

인라인 스케이트 활주속력에 따른 T-Stop의 운동학적 분석

한제희¹ · 우병훈¹ · 김정구¹ · 김태완² · 김성섭³ · 김의환³

¹한양대학교 체육대학 체육학과 · ²국민체육진흥공단 체육과학연구원 스포츠과학연구소 · ³용인대학교 무도대학 유도학과

Kinematic Analysis of T-Stop Motion by Inline Skate Rolling Speed

Je-Hee Han¹ · Byung-Hoon Woo¹ · Jeong-Goo Kim¹ · Tae-Whan Kim² · Sung-Sup Kim³ · Eui-Hwan Kim³

¹Department of Physical Education, College of Physical Education, Hanyang University, Seoul, Korea

²Research Department of Sports Science, Korean Institute of Sport Science, Seoul, Korea

³Department of Judo, College of Martial Arts, Yongin University, Yongin, Korea

Received 15 July 2010; Received in revised form 10 November 2010; Accepted 15 December 2010

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the kinematical analysis of T-stop motion by inline skate rolling speed. Six subjects were participated in the experiment(age: 35.0±3.3 yrs, weight: 72.7±5.1 kg, height: 176.3±3.1 cm, career: 10.0±2.5 yrs). The study method adopted 3-dimensional analysis and 2 cameras for filming to analyze the required displacement of center of mass, displacement of right and left hip joint, displacement of right and left knee joint, displacement of trunk tilt using by APAS. The results were as follows; In anterior-posterior displacement of COM, the faster rolling speed, the longer displacement at phase 2. In vertical displacement of COM, the faster rolling speed, the lower displacement. In medial-lateral displacement of COM, there was no significant on rolling speed. In angular displacement of right thigh segment, the faster rolling speed, the bigger displacement in X and Z axis. In angular displacement of left thigh segment, the faster rolling speed, the lower displacement in X axis. In angular displacement of right shank segment, the faster rolling speed, the bigger displacement in Z axis. In angular displacement of left shank segment, the faster rolling speed, the bigger displacement in X and Y axis. In angular displacement of trunk segment, the faster rolling speed, the bigger displacement in Z axis.

Keywords : Inline Skate, T-stop, Rolling Speed, Kinematic

I. 서론

인라인 스케이트(Inline skate)는 보조 장구를 착용하고 안전 수칙만 준수한다면 운동 상해가 적으며 전신 지구력과 근력, 순발력 등 다양한 체력을 육성할 수 있다. 특히 전신과 큰 지구력의 발달에 운동 효과가 매우 높아 중장년층과 여성에게도 권

장할만한 여가 활동으로 남녀노소 모두 즐길 수 있는 최고의 인기 여가 스포츠라 할 수 있다(채현구, 2004). 국내에서도 많은 인라인 매니아와 동호회를 중심으로 그 인구가 급속도로 확산되고 있을 뿐만 아니라 가족 레저스포츠로 자리매김해 가고 있으며 젊은이들 사이에 인기 있는 레저스포츠로 각광 받고 있다.

인라인 스케이트의 종류에는 피트니스, 트레이닝, 어그레시브, 레이싱, 하키 5가지로 구분되는데 그중 피트니스는 일반적으로 초보자나 일반인들에게 널리 보급되는 스케이트이며 그 외 4가지 스케이트는 레이스 기록경기나 시합이나 대회 등에 전문적으로 사용되는 스케이트이다. 그러므로 인라인 스케이트의 종류와 용도에 따라 적용되는 기술은 조금씩 차이를 가지고 있다.

Corresponding Author : Byung-Hoon Woo
Department of Physical Education, College of Physical Education,
Hanyang University, 17 Haengdang-dong, Seongdong-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-2220-1324 / Fax : +82-2-2220-1329
E-mail : woowoo@hanyang.ac.kr

인라인 스케이트 기술에는 크게 스케이팅법과 정지법으로 나눌 수 있다. 이 중 인라인 스케이트 정지법은 운동 상해와 신체 안전성에 큰 영향을 미치는 기술로서 힐 브레이크 정지, T-Stop, A자 정지, 돌며 정지 등 여러 가지가 있지만 힐 브레이크 패드는 피트니스 인라인 스케이트에만 장착 되어있으며 다른 스케이트에는 장착되어 있지 않다. 힐 브레이크 없이 멈출 수 있는 가장 기초적인 정지 방법으로는 T-stop이 있는데 이 정지법은 앞으로 달리다가 정지하고자 하는 구간에서 한쪽 발을 뒤로 빼고 가로로 만들어 바퀴를 지면에 마찰시키면서 정지하는 기술이다. 이 기술은 양 스케이트를 T자 모양으로 엇갈리게 해서 바퀴의 마찰력을 이용하여 정지하는 것으로, 활주 중에 무게중심을 앞발로 이동시킨 다음 뒷발을 앞쪽 스케이트와 수직이 되도록 놓이게 하는 정지법이다(김영운, 2003). 정지구간에서 브레이크를 밟을 때 바퀴의 마찰력을 이용해 브레이크 밟기 직전의 운동에너지를 소멸시키는 정지법이다.

이러한 정지를 위해서 신체는 안정성이 요구된다. 그러므로 안정은 평형의 연장으로 어느 한쪽 방향으로 치우치거나 넘어지지 않는 상태를 말하는 것으로 안정성은 평형을 방해하는 요인에 대하여 얼마나 많은 저항을 가지느냐에 따라 결정되어진다. 정지하고 있다가 특정한 방향으로 신체를 이동하거나 또는 이동하고 있던 상황에서 정지 또는 방향전환을 하고자 할 때, 이에 대항하는 저항을 받게 되는데 이 두 가지 상황은 선안정성(linear stability)과 밀접한 관련이 있다(주명덕, 이기청, 2001). 안정적인 정지동작을 하기 위해서는 신체가 어떻게 반응하여 움직이는지를 알아볼 필요가 있다.

