

동계 시즌 전후 알파인 스키 선수들의 신체 조성, 무산소 파워 및 등속성 근기능의 변화 분석

Texas A&M University-San Antonio 건강상담 및 운동과학과¹, 한국과학기술원 인문사회과학부²

최 혜 정¹ · 김 석 희²

An Analysis of Change on Alpine Skiers' Body Composition, Anaerobic Power, and Isokinetic Muscular Function between before and after Winter Season

Hye Jung Choi¹, Seok Hee Kim²

¹Department of Counseling, Health and Kinesiology, Texas A&M University-San Antonio, San Antonio, TX, USA,

²School of Humanities and Social Sciences, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, Korea

Purpose: The purpose of this study was to investigate the changes on alpine skiers' body composition, anaerobic power, isokinetic knee strength and muscle balance ratio (hamstring to quadriceps [HQ] ratio) before and after winter season. **Methods:** The subjects of this study was 22 elite alpine skier, aged 16–20 years. Participants were divided into two groups (male, 12; female, 10). The study conducts a periodization training program in the winter season for 4 months. The data processing of this study was analyzed by paired t-test, using SPSS 21.0 statistics program. **Results:** There was significance on fat free mass in male group ($p < 0.05$); there was significance on anaerobic power and average power in female group ($p < 0.01$), and fatigue index significantly increased in male group ($p < 0.05$). There was significance on extension power of male group and flexion power of female group in 30°/sec. There was significance on extension power of both groups in 180°/sec ($p < 0.05$). There was significant increase on flexion power of male group in 240°/sec ($p < 0.01$). There was significant increase on H/Q% of female right side in 30°/sec ($p < 0.01$). There was significance on right side of both groups in 180°/sec ($p < 0.05$). There were significances on right and left side of both groups in 240°/sec (male, $p < 0.01$; female, $p < 0.05$). **Conclusion:** Therefore, this study suggests that the periodization training should be important to maintain and to develop seasonal condition of alpine skiers.

Keywords: Alpine ski, Anaerobic power, Isokinetic strength, Muscle balance ratio, Periodization training

Received: July 12, 2018 Revised: August 13, 2018

Accepted: August 17, 2018

Correspondence: Seok Hee Kim

School of Humanities and Social Sciences, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34141, Korea

Tel: +82-42-350-4821, Fax: +82-42-350-4839

E-mail: ksma@kaist.ac.kr

Copyright ©2018 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

동계 스포츠인 스키는 시합기와 비 시합기가 확연히 구분되는 종목이다. 따라서 동계 시즌 동안 집중되는 시합에 최고의 경기력을 발휘하기 위한 계획된 훈련과 선수 컨디션이 무엇보다 중요하다¹. 우리나라의 동계 시즌 중 설상 훈련이 가능한 기간은 연간 120일 정도인 것에 비해 북유럽의 경우 평균 150일에서 최대 300일까지 설상 훈련이 가능한 경우도 있어

동계 시즌이 길고 훈련프로그램이 잘 발달되어 있다^{2,3}.

알파인 스키는 코스와 표고차(vertical drop)에 따라 활강(down hill), 슈퍼 대회전(super giant slalom), 대회전(giant slalom), 그리고 회전(slalom) 경기로 구분된다. 남자선수 기준치를 참고하면, 표고차 180 m에서 최대 1,100 m의 경사면을 40 km/hr-140 km/hr의 속도로 활주를 하며, 세부 종목별 경기 시간이 최소 45초에서 2분 30초 정도 요구되는 종목이다⁴. 이러한 종목의 특성 중 경기력 향상을 위한 운동 생리학적 요소는 유무산소성 능력이 혼합된 스포츠로 정의하지만 대체로 무산소성 파워 능력에 초점을 둔다^{5,6}. 특히, 시합 상황에서는 전체 에너지요구량 중 유산소 능력보다는 무산소적 에너지가 더 많이 요구되며 우수한 선수일수록 무산소성 파워가 높게 나타났다^{7,8}.

근 기능적 측면에서는 활주 시 낮은 관절 각도에서 최대근력을 발휘해야 하므로 강한 하지근력, 빠른 속도와 좌우 턴을 위한 파워, 반복적으로 근수축을 하는 근지구력 요소는 스키 경기력에 매우 중요한 요소이다⁹. 또한 근 활동 시 신장성 수축과 단축성 수축은 관절을 중심으로 주동근과 길항근이 서로 쌍을 이루며 존재한다. 양쪽 근육의 어느 한쪽이 다른 쪽에 비해 강하거나 약하면 근육의 불균형이 일어나며⁷, 이는 불안정한 신체 정렬을 만들어, 관절, 인대, 근육에 손상을 초래한다¹⁰. 특히, 알파인 스키는 경기 중 스피드를 유지하고 파워 있는 턴을 하기 위한 최대 근력도 중요하지만¹¹, 활주 중에 무릎을 굽힌 자세에서 굴곡과 신전 동작을 연속적으로 수행하기 위한 대퇴사두근(quadriceps)과 슬굴곡근(hamstring)의 근력 균형은 매우 중요하다 할 수 있다.

알파인 스키의 상해는 주로 무릎 손상이 21.5%로 가장 높으며, 사고의 원인을 외적 요소인 충돌, 기술, 장비에서 높다고 하였지만^{12,13}, 엘리트 선수들의 경우는 기술적 요소와 체력적 요소가 그 내면에 있으며, 종목의 주된 활동 근육인 슬굴곡근과 대퇴사두근의 균형비율이 중요하다. 일반적으로 신전력과 굴곡력의 정상적인 비율은 50%-70%로 보고되며, 50% 미만인 경우에는 슬굴곡근의 근력이 저하되어 전방십자인대 손상을 일으킬 수 있으며, 70%를 초과하는 경우에는 대퇴사두근 약화로 슬내장(internal derangement of knee) 병변을 동반할 수 있다고 한다¹⁴.

