon-Deok Eun<sup>1</sup> · Moo-Sung Hyun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Sports Science, College of Natural Science, Hallym University, Chuncheon, Korea

<sup>2</sup>Department of Sports and Leisure Studies, College of Fineart and Physical Education, Kangnam University, Yongin, Korea

Received 31 July 2010; Received in revised from 14 September 2010; Accepted 15 September 2010

#### ABSTRACT

The purpose of this research was to investigate the differences in the ski carving turn motion according to level of expertise. The posture and movement of 6 skiers nearby the fall-line was evaluated with a biomechanical approach focusing the rotational mechanics. The slope was at an angle of 9° and the following variables were measured and calculated: tangential velocity, change of COM height after passing fall-line, width between feet, angle between upper body and thigh, trunk angle, average radius of curvature and average centripetal force. The expert skiers minimized their center of mass height movement and maintained the width of between their feet after the passing the fall-line in comparison with the beginners and intermediate skiers. The experts restrained themselves from pushing their upper body downward after the turn to maximize the centripetal force. The experts in comparison with the beginners and intermediate skiers during the turn didn't have to reduce their radius of curvature to maintain a high centripetal force. It was concluded, that the most important factor affecting the centripetal force, was for the beginners and intermediate skiers, to minimize their movement while using the appropriate amount of edging.

**Keywords** : Carving Turn, Fall-line, Rotational Mechanics, Centripetal Force

## I. 서 론

최근 몇 년 동안 카빙 스키는 많은 스키어들에게 널리 사용되어 왔고 다수의 교육 책자들도 출판되었다(Ichino, 1999). 그로 인해 급속도로 카빙스키가 보급되었고 스키 선수 뿐만 아니라 일반 동호인들까지 카빙턴(carved turn)을 손쉽게 배우고 구사하고 있다. 그래서인지 많은 스키어들이 카빙턴을 카빙스키가 개발된 이후 만들어진 상급 기술 정도로 알고 있는 경우도 있다. 하지만 카빙턴은 스키 기술이 만들어진 초기부터 존재해왔고 현재도 진화중인 최고급 회전기술이다. 다만 과학기술의

발달과 함께 카빙턴을 보다 쉽게 구사할 수 있도록 도와주는 스키 플레이트의 진화가 있었기에 과거에 비해 접근은 쉬어졌지만 그럼에도 불구하고 여전히 최고의 스키 기술임에는 분명하다.

카빙턴의 회전 기술과 관련된 의미있는 논쟁은 불과 지난 20여년 전부터 시작되었다. 보다 빠른 회전을 위한 카빙스키의 개발은 스키의 사이드컷과 재질에 따른 플레이트의 유연성이 회전속도와 어떤 관계를 갖는지를 살펴보는 연구를 통해 시도되었다(Lind, Sanders, 1996). Evans, Jackman과 Otlaway(1974)와 Maruyama (1994)의 스키 교본에 의하면 스키의 회전은 사이드컷으로 인해 이루어지며 엽징은 스키가 보다 쉽게 방향전환을 할 수 있도록 사이드컷 곡선의 반지름을 줄여주는 역할을 한다고 했다. 또한 Ichino(1999)는 카빙스키와 일반스키를 이용한 카빙턴 비교 연구에서 엽지각과 스키딩(skidding)각의 측정을 통해 사이드컷의 역할 정도를 연구했고, Sahashi와 Ichino(1998)는 일

Corresponding Author : Moo-Sung Hyun  
Department of Sports and Leisure Studies, College of Fineart and Physical Education, Kangnam University, Gugal-dong, Giheung-gu, Yongin-si, Korea  
Tel : +82-31-280-3790 / Fax : +82-31-280-3783  
E-mail : hms@kangnam.ac.kr

반적인 패러렐 턴에서조차 카빙스키의 스키딩각이 일반스키에 비해 커짐을 보여줌으로써 경기 스키에서 카빙스키의 활약을 설명하기도 했다.

하지만 카빙스키의 개발 초기 단계에서는 많은 스키 선수들이 카빙스키로 인한 기록 향상을 경험하지 못했다. 그리고 그로 인해 여전히 노멀 스키와 카빙 스키가 우열을 가리기 힘든 상황에 놓여있었다(Stenmark, 1990). 왜냐하면 이 시기는 카빙턴에 대한 수많은 이론들이 난무하는 시기였고 혼란의 시기였기 때문인데 그 후 관심을 기울인 것이 바로 카빙스키를 어떻게 이용할 것인가 하는 카빙스키의 기술이다.