인라인 스케이트에 관련된 연구들을 살펴보면 다음과 같다. 김갑선(1992)은 롤러 스케이팅 활주 시 운동학적 특성을 연구하였고, 전성찬(1989)은 롤러 스케이팅 경기 시 효과적인 커브기술에 관한 연구를 하였으며, 박기범, 양정옥 및 이중숙(2003)은 인라인 스케이트 T300 m 출발동작 분석에서 신체중심의 높이와 하지관절에 대하여 연구를 하였다. 최태리와 김정태(2003)는 롤러 스케이팅 경기 시 출발동작에서의 신체 중심과 하지관절의 각도 및 각 속도에 대한 운동학적 특성을 분석하였다.

이와 같이 선행연구들에서는 운동수행의 목적을 위한 분석이 시도되고 있지만, 특히, 정지법에 대한 기술은 초급자에서 중급자로 가기 위해 기본적으로 숙지하여야 할 동작임에도 불구하고 안전을 위한 필수적인 기술인 정지법에 대한 분석은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 속도의 인라인 스케이트 활주 중 T-Stop의 정지법을 이용하여 정해진 일정구간 안에서 정지 시 신체의 동작 즉, 신체중심의 전·후, 좌·우, 상·하변위, 고관절, 무릎관절, 몸통기울기의 각변위의 차이를 비교, 분석하여 그 결과를 토대로 인라인 스케이트 정지법에 대한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 대한 인라인 롤러연맹 공인 강사(KRSF Certified Instructors/KCI)자격증을 가진 6명으로 선정하였다(나이: 35.0±3.3 yrs, 체중: 72.7±5.1 kg, 신장: 176.3±3.1 cm, 경력: 10.0±2.5 yrs).

2. 실험절차

본 연구의 분석 동작인 인라인 스케이트 T-stop은 2대의 카메라를 대상자의 시상면(sagittal plane)과 관상면(coronal plane)을 중심으로 설치하여 동작분석시스템인 APAS(Ariel Performance Analysis System)을 이용한 3D 분석을 실시하였다.

실험 전 모든 대상자들은 준비운동과 스트레칭 후, 자유로운 스케이팅을 실시하도록 하였다. 본 실험에서는 대상자들이 자유로운 스케이팅 후 직선구간에서 스케이팅을 멈추고 제시된 활주속력에 맞추어 직진하다가 제시된 3 m의 정지구간 내에서 T-stop 동작을 취하여 정지하도록 하였다. T-stop 동작을 수행하기 위하여 T를 만드는 하지는 오른쪽으로 제한하였다. T-stop 동작은 각 대상자별 10번씩 실시하였고, 그 중 가장 정지거리가 짧은 3번의 동작을 선택하여 분석하였고, 각 실시 간 대상자에게 충분한 휴식을 실시하였다. 분석구간 바닥에 테이프로 표식을 하여 모든 대상자들이 T-stop 동작을 수행해야 되는 지점을 알기 쉽도록 하였다.

본 실험에 사용한 활주속력 선정은 먼저 대상자들이 평소 활주하는 속도를 측정 후 평균값(4.0 m/s)을 구하였고, 이 값에 30% 증가된 속력값(5.2 m/s)과 30% 감소된 속력값(2.8 m/s)으로 나누었다. 활주속력은 휴대용 GPS 속도계(Storyish PocketGPS S1: CuuB Co.)를 손목에 부착하여, 대상자가 실시간으로 속력을 관찰할 수 있도록 하였다. 정확한 GPS 수신을 위하여 실험은 실외에서 실시하였다. 본 연구의 실험 장치 배치도는 다음과 같다(Figure 1).

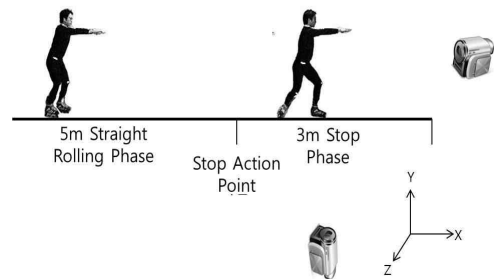


Figure 1. Experimental equipments

3. 자료분석

1) 이벤트 및 국면 설정

본 연구에서는 4개의 이벤트(event)로 구분하였고, 각 이벤트 사이를 국면(phase)으로 설정하여 분석하였다(Figure 2).

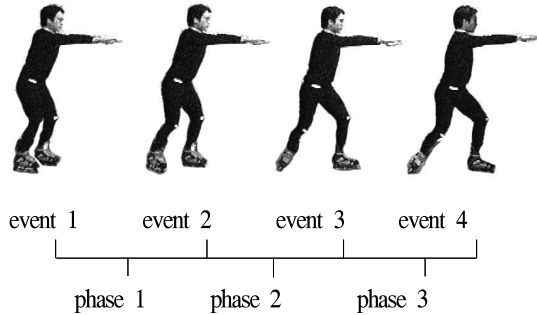


Figure 2. Events of T-Stop

- Event 1 : 진행 중 양발을 11자로 한 후 멈추기 위한 준비 자세
 Event 2 : 제동을 시도 할 오른쪽 발을 뒤로 빼는 자세
 Event 3 : 뒷발을 들어 앞쪽 스케이트 뒤편에 수직으로 놓아 T자로 만드는 자세
 Event 4 : 정지한 상태

