

# 高地 體力鍛鍊時 效果 增大를 위한 方案 研究

高成京

空軍士官學校

## The Study of the Guideline for High Altitude Training

Seong Kyeong Ko

Korea Air Force Academy

### ABSTRACT

To study on the guideline for high altitude training, physiological changes are considered. The recommended is to deeply understand for altitude physiology, not to exposure at high for elite athlete, to climb progressively and to train at 3000~5300m. Steady altitude exposures should be limited to periods of 2 to 4 weeks. During the training, the intermittent sea level or extremely high trips should be scheduled. It is expected that this study would be contributed to sport trainer, athlete and climber.

---

Key Words : High Altitude Training, Physiological Changes

### I. 서 론

인간의 정복욕 발현의 한 형태로서 고산지대로의 등정은 과거에서 부터 계속되어 왔으며 최근에는 경제적 풍요에 힘입어 고지대에서 출발하는 해글라이딩, 파라글라이딩, 스카이다이빙과 같은 형태의 스포츠에 참여하는 대중들이 증가하고 있는 추세이다. 또한 경쟁 스포츠에 있어서 고산지대의 주민들이 운동수행능력 중 지구력 (endurance)이 특히 우수하여 각종 경쟁에서 호성적을 거둠으로서 많은 스포츠 지도자들은 고지대에서의 체력단련이 지구력 향상에 기여할 것으로 보고 있다.

이러한 관점은 저지대 (海水面에 근접된 거주지역)에서 생활하는 사람들이 일정기간 이상 고지대에서 지내게 되면 저기압과 이에 따른 낮은 酸素分壓에도 견딜 수 있도록 신체에는 폐관류량 증가와 폐활량 증가, 혈액 및 말초조직의 산소 흡착력 증가 그리고 혈액내 적혈구량 증가와 같은 순응현상 (acclimatization)이 나타난다는데 근거를 두고 있다.

그러나, 이와같이 지구력 향상에 유익한 신체 변화와 함께 반드시 論意되어야할 점으로 고산병 (acute mountain sickness)과 고지대에서의 최대산소섭취량 (maximum

oxygen uptake)의 저하가 있는데, 이들 요소는 고산지대에서의 체력단련을 방해하거나 체력단련시 최대근력의 발현을 억제하는 역할을 하며, 경우에 따라서는 고지대에서의 체력단련 成果 자체를 의심하게 만드는 원인이 될 수 있는 것이다. 때문에 선행연구들 사이에서도 고지대 체력단련의 효과를 분명히 하지 못한 경우가 많고 異見이 相存하고 있는 실정이다.

이는 고지에서의 생리적 변화 및 운동능력 변화에 대한 細細한 고찰이 부족하여 고산병과 같은 신체증상을 정확히 이해하지 못하였으며, 고지대에서 체력단련시 효과를 증대시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 거의 이루어지지 못해 나타난 결과들로서 이에 대한 연구가 절실한 실정이다.

이에 본 연구에서는 고지에서의 생리적 순응을 호흡계 및 심혈관계 등의 측면에서 고찰하여, 고산병과 같은 신체적 증상의 발생원인에 대해 가능한 가설을 설정함과 함께 고지대 체력단련시 효과 증대를 위한 방안을 강구하고자 하였다.

## II. 고지대 등정의 제한요소

사람들이 고산지대의 환경에 완전하게 순응되었을 때 지구의 최고점을 산소의 추가 공급없이 등정할수 있는지 여부는 많은 연구자들의 관심 사항였으며, 1960년대까지는 고지환경을 고려할 때 그것은 불가능하다는 것이 지배적인 주장이었다. 그것은 고지대에서 산소분압의 급격한 감소에 의한 저산소증, 폐확산능력의 제한 그리고 고산병 증세의 심화와 같은 이유에서였다. 그러나, 1978년 Messer팀이 추가적인 산소 공급없이 에베레스트(Everest) 산을 정복함으로써 인간의 한계고도에 대한 재고가 불가피하게 되었다.