스키를 이용하여 깨끗한 턴을 만들어내기 위해서는 스키어의 운동량의 방향을 적절하게 변화시켜 주어야 한다(Lind, Sanders, 1996). 이때 필요한 것이 바로 구심력이고 이 구심력을 적절히 제어할 수 있는 것이 바로 회전이 이루어지고 있는 동안의 자세이다(Stenmark, 1990). 하지만 스키와 관련된 최근의 연구를 살펴보면 스키의 회전역학을 살펴본 연구(Sahashi & Ichino, 1990), 카빙턴과 엷장각을 살펴본 연구(Sahashi & Ichino, 2001), 그리고 카빙턴 시 마찰력과 접촉력에 관한 연구(Heinrich et al., 2010) 등 카빙스키 자체의 회전역학과 물리학에 대한 연구는 있었지만 그에 따라 스키어가 취해야 하는 자세에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없었다. 예를 들면 회전반경에 영향을 미치는 엷장각에 대한 측정과 연구는 시도했다. 하지만 스키어의 자세에 따른 스키플레이트의 휨 정도를 고려하지 못하기 때문에 하중 상태에 따른 회전속도와 회전반경의 변화를 설명하지 못한다는 한계를 지닌다는 것이다.

물론 턴 동작 시 신체의 움직임을 분석한 연구도 있었다. Yoneyama, Kagawa, Okamoto와 Sawada(2000)는 카빙턴과 전통적인 패러렐 턴의 관절 운동에 대한 비교 연구를 수행했는데, 결과적으로 그 차이는 사이드 컷의 차이에 의해 나타나는 결과일 뿐 동일한 스키를 이용했을 때의 숙련성에 대한 평가는 이끌어 내지 못했다. 또한 Mote와 Kuo(1989)는 스키를 타는 동안 하지 관절에 가해지는 관절력과 모멘트를 분석했는데 연구의 중점은 기술적인 부분 보다는 상해 예방에 초점을 두었다.

몇몇 국내연구자들의 경우 실제 스키어의 동작을 분석한 연구를 시도하였는데, 김혜영(2000), 현무성(2003), 이계산과 현무성(2003) 등의 연구가 있었다. 하지만 연구에서 다른 분석 내용들이 전통적인 패러렐 턴과 마찬가지로 업과 다운 시점에서의 신체 분절의 각도 변화와 무게 중심의 변화에 중점을 둬으로써 업과 다운의 개념이 기존과는 다른 카빙턴의 기술을 평가하기 위한 적절한 해답을 제시하지 못하였다.

따라서 본 연구는 업과 다운 시점이 아닌 속도의 변화가 두드러지면서 가장 큰 구심력을 필요로 하는 최대경사선(fall-line) 주변에서의 스키어의 자세를 살펴보고, 실제 기술 수준에 따른 스키어의 움직임을 회전역학의 관점에서 평가하고자 하는 목적에서 수행되었다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험 참여자

본 연구에 동원된 참여자는 S대학교 스키부에 재학중인 6명의 남자 대학생이며 스키 수준에 따라 고급, 중급, 초급으로 각각 2명씩 분류하여 선정하였다<Table 1>. 고급으로 분류된 2명의 스키어는 각각 경력 13년과 5년으로 대한스키지도자연맹에서 발급한 레벨3와 레벨2 자격증을 소지하였으며, 레벨3 자격 소지자의 경우 국내스키기술선수권대회에서도 상위에 랭크되었던 경력을 가지고 있었다. 중급자로 분류된 참여자는 경력이 2-3년 가량의 동호인 활동 경력을 가지고 있으며 카빙턴을 능숙하게 구사할 수 있는 수준이었으며, 초급자는 경력 1년 미만인 스키어 가운데 카빙턴을 구사할 수 있는 수준의 참여자를 선정하였다.

Table 1. Individual Characteristics of subjects

	H1	H2	M1	M2	L1	L2	M/SD
age (yrs)	32	28	24	22	25	25	26.0±3.5
height (cm)	178	180	171	174	183	167	175.5±6.0
weight (kg)	82	77	63	78	79	75	75.7±6.6
career (yrs)	13	5	3	2	1	1	4.2±4.6
level	high	high	middle	middle	low	low	

### 2. 실험 절차

실험은 약 9°의 경사를 가진 중급자 슬로프의 중하단부에서 실시하였다. 전체 분석구간이 한 턴이므로 한 턴이 포함될 수 있도록 통제점 틀(6m × 6m × 2m)을 경사면에 비스듬히 설치하였다. 연구 참여자들의 동작은 총 4대의 비디오카메라를 이용하여 분석 구간의 전후좌우에 각 1대씩 설치하였다<Figure 1>. 이때 비디오카메라의 촬영속도는 30 frames/sec로 설정하였고, 셔터 스피드는 1/500 sec로 각각 설정하였다. 동조를 위해 4대의 발광체(LED)를 설치하였으며 트리거를 이용하여 LED 발광 신호를 동작 중에 삽입하여 동일 시점을 찾도록 하였다.