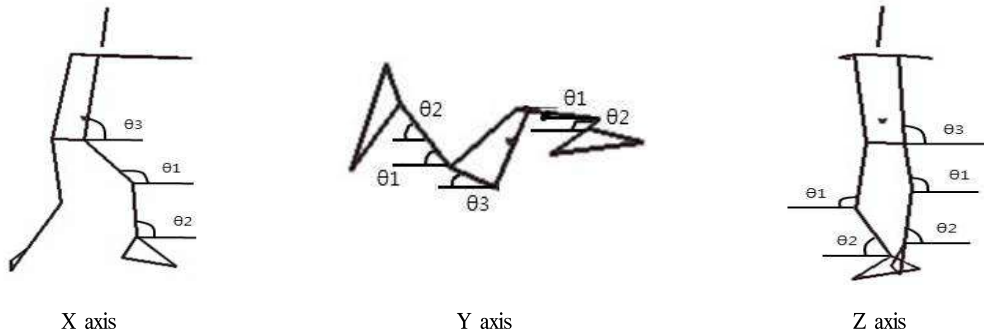


Figure 3. Angle of segment

2) 각도 정의

본 연구에서 산출한 각도의 정의는 <Figure 3> 같이 정의하였다.

- 1) 대퇴분절각(θ_1) : 대퇴와 X축이 이루는 절대각
- 2) 하퇴분절각(θ_2) : 하퇴와 X축이 이루는 절대각
- 3) 몸통분절각(θ_3) : 몸통과 X축이 이루는 절대각

3) 자료처리

T-stop 동작이 충분히 이루어질 수 있는 가로 5 m, 세로 2 m, 폭 2 m 크기의 통제점 틀을 이용하였고, 통제점 틀의 위치는 정지실시 시점을 원점으로 하여 설치하였다. 또한, 카메라 속도는 60 frames/sec, 노출시간은 1/500초로 하였다. 좌표축은 APAS 동작분석 프로그램 기본설정에 기인하여 대상자를 중심으로 전후방향을 X축, 상하방향을 Y축, 좌우방향을 Z축으로 설정하였다. 자료처리는 APAS 동작분석 프로그램을 이용하였고, 신체관절 중심점의 좌표화는 Plagenhoef, Evans, & Abdelnour(1983)의 신체분절지수(body segment parameter)자료를 사용하여 디지털화(digitizing) 하였다. 또한, 디지털화 후 발생하는 노이즈(noise)를 제거하기 위하여 APAS 평활화(smoothing) 프로그램에 내장되어 있는 디지털필터링(digital filtering)을 이용하여 10 Hz로 평활화하였다.

Table 1. Anterior-posterior displacement of COM

Phase	Rolling speed			F	Sig.	Post-hoc
	2.8 m/s	4.0 m/s	5.2 m/s			
1	0.33±0.24	0.24±0.09	0.22±0.07	.819	.460	-
2	0.33±0.06	0.42±0.05	0.51±0.05	17.101	.000***	2.8<4.0 2.8<5.2 4.0<5.2
3	1.67±0.48	1.61±0.07	1.71±0.32	.126	.883	-
total	2.32±0.34	2.28±0.02	2.43±0.22	.725	.500	-

Note. significant differences among different speeds at *** $p<.001$

4) 통계처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 17.01 통계프로그램을 이용하여, 각 활주속력에 따른 차이를 보기 위하여 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검증(post-hoc)으로 Turkey HSD 방법을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 신체중심의 전후 변위

신체중심의 전후 변위는 인라인 스케이트의 진행방향의 변위로서, 결과는 <Table 1>, <Figure 4>와 같다.

Phase 1, 3과 전체 전후 변위에서는 활주속력에 따라 신체중심의 차이를 보이지 않았지만, phase 2에서 차이를 보였다 ($p < .001$). 사후검증으로 활주속력 모두에서 차이를 보였고, 활주속력이 빠를수록 변위가 크게 나타났다.

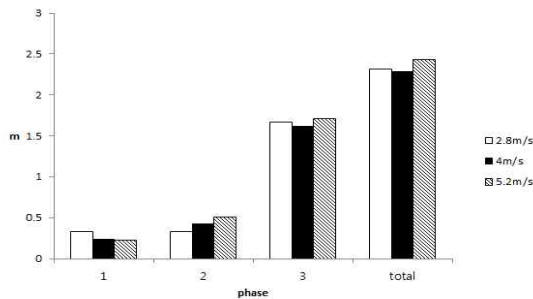


Figure 4. Anterior-posterior displacement of COM

2. 신체중심의 상하 변위

신체중심의 상하 변위는 각 대상자의 신체중심을 신장으로 나는 값을 표준화한 변위로서, 결과는 <Table 2>, <Figure 5>와 같다. Event 1에서는 활주속력에 따라 차이를 보였고($p < .01$), 사후검증으로 2.8 m/s가 5.2 m/s에서보다 높은 자세를 보였다.

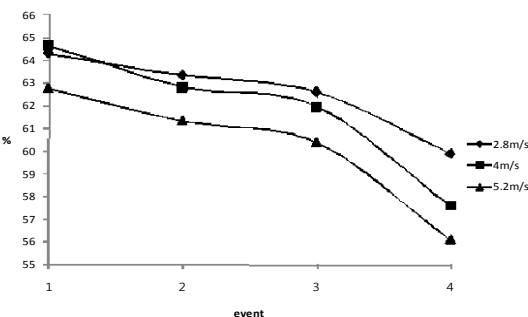


Figure 5. Vertical displacement of COM

Event 2에서도 활주속력에 따라 차이가 나타났고($p < .01$), 사후검증으로 2.8 m/s가 5.2 m/s 보다 높은 자세를 보였고, 4.0 m/s가 5.2 m/s에서 보다 높은 자세를 보여 5.2 m/s에서 오른쪽 다리를 뒤로 뺄 때 가장 신체중심이 낮게 나타났다. Event 3에서도 활주속력에 따른 차이를 보였고($p < .05$), 사후검증으로 2.8 m/s가 5.2 m/s보다 높은 자세로 나타났다. Event 4에서도 활주속력에 따른 차이를 보였고($p < .01$), 사후검증으로 2.8 m/s가 5.2 m/s 보다 높은 자세로 나타났다. 모든 활주속력에서 분석구간 동안 신체중심이 낮아지는 경향을 보였고, 가장 빠른 활주속력인 5.2 m/s에서 신체중심이 가장 낮게 나타났다.

