

직업축구선수의 최대운동부하 심폐기능

대구효성가톨릭대학교 의과대학 내과학교실

김채기 · 김이근 · 김지희 · 김태석 · 최지용 · 장성국

경북대학교 의과대학 내과학교실

한춘덕 · 정태훈 · 박의현

대구유성스포츠프라자 스포츠과학연구소

박희명 · 김유문 · 김종석

= Abstract =

Cardiopulmonary Response to Maximal Exercise Loading in Professional Soccer Players

Chae Gi Kim, M.D., Ih Geun Kim, M.D., Chi Hui Kim, M.D.,
Tae Sug Kim, M.D., Ji Yong Choi, M.D., Sung Gug Chang, M.D.

*Department of Internal Medicine, School of Medicine, Catholic University of Taegu-Hyosung,
Taegu, Korea*

Chun Duk Han, 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., Yu Moon Kim, M.D., Jong Suk Kim, M.D.

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

Background : Although maximal exercise stress tests are widely used in the athletic and medical fields, studies on professional soccer players are few. The purpose of our study is to observe the cardiopulmonary response to maximal exercise loading and the AT in professional soccer players.

Methods : Maximal exercise stress tests were carried out by a ramp protocol using a treadmill on 20 professional soccer players with a mean age of 25.2 years and with over 10 career years. The tests were also done on 21 college students majoring in physical education with a mean age of 19.4 years, which served as the control group. The AT was determined by the V-slope method.

Results : In the players, the $\dot{V}O_2$ max, $\dot{V}CO_2$ max and O_2 pulse max were significantly larger than those in the control group, and the HR max was smaller for their ages. The \dot{V}_E max, \dot{V}_T max and RR max showed not much difference between the 2 groups but the \dot{V}_E max/ $\dot{V}O_2$ max and \dot{V}_E max/ $\dot{V}CO_2$ max were significantly lower in the players. The AT was larger in the players but the AT/ $\dot{V}O_2$ max was essentially similar to that of the control group.

Conclusion : Our study reveals that the professional soccer players, despite their mean ages were approximately 6 years older than the subjects in the control group, had larger $\dot{V}O_2$ max and $\dot{V}CO_2$ max, and smaller HR max for their ages. The \dot{V}_E max was similar in both groups. This suggests that the players have higher aerobic capacity than the control group and exchange respiratory gases more efficiently.

KEY WORDS : Professional soccer player · Maximal exercise test.

서 론

심폐기능에는 예비능이 많기 때문에 안정시의 기능검사만으로는 충분한 평가를 할 수 없다. 그러므로 그것의 객관적인 평가를 위해서는 운동부하 심폐기능검사가 필요하며, 이를 통하여 심폐질환환자에서 질환의 진단, 중증도, 치료효과, 병태생리 등을 판정하고, 건강인이나 운동선수에서는 체력수준과 훈련효과를 평가할 수 있다. 그리하여 우리나라에서도 근년에 와서 건강인¹⁻³⁾ 및 여러 운동선수⁴⁻⁶⁾, 그리고 심폐질환 환자^{7,8)}를 대상으로 이 분야에 관한 업적이 많이 보고되고 있다. 그러나 직업축구선수들을 대상으로한 이 방면의 연구는 거의 없는 듯하다.

저자들은 지속적으로 높은 강도의 운동을 하는 25세 전후의 직업축구선수들과 체력이 비교적 좋은 19세 전후의 선수가 아닌 체육과 학생들의 최대운동부하에 대한 심폐기능의 차이를 비교 관찰하여 그 성적을 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1. 대 상

전국에서 중하위권에 속하는 직업축구선수 20명과 운동선수가 아닌 대학체육과 학생 21명을 대상(대조군)으로 하였다. 이들의 신체적 조건은 Table 1과 같이 평균 연령은 선수군에서 약 6세 많았으나 신장, 체중 및 체표

Table 1. Physical characteristics of study subjects

| | Control (n=21) | Soccer player (n=20) |
|-----------------------|----------------|----------------------|
| Age (yr) | 19.4 ± 1.24 | 25.2 ± 2.81*** |
| Height (cm) | 174.4 ± 4.26 | 175.0 ± 3.47 |
| Weight (kg) | 67.5 ± 4.20 | 70.1 ± 4.71 |
| BSA (m ²) | 1.81 ± 0.071 | 1.85 ± 0.075 |

Values are mean ± SD.

*** : < 0.001

면적은 양군 사이에 유의한 차이가 없었다. 선수군의 운동경력은 대다수가 10년 이상이었으며, 이들은 1년중 약 11개월 동안 훈련을 받거나 시합을 한다고 한다.