실험 과제 수행 전 참여자들은 스트레칭과 준비운동을 통해 충분한 사전운동을 실시하였으며, 비교적 좁은 구간에서 턴이 이루어져야 되므로 모든 실험 참여자들이 분석구간의 50 m 전방에서 출발하여 분석 구간 진입 직후부터 우측 45° 방향으로 사활강 후 좌측으로 턴하는 동작이 분석 구간 내에서 이루어지도록 3회 이상 충분한 연습을 실시하였다. 특히 실험에 사용된 스키는 O사에서 제작한 길이 160 cm의 회전용 스키였으며 처

음 타본 참여자들은 2회의 연습을 추가로 실시하게 하였다. 실제 본 실험에서는 모든 실험 참가자들이 2회의 카빙턴 동작을 수행한 후 본인과 연구자의 판단에 따라 가장 좋은 턴이 이루어졌을 때의 자세를 분석 과제로 선정하였다.

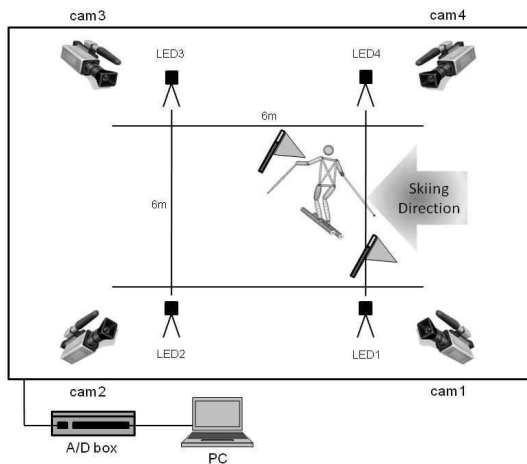


Figure 1. Experimental setting

### 3. 자료처리 및 분석

통계점과 인체관절 중심점 및 스키플레이트의 좌표화, 동조, DLT방법을 이용한 3차원 좌표의 계산 및 자료의 스무딩에는 영상분석용 프로그램인 Kwon3D 3.1 프로그램을 사용하였으며, 기타 분석 변인의 계산에는 Ms Office Excel 2007, Matlab 6.5 프로그램을 이용하였다.

자료처리의 첫 번째 단계인 3차원 좌표값을 계산하기 전에 원자료에 포함된 고주파의 노이즈를 제거하기 위해 저역통과필터(lowpass filter)를 사용하여 6 Hz의 차단 주파수(cut-off frequency)로 스무딩하였다.

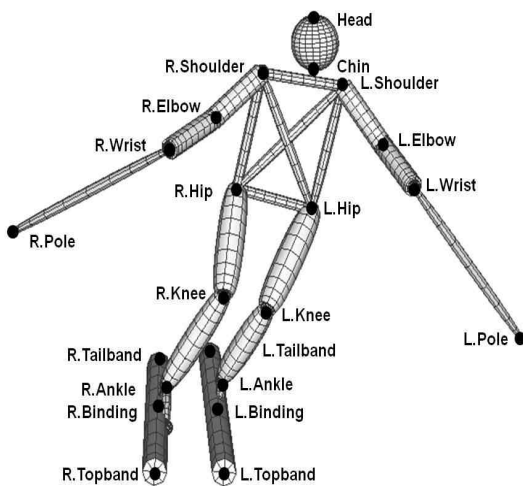


Figure 2. Body model and marker system for experiment

분석구간은 10번째 프레임에서 스키플레이트가 최대경사선(fall-line)을 향하도록 모든 연구 대상자들에게 동일하게 설정하였으며, 이전 9프레임과 이후 11프레임 등 총 20프레임을 분석하였다.

본 연구에서는 분석변인으로 접선속도, 중심고의 변화, 보폭의 변화, 관절각, 회전반경, 구심력 등을 살펴보았다.

주요 분석변인의 계산과 관련된 정의는 다음과 같다.