3. 신체중심의 좌우 변위

신체중심의 좌우 변위는 준비자세인 event 1의 신체중심 값을 기준으로 하여 +값은 오른쪽, -값은 왼쪽으로 이동한 신체중심의 변위로서, 결과는 <Table 3>, <Figure 6>와 같다.

Event 2, 3에서는 활주속력에 따라 차이가 나타나지 않았다. 하지만, Event 4에서는 활주속력에 따른 차이를 보였고($p < .05$), 사후검증으로 2.8 m/s가 5.2 m/s보다 오른쪽으로 신체중심의 이동이 크게 나타났다.

전반적으로 event 2에서 오른발을 뒤로 빼면서 신체중심이 오른쪽으로 향하였다. 또한, 오른발이 T-stop 자세를 만드는 event 3에서는 모든 활주속력에서 신체중심이 왼쪽으로 향하였고, 정지를 하는 event 4에서는 또 다시 신체중심이 오른쪽으로 향하였다.

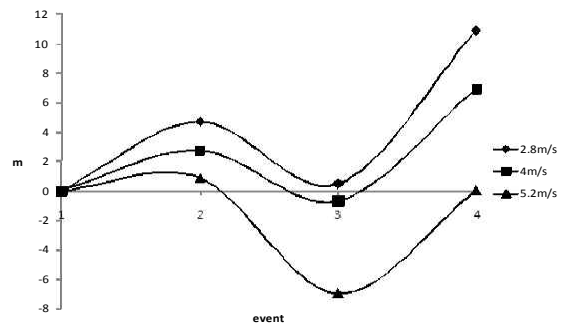


Figure 6. Medial-lateral displacement of COM

4. 대퇴분절 각변위

대퇴분절은 각변위는 대퇴와 X축이 이루는 각변위를 측정하는 것으로 <Table 4>, <Figure 6>와 같다.

오른쪽 대퇴분절은 X축에서 event 1($p < .01$)과 event 2($p < .05$)는 활주속력에 따라 차이를 보였고, 사후검증으로 2.8 m/s가 5.2 m/s 보다 작은 각을 보였다. 하지만, event 3, 4에서는 차이를 보이지 않았다. Y축에서 event 1($p < .05$), event 2($p < .01$), event 3($p < .01$)은

Table 2. Vertical displacement of COM

(unit: %)

Event	2.8 m/s	4.0 m/s	5.2 m/s	F	Sig.	Post-hoc
1	64.29 ± 2.67	64.66 ± 1.35	62.77 ± 1.30	8.722	.003**	2.8>5.2
2	63.34 ± 0.68	62.82 ± 1.19	61.33 ± 0.25	10.153	.002**	2.8>5.2 4.0>5.2
3	62.59 ± 1.07	61.96 ± 1.69	60.39 ± 1.39	3.866	.044*	2.8>5.2
4	59.88 ± 0.83	57.60 ± 2.65	56.11 ± 0.40	8.280	.004**	2.8>5.2

Note. significant differences among different speeds at * $p<.05$, ** $p<.01$

Table 3. Medial-lateral displacement of COM

(unit: m)

Event	2.8 m/s	4.0 m/s	5.2 m/s	F	Sig.	Post-hoc
1	-	-	-	-	-	-
2	4.70 ± 3.05	2.75 ± 4.79	0.90 ± 7.64	1.605	.234	-
3	0.49 ± 3.86	-0.68 ± 3.05	-6.96 ± 7.42	3.648	.051	-
4	10.85 ± 7.24	6.90 ± 5.03	0.04 ± 6.26	4.609	.028*	2.8>5.2

Note. significant differences among different speeds at * $p<.05$

Table 4. Angular displacement of thigh segment

(unit: deg)

Thigh	Axis	Event		1	2	3	4
		Rolling Speed	Speed				
Right	X	2.8	2.8	95.9±1.3	91.7±1.5	92.6±3.5	100.4±5.4
		4.0	4.0	97.0±0.5	95.1±2.0	93.8±4.9	101.8±1.3
		5.2	5.2	99.4±2.6	95.7±3.7	96.2±4.0	102.9±3.1
		F	F	6.709**	4.277*	1.152	.677
		Post-hoc	Post-hoc	2.8<5.2	2.8<5.2	-	-
	Y	2.8	2.8	15.6±6.3	14.7±5.1	16.0±2.3	27.6±13.2
		4.0	4.0	7.7±2.6	5.0±2.4	7.7±1.3	25.7±0.1
		5.2	5.2	12.7±0.2	10.8±2.4	12.7±5.5	24.1±3.9
		F	F	6.109*	11.292**	8.498**	.290
		Post-hoc	Post-hoc	2.8>4.0	2.8>4.0	2.8>4.0	-
	Z	2.8	2.8	158.2±2.9	158.5±2.7	158.8±3.8	166.0±4.1
		4.0	4.0	154.3±0.1	158.2±0.7	156.9±1.0	165.1±0.3
5.2		5.2	156.6±1.5	154.9±1.0	155.9±2.1	163.0±3.0	
F		F	6.748**	10.607**	1.980	1.634	
Post-hoc		Post-hoc	2.8>4.0	2.8>5.2, 4.0>5.2	-	-	
Left	X	2.8	2.8	90.4±2.8	88.2±0.5	85.8±3.9	78.4±5.2
		4.0	4.0	89.0±1.8	88.3±1.0	82.2±1.2	83.0±3.2
		5.2	5.2	92.4±0.7	89.1±1.4	84.3±2.6	76.2±5.8
		F	F	4.581*	1.622	2.459	3.113
		Post-hoc	Post-hoc	4.0<5.2	-	-	-
Y	2.8	2.8	1.3±6.0	3.7±1.1	5.4±4.8	4.8±12.8	
	4.0	4.0	2.1±3.6	3.6±1.7	4.3±0.6	7.0±2.4	
	5.2	5.2	4.3±1.7	1.4±1.9	7.4±2.1	12.2±2.9	
	F	F	3.638	3.943*	3.895	1.484	
	Post-hoc	Post-hoc	-	-	-	-	
Z	2.8	2.8	118.2±4.0	116.3±2.0	125.8±2.6	137.6±6.9	
	4.0	4.0	116.0±0.2	115.1±1.8	124.1±2.7	133.6±4.0	
	5.2	5.2	120.6±8.6	120.3±6.2	125.9±8.0	136.8±7.4	
	F	F	1.110	2.965	.240	.677	
	Post-hoc	Post-hoc	-	-	-	-	

