

# 해부학 & 생리학

## 해부학 & 생리학

인체는 대단히 복잡한 “살아있는 기계”로 비유된다. 선수들은 각기 다른 체형, 신체조건, 인종, 생활양식 등을 가지고 있지만, 그들의 인체는 운동 및 훈련 상황에서 매우 유사하게 반응하고 작용한다. 해부학과 생리학은 운동 지도자로 하여금 선수들의 운동수행력 향상을 위해 필요한 요소들을 효과적으로 이해하도록 하는 통합된 학문 분야이다. 해부학은 우리 몸의 구조와 기능에 대해, 그리고 생리학은 훈련과 경쟁에 있어서 우리 인체가 어떻게 기능하고 반응하는지에 대해 말해준다.

운동과 관련한 인체 해부학 및 생리학적 과정에 대한 지식이 깊어질수록 우리는 선택된 경기 종목에서 선수 개개인의 신체능력과 반응, 생리학적 요구에 대한 평가가 얼마나 중요한 것인지를 알게 된다. 이 지식들은 훈련 프로그램의 계획과 수정, 효과적인 이행과 개선에 도움을 주고, 선수들이 더 높은 수준의 대회에 참여할 수 있도록 도와준다.

이 장에서 우리는

- 인체의 세포 특성을 유지하는데 작용하는 기전에 대해 알아본다.
- 인체의 8가지 주요 기관계를 알아본다.
- 뼈의 구조를 확인하고, 뼈가 스트레스에 어떻게 반응하는지 이해한다.
- 골격계의 생리학적 기능과 운동수행에 필요한 역할에 대해 이해한다.

### 세포-생물체의 기본 단위

세포는 모든 생명체의 가장 작은 기본 단위이며, 손가락 하나에는 지구상에 존재하는 사람의 수보다도 더 많은 숫자의 세포가 존재한다고 알려져 있다. 그러한 방대한 숫자를 상상하는 것은 쉽지 않지만, 동물세포의 구조와 기능을 이해하고 우리 인체 내에서 세포가 어떻게 작용하는지를 이해하는 것은 운동선수들을 효과적으로 훈련하고 평가하기 위해 반드시 필요한 기초자료가 된다.

동물 세포는 각기 다른 기능과 모양을 가지고 있지만, 공통된 특성을 가지고 있다. 현미경을 통해 동물세포를 관찰하면 우리는 세포질과 핵, 그리고 이를 둘러싸고 있는 세포막을 가장 먼저 찾아볼 수 있게 된다(그림 2.1). 세포질은 세포내 구성성분들과 핵의 기능을 위한 원료가 되어준다.

핵의 가장 우선적인 역할은 세포내의 모든 과정을 조절하는 것이다. 세포질은 핵에 의해 생산된 에너지와 영양소를 저장하는 기능을 담당한다. 생물체 안에서는 일정한 화학적 활동이 끊임없이 일어나는데, 이러한 화학적 활동을 통해 세포는 체내

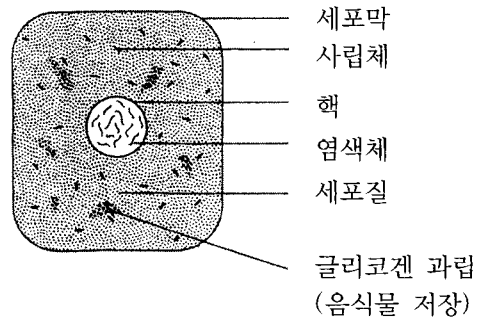


그림2.1 전형적인 동물 세포의 구조

에서 필요로 하는 것들에 대해 반응하고 적응하게 된다. 이러한 적응은 인체 내부 환경 뿐 아니라 외부환경에서 발생하는 자극에 대해서도 동일하게 반응하게 된다. 세포는 80%가 수분이기 때문에

모든 이러한 화학반응은 체액환경에서 발생하며, 세포의 이러한 연속적 활동이 바로 우리의 생명을 구성하게 되는 것이다.

