

# The Effect of Non-linear Periodization Strength Training on Basic and Professional Fitness of National Cross-country Skiers

Bongju Sung<sup>1</sup>, Yeuigyu Im<sup>2</sup> and Kwangkyu Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Sport Science

<sup>2</sup>Kyunghee University

<sup>3</sup>Chungcheong University

## Article Info

Received 2022.06.20.

Revised 2022.08.03.

Accepted 2022.09.01.

## Correspondence\*

Kwangkyu Lee

kwangkyu78@hanmail.net

## Key Words

Cross-country ski,  
Non-linear periodization,  
Graded exercise test,  
Isokinetic strength

**PURPOSE** This study investigated the effect of non-linear periodization strength training on basic and professional fitness of national cross-country skiers. **METHODS** The body composition (height, weight, BMI, body fat %), basic physical strength (grip strength, lung capacity), anaerobic power (peak power, average power), graded exercise test (maximum heart rate, running time, VO<sub>2</sub>max, lactic acid), isokinetic strength (trunk strength), and 1RM (bench press, dead-lift, squat, shoulder press, leg curl, bicep curl, cable triceps extension) of nine national cross-country skiers (male: 5, female: 4) were measured. All analyses were performed using SPSS 25.0, Kruskal-Wallis H tests were applied to observe the changes by training methods. Mann-Whitney U tests were used as Post Hoc. **RESULTS** The results indicated that running time and VO<sub>2</sub>max post-test improved compared to that for the pre-test for graded exercise test. The lumbar extension strength of the post-test was higher than that for pre-test. There was no significant difference in other variables. **CONCLUSIONS** It is suggested that nonlinear periodization strength training can be expected to improve running time, VO<sub>2</sub>max, and trunk strength for cross-country athletes; however, it does not affect the overall changes.

## 서론

크로스컨트리 스키는 동계 올림픽을 대표하는 지구성 종목으로 잦은 지형변화 및 경사를 극복하고 빠르게 설원을 주행해야 하는 만큼 높은 체력과 다양한 기술이 요구되는 기록경기이다(Andersson et al., 2010; Smith, 1992). 주행로의 1/3이 오르막으로 구성되어 있으며, 경사 및 지형변화에 맞서 순간 가속력을 높여야 하기 때문에 유산소성 대사 뿐 아니라 무산소성 대사가 중요한 에너지 공급원임을 알 수 있다(Kim et al., 2012). 이런 무산소성 대사를 향상시키기 위해서는 근력 훈련이 권장되고 있으며(ACSM, 2011; Bompa, 1999), 크로스컨트리 스키의 종목 특성상 주행 시 동원되는 근육군을 중심으로 훈련이 구성되어야 그 효과를 기대할 수 있다(Jo et al., 1996). Takashima et al.(2007)은 활강 시 발생하는 저항에 맞서기 위해 요부 굴곡근 및 슬관절의 등척성 근력의 중요성을 언급하였

으며, 주행 시 기록 단축을 위해 대둔근, 햄스트링, 대퇴사두근, 비복근 및 가자미근의 강화가 필요한 것으로 제시하고 있다(Björklund et al., 2017; Koller et al., 2015). 또한 주행 중 폴링(poling)을 적절하게 활용한다면 스키날의 지면접촉 시간을 최소화 할 수 있으며 이에 따른 하지 근피로 회복 및 주행 스피드를 향상시킬 수 있기 때문에 상체 근력의 개선은 경기력을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다(Losnegard et al., 2011). 이에 따라 크로스컨트리 스키 경기력 향상을 위해서는 심폐지구력, 심부근육 및 하지 근력, 무산소성 파워 및 지구력, 스키기술능력 등 다양한 능력이 요구된다. 뿐만 아니라 50km 장거리 주행 시 2시간이 넘게 소요되기 때문에 VO<sub>2</sub>max의 변화 및 근지구력 개선이 반드시 이루어져야 하며(Choi, 2018), 이를 위해서는 체계적인 훈련 프로그램의 도입이 필요함을 알 수 있다. ACSM(2018)에서는 저항성 훈련의 적용이 운동단위 증가 및 심폐기능, 신경근 조절에 긍정적인 영향이 있다고 하였으며, Ozaki et al.(2013)은 10주 이상의 근력 훈련은 심폐체력 개선에 효과가 있을 것으로 제시하였다. 이렇듯 저항성 훈련이 지구성 종목에 긍정적인 영향이 있는 것으로 나타났지만 현재까지 크로스컨트리 스키에 관한 연구들은 유전자 또는 신체구성과 같은 단순 비교 연구이며 장기간

© 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.

의 체력 변화를 관찰한 연구는 미흡한 실정이다. 그러므로 크로스컨트리 스키 선수들의 경기력을 향상시키기 위해서는 체계적으로 구성된 장기간의 주기화 근력 훈련의 적용이 필요함을 알 수 있다.

주기화(periodization)는 단기 또는 장기간의 형태로 구성될 수 있으며, 종목의 특성을 고려하여 최대근력, 파워, 근지구력의 향상을 위해 빈도, 강도, 형태를 정기적으로 조정하는 훈련 구성 방식이다(Brown, 2001; Fry et al., 1991). 훈련 구성 시 강도와 운동량을 조절함으로써 균일한 자극에서 발생될 수 있는 고원현상을 예방하고 피로 및 과훈련을 감소시킴으로써 최상의 경기력을 발휘할 수 있도록 구성하게 된다(Bompa, 1999; Matveyev, 1981). 일반적으로 스포츠 현장에 적용되고 있는 주기화 방식은 선형(linear)의 형태로써 낮은 강도에서 훈련을 시작하여 점증적으로 부하를 높이는 방식으로 진행되며, 시간이 경과될수록 운동강도 및 운동량이 역전되어 과훈련을 예방하고 체력을 향상시키는데 가장 안전한 훈련 구성으로 알려져 왔다(Baker et al., 1994; Brown, 2001). 그러나 이런 안정성에도 불구하고 엘리트 선수들은 잦은 해외 훈련 및 시합으로 인하여 주기화 방식에 맞게 훈련 참여가 어려울 수 있으며, 장기간 제한된 훈련 형태로 인하여 오히려 체력 변화가 둔화될 수 있을 것으로 제시되고 있다(Painter, 2009). 이를 예방하기 위해 Poliquin(1988)은 단기간에 운동강도와 운동량을 조절하는 비선형(non-linear) 주기화 방식을 제안하였으며, 이는 근비대 및 근지구력, 최대근력, 파워를 향상시킬 수 있는 운동형태를 주 또는 일 단위로 변형함으로써 지속적인 근신경 자극을 통하여 체력 저하 및 근손실을 예방할 수 있을 것으로 보고하고 있다(Baker, 1993). 특히 비선형 주기화 훈련은 선형 주기화 훈련과 달리 각 주기마다 향상시키고자 하는 체력목표가 있는 것이 아니며 상황에 맞게 근력 및 근파워를 동시에 개선하기 위해 운동강도 및 양을 지속적으로 변형시키기 때문에 엘리트 선수들의 훈련 프로그램 구성 시 많이 활용되고 있다(Ra et al., 2012). 선형연구에서도 비선형주기화 훈련이 선형주기화와 동등하거나 오히려 높은 근력 향상이 보고되고 있으나(Baker et al., 1994; Monteiro et al., 2009; Schiutz et al., 1998; Simao et al., 2012), 대부분의 연구는 일반인을 대상으로 실시되었으며, 엘리트 선수들을 대상으로 실시된 비선형 주기화 연구는 부족한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 비선형주기화 근력 훈련의 적용이 국가대표 크로스컨트리 스키 선수들의 기초 및 전문체력요인 변화에 미치는 효과를 규명하고자 한다.