Note. significant differences among different speeds at * $p<.05$, ** $p<.01$

Table 5. Angular displacement of shank segment

(unit: deg)

Shank	Axis	Rolling Speed	Event			
			1	2	3	4
Right	X	2.8	93.5±2.5	87.5±3.0	72.8±1.7	55.5±5.6
		4.0	92.2±9.3	88.5±4.0	69.8±3.0	56.1±3.7
		5.2	94.8±3.5	84.4±9.2	73.0±7.5	51.3±6.1
		F	.291	.761	.838	1.458
		Post-hoc	-	-	-	-
	Y	2.8	7.9±5.6	-4.7±5.5	-28.9±0.4	-45.0±8.0
		4.0	8.3±20.0	-1.8±6.9	-35.4±1.5	-51.3±2.3
		5.2	7.3±4.6	-7.3±12.2	-25.5±11.2	-51.3±2.1
		F	.010	.606	3.592	3.220
		Post-hoc	-	-	-	-
	Z	2.8	116.9±5.4	120.1±2.1	119.2±2.4	124.5±6.1
		4.0	116.5±6.4	118.9±3.3	117.2±2.5	118.6±5.3
		5.2	121.7±6.3	125.2±5.3	122.6±3.0	122.7±4.5
		F	1.384	4.625*	6.343**	1.984
		Post-hoc	-	4.0<5.2	4.0<5.2	-
X	2.8	89.9±2.5	89.3±1.0	87.8±0.4	85.6±1.5	
	4.0	90.3±2.4	89.4±1.7	87.5±0.3	84.2±0.9	
	5.2	105.4±18.5	107.0±20.4	104.4±20.0	104.6±20.1	
	F	3.982*	4.463*	4.185*	5.748*	
	Post-hoc	2.8<5.2	2.8<5.2	2.8<5.2	2.8<5.2	
Y	2.8	1.4±9.3	4.3±5.4	16.8±8.0	89.7±47.3	
	4.0	-1.5±9.8	2.4±7.2	19.3±1.1	97.0±1.4	
	5.2	2.3±6.1	4.3±7.6	20.3±9.4	30.4±15.4	
	F	.328	.154	.391	9.713**	
	Post-hoc	-	-	-	2.8<5.2	
Z	2.8	73.3±5.0	78.0±2.4	80.8±4.8	89.3±5.1	
	4.0	76.4±0.4	77.4±1.0	82.9±0.5	90.7±0.1	
	5.2	72.0±1.7	73.8±1.4	79.2±2.4	82.3±5.0	
	F	3.314	10.994***	2.048	7.136**	
	Post-hoc	-	2.8>5.2, 4.0>5.2	-	2.8>5.2, 4.0>5.2	

Note. significant differences among different speeds at * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

차이를 보였고, 사후검증으로 2.8 m/s가 5.2 m/s 보다 외회전된 자세를 보였다. 하지만, event 4에서는 차이를 보이지 않았다. Z축에서 event 1은 차이를 보였고($p<.01$), 사후검증으로 4.0 m/s가 2.8 m/s 보다 내전된 자세를 보였다. Event 2에서도 차이가 나타났고($p<.01$), 사후검증으로 5.2 m/s보다 2.8 m/s, 4.0 m/s가 외전된 자세를 보였다. 하지만, event 3, 4에서는 차이를 보이지 않았다.

왼쪽 대퇴분절은 X축에서 event 1은 차이가 나타났고($p<.05$), 사후검증으로 4.0 m/s가 5.2 m/s 보다 작은 각을 보였다. 하지만, event 2, 3, 4에서는 차이를 보이지 않았다. Y축에서 event 2는

차이를 보였지만($p<.05$), 사후검증에서는 차이가 나타나지 않았다. 하지만, event 1, 3, 4에서는 차이를 보이지 않았다. Z축에서는 모든 event에서 차이를 보이지 않았다.

5. 하퇴분절 각변위

하퇴분절은 각변위는 하퇴와 X축이 이루는 각변위를 측정된 것으로 <Table 5>, <Figure 7>와 같다.

