

## 스노보드 시뮬레이터 운동 시 전문가와 비전문가의 하지 운동특성 분석

박선우 · 안순재 · 김종만 · 신이수 · 최은경 · 김영호

연세대학교 의공학과, 연세대학교 의료공학연구소

### Kinematic Study of Lower Extremity Movements in Unskilled and Expert Snowboarders During Snowboard Simulator Exercises

Sunwoo Park, Soonjae Ahn, Jongman Kim, Isu Shin, Eunkyong Choi and Youngho Kim

Department of Biomedical Engineering and Institute of Medical Engineering, Yonsei University

(Manuscript received 23 July 2015; revised 4 August 2015; accepted 5 August 2015)

**Abstract:** In this study, joint angles of the lower extremity and tibial acceleration and angular velocity were measured during a snowboard simulator exercises in order to evaluate the skill of snowboarders. Ten unskilled and ten expert snowboarders were recruited for the study. A three-dimensional motion capture system and two inertial sensor modules were used to acquire joint movements, acceleration and angular velocity of the lower extremities during snowboard simulator exercises. Pattern variations were calculated to assess variations in the snowboard simulator motion of unskilled and expert snowboarders. Results showed that expert snowboarders showed greater range of motion in joint angles and greater peak to peak amplitude in acceleration and angular velocity for tibia than unskilled snowboarders. The unskilled snowboarders did not show symmetrical shape(same magnitude but opposite direction) in tibial angular velocity during two edge turns in snowboard simulator exercises. The expert snowboarders showed smaller pattern variations for joint angle of lower extremity, tibial acceleration and tibial angular velocity than unskilled snowboarders. Inertial sensor data and pattern variations during the snowboard simulator exercises could be useful to evaluate the skill of snowboarders.

**Key words:** snowboard simulator, inertial sensor, kinematics, pattern variation

### 1. 서 론

스키와 스노보드는 1998년 동계올림픽에서 정식 종목으로 채택된 이후 대중적 동계 스포츠로 자리매김하고 있다 [1]. 특히 스키장에서 스키어들보다 스노보더들이 더 많이 보이는 것은 스노보드의 대중화가 더 빠르게 진행되고 있음

을 알 수 있다[2]. 스노보드의 기술적인 원리는 보드 중앙의 캠버(camber)의 굴곡에서 비롯되는데, 체중이 스노보드 전체에 분산되도록 하면 활주 시 곡선을 그리는 사이드 커브(side curve) 현상이 나타난다[3]. 따라서 보드의 엷지를 주로 이용하는 카빙 턴(carving turn)에서는 엷지가 곡선을 그리면서 바닥에 닿게 된다.

스키와 스노보드는 일반적으로 영상장비를 이용한 연구가 진행되었다[4-7]. Delorme 등[4]은 스노보딩 시 발목관절의 운동형상학적 파라미터를 분석하였고, McAlpine과 Kersting[5]은 프리스타일 스노보딩 착지구간에 대한 운동형상학 및 운동역학적 분석을 수행하였다. 백진호 등[6]은 알파인 스노보더들의 카빙 턴 시 턴 전환 시점에서의 운동형상학적 분석을 하였고, 조현대 등[7]은 스노보드 턴 동작에 대한 운동학적 분석에서 체중심(center of mass: COM)

Corresponding Author : Youngho Kim  
R204, Sanhak-Building, Yonsei University, Heungup, Wonju, Gangwon 220-710, Korea  
TEL: +82-33-760-2859 / FAX:+82-33-760-2852  
E-mail: younghokim@yonsei.ac.kr

본 연구는 문화체육관광부의 스포츠산업기술 개발사업(s07201211-042014)에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금과 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임 (No. 2013H1B8A2032194).

의 변위, 각 구간별 소요시간, 하지 관절각도와 각속도 등을 분석하였다. 그러나, 영상장비는 실험환경 통제가 잘 되지 않으며, 측정범위(capture volume)가 제한적이다. 또한 지금까지 스노보드 연구는 턴 시 각 신체분절 각도 변화와 체중심 변위 변화 등에 제한되었다.

