

# 시즌 전 간헐적 복합훈련이 고등학교 축구선수의 신체조성, 유-무산소성 능력 및 혈액지표에 미치는 영향

한국과학기술원 인문사회과학부

김 석 희

## Effects of Preseason Intermittent Complex Training on Body Composition, Aerobic-Anaerobic Capacity, and Hematologic Parameters in High School Soccer Players

Seok Hee Kim

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

The purpose of this study was to compare body composition, anaerobic capacity, and hematologic parameters after intermittent complex training in high school soccer players. The subjects were 15 high school soccer players (age,  $15.60 \pm 0.82$  years; height,  $171.93 \pm 5.65$  cm; body weight,  $61.32 \pm 7.43$  kg). Clinical variables included body composition, anaerobic capacity, and hematologic parameters. Data were analyzed to compare between trials by paired sample t-test. As a result, there were significant differences in body weight ( $p < 0.05$ ) and muscle mass ( $p < 0.05$ ) of body composition after 4 weeks. There were significant differences in shuttle run ( $p < 0.001$ ) and heart rate in rest ( $p < 0.05$ ) of aerobic performance after 4 weeks. There were significant differences in lactate dehydrogenase ( $p < 0.001$ ), creatine kinase ( $p < 0.001$ ), all out lactic acid ( $p < 0.01$ ), and red blood cell ( $p < 0.001$ ) of hematologic parameters after 4 weeks. In summary, intermittent complex training for 4 weeks showed strong influences on body composition and hematologic parameters variables in high school soccer players.

**Keywords:** Anaerobic, Body composition, Hematologic, Intermittent, Soccer

Received: July 14, 2017 Revised: November 2, 2017

Accepted: November 2, 2017

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 ©2017 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

축구는 여러 스포츠 종목 중 매우 복잡적이며 다양한 동작을 요구하는 종목이자 가장 넓은 공간에서 이루어지는 경기로<sup>1</sup>, 전 후반 90분간을 끊임없이 뛸 수 있는 전신지구력과 강력한 킥, 슈팅 및 태클의 반복적인 동작에서 요구되는 순발력, 근력, 근지구력, 민첩성 및 유연성 등의 체력요소들을 포함하는 고강도, 간헐적 비 연속성 운동으로 유-무산소성 운동능력이 요구되는 스포츠이다<sup>2</sup>.

90분간의 축구경기 동안 엘리트 수준의 선수들은 무산소성 역치 수준에 가까운 운동강도에서 약 10 km를 달리게 되는

데<sup>3</sup>, 점핑(jumping), 태클링(tackling), 터닝(turning), 스프린팅(sprinting), 페이스 전환 및 상대 수비의 압박에 대해서 볼을 조절하기 위한 평형과 조절을 유지하기 위한 폭발적인 활동 등이 포함된다<sup>4</sup>. 또한 축구경기 시 포지션별 주요 에너지 체계는 골키퍼, 윙, 스트라이커 등은 adenosine triphosphate and phosphocreatine (ATP-PC)와 젖산 시스템이 80%, 젖산 시스템 및 유산소 시스템이 20%이고 하프백 또는 링커는 ATP-PC와 젖산시스템이 60%, 젖산 및 유산소 시스템이 20%, 유산소 시스템이 20%로<sup>5</sup> 무산소성 에너지 공급체계의 중요성을 시사하고 있다.

현대축구는 경기 진행과 전술 속도가 가속화되어 과거보다 빠른 움직임과 상황판단을 통한 전술 수행능력이 필요하게 되었다. 축구뿐만 아니라 다양한 스포츠에 대한 관심이 높아지면서 운동 수행력과 부상 예방을 위한 다각적 접근이 이루어지고 과학적인 훈련방법의 개발과 함께 운동으로 인한 피로와 조직손상으로부터 효율적이고 신속한 회복을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>6</sup>.

인체는 산소와 에너지를 연소시켜 발생한 힘으로 근육을 움직여 원하는 동작을 수행하는 대신 연소 후 부산물인 젖산이 생성되고 생성된 젖산은 몸에 축적된다. 이 과정에서 산소나 에너지의 공급이 원활하지 않거나 젖산의 분해가 원활하지 않으면 원하는 속도나 강도로 몸을 움직일 수 없게 된다. 따라서 운동 중 회복능력은 중요한 요인이 아닐 수 없으며, 산소나 에너지를 공급하는 능력이 좋고 체내 축적된 젖산을 분해하는 능력이 좋을수록 회복능력은 높아지게 된다<sup>7</sup>.

