

## 경증 빈혈환자의 최대운동부하 심 · 폐기능\*

대구 가톨릭대학 의학부 내과학교실

김경재 · 강민모 · 이지현 · 최석문 · 허형호 · 장성국

대구 유성스포츠프라자 스포츠과학연구소

박희명 · 김유진 · 김유문 · 김종석

= Abstract =

### Cardiorespiratory Response to Maximal Exercise Loading in Mild Anemia

Kyoung Jae Kim, M.D., Min Mo Kang, M.D., Ji Hyun Lee, M.D.,

Seog Mun Choi, M.D., Hyung Ho Huh, M.D., Sung Gug Chang, M.D.

*Department of Internal Medicine, Taegu Catholic University Hospital, Taegu, Korea*

Hi Myung Park, M.D., Yu Jin Kim, M.B.A.,

Yu Moon Kim, M.D., Jong Suk Kim, M.D.

*Sports Science Research Institute, Yu-Sung Sportsplaza, Taegu, Korea*

**Background :** Mild iron deficiency anemia is known to be asymptomatic in most of the cases. In view of this, we studied response of the mild anemics to the maximal exercise loading test to learn whether or not they respond similarly to the normals.

**Methods :** The maximal exercise loading tests by Bruce's protocol were carried out in 22 female asymptomatic anemics with hemoglobin level of between 10.0gm/dl and less than 12.0 gm/dl, and the results were compared with those of 44 non-anemic matched controls with mean hemoglobin level of 13.1gm/dl. The ages in both groups were in their 30's to 40's, and even the anemics were otherwise normal clinically and on various laboratory tests.

**Results :** There were no significant differences between two groups in  $\dot{V}O_2$  max, HR max,  $\dot{V}CO_2$  max and  $\dot{V}_E$  max and their derivatives including  $\dot{V}_T/\dot{V}C$  and  $\dot{V}_E/MVV$ .

**Conclusion :** Our results indicate that in patients with mild iron deficiency anemia, the cardiorespiratory response to maximal exercise loading is not different from the normals, and suggest that oxygen transport to tissues is not affected even at maximal exercise, probably by adaptive compensatory mechanism.

**KEY WORDS :** Anemia · Maximal oxygen uptake.

---

\*본 논문의 요지는 1992년 제36차 대한순환기학회 학술대회에서 구연 발표되었음.

정상인에서 혈액에 의해 조직에 산소가 운반되는 데는 약 99%가 혈색소와 결합되어 운반되고 나머지가 혈장에 용해되어 운반된다<sup>1,2)</sup>. 따라서 빈혈이 있을 경우 조직으로의 산소운반능력이 감소할 것으로 생각된다. 그러나 실제로는 경한 빈혈환자의 대다수에서는 특기할 만한 자각증상이 없으며 Castle등<sup>3)</sup>도 빈혈환자에서 적혈구와 혈색소가 정상치의 1/5까지 감소하더라도 절대 안정시에는 거의 지장이 없을 수도 있다고 하였다. 또한 Brannon등<sup>4)</sup>도 혈색소치가 7.0gm/dl 이상이면 혈액학에 대한 영향은 매우 적다고 하였다. 그러나 Graettinger등<sup>5)</sup>은 심부전이 있는 빈혈환자의 최대운동부하에서 심부전이 없는 예에 비해 혈액학에 상당한 차이가 있음을 보고하였다. 한편 빈혈이 있을 때는 말초 조직에 충분한 양의 산소를 공급하기 위하여 신체의 여러가지 적응과 말초조직에서의 산소이용능의 증가 및 대사의 변화 등의 대상기전이 나타난다<sup>6)</sup>. 뿐만 아니라 조직에 산소를 공급하는데 중추적인 역할을 하는 심·폐기능에도 상당히 많은 예비능이 있다. 따라서 빈혈이 심·폐기능에 미치는 영향은 안정시의 검사만으로는 충분히 알 수가 없을 것으로 생각된다. 그러나 빈혈환자의 최대운동부하 심·폐기능에 대한 연구는 드문 듯 하다.

