

# 운동생리

(운동의 효과)

황애란 (연세대 간호대학 교수)



## 운동 생리

### (운동의 효과)

인체는 적절한 신체활동을 함으로써 모든 신체기관들의 기능을 유지하고 향상시킬 수 있도록 만들어져 있으나 과학의 발달에 따른 고도화된 자동화는 생활양식을 변화시켜 기계화된 생활에 의존하게 함으로써 신체기관들의 적응력이 낮아져 중년기에 퇴행성 질환인 성인병에의 이환율을 급증시키고 있다. 더욱이 나날이 급변하고 있는 사회환경은 많은 정신적 스트레스를 유발시켜 사회활동을 가장 왕성하게 할 연령층인 30-40대의 중년에서 암, 뇌졸중, 심근경색증, 죽상경화증, 고혈압, 및 당뇨병 등의 성인병을 호발시키고 있다. 일반적으로 성인병은 장기간에 걸쳐 서서히 진행하게 되므로 증상이 나타나 진단을 받게 될 때에는 상당히 병이 진행되어 이미 치료가 어려운 경우들이 많다.

지난 10여년동안 성인병은 급격히 증가하고 있는 추세로서 우리나라 사람들의 사망원인의 60%가 이 성인병에 기인하고 있다. 1992년 통계청이 발표한 사망자료에 의하면 인구 10만명당 사망자수가 암성질환이 110.9명으로 가장 높고 그 다음이 뇌혈관질환 80.4명, 사고가 69.1명, 심장병이 43.5명, 만성 간질환 및 간경변이 28.6명, 고혈압성 질환이 27.5명, 당뇨병이 13.5명 등의 순이었다.

사람의 건강이란 유전적 요인, 환경적 요인, 및 개인의 행동적인 요인에 의해 결정되는데 이중 행동적 요인은 건강에 가장 중요한 요인중의 하나이며 개인의 생활습관과 직접 관련되어 있다. 실제로 뇌혈관질환, 심장병, 고혈압성 질환, 및 당뇨병과 같은 성인병은 그 원인이 과다한 지방섭취나 신체활동부족과 같은 잘못된 생활습관에 주로 기인하고 있는데 이와 같은 사실은 곧 개개인이 생활습관을 교정하게 되면 성인병을 미리 예방할 수 있으며 또 성인병이 이미 발현했다 하더라도 그 진행속도를 늦추고 그에 따른 합병증을 예방할 수 있음을 의미한다.

여기에서는 운동의 종류 및 훈련시 나타나는 신체 각 시스템의 적응에 대해 설명하고자 한다.

## I. 운동의 종류

인체는 적절히 사용하면 각 기관의 기능이 향진되어 활기가 넘치게 되지만 사용하지 않게 되면 퇴화된다. 이러한 운동자극이 반복이 되는 경우에는 인체가 이에 적응을 하기 시작하여 각 기관의 기능이 향진되어 지속적으로 그 변화가 유지되는데 이를 훈련효과라고 부른다. 이와같은 적응반응은 다양한 운동자극에 대해 효율적으로 대처하게 하

여 줄 뿐만이 아니라 다양한 스트레스에서도 대응할 수 있는 능력을 함양하게 한다. 운동의 종류는 산소소모를 기준으로 다음과 같이 분류되며 운동의 종류에 따라서 그 훈련 효과도 다르게 나타난다.

## 1. 유산소성 운동

유산소성 운동은 3분이상 지속되는 동적인 운동으로서 운동하는 근육에 산소와 영양물질을 공급하고 탄산가스와 노폐산물을 제거하는 능력에 의해 그 운동능력이 결정된다. 따라서 심혈관계, 호흡계, 골근육계의 기능정도에 의존한다고 할 수 있으므로 이를 일명 심폐지구력(cardiopulmonary endurance)이라고 한다. 전신지구력운동이 유산소성 운동에 해당되며 이는 대근육군을 이용하여 중등도 강도에서 낮은 고강도의 운동을 장시간 지속하는 것으로 걷기, 조깅, 장거리 달리기, 수영, 각종 스포츠운동이 이에 속한다. 유산소성 운동은 심폐지구력을 증강시키기 때문에 심혈관계 질환에 대한 내구성이 증가된다.