#### 1) 용어의 정의

몸통과 대퇴사잇각(angle between upper body and thigh) - 몸통분절과 오른쪽 대퇴가 이루는 각

몸통각(trunk angle) - 설면에 수직인 축과 몸통분절이 이루는 각  
보폭(width of two feet) - 발목관절 중심점 간의 거리

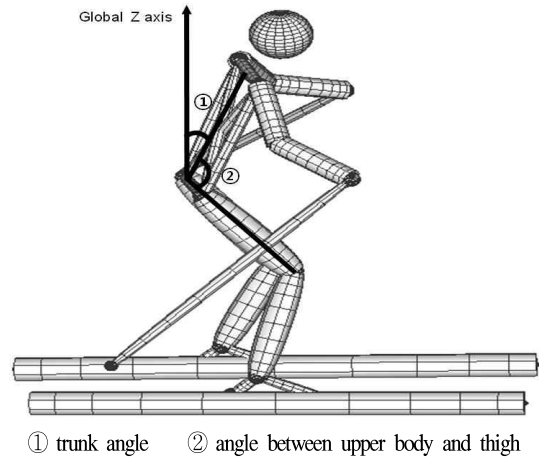


Figure 3. Definition of segmental angles

#### 2) 구심력(centripetal force)의 계산

구심력 공식  $F_c = \frac{mV^2}{R}$  를 이용하여 계산하였다. 이때 V는 접선속도이며 R은 곡률반경이다.

#### 3) 곡률반경(radius of curvature)의 계산

카빙스키의 곡률반경(회전반경)은 스키플레이트 상의 세 점(T1, T2, T3)을 이용하여 계산하였다. 이때 곡률반경 계산을 위한 스키플레이트 상의 세 점은 탑밴드(T1), 앞바인딩(T2), 테일(T3)의 위치 좌표를 이용하였다.

$$\text{곡률반경} = \frac{[1 + (\frac{dy}{dx})^2]^{\frac{3}{2}}}{|\frac{d^2y}{dx^2}|}$$

위 식을 사용하여 T1(x1, y1), T2(x2, y2), T3(x3, y3) 가 구성하는 곡선의 곡률반경을 구한 방법은 다음과 같다.

T1(x1, y1), T2(x2, y2)가 이루는 직선의 기울기는

$$\Delta m_{T1 T2} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y2 - y1}{x2 - x1}$$

T2(x2, y2), T3(x3,y3)가 이루는 직선의 기울기는

$$\Delta m_{T2 T3} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y3 - y2}{x3 - x2}$$

이 두 기울기를 평균하여 위의 곡률반경 공식의 분자 항 dy/dx를 구하였다.

$$\text{기울기의 평균} = \frac{\Delta m_{T1 T2} + \Delta m_{T2 T3}}{2} = \frac{dy}{dx}$$

공식의 분모 항인 이차미분은 위의 두 곡선 기울기의 기울기로 구하였다.

$$\frac{dy^2}{dx^2} = \frac{\Delta m_{T2 T3} - \Delta m_{T1 T2}}{x_3 - x_1}$$

이 값 들을 곡률반경 계산공식에서  $\frac{dx}{dy}$  와  $\frac{dx^2}{dy^2}$  의 항을 대입하여 구심력 산출에 필요한 곡률반경을 계산하였다.

### III. 결 과

<Table 2>에서, 턴이 이루어지는 동안 최대경사선에서의 접선속도를 살펴보면 고급자는 12.308 m/sec와 12.599 m/sec, 중급자는 12.747 m/sec와 11.691 m/sec, 초급자는 11.035 m/sec와 11.168 m/sec로 초급자가 중·고급자에 비해 상대적으로 느린 접선속도를 갖는 것으로 나타났다. 전체적인 변화패턴을 살펴보면, 기술 수준에 따른 특이한 변화는 관찰되지 않았으며, 모든 피험자들이 최대경사선을 전후해서 접선속도가 가장 빠른 것으로 나타났으며 이후 새로운 턴이 시작되기 직전까지 약간의 감속이 있는 것으로 나타났다.

최대경사선을 지난 직후 다음 턴을 준비하기 전까지 중심고의 변화를 살펴보면, 고급자인 경우 -1.1 cm와 -2.9 cm로 미세하게 낮아지는 양상을 보였다. 반면 중급자들의 경우, 한 피험자는 -1.9 cm 낮아져 고급자와 비슷한 패턴을 보였지만 다른 한 피험자는 3.5 cm 높아지는 것으로 나타났다. 초급자의 경우 역시 한명은 0.7 cm증가로 거의 변화가 없었지만 다른 한 피험자는 4.3 cm 높아지는 패턴을 보였다.