2. 방 법

최대운동부하검사는 저자들이 고안한 Table 2와 같은 ramp protocol에 의하여 답차(treadmill) Q 55(미국, Quinton 사)를 사용하여 같은 회사제인 Q 4500으로 심전도를 감시·기록 하면서 증상제한성(symptom-limited) 최대운동을 시켰으며, 운동중에는 답차의 손잡이를 잡는 것을 안전상의 이유로 허용하였다. 그리고 이 protocol은 15단계로 구성되었으며 매분마다 운동부하량이 약 1 대사당량(metabolic equivalent, MET)씩 증가하도록 되어 있는데 15단계(15분) 이상 계속 운동할 수 있었던 예에서는 마지막 단계에서의 답차의 속도와 경사도를 그대로 유지하였다.

운동중 호기의 분석과 양의 측정은 Qmc(미국, Quin-

Table 2. Ramp protocol used in our study

| Stage | Speed (mph)* | Grade (%) | MET's |
|-------|--------------|-----------|-------|
| 1 | 2.0 | 11.0 | 5.5 |
| 2 | 2.2 | 12.5 | 6.4 |
| 3 | 2.5 | 13.5 | 7.5 |
| 4 | 2.7 | 15.0 | 8.6 |
| 5 | 2.9 | 16.0 | 9.6 |
| 6 | 3.1 | 17.0 | 10.6 |
| 7 | 3.3 | 18.0 | 11.7 |
| 8 | 3.5 | 19.0 | 12.8 |
| 9 | 3.7 | 19.5 | 13.7 |
| 10 | 3.9 | 20.5 | 14.6 |
| 11 | 4.3 | 21.5 | 15.6 |
| 12 | 4.6 | 23.0 | 16.6 |
| 13 | 4.9 | 24.5 | 17.5 |
| 14 | 5.4 | 25.0 | 18.5 |
| 15 | 5.7 | 25.0 | 19.5 |

Each stage time is one minute and MET's are estimated.

*mph : mile per hour

ton 사)를 사용하여 분당 O_2 섭취량($\dot{V}\text{O}_2$), CO_2 배출량($\dot{V}\text{CO}_2$), 호기량(\dot{V}_E), 호흡수(RR), 호흡교환비(RER), 상시호흡량(V_T), 그리고 O_2 및 CO_2 의 환기당량($\dot{V}_E/\dot{V}\text{O}_2$ & $\dot{V}_E/\dot{V}\text{CO}_2$) 등의 성적을 매 20초 마다 Ex-800 Epson printer(일본, Fujitsu 사)로 출력하였다.

최대운동시의 이들 지표의 성적 판정은 최대운동을 중지한 순간을 중심으로 해서 그 직전과 직후에 기록되어 나온 여러 성적 가운데 VO_2 가 많은 순간의 것을 최대치(max)로 간주하였다.

그리고 대조군의 최대운동부하검사에서 전력을 다하지 않았다고 생각되는 예는 물론, 최대운동시의 심박수(HR max)가 [(220-나이)-10] 보다 적고 RER max(회복기 제외)가 1.10 미만인 예는 연구대상에서 제외하였다. 한편, 선수군의 경우는 운동선수에서 흔히 있을 수 있는 동성서맥을 감안하여, HR max에 관계없이 전력을 다했다고 생각되는 예 가운데 RER max가 1.10 이상인 예만을 택하였다. 그리고 실제로 대조군 및 선수군의 RER max는 각각 1.16 ± 0.056 및 1.18 ± 0.066 이었다.

AT의 측정은 Qmc를 사용하여 운동중의 VO_2 및 VCO_2 값을 매 20초 마다 각각 X축 및 Y축에 plot한 화면에서 Beaver 등⁹⁾이 창안한 회귀분석(regression analysis)을 이용한 program이 내장되어 있는 이른바 전산화된 V-slope 법으로 하였다. 이 방법에서는 2개의 회귀선(regression line)이 교차하는 점이 AT점이 되는데, 두 회귀선의 경사도 차이(slope difference)는 0.100 이상으로 하였다(Fig. 1).

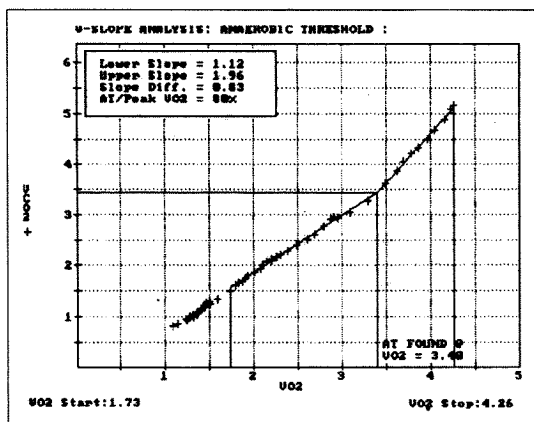


Fig. 1. An example of anaerobic threshold determined by computerized V-slope method in a 19-year-old man.