## 2. 무산소성 운동

무산소성 운동은 3분이하의 정적인 운동으로서 혐기성 대사에 의존하며 근력운동(muscle strength exercise)과 근지구력운동(muscle endurance exercise)이 이에 속한다. 근력이란 한 근육군이 저항에 대항하여 발휘할 수 있는 최대 수축력을 말하는데 이 근력은 근육의 질량에 비례한다. 근력훈련을 하게 되면 근섬유의 굵기가 증가하여 근육의 비대가 발생하게 된다. 근지구력은 한 근육군이 일정한 시간동안 저항에 대항하여 지탱할 수 있는 최대의 수축력이다. 근지구력훈련을 하게 되면 근모세혈관이 발달되어 효율적으로 근수축을 유지할 수 있게 된다. 무산소성 운동은 근육을 강화시키고 뼈의 칼슘소실을 막아주는 중요한 기능이 있다.

# II. 규칙적인 운동의 효과

운동을 근력운동, 근지구력운동, 및 전신지구력운동으로 분류한 후 이를 기준으로 그 효과를 설명할 수도 있겠으나 여기에서는 인체 계통별로 묶어 운동의 효과를 설명하겠다.

## 1. 심폐계

최대산소섭취량은 인체가 최대로 운동을 하였을 때 섭취한 단위시간당 산소의 양으로서 전신지구력 훈련을 하였을 때 약 5-20%정도 증가한다. 최대산소섭취량은 운동능력의 지표로서 개체간의 운동능력을 비교하는 기준이 된다. 또한 최대산소섭취량은 산소를 말초조직에 공급하는 최대의 속도를 의미하며 이는 다음의 요인들에 의해 결정된다.

$$\text{산소섭취량} = \text{심박출량} \times \text{동정맥산소차}$$

심박출량은 조직으로 운반되는 산소 공급량의 결정인자이며 이 이외에 산소공급량은 적혈구내 헤모그로빈에 의한 산소운반능력 과도 밀접한 관련이 있다. 동정맥 산소차는 말초조직의 산소추출 및 이용능력을 의미한다. 규칙적인 전신지구력훈련은 심박출량을 증가시키고 헤모그로빈에 의한 산소운반을 활성화하며 말초조직에서의 산소추출 및 세포내에서의 산소 이용능력을 향상시켜 동정맥 산소차를 증가시킨다. 이와 같은 훈련효과는 다음 각 장기의 적응효과에 기인하나 최대산소섭취량의 제한요소는 심장의 펌프기능의 한계에 의해서이다. 즉 최대산소섭취량을 결정짓는 여러 요인들중에서 심장기능정도가 가장 중요한 변인이 된다. 따라서 최대산소섭취량은 심장능력의 지표로서의 역할을 한다.

### 1) 호흡

지구력 훈련을 하게 되면 호흡근의 발달을 유발시켜 폐용적을 증가시키고 기능을 하지 않던 폐포들을 열어 환기시킴으로서 그 결과 폐환기능이 향진된다. 이때 폐혈류량의 증가가 동시에 수반되기 때문에 폐포와 폐모세혈관사이에서의 기체확산의 효율이 증진되어 동맥혈내에 산소의 농도가 증가되어 산소분압이 높게 유지된다. 또한 호흡근자체에서도 근섬유내 조성의 변화가 일어나 적은 양의 산소를 이용하여 기능을 할 수 있게 됨으로써 호흡근의 효율성이 향진된다.

또한 지구력 훈련을 하게 되면 폐유순도(lung compliance)가 증가되고 동시에 기도저항이 감소되기 때문에 초시 강제호기량(Forced Expiratory Volume) 으로 그 능력을 평가했을 때 그 능력이 향상 된다.

### 2) 순환

전신지구력 훈련을 하게 되면 심장크기의 증가, 심박동수의 감소, 심박출량의 증가, 혈압감소 및 혈액량과 헤모글로빈의 증가가 나타난다.

먼저 심장을 살펴보면 좌심실 내강의 크기가 증가하면서 심장의 크기가 커진다. 좌심실 내강 크기의 증가는 곧 정맥환류를 통해 심장으로 유입되는 혈류량을 많이 받을 수 있어 심실의 이완기말 용적을 증가시킬 수 있다는 뜻이 되며 이는 곧 심근의 근원적인 성질(myogenic property)에 의해 더 강하게 수축하여 일회박출량(stroke volume)을 증가시킨다는 것을 의미한다. 안정시의 일회박출량이 70ml 인데 지구력 훈련을 하게 되면