설상 환경이 제한적이며 비시즌 시에 실내 스키장이나 해외 전지훈련으로 대체되는 국내여건 상, 실내에서 스노보드 훈련이 가능한 시뮬레이터의 필요성이 대두되고 있으며, 따라서 시뮬레이터 동작특성에 대한 정량적 분석이 필요하다. 동적 균형은 운동능력 향상과 성공적인 운동을 위해 필수적 요소이다[8]. 카빙 턴 동작을 원활하게 하기 위해서는 체중심의 안정적인 이동을 통한 동적 균형과 엣지의 균형적인 이용이 매우 중요하다[9]. 스키 시뮬레이터[10-14]의 경우 스노보드 시뮬레이터에 비해 상대적으로 많은 연구가 진행되고 있지만 스노보드 시뮬레이터에 대한 정량적 연구는 전무한 실정이다. 김선진 등[10]은 실제 스키 동작과 비슷한 동작을 구현하는 시뮬레이터의 효용성을 분석하였고, Gabriele 등[11]은 스키 시뮬레이터 운동 시 스키 가이드라인에 따라 스키 폴(ski pole) 사용 유무의 영향을 평가하였으며, 실제 스키와 같이 스키 폴을 사용하는 것이 훈련효과가 높다고 발표하였다. 남창현과 우병훈[12]은 스키 시뮬레이터 운동 시 신체의 평형성과 안정성을 유지하기 위한 협응 구조의 형성과정을 알아보았고, 이효택 등[13]은 삼차원 동작분석 시스템을 이용하여 일반인과 전문가의 하지 관절각도를 비교하였다. 이러한 연구들을 통해서 스키 시뮬레이터 동작에 대한 운동형상학적 분석은 가능하였으나, 숙련도를 정량적으로 평가하지 못했다. 최근 김정윤 등[14]은 스키 시뮬레이터 운동 시 전문가와 비전문가에 대한 정량적 분석과 패

턴변동성을 이용한 숙련도 평가 연구를 진행하여, 전문가는 비전문가에 비해 관절각도, 가속도, 각속도에서 더 큰 동작 범위를 보이고 패턴변동성이 작고 양발의 대칭성이 우수하여 전문가가 더 일정하고 안정적으로 스키 동작을 수행함을 발표하였다.

본 연구에서는 스노보드 시뮬레이터와 삼차원 동작분석 시스템을 이용하여 스노보드 동작에 대한 하지 관절운동을 측정하였고, 자체개발한 관성센서 모듈[14]을 이용하여 가속도, 각속도 등의 운동학적 물리량을 분석하였다. 또한 삼차원 동작분석 시스템을 이용한 분석 결과를 바탕으로 이를 대체 가능한 관성센서 시스템을 이용한 숙련도 평가 방법으로 동적 균형을 대변하기 위한 패턴변동성, 엣지 각도 대칭성을 대변하기 위한 정강이 pitch 각속도의 적분비를 제안하여 숙련도를 평가하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

스노보드 전문가 10명(23.1 ± 2.6세, 176.4 ± 2.5cm, 71.6 ± 6.0kg)과 비전문가 10명(22.3 ± 1.6세, 175.4 ± 4.7cm, 72.2 ± 5.8kg)이 실험에 참가하였다. 전문가는 대한스키지도자연맹(KSIA)에서 발급한 자격증 소지자, 비전문가는 스노보드 경력 1년 미만인 자로 선정하였다. 실험동의서를 미리 피험자에게 설명하여 사전 동의를 얻은 후에 실험을 실시하였다.