Table 3. Heart rate(HR) and oxygen uptake($\dot{V}\text{O}_2$) with its derivatives at maximal exercise

| | Control (n=21) | Soccer player (n=20) |
|------------------------------------|-------------------|----------------------|
| HR max (beat/min) | 194.6 \pm 7.76 | 182.1 \pm 7.20*** |
| $\dot{V}\text{O}_2$ max(mL/kg/min) | 60.94 \pm 4.903 | 64.54 \pm 4.928* |
| MET's | 17.4 \pm 1.40 | 18.4 \pm 1.41* |
| O_2 pulse max(mL/beat) | 20.89 \pm 2.258 | 24.50 \pm 1.660*** |

Values are mean \pm SD. MET's : metabolic equivalents
* : < 0.05 *** : < 0.001

Table 4. Respiratory gas exchange and respiratory exchange ratio(RER) at Maximal exercise

| | Control(n=21) | Soccer player(n=20) |
|---------------------------------|------------------|---------------------|
| $\dot{V}\text{O}_2$ max(L/min) | 4.05 \pm 0.382 | 4.46 \pm 0.348** |
| $\dot{V}\text{CO}_2$ max(L/min) | 4.68 \pm 0.432 | 5.28 \pm 0.574** |
| RER max | 1.16 \pm 0.056 | 1.18 \pm 0.066 |

Values are mean \pm SD ** : < 0.01

Table 5. Ventilatory variables at maximal exercise

| | Control(n=21) | Soccer player(n=20) |
|---|---------------------|---------------------|
| RR max(per min) | 51.3 \pm 5.05 | 49.8 \pm 5.13 |
| V_T max(L) | 3.09 \pm 0.449 | 3.25 \pm 0.365 |
| \dot{V}_E max(L/min) | 157.07 \pm 17.431 | 160.99 \pm 15.579 |
| \dot{V}_E max/ $\dot{V}\text{O}_2$ max | 38.9 \pm 3.66 | 36.2 \pm 3.27* |
| \dot{V}_E max/ $\dot{V}\text{CO}_2$ max | 33.4 \pm 3.41 | 30.8 \pm 3.21* |

Values are mean \pm SD RR : respiratory rate
 V_T : tidal volume \dot{V}_E : minute ventilation * : < 0.05

그리고 본 연구에서 모든 통계값은 평균 \pm 표준편차로 표시하였고, 여러 지표의 성적의 유의성은 SPSS/PC⁺를 이용하여 Student t-test로 검정하였으며, p값이 0.05 미만이면 의미있는 것으로 간주하였다.

결 과

대조군과 직업선수군에서의 HR max 및 $\dot{V}\text{O}_2$ max와 이들로부터 유도되는 대사당량(metabolic equivalent) 및 O_2 맥(O_2 pulse max)의 성적은 Table 3과 같다. 즉, 선수군의 HR max의 평균은 대조군에 비하여 유의하게 낮았으나($p < 0.001$), $\dot{V}\text{O}_2$ max 및 O_2 pulse max의 평균은 선수군에서 유의하게 높았다(각각 $p < 0.05$ 및 $p < 0.001$).

그리고 최대운동시의 호흡성 gas 교환 즉, $\dot{V}\text{O}_2$ max, $\dot{V}\text{CO}_2$ max 및 RER max 등의 성적은 Table 4와 같이 RER max를 제외하면 모두 선수군에서 많았다(각각

Table 6. Anaerobic threshold(AT) and its derivatives

| | Control(n=19) | Soccer player(n=20) |
|-------------------------|---------------|---------------------|
| AT(L/min) | 2.36 ± 0.794 | 2.93 ± 0.663* |
| AT(ml/kg/min) | 34.9 ± 11.41 | 41.9 ± 9.37* |
| AT/ $\dot{V}O_2$ max(%) | 57.9 ± 17.51 | 65.8 ± 14.94 |

Values are mean ± SD * : < 0.05

$p < 0.01$).

최대운동시의 환기에 관한 지표들의 성적은 Table 5와 같다. 즉, RR max, \dot{V}_T max 및 \dot{V}_E max는 양군간에 유의한 차이가 없었으나, $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$ 및 $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ 의 평균은 다같이 선수군에서 적었다(각각 $p < 0.05$).

양군의 AT에 관한 성적은 Table 6과 같다. 즉, AT의 평균은 선수군에서 많았으나($p < 0.05$), AT/ $\dot{V}O_2$ max는 양군 사이에 유의한 차이가 없었다.

