

축구선수에서 집중훈련이 최대운동부하 심폐기능에 미치는 영향

포항성모병원 내과

송준화 · 성영호 · 한재호 · 최창필

경북대학교 의과대학 내과학교실

우언조 · 박재용 · 정태훈 · 박의현

대구 유성스포츠프라자 스포츠과학연구소

박희명 · 박언휘* · 김유문 · 김종석

= Abstract =

Effects of Intensive Training on Cardiorespiratory Response to Maximal Exercise Loading in Soccer Players

Jun Hwa Song, M.D., Young Ho Sung, M.D.,
Jae Ho Han, M.D., Chang Pil Choi, M.D.

Department of Internal Medicine, Pohang Saint Mary's Hospital

Eon Jo Woo, M.D., Jae Yong Park, M.D.,
Tae Hoon Jung, M.D., Wee Hyun Park, M.D.

Department of Internal Medicine, School of Medicine, Kyungpook National University, Taegu, Korea

Hi Myung Park, M.D., Eun Hwi Park, M.D.,
Yoo Moon Kim, M.D., Jong Suk Kim, M.D.

Sports Science Research Institute, Yu-Sung Sports Plaza, Taegu, Korea

Background : In order to investigate the effects of intensive training on cardiorespiratory response to maximal exercise in soccer players, graded exercise stress tests were carried out before and after the training, and the results were compared.

Methods : Fourteen male soccer players of a university team with the mean age and career of 19.9 and 7.8 years, respectively, underwent intensive training for approximately 20 weeks, 6 days a week and 4 hours a day, which included running of 2 km daily during the last 8~9 weeks. The symptom-limited maximal exercise test was done by Bruce protocol.

Results : After the training, HR max showed no significant changes but $\dot{V}O_2$ max, O_2 pulse and AT were increased approximately 13%, 12% and 10%, respectively. At maximal exercise, the \dot{V}_E/M^2 was also increased 18%, but \dot{V}_E/MVV was significantly decreased owing to a marked

*현소속 : 동국대학교 의과대학 내과학교실

increase in MVV. However, the rest of various ventilatory parameters showed no significant changes.

Conclusion : These data indicate that the intensive training of about 20 weeks duration can further improve the level of cardiorespiratory fitness in the soccer players who have been regularly trained and are already highly fit.

KEY WORDS : Soccer player · Intensive training · Maximal exercise test.

서 론

장기간에 걸친 규칙적인 동적운동은 심폐기능을 향상 유지시키는데 매우 효과적이며, 달리기를 위주로 하는 축구도 그러한 범주에 속하는 운동이다^{1, 2)}. 그리고 이러한 심폐기능의 향상은 주로 운동에 대한 전신의 적응 반응의 일부로서 나타나는 심혈관계의 형태학적 및 기능적 변화³⁻⁵⁾와 호흡근력의 발달 강화⁶⁻⁸⁾, 폐확산능의 증가⁹⁻¹⁰⁾ 등에 의한다. 그리하여 구미각국에서는 운동선수 뿐만 아니라 일반인에서도 일정기간동안 운동을 시킨 전후의 심폐기능이나, 심장의 기능과 구조의 변화를 심초음파도나 심전도로 관찰한 보고가 매우 많으나 우리나라에서는 이 방면에 관한 업적이 대단히 적은 편이다. 저자들 가운데 박, 김 등은 앞서 야구, 수영, 축구 등의 운동선수에서 심전도¹¹⁻¹⁴⁾, 심초음파도^{13, 14)} 폐기능^{15, 16)}, 최대운동부하 심폐기능¹⁷⁾ 등에 관해 보고한 바 있고, 이 등¹⁸⁾은 여자 육상 중장거리 선수에서 지구력 훈련전 후의 심장의 구조와 기능의 변화를 심초음파도와 심전도로 경시적으로 관찰한 바 있다.

그러나 축구선수를 대상으로 최대운동 부하시의 심폐기능을 관찰한 보고는 국내외적으로 매우 드문 듯하다. 저자들은 남자 대학생 축구선수를 대상으로 약 20주간의 집중훈련전 후의 최대운동부하 심폐기능의 차이를 비교관찰하고 아울러 훈련효과를 검토하여 그 성적을 보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대 상

모 대학교 남자 축구선수 14명을 대상으로 했으며 이들의 연령, 신체적 조건, 선수경력은 Table 1과 같다. 이들은 모두 대학교를 축구 특기생으로

진학한 학생들이었으며 평균 선수 경력은 7.8년으로서 대다수가 국민학교 고학년 시절부터 선수로 발탁되어 중·고등학교도 축구 특기생으로 진학한 학생들이었다.