Anderson과 Montgomery¹⁵는 1986-87 동계 시즌 동안 스키 선수의 생리학적 변화를 모니터링 한 결과 시즌 동안 선수들의 대퇴근육 발달이 두드러진다고 하였고 알파인 스키 선수에 대한 국내연구에서도 8주 이상 일정 기간 스키 활동으로 인한 대퇴부위 근육량의 증가로 인해 체중증가가 일어난다고 보고하였고^{16,17}, 이러한 결과는 스키를 통해 신체 조성의 변화가

일어날 수 있음을 시사하였다.

국내 알파인 스키 선수들에 대한 동계 시즌 훈련으로 평형 및 기술적 연구¹⁸와 복합 훈련프로그램 적용^{11,19,20} 등으로 시즌 훈련의 중요성에 대한 연구가 최근 발표되었지만, 대부분의 연구는 우수선수들의 기준치를 제시하는데 국한되어 있다. 특히, 연구대상자인 선수들의 측정 시기에 대한 언급이 미비하여 시즌 전후 선수들이 컨디션 변화와 수준을 가늠하기가 어려운 문제점이 있다.

따라서 본 연구는 계획화된 시즌 훈련 프로그램을 적용한 동계 시즌 전후 알파인 스키 선수들의 신체 조성, 무산소 파워, 등속성 슬관절 기능 및 근 균형비의 변화를 파악하고 대회가 집중적으로 진행되는 동계 시즌 동안 변화되는 체력의 차이를 규명하며 향후 성공적인 동계 시즌을 위한 훈련 프로그램, 나아가 선수들의 상해 예방을 위한 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 대한스키협회에 알파인 스키 선수로 등록된 현역 선수로, 남자 12명, 여자 10명이며 훈련이나 대회 참여를 하는 데 정형외과적 문제가 없고 약물복용도 없는 대상자를 선정하였다. 사전검사는 동계시즌 시작 전 11월 말에 실시하였으며, 사후 검사는 시즌 종료 후 3월 말에 실시하였다. 본 연구에 참여한 대상자들은 연구목적에 대한 설명을 듣고 자발적으로 동의하고 서명한 후에 연구에 참여하였으며, 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 측정 방법

1) 신체 조성 측정

신체 조성 측정은 생체전기 임피던스법을 이용한 InBody

Table 1. Characteristics of subjects

Subject	Male (n=12)	Female (n=10)
Age (yr)	18.07±2.19	16.10±1.66
Height (cm)	172.43±5.60	159.67±2.08
Weight (kg)	69.74±10.70	55.75±6.72
Career (yr)	8.45±5.80	6.83±2.40

Values are presented as mean±standard deviation.

370 (Biospace, Seoul, Korea)으로, 동계 시즌 전후 신장, 체중, 체지방률 및 체지방량을 측정하였다.

2) 무산소 파워 측정

무산소성 능력검사는 Wingate 무산소 능력 측정법을 적용하여 Monark 자전거를 이용하였으며, 부하는 대상자 체중에 0.075 kp를 곱한 값을 상대적으로 적용하였다. 알파인 스키 경기 시간을 고려하여 측정시간은 90초간 최대한 빠른 속도로 자전거 페달링을 하였고 정확한 검사를 위해 사전에 대상자에게 충분한 교육을 하였으며, 측정 10초 전에 가볍게 페달링을 하고, 측정 5초 전부터 예비 구령을 하여 대상자가 시작 구령과 함께 최대의 페달링을 할 수 있도록 하였다. 검사 중에도 최대의 노력을 다할 수 있도록 음성적 독려를 하였고²¹ 최대 파워와 피로 지수를 구하는 공식은 Table 2와 같다.

3) 슬관절 등속성 근기능 측정

슬관절 등속성 근기능은 Cybex Norm 770 (Cybex, Stoughton, MA, USA)을 이용하여 무릎 근력의 신전력과 굴곡력을 측정하였다. 측정방법은 대상자를 의자에 앉힌 상태에서 슬관절을 다이내모미터(dynamometer) 회전축과 일치시키고, 무릎의 신전 및 굴곡 시 외력의 힘이 작용하지 않도록 고정 벨트를 이용하여 가슴, 대퇴, 복부 부위를 안정화했다. 또한 힘점인 레버 암은

족관절 기준 2 cm 위쪽에 묶어 슬관절을 중심으로 해부학적 자세에서 90°-0°까지 움직이도록 하여 관절가동범위에 무리가 없도록 신전과 굴곡 운동을 실시하였다. 검사프로토콜은 각속도 30°/sec에서 최대 굴곡과 신전 운동을 통해 대퇴사두근과 슬굴곡근의 최대우력(peak torque)을 측정하였고 180°/sec에서는 굴근과 신근의 체중 당 평균파워(average power)를 적용하였으며, 240°/sec에서는 총일량(total work)을 산출하였다. 또한 모든 각속도의 측정치에서 굴곡과 신전 시 슬굴곡근과 대퇴사두근의 근력 균형비를 산출하였다²².