오른쪽 하퇴분절에서 X축과 Y축은 모든 event에서 활주속력에 따른 차이를 보이지 않았다. Z축에서 event 2는 차이를 보였고

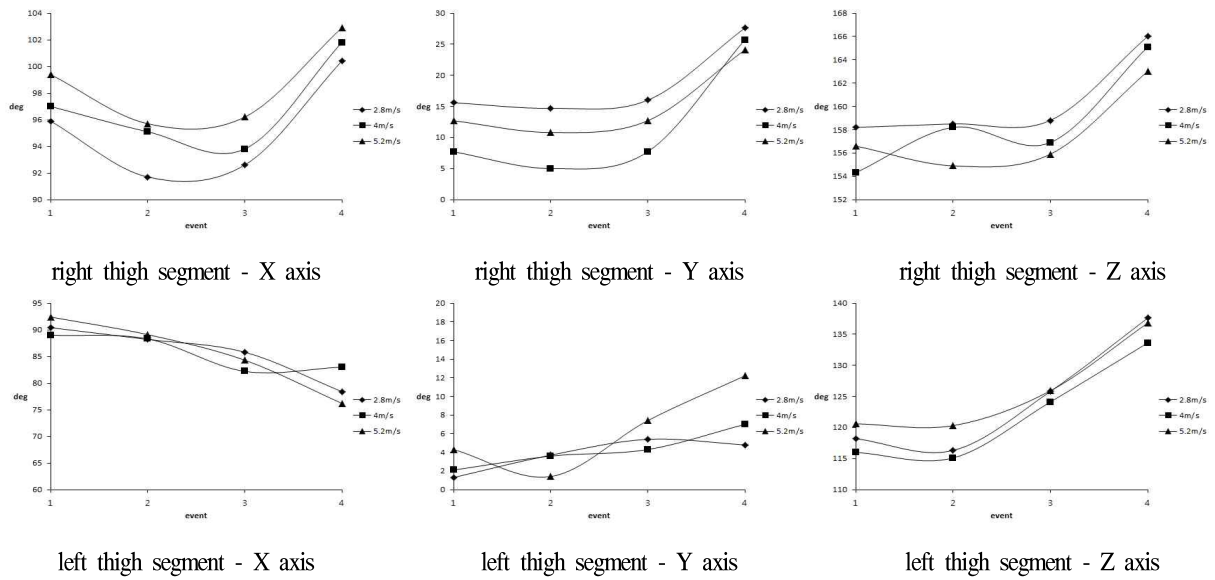


Figure 7. Angular displacement of thigh segment

Table 6. Angular displacement of trunk segment

(unit: deg)

Axis	Rolling Speed	Event			
		1	2	3	4
X	2.8	83.7±2.3	84.3±1.4	83.6±1.8	81.8±5.8
	4.0	85.3±1.3	84.5±1.2	83.7±0.4	82.7±0.2
	5.2	84.4±1.5	84.8±1.4	84.1±3.1	82.4±0.9
	F	1.369	.115	1.070	.125
	Post-hoc	-	-	-	-
Y	2.8	-15.6±6.3	-14.7±5.1	-16.0±2.3	-23.6±10.4
	4.0	-14.7±2.6	-15.0±2.4	-17.7±1.3	-25.7±0.1
	5.2	-12.7±0.2	-10.8±2.4	-12.7±5.5	-24.1±3.9
	F	2.109	3.292	.498	.183
	Post-hoc	-	-	-	-
Z	2.8	111.8±2.9	111.5±2.7	111.2±3.8	104.0±4.1
	4.0	115.7±0.1	115.8±0.7	113.1±1.0	104.9±0.3
	5.2	113.4±1.5	115.1±1.0	114.1±2.1	107.0±3.0
	F	6.747**	10.606***	1.980	1.634
	Post-hoc	2.8<4.0	2.8<4.0, 2.8<5.2	-	-

Note. significant differences among different speeds at ** $p<.01$, *** $p<.001$

($p<.05$), 사후검증으로 5.2 m/s가 4.0 m/s 보다 외전된 자세를 보였다. Event 3에서도 차이가 나타났고($p<.01$), 5.2 m/s가 4.0 m/s 보다 외전된 자세를 보였다. 하지만, event 1, 4에서는 차이를 보이지 않았다.

왼쪽 하퇴분절에서 X축은 모든 event에서 차이가 나타났고

($p<.05$), 사후검증으로 5.2 m/s가 2.8 m/s 보다 신전된 자세를 보였다. Y축에서 event 4는 차이를 보였고($p<.01$), 사후검증으로 5.2 m/s가 2.8 m/s 보다 외회전된 자세를 보였다. 하지만, event 1, 2, 3에서는 차이를 보이지 않았다. Z축에서 event 2는 차이를 보였고($p<.001$), 사후검증으로 5.2 m/s가 2.8 m/s, 4.0 m/s 보다

