

국가대표 크로스컨트리 스키 선수들의 Double Poling 기술의 운동학적 분석

최슬비¹ · 류재균²

¹경희대학교 일반대학원 체육학과 · ²경희대학교 체육대학 스포츠지도학과

A Kinematic Analysis of the National Elite Cross-Country Skiers' Double Poling Technique

Seul-Bi Choi¹ · Jae-Kyun Ryu²

¹Department of Physical Education, Graduate School of Kyunghee University, Yongin, Korea

²Department of Coaching, College of Physical Education, Kyunghee University, Yongin, Korea

Received 30 April 2011; Received in revised form 13 May 2011; Accepted 14 September 2011

ABSTRACT

This study aimed to examine the kinematic characteristics of the national elite cross-country skiers' double poling technique and to provide the quantitative data for better performance. Four male elite cross-country roller skiers skied maximum velocity with Double Pole technique. The cycle characteristics with angles of elbow, hip, and knee joint were analyzed. The results showed that CM velocity of the body was increased with the third cycle, the cycle time and length were also increased. The poling time and recovery time rate showed with 32.79%, 67.44% respectively. The joint angles with elbow, hip and knee were 106°, 133.14° 156.87° at pole in event, 158.94°, 65.7°, 140.19° at pole out event. Elite skiers should decrease double poling time rate and increase recovery time rate in order to improve the double poling performance. The cycle length and velocity of the double poling should be increased for the better performance. The elbow angle should be minimized at pole in event with maximum extension until pole out event. The hip and knee angles should be increased for the recovery phase.

Keywords : Cross-Country Ski, Double Poling, Roller Ski

I. 서론

크로스컨트리 스키는 글라이딩 하는 동작에 따라 11자 형태를 클래식(classic)종목이라고 하며, V자 형태를 스케이트(skate) 종목이라고 한다. 경기 주로(course) 구성은 평지, 오르막, 내리막의 비율을 각각 30%씩 고르게 분배하여 경기를 진행하고, 지형의 특징에 따라서 선수들이 사용하는 폴링 동작의 기술 형태가 다르다.

더블 폴링 기술은 평지 지형에서 가장 빠른 기술로 알려져 있

으며(Hoffman & Clifford, 1992), 내리막의 시작 구간이나 다른 기술로 얻어진 추진력을 유지 또는 증가시키기 위한 기술로 사용되고 있다.

더블 폴링 기술의 특징은 양팔이 대칭되는 폴링 동작으로 주로 하지의 기여가 적기 때문에 폴링 힘을 효과적으로 사용하기 위해서는 상체, 어깨, 팔꿈치, 손, 폴의 위치와 각도가 추진력을 유지 혹은 증가 시키는데 크게 공헌하고 더욱이 지면에 폴을 찍었을 때의 폴의 기울기는 폴링 힘에 독립적인 상호작용의 영향을 준다(Holmberg, Lindinger, Stöggel, Björklund & Müller, 2006). 더블 폴링은 상체의 큰 굴곡으로 추진하기 때문에 빠른 폴링 빈도와 파워를 요구하는 스타트와 피니쉬 구간에서 중요하게 사용되고 있다(Smith, 2002). 클래식 종목은 스타트와 피니쉬 구간에서, 스케이트 종목은 매스스타트(mass start) 구간에서 사용되는 기술이 더블 폴링 기술이다.

본 논문은 2010년도 경희대학교 창조21사업 지원에 의한 결과임(KHU-20101372).

Corresponding Author : Jae-Kyun Ryu

Department of Coaching, College of Physical Education, Kyunghee University,

1 Seochun-dong, Kihung-gu Yongin, Kyungki-do, Korea

Tel : +82-31-201-3765 / Fax : +82-31-204-8117

E-mail : ryu69kor@khu.ac.kr

더블 폴링 기술에 관한 연구는 과거 크로스컨트리 스키의 경기 거리가 5-50 km의 장거리 경기로만 이루어졌던 클래식과 스케이트 종목에 평균 거리가 1,350 m로 단거리 경기인 스프린트 경기가 도입되면서부터 활발해지기 시작하였다(Zory, Millet, Schena, Bortolan & Rouard, 2006; Stöggl, Lindinger & Müller, 2007).

스프린트 경기는 스타트 구간을 더블 폴링 기술을 사용하는 매스스타트 방식으로 경기 기록이 평균 2분 50초 내의 짧은 시간 안에 경기가 종료된다(Holmberg et al., 2006). 스프린트 경기에서 엘리트 선수들의 경기력 차이는 1초 내외의 근소한 차이를 보이기 때문에 30-50 m의 스타트 구간이 끝난 후 주로를 점령하고 경기를 주도하기 위해서는 빠른 더블 폴링 동작을 수행하는 것이 중요하다. 또한 마지막 스퍼트(sprint) 구간에서의 더블 폴링 기술은 최종 경기 기록과 순위를 결정하는 중요한 기술 동작이다(Stöggl, Müller, Ainegren & Holmberg, 2010; Zory, Vuillerme, Pellegrini, Schena & Rouard, 2009).

최근 유럽에서 스프린트 경기의 유형들이 다양하게 증가되면서 더블 폴링 기술이 더욱 강조 되었고 연구자들도 스프린트 경기와 관련하여 짧은 구간 동안의 빠른 더블 폴링 기술에 대한 운동학적, 운동역학적 변인들을 조사하여 엘리트 선수들의 더블 폴링 기술 향상을 통한 폴링 속도와 사이클 거리의 증가에 연구 초점을 맞추고 있다.

그 유형을 보면 실험실 내에서 스프린트 경기와 유사한 조건으로 실험을 통제하여 더블 폴링의 운동학적인 변인들을 분석하거나(Stöggl et al., 2007; Zory et al., 2009), 완만한 경사의 트레드밀 위에서 클래식 종목의 롤러 스키를 이용하여 점진적으로 속도를 증가시켜 속도에 따른 더블 폴링의 운동학적 변인들의 특징과 폴링 힘을 측정 하였다(Lindinger, Stöggl, Müller & Holmberg, 2009). 또한 더블 폴링 기술의 트레이닝을 위한 장비 개발과 더블 폴링 기술에 따른 상지와 하지의 특성들을 운동학적으로 분석하여 더 빠른 퍼포먼스를 수행하기 위한 방법을 연구하고 있다(Bortolan, Pellegrini, Finizia & Schena 2008; Holmberg et al., 2006; Johnny, Nilsson, Holmberg, Tveit & Hallen 2004; Stöggl et al., 2007).

Stöggl et al.(2007)은 더블 폴링 기술을 사용하여 트레드밀 위에서 크로스컨트리 스키 스프린트와 롤러 스키에 대한 새로운 실험 개념인 최대 더블 폴링 속력과 운동생리학 변인들을 측정하여 더블 폴링 스프린트 경기력을 예측하는 방법을 개발하였고, 실험 결과 경기력이 우수한 선수들은 동일한 폴링 빈도로 긴 사이클 거리를 보여주었다고 보고하였다. 그리고 최대 더블 폴링 속력과 더불어 높은 근지구력 수준이 더블 폴링 스프린트 경기력과 높은 상관성이 있다고 하였다.