4) 동계 시즌 훈련프로그램

동계 시즌 훈련프로그램은 11월 마지막 주부터 다음 해 3월 말까지 4개월 동안 진행되었으며, 주간 훈련프로그램은 Tables 3, 4와 같다. 동계스포츠 선진국에서 일반적으로 적용하는 시즌 주기화(periodization) 훈련 프로그램에 맞추어 진행되었다. 스키는 개인 종목이면서도 팀 훈련을 하기 때문에 일반적으로 팀 훈련 프로그램 내 개인 훈련을 포함하여 구성하였다. 1일 훈련은 오전, 오후로 이루어졌으며, 오전 훈련은 주로 게이트(기문) 훈련을 실시하였다. 대부분의 게이트 훈련은 비디오 촬영을 통해 분석하였으며 개별적인 피드백을 훈련에 활용해 기술향상 훈련을 하였다. 주간 훈련은 슈퍼 대회전(super giant slalom), 대회전(giant slalom), 회전(slalom), 개인훈련(free skiing)으로 구분하여 주 2회씩 기초훈련과 기술훈련으로 구분하여 진행하였다. 시합기에 필요한 체력운동은 근력훈련(80% of 1 repetition maximum)과 스피드, 점프로 구성된 무산소 운동, 그리고 유산소운동(70%-80% of VO₂max)을 주 2회 실시하였다. 시합 전후와 시즌 초, 중, 후반에 따라 프로그램의 변화를 두었다. 하지만 국내 동계 시즌에 이루어진 국제 대회는 5개, 국내 대회는 12개로 총 17개 정도로 대회 참가

Table 2. Formula for peak power and fatigue index

Item	Formula
Peak power	kp×Peak number of revolution during 5 sec×11.765
Lowest power	kp×Lowest number of revolution during 5 sec×11.765
Fatigue index	(Peak power-lowest power)/peak×100

Table 3. Weekly program during winter season

Time	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
07:00-09:00	Ski Tr SG gates	Ski Tr GS gates-video	Ski Tr GS gates-video	Ski Tr SL gates-SL	Ski Tr SL gates-SL	Ski Tr SG gates	Ski Tr GS+SL team competition
09:30-11:00	FS	FS	FS	FS	FS	FS-video	
14:00-17:00	Free	Ski Tr GS FS game FS practice (basic/technical)	Gym speed, jump strength (upper/lower)	Free	Ski Tr SL FS practice basic	Ski Tr SG FS speed FS practice	Gym gymnastic games, drill cardio-endurance
18:00-20:00	Meeting	Video meeting	Video meeting		Review meeting	Video meeting	Free

Tr: training, SG: super giant slalom, GS: giant slalom, SL: slalom, FS: free skiing.

Table 4. Training type and season summary during winter season

Training type		Intensity	Duration
Dry training	- Weight training	80%/1 RM	3 hr
	- Aerobic endurance	70%–80%/VO ₂ max	
	- Speed (dash run), jump (burpee and plyometric training)	90%–100%/HRmax	
Snow training (season summary)	- Official training: 110 (day)		3–6 hr
	- Snow training: 107 (day)		
	- SL gate training (ea)/time: 6,890 (hr)		
	- GS gate training (ea)/time: 4,900 (hr)		
	- SG training (ea)/time: 1,550 (hr)		

RM: repetition maximum, HR: heart rate, SL: slalom, GS: giant slalom, SG: super giant slalom.

Table 5. Changes in physical characteristics before and after winter season

Variable	Group	Before	After	t	p-value
Height (cm)	Male	172.43±5.66	172.71±4.99	−0.284	0.192
	Female	159.67±2.08	160.67±2.30	−1.000	0.423
Weight (kg)	Male	69.74±10.75	70.59±10.17	−0.857	0.152
	Female	55.75±6.72	56.88±8.98	−1.144	0.336
Body fat (%)	Male	14.81±3.02	13.76±2.49	1.505	0.183
	Female	23.80±6.03	23.15±8.53	0.518	0.641
FFM (kg)	Male	56.82±10.15	58.88±10.01	−3.018	0.022*
	Female	42.18±2.40	43.15±2.55	−1.954	0.146

Values are presented as mean±standard deviation.

FFM: fat free mass.

*p<0.05.

여부는 연령, 성별에 따라 차이가 있다. 또한 시험 장소 기후조건, 슬로프 컨디션에 따라 다르기 때문에 상대적 훈련 강도는 제시하지만 훈련 항목을 동일화하는 데 어려움과 한계가 있었다.

3. 자료 처리

본 연구에서 진행한 모든 변인의 평균과 표준편차로 제시하였고 동계 시즌 전후 남녀별 스키 선수의 체력의 변화 차이를 각각 분석하기 위하여 paired t-test로 실시하였다. 자료처리에는 IBM SPSS ver. 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였고 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 신체 구성의 변화

동계 시즌 전후 알파인 스키 선수들의 신체 조성 변화는 Table 5와 같다. 체지방률(%body fat)은 남녀선수 모두 시즌 전후의 유의한 차이는 없었으나 체지방량은 남자선수는 시즌

후 56.82±10.15 kg에서 58.88±10.01 kg으로 통계적으로 유의하게 증가하였다(p<0.05).

2. 무산소 능력의 변화

동계 시즌 전후 알파인 스키 선수의 무산소 파워 변화는 Table 6과 같다. 최대파워는 남녀 선수는 모두 감소하였고 여자 선수는 617.90±135.01 watt에서 564.33±129.30 watt로 유의한 차이가 나타났다(p<0.01). 체중 당 최대파워는 남녀 선수는 모두 감소하였고 여자 선수는 11.03±1.20 watt에서 9.88±1.02 watt로 유의한 차이가 나타났다(p<0.01). 90초 동안 피로 지수 측정결과에서 남자 선수는 시즌 전후 67.37%±6.56%에서 79.09%±7.62%로 유의한 차이가 나타났다(p<0.05).