선수들의 평소때의 훈련내용은 대체로 1주일에 3~5일간, 1일에 약 1시간동안 체력훈련보다는 축구전술위주의 훈련을 받았다. 그리고 1990년 12월 하순경부터 약 20주간의 집중훈련을 받았는데 그 내용은 처음 12주동안은 1주일에 5~6일, 1일 3~4시간에 걸쳐 근력운동, 달리기, 스트레칭 등을 약 1시간, 축구의 개인기와 전술훈련을 2~3시간 받았다. 그리고 나머지 8주동안은 1주일에 6일, 1일 약 4시간(오전 오후에 각각 2시간) 주로 1일 2,000m 달리기와 개인 기본기와 개인 및 팀 전술훈련을 받았다.

본 연구에서 1차검사는 집중훈련을 시작하기 전인 1990년 12월 하순경에 실시하였고 2차검사는 20주간의 집중훈련이 끝난 수일내에 실시하였다. 따라서 집중훈련기간은 개인에 따라 약간의 차이가 있기는 하나 대체로 20주간이었다

2. 방 법

최대 운동부하검사는 Bruce법¹⁹⁾에 의하여 미국 Quinton 회사제 답차(treadmill) Q 55를사용하여 같은 회사제인 Q 5000으로 심전도를 감시 기록하면서 피검자가 피로나 호흡곤란 때문에 그 이상운동을 계속할 수 없을 때까지 시켰다. 그리고 Bruce법¹⁹⁾의 7단계(21분)를 초과해서 운동할 수 있었던 예에서는 7단계 때의 답차의 속도와 경사

Table 1. Characteristics of soccer players (n=14)

Age (yr)	19.9±1.91
Height (cm)	173.5±3.44
Weight (kg)	69.2±4.86
Career (yr)	7.8±2.57

도를 계속 그대로 유지하였다.

한편 운동중의 호기의 분석은 피검자의 입과 코에 저저항 고속판막(low resistance, high velocity valve)이 부착되어 있는 mask(미국 Hans Rudolph 회사제)를 기밀하게 씌워 흡기는 실내공기를 하고 호기는 사관(蛇官, corrugated tube)과 호기 종말관(end-tidal tube)를 통해서 pneumotachograph와 O₂ 및 CO₂ 분석기가 장치되어 있는 Q-Plex I(미국 Quinton 회사제)에 연결하여 단계적 운동부하를 하는 동안 매 30초마다 호흡수, 호기량, 호기 및 호기종말기의 O₂ 및 CO₂ 농도를 분석하여, 이들 성적을 토대로 심폐기능에 관한 여러 지표의 성적을 숫자와 곡선으로 기록해 내게 하였다.

무산소 역치(anaerobic threshold, AT)는 다음 3가지 방법으로 측정하여 그 시점에서의 분당 O₂ 섭취량(\dot{V}_{O_2}) 및 그것의 최대산소섭취량($\dot{V}_{O_2 \max}$)에 대한 비(%)로 표시하였다.

1) V-slope법, 즉 분당 CO₂배출량-O₂섭취량($\dot{V}_{CO_2} - \dot{V}_{O_2}$)곡선의 변이점(變異點)(Beaver 등²⁰⁾).

2) CO₂환기당량(\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2})에는 변화없이 O₂환기당량(\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2})이 갑자기 상승하는 시점(Wasserman 등²¹⁾ 및 Caiozzo 등²²⁾).

3) 호기 종말기의 CO₂분압(P_{ET}CO₂)에는 변화없이 O₂분압(P_{ET}O₂)이 갑자기 상승하는 시점(Davis 등²³⁾).

그리하여 AT를 2가지 이상의 방법으로 측정할 수 있었던 예에서는 그 성적을 평균하였다.

폐활량(VC) 및 최대환기량(MVV)은 Q-Plex 1 spirometry program으로 측정하였는데 MVV는 12초동안 측정하여 1분치로 환산하였다.

본 연구에서 여러지표의 성적의 유의성 검정에는 Student t 검정법을 사용하였다.

성 적

최대운동부하시의 심박수(HR max)와 Vo₂ max, 그리고 이들로 부터 유도되는 대사당량(metabolic equivalent) 및 O₂ 맥(oxygen pulse)의 집중훈련전 후의 성적은 Table 2와 같다. 즉, HR max의 평균은 훈련전 후에 대차가 없었으나 Vo₂ max의 평균은 훈련전에 63.8ml/kg/min 였던 것이 훈련후에는 72.0 ml/kg/min로 뚜렷이 증가하였으며(p<0.001), 대사

당량 및 O₂ 맥도 훈련후 유의하게 증가하였다(각각 p<0.001).