더블 폴링 기술 분석은 주로 시상면상에서 동작 패턴을 분석할 때 주로 한 번의 주기 동안 폴링과 스윙 구간으로 나누어 시간과 거리 등으로 사이클 특징을 분석하고 또한 관절각의 변화와 폴을 지면에 찍는 각의 변화를 분석하고 있다.

Zory et al.(2009)은 더블 폴 기술을 사용하여 스프린트 경기와 유사한 조건으로 실험을 통제하여 마지막 피니쉬 구간의 12 m 거리를 2차원 영상 분석하여 사이클 특징과 관절각의 변화 그리고 생리학적 관계를 분석 하였다. 그 결과 폴링 시 고관절, 상지, 그리고 폴의 각도는 피로에 경미하게 영향을 받아 힘의 굴곡과 폴의 수직 위치가 감소한다고 보고 하였다. Holmberg, Lindinger, Stoegg, Björklund와 Mueller(2005)의 연구에서는 스웨덴 엘리트 선수들을 대상으로 트레드밀 속도를 피험자의 최대 속도의 85%로 통제하여 2차원 영상 분석을 하였고, 분석 변인으로 사이클 특징, 관절각, 폴과 롤러 스키의 지면 반력 그리고 EMG 분석 하였다. 빠른 폴링 동작의 특징은 짧은 폴링 구간 동안 관절들의 최소각, 높은 굴곡 속도, 높은 폴 힘이 발생된다고 보고 하였다.

현재 크로스컨트리 스키의 국내 선행연구는 Kim과 Yang(1997), Kim(2003)이 스케이트 종목의 언덕 구간에서 V1 기술을 운동학적으로 분석한 것이 크로스컨트리 스키의 국내 연구이다. 이처럼 국내 크로스컨트리 스키 선수들을 대상으로 한 연구가 부족한 상황에서 설상 종목인 크로스컨트리 스키가 최근 국제대회에서 우수한 경기력을 발휘하고 있다는 점에서 국내 크로스컨트리 스키 선수들이 세계선수들과 경쟁할 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 생각한다. 따라서 국내 크로스컨트리 스키 선수들이 현 경기력 수준에서의 기술 패턴에 관한 자료나 기술 동작의 개선 정보에 대한 피드백을 제공하기 위해서는 지속적인 연구가 이루어지는 것이 필요하다. 이미 국외 선행연구들은 운동학적, 운동역학적 분석과 더불어 생리학적인 연구를 통해 경기력을 향상시키려고 노력하고 있는데 국내에서는 이제 시작하는 단계이지만 국내 엘리트선수들을 대상으로 운동학적, 운동역학적 분석이 종적 연구로 이루어진다면 빠른 경기력 성장을 이룰 것이다.

이 연구의 목적은 국가대표 크로스컨트리 스키선수들의 더블 폴링 기술 동작에서 사이클 동작의 특징들인 시간, 거리, 속도, 관절 각도 변화를 분석하여 국내 선수들의 기술 패턴과 기술 개선을 위한 정량적 자료를 바탕으로 더블 폴링 동작의 효과적 수행 방법을 모색하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

이 연구는 국내 크로스컨트리 스키 국가대표팀의 선수들 가운데 국내 1위-5위 랭크에 있는 4명의 남자 선수를 대상으로 선정하였다. 참가한 선수들의 신체적 특성은 다음 <Table 1>과 같다.

Table 1. Biographical information of participants

Subjects	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	Career(yrs)
Player A	25	178	73	16
Player B	24	170	68	13
Player C	21	170	63	15
Player D	19	178	68	12
<i>Mean±SD</i>	22.75±3.30	175.83±4.61	68.00±4.08	14.00±1.82

2. 실험 장비 및 절차

클래식 롤러 스키의 더블 폴링(double poling) 기술 동작을 촬영하기 위하여 JVC 디지털 비디오카메라 5대를 사용하였으며, 카메라 위치는 촬영 범위가 겹치도록 배율기법을 적용하여 진행 방향의 우측면에 일렬로 설치하였다(Figure 1). 5대의 카메라에서 촬영된 영상을 한 공간좌표로 산출하기 위하여 anchor points라는 하나의 점(reference point)을 이용하였다. anchor point는 두 대의 카메라 영상이 서로 겹치면서 움직이지 않는 고정 점을 말하며, 이 점으로 두 대의 카메라에 촬영된 영상을 동조하여 한 대의 카메라가 촬영한 것과 같은 효과를 볼 수 있고 피사체의 영상을 크게 잡을 수 있는 방법이다.

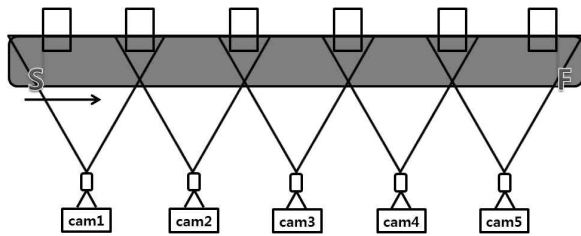


Figure 1. Camera setting

본 실험은 알펜시아 바이애슬론 경기장(alpensia resort)의 100 m 직선 트랙(아스팔트 도로) 위에서 촬영하였다. 임의로 정한 스타트 지점부터 30 m 떨어진 피니쉬 라인(finish line)까지 길이 1 m, 높이 2 m인 통제점 폴(pole)을 설치하여 촬영 후 제거하였다. 각 카메라는 광학렌즈(GL-V0752U 0.7×, 필터지름 55 mm)를 장착하여 와이드 화면으로 촬영하였으며, 이때 필름 속도는 60 fields/sec, 노출 시간은 1/500 sec로 설정하였다.

참가 선수들은 모두 동일 모델의 클래식 롤러 스키를 착용하고, 폴은 카본 재질의 경기용 폴로 하였으며, 길이와 모델은 선수 개인이 선호하는 폴을 자유롭게 사용 하도록 하였다. 분석 시 정확한 수치화(digitizing)를 위해 참가자들은 모두 타이즈 복장으로 하였고, 주요 관절점들은 포인트 스티커를 부착하였다. 참가자들은 롤러 스키 주행이나 기록 측정이 익숙한 상태

이며, 최근 부상이 있었거나 재활 훈련을 하고 있는 선수는 실험에서 제외 하였다. 또한 실험 전에 참가 선수들은 모두 실험 내용을 숙지하도록 안내하였다. 본 실험 전에 롤러 스키 주행으로 25분 준비운동을 하였으며, 준비운동은 기술에 제한 없이 팀 코치의 지도로 이루어 졌다. 4명의 선수는 총 30 m의 촬영 구간 안에서 최대 더블 폴링을 실시하였다. 출발 순서는 무작위로 선정하여 실시하였으며, 5 m의 가속 구간 후 25 m거리 내에 최대 더블 폴링을 5회씩 실시하였다.