저자들은 일상생활에서 특별한 불편을 느끼지 않으면서 건강진단에서 우연히 발견된 30~40대의 경증 여성 빈혈환자를 대상으로 최대운동부하검사를 실시하여 그 성적을 정상대조군에서의 그것과 비교관찰하여 양자간의 차이의 유무를 검토해 보고자 한다.

## 1. 대 상

건강진단을 위해 대구 유성스포츠프라자 스포츠 과학연구소를 방문한 외견상 건강한 30세부터 49세까지의 여자 회원 중, 혈색소치가 10.0gm/dl 이상 12.0gm/dl 미만인 여성 22명을 빈혈군으로 하고, 이들과 연령 및 신체적 조건이 비슷하면서 혈색소치가 12.0gm/dl 이상인 여자 회원 44명을 대조군으로 하였다(Table 1). 이들은 모두 병력과 이학적 진찰 소견에 특기할 만한 것이 없었고, 검사 성적으로는 심전도, 흉부 X-선 사진, 폐환기 기능, 그리고 공복시에 채혈한 혈액에서 간기능, 신기능, 혈당, 지질, 요산치 등을 비롯하여 일반 뇨검사 성적 등이 모두 정상 범위내에 있었으며 빈혈의 원인은 철결핍인 것으로 생각되는 예들이었다.

## 2. 방 법

최대운동부하 검사는 Bruce법<sup>7)</sup>에 의해서 미국 Quinton 회사제 답차 Q55를 사용하여, 같은 회사제인 Q5000으로 심전도를 감시 기록하면서, 피검자가 피로나 호흡곤란 때문에 더 이상 운동을 계속할 수 없을 때까지 운동을 시켰다.

운동중과 회복기 동안의 호기의 호흡성 gas의 분석과 양의 측정에는, 피검자의 안면에 저저항 고속판막(low resistance high velocity valve)이 부착되어 있는 미국 Hans Rudolph 회사제 mask를 씌우고 이를 사관(蛇管, corrugated tube)으로 pneumotachograph와 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 분석기가 장치되어 있는 Q-Plex I(미국 Quinton 회사제)에 연결하여, 매 20초마다, 분당 호흡수(RR), 호기량(V<sub>E</sub>), O<sub>2</sub> 섭취량(V<sub>O<sub>2</sub></sub>), CO<sub>2</sub> 배출량(V<sub>CO<sub>2</sub></sub>), 그리고 상시호흡

Table 1. Characteristics of control and anemia groups

	Control(n=44)	Anemia(n=22)
Age(year)	40.3 ± 4.26	39.9 ± 4.41
Height(cm)	158.8 ± 4.75	160.2 ± 5.05
Weight(Kg)	56.0 ± 5.19	56.0 ± 5.89
BSA(M <sup>2</sup> )	1.57 ± 0.085	1.58 ± 0.090
Hemoglobin(gm/dl)	13.1 ± 0.68	11.3 ± 0.56***
Hematocrit(%)	38.3 ± 2.68	33.8 ± 2.34***

Values are mean ± SD. BSA : body surface area. \*\*\*p < 0.001 anemia vs control groups.

량( $\dot{V}_T$ )과  $O_2$  및  $CO_2$ 의 환기당량( $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$  &  $\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$ ) 등을 숫자와 곡선으로 기록해 내도록 하였다. 그리하여 최대운동시의 이들 지표의 성적 결정은 최대운동 중지시점을 중심으로 해서 그 직전과 직후에 기록되어 나온 여러 성적 가운데  $\dot{V}_{O_2}$ 가 많은 시점의 것을 택하였다.

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

본 연구에서 여러지표의 성적의 통계적 유의성 검정은 Student t 검정법으로 하였다.

## 결 과

빈혈군과 정상대조군에서의 분당 최대심박수(HR max), 체중 1kg당 분당 최대산소섭취량( $\dot{V}_{O_2}$  max)과 이들로부터 유도되는 여러 지표의 성적은 Table 2와 같다. 즉 HR max의 평균은 빈혈군에서 179.8회, 대조군에서 180.4회로 양군사이에 유의한 차이가 없었으며,  $\dot{V}_{O_2}$  max의 평균도 빈혈군에서는 42.4ml/min/kg, 대조군에서는 42.5ml/min/kg으로 양군사이에 유의한 차이가 없었다. 한편  $\dot{V}_{O_2}$  max로부터 유도되는 단위체표면적당 분당 산소섭취량( $\dot{V}_{O_2}/M^2$ ), HR max와  $\dot{V}_{O_2}$  max로부터 산출되는  $O_2$  맥( $O_2$  pulse)의 평균도 양군사이에 유의한 차이가 없었다.