고 안

운동부하검사를 통해서 구할 수 있는 $\dot{V}O_2$ max는 대 기증으로 부터 섭취한 O_2 를 조직으로 이송하는 능력과 조직의 O_2 이용능력에 의해서 결정된다. 건강인에서는 폐의 환기 및 확산능에 예비능이 많음으로, 폐기능이 $\dot{V}O_2$ max의 제한요소가 되지는 않으며^{10,11)}, $\dot{V}O_2$ max의 약 70%는 심박출량에 의해서 결정되고 나머지 약 30%는 조직의 O_2 추출능력과 연관이 있다고 한다¹¹⁾. 그리고 $\dot{V}O_2$ max는 체중, 나이, 성별, 민족, 운동습관 등에 따라 차이가 있으므로¹²⁻¹⁵⁾ $\dot{V}O_2$ max로써 개체의 신체적성을 평가할 때는 이들 요소를 반드시 고려하여야 한다.

한편 $\dot{V}O_2$ max는 반복된 훈련으로 증가할 수 있는데, 정상인에서 $\dot{V}O_2$ max는 안정시의 $\dot{V}O_2$ 의 10배 가량 되나, 잘 훈련된 운동선수의 $\dot{V}O_2$ max는 안정시의 $\dot{V}O_2$ 보다 20~30배 까지 증가할 수 있다고 한다¹⁶⁾. 훈련에 의해서 $\dot{V}O_2$ max가 증가되는 것은 순환기계, 호흡기계 및 근육결계 등 신체전반에 걸쳐 생리학적·해부학적 적응반응이 나타남으로써 최대심박출량 및 조직의 최대 O_2 추출능력의 양자 모두가 증가하기 때문이다^{10,17)}.

정상인에서 운동부하를 증가시키에 따라 나타나는 심박출량의 증가는 주로 점차적인 HR의 증가에 의한다. 최대운동시의 심박출량이 잘 훈련된 운동선수에서 일반 건강성인보다 더 증가되어 있는 것은, 훈련에 의한 박출량(stroke volume, SV)의 증가가 핵심적인 역할을 한

다^{13,15,17)}. 이는 반복적인 운동에 대한 적응으로서 심실의 확장기말 용량의 증가, 심근의 비후와 심근질량의 증가 등이 발생하여 효과적인 심근수축이 일어나기 때문이다^{10,18)}. 운동선수에서는 안정시에 일반인보다 적은 HR로도 정상 심박출량을 유지할 수 있듯이 최대운동시에도 상대적으로 적은 HR max에도 불구하고, SV의 증가로 인해서 심박출량을 더 증가시킬 수 있게 된다^{10,17,18)}.

또한 반복된 훈련은 골격근의 질량의 증가와 함께 근육의 모세혈관 밀도, 조직의 myoglobin, 근육세포의 mitochondria 및 호흡효소의 증가로 인해 근육의 O_2 추출 능력을 증가시킴으로써 $\dot{V}O_2$ max 증가에 기여한다^{13,19,20)}. 그리하여 훈련에 의한 $\dot{V}O_2$ max 증가 중 약 50% 까지도 이러한 조직의 O_2 추출 능력의 증가에 의한다고 한다²¹⁾.

한편 연령의 증가에 따라 $\dot{V}O_2$ max가 감소하는 것은 잘 알려진 사실인데, 건강성인의 $\dot{V}O_2$ max는 19세를 전후하여 최고치를 나타내나, 단위체중당 분당 최대산소섭취량($\dot{V}O_2$ max(ml/kg/min))은 10세 이전에 이미 최고치를 보인후 점차로 감소한다고 한다¹²⁾. 연령 증가에 따른 $\dot{V}O_2$ max 감소의 원인에 대해서는 여러가지 주장이 있으나 일반적으로 HR max의 감소가 가장 중요한 원인으로 알려져 있다²²⁾. 그리고 한국성인남자를 대상으로한 횡적(transverse)연구에서 HR max의 연간감소는 분당 0.72회라고 한다²³⁾. 한편, Lakatta²⁴⁾는 최대운동시의 동·정맥혈 O_2 함량차(avDO₂ max)의 감소도 연령에 따른 $\dot{V}O_2$ max 감소의 중요한 원인이라 하였으며, Granath 등²⁵⁾은 최대운동시의 박출량(SV max)의 점차적인 감소가 $\dot{V}O_2$ max 감소의 주원인이라 하였다. 그리고 이와같은 여러 원인에 의해서, 연령증가에 따라 $\dot{V}O_2$ max가 점차적으로 감소하지만, 반복적인 훈련을 받아오던 사람은 연령증가에 따른 이러한 신체의 생리학·해부학적 변화가 조절됨으로써 $\dot{V}O_2$ max 감소의 정도가 둔화되는 것으로 알려져 있다^{13,20,26)}. 즉, Rivera 등¹⁵⁾은 반복적인 훈련을 함으로써 HR max 감소 뿐만 아니라 SV max 및 avDO₂ max 감소의 정도도 모두 적어질 수 있다고 하였다.