회전이 진행되는 동안 최대경사선에서의 좌우보폭의 변화를 살펴보면, 고급자들은 16.0 cm와 18.5 cm의 간격을 보인 반면 중급자들은 9.5 cm와 22.6 cm로 고급자들에 비해 상대적으로 좁거나 넓은 경향을 보였다. 그리고 초급자들은 15.7 cm와 27.2 cm로 한 피험자는 고급자들과 비슷한 좌우보폭을 나타낸 반면

다른 한명은 거의 1.5 배 가량 넓은 좌우보폭을 나타냈다. 하지만 고급자들과 비슷한 보폭을 나타낸 한 명 역시 최대경사선을 지나면서부터는 좌우보폭이 계속적으로 증가하는 양상을 보였으므로 고급자들과 비슷한 양상을 나타낸다고 보기는 어렵다.

<Figure 4>에서 좌우보폭의 전체적인 변화 양상을 보면 고급자들의 경우 최대경사선 전후로 보폭을 일정하게 유지하려는 경향을 보인 반면 중급자는 점차 좁아지거나 넓어지는 양상을 보였다. 그리고 초급자의 경우 두 참여자 모두 회전이 진행되면서 보폭이 넓어졌거나 지나치게 넓은 보폭을 유지하는 경향을 나타냈다.

최대경사선에서의 몸통과 대퇴사잇각을 살펴보면 고급자들은 123.1°와 130.8°인 반면 중급자들은 124.2°와 103.9°, 그리고 초급자들은 120.8°와 93.7°로 나타났다.

몸통과 대퇴사잇각의 변화 양상에서는 특별히 기술 수준에 따른 의미있는 차이가 나타나지는 않았다. 하지만 전체적인 변화폭과 각도에 있어서 기술 수준이 높은 피험자들이 낮은 피험자들에 비해 변화폭이 작으면서 큰 각도폭을 갖는 것으로 나타났다.

최대경사선에서의 몸통각은 고급자는 75.59°와 71.23°, 중급자는 69.66°와 55.82°, 초급자는 76.27°와 58.77°를 나타냈다. 최대경사선에서의 결과만 놓고 보면 고급자들은 상체를 상대적으로 많이 숙이면서 회전을 마무리한 반면, 중급자들은 상체를 좀 더 세운 자세로 최대경사선에 진입한 것으로 나타났다. 초급자들의 경우 한명은 고급자와 비슷한 각도를 나타냈지만 다른 한명의 피험자는 중급자와 마찬가지로 상대적으로 상체를 더 세운 자세를 취했다.

Table 2. Biomechanical variables at the fall-line

	H1	H2	M1	M2	L1	L2
tangential velocity (m/sec)	12.308	12.599	12.747	11.691	11.035	11.168
change of CM height after passing fall-line(cm)	-1.1	-2.9	3.5	-1.9	0.7	4.3
width of two feet(cm)	16.0	18.5	9.5	22.6	15.7	27.2
angle between upper body and thigh(°)	123.1	130.8	124.2	103.9	120.8	93.7
trunk angle(°)	75.6	71.2	69.7	55.8	76.3	58.8
average radius(m)	5.903	5.142	5.746	5.353	7.776	9.632
average centripetal force(N)	2098.11	2383.71	1790.03	2005.36	1233.12	983.62