그리고  $\dot{V}_{O_2}$  max와 최대운동시의  $CO_2$  배출량( $\dot{V}_{CO_2}$  max) 및 호흡교환비(respiratory exchange ratio, RER)의 성적은 Table 3과 같다. 즉  $\dot{V}_{O_2}$  max의 평균은 빈혈군에서는 2.37L/min, 대조군에서 2.38 L/min로서  $\dot{V}_{O_2}$  max(ml/kg/min)와 마찬가지로 양군사이에 유의한 차이가 없었다. 그리고  $\dot{V}_{CO_2}$  max의 평균도 빈혈군에서는 2.58L/min, 대조군에서는 2.60L/min로서 양군사이에 유의한 차이가 없었으며, 최대운동시의 RER의 평균은 빈혈군과 대조군에서 다 같이 1.09였다.

빈혈군과 대조군에서의 최대운동시의 RR, 단위 체표면적당 분당환기량( $\dot{V}_E/M^2$ ), 그리고  $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$  및  $\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$ 의 성적은 Table 4와 같다. 즉 RR,  $\dot{V}_E/M^2$  그리고  $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$  및  $\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$ 의 평균도 모두 양군사이에 유의한 차이가 없었다.

빈혈군과 대조군에서의 최대운동시의 상시호흡량( $\dot{V}_T$ )의 VC에 대한 비( $\dot{V}_T/VC$ )와  $\dot{V}_E$ 의 MVV에 대한 비( $\dot{V}_E/MVV$ )도 Table 5와 같이 양군사이에 유의한 차이가 없었다.

## 고 안

한국인의 혈색소의 정상치에 대해서는 보고자에 따라 차이가 있으나 대체로 여성에서는 12gm/dl를 정상하한치로 정하고 있는 듯 하다<sup>8)</sup>. 한편 혈액의  $O_2$  및  $CO_2$ 의 운반은 혈색소와 혈장에 의해서

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

	Control(n=44)	Anemia(n=22)
HR max (beat/min)	180.4 ± 9.41	179.8 ± 7.60
$\dot{V}_{O_2}$ max (ml/kg/min)	42.5 ± 5.62	42.4 ± 5.87
METs	12.1 ± 1.61	12.1 ± 1.68
$O_2$ pulse (ml/beat)	13.2 ± 1.94	13.2 ± 2.02
$\dot{V}_{O_2}/M^2$ (L/min)	1.52±0.194	1.50±0.215

Values are mean±SD. METs : metabolic equivalents. All differences between anemia and control groups are not significant.

Table 3. Maximal oxygen uptake and carbon dioxide elimination( $\dot{V}_{O_2}$  max &  $\dot{V}_{CO_2}$  max) and respiratory exchange ratio (RER) at maximal exercise

	Control(n=44)	Anemia(n=22)
$\dot{V}_{O_2}$ max(L/min)	2.38±0.351	2.37±0.368
$\dot{V}_{CO_2}$ max(L/min)	2.60±0.376	2.58±0.368
RER	1.09±0.038	1.09±0.033

Values are mean±SD. All differences between anemia and control groups are not significant.

**Table 4.** Respiratory rate(RR), minute ventilation( $V_E$ ), and ventilation equivalents for oxygen & carbon dioxide( $V_E/V_{O_2}$  &  $V_E/V_{CO_2}$ ) at maximal exercise

	Control(n=44)	Anemia(n=
RR(/min)	46.6± 7.31	45.0± 7.15
$\dot{V}_E/M^2(L/min)$	82.9± 13.67	86.4± 13.26
$V_E/V_{O_2}(L)$	34.9± 3.82	36.8± 3.99
$V_E/V_{CO_2}(L)$	32.0± 3.54	33.6± 3.33

Values are mean±SD. All differences between anemia and control groups are not significant.