### 1. 고지대의 기압변화

고지대에서의 기압 변화는 산소분압의 변화를 의미하는 것으로 생리학적 운동수행을

표 1. 고도에 따른 대기압 및 산소 분압의 변화

고도 (M)	대기압 (mmHg)	산소분압 (mmHg)	기온 (°C)
0	760	159.2 (149.3)	15
2000	596.3	124.9 (115.1)	2.00
4000	462.5	96.9 ( 87.0)	-10.94
6000	354.2	74.2 ( 64.3)	-23.96
8000	267.4	56.0 ( 46.2)	-36.94
9000	231.0	48.4 ( 38.5)	-43.42

\* 산소분압 : dry gas (moist gas)

결정하는 요소가 된다. 즉, 고도의 증가와 함께 대기압은 감소하며, 이에 비례하여 산소분압 (Po<sub>2</sub>) 도 감소하기 때문이다. 고도에 따른 대기압 및 산소 분압의 변화는 표에서 보는 것과 같다. 산소분압의 감소는 폐포의 산소 분압을 감소시켜 폐확산효율을 낮출 뿐만 아니라 혈중 산소의 포화도를 떨어뜨리는 결과를 가져오게 된다. 이같은 결과는 신체에 산소부족 증세를 야기하며 저산소증(hypoxia)이라고 한다

## 2. 저산소증(hypoxia)

저산소증은 발생 형태에 따라 산소분압의 감소에 의한 Hypoxic Hypoxia, 일산화기체 중독과 같이 혈액의 산소운반능력 감소에 의한 Anemic Hypoxia, 고중력가속도 노출시 극부적인 순환 장애로 발생하는 Stagnant Hypoxia 그리고 세포차원에서 산소 이용능력 감소에 의해 발생하는 Stotoxic Hypoxia로 구별된다. 발생형태에 따라 서로 다른 증세를 나타내는데 이중 고산지대에서 발생하는 Hypoxic Hypoxia의 증세 심화는 크게 4가지로 구별지어 볼 수 있다. 처음단계는 의식할 수 없을 정도의 증세(indifferent stage)로서 가벼운 운동시 호흡공기(산소)가 아쉽다고 느껴지는 정도를 말한다. 이때 나타나는 대표적인 증세는 夜間視의 불량이다. 두번째 단계는 산소부족에 따른 보상이 일어나는 단계(compensatory stage)로서 2500m이상의 고도에서 부터 나타난다. 보상의 과정에 따라 1~2시간내에 나타나는 급성반응(acute response), 수시간에서 1~2년까지 지속되는 순응(acclimatization)과 수년에서 평생을 걸쳐 일어나는 적응(adaptation)으로 구별할 수 있다. 급성반응은 심박수와 폐환기(ventilation)량의 증가가 있으며, 순응에는 혈중 헤모글로빈의 농도와 모세혈관 밀도 증가 및 hypoxia에 대한 호흡의 민감도 증가가 있다. 적응의 형태로는 폐활량의 증가, 특히 잔류용적의 증가와 Hypoxia에 대한 민감도가 무디어지며 carotid body의 크기 증가 등이 있다. 그런데 저지대인이 고지대에서 순응되는 과정에 있어서 나타나는 생리적 변화들은 신체의 각 부위에서 동시에 발생하며 조직에 따라 순응시간에 차이가 있다. 또한 체류기간이 지속됨에 따라 생리적 반응들은 점차 해수면의 수준으로 회복되는 경향을 띠는 것이 일반적인 현상이다.

저산소 환경에서 생리적 보상단계로 이를 극복하지 못한 경우 신체 각 조직에서는 기능이 저하되는 단계(disturbance stage)로 발전하게 된다. 이 단계에서는 가벼운 두통, 졸림, 나른함, 손가락의 저림과 같은 가벼운 증세에서 부터 메스꺼움이나 자기도취(euphoria)와 같이 발전된 증세를 보이는 경우가 많다. 특히 이 단계에서는 판단력이 무디어지며 기억력과 신체의 조정력(agility)의 감퇴와 같이 자율신경계의 기능 저하가 특징적이다. 이러한 증세는 보통 3000m 고도까지는 나타나지 않으며 4500m에서도 數分 동안은 지극히 정상을 유지하는 것으로 보고 되고 있다. 그러나 저지대인이 4500m에서 장기간 체류할 경우 정신기능(mental proficiency)은 크게 저하되는데 4500m에서 1시간 노출되면 지능은 약 50% 감소하며, 18시간 노출되면 단지 20% 수준 밖에 이르지 못한

다고 한다.

저산소증의 최종적인 단계는 생명에 치명적인 손상을 가져오는 단계(critical stage)로서 昏睡狀態(coma)에 이르게 된다. 8000m 이상의 고지에서는 저산소에 의한 뇌 조직의 대사가 저하되며, 그 결과로 호흡중추는 기능이 점차 마비되게 된다. 또한 이것은 화학수용기(chemoreceptor)를 적절하게 자극하지 못함으로서 호흡은 급격히 줄어들어 사망에 이르게 된다. 이러한 기전에 의해 Sharp(1978)는 에베레스트 산 정상에서는 2분 이내에 의식을 잃는다고 하였다.