운동 수행력과 관련된 연구들은 각 종목의 특성에 부합된 체격조건을 바탕으로 체력과 기술향상에 기반을 두고 있으며, 이러한 요인을 결정요소로 중요한 의미를 두고 있다<sup>8</sup>. 따라서 청소년기의 체력은 체격과 밀접한 관계가 있고 청소년기는 운동기능 습득과 더불어 최대 발달 시기라는 것을 고려해야 한다<sup>9</sup>. 이에 축구지도자들은 이 시기에 기능적인 훈련뿐만 아니라 체력요인을 중요시하여 많은 시간과 노력을 투자하고 다양한 훈련방법을 시도해야 할 것이다.

선행연구에서 제시된 바와 같이 단기간 간헐적 훈련이 축구 경기를 위한 유산소 및 무산소성 대사를 증가시킬 수 있고<sup>10</sup> 최대산소섭취량의 증가와 훈련증가로 인한 신체 피로도의 감소를 가져올 수 있을 것이다<sup>11</sup>.

본 연구에서 시행한 간헐적 훈련결과를 규명하기 위한 혈액 변인 중 염증 지표로 살펴볼 수 있는 혈중 creatine kinase (CK)는 조직손상을 나타내는 간접지표인데 특히, 심근경색, 근이영양증(muscular dystrophy), 뇌 질환 등을 진단하는데도 이용된다<sup>12</sup>.

혈청 CK의 증가는 세포 손상 및 근세포 이상과 밀접한 관련이 있으며 세포에 문제가 있을 경우 세포의 CK가 혈중으로 누출되고<sup>13</sup> 이와 같은 혈청 CK 활성은 근세포 괴사 및 조직손상을 판단하는 중요지표로 이용할 수 있다<sup>14</sup>.

Lactate dehydrogenase (LDH)는 인체 내 당이 분해되어 에너지로 변하는데 작용하는 효소로, 여러 조직에 분포되어 있어 세포가 파괴될 경우 혈중으로 누출되기 때문에 혈중 LDH 수준은 세포 손상 지표로 이용되거나 조직손상을 진단하는데 사용될 수 있다<sup>15</sup>. 이에 순간적으로 고강도 운동을 반복할 경우 CK 및 LDH 활성이 높아지고 조직손상 가능성이 커지기 때문에 충분한 휴식이 중요하고 운동과 관련된 피로도에 대한 변화를 제시할 수 있는 변인으로 활용될 필요가 있다<sup>16</sup>. 그 외에도 훈련 중 피로에 따른 간 기능변화와 회복능력과 관련하여 산소운반능력을 제시하기 위한 혈액변인을 통해 제시할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 고등학교 축구선수를 대상으로 시즌 전 4주간의 shuttle run을 이용한 간헐적 회복 훈련을 포함한 복합 훈련 프로그램을 수행하여 신체조성, 유·무산소성 능력 및 혈액학적 변인에 대한 변화를 규명하고 청소년기 축구선수들의 시즌 전 경기력 향상을 위한 훈련프로그램에 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 경기도 소재 고등학교 축구선수 15명으로, 연구 취지 및 내용을 충분히 설명하였고 자발적으로 참여하였다. 연구대상들은 정형외과적 부상이나 의학적 질환을 가지고 있지 않으며 약물복용을 하지 않은 대상자를 선정하였다. 연구 대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Variable	Value
Number	15
Age (yr)	15.60±0.82
Height (cm)	171.93±5.65
Body weight (kg)	61.32±7.43
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	20.68±1.82
Body fat (%)	13.79±3.95

Values are presented as mean±standard deviation.

## 2. 측정 방법

### 1) 신체구성 검사

본 연구 대상자의 신체구성은 bioimpedance analysis (Inbody 4.0; Biospace Co., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 측정 방법은 신체 내의 금속물질을 제거한 후 전해질 티슈를 이용하여 손과 발의 이물질들을 제거한 후 체성분 검사기의 금속 손잡이 부분에 엄지를 윗부분에 대고 나머지 네 손가락이 금속 부분을 감싸 잡고 금속 발바닥 부분에 올라선 후 편안한 자세로 팔과 겨드랑이가 닿지 않도록 팔을 벌린 상태로 측정하였다.

### 2) Wingate 검사

무산소성 능력검사는 Monark 자전거를 이용하였으며 (Ergomedic 894 E; Monark, Varberg, Sweden), 부하는 0.075를 곱한 값을 사용하였다. 대상자는 1분간의 예비기를 가지고 곧바로 30초간의 최대의 속도로 페달링을 통해 측정하였고<sup>17</sup> 측정 시 체중 당 총일량과 피로도를 산출하였다. 무산소성 파워 산출방식은  $\text{peak power} = \text{kp} \times \text{number of revolution} \times 11.765$  와 피로도 산출방식은  $\text{fatigue index} = \frac{\text{peak power} - \text{lower power}}{\text{peak power}} \times 100$ 으로 산출하여 결과를 얻었다.