AT는 이른바 V-slope 법²⁰⁾, Wasserman 등²¹⁾ 및 Cazzio 등²²⁾의 방법, 그리고 Davis 등²³⁾의 방법의 3가지로 13례에서 집중훈련전 후에 구할 수 있었는데(Table 3) 그 성적은 Table 4와 같다. 훈련전의 AT의 평균은 3.06L/min, 훈련후는 3.31L/min로서 훈련후에 크게 증가하였으나(p<0.01), AT의 Vo₂

Table 2. Maximal heart rate (HR max) and oxygen uptake ($\dot{V}_{O_2 \max}$), and their derivatives

	Before	After
HR max (beat/min)	191.6±8.60	190.3±9.32
Vo ₂ max (ml/kg/min)	63.8±6.09	72.0±5.26***
MET's	18.0±1.73	20.3±1.44***
O ₂ pulse (ml/beat)	23.3±2.83	26.3±2.15***

Values are mean±SD. MET's=metabolic equivalents.

***p<0.001

Table 3. Number of subjects in which anaerobic threshold(AT) was determined by each method(n=13)

	Before	After
V-slope ²⁰⁾	6	4
Wasserman et al. ²¹⁾ & Caiozzo et al. ²²⁾	9	8
Davis et al. ²³⁾	10	10
Total	13	13

Table 4. Anaerobic threshold (AT) before and after intensive training(n=13)

	Before	After
AT (L/min)	3.06±0.395	3.31±0.517**
AT/ $\dot{V}_{O_2 \max}$ (%)	68.1±9.16	65.9±8.85

Values are mean±SD

**p<0.01

Table 5. Respiratory rate (RR), minute ventilation (\dot{V}_E), and ventilatory equivalents for oxygen and carbon dioxide (\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} & \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}) at maximal exercise

	Before	After
RR (per min)	59.0±10.25	58.6±8.03
\dot{V}_E/M^2 (L/min)	78.2±6.67	85.6±6.39**
\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} (L)	32.8±2.44	13.9±2.85
\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} (L)	31.8±2.93	31.8±2.26

Values are mean±SD.

**p<0.01

Table 6. End-tidal oxygen and carbon dioxide tension ($P_{ET}O_2$ & $P_{ET}CO_2$) and ratios of tidal volume to vital capacity (V_T/VC) and minute ventilation to maximal voluntary ventilation(\dot{V}_E/MVV) at maximal exercise

	Before	After
$P_{ET}O_2$ (mm Hg)	117.3± 2.62	116.0± 3.09
$P_{ET}CO_2$ (mm Hg)	36.8± 3.74	37.5± 3.44
V_T/VC (%)	51.7± 6.85	51.2± 3.79
\dot{V}_E/MVV (%)	88.9± 14.74	82.8± 10.74*

Values are mean±SD

* $p<0.05$

max에 대한 비($AT/\dot{V}_{O_2} \max$)의 평균은 훈련전 후에 유의한 차이가 없었다.

집중훈련전후의 최대운동시의 호흡수(RR), 단위체표면적당 분당환기량(\dot{V}_E/M^2), O_2 및 CO_2 의 환기당량(\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} 및 \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2})의 성적은 Table 5와 같다. 즉 \dot{V}_E/M^2 의 평균은 훈련전에는 78.2L/min/M² 였는데 훈련후에는 85.6L/min/M²로서 훈련후 유의하게 증가하였다($p<0.01$). 그러나 RR, \dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} 및 \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} 는 훈련전 후에 뚜렷한 차이가 없었다.

최대운동시의 $P_{ET}O_2$ 및 $P_{ET}CO_2$, 그리고 상시호흡량(V_T)의 VC에 대한 비(V_T/VC)와 \dot{V}_E 의 MVV에 대한 비(\dot{V}_E/MVV)는 Table 6과 같다. 즉 $P_{ET}O_2$ 및 $P_{ET}CO_2$, 그리고 V_T/VC 는 훈련전후에 서로 유의한 차이가 없었으나 \dot{V}_E/MVV 는 훈련전에는 평균 88.9%였던 것이 훈련후에는 82.8%로 유의하게 감소하였다($p<0.05$).