### 2. 측정 장비

본 연구에서는 스노보드 시뮬레이터(The carving master, La Chaba, Japan)를 사용하여 스노보드 카빙 턴 동작을 구현하였다(그림 1). 사용된 스노보드 시뮬레이터는 슬로프 경사각이나 골반회전(pevic rotation) 등의 동작은 구현할 수 없지만, 보드의 엣지를 주로 이용하는 카빙 턴의 프론트 턴(front turn)과 백 턴(back turn)의 동작특성을 연속적으로 구현할 수 있기 때문에 현직 선수들의 비시즌 실내훈련에 사용되고 있다. 삼차원 동작분석 시스템(VICON MX system, VICON Motion Systems, UK)과 자체 제작한 통합 관성센서 모듈(3축 가속도센서, 3축 각속도센서) (MPU-9150, InvenSense, USA)[14] 2개를 동기화하여 동작분석을 수행하였다. 하지 관절 동작을 분석하기 위해 Davis marker set[15]을 응용하여 16개의 반사마커를 피험자 하지의 해부학적 위치에 부착하였다. 관성센서 모듈은 양측 무릎 하방 10cm 위치의 정강이(tibia)에 부착하였고, 관성센서의 각 축은 그림 1과 같이 정의하였다. 마커 데이터는 200 Hz, 관성센서의 가속도와 각속도는 100Hz로 각각 측정하였고, 삼차원 동작분석 시스템의 아날로그 트리거 신호를 이

110

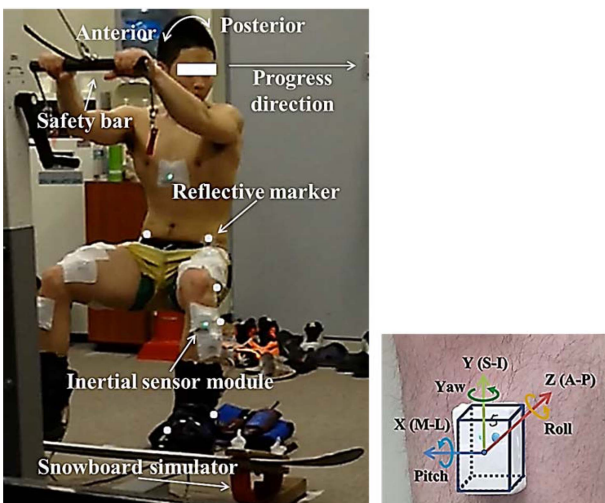


그림 1. 스노보드 시뮬레이터 실험 장면 및 관성센서 축 정의.  
Fig. 1. Snowboard simulator exercise and the definition of the inertial sensor module.

용하여 동기화하였다.

### 3. 실험 방법

피험자는 스노보드 부츠를 신고 시뮬레이터에 장착된 스노보드에 부츠를 고정한 후 상체고정용 안전바를 잡고 편안한 자세로 서 있다가, '시작' 구령 후 백 턴을 시작으로 프론트 턴 후 다시 백 턴으로 돌아오는 전후(anterior-posterior) 동작을 편안한 속도로 반복하였다(그림 1). 실험 전 시뮬레이터 동작에 익숙해 질 수 있도록 30분 이상 연습을 실시하였다. 피로를 느끼지 않는 수준에서 운동과 휴식을 반복하였고, 10주기 씩 총 5회 실시하였다.

### 4. 데이터 분석 방법

하지 관절각도는 marker set에서 설정된 관절중심과 하

지 체절 축을 이용하여 계산되었다. 가속도와 각속도는 관성센서 모듈 내부의 20Hz 저역통과필터를 통해 수집되었다. 고개를 돌린 방향을 진행방향으로 하여 그 발을 앞 발(nose foot), 반대 쪽 발을 뒷 발(tail foot)로 정의하였다. 백 턴 시 발뒤꿈치 마커와 프론트 턴 시 발가락 마커의 수직 궤적이 최소가 되는 지점을 기준으로 백 턴에서 다시 백 턴에 이르는 것을 한 주기로 하였다. 전체 주기 중 0%와 100%는 백 턴, 25%와 75%는 엷지 턴, 50%는 프론트 턴 시점이다. 하지 관절 ROM(range of motion), 정강이 가속도와 각속도 PPA(peak to peak amplitude)를 분석하였고, 패턴변동성을 이용하여 안정성과 균형성을 분석하였다[14]. 정강이 관성센서 pitch 각속도 적분 면적은 엷지 각도를 대변할 수 있다. 프론트 턴 시 pitch 각속도 적분값을 백 턴 시 pitch 각속도 적분값으로 나누어 계산하였다. 이 값이 1에