저자들의 예에서는 직업선수군에서 체육과 학생군보다 평균연령이 약 6세 정도 많았음에도 $\dot{V}O_2$ max가 유의하게 많았고, HR max 또한 연령에 따른 자연감소를 감안하더라도 직업선수군에서 대조군보다 뚜렷히 낮았는데, 이는 규칙적인 훈련이 안정시의 HR 뿐만 아니라

HR max도 감소시킴을 시사한다. 한편 낮은 HR max에도 불구하고, 선수군에서 $\dot{V}O_2$ max가 유의하게 많았던 것은 주로 SV의 증가 때문일 것이며, SV의 간접적인 지표로 간주할 수 있는 O_2 pulse max가 선수군에서 유의하게 많았던 것이 이 사실을 뒷받침한다. 저자들은 근육의 O_2 추출능력의 지표가 되는 avDO₂를 직접 측정하지는 않았으나 직업선수군과 대조군 사이에 \dot{V}_E max에는 큰 차이가 없었는데도 \dot{V}_E max/ $\dot{V}O_2$ max가 선수군에서 유의하게 적었던 것은 조직의 O_2 추출 능력의 증가를 반영하는 것이라 하겠다.

반복된 훈련으로 증가된 $\dot{V}O_2$ max는 훈련을 중단하면 다시 감소하는데, 이러한 감소는 훈련중단 초기에는 SV의 감소 때문이고, 2~4주 이상 훈련을 중단할 경우는 근육의 호흡효소 감소로 인해 avDO₂가 감소하기 때문이라고 한다²⁷⁾. 훈련으로 $\dot{V}O_2$ max가 향상되고 유지되는데는 훈련의 종류 및 훈련습관에 따라 차이가 있는데, 일반적으로 $\dot{V}O_2$ max의 향상·유지를 위해서는 등장성 운동(isometric exercise)보다 지구력 운동(endurance exercise)이 더 효과적이고¹⁰⁾, 운동특성별로는 운동시간이나 빈도보다 훈련강도가 더 중요한 것으로 알려져 있으며²⁸⁾, Hickson 등²⁹⁾은 훈련강도를 평상시의 1/3 및 2/3로 줄여서 유지하면 훈련의 효과가 상실된다고 하였다. 저자들의 예에서는 대조군인 체육과 학생들이 일반건강성인들보다 신체훈련을 더 많이 한다 하더라도 그 훈련의 시간 및 빈도의 유지가 지속적이지는 못하였을 것으로 생각될 뿐 아니라, 특히 더 중요한 요소인 훈련강도의 유지가 되지 않았을 것으로 추측된다. 반면 직업선수들은 거의 매일(1년중 약 11개월) 강도 높은 훈련을 받았기 때문에 $\dot{V}O_2$ max의 증가 및 유지가 더 잘 되었을 것으로 생각된다.

한편 \dot{V}_E max도 $\dot{V}O_2$ max와 마찬가지로 체중, 성별, 연령 등의 여러 원인에 의해 영향을 받는다. 나이에 따른 변화로는 \dot{V}_E max도 보통 20대 부터 연령이 증가함에 따라 감소하는 경향이 있어서, 한국성인남성을 대상으로한 횡적연구에 의하면 남성에서는 연간 약 0.5L/min씩 감소한다고 하는데²³⁾, V_T max는 연령에 따른 감소가 거의 없는 것으로 보아 \dot{V}_E max의 감소는 거의 RR max의 감소에 의한 것으로 생각되고 있다³⁰⁾. 그리고 한국성인남자의 RR max의 연령증가에 따른 연간감소는 분당 약 0.3회라고 한다²³⁾.

최대운동시의 환기기능에 대한 훈련의 영향에 관한 연

구는 순환기능에 대한 그것에 비해 미흡하다. Stuart 등³¹⁾은 육상선수에서는 일반인에 비해 폐활량이 많음을 관찰하고 이는 운동으로 골격근과 심근의 근력증가 뿐만 아니라 호흡근력의 증가도 동반되기 때문이라 하였다. 최 등³²⁾은 수영선수에서 비선수에 비해 환기기능이 뚜렷히 좋았으나 선수에서 7~9주간 집중훈련을 시킨 전후의 성적에는 큰 차이가 없음을 관찰하고 잘 훈련된 선수에서는 단기간의 집중훈련으로 환기기능이 더 향상되지는 않는다고 하였다.

본 연구에서는 선수군에서는 연령이 대조군보다 약 6세 많았는데도 \dot{V}_E max, V_T max 및 RR max는 양군 사이에 유의한 차이가 없었던 반면, $\dot{V}O_2$ max 및 $\dot{V}CO_2$ max는 선수군에서 많았고 \dot{V}_E max/ $\dot{V}O_2$ max와 \dot{V}_E max/ $\dot{V}CO_2$ max는 선수군에서 적었던 것은 선수군에서는 대조군에 비해 보다 더 능률적인 호흡성 gas 교환이 이루어졌음을 의미한다.