세포질을 구성하는 작은 과립들 중 일부는 글리코젠으로서, 저장된 음식물의 작은 입자들이다. 미

**요 점**

세포는 생명체를 구성하는 기본단위이다. 모든 동물체는 외부 환경의 끊임 없는 자극 속에서 살아가게 되고 세포는 이러한 과정 속에서 인체 내·외부 환경의 다양한 요구에 적응하게 되는데, 이러한 외부 자극(훈련)들에 대한 적응의 과정을 통해 체력 수준을 변화시킬 수 있다.

토콘드리아는 산소를 이용하여 에너지를 생산한다. 탄소 화물은 에너지가 공급되면 미토콘드리아 내에서 산화된다. 세포내에서 발생하는 이러한 과정을 유산소성 호흡이라 부른다. 이러한 미토콘드리아의 유산소성 에너지 생산 기능 때문에 미토콘드리아를 “세포의 발전소”라 부르기도 한다. 미토콘드리아는 모든 세포에서 발견되지만, 그 수와 크기는 매우 다양하다. 예를 들어, 근세포는 우리 몸의 움직임과 운동 기능을 담당하기 때문에 많은 양의 에너지를 필요로 하며, 따라서 상대적으로 크고 많은 수의 미토콘드리아를 가지게 된다.

인체에는 각각의 기능을 가지는 약 20가지 이상의 서로 다른 형태의 세포들이 존재한다. 조직은 각 세포사이에 세포 내액이라 불리는 수액과 함께 수많은 세포들이 모여 하나의 형태를 나타내며 구성된다. 예를 들어, 근 조직은 수축 기능을 가지고 인체의 움직임을 유발하는 세포들로 이루어져 있으며, 피부, 뼈, 신경 또한 이러한 조직의 예들이다.

조직들은 또한 인체의 생명유지를 위해 중요한 역할을 담당하는 심장, 폐, 간과 같은 기관을 형성하기 위해 서로 결합하고, 기관계는 이러한 기관들이 조화를 이루어 함께 작용하며 형성되고, 하나의 생물체는 그러한 기관계들이 모여 이루어진다.

인간 생물체는 그림 2.2에서 보는 것과 같이 8가지의 기관계를 가지고 있다.

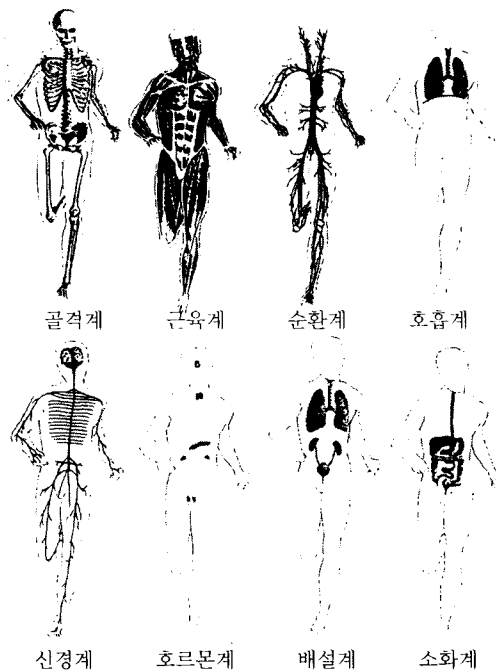


그림 2.2 인체 조직의 원리

인체의 시스템들은 각각 따로 활동하는 것처럼 보이지만 실제로는 서로 상호작용하며 유기적으로 연결되어 기능한다. 예를 들어, 골격계와 근육계는 **근-골격계**로 불리며 종합적인 움직임을 함께 만들어 낸다. 숙련된 움직임은 근육계와 신경계가 상호 보완하면서 만들어낸 결과물이며, 이를 **근-신경계**라고 말한다. 순환계와 호흡기계 역시 함께 움직이며 우리 몸에 필요한 부분에 산소를 전달하는 기능을 담당하는데, 이러한 두 시스템을 합쳐서 **심호흡계**라 부르고 있다.