## 연구방법

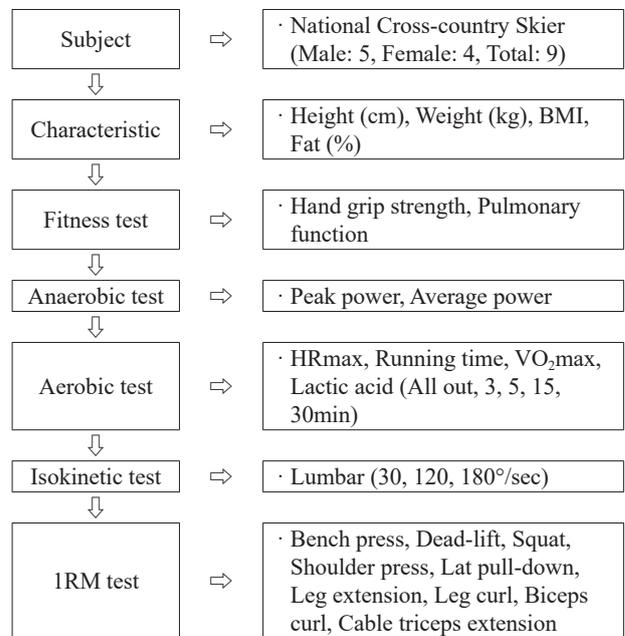
### 연구대상

본 연구는 현재 국가대표로 활동 중인 크로스컨트리 스키 선수 9명(남자 5, 여자 4)을 대상으로 진행되었다. 측정 전 모든 참가자들을 대상으로 질환 및 질병에 대한 설문 조사를 진행하였으며, 훈련 참여에 문제가 될 만한 병력이 없는 것을 확인하였다. 모든 참가자들을 대상으로 훈련 프로그램의 적용 목적과 진행절차에 대해 설명 후 진행 참가 및 정보 활용 동의서에 각각 서명하였으며, 사전(처치 전), 중(10주차), 후(20주차)로 총 3번의 반복측정을 실시하였다. 본 연구에 참여한 선수들의 신체구성 결과는 <Table 1>과 같다.

**Table 1.** Characteristic subjects (mean±SD)

| Variables   | Male (n=5) | Female (n=4) | Total (n=9) |
|-------------|------------|--------------|-------------|
| Age (years) | 24.8±3.25  | 28.0±7.97    | 26.2±6.05   |
| Height (cm) | 173.3±8.91 | 161.3±4.79   | 167.9±9.48  |
| Weight (kg) | 69.8±6.31  | 51.72±3.00   | 61.8±10.35  |
| BMI         | 23.2±0.76  | 19.9±1.13    | 21.8±1.91   |
| Fat (%)     | 14.0±3.39  | 19.9±5.22    | 16.9±5.21   |
| MMP (%)     | 48.9±1.06  | 44.2±3.44    | 46.8±3.37   |

※ MMP: muscle mass percentage



**Fig 1.** Laboratory process

### 실험설계

본 실험에서는 국가대표 크로스컨트리 스키 선수(9명)를 대상으로 처치에 따른 변화 관찰을 위해 K연구기관의 운동생리학 실험실에서 전(시작 전), 중(10주차), 후(20주차)로 3회 반복 측정을 실시하였으며(Cressey et al., 2007; Ronnestad et al., 2017) 신체적 요인(신장, 체중, BMI, 체지방률), 기초체력(악력, 폐활량), 무산소성파워(최대파워, 평균파워), 유산소성 능력(최대심박수, 런닝지속시간, 최대산소섭취량, 젖산변화), 등속성근력(요부근력) 및 최대근력(벤치프레스, 데드리프트, 스쿼트, 솔터프레스, 렛플다운, 레그익스텐션, 레그컬, 바이스스컬, 케이블 트라이셉스 익스텐션)을 측정하였다. 측정된 결과 값 중 최대근력 값은 팀 요청에 의해 제시되지 않았으며, 신체적 요인, 폐활량, 유산소성 능력은 절대 값, 나머지 값들은 상대 값(결과 값/체중)으로 제시하였다. 연구의 실험절차는 <Figure 1>과 같다.

신체구성 및 기초체력 검사

국가대표 크로스컨트리 스키 선수들을 대상으로 체중, 체질량지수, 체지방률을 확인하기 위해 신체에 미세전류를 통과시켜 회귀하는 시간을 기록하는 생체 전기저항 분석법(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)의 체성분 분석기(Inbody 720, Biospace, Korea)를 활용하였다. 신장은 터치 방식으로 산출되는 자동신장체중계(BSM 330, Biospace, Korea)로 측정하였으며, 2회 측정 후 높은 값을 기록하였다. 측정 전날 팀 훈련은 오전에만 실시하였으며, 훈련 후 선수들의 충분한 휴식을 위해 일상생활과 관련된 최소한의 움직임만을 허용하였다. 팀에서 제공되는 정규식 이외의 음식섭취는 금지하도록 권고하였으며, 숙면을 위해 핸드폰 및 테블릿 사용을 자제할 것을 제안하였다(Sung & Lee, 2020).