3. 자료 및 통계 처리

촬영된 영상은 Visol사의 DV Express1.0 Program을 사용하여 편집하였으며, 편집된 영상자료에서 각 관절점의 2차원 위치 좌표값을 산출하기위해 Kwon 3D Version3.1 프로그램을 사용하였다. 더블 폴링 동작이 좌우대칭이라 가정하고 운동학적 자료를 얻기 위하여 연구대상자의 시상면(sagittal plane)의 9개 관절점과 4개의 그래픽 점을 수치화하였다. 각 분절의 무게중심과 전신의 무게중심을 구하기 위해 인체분절지수는 Plagenhoef(1983)의 자료를 사용하였다. Butterworth 4차 저역통과필터(low-pass filter) 방법으로 스무딩(smoothing)하였고 차단주파수는 7.4 Hz로 설정하였다. 각 참가 선수들이 30 m 거리를 최대 더블 폴링으로 5회 수행한 모든 자료들 중에서 완벽한 3번의 사이클을 선별하여 그 측정값의 평균치를 분석에 사용하였다. 관절각 측정 방법은 Kwon 3D 프로그램의 User Angle을 사용하였으며, 3개의 관절 점을 이용한 상대 각을 산출하였다.

2차원 전역좌표계의 X(anterior-posterior)축은 운동수행 방향으로 더블 폴링 동작이 진행되는 축이며, Y(vertical)축은 상·하 방향으로(수평면과 직교하는 축으로) 정의하였다.

수집된 자료는 SPSS(Version 18.0) 프로그램을 이용하여 사이클 특징 변인들과 관절각 변인들의 평균과 표준편차를 산출하였고, 신체중심 속도에 영향을 미치는 사이클 변인들을 규명하기 위하여, 신체중심 속도와 사이클 변인들과의 상관분석(Pearson's)을 실시하였다.

4. 국면 및 이벤트 설정

1) Cycle 정의

한 번의 사이클(cycle)은 폴링 구간(poling phase)과 리커버리 구간(recovery phase)으로 나누었다. 폴링 구간은 폴 끝이 지면을 찍는 시점을 시작으로 폴을 뒤로 밀어 폴 끝이 지면에서 떨어지는 시점까지로 정의하였고, 리커버리 구간은 폴 끝이 지면에서 떨어지는 시점을 시작으로 다음 폴을 찍기 위해 전방으로 돌아와 다시 폴 끝이 지면을 찍는 시점까지로 정의 하였다. 구간 및 이벤트 설정은 <Figure 2>와 같다.

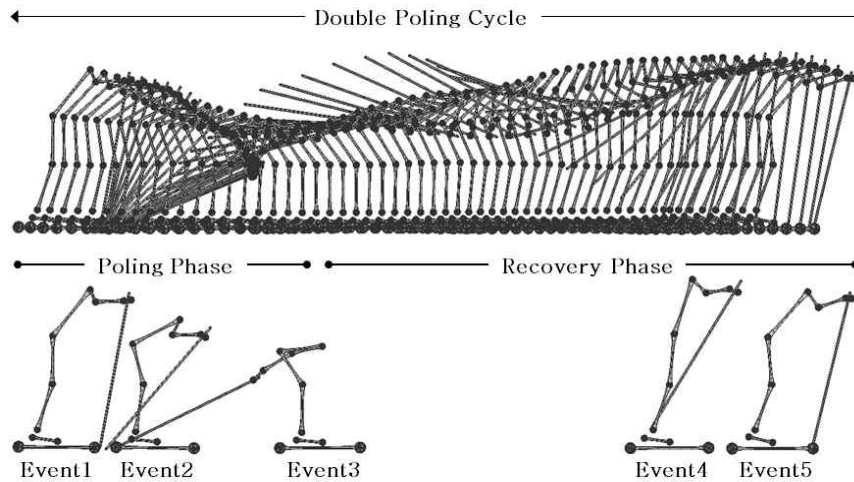


Figure 2. Double poling cycle & phase definitions

2) Event 설정

- Event 1 (pole in) : 폴을 지면에 찍는 시점
- Event 2 (min pp) : 폴링 구간에서 각 관절의 최소 각
- Event 3 (pole out) : 폴이 지면에서 떨어지는 시점
- Event 4 (max RP) : 리커버리 구간에서 각 관절의 최대 각
- Event 5 (next pole in) : 다음 폴을 지면에 찍는 시점

3) Phase 설정

- Phase 1 (polling phase) : Event 1 - Event 3
- Phase 2 (recovery phase) : Event 3 - Event 5

5. 관절 각 정의

- 팔꿈치관절 각도 : 전완과 상완이 이루는 상대각도
- 고관절 각도 : 대퇴와 상지가 이루는 상대각도
- 무릎관절 각도 : 대퇴와 하퇴가 이루는 상대각도

III. 결과

1. 사이클 특징

사이클 특징으로 속도 요인, 시간 요인, 그리고 각도 요인으로 분석하였다.

1) 속도 요인

참가한 선수들의 속도 요인 결과는 다음 <Table 2>에 제시한 바와 같다. 4명의 선수들의 신체 중심 속도는 cycle이 거듭 될 수록 속도가 증가 하였고, 각 사이클별 평균 속도는 cycle 1에

Table 2. CM Velocity during maximal double poling (unit: m/sec)

Cycle Subjects	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	<i>M</i> ± <i>SD</i>
Player A	6.11 ±0.23	6.44 ±0.19	6.65 ±0.26	6.38 ±0.31
Player B	6.43 ±0.26	6.87 ±0.33	7.15 ±0.23	6.76 ±0.39
Player C	6.22 ±0.35	6.65 ±0.22	6.75 ±0.13	6.51 ±0.34
Player D	5.92 ±0.27	6.33 ±0.40	6.56 ±0.28	6.25 ±0.40
<i>Mean</i> ± <i>SD</i>	6.17±0.32	6.57±0.34	6.75±0.31	6.47±0.40

서 6.17 m/sec, cycle 2에서 6.57 m/sec 그리고 cycle 3에서 6.75 m/sec의 속도를 나타냈다. 평균 cycle1-cycle2 사이 속도의 변화는 0.4 m/sec 가량 증가하였고, cycle2-cycle3 사이 0.2 m/sec정도 증가하는 형태로 나타났다. 4명의 선수 가운데 Player B 선수가 평균 6.76±0.39 m/sec의 속도로 각 사이클별 신체중심 속도가 6.43±0.26 m/sec(cycle1), 6.87±0.33 m/sec(cycle2), 7.15±0.23 m/sec(cycle3)로 가장 높은 것으로 나타났으며, Player D 선수가 평균 6.25±0.40 m/sec의 속도로 각 사이클 별 신체 중심 속도가 5.92±0.27 m/sec(cycle1), 6.33±0.40 m/sec(cycle2), 6.56±0.28 m/sec(cycle3)로 4명의 선수 가운데 가장 낮은 것으로 나타났다.

2) 시간 요인

4명의 선수들의 사이클 특징 중 시간 요인의 결과는 <Table 3>과 같다. 4명의 선수들의 평균 사이클 시간은 0.90±0.06 sec 이며, 폴링 시간과 리커버리 시간은 각각 0.29±0.03 sec와 0.60±0.07 sec로 나타났다. 사이클 시간에 대해 폴링 시간을 백분율로 나타낸 4명의 선수들의 평균 폴링 시간의 비율은 32.79±2.80% 이고 평균 리커버리 시간의 비율은 67.44±2.60%이다.