## \* 골격계

인간의 골격계는 206개의 다양한 모양과 크기의 뼈들로 구성되는데 장골, 단골, 편평골, 불규칙골

### KEY POINT

골격은 5가지의 기능을 가지고 있다:

- 보호
- 지지
- 움직임
- 혈액 세포 생성
- 칼슘 저장소

로 이루어진다. 골격계는 다섯 가지의 주요기능을 가지고 있는데, 우선 보호, 지지, 운동뿐만 아니라 인간의 생명을 유지하기 위해 필요한 적혈구 생산과 칼슘의 저장소로서의 기능도 담당한다. 적혈구는 폐로부터 산소를 인체 곳곳에 전달해주는 중요한 역할을 한다. 백혈구는 각종 감염원으로부터 인체를 보호하는 역할을 한다. 성인의 성숙 골은 딱딱하고 견고한 비탄성 조직이며 유기질, 무기질, 미네랄로 구성되어 있다. 미네랄은 대부분이 칼슘과 인이

며, 이 칼슘과 인 때문에 골은 딱딱한 성질을 유지하게 된다. 만약 운동선수들이 충분한 칼슘을 음식으로부터 섭취하지 않는다면 칼슘부족에 빠지게 되며, 이러한 칼슘 부족 현상이 발생하면 인체는 뼈 속에 있는 칼슘을 재흡수 함으로써 정상적인 기능을 유지하기 때문에, 골격계는 칼슘의 저장창고로서의 역할을 하는 것이다. 골에서 칼슘이 부족하다면 그 골은 부러지기 쉽고 쉽게 손상되므로 균형 잡힌 칼슘섭취는 매우 중요하다.

## \* 뼈의 구조

대퇴골은 전형적인 장골로서 **골간**과 양끝에 **골단**이라 불리는 구조물로 구성된다. 각각의 골단은 관절면을 형성하며 건과 인대의 부착부위를 제공한다. 골단은 수많은 홈이 있는 **해면골**을 포함하는데, 해면골 사이에는 골수가 차있다. 비록 해면골이라 불리더라도 그 성질은 부드럽지 않고 강한 골조직으로 이루어져있기 때문에 외부의 충격을 잘 흡수할 수 있다. 골간은 딱딱하고 견고한 **치밀골**로 이루어져 있으며, 대부분 속이 비어있지만 강하다. 치밀골은 골간으로부터 각각의 골단까지 연결되어 있다.

뼈는 살아있는 조직으로서, 세포로 구성되어 있고 골세포는 인체내부에서 일어나는 영양부족, 질병, 신체적 충격 등과 같은 다양한 변화에 적응하며 크기, 모양, 내부배열과 같은 구조를 변화시킨다.

소아에 있어서 골세포의 활동과 성장이 가장 활발한 곳은 장골의 성장판이다. 이러한 성장판은 연골로 구성되어 있으며 골단과 골간 사이의 **골단판**에 위치해 있다. 새로운 골세포들은 새로운 연골이 계속해서 생성됨에 따라 골단판을 따라 침잠해 들어간다. 이런 방식으로 장골의 길이성장이 이

루어지고 그러한 뼈의 길이성장은 연골이 경골로 완전히 교체 될 때까지 이루어진다.

골단판이 닫히게 되면 골세포들은 계속해서 활동하더라도 더

**Key point**

소아의 뼈에 과도한 자극이 반복적으로 주어지게 되면 성장판 손상과 같은 부정적 반응을 초래하게 된다.

이상의 길이성장은 이루어지지 않는다.

뼈는 성인이건 소아건 지속적인 충격에 의해 자극받게 되고, 이러한 자극은 뼈를 성장시키고 튼튼하게 만들어 준다. 그러나 소아의 뼈에 과도한 스트레스와 자극이 짧은 시간 내에 반복적으로 가해지면, 성장판이 너무 빨리 닫힐 수 있고 조기에 성장이 멈춰버릴 수도 있다.