### 3. 고산병(High Altitude Illness)

고산병은 크게 Acute mountain sickness (AMS), High altitude pulmonary edema (HAPE), High altitude cerebral edema (HACE)로 구분할 수 있다. AMS는 2000m이하에서는 발생하지 않으며 증세로는 두통, 나른함, 구토, 호흡곤란 및 간헐적 호흡이 있다. AMS는 등정 즉시 발생하며 두통과 구토는 심하게 발생하는 경우가 있다. HAPE는 2500m 이하의 고도에서는 발생이 거의 없으며 등정후 24~60시간 사이에 잠정적으로 증세가 발전되는 특성이 있다. 증세는 短呼吸, 기침, 무력감, 빈맥, 두통 등이 있으며 기침은 가끔 각혈을 하는 경우가 있다. HACE는 3500m이하에서는 자주 발생하지 않지만 위험하며, 심한 두통과 정신착란(mental confusion), 정서불안, 弱視, 운동력 감퇴등의 증세를 보인다. 고산병의 발생은 단계적 고지 순응이 되지않는 상태에서 갑작스럽게 저산소 환경에 노출됨으로서 발생한 것이며, 치료는 고산지대에서 하강함으로써 자연치료가 되는 경우가 많다.

고산병의 발생 기전에 대해서는 여러 가설이 제시되고 있으나 아직까지 완전한 설명은 없는 실정이다. 다만 부분적으로 HAPE의 발생에 있어, 저산소증은 다른 부위의 혈압 변화 없이 폐동맥압을 상승시키며, HAPE가 자주 발생하는 사람의 경우는 저산소증에 대해 과도하게 반응함으로서 폐동맥압을 평균치 이상 상승시킨다는 점은 입증된 바 있다. 이것은 Stueab의 가설에서 제안했듯이 HAPE의 발생은 폐모세혈관압의 과도한 상승으로 인해 일부 혈장이 폐포의 간질액 쪽으로 이동하여 나타난 것으로 볼 수 있다. 이에 비해 HACE의 발생기전은 異見이 더욱 많은 실정으로 HAPE와의 관계도 조사되지 않고 있다. 그러나 Hansen과 Evans(1970)에 의한 가설은 여러가지 고산병 증세를 설명할 수 있어 관심을 집중 시킨 바 있다. 즉, 저산소증은 세포차원의 active process인 Sodium pump의 활동을 방해하여 Sodium을 세포 밖으로 추출하는 것을 막게 되는데 이 결과 세포내의 삼투압은 상승되어 이를 보상하기 위해 다량의 물이 세포내로 이동함으로서 세포는 팽창되게 된다. 결국 이러한 현상이 뇌의 어느 부분에서 발생하는가에 따라 고산병의 형태에 차이가 있게 되며, 저산소증의 정도에 따라 Sodium pump의 기능이 변함으로서 증세의 增減이 있을 수 있다는 것이다. 그러나 이러한 의의 있는 설명에도 불구하고 고지대에서 신체가 이용하는 산소분자의 절대수는 해수면의 경우와 다르지 않다는

점은 보다 깊은 설명을 필요로 하고 있다.

## Ⅱ. 고지대에서 운동능력

저산소증은 신체의 산소전달계 기능을 저하 시키며 운동시에는 이러한 현상이 더욱 심화 되어진다. 따라서 고산지대의 운동시 고도의 증가와 함께 운동내구력(exercise tolerance)이 감소하는 것을 볼 수 있다. 고지에서의 운동능력 변화에 대한 관심은 1968년 Mexico City (2240m) 올림픽 경기를 통해 고조되었는데 올림픽 경기 결과 단거리 육상과 투척 경기의 기록은 공기 저항 감소에 의해 향상된 반면 중장거리 경주는 신체의 산소전달계가 기능에 제한을 받음으로서 기록이 저하되었으며, 선수들의 경기 후 회복속도는 현저하게 느려지는 특징이 조사되었다.

### 1. 호흡계의 변화

고산지대에 거주하는 원주민들은 저지대인들에 비해 흉곽의 발달이 현저하며 폐활량(total lung capacity)이 큰데 특히 잔류용적(residual volume)의 증가가 특징적이다. 이러한 형태적 변화는 저지대인이 고지대 순응 및 적응으로 얻을 수 없는 특징들이다. 저지대인의 고지대 등정시 나타나는 호흡생리적 변화는 폐환기량의 증가, 기체확산의 제한 및 관류-환기량의 불균형 등이 있다.