고 안

장기간에 걸쳐 동적운동훈련을 받은 사람에서는 운동에 관여하는 근육이 동맥혈로부터 O_2 를 추출하는 능력이 증가되고^{1,24)} 운동에 따른 심박출량의 증가도 일반인에 비해 많은 것으로 알려져 있다^{3,4,6-10)}. 따라서 훈련을 받은 사람에서는 일반인에 비해 $\dot{V}_{O_2} \max$ 가 많으며^{25,26)}, $\dot{V}_{O_2} \max$ 는 개체의 유산소능력이나 훈련효과를 객관적으로 평가하는 지표로 널리 사용되고 있다^{1,26)}. 일반적으로 정상인에서는 $\dot{V}_{O_2} \max$ 의 약 70%는 심박출량에 의해서 결정되고 나머지 약 30%는 조직의 O_2 추출능력과 관계가 있으나²⁷⁾, 평소때 활동적인 사람은 비활동적인 사람에 비해 많고 남자는 여자보다

많다¹⁾. 또한 비활동적인 사람에서도 훈련으로 $\dot{V}_{O_2} \max$ 를 30% 이상 증가시킬 수 있고²⁸⁾ 건강인보다 이미 $\dot{V}_{O_2} \max$ 가 증가되어 있는 운동선수에서도 집중훈련으로 더욱 증가시킬 수 있다고 한다²⁸⁻³¹⁾.

운동선수에서 집중훈련이 $\dot{V}_{O_2} \max$ 에 미치는 영향을 보면 Wieling 등²⁹⁾은 23명의 조정선수들에서 7개월간의 집중훈련후 $\dot{V}_{O_2} \max$ 가 뚜렷이 증가하고 심초음파도상으로 좌심실 확장기말 내경이 증가됨을 보고하였다. 또한 Ehsani 등³⁰⁾도 8명의 수영선수에서 9주간의 집중훈련후에 $\dot{V}_{O_2} \max$, 좌심실 확장기말 내경, 좌심실 후벽 두께 및 박출량(stroke volume)이 현저히 증가함을 보고하였고, Fagard 등³¹⁾은 12명의 cycle 선수에서 경기가 있는 계절의 $\dot{V}_{O_2} \max$ 가 경기가 없어 쉬는 계절보다 6% 정도 높았다고 하였다. 저자들이 대상으로한 축구선수들에서 약 20주간의 집중훈련후 $\dot{V}_{O_2} \max$ 가 훈련전에 비해 유의하게 증가한 것은 앞서 언급한 여러 보고자들²⁹⁻³¹⁾의 성적과 일치하며, $\dot{V}_{O_2} \max$ 와 HR max로부터 유도되는 O_2 맥도 집중훈련후 뚜렷이 증가하였다.

근육의 O_2 소모량은 심박출량과 말초근육의 O_2 추출능력을 나타내는 동정맥 O_2 함량차에 의해서 결정되며 운동시에는 양자 모두가 증가하여 결과적으로 \dot{V}_{O_2} 가 증가하게 된다^{25,28,32)}. 정상인에서 운동시에 나타나는 심박출량의 증가는 박출량의 증가에도 기인하나 주로 심박수의 증가에 의한다. 그러나 운동선수에서는 안정시에 일반인보다 적은 심박수로 정상심박출량을 유지할 수 있고 최대운동시에도 적은 심박수로 심박출량을 일반인보다 훨씬 더 증가시킬수 있는데 이것은 심박수의 증가와 더불어 심장의 확장기말 용적의 증가로 인한 박출량의 증가로써 초래된다^{3,28,30)}. 저자들의 예에서 HR max가 집중훈련전 후에 유의한 변화가 없었는데도 훈련후 $\dot{V}_{O_2} \max$ 가 약 13%나 증가한 것은 주로 박출량의 증가때문일 것이며 박출량의 지표로 간주될 수도 있는 O_2 맥이 집중훈련후 약 12% 증가한 것이 이 사실을 뒷바침하는 것으로 생각된다.

한편 반복된 훈련은 근육의 O_2 추출능력을 증가시키므로써, $\dot{V}_{O_2} \max$ 의 증가에 기여하게 되는데, 이러한 기전에 의한 O_2 섭취량의 증가가 훈련에 의한 O_2 섭취량 증가의 약 50%에 달할 수 있다고 한다²⁸⁾. 저자들은 근육의 O_2 추출능력의 지표가

되는 동맥혈 O_2 함량차를 직접 측정하지는 않았으나 집중훈련후 \dot{V}_E/M^2 가 현저히 증가했는데도 \dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} 에는 훈련전 후에 유의한 변화가 없었던 것으로 보아 저자들이 대상으로한 축구선수들에서는 평소의 훈련으로 인해 근육의 산소추출능력이 이미 향진되어 있어서 비교적 단기간의 훈련으로는 큰 변화가 초래되지 않았음을 시사한다고도 생각할 수 있겠다.