**Table 5.** Ratios of tidal volume to vital capacity ( $V_T/VC$ ) and minute ventilation to maximal voluntary ventilation ( $V_E/MVV$ ) at maximal exercise

	Control(n=44)	Anemia(n=22)
$V_T/VC(\%)$	48.3± 7.94	50.0± 6.47
$V_E/MVV(\%)$	67.0± 14.57	72.4± 16.93

Values are mean±SD. All differences between anemia and control groups are not significant.

이루어지는데 이중  $O_2$ 는 혈장에 대한 용해도가 낮기 때문에 정상인에서 동맥혈의 경우  $O_2$ 의 99% 정도가 혈색소와 결합되어 운반되고 나머지 1% 정도만이 혈장에 녹아서 운반된다고 한다<sup>1,2)</sup>. 따라서 빈혈이 있을 경우 단위혈액량당의  $O_2$  운반능이 감소되어 말초조직의 저산소증을 일으킬 수 있다. 그러나 빈혈환자에서는 조직에  $O_2$  공급을 정상 또는 거의 정상에 가깝게 유지하기 위하여 4가지 기본적인 기전이 작용한다고 한다<sup>6)</sup>. 즉 만성 빈혈환자에서는 (1) 심박출량이 증가하고 (2) 혈류속도가 증가되며 (3) 순환하는 산화혈색소로부터 조직이 더 많은 비율의  $O_2$ 를 추출함으로써 심장에 부담을 주지 않으면서  $O_2$  공급을 증가시키며 (4) 생명유지에 중요성이 적은 기관으로부터 필수적인 기관(vital organ)으로 혈액이 선택적으로 단락(selective shunting)되는 양이 증가되는데, 이러한 기전은 한가지만이 단독으로 나타나는 것이 아니라 빈혈의 정도나 그 기간에 따라 각 기전이 작용하는 정도가 다르다고 한다<sup>6)</sup>. 한편 심·폐기능에는 예비능이 많을 뿐만 아니라 빈혈환자에서는 말초조직에  $O_2$  공급을 정상적으로 유지하기 위한 여러 가지 대상기전이 나타나기 때문에 안정시의 심·폐기능검사 만으로는 빈혈이 심·폐기능에 미치는 영향을 충분히 파악하기 어렵고 또한 운동능력을 평가하는 데도 문제점이 있을 것으로 생각된다. 반면 운동부하검사에서는 운동부하량의 증가에 따라 더 많은 양의  $O_2$ 가 조직에 공급되게 되는데 이 과정에서의 폐환기 기능과 심박출량에 대한 여러

가지 정보를 얻을 수 있기 때문에 빈혈환자에서 심·폐기능에 대해 보다 더 많은 정보를 얻을 수 있다.

한편  $\dot{V}_{O_2} \max$ 는 심박출량과 동정맥혈의  $O_2$  함량차의 곱으로 나타낼 수 있으며<sup>9)</sup>, 평소 별로 운동을 하지 않던 정상인에서의  $\dot{V}_{O_2} \max$ 는 안정시의 10~15배 가량 된다고 한다<sup>10)</sup>. 저자들의 성적에서  $\dot{V}_{O_2} \max$ 는 빈혈군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없었으며  $\dot{V}_{O_2} \max$ 와 HR max로부터 유도되는  $\dot{V}_{O_2}/M^2$  및  $O_2$ 맥에도 유의한 차이가 없었다. 운동시의  $\dot{V}_{O_2}$ 의 증가는 심박출량의 증가와 동정맥혈 산소분압차이의 증가에 의하는데<sup>9,10)</sup>, 정상인에서 운동중의 심박출량의 증가는 처음에는 구혈량(stroke volume)과 HR의 증가에 의하나 운동강도가 높아짐에 따라 주로 HR의 증가에 의한다고 한다<sup>11)</sup>. 저자들의 경우는 빈혈군과 대조군 사이에 HR max에 유의한 차이가 없었고, 박출량의 지표로 간주할 수도 있는  $O_2$ 맥에 유의한 차이가 없었으며,  $\dot{V}_{O_2} \max$ 에도 양군사이에 차이가 없었다. Lukaski등<sup>12)</sup>도 20대 여성에서 철결핍 식사, 사혈 등으로 철결핍을 유도하기 전후에 ergometer에 의한 단계적 최대운동부하검사를 시행하였던 바 운동시간, HR max, RR,  $\dot{V}_E$  및  $\dot{V}_{O_2} \max$ 에 차이가 없었다고 하였다. 그러나 이 연구에서는 철결핍 유도 후의 혈색소치가 평균 13.4gm/dl에서 12.0gm/dl로 유의하게 감소되기는 하였으나 저자들의 빈혈환자군에서 보다는 다소 높았다. 한편 말기 만성신부전으로 혈액투석을 받고있는 환자들을 대상으로 recombinant human