### 3) Shuttle run 검사

지구력 운동 수행력의 효과를 규명하기 위하여 훈련 전후의 shuttle run 검사를 실시하였고 왕복횟수와 검사과정의 심박수 변화를 기록하였다. 검사과정은 Lee와 Yoon<sup>7</sup>의 shuttle run 검사 매뉴얼을 참고하여 총 31분 31초 동안 진행되었고 11 km/hr의 속도로 시작해 20.5 km/hr로 끝나며 검사 속도는 최초 3회까지 1 km/hr씩, 4회부터는 0.5 km/hr씩 빨라지게 된다. 심박수는 검사 전, 직후, 그리고 회복기 60초 후에 측정하였다. 검사 거리, 콘 방향전환, 그리고 검사종료 상황을 측정 전에

설명하여 대상자가 숙지한 후에 실시하였다.

### 4) 혈액 지표

혈액 변인은 공복 상태에서 혈액을 채취하였으며 채혈된 전혈(whole blood, 5 mL)은 혈청을 얻기 위해 4,000 rpm으로 10분간 원심분리를 통해 분석하였다. 측정항목은 glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), CK, 그리고 LDH는 건식 생화학분석기(Kodak Ektachem DTSCII, Stockton, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 혈액 변인 중 혈중 CK는 CK Kit (Helena, MT, USA)를 이용하여 형광강도로 분석하였고 LDH는 kinetic UV method를 이용하여 340 nm에서 흡광도를 측정하였다. 약 3 mL의 혈액은 항응고처리 된 튜브에 넣어 red blood cell (RBC), white blood cell은 cell counter (Adiva 120; Erlangen, Germany)를 이용하여 분석하였다.

### 5) 간헐적 복합훈련 프로그램

4주간 간헐적 복합훈련 프로그램은 shuttle run을 이용한 심박수 회복 훈련과 패스, 슈트, 드리블 등을 포함한 기술훈련을 포함하여 구성하였고 그 내용은 Table 2와 같다.

고강도의 신체 움직임과 동적인 휴식이 불규칙적으로 반복되는 과정에서 발생하는 피로회복 등을 반영하는 방법으로<sup>7</sup>, 본 연구에서 적용한 복합훈련프로그램 중 shuttle run 검사를 축구의 공수전환과 부분 전술에서 급박한 변화로 발생한 피로 물질의 내성과 회복능력을 보다 향상시킬 수 있도록 수정하여 적용하였다. Shuttle run을 통한 회복훈련은 단시간의 최대 심박수의 80% 이상까지 도달하도록 구성하였다. 운동강도는 훈련 전 사전 shuttle run 검사를 통해 개별적 최고 심박수의 70%~80% 이상 도달할 수 있는 페이스 강도를 제공하였다. 복합훈련은 주 3회를 실시하였으며, 1회 수행 시 휴식 제공 후 2 set를 실시하였다. 훈련은 11 km/hr의 속도로 시작하여

Table 2. Intermittent complex training program

Category	Content	Time (min)
Warm-up	Running, dynamic stretching	20
Exercise	1. Fartlek running: 800, 1,200, 1,500 m	30
	2. Shuttle run recovery program (2 set)	25
	3. Functional training (3 set)	30
	Lunge: 90, 180 (weight, speed)	
	Sprint: 30 m, 40 m, 50 m, 120 m (50%~70% of max speed)	
Cool-down	Agility: W, S, Z, caroica drill, Con (50%~70% of max speed)	
	Static stretching	15
Total exercise time: 2 hours		

15.5 km/hr로 끝나고 총 수행시간은 25분 동안 진행하였으며, shuttle run을 이용한 회복훈련 프로그램은 Table 3과 같다.

### 3. 자료 처리

본 연구의 모든 자료는 평균 및 표준편차로 제시하였으며, 간헐적 복합훈련 전후의 신체조성, 무산소성 능력, shuttle run, 그리고 혈액 변인의 비교를 위해 paired t-test를 실시하였다. 자료처리는 SPSS ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며 통계적 유의수준은 5% 미만으로 하였다.

## 결 과

### 1. 신체구성의 변화

고등학교 축구선수의 4주간 간헐적 복합훈련 전후 신체구성의 변화는 Table 4와 같다. 간헐적 복합훈련 후 체중은  $61.32 \pm 7.43$  kg에서  $62.08 \pm 7.02$  kg로 통계적으로 유의하게 증가

Table 3. Shuttle run recovery program

Speed (km/hr)	Pace (s)	Content
11	6.87	21 m×4 shuttle, rest 15 seconds
12	6.30	21 m×4 shuttle, rest 15 seconds
13	5.81	21 m×5 shuttle, rest 15 seconds
13.5	5.60	21 m×5 shuttle, rest 15 seconds
14	5.40	21 m×5 shuttle, rest 15 seconds
14.5	5.21	21 m×6 shuttle, rest 15 seconds
15	5.04	21 m×6 shuttle, rest 15 seconds
15.5	4.88	21 m×6 shuttle, rest 15 seconds

하였고( $p < 0.05$ ) 근육량도  $49.08 \pm 4.60$  kg에서  $49.62 \pm 4.47$  kg로 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ).