먼저 폐환기량의 증가는 분당 호흡수의 증가에 따른 것으로서 안정시 및 운동시에 해수면에서의 값을 크게 상회하는 결과를 나타낸다. 안정시 환기량은 완전한 순응이 되면 해수면의 값으로 회복 되며, 운동시에는 운동량과 고도의 증가에 비례하여 환기량은 증가하나 극단적으로 높은 지대에서는 오히려 감소한다는 보고도 있다. West(1983)에 의하면 1200m에서 6300m로 고도가 상승함에 따라 최대호흡수는 증가하는 반면 최대환기량은 증가후 다시 감소하는 경향을 보인다고 했다. 호흡역학적으로 볼 때 극도로 높은 고산지역에서의 호흡일은 공기 밀도의 감소에 따라 감소하므로 Maximum Voluntary volume은 고도에 따라 변화가 없다고 한다. 이러한 환기량의 증가는 산소분압 감소에 의해 혈중 산소분압과 포화도의 감소로 혈중 Buffers가 손실되고 pH의 감소가 발생하여 경동맥의 화학 수용기를 자극함으로써 호흡이 증가하게 된다. 또한 호흡을 통제하는 연수(medula oblongata)도 산소부족에 대해 호흡수의 증가를 야기하는데 이러한 중추의 작용은 말초에 있는 화학수용기에 작용으로 효과가 가중되어 나타난다는 것이다. 그러나 고지에서의 환기량은 BTPS(Body Temperature and Pressure, Saturated with water vapor)에서는 증가했으나 STPD(Standard Temperature and Pressure, Dry)상에서는 고도에 무관하게 해수면에서와 같다는 점은 주목할 사항이다.

고지에서 운동능력을 저하시키는 여러가지 요소들 중  $P_{aO_2}$ 와 산소포화도의 감소에 의한 폐확산의 제한이 가장 현저하다. 폐확산은 폐포내 기체가 모세혈관으로 확산하는

단계와 혈액에서 기체가 적혈구내로 이동하는 단계로 나눌 수 있는데 최대운동시에는 특히 後者の 확산이 제한 받아 최대운동수행력에 발현을 어렵게 한다. 고지순응에 의해 blood-gas barrier(혈중 기체와 적혈구의 사이막)를 통한 확산의 능력이 증가된다는 보고는 없으며, 해수면의 값이 고지에서도 유지된다고 한다. 폐확산에 관계되는 폐모세혈관의 혈액량도 해수면에 비해 낮은 값을 보이는데 이는 저산소에 의한 폐혈관 수축 때문인 것으로 보인다. 이러한 결과로 볼 때 혈액이 모세혈관을 지나면서 산소와 포화 되는 시간은 해수면에서와 같은 것으로 해석되며 따라서 해수면에 비해 낮은 산소 분압 상태에서 동일한 포화시간( $O_2$  saturation time), 해수면과 동일한 확산 능력으로 미루어 폐확산이 고지 운동을 제한하는 주요한 요소 중에 하나임을 알 수 있다.

고지에 노출된 폐에서 환기와 관류의 변화는 일정한 관류량의 분포에 의해 환기와 관류가 균형을 이루는 것으로 알려져 왔으나 최근의 보고에 의하면 고지에서 심한 운동을 할 경우 환기-관류량의 비는 불균형하게 커진다고 한다. 또한 고지에 순응이 안된 사람이나 심한 운동시 또한 고도의 상승에 따라 불균형은 더 심화되어 나타나는 것으로도 보고 되고 있다. 이러한 결과에 대한 설명은 아직 부족한 실정이나 가능한 기전은 HAPE에 의한 영향인 것으로 볼 수 있다.

## 2. 심혈관계의 변화

고지에 순응되지 않았거나 처음 노출된 사람은 안정시 및 운동시에 해수면의 반응치에 비해 심박출량과 심박수에서 높은 값을 나타낸다. 그러나 순응이 이루어진 사람의 경우 심박출량은 해수면의 값을 나타내나 심박수는 높게 유지되는데, 빈맥에 의해 일회박출량은 고도에 따라 작아지는 것을 볼 수 있다. 이러한 일회박출량의 감소가 저산소에 의한 심장수축 기능과 관계 되는지를 보기 위해 수축도를 측정하였으나 모든 고도에서 수축력은 유지되었으며 극히 높은 지대에서도 변화가 없었다. 최대운동시 최대심박출량, 최대심박수 및 일회박출량 모두 해수면의 값에 비해 낮게 나타났다.