3. 슬관절 등속성 근 가능

동계 시즌 전후 슬관절 등속성 근 기능은 각속도 30°/sec, 180°/sec 그리고 240°/sec에서 측정하였으며 변화는 Table 7과 같다. 30°/sec에서 남자 선수의 우측 최대 신근력은 202.71±95.93 Nm에서 226.00±79.93 Nm으로 유의한 증가가 나타났다(p<0.05) 좌측 최대 신근력은 195.59±75.10 Nm에서 241.14±

Table 6. Changes in anaerobic power before and after winter season

Variable	Group	Before	After	t	p-value
Peak power (watt)	Male	801.64±191.55	792.80±87.16	0.311	0.766
	Female	617.90±135.01	564.33±129.30	9.501	0.002**
Peak power/kg (watt)	Male	12.44±1.63	11.89±1.22	1.189	0.279
	Female	11.03±1.20	9.88±1.02	9.139	0.003**
90 sec FI (%)	Male	67.37±6.56	79.09±7.62	-3.486	0.013*
	Female	71.38±6.86	79.00±11.63	-1.345	0.271

Values are presented as mean±standard deviation.

FI: fatigue index.

*p<0.05, **p<0.01.

Table 7. Changes in isokinetic knee strength before and after winter season

Variable	Group	Position	Before	After	t	p-value
30°/sec (peak torque, Nm)	Male	Rt Ext	202.71±95.93	226.00±79.93	-3.005	0.024*
		Flex	119.14±56.35	139.57±42.22	-2.263	0.064
		Lt Ext	195.59±75.10	241.14±100.25	-3.946	0.008**
		Flex	113.00±42.91	131.14±44.34	-3.500	0.013*
	Female	Rt Ext	110.25±21.65	138.00±34.81	-2.175	0.118
		Flex	65.75±8.53	95.75±12.42	-3.565	0.038*
		Lt Ext	129.50±23.30	161.00±23.95	-2.741	0.071
		Flex	71.25±7.76	92.25±15.76	-3.240	0.048*
180°/sec (average power/kg, %)	Male	Rt Ext	427.29±64.16	342.16±89.48	-7.433	0.002**
		Flex	238.77±41.26	269.81±45.85	-1.450	0.197
		Lt Ext	385.54±72.86	371.78±48.89	0.577	0.595
		Flex	230.36±41.14	251.53±44.92	-0.939	0.384
	Female	Rt Ext	321.98±65.94	259.50±32.34	3.386	0.043*
		Flex	187.28±33.94	231.50±64.22	-1.086	0.357
		Lt Ext	334.03±72.22	322.55±53.00	0.963	0.406
		Flex	177.40±46.73	197.10±46.23	-0.633	0.572
240°/sec (total work, J)	Male	Rt Ext	2,425.80±864.94	2,580.00±852.84	-1.133	0.321
		Flex	1,484.80±585.85	2,381.60±764.64	-5.697	0.005**
		Lt Ext	2,380.86±591.45	2,428.14±16.44	-0.632	0.551
		Flex	1,378.71±527.93	2,268.29±682.13	-10.463	0.000**
	Female	Rt Ext	1,527.75±520.51	1,433.25±413.62	-5.401	0.012*
		Flex	933.50±240.98	1,669.25±339.01	-7.355	0.005**
		Lt Ext	1,725.75±247.70	1,608.75±67.27	1.197	0.317
		Flex	838.25±234.05	1,519.00±223.48	-4.891	0.016*

Values are presented as mean±standard deviation.

Rt: right, Lt: left, Ext: extension, Flex: flexion.

*p<0.05, **p<0.01.

100.25 Nm으로 유의한 증가가 나타났다(p<0.01). 최대 굴근력에서 좌측은 113.00±42.91 Nm에서 131.14±44.34 Nm으로 유의한 증가가 나타났다(p<0.05). 여자 선수의 우측 최대 굴근력은 65.75±8.53 Nm에서 95.75±12.42 Nm으로, 좌측 최대 굴근력은 71.25±7.76 Nm에서 92.25±15.76 Nm으로 유의한 증가가 나타났다(p<0.05). 180°/sec에서 남자 선수의 우측 슬관절 신근력은 427.29%±64.16%에서 342.16%±89.48%로 유의한 증가가

나타났다(p<0.01). 240°/sec에서 남자 선수의 우측 슬관절 굴곡근은 1,484.80±585.85 J에서 2,381.60±764.64 J로, 좌측 슬관절 굴곡근은 1,378.71±527.93 J에서 2,268.29±682.13 J로 유의한 증가가 나타났다(p<0.01). 여자 선수의 우측 슬관절 신전근은 1,527.75±520.51 J에서 1,433.25±413.62 J로 유의한 증가가 나타났다(p<0.05), 우측 슬관절 굴곡근은 933.50±240.98 J에서 1,669.25±339.01 J로, 좌측 슬관절 굴곡근은 838.25±234.05 J에

Table 8. Changes in the ratio of quadriceps and hamstring before and after winter season