### 2. 유-무산소 능력의 변화

고등학교 축구선수의 4주간 간헐적 복합훈련 전후 윙게이트를 통한 무산소성 능력과 shuttle run을 이용한 유산소 능력의 변화는 Table 5와 같다. 간헐적 복합훈련 후 윙게이트 검사를 통한 무산소성 요인의 모든 변인은 평균값이 증가하였으나 통계적인 유의한 차이가 나타나지 않았다. 간헐적 복합훈련 후 shuttle run 검사를 통한 유산소 능력은 shuttle run 반복수는 통계적으로 유의한 증가가 나타났으며( $p < 0.001$ ) 안정 시 심박수에서 통계적으로 유의한 증가가 나타났다( $p < 0.05$ ).

### 3. 혈액 지표의 변화

고등학교 축구선수의 4주간 간헐적 복합훈련 전후 혈액 요인의 변화는 Table 6과 같다. 간헐적 복합훈련 후 LDH는  $381.20 \pm 72.53$  IU/L에서  $436.60 \pm 50.15$  IU/L로 통계적으로 유의하게 증가하였으며( $p < 0.001$ ), CK는  $581.40 \pm 215.50$  IU/L에서  $272.06 \pm 127.16$  IU/L로 통계적으로 유의하게 감소하였다( $p < 0.001$ ). All out lactate acid는  $7.48 \pm 1.20$  mmol/L에서  $6.29 \pm 0.69$  mmol/L로 통계적으로 유의하게 감소하였고( $p < 0.01$ ) RBC는  $473.963 \pm 32.26$  m/mm<sup>3</sup>에서  $532.26 \pm 32.23$  m/mm<sup>3</sup>로 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p < 0.001$ ).

## 고 찰

현대 축구는 경기 진행과 전술적인 속도가 가속화되고 있어 과거보다 빠른 움직임과 상황판단을 통해 적절한 전술에 가담

Table 4. Body composition variables after training

Content		Mean±SD	t-value
Body weight (kg)	Before	$61.32 \pm 7.43$	-2.026*
	After	$62.08 \pm 7.02$	
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	Before	$20.68 \pm 1.82$	-1.241
	After	$20.81 \pm 1.71$	
Body fat (%)	Before	$13.79 \pm 3.95$	-0.706
	After	$13.95 \pm 3.62$	
Muscle mass (kg)	Before	$49.08 \pm 4.60$	-2.111*
	After	$49.62 \pm 4.47$	
Basal metabolic ratio (kcal/min)	Before	$1,553.26 \pm 94.61$	-1.255
	After	$1,559.13 \pm 92.06$	

SD: standard deviation.

\* $p < 0.05$ .

**Table 5.** Anaerobic and aerobic variables after training (n=15)

Variable		Mean±SD	t-value
Peak power (W)	Before	790.59±19.27	-1.587
	After	837.42±17.82	
Peak power% (W/kg)	Before	12.77±2.41	-1.506
	After	13.45±2.31	
Avg power (W)	Before	7.06±1.63	-0.241
	After	7.14±1.22	
Min power (W)	Before	159.53±54.43	-0.567
	After	167.23±45.61	
Min power% (W/kg)	Before	2.59±0.79	-0.356
	After	2.67±0.61	
Power drop (W)	Before	10.18±2.12	-1.352
	After	10.78±1.76	
Shuttle run (rep)	Before	114.40±21.54	-4.997***
	After	139.93±18.73	
HRrest (rep/min)	Before	72.33±7.49	-2.791*
	After	78.26±5.09	
HRmax (rep/min)	Before	176.00±14.67	0.648
	After	173.35±13.07	
HRrecovery (rep/min)	Before	124.66±13.23	-0.932
	After	128.93±13.96	

SD: standard deviation, Avg: average, Min: minimum, rep: repetition, HRrest: heart rate in rest, HRmax: maximum heart rate, HRrecovery: heart rate recovery.

\*p<0.05, \*\*\*p<0.001.