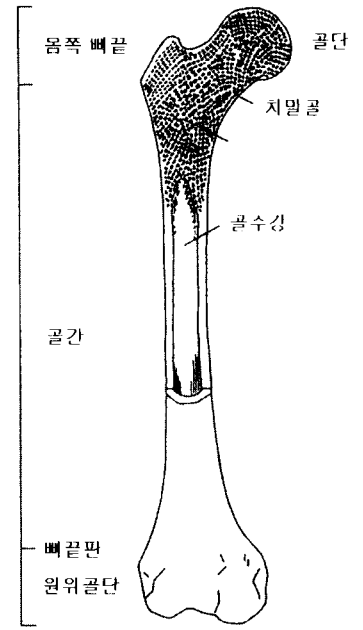


그림2.3 전형적인 장골의 구조

### 골격계 구조

골격계는 두 개의 주요 구조로 구분되고, 각각의 구조는 인간이 움직이고 힘을 생산하는데 각각 서로 다른 기능을 담당한다.

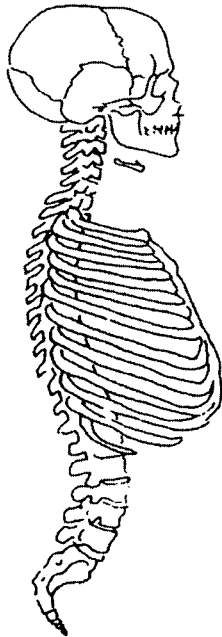


그림 2.4 몸통뼈대

골격계의 주요 구조

- 축성 골격 구조
- 부속 골격 구조

축성 골격계는 80개의 골들로 구성되며 두개골, 척추, 늑골, 흉골과 같이 인체 골격의 중심축을 형성하면서 각종 장기를 보호하고 지지하는 역할을 한다. 척추는 33개의 골들이 서로 연결되어 긴 관을 형성하고 있으며, 그 내부에 척수신경계를 포함하고 이를 보호한다. 부속골격은 126개의 골들로 이루어져 있고, 상지와 견관절, 하지와 고관절, 골반으로 이루어진다. 사지연결관절은 축성골격들 사이에서 경직 연결을 제공한다.

인간은 진화의 과정 속에서 골반대가 등뼈까지 융합하게 되었고, 이러한 과정을 통해 두 다리로 설 수 있는 완전한 직립자세가 유전되었다. 또한 흉부의 흉곽대는 팔과 어깨를 신체의 앞으로 움직일 수 있도록 서서히 진화되어 왔으며, 이러한 흉곽대가 흉골과 척추에 근육을 통해 연결되어 있다.

### 관절4

뼈가 다른 뼈와 연결되거나, 골격을 형성하기 위해서는 **관절**이 필요하다. 신체에는 100가지 이상의 다른 관절이 있고 이것은 구조, 모양, 기능에 따라 매우 다양하지만, 관절의 이동범위에 따라 3가지

의 범주로 구분될 수 있다.

**고정관절**은 움직일 수 없도록 고정되어 있는 관절을 말한다. 고정관절로 형성되는 골격에는 두개골의 편평골이나 골반대의 천골, 장골 사이에 발견되는 연골조직, 천장관절 등이 있다. 이러한 관절들은 힘을 제공하고 신체를 지지하며, 섬세한 조직을 보호한다.

**유동관절**은 골질의 표면으로 분리되는 특징을 가지며, 약간의 움직임을 일으킬 수 있다. 예를 들어 정강이의 경골과 비골의 아래 끝 부분은 두 개의 강한 인대로 구성된다. 척추골의 경우에는 관절이 척추골 사이에 위치한 섬유질 연골의 인대로 구성된다. 각각의 관절은 약간만 움직일 수 있음에도 불구하고, 모든 척추관절의 복합된 움직임은 일관성 있게 유지되고, 굴곡과 신전이 자유롭게 이루어진다.