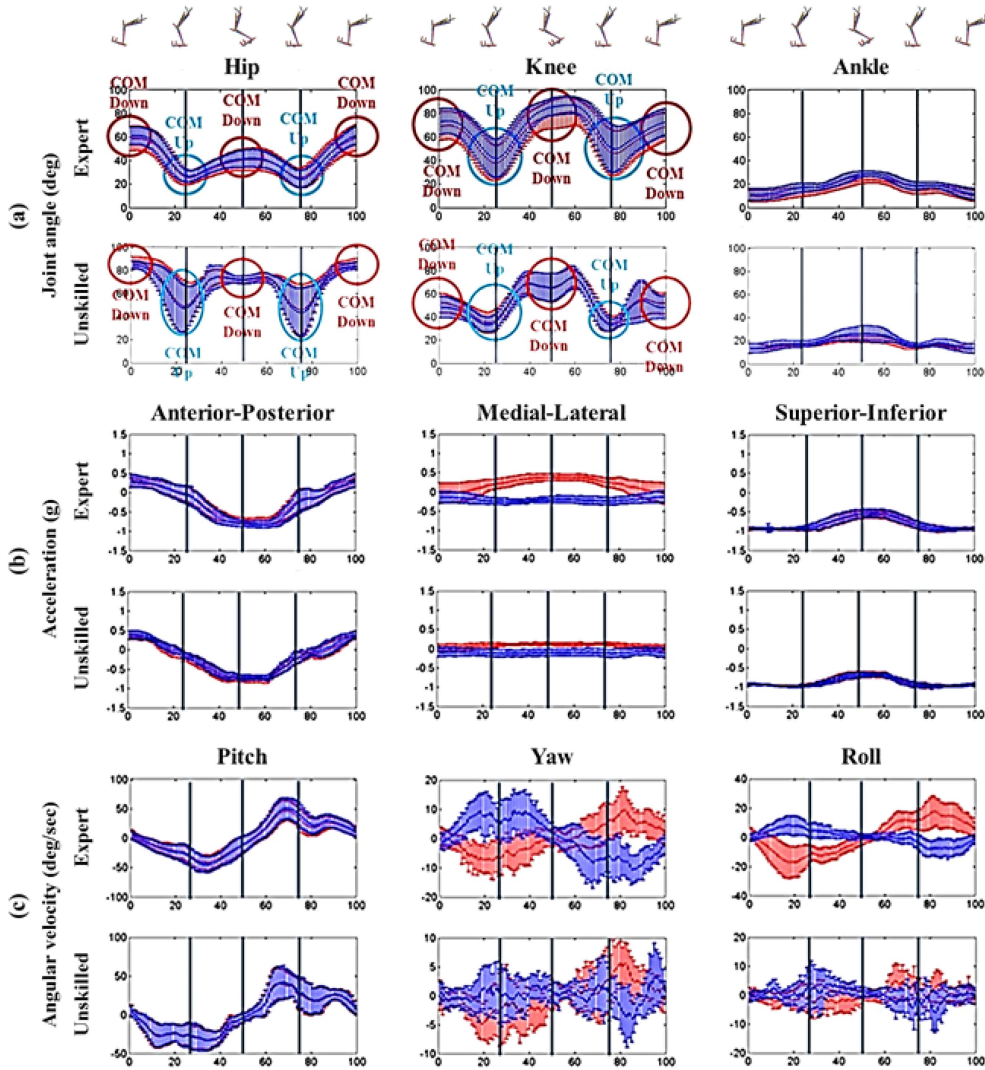


그림 2. 스노보드 시뮬레이터 운동 중 전문가 그룹과 비전문가 그룹의 (a) 하지 관절각도, (b) 정강이 가속도, (c) 정강이 각속도. 붉은색은 앞 발(nose foot), 푸른색은 뒷 발(tail foot).

Fig. 2. (a) Joint angle of lower extremity, (b) Tibial acceleration, (c) Tibial angular velocity in unskilled and expert snowboarders during snowboard simulator exercises.