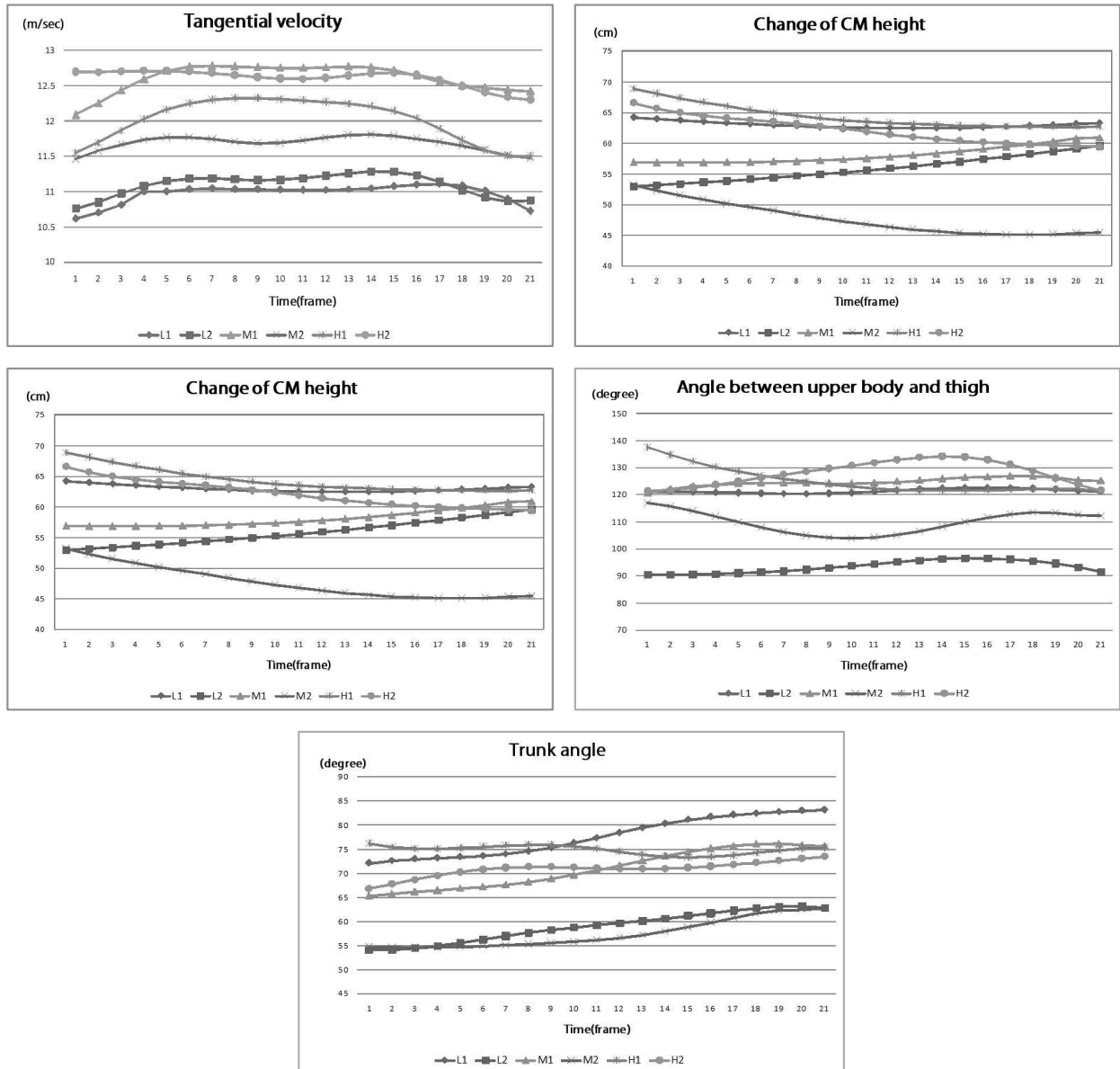


Figure 4. Variation pattern of principle variables in the ski carving turn

몸통각의 전반적인 변화 패턴을 살펴보면 최대경사선이 지난 이후 고급자들은 각각 최대 0.3°와 2.3°의 각도변화만 보인 반면 중급자들은 56.0°와 6.9°, 초급자들은 6.9°와 4.4°의 각도변화를 보였다.

기술 수준에 따른 평균곡률반경과 평균구심력에 대한 결과는 <Table 2>에 제시된 바와 같다. 평균 회전반경은 고급자의 경우 5.903 m와 5.142 m, 중급자는 5.746 m와 5.353 m, 초급자는 7.776 m와 9.632 m로 나타났다. 구심력은 고급자가 각각 2098.11 N과 2383.71 N으로 나타났으며, 중급자는 1790.03 N과 2005.36 N, 초급자는 1233.12 N과 983.62 N으로 나타나 카빙턴 동작에서는 기술 수준에 비례하여 큰 구심력을 생성시키는 것으로 나타났다.

#### IV. 논의

최대경사선을 지난 직후 고급자들은 중심고의 변화가 거의 없거나 미세하게 낮아졌지만 초급자와 중급자들은 오히려 중심고가 높아진 것으로 나타났다. 이러한 결과는 고급자의 경우 최대경사선을 지난 후에도 다음 회전을 위한 라인을 만들기 위해 성급하게 일어나지 않는 반면 한 명의 중급자와 두 명의 초급자들은 곧바로 일어섬에 따라 구심력의 부족으로 다음 회전에 필요한 스킵라인을 놓치는 결과를 초래할 수도 있을 것이다. 특히 회전의 깊이가 깊어질수록 턴 후반부의 자세유지가 중요한데 자세가 높아질수록 제어에 어려움을 겪게 될 것으로 생각된다.

회전운동에서는 구심력이 커질수록 관성에 의한 접선방향으로의 속도가 빨라지게 된다. 즉, 카빙스키 특유의 고속회전 시 충분한 구심력을 얻기 위해서는 최대경사선에서 가장 큰 구심력을 필요로 한다. 따라서 구심쪽으로 하체를 비롯한 신체가 낮아져야 하지만 이때 보폭이 좁을 경우 반대발의 방해로 인해 낮출 수 있는 각도가 작아지게 되어 결과적으로 고속회전이 어려워질 수 있다. 또한 보폭이 지나치게 넓을 경우 안쪽스키의 바깥 엽지에 많은 체중이 실리면서 오히려 안정성이 떨어지는 결과를 초래할 수도 있다는 점에서 정확한 체중이동의 중요성을 확인할 수 있다.