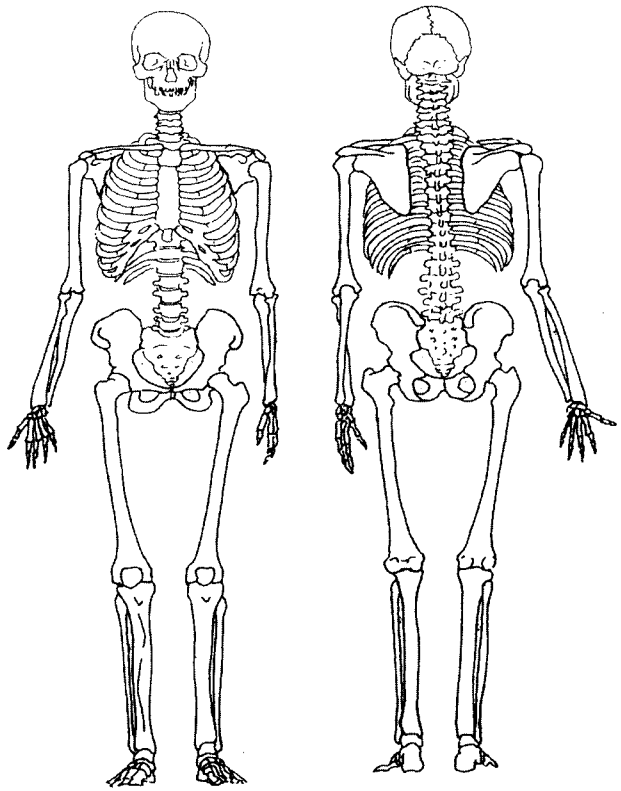


그림 2.5 사지 골격(appendicular skeleton)

**유동관절**은 사지의 모든 관절을 포함하는 신체 대다수 관절조직을 구성하고 있으며, 구조상으로는 **윤활관절**로 알려져 있다. 전형적인 윤활관절의 특징은 그림 2.6에서 잘 나타난다. 이 관절들은 두 교합된 뼈들과 관절 둘레 섬유조직의 관절낭과 연결된 뼈 사이에 공간을 이루고 있다. 서로 교합된 뼈들의 끝 표면은 부드럽고 미끄러운 관절 연골로 덮여 있다. 이 연골은 탄력성이 있고, 단단하게 감겨져 있으며, 뼈 표면과의 완충작용을 통해 마찰력을 줄일 수 있다. 관절낭 내부의 윤활막은 점성액을 분비하여 **윤활제**로서의 기능을 담당하며, 관절연골에 대한 영양분 공급의 역할을 한다.

이 관절연골은 완충연골액에 반응하여 몇 분 동안 물질의 두께를 증가시키는 역할을 한다. 이 두꺼워진 층은 뼈 사이에 공간을 줄일 수 있으며, 관절에 접촉하는 표면적의 증가를 통해 가해지는 힘을 균등하게 분배하게 된다.

준비운동이 중요한 이유는 특히 훈련에 의해 발생하는 부상의 위험성을 줄이는데 있다.

윤활 관절의 뼈는 함께 붙어있어 관절이 더욱 강해지며, 뼈와 흰 섬유 조직세포에 의해 과도한 활동을 막아준다.

인대는 또 다른 한쪽관절에 연결되어 있으며, 관절낭을

### 관 절

관절은 움직임의 정도에 따라 세 개의 관절로 분류된다.

- 고정관절(부동관절)
- 유동관절
- 자유관절(가동관절)

형성하고 있다.

인대는 딱딱하고 탄력성이 적은 연결세포로 구성되어 있고, 뻗을 수 있는 거리에 한계를 가지고 있으며, 본래의 길이로 복구될 수 있다. 만약에 인대가 자신의 탄성 한계를 넘어서게 되면 다시 원래의 길이로 돌아올 수 없으며, 관절의 고정성을 감소시키게 된다.

어깨와 같이 움직임이 큰 관절은 골반과 같이 유동성이 적은 관절에 비해 적은 양의 인대가 존재하므로 움직임을 수반할 때 탈구의 위험이 있다. 대부분의 경우, 관절뼈들은 규칙적인 배열로 서로 잘 고정되어 있지만, 일부 관절들은 운동 확장성을 위해 불규칙적으로 고정화된 경우도 있다.