지속적으로 운동부하량을 증가시키면 근육에서 유산소성(aerobic) energy 생산에 무산소성 당분해에 의한 energy 생산이 추가됨으로써 어느 시점에 가서 혈중 젖산농도가 뚜렷히 증가되기 시작하는데 이 시점에서의 \dot{V}_{O_2} 를 AT라 하며³⁴⁾, 이는 운동지구력(endurance exercise performance)을 평가하는데 좋은 지표가 된다^{34,35)}. AT의 측정은 운동중에 짧은시간 간격으로 혈중 젖산농도의 변화를 측정하여 구하는 것이 가장 정확한 방법이다. 그러나 근육에서 젖산과 H^+ 의 생산이 증가되면 CO_2 의 형성이 증가되므로 호기의 gas 분석 성적을 이용해서 비관혈적 방법으로 간접적으로 측정할 수도 있다²⁰⁻²³⁾. AT의 비관혈적인 측정방법에는 여러가지가 있으며 각각의 장단점이 있으나 그 중에서 \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} 의 증가없이 \dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} 가 증가하기 시작하는 시점을 AT로 정하는 방법이 가장 정확한 방법이라고 한다^{22,36)}. 저자들은 이 방법과 $P_{ET}CO_2$ 에는 변화없이 $P_{ET}O_2$ 가 갑자기 상승하는 시점²³⁾과 이른바 V-slope법²⁶⁾으로 AT를 측정하였는데 Bruce법¹⁹⁾은 단계적 운동부하법이, ramp 부하법이 아니기 때문에 약간의 어려움이 있었다. 그러나 이들 3가지 방법을 병용하므로써 14례 중 13례에서 집중훈련전 후에 AT를 구할수 있었다. AT는 그 시점에서의 \dot{V}_{O_2} 의 절대치 혹은 \dot{V}_{O_2} max에 대한 %로 나타내는데³⁷⁾ 주로 앉아서 생활하는 정상인의 AT는 \dot{V}_{O_2} max의 50~60%이며^{23,36,37)} 40%가 정상인의 하한치로 간주되고 있다³⁸⁾.

반면 장기간의 지구력 훈련을 받은 운동선수의 AT는 \dot{V}_{O_2} max의 60~80%까지 증가된다고 하며^{35,36)}, 그 기전은 훈련된 근육으로의 혈류량의 증가, 세포단위에서의 산화능의 향상, 적색 산화 근섬유의 활성화 등으로 알려져있다³⁷⁾. Davis 등³⁷⁾은 9명의 중년 남자에서 9주간의 자전거 ergometer 훈련 전후의 \dot{V}_{O_2} max와 AT의 변화를 관찰하였던 바 \dot{V}_{O_2}

max는 25% 증가한 반면, AT는 \dot{V}_{O_2} 의 절대치로는 44% 증가하였고, \dot{V}_{O_2} max에 대한 비로는 15% 증가하였다고 하였으며, Yoshida 등³⁹⁾도 7명의 건강한 대학생에서 8주간의 훈련후 이와 비슷한 결과를 얻었다고 하였다. 본 관찰에서 축구선수에서도 AT는 집중훈련후 약 10% 증가 하였으며 그 정도는 Davis 등³⁷⁾이 보고한 중년 남자에서 9주간의 훈련을 시켜서 얻은 성적보다 낮았다. 한편 \dot{V}_{O_2} max에 대한 AT의 비율은 훈련후에 유의한 차이가 없었는데 이는 집중훈련후 \dot{V}_{O_2} max의 증가가 AT의 증가와 비등했기 때문이라고 생각된다.

운동은 세포의 O_2 수요와 CO_2 생성을 크게 증가시키나 젖산산혈증을 유발할 정도로 강한 운동이 아닌 경우에는 개체는 환기조절을 통해서 동맥혈 CO_2 분압(P_aCO_2), 혈중 H^+ 농도 및 동맥혈 O_2 분압(P_aO_2)를 일정하게 유지하게 된다⁴⁰⁾. 정상인에서 운동에 따른 환기반응은 세포의 CO_2 생산량, 즉 폐로 운반되는 CO_2 량에 비례해서 나타나며, 환기량은 \dot{V}_{CO_2} , P_aCO_2 및 V_D/V_T 등에 의해서 결정된다고 한다⁴¹⁾.