좌우보폭의 전체적인 변화 양상이 고급자와 초·중급자 간에 다르게 나타난 것은 초·중급자의 경우 체중이 이전 회전 동작에서 주된 구심력을 제공했던 안쪽스키로부터 최대경사선이 가까워짐에 따라 바깥쪽 스키로 원활하게 전달되지 못했기 때문에 나타나는 현상으로 풀이된다.

최대경사선에서의 몸통과 대퇴사잇각에 있어서의 결과는 중급자와 초급자 가운데 한 명씩은 몸통이 구심쪽으로 덜 움직였거나 몸 전체의 기울임이 아닌 골반의 압박만으로 구심력을 생성시킨 결과로 판단된다.

Miura, Ikegami, Kitamura, Matsui와 Sodeyama(1979)에 의하면 숙련된 스키어의 경우 스키 턴 동작 시 엉덩 관절의 각도가 158-170° 가량 나타난다고 하였다. 즉 선수들의 경우 신체중심의 좌우 이동폭을 줄이고 구심력의 상승 효과를 위해 하체를 상체에서 멀리 뺄어주는 동작을 취한다는 것을 의미한다. 따라서 회전속도의 증가에는 몸통과 대퇴사잇각의 증가가 필연적으로 수반된다고 할 수 있다. 결과적으로 초·중급자들이 취한 동작의 경우 저속 회전에서는 큰 무리가 없지만 회전속도가 빨라질수록 미끄러지거나(skidding) 오히려 회전반경이 커지는 원인을 제공한다는 점에서 재고의 여지가 있어 보인다.

몸통과 대퇴사잇각은 엽징각과도 관련이 있는데 Evans 등(1974)과 Maruyama 등(1994)이 저서에서 엽징각에 따라 사이드컷의 호가 달라지게 되고 그로 인해 마찰력 및 회전반경이 영향을 받는다는 주장과도 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉 적절한 엽징각은 원활한 회전을 이끌어내지만 상체를 활용하지 않고 골반부 압박만을 통한 하지의 엽징각 조절은 마찰력의 부족현상을 초래하여 미끄러짐을 유발시킬 수도 있을 것이다. 더불어 변화양상에 있어서의 기술수준에 따른 차이는 고급자들은 변화폭이 작으면서 큰 몸통과 대퇴사잇각을 보이고 초중급자들은 변화폭이 크거나 상대적으로 작은 각을 보여주었다는 것이다. 이것 역시 기술 수준이 높을수록 턴 속력이 빨라지게 되고 그로 인해 필요한 구심력이 증가하기 때문에 하체를 이용한 압박이 아닌 몸 전체를 이용한 압박이 활용된 것으로 판단된다.

몸통각의 차이는 고급자들은 최대경사선 진입 이후 각도의 변화를 최소화시킨 반면 초·중급자들은 대부분 상체를 더 앞으로 숙이면서 회전을 마무리했기 때문에 판단된다. 즉, 기술 수준이 높지 않은 경우 회전의 마무리에서 상체의 움직임을 최소화하지 못하는 경향이 있음을 알 수 있다.