100ml로 증가된다. 그리고 이때 심근의 모세혈관수, 혈류량, 및 세포내 미토콘드리아의 함량, 및 이에 관여하는 효소의 양과 활성도가 모두 향진되어 심근수축의 효율성을 높게 된다. 또한 지구력 훈련은 부교감신경의 심장지배를 강화시켜 안정시 심박동수의 감소를 유발하여 40-60회/분이 되는데 이는 일회박출량의 증가와 함께 심근의 효율이 증대된 것을 의미한다. 즉 동일한 심박출량에서 빠르게 심장주기를 반복하는 심장보다 느리게 심장주기를 반복하는 경우가 심근의 산소요구량이 적어지기 때문이다. 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 만약 규칙적으로 운동을 하지 않는 사람의 경우 심박동수가 70회/분이고 일회박출량이 70ml이라면 4,900ml/분의 심박출량을 내게 된다. 그리고 지구력훈련이 된 사람의 경우 심박동수가 49회/분이고 일회박출량이 100ml이라면 심박출량은 4,900ml로 같게 된다. 그러나 지구력 훈련이 된 사람에서는 그렇지 않은 사람에 비해서 심장이 분당 약 21회 적게 박동하기 때문에 1일 3,024회의 심박동수를 감소시키게 되며 이는 곧 심장의 부담을 줄이면서 같은 일의 양을 수행할 수 있다는 뜻이 되므로 결과적으로 심장의 효율이 증가된 것이라 할 수 있다. 그리고 이와같은 서맥은 운동을 하게 되었을 때 보다 효율적으로 심박출량을 증가시키는 기전으로 작용하게 되어 지구력훈련이 된 경우에는 운동시 최대심박출량이 증가된다. 따라서 지구력 훈련을 하였을 때 그 효과는 안정시 심박동수의 감소로 나타나며 심박동수의 감소는 심장기능의 강화를 의미한다. 또한 지구력훈련은 안정시와 운동시 catecholamine(epinephrine과 norepinephrine)의 농도를 감소시키는 효과가 있다. 즉 catecholamine은 심근의 수축력과 심박동수를 증가시켜 심근의 산소요구도를 높이고 동맥을 수축시켜 혈압을 상승시키는 작용이 있기 때문에 안정시와 운동시에 이 catecholamine의 농도가 감소된다는 것은 심근에 대한 무리한 자극이 가해지지 않음을 의미한다. 또한 지구력 훈련은 동맥혈관벽내 평활근의 탄력성을 향진시켜 혈압을 하강시키는 효과가 있다.

또한 지구력 훈련은 총혈액량과 헤모글로빈의 양을 약 20%정도 증가시키게 된다. 헤모글로빈은 폐포에서 폐포주위 모세혈관속으로 이동한 산소를 말초조직까지 운반시켜 주는 매체이기 때문에 헤모글로빈양의 증가는 조직으로 운반되는 산소의 공급량이 증가된다는 것을 의미하며 이때 혈액량의 증가는 보다 빠르게 산소가 조직에 운반될 수 있게 한다. 따라서 헤모글로빈양의 증가와 혈액량의 증가는 조직에 운반되는 산소의 양을 증가시킨다.

또한 지구력 훈련은 근육내 모세혈관의 수를 20-30% 증가시켜 혈류량을 증가시킴으로써 혈액내에 있는 산소를 추출하는 추출력을 향진시키며 근육내 마이오글로빈의 함량이 증가됨으로써 근육내에서 산화효소로까지 산소를 보다 많이 운반해 주게 된다. 이러한 현상은 산화효소계의 활성화와 함께 산소이용능력을 향진시키는데 역할을 한다.

또한 지구력 훈련은 혈중 고밀도 콜레스테롤(HDL-C)을 증가시켜 콜레스테롤의 배설장기인 간으로의 이동을 촉진시키고 혈관벽에 콜레스테롤을 축적시키는 저밀도 콜레스테롤(LDL-C)을 감소시켜 결국 총콜레스테롤치를 감소시키며 중성지방도 감소시킨다. 따라서 이러한 효과는 비만을 예방 혹은 관리하게 하여 이상체중을 유지하게 하며 운동자체의 혈관탄력성 증가효과와 더불어 동맥에 죽상경화증을 예방하고 장기적으로는

고혈압도 예방하게 한다. 따라서 심혈관계질환 및 대사계 질환의 발병을 예방하는 효과를 갖게 된다.

또한 지구력 훈련은 혈액내 백혈구수의 증가와 그 기능의 강화를 일으키기 때문에 면역기능을 향상시켜 질병에 대한 내구성이 향상되므로 질병에 쉽게 이환되지 않게 된다.