가까울수록 양 턴 시 엇지 각도가 대칭됨을 의미한다. 동작에 대한 규칙성과 안정성을 대변하는 패턴변동성은 아래 수식으로 계산하였다.

$$\sigma = \sqrt{E((X_t - E(X_t))^2)}$$

$X_t$ 는 시간  $t$ 의 개별데이터 이고,  $E(X_t)$ 는 시간  $t$ 의 평균패턴이다. 통계분석은 독립  $t$ -test를 사용하여 전문가와 비전문가를 비교하였다( $p < 0.05$ ).

### III. 결 과

#### 1. 하지 관절각도

그림 2(a)는 시뮬레이터 운동 시 시상면(sagittal plane) 하지 관절각도이다. 모든 하지 관절은 전체 주기에 걸쳐 굴곡하였으며, 동일 피험자 내에서의 양 발의 유의한 차이는 없었다. 턴 시 엉덩관절과 무릎관절이 굴곡하였고, 양 턴에서 엇지 턴으로 이동하는 동안 상대적으로 신전하였다. 이는 턴 시 안정적인 자세유지 및 턴을 위해 체중심을 가장 낮게 하는 COM down과 엇지 턴 시 빠른 속도를 위해 체중심을 가장 높게 하는 COM up에 의해 발생한 것이다. 비전문가는 전문가에 비해 엉덩관절은  $30.7 \pm 10.8^\circ$  더 굴곡(백 턴:  $28.7 \pm 5.4^\circ$ , 프론트 턴:  $34.6 \pm 8.7^\circ$ ), 무릎관절은 더 신전(백 턴:  $19.3 \pm 10.4^\circ$ , 프론트 턴:  $13.2 \pm 12.7^\circ$ )하였다. 하지 관절 ROM은 전문가가 엉덩관절, 비전문가가 무릎관절에서 각각 유의하게 컸다(표 1).

#### 2. 정강이 가속도

그림 2(b)는 시뮬레이터 운동 시 정강이 관성센서에서 측정된 가속도이다. 전후 움직임만 발생하는 시뮬레이터 동작 특성으로 인해 전문가와 비전문가 모두 전후 가속도에서 유

표 2. 하지 관절각도, 정강이 가속도, 정강이 각속도 패턴변동성.  
Table 2. Pattern variation of joint angle, tibia acceleration and tibia angular velocity.

		Expert	Unskilled
Joint angle	Ankle	1.4 ± 0.5	1.5 ± 0.7
	Knee	5.9 ± 2.6	6.3 ± 1.9
	Hip	3.9 ± 1.8	4.3 ± 2.8
Acceleration	Anterior-Posterior	0.37 ± 0.03	0.38 ± 0.04
	Medial-Lateral	0.17 ± 0.05	0.22 ± 0.07*
	Superior-Inferior	0.16 ± 0.15	0.21 ± 0.06*
Angular velocity	Pitch	28.7 ± 6.6	36.3 ± 7.0
	Yaw	8.2 ± 5.0	16.0 ± 1.0*
	Roll	12.0 ± 5.2	23.9 ± 1.6*

\*indicates a significant differences compared with the expert ( $p < 0.05$ )

사한 형태로 발생하였다. 백 턴에서 엇지 턴으로 이동하는 동안 전방 가속도가 발생하여 프론트 턴 시 최대로 가속된다. 전문가의 가속도 PPA가 모든 방향에서 크게 나타났으며, 더 큰 체중심 변화에 따른 무릎굴곡과 무릎외전(abduction)으로 인해 내외(medial-lateral)의 가속도 PPA가 유의하게 컸다(표 1).