기술 수준에 따른 평균회전반경과 평균구심력 결과치에 있어서 특이한 점은 고급자와 중급자 간의 회전반경에는 큰 차이가 나타나지 않은 반면 초급자와는 큰 차이를 나타냈다는 것이다. 이와 같은 결과는 숙련된 스키어의 경우 스키 턴 동작 시 신체 무게중심의 곡률반경이 작은 반면 비숙련자는 곡률반경이 비교적 크다는 선행연구(Sodeyama 등, 1979)의 결과와 일치하는 결과이다. 하지만 본 연구의 결과로는 중급 정도의 숙련도만 갖더라도 충분히 작은 곡률반경을 갖는 턴이 가능하다는 점을 의미하는 결과로도 해석할 수 있다. 한편 구심력의 결과치를 살펴보면 고급자들이 중급자나 초급자들에 비해 최대 2배에 가까운 월등히 큰 구심력을 생성시키는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 카빙턴의 기술수준이 높아짐에 따라 회전 시 큰 구심력을 발생시키며 이로 인해 빠른 회전속도를 얻는다는 것을 의미한다. 더불어 본 연구를 통해 확인된 것은 상급자와 중급자들의 경우 구심력에 결정적인 영향을 미치는 것은 피험자의 체중과 접선방향으로의 선속도이며 초급자의 경우에는 이와 더불어 회전반경 역시 큰 영향을 미친다는 것이다. 또한 엽징각에 따라 스키가 미끄러지는 정도가 달라지게 되며 이것은 결국 사이드컷과 관련이 있다는 Evans 등(1974)의 주장은 결국 스키 사이드컷의 활용 정도가 기술수준과 관련이 있음을 전제하고 있다. 따라서 기술수준이 낮을수록 카빙요소보다는 스키딩 요소를 더 많이 활용하기 때문에 회전반경을 줄이지 못하며 구심력 역시 증가시키지 못하는 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구는 스키 카빙턴 동작 시 스키어들의 기술 수준에 따른 동작의 차이를 살펴보는 것으로 기술 수준이 다른 6명의 스키어를 대상으로 최대경사선(fall-line) 주변에서의 자세변화를 살펴보고 스키어의 움직임을 회전역학의 관점에서 평가해보았다. 분석 결과를 고급자의 특성 위주로 정리하면, 최대경사선을 지난 직후 고급자들은 초급자와 중급자들에 비해 중심고의 변화를 최소화시키고 좌우보폭을 일정하게 유지시키는 경향을 나타냈다. 그리고 구심력 생성에 상체의 활용정도를 높이며 턴 이후 상체의 아래쪽에서의 움직임을 억제시키는 것으로 나타났다. 또한 회전이 이루어지는 동안 초·중급자들에 비해 스키의 회전반

경을 줄이지 않으면서도 상대적으로 큰 구심력을 생성시키는 것으로 나타났다. 따라서 결론적으로 초급과 중급 스키어들이 고급 스키어가 되기 위해서는 턴 동작 시 움직임의 최소화와 함께 정확한 엇징을 통한 구심력의 증가 노력이 가장 중요한 요소일 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 김혜영(2000). 역학적 모형을 이용한 스키 속도 경기(speed skiing)의 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 39(2), 190-498.
- 이계산, 현무성(2003). 스키 카빙 롱 턴 동작의 운동학적 분석. *체육과학연구*, 14(1), 36-45.
- 현무성(2003). 스키 카빙 숏 턴 동작의 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 42(6), 995-1003.
- Evans, H., Jackman, B., & Otlaway, M.(1974). *We Learned to Ski*. New York: St. Martin's Press.
- Heinrich, D., Mössner, M., Kaps, P., & Nachbauer, W.(2010). Calculation of the contact pressure between ski and snow during a carved turn in Alpine skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 485-492.
- Ichino, S.(1999). Revolution in ski: carving technique. *Ski Journal*, Ski Journal Co., Ltd., Tokyo, Japan.
- Lind, D., & Sanders, S. P.(1996). *The Physics of Skiing*. New York, Springer-Verlag New York.
- Maruyama, S., Okuda, E., Watanabe, S., Hirakawa, H., Masuda, C., Murasato, T., & Suzuki, S.(1994). Japan Ski Kyotei(The Text of Ski Association of Japan). *Ski Journal*, Ski Journa Co., Ltd., Tokyo, Japan.
- Miura, M., Ikegami, Y., Kitamura, K., Matsui, H., & Sodeyama, H.(1979). *International Symposium on Science of Skiing*, (Zao yamagata prefecture in Japan), 59-69.
- Mote, C. D., & Kuo, C. Y.(1989). Identification of knee joint models for valgus and internal-external rotations. Snow Skiing Experiments, *Journal of Biomechanics*, 22, 245-259.
- Sahashi, T., Ichino, S.(1990). Experimental study of the mechanism of skiing turns. II. Measurement of edging angles. *Japanese Journal of applied physics*, 29, 1203-1208.
- Sahashi, T., & Ichino, S.(1998). Coefficient of kinetic friction of snow skis during turning descents. *Japanese Journal of Applied Physics*, 37, 720-727.
- Sahashi, T., & Ichino, S.(2001). Carving-turn and edging angle of skis. *Sports Engineering*, 4, 135-145.
- Sodeyama, H., Miura, M., Kitamura, K., Matsui, H.(1976) Study of the Displacement of a Skier's Center of Gravity during a Ski Turn, in. *Biomechanics VS*(eds. R. C. Nelson, C. A. Morehouse), University Park Press, Baltimore, pp. 271-276.
- Stenmark, I.(1990). Ski technique in the 1990s. *Snow country*, 18.
- Yoneyama, T., Kagawa, H., Okamoto, A., & Sawada, M.(2000). Joint motion and reacting force in the carving ski turn compared with the conventional ski turn. *Sports Engineering*, 3, 161-176.