이러한 고정적인 불규칙함은 다양한 형태와 크기로 구조화되어 있으며, 연골을 형성하고 있다.

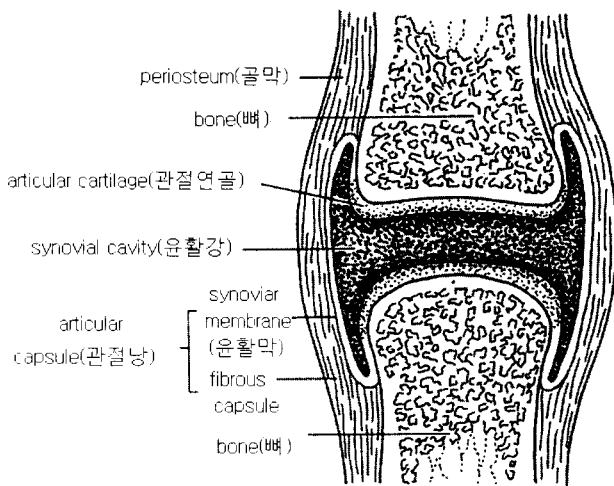
**KEY POINT**

관절연골은 완충연골액의 활동에 반응하여 몇 분 동안 물질의 두께를 증가시키는 역할을 한다. 준비운동이 중요한 이유는 특히 훈련에 의해 발생하는 부상의 위험성을 줄이는데 있다.

이러한 구조는 **반월연골염**이라고 불린다. 인체에서 가장 잘 알려진 ‘연골’은 경골의 말단이 대퇴골의 관절표면과 더 잘 결합하도록 하고, 외부로부터 가해지는 충격을 흡수하는 기능을 담당하는 무릎 내·외측의 연골반달이다.

무릎관절은 매우 중요하고도 특별한 기능을 담당하는 **윤활관절**로서, 인체에서 가장 복잡한 관절 중의 하나이다. 왜냐하면 체중 전체를 감당해야 하고, 이동 시에 자유로운 움직임을 제공해야 하기

때문이다. 무릎관절은 허벅다리 뼈인 대퇴골과 정강이 뼈인 경골이 만남으로써 형성된다. 비골 또한 정강이 뼈의 하나이지만, 무릎관절을 형성하지는 않는다. 경골은 인체에서 가장 튼튼한 뼈 중 하나이며, 복사뼈 관절에 인체가 받는 하중을 전달한다.



2.6

무릎은 안정성과 기능성을 동시에 담당하는 복합적 구조를 지닌 **윤활관절**이다. 무릎관절에는 **활액낭**, **지방질낭**과 **내측인대**가 있다. 활액낭은 체액으로 구성된 작고 편평한 낭으로 되어있다. 이 체액낭의 매

끄러운 안쪽 벽은 마찰과 부식으로 인한 조직의 손상을 방지하기 위해 서로 미끄러진다. 지방질낭은 각 관절의 가장자리에 안정적으로 부착되어 관절이 움직일 때 발생하는 관절 내 공간의 변화를 채우면서 그 형태를 바꿀 수 있다. 내측인대들은 관절의 안정성을 유지한다. 관절 내측 교착부의 십자형 모양 무릎인대는 경골에 의한 활동으로부터 대퇴골의 손상을 예방하고 안정성을 제공하며

순환작용을 조절한다.

관절들은 움직임의 폭과 방향에 따라 서로 다른 각각의 잠재능력을 가지고 있으며, 그 움직임의 형태에 따라 크게 5가지로 구분된다. 관절을 사용하는 예와 이용할 수 있는 관절 움직임의 폭은 페이지 8에 있는 그림 2.8에 잘 나타나 있다.