한편 \dot{V}_E 는 개인의 최대운동능력의 약 60% 이하에 해당하는 운동량에서는 \dot{V}_{O_2} 및 \dot{V}_{CO_2} 의 증가에 비례해서 증가되며 이 수준이상의 운동에서는 젖산의 증가로 경동맥체의 화학수용체가 자극되어 \dot{V}_E 가 \dot{V}_{O_2} 및 \dot{V}_{CO_2} 에 비해 훨씬 많이 증가되며^{40,41)}, 최대 운동시에는 \dot{V}_E 가 MVV의 50~80%에 이른다고 한다³⁸⁾. 그리고 \dot{V}_E 의 증가는 V_T 나 RR의 증가에 기인하는데, AT이하의 운동에서는 주로 V_T 의 증가로써 이루어지며 최대운동시의 V_T 는 VC의 약 50%까지 증가될 수 있고, AT이상의 운동에서는 \dot{V}_E 의 증가는 주로 RR의 증가로써 초래된다고 한다^{38,42)}. 본 관찰에서 집중훈련후 최대 RR에는 두드러진 변화가 없었는데도 최대운동시의 \dot{V}_E/M^2 가 약 18%나 증가한 것은 \dot{V}_E 의 증가가 주로 V_T 의 증가에 의한 것으로 생각되며 이는 훈련후 호흡근의 근력강화로 인해 VC가 증가되었음을 간접적으로 시사한다고 하겠다. 반면에 훈련전 후의 최대운동시의 V_T/VC 의 평균은 다같이 50% 정도로 뚜렷한 차이가 없었으나 \dot{V}_E/MV 는 훈련후 유의한 감소를 보였는데 이는 저자들의 대상에서 \dot{V}_E 의 증가는 약 9%였는데 비해 MVV의 증가는 약 18%나 되었기 때문이며¹⁶⁾ 훈련후 호흡 예비능이 향상되었음을

시사한다.

그리고 Davis 등³⁷⁾은 중년 남자를 대상으로 훈련 전 후의 폐환기기능의 변화에 관하여 최대운동시의 \dot{V}_E (\dot{V}_E max)의 \dot{V}_{O_2} max에 대한 비(\dot{V}_E max/ \dot{V}_{O_2} max)는 훈련후에 약간 감소한다고 하였다. 또한 그들은 지구력 훈련후에 최대운동시에 나타나는 대사성 산혈증에 대한 환기보상의 효율성에 대한 변화를 알아보기 위하여 산염기보상의 간접적인 지표가 되는 $P_{ET}CO_2$ 와 호기의 CO_2 농도를 측정해 보았는데 훈련후에도 변화가 없음을 관찰하였다. 뿐만아니라 Davis 등³⁷⁾은 지구력 훈련의 결과로서 나타나는 \dot{V}_E max의 증가는 \dot{V}_{O_2} max 및 최대노작 속도의 증가와 관계가 있으나, 그 증가는 \dot{V}_{CO_2} 의 증가에 상응한 환기요구량의 증가로 인해서 일어났다고 하였다. 반면에 Fagard 등³¹⁾은 12명의 cycle선수에서 경기가 있는 계절동안의 \dot{V}_E max/ \dot{V}_{O_2} max가 경기를 쉬는 계절의 그것과 비교하여 큰 차이가 없음을 지적하였다. 저자들의 성적에서 최대운동시의 \dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} 및 \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} 즉 \dot{V}_E max/ \dot{V}_{O_2} max 및 \dot{V}_E max/ \dot{V}_{CO_2} max가 훈련 전 후 사이에 유의한 변화를 보이지 않았는 것은 Fagard 등³¹⁾의 결과와 유사하였고, \dot{V}_E max/ \dot{V}_{CO_2} max가 훈련 전 후에 유의한 차이가 없었던 것은 Davis 등³⁷⁾의 성적과 일치한다. 또한 집중훈련 전 후에 $P_{ET}O_2$ 및 $P_{ET}CO_2$ 에 유의한 변화가 없었던 것은 축구선수들에서 집중 훈련이 대사성 산혈증을 보상하는 환기의 효율성에는 큰 영향을 미치지 않음을 시사한다고 하겠다.

요 약

연구배경 :

축구선수에서 집중훈련이 최대운동부하에 대한 심폐반응에 미치는 영향을 관찰하고 아울러 훈련 효과를 검토해 보았다.