선수들의 그림 시 발생하는 상체근력을 확인하기 위해 악력을 측정하였다. 악력은 디지털 악력계(Grip-D TTK-5401, Japan)를 활용하여 좌·우 2회씩 측정 후 높은 값으로 결정하였다. 폐활량 측정은 폐기능측정기(CHESTGRAPH HI-101, Japan)를 사용하였으며, 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC), 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in 1 second, FEV1) 및 호기율(FEV1/FVC)을 측정하였다(Bompa, 1999).

무산소성파워 검사

선수들의 무산소성 파워를 검증하기 위해 Wingate test(Excalibur, Lode Excalibur sport, USA)를 실시하였다. 준비운동으로 2분간 부하 없이 페달을 회전시켰으며, 이후 남자는 자신의 체중에 7.5%, 여자는 5%의 부하가 걸리도록 설정하였다. 검사 전 최대 페달링이 실시될 수 있도록 숙지시켰으며, 부하가 적용되는 시점부터 30초간 최대 노력으로 페달링이 유지될 수 있도록 독려했다. 결과는 최대파워(peak power)와 평균파워(average power)를 기록하였다(Sung et al., 2021).

운동부하 검사

선수들의 최대심박수, 최대산소섭취량, 런닝지속시간 및 회복 시 젖산의 변화를 관찰하기 위해 운동부하검사(graded exercise test, GXT)를 실시하였다. 검사 프로토콜은 KISS protocol을 이용하였다. KISS protocol은 한국체육과학연구원에서 개발한 운동부하검사 방법으로 남자 6%, 여자 5%의 경사도로 고정한 후 5.4km/hr의 속도로 시작하여 매 2분마다 1.2km/hr의 속도를 증가시켜 체력을 평가하게 된다(Ko et al., 2016). 검사 중단 시점은 선수들이 더 이상 진행에 어려움이 있거나 운동자각도(RPE)가 19~20일 경우 중지시켰다.

등속성근력 검사

크로스컨트리 스키 선수들의 요부 근력을 측정하기 위해 등속성 장비인 HUMAC NORM(Humac Norm 776, CSMI, USA)을 사용하였다. 본 연구에서는 요부 근력 및 기능평가를 위해 30°/sec로 3회, 120°/sec로 3회, 180°/sec로 26회를 실시하였으며, 속도 간 휴식시간은 30초로 설정하였다(Bottaro et al., 2005; Zouita Ben Moussa et al., 2020).

최대근력 검사

크로스컨트리 스키 선수들의 체력 평가 및 비선형 주기화 훈련 구성을 위해 1RM(repetition maximum) 검사를 실시하였다. 측정 근거는 Bompa(1999)와 Hoff et al.(1999)의 연구를 기초로 설정하였으며, 벤치프레스(Bench press), 데드리프트(Dead-lift), 스쿼트(Squat), 숄더프레스(Shoulder press), 랫풀다운(Lat pull-down), 레그익스텐션(Leg extension), 레그컬(Leg curl), 바이셉스컬(Biceps curl), 케이블 트라이셉스 익스텐션(Cable triceps extension)을 진행하였다. 진행과정은 <Figure 2>와 같다. 10주 이후에는 두 번째 측정된 최대근력을 기초하여 표에서 제시하고 있는 강도에 맞게 환산·적용하였다.

근력, 파워, 플라이오메트릭 & 코어 훈련 구성

근력훈련은 최대근력의 향상이 더블 폴링(double poling) 동작에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 제시한 연구(Losnegard et al., 2011; Østerås et al., 2002) 및 전신 근력의 변화는 후반부 구간에서 스피드 발현 시 에너지 효율성을 증대시킨다는 연구(Losnegard et al., 2011; Øfsteng et al., 2017)를 기초하여 구성하였다. 또한 선수들의 전신 협응성 및 스피드 지구력 개선을 위한 파워 및 플라이오메트릭 훈련을 구성하였으며(Everett, 2016; Ra et al., 2012), 스네치, 파워클린의 무게 설정은 Everett(2016)이 제시한 내용을 기초하여 산출하였다. 케틀벨 스윙의 경우 Tsatsouline(2006)과 Lake & Lauder(2012)의 연구를 근거로 부하를 설정하였으며, 체중이 70kg 이상일 경우 16kg,

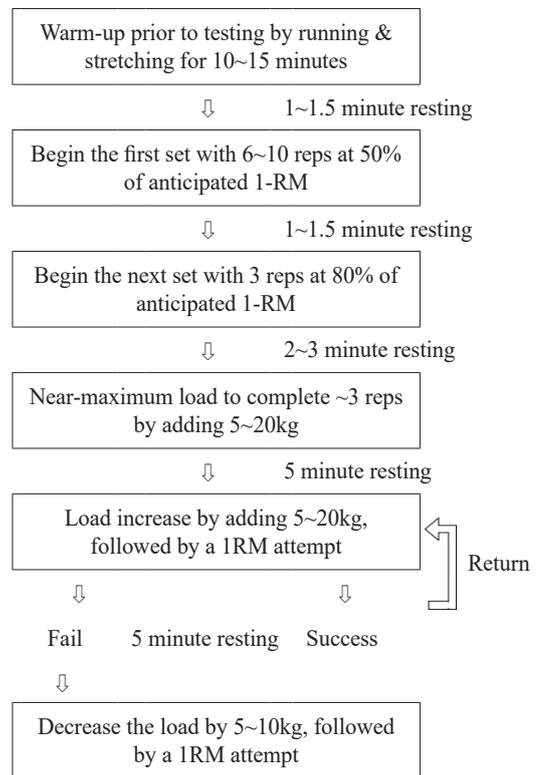


Fig 2. 1RM test process

**Table 2.** Strength, power, plyometric & core training program

| Strength training   | Power training  | Plyometric training   | Core training   |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· Bench press</li> <li>· Dead-lift</li> <li>· Squat</li> <li>· Shoulder press</li> <li>· Lat pull-down</li> <li>· Leg extension</li> <li>· Leg curl</li> <li>· Biceps curl</li> <li>· Cable triceps extension</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Power clean</li> <li>· Snatch</li> <li>· Kettle-bell swing</li> </ul> <p>※ Load set :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Snatch<br/>= squat 1RM×0.6~0.65</li> <li>- Clean<br/>= deadlift 1RM×0.7~0.75</li> <li>- Power clean<br/>= clean 1RM×0.8~0.9</li> <li>- Kettle-bell swing<br/>= 70kg &gt; body mass ⇨ 16kg<br/>= 70kg &lt; body mass ⇨ 12kg</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Ankle hops with rubber cone (side to side)</li> <li>· Medicine ball overhead throw (front)</li> <li>· Vertical jump (consecutive)</li> <li>· Standing long jump (consecutive)</li> <li>· Squat jump</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Prone bridge (SE)</li> <li>· Side bridge (SE)</li> <li>· T rotation (DE)</li> <li>· Long lever crunch (DE)</li> <li>· Twist on ball (DE)</li> <li>· Skier crunch (DE)</li> </ul> |