Variable	Group		Before	After	t	p-value
			Ext/flex ratio			
30°/sec (%)	Male	Right	58.82±3.15	61.06±4.91	−0.086	0.935
		Left	55.30±2.93	55.68±9.61	−1.004	0.372
	Female	Right	60.60±9.69	71.58±9.00	−20.476	0.000**
		Left	55.75±6.51	58.50±12.93	−0.456	0.679
180°/sec (%)	Male	Right	58.42±5.46	72.16±7.80	−7.433	0.002**
		Left	55.56±5.67	67.54±15.66	−1.781	0.150
	Female	Right	58.75±5.87	81.03±14.39	−4.017	0.028*
		Left	53.75±4.16	62.50±18.70	−1.163	0.329
240°/sec (%)	Male	Right	59.10±3.64	96.92±16.40	−5.743	0.005**
		Left	56.98±4.90	94.82±12.00	−5.121	0.007**
	Female	Right	60.43±4.37	115.33±22.87	−5.401	0.012*
		Left	53.50±2.67	91.03±16.44	−4.427	0.024*

Values are presented as mean±standard deviation.

Ext: extension, Flex: flexion.

*p<0.05, **p<0.01.

서 1,519.00±223.48 J로 유의한 증가가 나타났다(p<0.05).

4. 근력 균형비

동계 시즌 전후 알파인 스키 선수의 등속성 슬관절 신전력과 굴곡력 비율의 변화는 Table 8과 같다. 각속도 30°/sec에서 여자 선수의 우측은 60.60%±9.69%에서 71.58%±9.00%로 유의한 증가가 나타났다(p<0.01). 180°/sec에서 남자 선수의 우측은 58.42%±5.46%에서 72.16%±7.80%로 통계적인 유의한 증가가 나타났다(p<0.01), 여자 선수의 우측은 58.75%±5.87%에서 81.03%±14.39%로 통계적인 유의한 증가가 나타났다(p<0.05). 240°/sec에서 남자 선수의 우측은 59.10%±3.64%에서 96.92%±16.40%로, 좌측은 56.98%±4.90%에서 94.82%±12.00%로 유의한 증가가 나타났다(p<0.01), 여자 선수의 우측은 60.43%±4.37%에서 115.33%±22.87%로, 좌측은 53.50%±2.67%에서 91.03%±16.44%로 유의한 증가가 나타났다(p<0.05).

고찰

알파인 스키의 경기력을 결정하는 내적 요인으로 신체적 구조, 유무 산소 능력, 근력, 기술력, 심리적 상태 등이 있으며, 외적 요인으로 장비, 지도자, 날씨, 설상의 컨디션 등이 있다²³. 또한 우수한 경기력을 가진 선수일수록 내외적 요소뿐만 아니라 세심한 기술력 분석과 전략 그리고 최근에는 내비게이션 위성을 이용하여 지형에 적합한 자세 각도, 가속력 등 다각도의 연구결과들을 훈련에 적용되고 있다²⁴.

본 연구는 4개월간의 동계 시즌 동안 알파인 스키 선수들의 체력적 변화를 지속적으로 관찰하며 진행하였으며, 신체 조성의 변화는 남녀 선수 모두 체중, 체지방률에서 시즌 전후 차이가 없었지만, 남자선수에서 체지방률이 증가한 결과를 보였다.

후기 성장기에 해당하는 본 연구의 남자 대상자들은 시즌 전 평균적으로 신장 172.4 cm, 체중 69.7 kg으로 Song 등⁸의 연구에서의 167.7 cm, 65.7 kg보다는 큰 체격이지만, Gorski 등²⁵이 보고한 18세 미만 남자 선수들의 신장 175.6 cm과 체중 68.7 kg보다는 다소 적은 체격 상태로 나타났다. 본 연구의 여자 대상자들은 선행연구에서 제시한 여자 국가대표 선수들의 체중 59.1 kg보다 55.7 kg으로 낮지만, 체지방률은 38.6 kg보다 높은 42.2 kg으로 나타났다¹⁹.

스키 활동은 높은 경사와 고르지 못한 슬로프, 고속의 활주 시 폭발적인 동작을 연속적으로 수행하는 과정에서 대퇴부위의 근육이 발달한다고 Bacharach와 von Duvillard⁶는 보고하였다. 따라서 체지방률의 변화를 가져올 수 있을 것으로 생각하며 신체조성과 경기력의 관련성을 제시한 연구에서 슈퍼대회전과 대회전은 체지방률과 높은 상관성이 있고⁸, 체지방률을 많이 포함하는 체중이 많은 선수일수록 경기력이 좋다는 연구와 일치한 것으로 나타났다. 이러한 이유는 슈퍼대회전과 대회전은 스키 회전반경이 21 m에서 33 m에 해당하는 속도경기이기 때문에 체중을 이용하여 스피드에 영향을 미치는 것으로 생각한다. 하지만 본 연구의 남자 대상자들은 10대 후반기 선수에 해당하며 대회 참여나 간헐적 훈련의 결과로 체지방이 증가한 것이 아니라 성장발육기에 따른 변화가 나타난 것으로

생각한다.