**Table 6.** Hematologic parameters after training (n=15)

Variable		Mean±SD	t-value
GOT (unit/L)	Before	38.07±9.73	0.644
	After	26.40±3.24	
GPT (unit/L)	Before	19.13±4.61	0.713
	After	18.33±4.16	
LDH (IU/L)	Before	381.20±72.53	-4.7960***
	After	436.60±50.15	
CK (IU/L)	Before	581.40±215.50	8.186***
	After	272.06±127.16	
Rest LA (mmol/L)	Before	2.15±0.67	1.451
	After	1.91±0.52	
All out LA (mmol/L)	Before	7.48±1.20	3.665**
	After	6.29±0.69	
Recovery LA (mmol/L)	Before	5.38±1.39	1.570
	After	4.86±0.67	
WBC (m/mm <sup>3</sup> )	Before	7,020.00±827.25	1.200
	After	6,520.00±738.30	
RBC (m/mm <sup>3</sup> )	Before	473.93±32.26	-12.092***
	After	532.26±32.23	

SD: standard deviation, GOT: glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase, LDH: lactate dehydrogenase, CK: creatine kinase, LA: lactate acid, WBC: white blood cell, RBC: red blood cell.

\*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001.



하는 동작이 요구된다. 따라서 기술적 기본기를 다져야 할 청소년 선수들의 체력육성은 성인 선수가 되었을 때 전술 수행력에 커다란 영향을 주게 될 것이다. 축구에서 압박이 강화되면 공수전환은 물론 부분 전술에 있어서도 선수들의 움직임이 급박하게 변화되고 이러한 변화로 인해 선수들은 경기 상황에서 순간적으로 빠르게 움직여야 하며 움직임 간의 회복시간 단축이 중요해진다<sup>7</sup>. 또한 축구경기의 평균 운동강도는 무산소성 역치의 80%-90%에 해당하는데 이러한 고강도의 유무산소 운동이 지구력 향상에 영향을 미치게 된다<sup>2</sup>.

Kenney 등<sup>19</sup>에 따르면, 축구선수의 경우 불필요한 지방은 운동 수행 및 경기력 향상에 부정적인 영향을 미치므로, 체지방은 감소시키고 체지방을 증가시켜야 한다. 본 연구에서 4주간 간헐적 복합훈련을 실시한 후 신체조성의 변화는 체중과 근육량에서 유의한 차이가 나타났고( $p < 0.05$ ) 체중증가에 따른 BMI, 체지방율, 그리고 기초대사량에서 평균의 증가는 나타났지만 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이와 관련한 연구를 살펴보면, 남자대학생 축구선수 대상으로 8주간 shuttle run 훈련을 수행한 연구에서 체력향상은 물론 체중, 근육량, 체지방량은 유의하게 나타났으나 체지방량과 복부지방량은 유의하게 나타나지 않아 본 연구와 유사하게 나타났고<sup>20</sup>, 여자대학생 육상선수들을 대상으로 유산소 운동과 저항운동을 통한 복합운동을 8주간 실시한 연구에서는 체지방량, 체지방율이 유의하게 감소한 것으로 보고한 연구도 있다<sup>21</sup>. 선행연구는 성별에 따라 차이가 있을 수 있으며 복합훈련을 통한 신체조성의 다양한 결과를 가져올 수 있음을 시사한다. 이러한 이유는 성장기에 있는 고등학생 축구선수이기 때문에 연령과 질적 운동강도가 신체조성에 각각 다른 영향을 미칠 수 있으며 또한 복합훈련프로그램이 체지방량의 감소율보다 체지방량의 증가율이 높게 나타난 결과로 생각한다.

운동 수행의 성공 여부는 체형과 체지방에 따라 평가될 수 있는데 체형은 스포츠 종목의 경기성과 깊은 관련이 있고 스포츠 경쟁에서 체격 및 신체조성은 경기력을 결정짓는 요소로써 우수선수를 규정하는 중요한 준거가 될 수 있다<sup>22</sup>. 따라서 청소년기 선수들의 성장을 위해서는 경기 수행력뿐만 아니라 신체적 발달조건을 고려할 필요가 있다.

무산소성 파워는 짧은 시간 동안에 높은 강도의 운동을 수행하며 능력을 발휘하는 것을 의미하며, 이러한 능력은 유산소성의 에너지 공급량보다 무산소적 에너지 공급량에 많은 부분 의존하면서 운동을 수행하는 시간 당 최대 일량을 의미한다.