erythropoietin을 투여하기 전과 후에 실시한 운동부하검사에 대한 몇몇 연구자들의 보고에 의하면 빈혈군<sup>13</sup> 후에  $Vo_2$  max가 유의하게 증가되었다고 하는데 이들의 혈색소치의 평균은 치료 전에는 대체로 6gm/dl였고 치료 후에도 10gm/dl 정도였던 상당히 심한 빈혈환자들이었다<sup>13-16</sup>).

운동을 하게되면 근육은 energy원으로 근육내에 저장되어 있던 당원과 혈액내의 포도당 및 유리지방산(FFA)을 사용하게 된다. 안정시에는 FFA가 근육의 주요 energy 공급원이나 운동시에는 운동시간, 운동의 강도 및 평상시의 훈련의 유무에 따라 energy 공급원이 달라진다고 한다<sup>17</sup>). 그리고 운동의 강도가 증가할수록 당원의 이용률이 증가하여 최대운동량의 80%에 이르게 되면 당원에서 얻어지는 energy가 FFA에서 얻어지는 energy의 2배가 되고 최대운동시에는 근육이 사용하는 energy의 대부분이 당원에서 얻어진다고 한다<sup>18</sup>). 저자들의 예에서 최대운동시의 RER이 양군 모두에서 정상인의 안정시보다 증가되어 있었다. 그러나 최대운동시의 RER에 양군사이에 유의한 차이가 없었던 것은 양군에서 다 같이 운동부하검사에서 운동강도를 증가시킴에 따라 포도당이 이용되는 정도가 빈혈군과 대조군 사이에 차이가 없음을 시사한다고 하겠다. 그러나 Lukaski등<sup>12</sup>)은 20대 여성에서 앞서 기술한 바와 같은 방법으로 철결핍을 유도한 후에 시행한 최대운동부하검사에서 철결핍유도 전후에  $Vo_2$  max,  $\dot{V}_E$ , HR max 및 RR에는 차이가 없었으나  $V_{CO_2}$  max, RER, 및 혈중유산농도는 철결핍유도 이전에 비하여 유의하게 증가되었다고 하였으며 이는 유산소성 energy 생산(aerobic energy production)의 감소와 당분해의 증가에 의한 것이라고 하였다. 한편 Lundin등<sup>14</sup>)도 말기 만성신부전 환자에서 치료 후 혈색소치가 평균 7.1gm/dl에서 9.8 gm/dl로 증가되었을 때 RER은 평균 1.13에서 0.92로 감소하였다고 하였다.

정상인에서 운동시에 일어나는 환기의 변화를 보면  $\dot{V}_E$ 의 증가는  $V_T$ 와 RR의 증가에 의하는데,  $V_T$ 의 증가는 VC와 밀접한 관계가 있어서 일반적으로 VC의 50%까지 증가될 수 있고,  $\dot{V}_E$ 의 증가는 무산소역치(anaerobic threshold) 이하의 운동에서는 주로  $V_T$ 의 증가에 의한다고 한다<sup>19,20</sup>). 또한 최대운동시  $\dot{V}_E$ 는 MVV의 약 70%에 달한다고 하는데