Table 3. The characteristics of Cycle time (unit: sec)

Subjects	Cycle	CT	PT	RT	PT rel (%CT)	RT rel (%CT)
Player A	Cycle 1	0.86 ±0.02	0.29 ±0.01	0.56 ±0.01	33.34 ±0.79	65.53 ±1.84
	Cycle 2	0.87 ±0.03	0.27 ±0.02	0.60 ±0.02	31.42 ±1.74	68.58 ±1.74
	Cycle 3	0.86 ±0.03	0.26 ±0.01	0.59 ±0.03	31.05 ±1.30	68.95 ±1.30
	<i>Mean</i>	0.86 ±0.03	0.27 ±0.02	0.58 ±0.03	32.00 ±1.62	67.6 ±2.23
	<i>±SD</i>					
Player B	Cycle 1	0.84 ±0.05	0.29 ±0.02	0.54 ±0.04	35.04 ±1.33	64.96 ±1.33
	Cycle 2	0.86 ±0.05	0.28 ±0.03	0.58 ±0.05	32.19 ±2.87	67.81 ±2.87
	Cycle 3	0.85 ±0.03	0.27 ±0.01	0.58 ±0.02	31.54 ±1.45	68.46 ±1.45
	<i>Mean</i>	0.85 ±0.05	0.28 ±0.02	0.57 ±0.04	33.02 ±2.47	66.98 ±2.47
	<i>±SD</i>					
Player C	Cycle 1	0.91 ±0.05	0.30 ±0.02	0.61 ±0.04	33.10 ±2.02	66.90 ±2.02
	Cycle 2	0.93 ±0.06	0.28 ±0.02	0.66 ±0.04	30.17 ±2.26	71.16 ±2.47
	Cycle 3	0.96 ±0.05	0.29 ±0.01	0.66 ±0.05	30.88 ±2.29	69.15 ±2.30
	<i>Mean</i>	0.93 ±0.05	0.29 ±0.02	0.61 ±0.11	31.46 ±2.42	69.06 ±2.84
	<i>±SD</i>					
Player D	Cycle 1	0.94 ±0.06	0.35 ±0.02	0.61 ±0.06	37.30 ±4.12	64.93 ±2.05
	Cycle 2	0.95 ±0.04	0.32 ±0.01	0.62 ±0.04	34.21 ±1.67	65.79 ±1.67
	Cycle 3	0.99 ±0.05	0.31 ±0.03	0.68 ±0.03	31.62 ±1.87	68.38 ±1.87
	<i>Mean</i>	0.96 ±0.05	0.33 ±0.02	0.63 ±0.05	34.57 ±3.53	66.22 ±2.26
	<i>±SD</i>					
Total	<i>Mean</i> ± <i>SD</i>	0.90 ±0.06	0.29 ±0.03	0.60 ±0.07	32.79 ±2.80	67.44 ±2.60

CT, cycle time : PT, poling time : RT, recovery time : PT rel, relative poling time : RT rel, relative recovery time

Player A와 Player B는 사이클 시간이 각각 0.86±0.03 sec와 0.85±0.05 sec로 폴링 시간과 리커버리 시간도 유사한 결과를 나타냈다. Player C와 Player D는 사이클 시간이 4명의 선수들 가운데 가장 길며, 사이클 시간 중 폴링 시간이 0.33±0.02 sec로 폴링시간의 비율이 34.57%로 가장 긴 사이클 시간과 폴링 시간을 나타냈다.

3) 거리 요인

사이클 거리 요인의 결과는 <Table 4>와 같다. 4명의 선수들의 평균 사이클 거리는 5.82±0.47 m이며, 평균 폴링 거리는 2.17±0.18 m이고, 리커버리 거리는 3.65±0.42 m로 나타났다. 폴링 거리와 리커버리 거리 각각 사이클에 대한 비율은 평균 37.14±3.11%와 62.63±3.32%로 나타났다. Player A는 사이클 거리가 5.48±0.33 m로 4명의 선수 가운데 가장 짧고, 폴링 거리

Table 4. The characteristics of Cycle length (unit: m)

Subjects	Cycle	CL	PL	RL	PL rel (%CL)	RL rel (%CL)
Player A	Cycle 1	5.19 ±0.36	1.93 ±0.07	3.27 ±0.33	37.23 ±2.26	62.77 ±2.26
	Cycle 2	5.66 ±0.23	2.04 ±0.11	3.62 ±0.23	36.13 ±2.13	63.90 ±2.12
	Cycle 3	5.61 ±0.17	1.87 ±0.05	3.76 ±0.18	33.12 ±1.26	66.88 ±1.26
	<i>Mean</i>	5.48 ±0.33	1.95 ±0.10	3.53 ±0.32	35.66 ±2.52	64.35 ±2.51
	<i>±SD</i>					
Player B	Cycle 1	5.35 ±0.35	2.18 ±0.14	3.17 ±0.32	40.82 ±2.91	59.18 ±2.91
	Cycle 2	5.95 ±0.24	2.26 ±0.14	3.68 ±0.23	38.1 ±2.40	61.9 ±2.40
	Cycle 3	6.1 ±0.22	2.27 ±0.16	3.81 ±0.42	35.59 ±2.14	62.37 ±4.67
	<i>Mean</i>	5.75 ±0.43	2.24 ±0.14	3.52 ±0.41	38.57 ±3.15	60.96 ±3.25
	<i>±SD</i>					
Player C	Cycle 1	5.64 ±0.41	2.08 ±0.14	3.49 ±0.39	37.01 ±3.05	61.80 ±4.45
	Cycle 2	6.23 ±0.36	2.15 ±0.14	4.08 ±0.30	34.52 ±1.84	65.48 ±1.84
	Cycle 3	6.46 ±0.25	2.30 ±0.10	4.18 ±0.38	35.40 ±3.37	64.60 ±3.37
	<i>Mean</i>	6.06 ±0.48	2.18 ±0.15	3.88 ±0.45	35.68 ±2.73	63.86 ±3.56
	<i>±SD</i>					
Player D	Cycle 1	5.56 ±0.30	2.25 ±0.13	3.31 ±0.27	40.52 ±2.33	59.48 ±2.33
	Cycle 2	6.01 ±0.19	2.36 ±0.11	3.65 ±0.18	39.31 ±1.79	60.69 ±1.79
	Cycle 3	6.49 ±0.21	2.29 ±0.11	4.18 ±0.22	35.55 ±1.93	64.45 ±1.93
	<i>Mean</i>	5.99 ±0.44	2.30 ±0.12	3.68 ±0.42	38.67 ±3.67	61.33 ±2.83
	<i>±SD</i>					
Total	<i>Mean</i> ± <i>SD</i>	5.82 ±0.47	2.17 ±0.18	3.65 ±0.42	37.14 ±3.11	62.63 ±3.32

CL, cycle length : PL, poling length : RL, recovery length : PL rel, relative poling time : RL rel, relative recovery time

평균 또한 1.95±0.10 m로 가장 짧다. Player C는 6.06±0.48 m로 가장 긴 사이클 거리와 3.88±0.45 m의 가장 긴 리커버리 거리를 나타냈다. 폴링 거리와 리커버리 거리의 비율이 Player A와 Player C가 약 35%와 64%의 비율을 나타냈고, Player B와 Player D가 약 39%와 64%의 비율을 나타냈다.