일반적으로 무산소성 파워는 스키선수들의 시합 시 폭발적인 힘을 발휘하는 능력을 파악하는데 중요한 의미가 있는데²¹ 본 연구의 90초 Wingate 검사를 통한 무산소 파워와 피로 지수의 결과는 남녀 선수 모두 시즌 후 최대 파워가 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 여자 선수의 경우 유의한 차이가 나타났다($p < 0.01$). 체중 당 최대파워는 두 집단 모두 감소하였고 여자 선수에서 유의하게 감소하였다. 이와 더불어 피로 지수는 남자선수에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 선행연구 중 90초간 Wingate 검사를 통한 무산소 파워의 결과와 비교해 보면, 미국 국가대표 남자팀의 최대파워는 885.1 ± 70.80 watt, 체중 당 최대파워는 11.92 ± 0.96 watt, 피로 지수는 $50.4\% \pm 5.5\%$ 로 나타나 본 연구 남자 선수의 사전검사 결과 최대파워 801.64 ± 191.55 watt, 체중 당 최대파워 12.44 ± 1.63 watt, 피로 지수 $67.37\% \pm 6.56\%$ 에 비해 최대 파워와 피로 지수는 본 연구의 결과보다 높지만 체중 당 최대파워는 본 연구가 높게 나타났다. Song 등⁸의 연구는 최대파워 752.69 ± 192.77 watt, 체중 당 최대파워 11.32 ± 1.15 watt, 피로 지수 $65.55\% \pm 5.25\%$ 로 보고하여 본 연구의 결과보다 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과때문에 시즌 중 지속적이고 연속적으로 대회를 수행해야 하는 환경에서 간헐적 훈련을 진행하는 과정은 남녀 간 차이는 있지만, 시즌 종료 시점에 무산소 능력의 감소와 피로 발생 등과 같은 경기력에 영향을 미치는 것으로 생각한다. 또한 피로 지수의 차이는 경기 시간이 다른 종목에 따라 나타나지만 대회 전 경기와 같이 거리는 길지만 짧은 시간에 이루어지는 회전 경기에서 더 많은 피로를 유발하며, 그 피로에 견딜 수 있는 선수 간 내성에 의해 영향을 받아 차이가 일어날 것으로 생각한다. 따라서 시즌 중 대회와 훈련을 병행해야 하는 동계 스포츠의 특성을 고려하여 상대적 간헐적 훈련과 적절한 휴식의 필요를 고려해야 할 것이다.

그 외 국내 선행연구의 대부분이 30초 무산소 파워 검사를 하여 절대적 비교가 어렵지만, 30초 Wingate 측정 결과에서 우리나라 국가대표 선수들의 최대파워는 785.8 ± 57.6 watt, 체중 당 최대파워는 10.5 ± 0.2 watt, 그리고 피로 지수는 $46.2\% \pm 5.6\%$ 로 보고한 연구도 있다¹¹. 무산소 파워와 경기력과는 매우 높은 상관관계가 있으며⁷, 최대파워는 슈퍼 대회전($r = -0.6961$), 회전($r = -0.738$) 종목과 매우 높은 부적 관계가 나타나고 대회($r = -0.614$)도 상관관계가 높은 것으로 보고하였다. 체중당 최대파워는 회전($r = -0.673$) 종목과 높은 상관관계가 나타났으며, 슈퍼 대회전, 대회전에서도 높은 상관관계를 보고한 연구도 있다⁸. 이러한 결과는 회전 경기선수들이 동일한 조건에서

짧은 시간에 더 큰 힘을 낼 수 있어야 하고 또한 경기의 특성상 짧은 시간에 더 많은 힘을 반복적으로 줄 수 있는 능력에 따라 영향을 받는 것으로 생각한다²⁶.

본 연구의 슬관절 등속성 근기능의 결과는 $30^\circ/\text{sec}$ 에서 남녀 모두 신전근과 굴곡근이 시즌 후 증가한 결과를 보였으며, $180^\circ/\text{sec}$ 에서는 시즌 후 신전근은 감소하였으나, 굴곡근은 오히려 증가한 결과가 나타났다. $240^\circ/\text{sec}$ 에서는 남자선수의 신전근과 굴곡근 모두 증가한 반면, 여자선수는 신전근은 약화되고, 굴곡근이 증가된 결과를 보였다.

우리나라 남자 국가대표선수를 대상으로 실시한 시즌 중 복합훈련을 적용한 결과 신전근과 굴곡근에서 시즌 전보다 시즌 후 유의하게 증가한 결과를 제시한 연구가 있으며, 특히 $60^\circ/\text{sec}$ 신전의 최대근력치가 시즌 후 높게 나타났고 지구력 요소인 $180^\circ/\text{sec}$ 의 체중 당 평균파워와 총일량도 시즌 후 증가하여 본 연구결과와 일치하는 결과를 보고하였다¹¹. 또한 Jeon 등¹⁹의 연구에서 국가대표 여자선수의 경우, 시즌 후 신전근과 굴곡근 모두 감소하는 경향을 보이지만, 굴곡근은 $60^\circ/\text{sec}$ 에서 오히려 증가가 나타나 본 연구의 여자선수 결과와 유사한 결과를 보고하였다.

그밖에 시즌 전후 스키지도자들의 슬관절 기능 변화에도 시즌 후 신전근은 약화하였으나, 굴곡근은 오히려 증가한 결과를 보고한 연구가 있어²⁷, 이와 같은 결과를 통해 시즌 중 설상 훈련 과정은 굴곡과 신전 운동을 하면서 슬굴곡근 근력이 오히려 향상될 수 있는 결과를 예측할 수 있으며, 비시즌 동안 슬굴곡근 운동 및 스키 동작과 유사한 형태의 훈련들이 필요하다는 것을 시사한다.