<sup>19,21,22</sup>) 저자들의 예에서도 양군에서 다 같이 최대운동시의  $V_T/VC$ 의 평균이 약 50%였고,  $\dot{V}_E/MVV$ 는 70% 전후로 다른 학자들<sup>19,21,22</sup>)의 성적과 유사하였으며 양군사이에 유의한 차이가 없었다. 또한 저자들의 예에서 최대운동시의 RR도 양군사이에 유의한 차이가 없었는데 Lukaski등<sup>12</sup>)도 20대 여성에서 철결핍유도 후 실시한 최대운동부하 검사에서  $\dot{V}_E$ ,  $V_T$  및 RR이 철결핍유도 전후에 유의한 차이가 없었다고 하였다. 그러나 Metra등<sup>16</sup>)은 말기 만성신부전 환자에서 recombinant human erythropoietin으로 치료하기 전 혈색소의 평균이 5.9gm/dl에서 치료 후 9.9gm/dl로 증가되었을 때 RR에는 변화가 없었으나  $\dot{V}_E$  및  $V_T$ 는 치료 전에 비하여 치료 후 유의하게 증가되었다고 하였다. 한편  $\dot{V}_E/V_{O_2}$ 와  $\dot{V}_E/V_{CO_2}$ 는 단위량의  $O_2$ 의 섭취 및  $CO_2$ 의 배출을 위한 환기의 지표인데 Hartley등<sup>23</sup>)은 운동시의  $\dot{V}_E/V_{O_2}$ 가 훈련 전·후에 차이가 없었고, 최대운동시의 환기량( $\dot{V}_E$  max)의 증가는  $\dot{V}_{O_2}$ 의 증가에 따른 이차적인 변화라고 하였다. 그리고 Davis등<sup>24</sup>)도  $\dot{V}_E/V_{O_2}$ 는 지구력 훈련 전·후에 차이가 없었으며 훈련 중의  $\dot{V}_E$  max의 증가는  $V_{CO_2}$ 의 증가에 따른 환기요구량의 증가 때문이라고 하였다. 저자들의 성적에서는  $\dot{V}_E/V_{O_2}$  및  $\dot{V}_E/V_{CO_2}$ 에 빈혈군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없었는데 이는 빈혈의 정도가 경한 저자들의 예에서 최대운동시에  $O_2$ 의 공급 및  $CO_2$ 의 배출, 그리고  $\dot{V}_E$ 가 빈혈군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없었던 것으로 보아 당연한 것으로 생각된다.

## 요 약

### 연구배경 :

특기할 만한 자각증상이 없는 경한 철결핍성 빈혈환자에서 최대운동부하 심·폐기능에 정상인과 차이가 있는지의 여부를 알아보기 위해서 경한 빈혈이 있는 여자환자와 빈혈이 없는 건강대조군을 대상으로 최대운동부하검사를 실시하여, 최대운동시의 여러 지표의 성적을 비교관찰하였다.

### 방 법 :

혈색소치가 10.0gm/dl 이상 12.0gm/dl 미만인 것을 제외하면 다른 여러검사성적이 정상인 30~40대 여성 22명(빈혈군)과 12.0gm/dl 이상인 같은 연령층의 여성 44명(대조군)을 대상으로 Bruce법

으로 최대운동부하검사를 실시하여, 최대운동시의 여러 지표의 성적을 비교관찰하였다.

#### 결 과 :

빈혈군과 대조군 사이에  $\dot{V}O_2$  max, HR max,  $\dot{V}CO_2$  max,  $\dot{V}_E$  max 등을 비롯하여 이들로부터 유도되는 여러지표들, 그리고 최대운동시의  $V_T/VC$  및  $\dot{V}_E/MVV$ 등도 모두 빈혈군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없었다.

#### 결 론 :

경한 철결핍성 빈혈환자에서는 최대운동부하에 대한 심·폐기능 반응이 대조군과 다를 바 없었으며 이는 경증 빈혈환자에서는 대상기전에 의해 최대 운동시에도 조직으로의  $O_2$  공급이 감소되지 않음을 시사한다.