## 2. 골근육계

### 1) 근육

지구력 훈련은 골격근내 글리코겐과 지방의 함량을 증가시키고 이들의 혈액내 동원에 관여하는 효소의 활성도를 증가시켜 장시간의 운동시 글리코겐과 지방이 에너지원으로 이용될 수 있도록 한다. 또한 포도당과 지방산의 산화에 관여하는 효소양과 그 활성도를 높여 포도당과 지방산의 산화능력을 증강시킨다. 그리고 말초조직의 인슐린에 대한 감수성을 증가시켜 세포내로 포도당이 쉽게 이동될 수 있게 된다. 이와같은 산화기능의 활성화는 지방산의 이용도를 높이고 포도당의 산소를 이용한 이용효율을 극대화시키기 때문에 근육내 젖산생성속도를 늦추게 되며 이는 근육내 모세혈관의 발달로 인한 젖산 제거능력의 향상과 맞물려서 근육내 젖산농도의 증가를 최소화시킬 수 있게 한다. 따라서 지구력 훈련은 혈중젖산농도가 급격히 올라가는 시점인 무산소성 역치(Anaerobic Threshold:AT, 일명 젖산 역치)를 증가시키므로 장시간 운동할 수 있는 능력이 향상된다. 근육내에서는 지구력에 관여하는 근섬유의 내인성이 증가되므로 운동수행능력이 향상된다.

근력훈련의 경우에는 근섬유가 비대되어짐으로써 근육횡단면적이 증가되어 근력이 이에 비례하여 향상된다. 근육의 비대는 근섬유내 근원섬유의 수와 크기의 증가, 근섬유를 둘러싸고 있는 결합조직의 증가에 의한다. 여성의 경우에는 근력훈련을 하여도 근비대 정도가 남성보다는 그 효과가 적은데 그 이유는 아직 확실하지 않으나 여성은 근육의 양이 남성보다 적으며 남성호르몬인 테스토스테론이 근육의 단백질 합성을 강화시키는데 비해 여성호르몬인 에스트로겐은 근육의 단백질합성을 오히려 방해하는 것과 관련되는 것으로 생각된다. 또한 운동단위의 동원량과 운동단위의 조정능력의 향상도 근력증가에 도움을 준다. 그리고 근력훈련은 혐기성 대사에 관여하는 효소기능을 향상시켜 근력향상에 기여한다. 근력훈련은 인대와 건의 강인성을 증진시키기 때문에 운동시에 운동효율을 증진시킨다.

### 2) 뼈

운동은 뼈에서  $Ca^{++}$  이 혈액내로 이동하는 재흡수(resorption)를 감소시킴으로써 뼈의 밀도를 높게 유지시켜 골다공증이나 골연화증을 예방한다. 특히 근력훈련으로 중력에

역행하는 저항운동을 계속하는 경우에는 뼈밀도의 감소를 예방할 수 있다. 35-40세가 넘으면 남녀모두 연령의 증가와 함께 뼈 무기질의 탈무기질현상에 의해  $Ca^{++}$ 이 소실되어 뼈밀도가 감소하는데 여성의 경우가 남성보다 그 탈무기질현상의 속도가 두배정도 빠르다. 그리고 여성의 경우에는 폐경과 더불어 에스트로겐의 결핍으로 뼈의 탈무기질화가 가속되기 때문에 골다공증의 발생율이 높게된다. 따라서 젊은 연령층에서부터 근력훈련을 하는 것은 뼈의 탈무기질 현상을 방지하는 가장 좋은 방법이다.

### 3. 체온조절기능

운동훈련이 되면 체온조절기능이 향상된다. 더운 환경에서 운동을 하더라도 한선의 수와 크기의 증가 및 한선에서 Na의 소실량을 감소시키는 적응현상에 의해 운동중에 탈진감을 느끼지 않게 된다. 그리고 추운 환경에서 운동을 하더라도 근육 내에서 근수축에 의한 열발생량이 증가되어 열소실량을 보충함으로써 운동을 지속적으로 할 수 있게 한다.

### 4. 신체의식의 증진

운동훈련이 되는 경우 그 운동경험을 통해서 신체 각 부위의 상태변화와 움직임에 대한 감각이 향상되므로 이를 근간으로 신체 컨디션의 변화를 세심하게 감지할 수 있는 신체의식이 증진된다. 이와 같은 신체의식의 증진은 운동이나 일상생활에서 자세유지와 민첩성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 인체내에서 일어나는 변화에 대한 감지력이 증가되기 때문에 이상현상에 대한 발견능력이 증가된다.

### 5. 정신건강

운동은 신체활동을 통한 에너지 발산과 혈액순환의 향상을 통한 신진대사를 활성화하기 때문에 체내 노폐물의 축적을 예방할 수 있어 신선한 느낌을 갖게 한다. 또한 정신적으로 스트레스가 있을 때 운동을 하게 되면 운동에만 집중하면서 적극적으로 에너지를 발산하기 때문에 스트레스에서 벗어나 자유로와 지면서 그 스트레스를 관조하여 새롭게 스트레스를 다룰 수 있는 능력을 갖게 하는 계기가 된다.