폐동맥압은 순응된 저지대인 뿐만 아니라 고지대 원주민에서도 운동시 같은 운동강도의 해수면의 값에 비해 높게 형성되었는데 이는 저산소증에 의해 혈관이 수축되어 일어난 것으로 해석된다. 그러나 고지에서 폐동맥압의 회복을 보기 위해 100% 산소를 2~3주간 호흡하게 했어도 정상치로 회복되지 않는 것으로 보아 저산소에 의한 혈관 수축외에 다른 구조적인 변화가 관여하는 것으로 보인다.

## 3. 혈액의 조성 변화

고지에서 혈중 산소와  $CO_2$ 의 분압은 안정시 및 운동시에 낮다. 운동시 동맥내 산소 분압의 감소는 폐확산의 제한에 의한 것이며,  $CO_2$ 는 심한 운동시 안정시 값보다 낮은데 이는 과호흡의 영향으로 볼 수 있다. 혈중  $CO_2$ 의 하강은 pH의 증가(호흡성 alkalosis)를 야기하는데 고도의 증가에 따라 증가하며, 심한 운동시에도  $CO_2$ 의 하강과 낮은 락트

산 농도로 해서 Alkalosis는 심화되어 진다. 혈중 락트산은 Edward (1936)에 의하면 고지대에 순응된 사람이 낮다고 했으나 최근 보고에 의하면 안정시 및 운동시에 순응된 사람의 락트산 농도는 해수면에서와 같다고 한다. 이는 락트산의 형성이 혈중 산소농도와 무관하게 형성됨을 보여주는 것이다. 그러나 락트산의 농도가 낮음에도 과호흡등에 의해 혈중 Buffering 능력이 감소함으로써 산대사 물질의 축적을 가져와 운동 능력을 저하 시키게는데 영향을 주게 된다.

고지에 노출 될 경우 일정 기간 동안 혈중 헤모글로빈의 농도와 헤마토크리트 수치는 모두 증가하는데 이는 탈수에 의한 것으로서 산소운반 능력을 향상시키는 기전으로 보인다. 에베레스트 산 정상에 노출 되었을 때 헤모글로빈은 40%, 헤마토크리트는 66% 정도 증가하며 이를 넘어서는 증가에서는 혈액의 점성이 증가하여 순환을 방해하므로 위의 값이 유익한 수준의 한계 값으로 생각된다.

#### 4. 말초 조직의 변화

지금까지는 저산소증에 대한 말초 조직의 변화는 모세혈관 밀도의 증가로 대변되어 왔는데 최근의 연구에 의하면 모세혈관의 증가없이 근섬유의 직경이 감소에 의한 기체 확산거리의 단축이 주된 변화라고 한다. 이와함께 근세포내에서는 myoglobin이 증가하여 산소 확산을 돕는다고 한다. 아직 명확한 이해는 부족하지만 이들은 산소전달과 이용의 측면에서 매우 유용한 인자임에는 틀림이 없다. 그런데 최근 Wagner 등(1987)에 의하면 고지운동능력의 결정적 제한요소였던 확산능력이 말초에서 향상되는 것을 보고 하였는데 만약 이것이 확인된다면 말초에서의 기체확산거리 단축, 근세포내 myoglobin 증가와 함께 산소 확산능력이 향상된다는 것을 입증하게 된다.

#### 5. 최대산소소비량의 변화

고도의 증가와 함께 최대산소소비량은 감소하는데, 2500m에서 해수면에 비해 약 5~10%가 감소하며 에베레스트 산 정상에서는 20~25%가 감소한다고 한다. 그러나 여러 연구에서는 해수면의 최대산소소비량과 고지에서의 운동수행능력 사이에 아무 관계가 없다고 보고하고 있어 보다 이해 깊은 설명이 필요한 실정이다.

최대산소소비량이 감소한 고지에서 갑자기 100% 순수한 산소를 호흡하게 하였어도 해수면의 수준으로 회복되지 못하였는데 그 이유는 분명치 않으며 다만 헤모글로빈 농도가 증가함으로써 혈액의 점성 때문에 산소 운반이 방해를 받았거나, 수음에 따라 근섬유의 직경이 감소하여 절대 산소요구량 줄어들었거나 하는 가정들이 제기될 수 있다.