방 법 :

평균연령과 선수경력이 각각 19.3세, 8.5년인 대학교 남자 축구선수 14명에서 약 20주간의 집중 훈련을 시킨 전 후에 Bruce법으로 최대운동부하 검사를 실시하여 이에 대한 심폐반응의 차이를 비교검토하였다. 집중훈련은 1주에 6일, 1일 4시간 실시하였으며 후반 8~9주에는 1일 2km의 달리기 도 시켰다.

결 과 :

집중훈련후 HR max에는 큰 변화가 없었으나 \dot{V}_{O_2} max, O_2 맥 및 AT는 각각 약 13%, 12% 및 10% 증가하였다. 한편 최대운동부하시의 \dot{V}_E/M^2 은 약 18% 증가하였으나 \dot{V}_E/MVV 는 유의하게 감소하였는데 이는 MVV의 현저한 증가로써 초래되었다. 그러나 그밖의 여러 환기지표에는 훈련 전 후에 유의한 차이가 없었다.

결 론 :

장기간에 걸친 규칙적 훈련으로 심폐기능과 지구력이 이미 향상되어 있는 축구선수에서도 약 20주간의 집중훈련은 이들을 더욱 향상시킬 수 있었다.

References

- 1) Simon HB : *Exercise, health, and sports medicine, In Scientific American Medicine*, Rebenstein E, Federman DD(eds), New York, Scientific American Medicine Inc. 1990
- 2) *The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults*, ACSM(position stand). *Med Sci Sports Exerc* 22 : 265, 1990
- 3) Huston TP, Puffer JC and Rodney WM : *The athletic heart syndrome*. *N Eng J Med* 313 : 24, 1985
- 4) Schaible TF and Scheuer J : *Cardiac adaptation to chronic exercise*. *Prog Cardiovasc Dis* 27 : 297, 1985
- 5) Saltin B : *Hemodynamic adaptation to exercise*. *Am J Cardiol* 55 : 420, 1985
- 6) Martin BJ and Stager J : *Ventilatory endurance in athletes and non-athletes*. *Med Sci Sports Exercise* 13 : 21, 1981
- 7) Stuart DG and Collings WD : *Comparison of vital capacity and maximum breathing capacity of athletes and nonathletes*. *J Appl Physiol* 14 : 507, 1959
- 8) Clanton TL, Dixon GF, Drake J and Gadek JE : *Effects of swimming training on lung volumes and inspiratory muscle conditioning*. *J Appl Physiol* 62 : 39, 1987
- 9) Magel JR and Anderson KL : *Pulmonary diffusing capacity and cardiac output in young trained Norwegian swimmers and untrained subjects*. *Med Sci Sports* 1 : 131, 1969