근육이 energy원으로 사용하는 것으로는 근육내의 당원과 혈액내의 포도당 및 유리지방산 등이 있는데, 휴식시에는 유리지방산이 주요 energy 공급원이 된다. 그러나 운동시에는 운동의 시간, 강도 및 훈련경력에 유무에 따라 energy 공급원이 달라진다^{19,37,38)}. 운동시간에 따른 변화는 운동시작 수분내에는 주로 근육내의 포도당이, 그리고 2시간 이상의 운동에서는 유리지방산이 주되는 energy 공급이 된다¹⁹⁾. 운동강도에 따른 변화는, 운동강도가 높을수록 당원이용율이 증가되며, 최대운동시에는 근육이 사용하는 energy의 대부분이 당원에서 얻어진다고 한다. 그러나 반복된 훈련을 한 경우는 근육의 산화능이 증가되어 유리지방산의 이용율이 증가된다³³⁾. 한편 포도당이 energy원으로 사용될 경우의 RER은 1.0으로 가장 높고, 유리지방산이 사용될 때는 0.7이며, 정상인의 안정시의 RER은 보통 0.8 가량이다^{19,34)}. 따라서 운동시간이 길수록, 반복된 훈련을 한 사람일수록 RER은 감소하고, 운동강도가 높아질수록 RER은 증가한다. Davis 등³⁵⁾은 사무직의 중년남자들을 대상으로 9주간의 자전거 ergometer 훈련을 시키기 전후의 RER을 비교하였는데, 이들은 RER max를 측정하였고, 한편으로는 운동강도를 증가시키에 따라 energy 공급원이 변화하는 영향을 배제하기 위하여, 훈련전과 훈련후의 AT 이하에서 어떤 일정한 운동강도를 꾸준히 유지하면서 RER을 측정해 보았던 바, AT 이하의 일정한 운동강도에서 측정된 RER은 훈련후 유의하게 감소됨을 관찰하고, 이러

한 결과는 훈련에 따른 유리지방산 이용의 증가로 인한 것이라고 하였다. 그러나 최대운동시의 RER은 훈련전 후에 차이가 없음을 관찰하였다.

저자들의 예에서 직업선수군 및 대조군 사이에 RER max가 정상인의 안정시보다 증가되어 있는 것은 운동 부하검사에서 운동강도를 증가시킴에 따라 포도당 이용의 증가로 인한 것으로 생각된다. 그러나 양군간의 RER max에는 차이가 없었던 것은 Davis 등³⁶⁾의 성적에서 집중훈련 전후의 RER max에 차이가 없었던 것과 일치하는 것으로, 이는 AT 이하의 운동강도에서 일정 상태로 운동을 유지시키면서 측정한 RER을 비교한 것이 아니므로 양군간에 근육의 산화능의 차이가 없었다고 할 수는 없다 하겠다.

지속적으로 운동부하량을 증가시키면 근육의 O₂ 수요량도 점차 증가하게 되는데, 어느 시점에 가서는 O₂의 공급량이 수요량에 충분히 따라가지 못하게 된다. 그리고 그렇게 되면 국소적으로 O₂ 공급이 없이도 ATP 생산이 가능한, 무산소성 당분해가 일어나며, 이러한 무산소성 당분해로 인해 혈중 젖산농도가 갑자기 증가하기 시작하는 시점을 AT라 하며 AT는 보통 그 점에 있어서의 $\dot{V}O_2$ 값으로 표시한다³⁵⁾. AT는 운동지구력평가의 좋은 지표가 되는데 건강인에서는 $\dot{V}O_2$ max의 50~60%이며³⁵⁻³⁷⁾, 40% 이하인 경우를 비정상적으로 간주하는 반면³⁸⁾, 운동선수에서는 장기간의 훈련으로 근육 혈류량의 증가, 세포 산화능의 향상 및 적색 산화근섬유의 활성화 등으로 인해서³⁹⁾ AT가 $\dot{V}O_2$ max의 70~90%가 된다고 한다³⁷⁾.