### IV. 고지훈련

고지훈련을 통하여 저지대의 운동능력을 향상시킬수 있는지 여부는 연구자들 사이에

큰 관심 사항이었으며 지금도 異見이 相存하고 있는 실정이다. 그러나 분명한 것은 최대근력을 발휘하는 우수선수의 경우 고지 훈련은 고지에 따른 적응 기간의 소모, 고산병, 피로 회복 지연, 최대산소섭취량 및 Buffering 능력 감소로 최대근력의 발현에 방해가 됨으로서 오히려 고지훈련은 효과가 적다는 것이다. 또한 고지 순응에 의해 근섬유의 직경이 감소하는 것도 근파워를 감소시키게 된다. 그러나 고지 훈련을 통하여 헤모글로빈이 증가되는 등의 생리적 변화는 트레이너들에게 호감이 가는 내용으로서 끊임없는 유혹이 되고 있다.

최근 Spriet(1986) 등은 헤마토크리트를 높이기 위해 자신의 헤모글로빈을 투여하였는데 변화는 작으나 통계적으로 유의한 최대산소소비량의 증가를 보고 하였다. 이는 적정 고도(5300m 이하의 고도)에서 훈련을 하게되면 負적요소를 제거하면서도 훈련의 효과를 증대시킬 수 있다는 것으로서 이에 대한 증명연구가 기대된다 하겠다.

한편, 고지대 원주민들의 경우 유전적인 요소와 함께 성장기에 고지적응이 생리적 변화에 영향이 크다고 보고되고 있어, 저지대의 성장기의 선수들도 고지대 훈련으로 훈련 효과를 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 고지대에서 경기가 계획되어 있는 경우, 시합에 참여하기 전에 점차 고도를 높여 고지대에서 훈련을 하는 것도 효과적인 것으로 알려져 있다.

고지훈련은 가끔 새로운 환경인 탓으로 훈련이 느슨해지거나 점진적인 체액의 손실(탈수)과 일회 박출량의 감소 및 의학적, 정신적 부작용에 의해 훈련의 성과를 거두지 못한 경우가 있다. 일반적인 고지훈련은 우수선수가 아닌 경우 최대하 운동시 지구력(endurance)을 향상시키므로 운동형태에 따라 적정훈련고지의 선택이 중요하며 3000m 이상, 5300m를 넘지 않는 것이 좋다. 적정고도 훈련은 체류시 2~4주를 넘지 않는 짧은 기간을 계획하는 필요하며 훈련 중에 간헐적으로 저지대로 내려와 근파워를 높이고 최대근력을 발휘할 수 있는 기회를 갖는 것이 필요하다. 또한 고도훈련 중에 더 높은 고지로 이동하여 간헐적인 훈련을 하는 것도 효과적이라는 보고도 있다.

## V. 결 론

본 연구에서는 고지대 체력단련 효과를 증대시키기 위한 방안을 講究하기 위해 고지에서의 생리적 변화를 고찰하였는 바, 다음과 같은 지침을 마련하였다.

고지훈련을 통한 체력단련시 효과를 증대시키기 위해서는 먼저 고지에서의 생리적 변화에 대해 깊은 이해가 필요하며, 우수선수의 경우 고지대 체력단련은 효과의 증대가 의심스러움으로 피하는 것이 요구되며, 일반선수의 체력단련은 점진적인 등정에 의한 훈련과 체류시 2~4주를 넘지 않는 단시간의 짧은 훈련, 그리고 3000~5300m 범위의 고지가 권장 될 수 있다. 또한 훈련 중이라도 상위 고지대와 해수면으로 이동훈련하여 근력의 유지와 생리적 변화를 위한 지속적인 자극이 요구된다 하겠다. 이들 지침은 고지대



체력단련을 계획하는 스포츠 지도자 및 선수, 일반 스포츠 참여자 및 등산가에게 기여하는 바 클 것으로 기대되며 더 많은 연구가 요구된다.

#### 참고문헌

- Books GA, Fahey TD "Exercise physiology." John Wiley & Sons, New York, 1984, pp 471-501
- Guyton AC "Textbook of medical physiology." 7th ed. WB Saunders Co Philadelphia, 1986 pp 528-543
- Shephard RJ "Physiology and biochemistry of exercise." Praeger Pub. New York, 1982 pp 422-432
- Ward MP, Milledges JS, West JB "High altitude medicine and physiology." Chapman and Hall Medical, London, 1989