※ SE: static exercise, DE: dynamic exercise

**Table 3.** Strength, plyometric & core training protocol

| Sort                 | Anatomical adaptation   | Main program            |   |  |
|----------------------|---|-------------------------|---|--|
|                      |   | First                   | Second  | Third                                  |
| Period               | 1~5week   | 6~20week                |   |  |
| Emphasis             | Muscle & Posture adaptation   | Hypertrophy & Endurance | Maximal strength  | Muscular power                         |
| Intensity            | 50~60%RM  | 67~80%RM                | 85~93%RM  | PT (I) : 30~60% RM<br>PT (II) : Non-WB |
| Repetition           | 15~20rep  | 8~10rep                 | 3~5rep  | PT (I) : 3~6rep<br>PT (II) : 10~20rep  |
| Set                  | 2sets   | 3sets                   | 3sets   | PT (I) : 3sets<br>PT (II) : 2sets      |
| Rest between set     | 60sec   | 60sec                   | 120sec  | PT (I) : 180sec<br>PT (II) : 90~120sec |
| Frequency            | 2 d·wk-1 (Every other day)  |                         | 3 d·wk-1 (Every other day)  |  |
| Contraction velocity | Slow to moderate  | Slow to moderate        | Slow to moderate  | High                                   |
| Core training        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· SE : 2set×60~120sec</li> <li>· DE : 2set×10~20rep</li> </ul> |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>· SE : 2set×60~120sec</li> <li>· DE : 2set×10~20rep</li> </ul> |  |

※ RM: repetition maximum, WB: weight bearing, rep: repetition, d: day, wk: week, PT(I): power training, PT(II): plyometric training, SE: static exercise, DE: dynamic exercise

70kg 이하인 경우 12kg을 적용하였다. 코어 훈련의 경우 Faries & Greenwood(2007)의 연구를 참고하였으며, 정적운동 2개, 동적운동 4개로 구성하였다. 훈련 프로그램은 <Table 2>와 같다.

**주기화 근력 프로그램 구성**

주기화 근력 프로그램은 Bompa(1999)와 Ra et al.(2012)의 연구를 기초로 구성하였다. 근육 및 자세 적응, 근비대 및 근지구력, 최대근력 훈련에서는 웨이트 트레이닝 동작들을 활용하였으며, 근파워 훈련은 파워 및 플라이오메트릭 훈련이 적용되었다. 웨이트트레이닝의 경우 1~10주 사이에는 9개의 운동을 전부 적용하였으나, 후반부의 필드 훈련

의 비중이 높아지는 만큼 오버트레이닝을 예방하기 위해 11~15주 사이에 하체 2개, 마지막 16~20주차에는 상체 2개를 감소시켜 훈련을 진행하였다(Ra et al., 2012). 케틀벨 스윙의 경우 Tsatsouline(2006)과 Lake & Lauder(2012)의 연구에서 제시한 훈련 방법을 현 실정에 맞게 변형하여 30초간 운동 및 30초간 휴식으로 진행하였다. 코어 훈련의 경우 6~20주 사이에 진행이 되었으며, 첫 번째와 세 번째 운동 시 진행되었다. 훈련 프로토콜은 <Table 3>과 같다.

**자료 분석**

본 연구에서 측정된 모든 변인들은 WIN/SPSS Ver. 25.0을 이용하

Table 4. The result of each test

| Variable                       | Male          |               |               | Female        |               |               |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                | First         | Middle        | Last          | First         | Middle        | Last          |
| Hand grip_Rt (%BW)             | 69.6±7.17     | 75.3±7.83     | 80.5±8.33     | 56.6±8.60     | 61.0±8.29     | 67.8±5.26     |
| Hand grip_Lt (%BW)             | 64.7±10.24    | 72.0±5.74     | 74.5±7.42     | 59.0±5.43     | 59.8±7.41     | 65.8±4.79     |
| FVC (ml)                       | 4924.0±595.81 | 4886.0±721.15 | 4954.0±644.22 | 3364.8±280.18 | 3332.5±298.11 | 3310.0±357.07 |
| FEV1 (ml)                      | 4216.0±740.91 | 4024.0±761.44 | 4094.0±767.17 | 3112.5±343.32 | 3020.0±320.00 | 3094.3±349.03 |
| FEV1/FVC                       | 83.4±5.46     | 81.8±5.27     | 82.2±6.43     | 92.3±2.77     | 90.3±2.59     | 91.3±1.92     |
| Anaerobic PP (%BW)             | 14.6±1.76     | 15.0±1.17     | 14.8±2.25     | 11.1±0.93     | 10.8±0.53     | 11.3±1.02     |
| Anaerobic AP (%BW)             | 8.8±0.56      | 9.1±0.75      | 9.3±0.73      | 7.2±0.40      | 7.3±0.47      | 7.4±0.57      |
| HRrest (beat/min)              | 75.2±13.38    | 64.2±9.33     | 69.2±7.57     | 73.0±13.40    | 66.8±8.95     | 58.3±10.40    |
| HRmax (beat/min)               | 192.8±8.42    | 190.6±9.39    | 194.4±11.25   | 190.3±12.12   | 188.0±15.76   | 188.5±13.01   |
| Running time (sec)             | 1149.2±31.35  | 1222.4±28.51  | 1284.2±28.17  | 968.0±39.57   | 1043.3±38.45  | 1091.0±30.43  |
| VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min) | 62.6±2.61     | 67.1±3.21     | 71.6±5.13     | 55.3±4.11     | 59.6±4.11     | 63.9±5.51     |
| La_Rest (mmol/L)               | 1.58±0.35     | 1.34±0.38     | 1.51±0.16     | 1.76±0.24     | 1.54±0.29     | 1.81±0.40     |
| La_AO (mmol/L)                 | 11.4±1.78     | 11.1±2.10     | 10.5±1.77     | 9.5±0.88      | 10.0±1.41     | 9.9±1.16      |
| La_AO_3min (mmol/L)            | 11.7±3.75     | 12.2±2.64     | 11.0±2.33     | 9.7±1.33      | 8.4±4.29      | 9.9±0.91      |
| La_AO_5min (mmol/L)            | 11.6±2.60     | 12.3±2.34     | 11.8±1.60     | 9.8±1.41      | 7.9±3.76      | 9.6±1.20      |
| La_AO_15min (mmol/L)           | 9.1±3.09      | 9.6±2.74      | 8.5±2.03      | 7.1±1.45      | 7.6±1.29      | 7.2±1.25      |
| La_AO_30min (mmol/L)           | 7.1±0.59      | 5.9±2.46      | 5.5±1.19      | 5.2±1.12      | 5.3±0.84      | 4.6±1.00      |
| 15min Recovery (%)             | 22.0±20.99    | 17.0±10.40    | 25.9±21.70    | 33.6±10.99    | 28.3±8.78     | 31.3±17.05    |
| 30min Recovery (%)             | 54.6±13.50    | 55.7±12.59    | 42.9±8.91     | 64.8±8.76     | 55.2±9.90     | 55.8±14.07    |
| LF_30°/sec (%BW)               | 272.4±15.00   | 286.6±10.97   | 311.8±15.01   | 253.0±12.31   | 271.8±7.76    | 288.3±7.50    |
| LE_30°/sec (%BW)               | 335.8±9.72    | 367.4±55.06   | 396.4±22.88   | 390.3±45.86   | 369.0±36.23   | 400.8±41.03   |
| LF_120°/sec (%BW)              | 435.6±51.70   | 385.0±26.03   | 440.8±22.46   | 333.0±12.77   | 327.5±19.82   | 334.5±33.71   |
| LE_120°/sec (%BW)              | 502.8±82.07   | 512.4±41.82   | 526.2±42.61   | 467.0±21.95   | 405.5±55.15   | 461.0±48.18   |
| LF_180°/sec (%BW)              | 5296.4±361.83 | 5425.8±444.46 | 6273.8±316.10 | 4112.0±295.35 | 4598.5±331.94 | 4867.5±319.29 |
| LE_180°/sec (%BW)              | 5510.8±516.97 | 6317.0±845.59 | 6334.2±594.58 | 4519.5±558.82 | 4415.0±599.76 | 5194.5±642.36 |