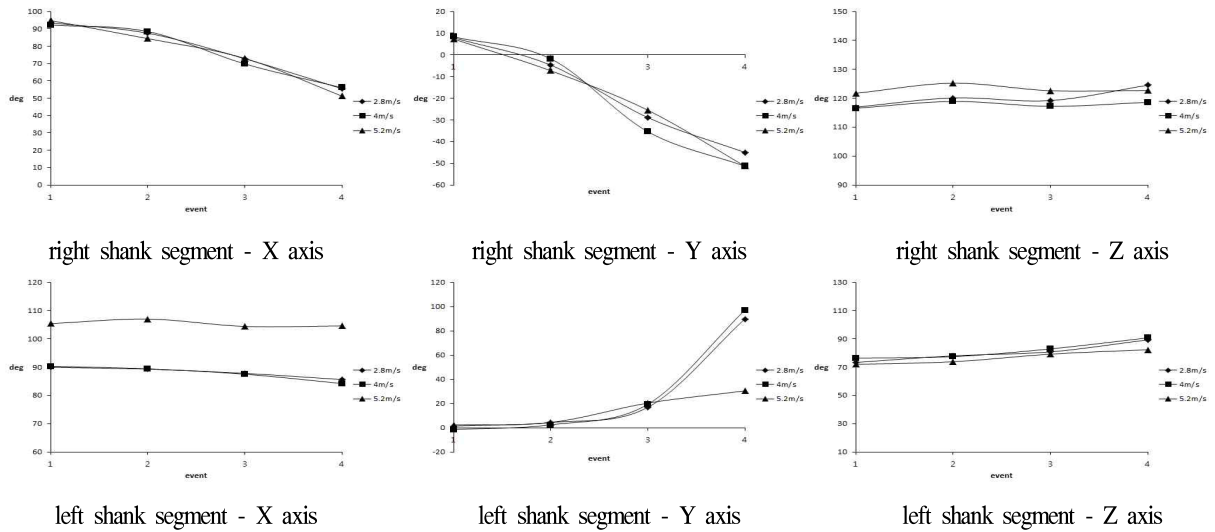


Figure 8. Angular displacement of shank segment

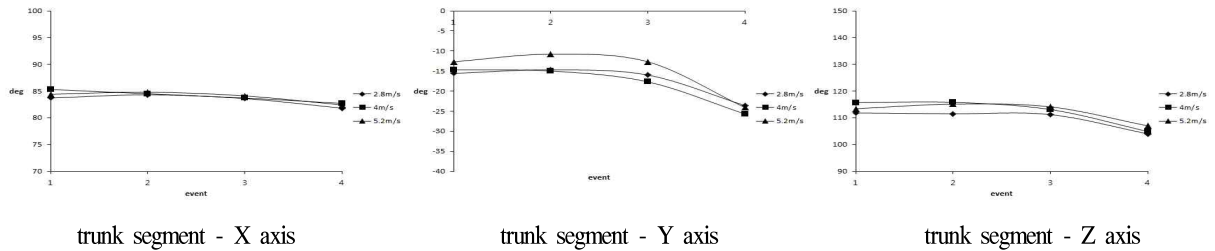


Figure 9. Angular displacement of trunk segment

내전된 자세를 보였다. Event 4에서도 차이를 보였고($p < .001$), 사후검증으로 5.2 m/s가 2.8 m/s, 4.0 m/s 보다 내전된 자세를 보였다. 하지만, event 1, 3에서는 차이를 보이지 않았다.

6. 몸통분절 각변위

몸통분절 각변위는 몸통과 X축이 이루는 각변위를 측정된 것으로 <Table 6>, <Figure 8>와 같다.

몸통분절 각변위에서 X축과 Y축은 모든 event에서 차이를 보이지 않았다. Z축에서 event 1에서 차이가 나타났고($p < .01$), 사후검증으로 4.0 m/s가 2.8 m/s 보다 외전된 자세를 보였다. Event 2에서도 차이를 보였고($p < .001$), 사후검증으로 2.8 m/s가 4.0 m/s, 5.2 m/s 보다 내전된 자세를 보였다. 하지만, event 3, 4에서는 차이를 보이지 않았다.

IV. 논 의

본 연구에서는 연구결과를 바탕으로 활주속력에 따른 인라

인 스케이트 T-stop에 대한 운동학적 분석을 통하여 신체에 어떠한 변화가 일어나는지 비교, 분석하였다.

신체중심 변인에서 살펴보면, 활주속력에 따라 T-stop 동작을 실시하여 완전히 정지할 때까지 전후변위에서는 phase 2에서 활주속력이 빠를수록 긴 변위를 보였다. 이는 제동을 위하여 오른쪽 발을 뒤로 빼서 T자로 만드는 자세에서 수행하는 시간이 활주속력으로 인해 상대적으로 오래 걸린 것으로 사료된다. 상하변위에서는 분석구간 동안 제동을 위하여 점진적으로 자세가 낮아지는 것으로 나타났으며, 활주속력에 영향을 받아 속력이 빠를수록 제동을 위하여 신체중심은 낮아졌다. 이는 빠른 활주속력(5.2 m/s)에 대응한 T-stop 방법으로, X축에서 오른쪽 대퇴분절의 각이 커지고 왼쪽 대퇴분절 각은 작아지며 왼쪽 하퇴분절의 각이 커지면서, 신체중심을 낮추어 제동에 기여한 것으로 사료된다. 선행연구로 한제희 및 임용규(2005)의 인라인 힐 브레이크 정지에 대한 분석에서 힐 브레이크는 동작이 진행되면서 완전 정지할 때까지 신체중심이 낮아진다고 보고되고 있어, 힐 브레이크 동작과 T-stop 동작에서 신체중심의 상하변위 결과는 유사하게 나타났다. 좌우변위에서는 완전 정지(event 4)에서 빠른 활주속력보다 느린 활주속력에서 더 큰 변위를 보

였다. 이는 속력이 크면 관성이 크기 때문에 부가적인 신체적 노력이 있었던 것으로 판단되며, 왼쪽 하퇴분절의 Z축에서 각 변위 결과에서 나타나듯이, 빠른 활주속력에서 왼쪽 하퇴분절이 다른 활주속력보다 내전자세를 보였기 때문에 작은 좌우로 흔들리는 것을 제어하는 것으로 판단된다. 따라서, 활주속력이 빠를수록 제동을 위하여 상체의 사용은 줄이고 하지관절을 이용하여 신체중심을 낮추는 반면, 활주속력이 느릴수록 상체의 사용이 많아지고 하지관절 이용이 작아지는 것으로 사료된다.

T-stop를 수행하는 오른쪽 대퇴분절은 X축과 Z축에서 event 초반부 활주속력이 빠를수록 각변위가 크게 나타났고, Y축에서는 완전 정지 전까지 느린 활주속력에서 큰 각변위를 보였다. 이는 X축에서는 빠른 활주속력으로 인해 신체의 안정성을 유지하기 위한 방법으로 빠른 활주속력일 때 각변위가 큰 것으로 사료된다. 하지만, Y축과 Z축에서는 오른쪽 대퇴분절이 느린 활주속력에서 더 큰 것은 각변위가 크게 나타났다. Y축에서는 느린 활주속력에서 오른쪽 대퇴분절의 외회전이 크게 나타난 것으로, 느린 활주속력에서는 신체중심을 낮추는 동작보다 오른쪽 발을 외반하여 T자를 먼저 수행하여 제동을 유도하는 것으로 판단된다. Z축은 초반부 event에서 느린 활주속력일수록 외전이 크게 일어났다. 이는 Y축과 유사하게 제동을 위하여 신체중심 낮추기 보다는 T자 형태를 먼저 수행하는 것으로 보인다. 왼쪽 대퇴분절은 X축에서 초반부에 빠른 활주속력 시 각변위가 작아짐으로 인해 신체중심을 낮추는 동작을 수행한 것으로 사료되고, Y축과 Z축에서는 활주속력에 따른 영향이 없었다.