월드컵 선수를 대상으로 한 연구에서 $30^\circ/\text{sec}$ 의 남자 선수의 우측 최대 신전력은 314 ± 44 Nm, 최대 굴곡력은 186 ± 24 Nm이며, 여자 선수들은 신전력 206 ± 21 Nm, 굴곡력은 119 ± 15 Nm으로 보고하였다²⁸. 이와 달리 우리나라 남자 대표선수들은 $60^\circ/\text{sec}$ 에서 우측 최대 신전력은 279.5 ± 18.8 Nm, 굴곡력은 147.5 ± 20.8 Nm¹¹이며, 여자 대표선수들은 156.25 ± 36.97 Nm, 신전력은 86.66 ± 23.80 Nm¹⁹으로 상대적으로 낮지만 본 연구의 대상자들은 성장기 후반 선수라는 것을 고려해볼 수 있다.

절대 수치에서 스키종목은 다른 종목들과 비교하여 신근력이 상대적으로 높게 나타나 상대적으로 굴신 비율(hamstring to quadriceps ratio [H/Q%])이 다소 낮게 나타나는 경향을 확인할 수 있다. 이러한 차이는 스키 종목의 특성으로 활강 동안 무릎을 굴곡시킨 자세를 유지하는 전경 동작으로 인한 것으로 해석되며, 엘리트 스키선수일수록 무릎의 신전력이 높다는 결과와 일치한다⁵. 또한 Kang과 Kim¹¹은 신전력의 최대 발현

각도의 연구에서 최대근력은 61°-75°에서 발휘할 수 있다고 하였으며, 우수한 선수들일수록 무릎관절 각도가 큰 것이 영향을 미치는 것으로 생각한다.

본 연구에서 슬관절의 신전력과 굴곡력 비율은 각속도 30°/sec는 여자 선수의 우측에서 60.60%±9.69%에서 71.58%±9.00%로 유의한 증가가 나타났다($p<0.01$). 180°/sec은 남자선수의 우측 58.42%±5.46%에서 72.16%±7.80%로 유의한 증가가 나타났다($p<0.01$), 여자선수는 우측 58.75%±5.87%에서 81.03%±14.39%로 유의한 증가가 나타났다($p<0.05$). 240°/sec에서 남자 선수의 우측은 59.10%±3.64%에서 96.92%±16.40%로, 좌측은 56.98%±4.90%에서 94.82%±12.00%로 유의한 증가가 나타났다($p<0.01$), 여자 선수의 우측은 60.43%±4.37%에서 115.33%±22.87%로, 좌측은 53.50%±2.67%에서 91.03%±16.44%로 유의한 증가가 나타났다($p<0.05$). 이러한 이유는 시즌 후반으로 갈수록 신전근이 상대적으로 약화된 반면 슬굴곡근은 유지되거나 오히려 향상되어 신전력과 굴곡력 비율이 상당히 증가한 것으로 해석할 수 있고 이러한 결과는 동계 시즌 중 다양한 설상 훈련과 지상훈련에서 슬굴곡근을 자극하는 자세 훈련을 병행했기 때문으로 생각한다. 신전력과 굴곡력 비율은 근 불균형 정도를 제시하는 대표적인 지표이며, 본 연구에서 시즌 전에 비해 시즌 후 급격히 변화된 신전력과 굴곡력 비율은 손상의 노출이 높음을 시사한다.

일반적으로 등속성 검사에서 30°/sec에서는 최대근력 분석을 위한 최대우력, 180°/sec에서는 평균파워, 그리고 240°/sec에서는 총일량을 분석하여 근기능 요소를 분석하게 된다²². 최대우력은 관절가동범위의 일정한 범위에서 발휘되는 최대근력인 반면, 총일량은 전체 가동범위를 파악할 수 있기 때문에 신전력과 굴곡력 비율을 분석하기 위해서는 총일량을 사용하는 것이 보다 정확한 손상예측을 하는데 유용하다¹¹. 그 이유는 슬관절의 움직임은 신전과 굴곡으로만 의식되지만, 근력을 발휘하는 메커니즘은 12개 이상의 근육들이 동원되어 신전과 굴곡을 안정화되게 만들고 있기 때문이다²⁹.

대퇴사두근의 최대근력은 스키에서 스피드를 내고, 빠른 턴을 하거나 작은 회전을 만들 때도 중요하게 필요한 요소이며 슬굴곡근의 기능은 대퇴사두근의 길항근으로 방향을 바꾸거나, 감속할 때 작용이 되는데, 엘리트 선수들은 게이트 턴을 할 때 주로 상체는 폴라인(최대경사선)을 향하지만, 하체는 체중과 관절 역학을 이용한 턴을 만들기 때문에 우수선수들일수록 대퇴사두근뿐만 아니라 슬굴곡근의 근력도 중요한 것으로 생각한다.

우리나라의 동계 시즌은 일반적으로 11월 말부터 다음 해

3월까지 약 4개월 정도이다. 시즌 훈련은 경기를 위한 기술적, 전략적 요인과 체력 요인을 대회를 위한 최적기에 적용하는 것이 중요하다. 알파인 스키는 시험기 동안 근력을 유지하는데 필요한 훈련의 비율을 단축성(20%), 신장성(20%), 파워(30%), 파워지구력(30%)으로 제시하고 있다³⁰. 따라서 동계 시즌에 집중되는 시험을 성공적으로 수행하기 위해서는 비시즌부터 개인별 전문 측정결과를 바탕으로 기초체력, 근력 및 근파워 그리고 스키 관련 경기 체력향상과 최상의 컨디션을 유지하고 계획적인 주기화 훈련프로그램을 적용해야 한다.

본 연구는 동계 시즌 전후 알파인 스키 선수들의 신체 조성, 무산소 파워, 그리고 등속성 근 기능의 변화를 비교하였고 동계시즌 전후에 따라 신체 조성, 무산소 능력, 그리고 등속성 근기능은 남녀와 변인에 따라 유의한 차이가 나타났다.