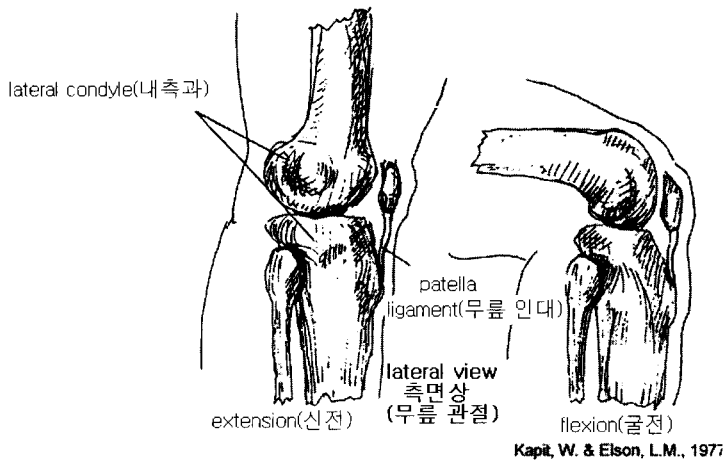


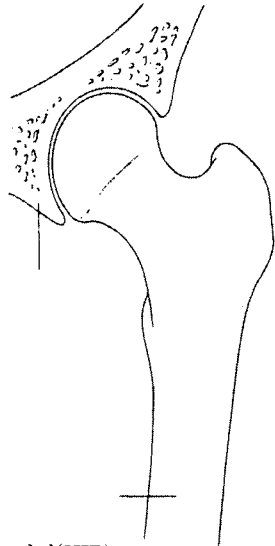
그림 2.7 무릎의 구조

#### 요 약

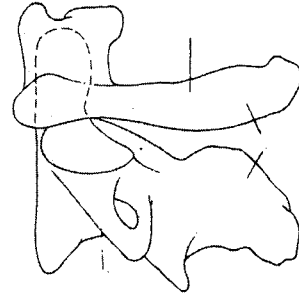
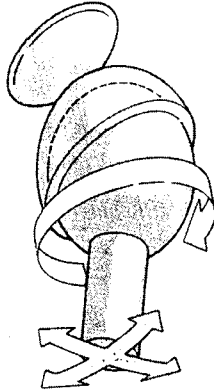
- 세포로 구성된 유기체인 우리 인간은 외부로부터 주어지는 요구와 환경에 적응하게 되고, 각각의 세포들은 함께 결합하여 조직과 기관, 기관계를 형성한다.
- 인체에는 8개의 주요 기관조직망이 있으며, 코치들은 각각의 기관에 대한 기능과 상호작용을 이해하고, 훈련에 대한 반응 능력을 향상시켜야 한다.
- 골격계는 지지, 보호, 움직임, 혈액세포 생성과 칼슘저장 등 다섯 가지의 주된 기능을 가진 기초뼈대이다.
- 뼈는 근육조직의 구성성분이고 생애를 통해 역동적인 변화를 할 수 있는 살아있는 조직이다. 적당한 부하는 뼈의 발달을 자극하지만, 과도한 부하는, 특별히 어린이에게 있어 성장판 손상과 같은 부정적 결과를 초래할 수 있다.



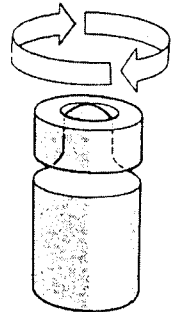
신체에서 발견되는 각기 다른 형태의 윤활관절



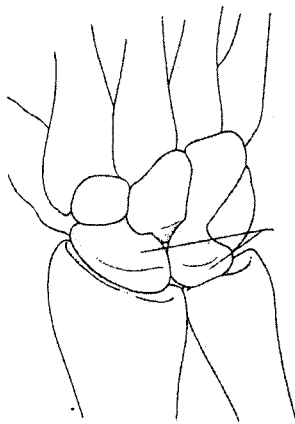
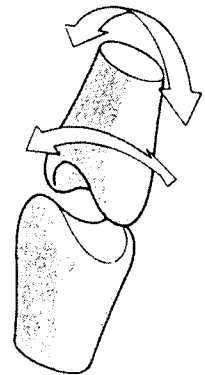
**고관절(HIP)**  
**구상관절(ball and socket joint)**  
 pelvis(골반) femur(대퇴골)  
 한 쪽 뼈의 반 구상면이 다른 한 쪽의 함몰된 부분과 맞닿은 형태로, 어느 방향으로도 자유롭게 움직일 수 있다.