본 연구에서는 $\dot{V}CO_2$ 와 $\dot{V}O_2$ 를 각각 X, Y축에 plot하여 computer로 다중회귀분석을 하여 AT를 측정하는 Beaver 등^{9,39)}의 V-slope법을 사용하였는데, 대조군 19명과 선수군 20명에서 AT를 구할 수 있었다. 그 성적을 보면 선수군에서 AT는 유의하게 많았고, AT/ $\dot{V}O_2$ max는 선수군에서 약간 높았으나 양군 사이에 유의한 차이는 없었다. 이는 Davis 등³⁴⁾이 건강인에서 훈련후 AT의 증가율이 $\dot{V}O_2$ max의 증가율보다 높고, 따라서 AT/ $\dot{V}O_2$ max가 유의하게 증가하였다는 결과와 대조적이었는데, 이는 저자들이 대상으로한 선수군에서는 $\dot{V}O_2$ max의 증가와 AT의 증가의 정도가 비슷하였음을 의미한다. 이것은 또한 측구가 순수한 유산소운동에 가까운 운동이 아니라, 무산소운동을 많이 포함하는 혼합성운동인 것과 무관하지 않을 것으로 추측된다.

요 약

연구배경 :

최대운동부하검사는 체육학과 의학분야에서 심폐기능이 평가를 위하여 널리 이용되고 있으나 직업축구선수에서의 이 방면의 업적은 매우 드문 듯 하다. 본 연구의 목적은 직업축구선수의 최대운동부하에 대한 심폐기능의 반응과 AT를 관찰하는데 있다.

방 법 :

운동경력이 약 10년 이상이고 평균연령이 25.2세인 직업축구선수 20명과 대조군으로서 운동선수가 아니며 평균연령이 19.4세인 체육과 학생 21명에서 답차를 이용한 ramp protocol로 최대운동부하검사를 실시하여 심폐기능을 반영하는 여러 지표들의 성적과 V-slope법으로 구한 AT를 비교 관찰하였다.

결 과 :

선수군에서는 평균연령이 약 6세 많았음에도 $\dot{V}O_2$ max, $\dot{V}CO_2$ max 및 O₂ pulse max가 대조군에 비해 유의하게 많았으며, HR max는 나이에 비해 적었다. 그리고 \dot{V}_E max, V_T max 및 RR max는 양군 사이에 큰 차이가 없었는데도 \dot{V}_E max/ $\dot{V}O_2$ max 및 \dot{V}_E max/ $\dot{V}CO_2$ max는 선수군에서 유의하게 적었으며, AT는 선수군에서 많았으나 AT/ $\dot{V}O_2$ max에는 양군 사이에 차이가 없었다.

결 론 :

직업축구선수에서는 대조군에 비해 평균연령이 약 6세 많았음에도, $\dot{V}O_2$ max 및 $\dot{V}CO_2$ max는 보다 더 많았고, HR max는 연령에 비하여 적었으며, \dot{V}_E max는 대조군과 비슷하였다. 이런 사실들로 보아 선수들은 유산소능력이 보다 좋으며, 호흡성 gas 교환을 보다 더 능률적으로 한다고 할 수 있겠다.

References

- 1) 박희명 · 김유진 · 김유영 · 김유문 · 김종석 · 이봉열 · 김창호 · 박재용 · 채성철 · 전재은 · 정태훈 · 박의현 : 한국인의 최대운동부하에 대한 심폐기능의 반응에 관한 연구, 최대 산소섭취량, 심기능반응 및 심폐적성 평가기준을 중심으로. 한국체육학회지 32 : 329, 1993
- 2) 강영석 : 유산소능력과 회복능력. 한국체육학회지