#### 3. 정강이 각속도

그림 2(c)는 시뮬레이터 운동 시 정강이 관성센서에서 측정된 각속도이다. 양 턴에서  $0^\circ/\text{sec}$ 가 되며 이를 시뮬레이터 주기 구분에 이용할 수 있다. 실험결과 개인차로 인해 엇지 턴의 경우 전문가는 주기의  $25.2 \pm 1.2\%$ 와  $74.5 \pm 2.2\%$ , 비전문가는  $23.8 \pm 5.3\%$ 와  $73.8 \pm 6.8\%$ 가 되었으며 유의한 차이는 없었다. 전후 움직임으로 인해 pitch 각속도에서 전문가와 비전문가 모두 유사한 형태로 발생하였다. Yaw와 roll 각속도에서 전문가는 앞 발과 뒷 발이 대칭적으로 변

표 1. 하지 관절 ROM과 정강이 가속도 및 각속도의 PPA.

Table 1. Joint ROMs and PPA of tibia acceleration and tibia angular velocity.

		Nose foot		Tail foot	
		Expert	Unskilled	Expert	Unskilled
Joint angle (°)	Ankle	16.2 ± 5.2	16.2 ± 6.2	17.1 ± 6.8	16.1 ± 7.2
	Knee	40.5 ± 14.5	31.8 ± 11.2*	42.1 ± 15.8	31.6 ± 12.5*
	Hip	37.3 ± 11.8	49.2 ± 18.7*	37.8 ± 10.5	48.5 ± 16.8*
Acceleration (g)	Anterior-Posterior	16.2 ± 5.2	16.2 ± 6.2	17.1 ± 6.8	16.1 ± 7.2
	Medial-Lateral	40.5 ± 10.5	31.8 ± 11.2*	42.1 ± 10.8	31.6 ± 12.5*
	Superior-Inferior	38.0 ± 11.8	34.7 ± 18.7*	37.9 ± 15.5	32.4 ± 16.8*
Angular velocity (°/sec)	Pitch	126.3 ± 12.8	102.3 ± 25.6	126.3 ± 12.8	101.3 ± 22.6
	Yaw	25.5 ± 9.5	12.8 ± 19.2*	28.4 ± 10.9	10.8 ± 20.2*
	Roll	30.7 ± 10.6	12.8 ± 13.9*	27.7 ± 9.7	12.8 ± 12.9*

\*indicates a significant differences compared with the expert ( $p < 0.05$ )

표 3. 정강이 Pitch 각속도 적분비(양 턴 시 옛지 대칭성).  
Table 3. Integral ratio of tibia pitch angular velocity.

	Expert	Unskilled
Nose foot	1.0 ± 0.2	1.3 ± 0.2*
Tail foot	1.0 ± 0.2	1.3 ± 0.3*

\*indicates a significant differences compared with the expert ( $p < 0.05$ )

하였으나, 비전문가는 대칭적이지 않았으며 전문가에 비해 유의하게 작았다(표 1). 이는 시뮬레이터 운동 시 비전문가의 체중심 이동이 원활하지 못함을 의미한다.

#### 4. 패턴변동성

표 2는 시상면 하지 관절각도, 정강이 가속도와 각속도의 패턴변동성이다. 하지 관절각도에서 전문가가 상대적으로 작은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 가속도 패턴변동성은 전문가가 내외와 상하(superior-inferior)에서 유의하게 작았고, 각속도의 패턴변동성은 전문가가 yaw와 roll에서 유의하게 작았다. 이는 전문가의 체중심 이동을 위한 무릎굽힘과 무릎외전이 더 크고 규칙적으로 이루어졌음을 의미한다.

#### 5. Pitch 각속도 적분비(양 턴 시 옛지 대칭성)

표 3은 턴 시 정강이 pitch 각속도 적분비다. 전문가의 경우 그 값이 1에 가깝고 그 값이 비전문가와 유의한 차이를 보였으며 이는 양 턴 시 스노보드의 옛지 각도가 더 대칭적임을 의미한다. 또한 비전문가의 경우 그 값이 1보다 컸으며, 이는 백 턴 보다 프론트 턴 옛지 각도가 큼을 말한다.