2. 사이클 변인과 신체질량중심 속도 상관관계

빠른 더블 폴링 시 신체질량 중심 속도에 영향을 미치는 사이클 변인들을 규명하기 위해 속도와 각 변인간의 상관분석을 실시하였다(Table 5).

1) 시간 요인과 신체중심 속도

신체중심의 수평속도와 시간과의 관계는 사이클 시간이 부적 상관($r=-0.33, p<.05$)을 보였고, 폴링 시간 또한 부적 상관

Table 5. Correlation between CM Velocity and Variables

Variable	CM Velocity
	r
CT	-0.33*
PT	-0.54**
RT	-0.08
PT rel	-0.38**
RT rel	0.41**
CL	0.48**
PL	0.03
RL	0.52**
PL rel	-0.44**
RL rel	0.39**

* $p < .05$ ** $p < .01$

CL, cycle length : PL, poling length : RL, recovery length : PL rel, relative poling time : RL rel, relative recovery time

($r = -0.54, p < .01$)을 보였으나, 리커버리 시간은 속도와의 관계에서는 유의한 관계를 나타내지 않았다. 사이클 시간 중 폴링 시간의 비율과 속도의 관계는 부적 상관($r = -0.38, p < .01$)을 보였고, 리커버리 시간의 비율은 정적 상관($r = -0.41, p < .01$)을 나타냈다.

2) 거리 요인과 신체중심 속도

신체중심의 수평속도와 거리와의 관계는 사이클 시간이 정적 상관($r = 0.48, p < .01$)을 보였다. 폴링 거리는 속도와 유의한 상관관계를 보이지 않았으며, 리커버리 거리와의 관계는 정적 상관($r = 0.52, p < .01$)으로 나타났다. 사이클 거리 중 폴링 거리의 비율은 속도와 부적 상관($r = -0.44, p < .01$)을 보였고, 리커버리 거리와의 관계에서는 정적 상관($r = -0.39, p < .01$)관계를 나타냈다.

3. 관절 각 변인

더블 폴링 동작의 시점별 관절각의 변화는 팔꿈치, 무릎, 고관절의 변인들을 산출하였다.

1) 팔꿈치관절 각

각 이벤트별 4명의 선수들의 팔꿈치 각은 <Table 6>과 같다. 폴을 지면에 찍을 때 4명의 선수들의 팔꿈치 각도는 평균 $106.82 \pm 11.88^\circ$ 로 나타났으며, Player C가 $97.17 \pm 6.26^\circ$ 로 가장 작고, Player D가 $120.41 \pm 4.29^\circ$ 로 가장 큰 각도를 나타냈다. 폴링 구간에서 4명의 선수들의 평균 팔꿈치 각도는 $60.97 \pm 12.59^\circ$ 이며, Player C가 $47.81 \pm 9.31^\circ$ 로 가장 작고 Player D가 $71.84 \pm 7.03^\circ$ 로 가

Table 6. Elbow angles at events

Subjects	(unit: deg)			
	EA pole in	EA min pp	EA pole out	EA max RP
Player A	98.75 ± 7.45	58.31 ± 8.13	162.93 ± 6.11	166.82 ± 8.03
Player B	110.95 ± 9.80	65.92 ± 10.97	157.52 ± 8.24	160.28 ± 13.41
Player C	97.17 ± 6.26	47.81 ± 9.31	150.49 ± 6.25	172.61 ± 6.08
Player D	120.41 ± 4.29	71.84 ± 7.03	164.77 ± 7.65	181.60 ± 5.18
<i>M\pmSD</i>	106.82 ± 11.88	60.97 ± 12.59	158.93 ± 8.92	170.09 ± 11.69

EA pole in, elbow angle at pole plant : EA min pp, elbow angle minimum during poling phase : EA pole out, elbow angle at the end of poling phase : EA max RP, elbow angle maximum during recovery phase.

장 큰 각을 나타냈다. 폴링구간이 끝나는 시점에서 팔꿈치 각도는 평균 $158.93 \pm 8.92^\circ$ 으로 Player C가 $150.49 \pm 6.25^\circ$ 가장 작은 각을 나타내었으며, Player D가 $164.77 \pm 7.65^\circ$ 로 가장 큰 각으로 나타났다. 폴링 구간이 끝난 후 리커버리 구간 중에 4명의 선수들의 팔꿈치 최대 각은 평균 $170.09 \pm 11.69^\circ$ 로 나타났다. Player B가 $160.28 \pm 13.41^\circ$ 로 가장 작고, Player D가 $181.60 \pm 5.18^\circ$ 로 팔꿈치 각이 가장 큰 것으로 나타났다.

Table 7. Hip angles at events

Subjects	(unit: deg)			
	HA pole in	HA min pp	HA pole out	HA max RP
Player A	125.31 ± 4.33	70.00 ± 2.39	72.42 ± 4.02	169.20 ± 2.20
Player B	139.09 ± 8.70	59.53 ± 7.40	57.60 ± 7.17	162.84 ± 4.74
Player C	139.87 ± 4.23	65.80 ± 5.26	66.04 ± 5.80	173.64 ± 7.86
Player D	128.32 ± 4.25	65.89 ± 3.57	66.76 ± 4.18	162.73 ± 3.25
<i>M\pmSD</i>	133.14 ± 8.54	65.3 ± 6.18	65.7 ± 7.53	166.95 ± 6.58

HA pole in, hip angle at pole plant : HA min pp, hip angle minimum during poling phase : HA pole out, hip angle at the end of poling phase : HA max RP, hip angle maximum during recovery phase.

2) 고관절 각

각 이벤트별 4명의 선수들의 고관절 각은 <Table 7>과 같다. 폴링 구간이 시작되는 첫 번째 시점에서 폴이 지면을 찍을 때 4명의 선수들의 고관절 각은 평균 $133.14 \pm 8.54^\circ$ 로 나타났으며, Player A가 $125.31 \pm 4.33^\circ$ 로 가장 작게 나타났다. 선수들은 폴링 구간 중 고관절의 최소 각이 평균 $65.3 \pm 6.18^\circ$ 이며, Player A가 가장 큰 $70.00 \pm 2.39^\circ$ 로 나타났다. 폴이 지면에서 떨어지는 시점에서 선수들의 고관절의 각도는 평균 $65.7 \pm 7.53^\circ$ 으로 나타났고, Player A

가 $72.42 \pm 4.02^\circ$ 로 가장 크고, Player B가 $57.60 \pm 7.17^\circ$ 로 가장 작다. 리커버리 구간 중 고관절의 최대 각은 평균은 $166.95 \pm 6.58^\circ$ 이고 Player A가 $169.20 \pm 2.20^\circ$ 로 가장 큰 각을 나타냈다.