- 10) Mostyn EM, Helle S, Gee JBL, Bentivoglio LG and Bates DV : *Pulmonary diffusing capacity of athletes. J Appl Physiol* 18 : 687, 1963
- 11) 박희명 · 김제균 · 전상중 · 채성철 · 전재은 · 박의현 : 야구선수의 안정시 및 운동시심전도, 순환기 20 : 1, 1990
- 12) 최지용 · 안기성 · 장성국 · 최동욱 · 박희명 · 김유문 · 김종석 : 수영선수에서 집중훈련이 심전도 및 운동능력에 미치는 영향, 선수와 비선수간의 차이를 포함하여, 순환기 21 : 1210, 1991
- 13) 우언조 · 강승완 · 김신우 · 채성철 · 전재은 · 박의현 · 박희명 · 김유문 · 김종석 : 축구선수에서 집중훈련전후의 심전도 및 심초음파도의 비교관찰, 순환기 22 : 248, 1992
- 14) 우언조 · 이봉렬 · 박현식 · 채성철 · 전재은 · 박의현 · 박희명 · 박언휘 · 김유문 · 김종석 : 배구선수에서 집중훈련전후의 심전도 및 심초음파도의 비교관찰, 순환기(인쇄중)
- 15) 최동욱 · 박희명 · 김유문 · 김종석 · 김상훈 · 최정윤 · 정태훈 : 수영선수의 폐환기기능 및 집중훈련이 이에 미치는 영향, 한국체육학회지 30 : 185, 1991
- 16) 배효종 · 김경호 · 이병기 · 이중기 · 최동욱 · 박희명 · 김유문 · 김종석 : 축구선수에서 집중훈련이 환기기능에 미치는 영향, 결핵 및 호흡기질환 38 : 379, 1991
- 17) 박희명 · 최동욱 · 김유문 · 김종석 · 김상훈 · 박재용 · 정태훈 : 수영선수에서 집중훈련이 최대운동부하 심폐기능에 미치는 영향, 수영선수와 비선수의 차이를 포함해서, 대한스포츠의학회지 10 : 177, 1992
- 18) 이방현 · 김정현 · 임현길 · 이정균 · 조근종 · 이강평 : 지구력 훈련 및 중단시 심장의 구조 및 기능의 변화에 관한 연구, 대한의학협회지 33 : 1249, 1990
- 19) Bruce RA, Blackmon JR, Jones JW and Strait G : *Exercise testing in adult normal subjects and cardiac patients. Pediatrics* 32 : 742, 1963
- 20) Beaver WL, Wasserman K and Whipp BJ : *A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. J Appl Physiol* 60 : 2020, 1986
- 21) Wasserman K, Whipp BJ, Royal SN and Beaver WL : *Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J Appl Physiol* 35 : 236, 1973
- 22) Caiozzo VJ, Davis JA, Azus JL, Vandagriff R, Prie-
tto CA and McMaster WC : *A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. J Appl Physiol* 53 : 1184, 1982
- 23) Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J and Kurtz P : *Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. J Appl Physiol* 41 : 544, 1976
- 24) Holloszy JO and Booth F : *Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. Ann Rev Physiol* 38 : 273, 1976
- 25) Mitchell JH and Blomqvist CG : *Maximal oxygen uptake. N Engl J Med* 284 : 1018, 1971
- 26) Cunningham DA, Waterschooy BMV, Paterson DH, Lefcoe M and Sangal SP : *Reliability and reproducibility of maximal oxygen uptake measurement in children. Med Sci Sports* 9 : 104, 1977
- 27) di Prampero PE : *An analysis of the factors limiting maximal oxygen consumption in healthy subjects. Chest* 101(Suppl) : S188, 1992
- 28) Saltin B, Blomqvist G, Mitchell JH, Johnson RL, Wildenthal JK and Chapman CB : *Response to exercise after bed rest and after training. Circulation* 38(suppl) : VII-1, 1968
- 29) Wieling W, Borghols EAM, Hollander AP, Danner SA and Dunning AJ : *Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in arm training. Br Heart J* 46 : 190, 1981
- 30) Ehsani AA, Hagberg JM and Hickson RC : *Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning. Am J Cardiol* 42 : 52, 1978
- 31) Fagard R, Aubert A, Lysens R, Staessen J, Vanhees L and Amery A : *Noninvasive assessment of seasonal variations in cardiac structure and function in cyclists. Circulation* 67 : 896, 1983
- 32) Mitchell JH, Sproule BJ and Chapman CB : *The physiologic meaning of the maximal oxygen intake test. J Clin Invest* 37 : 538, 1958
- 33) Bruce RA : *Normal values for $\dot{V}O_2$ and the $\dot{V}O_2$ -HR relationship. Am Rev Res Dis* 129(Suppl) : S41, 1984
- 34) Wasserman K : *The anaerobic threshold measurement to evaluate exerc performance. Am Rev Res Dis* 129(Suppl) : S35, 1984
- 35) Farrell PA, Wilmore JH, Coyle EF, Billing JE and Costill DL : *Plasma lactate accumulation and dis-*

- tance running performance. Med Sci Sports* 11 : 338, 1979
- 36) Davis JA : *Anaerobic threshold : Review of the concept and directions for future reseach. Med Sci Sports Exerc* 17 : 6, 1985
 - 37) Davis JA, Frank MH, Whipp BJ and Wasserman K : *Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. J Appl Physiol* 46 : 1039, 1979
 - 38) Hansen JE, Sue DY and Wasserman K : *Predicted values for clinical exercise testing. Am Rev Resp Dis* 129(Suppl) : S49, 1984
 - 39) Yoshida T, Suda Y and Takeuchi N : *Endurance training regimen based upon arterial blood lactate : Effects on anaerobic threshold. Eur J Physiol* 49 : 223, 1982
 - 40) Wasserman K, Kessel ALV and Burton GG : *Interaction of physiological mechanisms during exercise. J Appl Physiol* 22 : 71, 1967
 - 41) Wasserman K : *Breathing during exercise. N Engl J Med* 298 : 780, 1978
 - 42) Spiro SG, Juniper E, Bowman P and Edwards RHT : *An increasing work rate test for assessing the physiological strain of submaximal exercise. Clin Sci Mol Med* 46 : 191, 1974