### IV. 논 의

스노보드 턴에서 가장 기본적으로 익혀야 할 BBP(balanced body position) 자세는 발목, 무릎, 엉덩관절을 구부려서 체중심을 낮추고, 어깨선이 평행되도록 해야 한다. 상체 회전을 이용하고 보드 전체가 설면에 닿아야 하는 비기너 턴(beginner turn)과 달리 옛지를 설면에 가압하고 슬라이딩을 최소화시키는 카빙 턴에서는 체중심의 안정적인 이동이 중요하다[1]. 하지 관절 ROM에서 전문가가 유의하게 큰 ROM이 발생하였으며 이는 체중심 이동이 비전문가에 비해 더 크고 원활하게 일어났다는 것을 의미한다. 또한 비전문가의 엉덩관절이 더 굴곡 되고, 무릎관절은 더 신전됨에 따라 체중심을 낮추는 전략으로 전문가는 무릎관절을 이용하지만, 비전문가는 상체 굽힘을 이용함을 알 수 있다. 이는 비전문가의 경우 옛지가 바뀌는 시점에서 급경사에 대한 공포로 인해 턴의 안쪽으로 충분히 몸을 낮추어 기울이지 못하고, 골반을 뒤쪽으로 빼는 동작을 취해 효율적인 턴을 수

행하지 못한다는 선행연구 결과와 일치 한다[9]. 가속도와 각속도에서도 비전문가의 PPA가 작고 양 발에서 대칭적인 궤적이 나타나지 않아 체중심 이동 시 충분한 하지 관절의 움직임이 나타나지 못함을 알 수 있다. 패턴변동성의 값이 작을수록 규칙적이고 일정한 운동이 이루어졌음을 의미한다. 전문가의 하지 관절각도, 가속도, 각속도의 패턴변동성 모두 유의하게 작았다. 옛지 기울기에서도 전문가의 경우 1에 가까운 값을 보여 양 턴 시 일정한 옛지 각도를 유지하지만, 비전문가의 경우 프론트 턴 시 백 턴 때보다 큰 옛지 각도가 나타났다. 이 또한 비전문가에서 효율적인 백 턴이 이루어지지 못한다는 선행연구와 일치하였다[9].

본 연구에서는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째로, 시뮬레이터 운동 시 안전바를 잡아 상체 동작이 제한되었다. 현무성 등[9]은 스노보드 동작 시 체중심 이동 및 하지 움직임과 더불어 상체 동작 특성도 중요하게 고려해야 한다고 언급했다. 둘째로, 부츠고정 바인더 각도를 피험자에 맞춰 조절하지 않았다. 선행연구[16,17]에 따르면 발목관절 부상이 스노보드 관련 부상의 30%를 차지한다고 한다. 또한 Delorme 등[4]은 앞 발은 21°, 뒷 발은 6° 회전하여 고정해야 한다고 발표하였다. 셋째로, 지면반발력(ground reaction force) 등과 같은 운동역학적 분석이 이루어지지 않았다. MacAlpine과 Kersting 등[5]은 스노보드에 힘 측정판(force plate)을 장착하여 점프 후 착지구간을 분석하였으며, 이는 스노보드 관련 부상과 높은 상관관계가 있다고 하였다. 향후 제한점들을 보완하여 좀 더 실제 동작과 유사한 시뮬레이터 동작에 대한 정량적 연관관계를 분석할 예정이다.

### V. 결 론

본 연구에서는 스노보드 시뮬레이터 운동 시 전문가와 비전문가의 하지 관절각도, 가속도, 각속도를 비교 분석하였다. 삼차원 동작분석을 이용하여 동작주기를 분석하였으며, 이를 바탕으로 관성센서의 정강이 pitch 각속도가 0°/sec이 되는 시점으로 주기를 나눌 수 있음을 확인하였다. 또한 속련도를 평가하기 위한 평가 파라미터로 패턴변동성 파라미터를 제안하였고, 양 턴 시 옛지 각도 대칭성을 동작분석 데이터에서 확인한 후 이를 대변하여 평가할 수 있는 정강이 pitch 각속도 적분비를 제안하였다. 실험결과 전문가가 비전문가에 비해 더 큰 변화를 보였으며, 작은 패턴변동성과 1에 가까운 pitch 각속도 적분비로 더 일정하고 규칙적인 패턴으로 운동함을 알 수 있었다. 본 연구를 통해서 시간적, 공간적 제약이 따르는 설상 슬로프 환경 외에 제한된 실내에서 시뮬레이터와 관성센서를 이용하여 스노보드 자세와 속련도를 정량적으로 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