국내 동계 스포츠의 환경을 고려하면 시즌 내내 대회 일정을 소화하는 특성이 있어 경기 출전과 휴식이 반복되어 시즌 후반으로 갈수록 선수들의 체력이 고갈되거나 변화가 발생할 수 있고 경기력에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 추후 동계 스포츠 선수를 위한 비시즌 훈련은 회복을 위한 영양, 젖산 내성 훈련과 근력 향상을 위한 무산소 트레이닝을 포함하고 인터벌, 서킷 트레이닝과 같은 유산소적인 트레이닝을 복합적으로 실시해야 할 것이다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Sharkey BJ, Gaskill SE. Sport physiology for coaches. Champaign: Human Kinetics; 2007.
2. Ski-lifts Website. European ski season date: 2017/2018 (2017) [Internet]. Manchester (UK): Ski-lifts [cited 2018 Aug 17]. Available from <http://ski-lifts.com>.
3. Heo I, Lee S. The impact of climate changes on ski industry in central region of Korea: the case of Yongpyong, Yangji, Jisan ski resort. J Korean Geogr Soc 2010;45:444-60.
4. International Ski Federation. Proceedings of 49th International Ski Congress; 2014 June; Barcelona.
5. Andersen RE, Montgomery DL. Physiology of alpine skiing. Sports Med 1988;6:210-21.
6. Bacharach DW, von Duvillard SP. Intermediate and long-term anaerobic performance of elite alpine skiers. Med Sci

- Sports Exerc 1995;27:305-9.
7. White AT, Johnson SC. Physiological aspects and injury in elite alpine skiers. Sports Med 1993;15:170-8.
8. Song SI, Kim YS, Jung IS, Choi HJ, Lee HJ, Park H. The correlation between competition record and physical fitness variables in alpine skiers. Korean J Sport Sci 2005;16:12-20.
9. Garrett WE Jr, Kirkendall DT. Exercise and sport science. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
10. Page P, Ellenbecker TS. The scientific and clinical application of elastic resistance. Champaign: Human Kinetics; 2003.
11. Kang YS, Kim JS. The evaluation study of leg strength imbalance ratios measured using isokinetic dynamometer. Korea J Sports Sci 2011;20:1575-83.
12. Eun SP. Prevention of alpine ski injuries. J Korean Orthop Sports Med 2002;1:109-14.
13. Lee SC, Kim CH. An analysis on occurrence and cause of skier's injury in 2004/2008 season. Korea J Sports Sci 2009; 18:397-406.
14. Dvir Z. Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications. London: Churchill Livingstone; 1995.
15. Anderson RE, Montgomery DL. Physiological monitoring of divisional ski racers during the 1986-87 season. Can J Sport Sci 1987;12:3.
16. Park YC. A study on isokinetic thigh muscular fitness and balance of national caliber skiers [dissertation]. Seoul: Dankook University; 2000.
17. Lee KH. Comparative analysis of isokinetic knee joint muscular functions, aerobic power and anaerobic power according to performance level of alpine skiers [dissertation]. Seoul: Dankook University; 2001.
18. Kim JH. The effect of winter training program on balance strategy and motor control in ski player. Korea J Sports Sci 2012;21:971-83.
19. Jeon YK, Lee KH, Kim JH, Lee SB. Comparative analysis of the isokinetic muscular function of knee joint of female national alpine skiers before and after season. Korea J Sports Sci 2012;21:993-1003.
20. Heo SE. Comparative study of uniform nature lumbar joint and a knee joint muscular function between national alpine ski team and national reserve team [dissertation]. Seoul: Kyung Hee University; 2001.
21. Jin YS, Park JY, Kim TW, et al. The validity of anaerobic capacity and fatigue index of wingate test. Korean J Sports Med 1998;16:97-10.
22. Gleim GW, Nicholas JA, Webb JN. Isokinetic evaluation following leg injuries. Phys Sportsmed 1978;6:75-82.
23. Gross MA, Breil FA, Lehmann AD, Hoppeler H, Vogt M. Seasonal variation of VO2 max and the VO2-work rate relationship in elite alpine skiers. Med Sci Sports Exerc 2009;41:2084-9.
24. Gilgien M, Sporri J, Limpach P, Geiger A, Muller E. The effect of different global navigation satellite system methods on positioning accuracy in elite alpine skiing. Sensors (Basel) 2014;14:18433-53.
25. Gorski T, Rosser T, Hoppeler H, Vogt M. An anthropometric and physical profile of young Swiss alpine skiers between 2004 and 2011. Int J Sports Physiol Perform 2014;9:108-16.
26. Han DY, Kim JH. Aerobic power and anaerobic power fitness characteristics to details event for performance of elite skiers. J Sport Leis Stud 2010;42:849-56.
27. Kim JH, Lee KH, Son LS, Kim CK, Kim YA, Han DY. Characteristics of isokinetic knee joint muscular functions, aerobic power and anaerobic power according to performance level of alpine skiers. Korean J Phys Educ 2003;42:721-31.
28. Neumayr G, Hoernagl H, Pfister R, Koller A, Eibl G, Raas E. Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. Int J Sports Med 2003;24:571-5.
29. Perrin DH. Isokinetic exercise and assessment. Champaign: Human Kinetics; 1993.
30. Bompa TO, Carrera MC. Periodization training for sports. Champaign: Human Kinetics; 2005.