※ Rt: right, Lt: left, FVC: forced vital capacity, FEV1: Forced Expiratory Volume in 1 second, PP: peak power, AP: average power, VE: ventilation, HR: heart rate, La: lactic acid, AO: all out, LF: lumbar flexion, LE: lumbar extension

여 평균과 표준편차를 산출하였다. 훈련이 진행되면서 시점별 변인들의 변화를 관찰하기 위해 비모수적 통계방법인 Kruskal-Wallis H 검증을 적용하였으며, 사후검증은 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 본 연구의 유의수준은 .05로 설정하였다.

## 연구 결과

### 훈련 적용 전·후 남·여 결과 분류

크로스컨트리 스키 선수들을 대상으로 훈련 전(사전), 중(10주차), 후(20주차)에 걸쳐 측정된 결과를 남·여 분류하여 <Table 4>에 제시하였다.

### 훈련 적용 전·후 요인 변화

훈련 적용 전·중·후 체력 요인들의 변화를 관찰한 결과 런닝지속시간 ( $\chi^2=6.099$ ,  $p=.047$ ), 최대산소섭취량( $\chi^2=6.834$ ,  $p=.033$ ), 30·180°

/sec 요부 굴곡력( $\chi^2=13.369$ ,  $p=.001$ ;  $\chi^2=6.002$ ,  $p=.050$ )에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 런닝지속시간의 경우 전과 비교하여 10.8% 증가된 것으로 나타났으며, 최대산소섭취량은 12.9% 증가된 것으로 나타났다. 요부 굴곡력은 전·후 비교시 각 12.4%, 15.5% 증가된 것으로 나타났다. 다른 변인들의 경우 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났으며, 결과는 <Table 5>에 제시하였다.

## 논의

엘리트 선수들의 훈련 프로그램은 환경 및 상황에 맞게 적용이 가능해야 하며, 해외훈련 및 시합에서 발생할 수 있는 훈련 부재 시 나타나는 경기력 감소를 최소화하기 위해 훈련 양 및 형태를 탄력적으로 변화시켜야 선수들의 경기력을 유지할 수 있게 된다. 이런 이유에서 규칙적으로 배열된 주기화 훈련은 현장에서 적용이 쉽지 않은 것이 현실이다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 이런 문제점들을 최소화하기 위해 운동 형태를 다양하게 구성하고 엘리트 선수들의 경기력을