본 연구에서 간헐적 복합훈련 후 무산소 능력의 변화는

통계적 유의성은 나타나지 않았지만 모든 변인에서 평균의 증가는 나타났다. 유소년을 대상으로 파워트레이닝을 적용하여 기초체력을 측정한 연구에 의하면 순발력은 유소년 시기에 단기간의 트레이닝 때문에 향상되지 않으며 성장으로 인한 신체의 변화에 따른 근력 향상에 따라 증가하는 것으로 보고하고 있으며<sup>1</sup> 따라서 청소년기 축구선수들의 무산소성 능력은 고강도의 유산소 운동이 지구력 향상에 영향을 미칠 수 있고 시즌 중 지속적으로 실시하는 것이 지구력유지와 회복능력을 향상시킬 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구 대상자의 무산소성 능력은 국내 청소년 국가대표 축구선수와 일반 청소년 축구선수의 최대파워를 비교한 연구에서 청소년 국가대표선수가  $894.6 \pm 61.4$  W, 일반 청소년 축구선수가  $756.2 \pm 95.5$  W로 보고하였고<sup>23,24</sup> 간헐적 파워트레이닝을 한 Rhi 등<sup>1</sup>의 연구에서  $768.6 \pm 37.4$  W에서  $766.5 \pm 52.1$  W로 유의한 변화가 일어나지 않은 것으로 보고하였다. 하지만 본 연구의 결과를 살펴보면 훈련 전  $790.59 \pm 190.27$  W에서 훈련 후  $837.42 \pm 178.82$  W로 평균은 증가하고 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이러한 이유는 본 연구의 대상자가 이미 청소년 대표 선수급 수준에 도달한 상태이기에 훈련 전후에 따른 유의성이 나타나지 않은 것으로 생각하고 간헐적 복합훈련을 통해 최대 파워의 증가는 선행연구와 유사한 결과를 보여주고 있다.

또한, 간헐적인 단기적 파워훈련을 통해 25 m 및 50 m 이내의 방향전환과 수직 점프능력인 순발력은 하지 근력의 향상과 밀접한 연관성이 있다고 보고한 연구도 있다<sup>24,25</sup>. 이와 같은 결과는 본 연구에서 진행한 간헐적인 복합훈련으로 인한 근지구력의 향상과 유사하며 회복능력 향상에 의한 것으로 shuttle run을 이용한 복합훈련이 고강도의 신체 움직임과 동적인 휴식이 불규칙적으로 반복되는 과정에서 발생하는 피로회복 등 축구 경기에서의 특징적 움직임을 반영할 수 있을 것으로 생각한다.

대학축구선수의 포지션별 shuttle run 평가를 수행한 연구에서 파워드가 148회의 반복을 수행하여 가장 높은 것으로 나타났는데<sup>25,26</sup> 복합훈련 수행 후 본 연구대상자들은 139회로 유의한 증가를 보여주었다. 결과적으로 본 연구에서 적용한 복합훈련 프로그램은 청소년 축구선수들의 운동 수행력 향상에는 영향을 미치며 shuttle run 검사는 선수들의 심폐지구력 훈련효과를 평가하고 지구성 운동능력을 평가하는데 효용성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 축구의 빠른 공수전환과 전술 수행에서 급격한 변화와 같은 고강도의 신체 움직임과 동적인 휴식이 불규칙적으로 반복되는 과정에서 생성된 젖산이 필요한 산소

와 에너지 공급을 통해 젖산이 분해되어 회복능력의 개선이 나타나 왕복수의 증가가 있었을 것으로 생각한다.<sup>7</sup>

본 연구의 간헐적 복합훈련 후 혈액학적 변인의 LDH ( $p < 0.001$ ), CK ( $p < 0.001$ )로 유의한 차이가 나타났으며 윙게이트 검사과정에서 all-out LA도 유의하게 감소하였고( $p < 0.01$ ) RBC는  $473.963 \pm 32.26 \text{ m/mm}^3$ 에서  $532.26 \pm 32.23 \text{ m/mm}^3$ 로 유의하게 증가하였다( $p < 0.001$ ).

젖산 탈수 효소는 혈액질환이나 근육 질환 시 상승하며, 격렬한 운동을 한 경우 운동 직후에 20% 정도 증가를 하다가 비교적 빨리 안정 시로 회복되는데<sup>26,27</sup> 본 연구의 젖산 탈수 효소는 4주간의 간헐적 훈련 후 증가하여 통계적 유의한 차이가 나타났지만, 단기간의 간헐적 복합훈련 후 높은 수준을 유지하는 것은 본 연구에서 적용한 운동강도가 고등학교 축구 선수들에게는 높은 것으로 적용된 것으로 생각한다. 또한 LDH가 무산소성 대사과정에서 주로 작용하는 근육 내의 젖산 탈수 효소라는 점을 고려할 때 최대운동능력 시점에 도달했을 경우 많은 젖산축적과 함께 무산소성 대사과정의 활성화로 운동강도와 지속시간에 따라 활성화도에 큰 변화를 보이기 때문에 LDH의 경우 CK와 다르게 운동이 종료되어도 일정 시간 동안 지속적으로 상승할 수 있다는 가능성을 고려할 수 있다. 결과적으로 높은 강도의 훈련으로 인한 LDH의 증가는 근세포막의 손상이나 근육통을 유발할 수 있는 상황이 있을 수 있기에 고등학교 축구선수들의 충분한 휴식을 제공해야 할 것이다.