## Reference

- [1] M.S. Hyun and H.S. Jung, "Clinical article : An analysis of upper limbs injury types of snowboarding in 2004-2008 Season", *The Korean Journal of Sports Medicine*, vol. 28, pp. 17-24, 2010.
- [2] T.K. Yoo and S.C. Lee, "The relationship between participating after behavior and participant motivation of snowboard user", *Korean Philosophic Society for Sport & Dance*, vol. 10, pp. 113-124, 2002.
- [3] M.S. Hyun, S.H. Lee, H.S. Jung, Y.S. Jung, K.H. Jung, H.K. Kim, S.C. Lee, S.I. Ha and B.N. Min, "The comparison of injury types and cause in first time skiers and snowboarders", *Korea Society for Wellness*, vol. 6, pp. 425-434, 2011.
- [4] S. Delorme, S. Tavoularis and M. Lamontagne, "Kinematics of the ankle joint complex in snowboarding", *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 21, pp. 394-403, 2005.
- [5] P. McAlpine and U. Kersting, "Development of a field testing protocol for the biomechanical analysis of snowboard jump landings. a pilot study", *Proceedings of the XXIV International Symposium on Biomechanics in Sports*, University of Salzburg; Salzburg, 2006, pp. 79-82.
- [6] J.H. Back, W.I. Son, J.S. Lee, S.H. Jo, J.G. Yi and B.P. Sidhartha, "Kinematical analysis of the turn transition phase of the snowboarders' carving turn", *International Journal of Bio-science and Bio-technology*, vol. 5, pp. 43-54, 2013.
- [7] H.D. Jo, "The kinematic comparative analysis of the snowboard turn", *Postgraduate thesis, Graduate School of Korea National University of Education*, Korea, 2011.
- [8] B.L. Johnson, and J.K. Nelson, "Practical measurements for evaluation in physical education", 4th edition, London, U.K.: Macmillan Pub. Co., 1986, pp. 236-239.
- [9] M.S. Hyun and S.C. Lee, "Kinematic analysis of novice turn and carving turn in snowboard: case study", *Korea Society for Wellness*, vol. 7, pp. 185-194, 2012.
- [10] S.J. Kim, "The effect of ski simulator learning on coordinative structure of body segments", *The Korean Journal of Physical Education*, vol. 37, no. 1 pp. 133-144, 1998.
- [11] W. Gabriele, H.S. Charles, and A.W. Chad, "Physical-guidance benefits in learning a complex motor skill", *Journal of Motor Behavior*, vol. 30, no. 4, pp. 367-380, 1998.
- [12] C.H. Nam, and B.H. Woo, "Kinematical analysis of up-down motion in ski simulator", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, vol. 17, no. 3, pp. 41-49, 2007.
- [13] H.T. Lee, Y.J. Kim, and H.L. Roh, "Changes in the lower limb joint angle during the simulated skiing", *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 24, no. 6, pp. 471-474, 2012.
- [14] J.Y. Kim, S.J. Ahn, S.W. Park, I.S. Shin, G.S. Kim and Y.H. Kim, "Kinematic analysis of lower extremity and evaluation of skill of skier using parameters of inertial sensors during ski simulator exercise", *Journal of Biomedical Engineering Research*, vol. 35, pp. 35-41, 2014.
- [15] R.B. Davis, S. Ounpuu, D. Tyburski, and J.R. Gage, "A gait analysis data collection and reduction technique", *Human Movement Science*, vol. 10, no. 5, pp. 575-587, 1991.
- [16] T.M. Davidson and A.T. Laliotis, "Snowboarding injuries: A four-year study with comparison with alpine ski injuries", *The Western Journal of Medicine*, vol. 164, pp. 231-237, 1996.
- [17] C. Made and L.G. Elmqvist, "A 10-year study of snowboard injuries in Lapland Sweden", *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, vol. 14, pp. 128-133, 2004.