**Table 5.** The mean difference of each test

| Variable                       | Tests          |                |                | Chi-square | p    | Post-hoc      |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|------|---------------|
|                                | First (A)      | Middle (B)     | Last (C)       |            |      |               |
| Hand grip_Rt (%BW)             | 63.8±10.80     | 68.9±11.37     | 74.8±10.1      | 3.842      | .146 | NS            |
| Hand grip_Lt (%BW)             | 62.1±9.45      | 66.6±9.35      | 70.6±8.16      | 3.728      | .155 | NS            |
| FVC (ml)                       | 4136.6±1079.64 | 4195.6±1019.73 | 4223.3±1036.29 | .042       | .979 | NS            |
| FEV1 (ml)                      | 3769.9±745.70  | 3577.7±832.81  | 3649.7±840.47  | .266       | .876 | NS            |
| FEV1/FVC                       | 87.8±7.09      | 85.6±6.37      | 86.2±7.10      | 1.069      | .586 | NS            |
| Anaerobic PP (%BW)             | 13.1±2.41      | 12.9±2.45      | 13.3±2.66      | .135       | .935 | NS            |
| Anaerobic AP (%BW)             | 8.1±0.99       | 8.3±1.14       | 8.46±1.25      | .961       | .619 | NS            |
| HRrest (beat/min)              | 74.2±14.25     | 65.3±9.81      | 64.3±11.10     | 2.760      | .252 | NS            |
| HRmax (beat/min)               | 191.9±10.75    | 189.4±13.46    | 191.8±13.17    | .143       | .931 | NS            |
| Running time (sec)             | 1068.7±102.56  | 1142.8±100.81  | 1198.3±106.43  | 6.099      | .047 | A<C           |
| VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min) | 59.4±5.25      | 63.8±5.50      | 68.2±6.95      | 6.834      | .033 | A<C           |
| La_Rest (mmol/L)               | 1.64±0.35      | 1.43±0.38      | 1.66±0.34      | 2.330      | .312 | NS            |
| La_AO (mmol/L)                 | 10.6±1.77      | 10.6±2.01      | 10.3±1.65      | .213       | .899 | NS            |
| La_AO_3min (mmol/L)            | 10.8±3.26      | 10.5±4.18      | 10.5±2.04      | .702       | .704 | NS            |
| La_AO_5min (mmol/L)            | 10.8±2.48      | 10.4±3.97      | 10.8±1.92      | .131       | .937 | NS            |
| La_AO_15min (mmol/L)           | 8.2±2.84       | 8.7±2.56       | 7.9±1.95       | .596       | .742 | NS            |
| La_AO_30min (mmol/L)           | 6.2±1.36       | 5.6±2.06       | 5.1±1.26       | 3.109      | .211 | NS            |
| 15min Recovery (%)             | 27.1±19.34     | 22.0±11.89     | 28.3±21.16     | 1.802      | .406 | NS            |
| 30min Recovery (%)             | 59.1±13.47     | 55.4±12.17     | 48.7±13.95     | 3.284      | .194 | NS            |
| LF_30°/sec (%BW)               | 263.8±17.92    | 280.0±12.90    | 301.3±17.97    | 13.369     | .001 | A, B<C<br>A<B |
| LE_30°/sec (%BW)               | 360.0±43.98    | 368.11±50.52   | 398.3±34.26    | 5.798      | .055 | NS            |
| LF_120°/sec (%BW)              | 390.0±68.38    | 359.4±39.22    | 393.6±63.42    | 1.563      | .458 | NS            |
| LE_120°/sec (%BW)              | 486.9±69.33    | 467.9±76.08    | 452.8±147.57   | .451       | .798 | NS            |
| LF_180°/sec (%BW)              | 4770.0±717.71  | 5058.1±607.19  | 5648.8±814.11  | 6.002      | .050 | A<C           |
| LE_180°/sec (%BW)              | 5070.2±772.10  | 5471.7±1277.36 | 5827.7±887.74  | 3.176      | .204 | NS            |

※ Rt: right, Lt: left, FVC: forced vital capacity, FEV1: Forced Expiratory Volume in 1 second, PP: peak power, AP: average power, VE: ventilation, HR: heart rate, La: lactic acid, AO: all out, LF: lumbar flexion, LE: lumbar extension

꾸준하게 유지할 수 있는 비선형주기화 훈련의 효과를 검증하기 위해 실시되었다.

운동부하검사(graded exercise test, GXT)는 심폐체력을 확인하기 위한 방법으로 단계적 또는 지속적으로 부하를 상승시켜 체내에서 소비되는 산소의 비율 및 배출되는 이산화탄소의 양을 기초로 피험자의 유산소적 대사 능력을 확인하는 체력 검사이다(ACSM, 2011). 호흡에서 검출되는 다양한 변인으로 피험자의 유산소적 운동 능력을 확인할 수 있지만 많은 연구에서 런닝지속시간 및 최대 산소섭취량을 근거로 체력 수준 또는 처치에 따른 변화를 평가하고 있다(Coggan et al., 1992; Frontera et al., 1990; Harms & Hickson, 1983; Phillips et al., 2012). 본 연구에서도 런닝지속시간 및 최대산소섭취량의 변화를 관찰하였는데 사전과 비교하여 사후에 각각 10.8%( $p=.047$ )와 12.9%( $p=.033$ )가 증가한 것으로 나타났다. 이는 일정 강도의 저항성 운동이 미토콘드리아 생합성과 관련된 COX18, MFN1, NDRG2, PGC1 $\alpha$ 와 같은 mRNA 발현에 영향을 주어 미토콘드리아 밀도를 증가시키게 된다(Hoppeler & Fluck, 2003). 이후 세포의 유산소적 대사가 개선되어 우심방으로 회귀되는 정맥혈의 동정맥 산소차(Arteriovenous oxygen difference,

a-vO<sub>2</sub> diff)가 증가되어 체력과 관련된 런닝지속시간 및 최대산소섭취량의 향상을 기대할 수 있게 된다(Alvehus et al., 2014; Stepto et al., 2012). 본 연구에서도 최대심박수의 통계적 차이 없이 런닝지속시간 및 최대산소섭취량의 증가가 나타났으며, 이는 선행연구의 결과와 동일한 결과임을 알 수 있다. 결국 본 연구에서 진행된 저항성 훈련은 크로스컨트리 스키 선수와 같은 지구성 선수들의 유산소적 대사 능력에 긍정적인 영향을 줄 것으로 생각된다.

본 연구에서 실시한 30, 180°/sec 등속성 요부 근력 측정에서 굴곡력이 사전과 비교하여 사후 각 12.6%( $p=.001$ ), 15.5%( $p=.050$ ) 증가한 것으로 나타났다. 크로스컨트리 스키 선수들은 알파인 또는 스키점프와 같은 강한 저항은 아니지만 낮은 경사에서 빈번하게 활강을 경험하게 되며 발생 빈도가 높은 만큼 요부 근력 및 근지구력의 향상은 경기력과 매우 중요함을 알 수 있다. 이번 결과에서 등속성 허리 굴곡력의 향상은 국가대표 선수들의 훈련 구성 중 이전 프로그램에 반영되지 않았던 코어 훈련을 추가 구성한 결과에서 나타난 것으로 생각되며, 120°/sec에서의 통계적 유의차( $p=.458$ )가 나타나지 않은 이유는 코어훈련에서 파워 관련 복부 훈련의 부재에서 발생된 것으로 여겨진다. Ahn et al.(2018)은 엘리트 복싱 선수를 대상으로

8주간의 코어 훈련을 적용한 결과 사전과 비교하여 사후 굴곡력이 약 10% 증가한 것으로 나타났으며, Kwon & Yang(2015)은 대학 골프선수를 대상으로 코어 훈련을 적용한 결과 굴곡력이 11.9% 증가하여 코어 훈련이 요부 굴곡력 향상에 효과적임을 알 수 있다. 또한 등속성 요부 굴·신비율의 변화를 확인하면 30°/sec 사전 비율이 26.7%인데 비해 사후 24.3%로 약 2.4%가 줄어들었으며, 180°/sec 사전 5.9%에서 3%로 약 2.9%까지 줄어들어 요부 안정성이 많이 향상된 것을 알 수 있다(Baur et al., 2010; McGregor et al., 2004). 요부 안정성은 굴근과 신근의 협응된 수축력 증가에서 나타나며, 복부근력 강화는 복강내 압력을 향상시켜 척추를 지지하는 역할을 하게 된다. 이런 신체 중심에서의 안정성 강화는 원위부의 움직임에 긍정적인 영향을 미쳐 효율적인 움직임을 발생시키며(Carroll et al., 2006), 이는 곧 경기력에 영향을 미치기 때문에 크로스컨트리 스키 선수들의 움직임 향상에 기여할 것으로 여겨진다.