Park<sup>26</sup>의 연구에서 안정 시 LDH 활성화도는 프로축구선수가 일반 동호회 선수보다 경기 후 높게 나타났으며 이는 축구선수가 유산소성 적응뿐만 아니라 무산소성 적응이 잘되어 있어 훈련의 효과로서 무산소 해당 과정의 효소인 젖산 탈수 효소 활성화의 증가로 볼 수 있을 것으로 생각한다.

CK는 근세포 대사에 중요한 효소로서, 건강한 근육에서는 안정 시에는 원형질 내에 포함되어 있고 혈중 농도는 낮은 것으로 보고하였으며<sup>15,16</sup>, CK 활성화도의 증가는 근 질환 또는 운동 후 근 손상의 지표로 사용할 수 있다고 보고하였다<sup>15,16</sup>. 하지만 본 연구에서 CK는 훈련 전에 이미 정상범위보다 높은 수준이었고 훈련 후 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 운동강도나 채혈 시점에 따라 변화의 차이가 있는 것으로 생각하며 추후 연구에서는 이점을 고려할 필요가 있다.

혈중 젖산농도는 운동 과정 중 발생하는 무산소 역치의 시점을 결정하는 요인으로 해당 시점의 달리는 속도와 산소섭취량에 영향을 미치게 된다. 또한, 혈중 젖산농도의 최고치는 운동 지속시간에도 영향을 미칠 수 있는 요인이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서 shuttle run을 포함한 간헐적 회복훈련

후 혈중 젖산농도를 분석하였으며 유의한 차이는 all-out에서 나타나 복합훈련이 젖산농도의 변화를 유발할 수 있는 운동강도에 도달하였으며 젖산농도를 통해 운동적응과 회복에 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다. 또한, shuttle run을 이용한 간헐적 복합훈련이 축구경기 중 공수전환에서 발생하는 급격한 변화로 생성된 젖산이 필요한 산소와 에너지 공급이 이루어져 젖산분해에 영향을 미치고 운동 중 혈중 젖산농도의 내성을 향상하는데 효과적으로 작용한 것으로 생각한다.

RBC는 산소의 전달과정에서 미세혈관을 통과하여 산소운반능력을 간접적으로 알 수 있으며 그것을 적혈구 변형능력이라 한다. 훈련된 운동선수가 일반인보다 적혈구 변형능력이 뛰어나며 규칙적인 운동을 통해서 향상된다는 보고가 있으며<sup>27,28</sup> 본 연구에서 RBC의 증가는 운동을 통해 적혈구 변형능력의 증가를 보여주었고 선행연구와 유사한 경향이 나타났다. RBC의 증가를 유발하는 적절한 운동강도를 제시한 연구는 75% maximum heart rate (HRmax)의 강도에서 일회성 유산소 운동을 수행하였을 경우 RBC의 유의한 증가를 제시하였는데<sup>27,28</sup> 본 연구의 간헐적 복합훈련 프로그램은 80% HRmax의 운동강도를 고등학교 축구선수에게 적용하였으며 산소운반능력에 영향을 미칠 수 있었음을 제시하였다.

본 연구에 참여한 대상자들의 염증 인자 중 대표적인 간기능 지표인 GOT 수치는 정상범위를 초과한 수치에서 훈련 후 정상수치 범위 안으로 감소하였으나 훈련 전후 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 혈중 GOT와 GPT는 각각 aspartate aminotransferase와 alanine으로 표현되기도 하며 운동으로 인한 간 기능이상 및 손상지표로써 이용될 수 있다<sup>28,29</sup>. 이와 관련된 선행연구 중 마라톤 참가자를 대상으로 수행한 연구에서 거리에 따라 GPT는 안정 시와 비교하여 경기 직후 유의하게 증가하여 고강도의 장시간 운동으로 인해 저혈당증을 유발하여 마라톤은 골격근의 손상뿐만 아니라 간 기능이상 및 손상을 유발할 수 있다고 제시하였다<sup>30</sup>.

본 연구의 GOT와 GPT는 4주간 훈련 후 감소하고 유의한 차이는 없어 선행 연구와 다른 결과를 보이거나 운동에 의한 아미노산 대사과정에 관여하는 효소의 활성 수준은 운동량과 밀접한 상관이 있어 운동강도와 운동량에 따라 활성화 정도가 다를 수 있음을 고려할 수 있다. 무엇보다 GOT와 GPT의 변화는 혈액 측정 시기에 따라 유의한 차이가 나타나고 영향을 받을 수 있어 일회성 운동 후에도 유의한 증가가 나타날 수 있어 채혈시기를 고려할 필요가 있다.