28 : 331, 1989

- 3) 안의수 · 이재구 · 이석인 · 김홍인 : 한국인의 최대 산소섭취량 추정을 위한 노모그램 고안. 한국체육학회지 34 : 226, 1995
- 4) 송준화 · 성영호 · 한재호 · 최창필 · 우언조 · 박재용 · 정태훈 · 박의현 · 박희명 · 박언희 · 김유문 · 김종석 : 축구선수에서 집중훈련이 최대운동부하 심폐기능에 미치는 영향. 순환기 22 : 1001, 1992
- 5) 박희명 · 최동욱 · 김유문 · 김종석 · 김상훈 · 박재용 · 정태훈 : 수영선수에서 집중훈련이 최대운동부하 심폐기능에 미치는 영향, 수영선수와 비선수의 차이를 포함해서. 대한스포츠의학지 10 : 177, 1992
- 6) 이용철 · 전창호 · 이양근 : 수영, 마라톤, 농구와 역도선수에서의 운동부하폐기능검사. 대한내과학회지 46 : 380, 1994
- 7) 이계영 · 정혜순 · 이상도 · 한성구 · 심영수 · 김진열 · 한용철 : 간질성폐질환에서의 운동부하검사에 관한 연구. 결핵 및 호흡기질환 37 : 59, 1990
- 8) 김상위 · 고윤석 · 김우성 · 김재중 · 박성욱 · 박승정 · 이종구 · 김원동 : 만성폐쇄성 폐질환과 승모판협착증 환자에서의 운동부하검사. 대한내과학회잡지 41 : 60, 1991
- 9) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ : A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 60 : 2020, 1986
- 10) Huston TP, Puffer JC, Rodney WM : The athletic heart syndrome. *N Eng J Med* 313 : 24, 1985
- 11) Di Prampero PE : An analysis of the factors limiting maximal oxygen consumption in healthy subjects. *Chest* 101(suppl) : S188, 1992
- 12) Bruce RA : Normal values for $\dot{V}O_2$ and $\dot{V}O_2$ -HR relationship. *Am Rev Resp Dis* 129(suppl) : 41, 1984
- 13) Marti B, Howald H : Long-term effects of physical training on aerobic capacity: controlled study of former elite athletes. *J Appl Physiol* 69(4) : 1451, 1990
- 14) Ekelund LG, Suchindran CM, Karon JM, McMahon RP, Tyroler HA : Black-white differences in exercise blood pressure. *Circulation* 31 : 1568, 1990
- 15) Rivera AM, Pels III AE, Sady SP, Sady MA, Culinane EM, Thompson PD : Physiological factors associated with the lower maximal oxygen consumption of master runners. *J Appl Physiol* 66(2) : 949, 1989
- 16) Saltin B, Astrand PO : Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 23 : 3354, 1967
- 17) Saltin B, Blomqvist G, Mitchell JH, Johnson RL, Wildenthal JK, Chapman CB : Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation* 38(suppl) : VII-1, 1968
- 18) Ehsani AA, Hagberg JM, Hickson RC : Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning. *Am J Cardiol* 42 : 52, 1978
- 19) Escandon JC, Felig P : Fuel-hormone metabolism during exercise and after physical training. *Clin Chest Med* 5 : 3, 1984
- 20) Pollock ML, Foster C, Knapp D, Rod JL, Schmidt DH : Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J Appl Physiol* 62 : 725, 1987
- 21) Schaible TF, Scheuer J : Cardiac adaptation to chronic exercise. *Prog Cardiovasc Dis* 27 : 297, 1985
- 22) Hagberg JM, Allen WK, Seals DR, Hurley BF, Ehsani AA, Holloszy JO : A hemodynamic comparison of young and older endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* 58 : 2041, 1985
- 23) 조용근 : 최대운동시의 호흡성 가스교환 및 환기기능. 결핵 및 호흡기질환 42 : 524, 1995
- 24) Lakatta E : Age-related alterations in the cardiovascular response to adrenergic mediated stress. *Federation Proc* 39 : 3173, 1980
- 25) Granath A, Johnson B, Strandell T : Circulation in healthy old men in the supine and sitting position. *Acta Med Scand* 176 : 425, 1964
- 26) Young JC, Chen M, Holloszy JO : Maintenance of the adaptation of skeletal muscle mitochondria to exercise in old rats. *Med Sci Sports Exerc* 15 : 243, 1983
- 27) Coyle EF, Martin III WH, Sinacore DR, Joyner MJ, Hagberg JM and Holloszy JO : Time course of loss of adaptation after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol* 57 : 1857, 1984
- 28) Wenger HA, Bell GJ : The interactions of intensity, frequency, and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med* 3 : 346, 1986
- 29) Hickson RC, Foster C, Pollock ML, Galassi TM and Rich S : Reduced training intensities and loss of

- aerobic power, endurance and cardiac growth. *J Appl Physiol* 58 : 492, 1985
- 30) Astrand I : Aerobic work capacity in men and women, with special reference to age. *Acta Physiol Scand* 49(suppl. 169) : 1, 1960
 - 31) Stuart DG, Collings WD : Comparison of vital capacity and maximum breathing capacity of athletes. *J Appl Physiol* 14 : 507, 1959
 - 32) 최동욱 · 박희명 · 김유문 · 김종석 · 김상훈 · 최정윤 · 정태훈 : 수영선수의 폐환기기능 및 집중훈련이 이에 미치는 영향. *한국체육학회지* 30 : 185, 1991
 - 33) Simon HB : Exercise, health and sports medicine. In : Rubenstein E, Federman DD, eds. *Scientific American Medicine*, New York, Scientific American Inc, 1995
 - 34) Wasserman K : Use of exercise in cardiopulmonary assessment of exertional dyspnea. In *Textbook of Pulmonary Diseases*. Baum GI and Wolinsky E, 4th Ed. p243, Boston, Little Brown and Company, 1989
 - 35) 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
 - 36) Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J, Kurtz P : Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol* 41 : 544, 1976
 - 37) Davis JA : Anaerobic threshold : Review of the concept and directions for the future research. *Med Sci Sports Exerc* 17 : 6, 1985
 - 38) Hansen JE, Sue DY and Wasserman K : Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Resp Dis* 129(suppl) : S49, 1984
 - 39) Dickstein K, Barvik S, Aarsland T, Snappin S, Karlsson J : A comparison of methodologies in detection of anaerobic threshold. *Circulation* 81(suppl II) : 38, 1990