### References

- West JB : *Ventilation, Blood Flow, and Gas Exchange, In Textbook of Respiratory Medicine. Murray JF, Nadel JA. p79, Philadelphia, Saunders, 1988*
- 이원식 : 동맥혈가스분석. p29, 경북대학교출판부, 1989
- Castle WB, Minot GR : *Pathological Physiology and Clinical Description of the Anemias. New York, Oxford University Press, 1936 (Quoted by Graettinger<sup>5)</sup>)*
- Brannon ES, Merrill AJ, Warren JV, Stead JA Jr : *Cardiac output in patients with chronic anemia as measured by the technique of right atrial catheterization. J Clin Invest 24 : 332, 1945*
- Graettinger JS, Parsons RL, Campbell JA : *A correlation of clinical and hemodynamic studies in patients with mild and severe anemia with and without congestive failure. Ann Intern Med 58 : 617, 1963*
- Porter WB, James GW III : *The heart in anemia. Circulation 8 : 111, 1953*
- Bruce RA, Blackmon JR, Jones JW, Strait G : *Exercise testing in adult normal subjects and cardiac patients. Pediatrics 32 : 742, 1963*
- 심영학 : 빈혈의 진단. 제44차 대한내과학회 추계 학술대회초록집 부록 (II) : 263, 1992
- Mitchell JH, Blomqvist G : *Maximal oxygen uptake. N Engl J Med 284 : 1018, 1971*
- Burce RA : *Normal values for  $\dot{V}O_2$  and  $\dot{V}O_2$ -HR relationship. Am Rev Respir Dis 129(Suppl) : S41, 1984*
- Fox EL : *Sports Physiology. p175, Philadelphia, Saunders collage, 1979*
- Lukaski HC, Hall CB, Siders WA : *Altered metabolic response of iron-deficient women during graded, maximal exercise. Eur J Appl Physiol 63 : 140, 1991*
- Macdougall IC, Lewis NP, Saunders MJ, Cochlin DL, Davies ME, Hutton RD, Fox KAA, Coles GA, Williams JD : *Long-term cardiorespiratory effects of amelioration of renal anaemia by erythropoietin. Lancet 335 : 489, 1990*
- Lundin AP, Akerman MJH, Chesler RM, Delano BG, Goldgerg N, Stein RA, Friedman EA : *Exercise in hemodialysis patients after treatment with recombinant human erythropoietin. Nephron 58 : 315, 1991*
- Baraldi E, Montini G, Zanconato S, Zacchello G, Zacchello F : *Exercise tolerance after anaemia correction with recombinant human erythropoietin in end-stage renal disease. Pediatr Nephrol 4 : 623, 1990*
- Metra M, Cannella G, La Canna G, Guaini T, Sandrini M, Gaggiotti M, Movilli E, Dei Cas L : *Improvement in exercise capacity after correction of anemia in patients with end-stage renal failure. Am J Cardiol 68 : 1060, 1991*
- Calles-Escandon J, Felig P : *Fuel-hormone metabolism during exercise and after physical training. Clin Chest Med 5 : 3, 1984*
- Simon HB : *Exercise, health and sports medicine., In Scientific American Medicine. Rubinstein E, Federman DD. New York, Scientific American Inc., 1990*
- Hansen JE, Sue DY, Wasserman K : *Predicted values for clinical exercise testing. Am Rev Respir Dis 129 (Suppl) : S49, 1984*
- Pardy RL, Hussain SNA, Macklem PT : *The ventilatory pump in exercise. Clin Chest Med 5 : 35, 1984*
- 박희명 · 최동욱 · 김유문 · 김종석 · 김상훈 · 박재용 · 정태훈 : 수영선수에서 집중훈련이 최대운동부하 심·폐기능에 미치는 영향, 수영선수와 비선수의 차이를 포함해서. 대한스포츠의학회지 10 : 177, 1992
- 송준화 · 성영호 · 한재호 · 최창필 · 우언조 · 박재용 · 정태훈 · 박의현 · 박희명 · 박언희 · 김유문 · 김종석 : 축구선수에서 집중훈련이 최대운동부하

심폐기능에 미치는 영향. 순환기 22 : 1001, 1992

- 23) Hartly LH, Grimby G, Kilborn A, Nilsson NJ, Astrand I, Bjure J, Ekblom B, Saltin B : *Physical training in sedentary middle-aged and older men. 3. Cardiac output and gas exchange at submaximal and maximal exercise. Scand J Clin Lab Invest* 24 : 335, 1969 (Quo-

ted by 박<sup>21)</sup>)

- 24) Davis JA, Frank MH, Whipp BJ, Wasserman K : *Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. J Appl Physiol* 46 : 1039, 1979