본 연구에서 적용한 간헐적인 복합훈련은 축구의 공수전환에 따른 급박한 변화에 대한 적응과 이러한 적응과정에서

생성된 젖산을 산소와 에너지 공급을 통해 분해하여 회복능력을 향상하는 효과적인 결과를 가져올 수 있다는 것으로 시사하였다. 하지만 각 변인에 따른 운동강도의 적용수준이 다르고 혈액 변인의 채혈 시기에 따라 결과값에 영향을 미칠 수 있다는 것을 고려해야 할 것이다. 추후 연구는 대상자의 체력수준이나 운동강도에 따라 세분화하며 집단을 구성하여 진행해 볼 필요가 있으며 혈액 변인의 채혈 시기를 구분하여 진행하면, 간헐적 복합훈련은 시즌 내내 고등학교 축구선수들의 체력과 경기 수행력을 유지하는 데 도움이 될 것으로 생각한다.

## Conflict of Interest

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

## References

1. Rhi SY, Chung JS, Jin YS, Park EK. Effect of intermittent power training during in-season on physical fitness and anaerobic power in soccer players. *Korean J Phys Educ* 2009;48:489-97.
2. Vanderford ML, Meyers MC, Skelly WA, Stewart CC, Hamilton KL. Physiological and sport-specific skill response of Olympic youth soccer athletes. *J Strength Cond Res* 2004;18:334-42.
3. Bangsbo J. The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* 1994;619:1-155.
4. Wisloff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:462-7.
5. Fox EL, Bowers RW, Foss ML. The physiological basis of physical education and athletics. 4th ed. Dubuque: William C Brown Pub; 1989.
6. Kang CS, Oh BS. Effects of a short term weight reduction on body composition, CK, LDH and HGH in growing period judo players. *J Sport Leis Stud* 2013;54:1061-71.
7. Lee YS, Yoon YG. Shuttle run test for soccer players. Seoul: Daehanmedia; 2005.
8. Bale P. Anthropometric, body composition and performance variables of young elite female basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31:173-7.
9. Kanehisa H, Fukunaga T. Profiles of musculoskeletal development in limbs of college Olympic weightlifters and wrestlers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;79:414-20.
10. Rodas G, Ventura JL, Cadefau JA, Cusso R, Parra J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *Eur J Appl Physiol* 2000; 82:480-6.
11. Siegler J, Gaskill S, Ruby B. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J Strength Cond Res* 2003;17:379-87.
12. Baird MF, Graham SM, Baker JS, Bickerstaff GF. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *J Nutr Meta* 2012;2012:960363.
13. Totsuka M, Nakaji S, Suzuki K, Sugawara K, Sato K. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *J Appl Physiol* (1985) 2002;93:1280-6.
14. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull* 2007;81-82: 209-30.
15. MedlinePlus. Lactate dehydrogenase test [Internet]. Bethesda (MD): U.S. National Library of Medicine; 2016 [cited 2017 Nov 15]. Available from: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/003471.htm>.
16. Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, et al. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *J Strength Cond Res* 2010;24:1389-98.
17. Kim DY, Jang JY, Lee BK, Kim WH, Kim KH. Evaluation of VO2 max by oxygen uptake of wingate test. *Korean J Phys Educ* 2006;45:563-74.
18. Kim SH, Jeon WC. Effects of altitude training to cardiovascular function and blood variables in high school soccer players. *Korean J Sport Sci* 2009;20:10-8.
19. Kenney WL, Wilmore JH, Costill D. Physiology of sport and exercise. 6th ed. Champaign: Human Kinetics; 2015.
20. Nam YY, Kim KT. The effects of eight-weeks shuttle run test on body composition and blood lactate of university soccer players. *Korea J Sports Sci* 2014;23:1343-50.
21. Im KC, Lee CJ, Roh DJ. Effect of circuit training on body composition, physical fitness and anaerobic ability in female college sprinter. *Korea J Sports Sci* 2013;22:999-1011.
22. Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:512-20.
23. Ji SW, Cho JH, Kim HS, Kang MH, Zhang SA. A study of physical fitness isokinetic muscle strength, functional ability and anaerobic power of the youth national soccer players. *Korea Sport Research* 2006;17:497-506.



24. Bret C, Rahmani A, Dufour AB, Messonnier L, Lacour JR. Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running. *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42:274-81.
25. Lee H. The study of correlation between body composition, cardiovascular endurance and isokinetic muscular strength in college soccer players. *Korea J Sports Sci* 2015;24:1173-87.
26. Park SY. Changes of blood lipids and LDH concentration in pro-soccer players before and after the game. *J Phys Growth Mot Dev* 2004;12:173-80.
27. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med* 1989;7:207-34.
28. Cho HL, Nam SS, Park HY, Kim JW, Sunoo S. Effects of exercise habit on RBC deformability and aggregation during the aerobic exercise. *Korea J Sports Sci* 2013;22:881-93.
29. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med* 2008;27:1-18.
30. Han HJ. The response of serum GOT and GPT to exercise intensity in the female long-distance runners and the untrained. *JKSSPE* 2003;8:145-53.