## 결론 및 제언

국가대표 크로스컨트리 스키 선수들(남5, 여4)의 체력 변화를 관찰하기 위해 비선형 주기화 근력훈련을 적용하였으며, 3회에 걸쳐 측정된 내용을 기초로 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. 비선형 주기화 트레이닝은 심폐지구력(런닝지속시간, 최대산소 섭취량)에 긍정적 영향을 미쳤다.
2. 비선형 주기화 트레이닝은 등속성 허리 근력에 긍정적 영향을 미쳤다.
3. 근력, 폐활량, 무산소성 파워, 안정시 및 최고심박수, 젖산변화 및 회복률, 등속성 허리 신전 근력, 등속성 허리 신전과 굴곡 근 파워, 등속성 허리 신전 근지구력에서는 통계적 유의차를 관찰할 수 없었다.

결론적으로 본 연구는 비선형 주기화 근력훈련이 크로스컨트리 스키 국가대표선수들에게 심폐지구력과 일부 허리 근력(굴곡력) 변화에 영향을 줄 수 있지만, 무산소성 파워 및 젖산과 같은 혈액변인의 변화까지 영향을 주지 못하였다. 이는 하나의 체력 요인을 변화시키기 위한 훈련이 아닌 복합적인 체력 개선을 목적으로 구성된 훈련 계획의 결과로 여겨진다. 또한, 본 연구에서는 대조군 없이 실험군의 처치 결과만을 기초하여 훈련 적용에 따른 효과를 관찰하였다. 그러므로 추후 연구에서는 개별 체력 요인의 변화를 관찰할 수 있는 선형 주기화 훈련 및 비선형 주기화 훈련의 비교 연구 또는 대조군이 포함된 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- ACSM. (2018). *ACSM's exercise testing and prescription*. USA: Wolters Kluwer Health.
- Ahn, S. H., Lee, J. S., & Kim, C. G. (2018). The effect of core training on fitness, trunk isokinetic muscular function, and body-composition in boxing athletes. *The Asian Journal of Kinesiology*, 20(4), 22-29.
- Alvehus, M., Boman, N., Söderlund, K., Svensson, M., & Burén, J. (2014). Metabolic adaptations in skeletal muscle, adipose tissue, and whole-body oxidative capacity in response to resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 114, 1463-1471.
- Andersson, E., Holmberg, H. C., Supej, M., Sandbakk, O., Sperlich, B., Stöggl, T., & Holmberg, H.-C. (2010). Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 585-595.
- Baker, D. (1993). Periodization of strength training for sports: A review. *Strength and Conditioning Coach*, 1(3), 15-21.
- Baker, D., Wilson, G., & Carlyon, R. (1994). Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(4), 235-242.
- Baur, H., Müller, S., Pilz, F., Mayer, P., & Mayer, F. (2010). Trunk extensor and flexor strength of long-distance race car drivers and physically active controls. *Journal of Sports Sciences*, 28(11), 1183-1187.
- Björklund, G., Alricsson, M., & Svantesson, U. (2017). Using bilateral functional and anthropometric tests to define symmetry in cross-country skiers. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 9-18.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization training for sports*. USA: Human Kinetics.
- Bottaro, M., Russo, A., & de Oliveira, R. J. (2005). The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(3), 285-290.
- Brown, L. E. (2001). Nonlinear versus linear periodization models. *Strength & Conditioning Journal*, 23(1), 42-44.
- Carroll, T. J., Herbert, R. D., Munn, J., Lee, M., & Gandevia, S. C. (2006). Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechanisms. *Journal of Applied Physiology*, 101(5), 1514-1522.
- Choi, Y. C. (2018). The study of sprint cardiorespiratory index and body composition according to period in national and reserve cross-country skier. *The Korean Journal of Sports Science*, 27(4), 993-1005.
- Coggan, A. R., Spina, R. J., King, D. S., Rogers, M. A., Brown, M., Nemeth, P. M., & Holloszy, J. O. (1992). Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1780-1786.
- Cressey, E. M., West, C. A., Tiberio, D. P., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2007). The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 561-567.
- Everett, G. (2016). *Olympic weight-lifting: A complete guide for athletes & coaches* (3rd ed.). USA: Catalyst Athletics.
- Faries, M. D., & Greenwood, M. (2007). Core training: Stabilizing the confusion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 10-25.
- Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., & Evans, W. J. (1990). Strength training and determinants of VO<sub>2</sub>max in older men. *Journal of Applied Physiology*, 68(1), 329-333.
- Fry, R. W., Morton, A. R., & Keast, D. (1991). Overtraining in athletes. An update. *Sports Medicine*, 12, 32-65.
- Harms, S. J., & Hickson, R. C. (1983). Skeletal muscle mitochondria and myoglobin, endurance, and intensity of training. *Journal of Applied Physiology*, 54(3), 798-802.
- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisløff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6), 870-877.
- Hoppeler, H., & Fluck, M. (2003). Plasticity of skeletal muscle mitochondria: Structure and function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 95-104.
- Jo, S. K., Park, H., Kim, D. H., Choi, J. I., Park, K. C., & Hong, G. P. (1996). *Development of training program for elite cross-country skiers*. Seoul: Korea Institute of Sport Science.
- Kim, Y. S., Kim, D. H., & Kim, E. J. (2012). Study on isokinetic muscular function of knee joint and aerobic power according to performance level of cross-country skiers. *Korean Society for Wellness*, 7(2), 221-230.
- Ko, S. H., Kim, T. H., & Jekal, Y. S. (2016). Comparative analysis of protocols through a treadmill exercise test. *Korean Journal of Sport Science*, 22, 53-62.
- Koller, A., Fuchs, B., Leichtfried, V., & Schobersberger, W. (2015). Decrease in eccentric quadriceps and hamstring strength in recreational alpine skiers after prolonged skiing. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 1(1), bmjsem-2015-000028.
- Kwon, S. J., & Yang, S. W. (2015). The effect of core training on isokinetic muscle functions of lumbar and college golfers of knee joints and performance. *Journal of Coaching Development*, 17(3), 101-108.
- Lake, J. P., & Lauder, M. A. (2012). Kettlebell swing training improves maximal and explosive strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2228-2233.
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Rønnestad, B. R., Hallén, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(3), 389-401.
- Matveyev, L. (1981). *Fundamentals of Sports Training*. Moscow: Progress Publishers.