3) 무릎관절 각

각 이벤트별 4명의 선수들의 무릎 각은 <Table 8>과 같다. 폴을 지면에 찍는 시점에서 4명의 선수들의 무릎 각도는 평균 $156.87 \pm 5.02^\circ$ 로 나타났고, Player B가 $159.78 \pm 3.27^\circ$ 로 가장 크고, Player A가 $151.94 \pm 4.68^\circ$ 로 가장 작게 나타났다. 폴링 구간에서 선수들의 무릎은 최소 각이 평균 $137.43 \pm 5.75^\circ$ 로 나타났으며 Player C가 $131.63 \pm 4.62^\circ$ 로 가장 작고, Player B가 $143.13 \pm 3.75^\circ$ 로 가장 큰 것으로 나타났다. 폴이 지면에서 떨어지는 시점에서 선수들의 무릎 각은 평균 $140.19 \pm 13.54^\circ$ 로 Player C가 $138.31 \pm 26.11^\circ$ 로 가장 작고, Player B가 $142.24 \pm 4.44^\circ$ 로 가장 큰 각을 나타냈다. 리커버리 구간에서 선수들의 무릎각의 최대 각은 평균 $169.33 \pm 5.48^\circ$ 로 나타났으며 Player D가 가장 큰 $174.59 \pm 2.93^\circ$ 이고, Player B가 가장 작은 $164.01 \pm 2.69^\circ$ 로 나타났다.

Table 8. Knee angles at events (unit: deg)

Subjects	KA pole in	KA min pp	KA pole out	KA max RP
Player A	151.94 ±4.68	135.69 ±3.33	140.05 ±6.88	169.48 ±5.03
Player B	159.78 ±3.27	143.13 ±3.75	142.24 ±4.44	164.01 ±2.69
Player C	156.99 ±4.32	131.63 ±4.62	138.31 ±26.11	169.63 ±5.01
Player D	158.76 ±4.02	139.27 ±3.87	140.16 ±3.94	174.59 ±2.93
<i>M±SD</i>	156.87 ±5.02	137.43 ±5.75	140.19 ±13.54	169.33 ±5.48

KA pole in, knee angle at pole plant; KA min pp, knee angle minimum during poling phase; KA pole out, knee angle at the end of poling phase; KA max RP, knee angle maximum during recovery phase.

IV. 논 의

1. 사이클 특징

선행 연구들은 더블 폴링의 운동학적 분석에서 빠른 속도의 더블 폴링 동작을 짧은 폴링 구간과 긴 리커버리 구간으로 강조하였다. 4명의 참가 선수들의 사이클 특징을 선행연구들이 제시한 이론들에 비추어 설명하면 다음과 같다.

Player A는 사이클 거리가 가장 짧은 관계로 더블 폴링 신체 중심의 속도가 낮았던 것으로 판단된다. 그러므로 Player

A는 빠른 폴링 뒤에 리커버리의 거리가 증가되어야 할 것으로 사료된다. Player B는 4명의 선수들 가운데 각 사이클별 속도와 평균 속도가 가장 높았다. Player B의 시간과 거리요인을 정리해 보면 짧은 사이클 시간과 비교적 긴 사이클 거리가 4명의 선수들 가운데 가장 높은 속도의 결과를 보여주었다. 그러나 폴링 거리와 리커버리 거리의 비율에 있어서 폴링 거리가 길고, 리커버리 거리가 4명의 선수 가운데 가장 짧은 것으로 나타났다. 따라서 Player B는 리커버리 거리를 증가시키기 위한 짧은 폴링 기술을 개선해야한다. Player C는 4명의 선수들 가운데 폴링과 리커버리 구간의 시간과 거리의 비율이 가장 이상적이라고 할 수 있다. 하지만 폴링 시간이 다소 긴 것으로 속도를 증가시키기 위해서 사이클 시간을 단축시킬 필요가 있다. Player D는 사이클 시간이 가장 길고, 폴링 시간 또한 가장 긴 것으로 나타났다. 그러므로 Player D는 폴링 시간을 단축할 필요가 있다. 4명의 선수들의 사이클 특징을 종합 하면 Player A와 Player B는 리커버리의 거리를 증가 시켜야 하며, Player C와 Player D는 폴링 시간을 단축하는 것이 빠른 속도를 내기 위해 필요할 것으로 판단된다.

Lindinger et al.(2009)은 "현대 엘리트 스키 선수들은 더블 폴 스피드를 어떻게 조절 할까?"라는 문제를 조사하기 위해 스웨덴 남자 선수들을 대상으로 트레드밀의 속도를 점진적으로(9 km/h, 15 km/h, 21 km/h, 27 km/h, Vmax;29.5 km/h) 증가시켜 더블 폴링의 사이클 특징을 운동학적으로 분석한 결과 경기력이 우수한 선수들이 그렇지 못 한 선수들보다 낮은 폴링 빈도와 긴 리커버리 시간이 소요된다고 보고하였다. 스웨덴 선수들의 사이클 시간은 0.93 sec로 국내 선수들의 0.90 sec 보다 평균 0.03 sec 길고, 폴링 시간이 0.26 sec로 0.03 sec 짧으며, 리커버리 시간은 0.67 sec로 0.07 sec 긴 것으로 나타났다. 이러한 두 결과사이에 시간의 차이는 거의 없지만 문제는 사이클 거리이다. 스웨덴 선수들은 평균 0.93 sec의 시간으로 7.53 m의 사이클 거리를 이동하여 평균 속도가 29.6 km/h로 약 8 m/sec의 속도로 나타났다. 반면에 국내 선수들은 0.90 sec의 시간으로 5.82 m 사이클 거리를 이동하여 6.47 m/sec의 평균 사이클 속도를 나타내었다. 한 사이클의 거리가 약 1.73 m의 차이를 나타내며 1.53 m/sec의 속도 차이를 보인다.

Stöggel et al.(2010)의 연구에서는 오스트리아와 그리스의 남자 엘리트 선수들이 완전한 평지 수준의 트레드밀 위에서 클래식 롤러 스키로 더블 폴링 속도가 7 m/sec일 때 사이클 시간이 1.18 sec, 폴링 시간과 리커버리 시간을 각각 0.26 sec와 0.92 sec로 보고하였다. 본 연구 결과와 비교하면, 국내 선수들이 사이클 시간이 0.12 sec 짧고, 폴링 시간과 리커버리 시간 각각 0.03 sec와 0.32 sec 짧은 시간을 나타냈다.