오른쪽 하퇴분절은 X축과 Y축에서는 활주속력에 따른 영향이 없었지만, Z축에서는 동작의 중반부에서 빠른 활주속력에서 큰 각변위가 나타났으며, 이는 오른쪽 발의 T자 수행을 보여주는 것으로 빠른 활주속력에서 하퇴분절의 동작이 크게 나타난 것으로 사료된다. 왼쪽 하퇴분절은 X축에서 모든 event가 차이를 보였는데, 빠른 활주속력일 때 큰 각변위를 보였으며, 이는 무릎관절의 신전을 의미하는 것으로, 오른쪽 발에 체중을 이동하여 T자 수행한 발에 의한 제동을 한 것으로 사료된다. Y축에서는 정지 동작에서 빠른 활주속력에서 외회전이 큰 것으로 나타났다. 이는 오른쪽 발의 T자와 함께 왼쪽 발을 외반을 통하여 제동을 극대화한 것으로 사료된다. Z축에서는 event 2와 4에서 빠른 활주속력에서 각변위가 작게 나타났는데, 이는 빠른 활주속력에서 좀 더 안정성을 높이기 위하여 축이 되는 하퇴의 움직임 감소를 감소함으로써 신체중심의 좌우변위의 감소를 야기한 것으로 판단된다.

몸통분절 각변위는 활주속력에 따라 X축과 Y축에서 차이는 보이지 않았지만, Z축에서 활주속력이 빠를수록 몸통이 외전되는 경향을 보였고, 이는 몸통분절의 외전으로 인하여 하위분절인 오른쪽 대퇴와 하퇴분절의 외전을 야기하는 것으로 사료된다.

남창현과 우병훈(2007)의 선행연구에서 신체중심을 낮추기

위하여 하지관절의 사용이 필요하다는 결과를 보였다. 이외 연구들에서도 안정성 확보를 위해 신체중심을 낮추는 방법을 제시하고 있으며, 본 연구에서도 빠른 활주속도에 대응하기 위한 방법으로 상지보다 하지관절의 이용률을 높여 충분한 안정성 확보를 통하는 것이 올바른 정지법이라고 사료된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 대한 인라인 롤러 연맹 공인 강사자격증을 가진 숙련자를 6명을 대상으로 인라인 스케이트 활주속도의 차이가 T-stop 동작을 수행하였을 때, 동작분석시스템인 APAS을 이용한 3D 분석을 통하여 신체에 어떠한 변화가 일어나는지 비교, 분석을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 신체중심의 변인에서 phase 2에서 활주속력을 빠를수록 긴 변위를 보였고, 상하변위에서는 활주속력이 빠를수록 낮았고, 좌우변위에서는 대체로 차이는 보이지 않았지만, 빠른 활주속력일수록 중심선을 유지하였다.
2. 대퇴분절의 각변위는 오른쪽에서 활주속력이 빠를수록 X, Z축에서 각변위가 크게 나타났고, 왼쪽에서는 활주속력이 빠를수록 X축에서 각변위가 작게 나타났다.
3. 하퇴분절의 각변위는 오른쪽에서 Z축에서 활주속력이 빠를수록 각변위가 크게 나타났고, 왼쪽에서는 X, Y축에서 활주속력이 빠를수록 각변위가 크게 나타났다.
4. 몸통분절 각변위는 Z축에서 활주속력이 빠를수록 각변위가 크게 나타났다.

종합해 보면, 인라인 스케이트의 정지법 중 대체로 기저면이 넓은 T-stop 동작을 이용하여 안정적인 자세로 정지할 수 있지만, 활주속력이 빨라질수록 더 큰 안정성 확보를 위하여 하지관절들의 노력을 통해 신체중심을 낮추는 것으로 사료된다.

향후 인라인 스케이트의 다양한 상황에 따른 정지법 분석과 더불어 운동역학적 변인(근전도, 압력 등)들에 대한 정량적 분석이 이루어진다면 인라인 스케이트 시 빠른 활주속력에 대응한 올바른 정지법을 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김갑선(1992). **Roller Skating 활주시 운동역학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 전남대학교 대학원.
- 김영운(2003). **인라인 매니아**. 서울: 삼호미디어.

- 남창현, 우병훈(2007). 스키 시뮬레이터 업-다운 동작의 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 17(3), 41-49.
- 박기범, 양정옥, 이중숙(2003). 인라인 스케이트 T300m 출발동작 분석. **한국운동역학회지**, 13(2), 123-137.
- 주명덕, 이기청 역(2001). **운동역학**. 서울: 대한미디어.
- 진성찬(1989). **Roller Speed Skating 경기 시 효과적인 커브기술에 관한 연구**. 미간행 석사학위논문. 조선대학교 대학원.
- 최태리, 김정태(2003). 롤러 스케이팅 경기 출발동작의 운동학적 특성 분석. **한국체육학회지**, 42(1), 703-716.
- 채현구(2004). **교사의 인라인스케이트 참여에 관한 문화기술적 연구**. 미간행 박사학위논문. 경기대학교 대학원.
- 한재희, 임용규(2005). 인라인 스케이트 힐 브레이크 정지에 관한 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 15(2), 11-20.
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T.(1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2), 169-178.