- McGregor, A., Hill, A., & Grewar, J. (2004). Trunk strength pattern in elite rowers. *Isokinetics and Exercise Science*, 12(4), 253-261.
- Monteiro, A. G., Aoki, M. S., Evangelista, A. L., Alveno, D. A., Monteiro, G. A., Picarro, I. C., & Ugrinowitsch, C. (2009). Nonlinear periodization maximizes strength gains split resistance training routines. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1321-1326.
- Øfsteng, S., Sandbakk, Ø., van Beekvelt, M., Hammarström, D., Kristoffersen, R., Hansen, J., ... & Rønnestad, B. R. (2017). Strength training improves double-poling performance after prolonged submaximal exercise in cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(3), 893-904.
- Østerås, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 255-263.
- Ozaki, H., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2013). Resistance training induced increase in VO<sub>2</sub>max in young and older subjects. *European Review of Aging and Physical Activity*, 10, 107-116.
- Painter, K. B. (2009). *A practical comparison between traditional periodization and daily-undulated weight training among collegiate track and athletes*. Master's thesis, Johnson City, TN: East Tennessee State University.
- Phillips, B., Williams, J., Atherton, P., Smith, K., Hidebrandt, W., Rankin, D., ... & Rennie, M. J. (2012). Resistance exercise training improves age-related declines in leg vascular conductance and rejuvenates acute leg blood flow responses to feeding and exercise. *Journal of Applied Physiology*, 112(3), 347-353.
- Poliquin, C. (1988). Five steps to increasing the effectiveness of your strength training program. *Strength & Conditioning Journal*, 10(3), 34-39.
- Ra, H. S., Yoon, Y. H., Cho, J. K., & Yoon, S. J. (2012). A comparison of linear and non-linear periodization strength training on body composition, maximal strength and power in Kabaddi players. *Korean Journal of Sport Science*, 23(3), 675-690.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., & Nygaard, H. (2017). 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1435-1441.
- Schiotz, M. K., Potteiger, J. A., Huntsinger, P. G., & Donald, C. M. (1998). The short-term effects of periodized and constant-intensity training on body composition strength, and performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(3), 173-178.
- Simao, R., Spinetti, J., Salles, F., Matta, T., Fernandes, L., Fleck, S., ... & Strom-Olsen, H. (2012). Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: Hypertrophic and strength effects. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5), 1389-1395.
- Smith, G. A. (1992). Biomechanical analysis of cross-country skiing techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(9), 1015-1022.
- Stepto, N. K., Benziane, B., Wadley, G. D., Chibalin, A. V., Canny, B. J., Eynon, N., & McConell, G. K. (2012). Short-term intensified cycle training alters acute and chronic responses of PGC1 $\alpha$  and Cytochrome C oxidase IV to exercise in human skeletal muscle. *PLOS One*, 7(12), e53080.
- Sung, B. J., Ko, B. G., & Lee, K. K. (2021). Developing the estimating equations for muscle power by analysis of reliability and validity on different versions of wingate anaerobic test setting. *Korean Journal of Sport Science*, 32(3), 419-428.
- Sung, B. J., & Lee, K. K. (2020). The relationship between fitness variables and performance factor in keirin. *Korean Journal of Sport Science*, 31(1), 48-58.
- Takashima, W., Ishii, K., Takizawa, K., Yamaguchi, T., & Nosaka, K. (2007). Muscle damage and soreness following a 50-km cross-country ski race. *European Journal of Sport Science*, 7(1), 27-34.
- Tsatsouline, P. (2006). *Enter the kettlebell*. St. Paul, MN: Dragon Door Publications, Inc.
- Zouita Ben Moussa, A., Zouita, S., Ben Salah, Fz., Behm, Dg., & Chauouchi, A. (2020). Isokinetic trunk strength, validity, reliability, normative data and relation to physical performance and low back pain: A review of the literature. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(1), 160-174.

# 비선형 주기화 근력 훈련의 적용이 국가대표 크로스컨트리 스키 선수들의 기초 및 전문체력에 미치는 영향

성봉주<sup>1</sup>, 임의규<sup>2</sup>, 이광규<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한국스포츠정책과학원 수석연구위원

<sup>2</sup>경희대학교 크로스컨트리 스키 국가대표 감독

<sup>3</sup>충청대학교 스포츠재활과 조교수

[목적] 본 연구의 목적은 비선형 주기화 근력 훈련이 국가대표 크로스컨트리 스키 선수들의 기초 및 전문체력에 미치는 효과를 규명하는 것이다.

[방법] 국가대표 크로스컨트리 스키 선수 9명(남자 5, 여자 4)을 대상으로 비선형 주기화 근력 훈련을 적용하여 기초 및 전문체력 변화를 관찰하였다. 측정 항목은 신체구성(신장, 체중, BMI, 체지방률), 기초체력(악력, 폐활량), 무산소성 파워(최대파워, 평균파워), 운동부하검사(최대심박수, 런닝지속시간, 최대산소섭취량, 젓산), 등속성 근력(요부 근력), 및 1RM(벤치프레스, 데드리프트, 스쿼트, 숄더프레스, 레그컬, 바이셉스컬, 케이블트라이셉스 익스텐션)을 측정하였다. 훈련 적용에 따른 변화를 관찰하기 위해 Kruskal-Wallis H 검증을 적용하였으며, 사후검증은 Mann-Whitney U를 실시하였다.

[결과] 연구 결과 운동부하검사서 운동지속시간 및 최대산소섭취량이 사전과 비교하여 사후에 향상되었으며, 등속성 요부 근력에서도 사전과 비교하여 사후가 높게 나타났다. 하지만 다른 변인들에서는 시기 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

[결론] 본 연구 결과는 비선형 주기화 근력 훈련이 운동시간, 최대산소섭취량 및 등속성 허리 근력의 향상을 기대할 수 있지만 전체적인 변화에 영향을 미치지 못한다는 것을 제시한다.

## 주요어

크로스컨트리 스키, 비선형주기화 훈련, 운동부하검사, 등속성 근력