Lindinger et al.(2009)은 사이클 시간에 대한 폴링 구간과 리커버리 구간의 시간 비율이 약 27.8% : 72.2% 라고 보고 하였고, Stöggel et al.(2010)의 연구에서는 오스트리아 선수들은 사이클 동안 폴링과 리커버리 각각의 구간의 시간 비율이 22% :

78% 비율로 나타났다고 하였다. 앞서 언급했던 Lindinger et al.(2009)의 연구 결과와 본 실험 결과인 32.79% : 67.44%와 동일하게 짧은 폴링 시간 비율과 긴 리커버리 시간의 비율로 나타났다. 하지만 Stöggli et al.(2010)과 Lindinger et al.(2009)의 연구 결과들은 리커버리의 시간 비율이 70% 이상인 것에 반하여 국내 선수들은 리커버리의 시간 비율이 70% 미만이다. 이러한 비율의 차이는 짧은 사이클 거리를 초래하고, 더블 폴링 속도를 증가시키는데 부정적인 영향을 가져오게 되는 것으로 사료된다. 또한 오스트리아 선수들과 약 2.5 m 정도의 사이클 거리 차이가 나는 원인의 하나로 판단된다. 엘리트 선수들이 속도를 증가시키기 위해서 폴링 시간과 사이클 거리 조절이 중요한 이유는 폴링 구간과 리커버리 구간의 시간과 거리의 비율이 더블 폴링 속도에 큰 영향을 미치기 때문이다(Lindinger et al., 2009). 따라서 국내 선수들은 폴링 시간을 좀 더 단축시키고, 긴 리커버리 시간의 비율을 국외 엘리트 선수들처럼 70% 이상으로 향상시키면 더블 폴링 속도와 거리를 증가시킬 수 있을 것이다.

2. 사이클 요인과 신체중심 속도와의 상관관계

신체중심의 수평 속도와 시간과의 부적 상관($r=-0.33, p<.05$)은 사이클 시간을 단축 할수록 속도가 증가함을 의미하는 것으로 사료되며, 폴링 시간과의 부적 상관($r=-0.54, p<.01$)과 리커버리 시간과 속도와의 관계가 유의하지 않은 결과는 그만큼 사이클 시간 가운데 폴링 시간의 단축이 속도와의 관계에 있어서 유의한 결과를 얻을 수 있을 것이라고 판단된다. 이와 같은 결과는 사이클 시간 중 폴링 시간과 리커버리 시간의 비율의 속도와의 관계에서 더 잘 설명되어진다. 폴링 시간의 부적 상관($r=-0.38, p<.01$)과 리커버리 시간의 정적 상관($r=0.41, p<.01$)을 보면 알 수 있듯이 폴링시간 비율의 감소와 리커버리 시간 비율의 증가가 빠른 속도와의 관계에 있어서 유의할 것으로 판단된다.

신체중심의 수평속도와 거리와의 관계에서 나타나는 사이클 거리의 정적 상관($r=0.48, p<.01$)관계는 속도를 증가시키기 위하여 사이클 거리를 보다 길게 하는 것이 효과적인 것으로 판단된다. 사이클 거리 가운데 폴링 거리와 속도의 관계는 유의한 결과를 보이지 않았으며, 리커버리 거리와의 관계는 정적 상관($r=0.52, p<.01$)으로 나타났다. 즉, 리커버리의 거리를 증가시켜 사이클 거리의 증가를 이루고 보다 더 빠른 수평 속도를 얻는 것이 중요하다고 생각된다. 사이클 거리에 있어서 폴링 거리의 비율이 속도와 부적 상관($r=-0.44, p<.01$)을 보였고, 리커버리 거리와의 관계에서는 정적 상관($r=0.39, p<.01$)관계를 나타낸 것도 폴링 거리의 비율을 감소하고 리커버리의 거리 비율 증가시키는 것이 속도와의 관계에 있어서 유의할 것으로 사료된다.

3. 관절각 요인

폴링 구간에서는 팔꿈치 각도가 폴링 기술에 큰 영향을 미치며, 리커버리 구간에서는 무릎과 고관절의 각도가 중요한 역할을 한다(Lindinger et al., 2009).

참가 선수들의 관절각을 시점별로 변화되는 특징을 살펴보면 다음과 같다. 폴을 지면에 찍는 시점에서 Player A는 작은 팔꿈치 각과 작은 고관절 각으로 폴을 지면에 찍어 폴링 구간 동안에 다른 선수들 보다 고관절의 굴곡이 작고, 팔꿈치의 굴곡과 신전이 큰 것으로 나타났으며, 리커버리 구간의 최대각 시점에서 볼 때 고관절의 신전이 크게 이루어지고 있는 것으로 나타났다. Player A는 폴링이 시작될 때 고관절 각을 크게 하여 상체가 지면과 수직에 가까운 것이 빠른 폴링을 위해서 용이할 것으로 사료된다. Player B는 폴을 지면에 찍는 시점에서 팔꿈치 각이 크고 고관절 또한 큰 각의 상태로 폴링이 시작되는데 폴링이 끝나는 시점까지 고관절의 굴곡이 크지만 리커버리 구간에 고관절과 팔꿈치의 신전이 좀 더 크게 이루어지는 것이 리커버리 거리를 증가시켜 빠른 폴링 동작이 이루어 질 것으로 사료된다. Player C는 폴링 구간이 시작될 때 팔꿈치 각이 작고 폴링 구간 동안 큰 굴곡이 이루어지며, 리커버리 구간의 고관절과 팔꿈치의 신전이 크게 이루어지는 것으로 나타나 동작의 패턴이 안정적인 것으로 판단된다. Player D는 폴을 지면에 찍는 시점에서 팔꿈치의 각이 크기 때문에 폴링 구간 동안 다른 선수와 비교해 굴곡 되는 범위가 작고 시간이 길어질 것으로 판단되며, 큰 팔꿈치 각에 비해 작은 고관절의 각은 폴링 시간을 지연시킬 것으로 사료된다.

스웨덴의 엘리트 크로스컨트리 스키 선수들을 대상으로 선정한 Hornberg et al.(2005)의 실험은 국내 선수와 신체적 특징(평균 연령 21 yr, 신장 179.1 cm, 체중 70.6 kg)이 유사하고 이 벤트 설정이 동일하여 본 연구 결과와 비교해 보고자 한다. 스웨덴의 엘리트 스키 선수들은 폴을 지면에 찍을 때 팔꿈치 각도($104\pm 19^\circ$)와 폴이 지면에서 떨어질 때의 각도($158.93\pm 8.92^\circ$)가 국내 선수들의 결과($106.82^\circ, 158.93^\circ$)와 유사하게 나타났다. 또한 폴 끝이 지면에서 떨어질 때 스웨덴 선수들의 경우 팔꿈치 각이 160° 로 본 연구에서의 158.94° 와 유사한 결과를 보였다. 그러나 스웨덴 선수들의 폴링 구간 중 팔꿈치 최소 각($69\pm 21^\circ$)과 국내 선수들의 최소 각(60.97°)의 차이가 국내 선수들이 약 10° 작은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 폴링 구간에서 팔꿈치 각도가 폴을 지면에 찍고 뒤로 미는 과정에서 팔꿈치의 신전이 제대로 이루어지지 못하고 폴을 몸 쪽으로 가까이 당기는 동작으로 인하여 폴링 구간의 팔꿈치 각이 국내 선수들이 좀 더 작아진 것으로 판단된다. 폴을 찍는 시점에서 팔꿈치의 작은 최소 각이 이루어져야 하지만 폴이 지면에 떨어질 때 까지 큰 신전을 해야 한다(Lindinger et al., 2009).

폴을 찍는 시점에서 스웨덴 선수들의 고관절 각($136\pm 14^\circ$)과 국내 선수들의 고관절각(133.14°)은 유사하게 나타났다. 하지만

폴링 구간에 고관절 각이 최소 각이 되는 시점($101\pm 16^\circ$)과 폴링 구간이 끝나는 시점의 각($101\pm 16^\circ$)은 국내 선수들의 고관절각(각각 65.3° , 65.7°)이 약 35° 정도 작은 각을 보였다. 그러나 스웨덴 선수들의 각 시점별 무릎 각($150\pm 14^\circ$, $138\pm 14^\circ$, $141\pm 16^\circ$, $167\pm 6^\circ$)은 국내 선수들의 무릎 각($156.87\pm 5.02^\circ$, $137.43\pm 5.75^\circ$, $140.19\pm 13.54^\circ$, $169.33\pm 5.48^\circ$)과 차이가 미비한 것으로 나타났다. 따라서 더블 폴링 기술의 특성상 무릎의 굴곡과 신전이 크지 않다는 것을 고려할 때 고관절 각의 차이는 국내 선수들이 스웨덴 선수들보다 폴링 구간에서 상체의 굴곡이 더 큰 것으로 판단된다. 즉, 스웨덴 선수들은 폴을 찍는 시점에서 폴이 떨어지는 시점까지 35° 정도 굴곡하지만 국내 선수들은 68° 의 큰 굴곡을 하는 것이다. 폴링 구간에서 고관절의 굴곡이 크게 되면, 다음 리커버리 구간의 고관절 신전 동작에서 더 큰 각변위가 일어남으로 에너지 소모가 증가하고, 폴링 시간이 길어질 것으로 사료된다. 따라서 폴링 구간에서 고관절의 큰 굴곡 보다는 리커버리 구간에서의 신전이 크게 이루어지는 것이 이상적인 더블 폴링 기술이라고 할 수 있다. 더블 폴링에 있어서 고관절과 무릎의 기여가 중요한 것은 폴을 찍기 전에 리커버리 구간에서 고관절이 신전한 후 폴링이 시작 될 때 짧은 시간 안에 고관절과 무릎의 굴곡이 빠르게 일어나야 만이 폴링 구간에서 큰 추진력을 얻을 수 있다. 따라서 양다리의 고관절의 신전과 무릎의 굴곡은 팔과 상체의 상호 협응 동작이 잘 조화롭게 이루어져야 빠른 속도와 긴 사이클 거리를 얻을 수 있다 (Holmberg et al., 2005, 2006). 즉, 더블 폴링 속도를 증가시키기 위해서는 신체 관절들의 굴곡과 신전의 패턴이 상당히 중요한 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 국가대표 크로스컨트리 스키 선수들의 더블 폴링 기술 패턴과 수행 방법을 모색하기 위해 운동학적 변인들을 분석 하였다. 사이클 특징으로 시간과 거리 그리고 속도요인을 비교 하였고, 신체 질량 중심 속도와 사이클 요인들과의 상관관계를 규명하였다. 또한 폴링 동작에서 이루어지는 각 시점별 관절 각도의 변화와 특징을 분석 하였으며, 국외 선행 연구들의 자료와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

국내 선수들은 모두 사이클이 진행됨에 따라 신체중심 속도가 증가 하였다. 이때 폴링 시간의 비율은 감소하였으며, 리커버리 시간의 비율이 증가한 형태를 보였다. 선행연구와 비교했을 때 유럽 선수들 보다 국내 선수들이 폴링 시간의 비율이 높게, 리커버리 시간의 비율이 낮게 나타났다. 폴링과 리커버리 시간의 비율은 사이클 거리와 속도에 영향을 주기 때문에 폴링

시간의 비율을 감소시키고, 리커버리 시간의 비율을 증가 시킬 필요가 있다.

국내 선수들이 빠른 더블 폴링 기술을 수행하기 위해서는 폴을 찍는 시점에서 팔꿈치 각을 최소화해야 하며, 폴링 구간 동안 각을 감소시키지 않도록 최소한의 굴곡으로 폴링 구간이 끝나는 시점까지 큰 신전이 이루어져야 한다. 또한 폴링 구간에서 고관절의 과도한 굴곡은 상체가 수평에 가까워지기 때문에 빠른 폴링을 기대 할 수 없으므로, 빠른 폴링을 위해서는 리커버리 구간 동안 고관절의 신전을 크게 하여, 폴을 지면에 찍을 때 상체가 수직에 가까울 수 있도록 해야 한다. 폴링 구간에서 무릎 각은 큰 굴곡 없이 상체의 움직임에 지지 할 수 있도록 하여야 하며, 리커버리 구간에서 고관절과 함께 큰 신전을 이루어 사이클 거리를 증가 시켜야 한다.

참고문헌

- Bortolan, L., Pellegrini, B., Finizia, G., & Schena, F.(2008). Assessment of the reliability of a custom built Nordic Ski Ergometer for cross-country skiing power test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(2), 177-182.
- Hoffman, M. D., & Clifford, P. S.(1992). Physiological aspects of competitive cross-country skiing. *Journal of Sports Science*, 10(1), 3-27.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E., & Müller, E.(2005). Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(5), 807-818.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Björklund, G., & Müller, E.(2006). Contribution of the legs to double-poling performance in elite cross-country skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1853-1860.
- Johnny, E., Nilsson, J. E., Holmberg, H. C., Tveit, P., & Hallen, J.(2004). Effects of 20-s and 180-s double poling interval training in cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 92(1-2), 121-127.
- Kim, K. S., & Yang, D. Y.(1997). The Kinematic Analysis of V1 Skating Technique Performed by Cross-country Skiers in Uphill Slope. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 7(1), 35-52.
- Kim, K. S.(2003). The kinematic Analysis of Skating Technique Performed by Cross-Country Skiers in Uphill Slope.

- Korean Journal of Sport Biomechanics*, 42(6), 927-937.
- Lindinger, S. J., Stöggl, T., Müller, E., & Holmberg, H. C.(2009). Control of speed during the double poling technique performed by elite cross country skiers. *Medicine and Science and in Sports and Science*, 41(1), 210-220.
- Plagenhoef, S.(1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2), 169-178.
- Smith, G. A.(2002). *Biomechanics of Cross Country Skiing*. In H. Rusko(Ed.), handbook of sports medicine and science: Cross-country skiing, 32-61. Oxford: Blackwell Science.
- Stöggl, T., Lindinger, S., & Müller, E.(2007). Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17(4), 362-372.
- Stöggl, T., Müller, E., Ainegren, M., & Holmberg, H. C.(2010). General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12.
- Zory, R., Millet, G., Schena, F., Bortolan, L., & Rouard, A.(2006). Fatigue induced by a cross-country skiing KO sprint. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(12), 2144-2150.
- Zory, R., Vuillerme, N., Pellegrini, B., Schena, F., & Rouard, A.(2009). Effect of fatigue on double pole kinematics in sprint cross-country skiing. *Human Movement Science*, 28(1), 85-98.