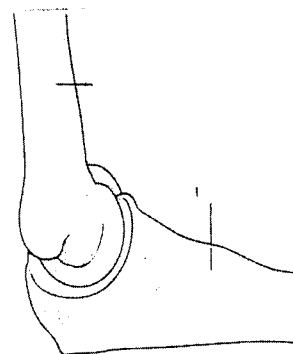
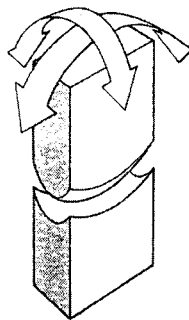
**목(NECK)**  
**차축관절(pivot joint)**  
 atlas(환추) vertebrae(척추뼈) axis(축)  
 링 모양의 환추 척추뼈가 척추뼈 속에 마치 마개처럼 들어가, 머리 부분이 회전을 한다.



**엄지손가락(THUMB)**  
**안상관절(saddle joint)**  
 metacarpal(중수골) carpal(수골)  
 볼록한 면과 오목한 면이 서로 엇갈리게 맞닿아 두 면으로 움직임이 가능하며, 엄지손가락관절이 두 방향으로만 움직이는 원리와 같다.



**손목(WRIST)**  
**과상관절(condyloid joint)**  
 radius(요골) ulna(척골) carpals(손목관절)  
 두개의 면의 움직임이 다 가능한데, 한 쪽 뼈가 돛형태로 되어 있고, 다른 하나 혹은 나머지 뼈들이 움푹 들어간 형태로 관절을 이루고 있다. 인대의 부착으로 회전은 하지 못한다.



**팔꿈치(ELBOW)**  
**경첩관절(hinge joint)**  
 humerus(상완골) ulna(척골)  
 오직 한 면으로만 움직임이 가능한데, 이는 뼈의 생김새뿐 아니라, 강한 인대가 부착되어 있어 양쪽으로 움직임이 불가능하기 때문이다.

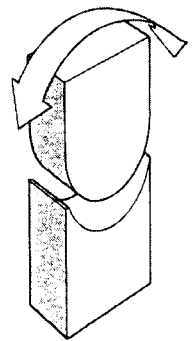


그림. 2.8 5가지 형태의 가동 관절과 기능

# 해

부학과 생리학에 관한 첫 장에서, 8가지 기관계(organ systems)에 대해 알아보았고, 골격계의 구성요소와 기능 그리고 트레이닝 시의 반응에 대해 살펴보았다. 앞서 배운 것처럼 인체의 기관계는 따로 분리되어 기능하지 않는다. 골격계 또한 움직이기 위한 틀을 제공하는 것이나, 뼈에 가해지는 힘의 메커니즘, 즉 뼈를 끌어당기는 힘이 없이는 움직일 수가 없다. 뼈를 끌어당기는 동작을 하는 것을 근육계라고 하며, 이로 인해 근-골격계가 움직이게 되는 것이다.

이번 장에서는:

- 근육계와 그 구성요소에 대해 알아본다.
- 근육의 내부 구조와 근육세포가 어떻게 힘을 생성하는지를 살펴본다.
- 근육 섬유에 따른 각각의 차이점에 대하여 알아본다.
- 근육계의 움직임, 기능 그리고 골격근이 어떻게 반응하는지에 대하여 알아본다.

우리 몸이 움직일 수 있는 것은, 근육이 수축과 이완을 하기 때문이다. 심지어 가만히 정지해 있을 때조차도 근육계는 활동을 하고 있다. 만약 자세를 유지하기 위한 근육들의 수축작용 없다면, 우리는 맥없이 주저앉게 될 것이다. 근육은 또한 인체내부의 물질 수송에 중요한 역할을 담당하고 있으며, 복부 기관들을 보호하고, 신체의 외형을 잡아주는 역할도 한다.

## 근육계

인체에는 평활근, 심장근, 골격근의 세 가지 형태의 근조직이 있다.

- **평활근**은 민무늬근 혹은 불수의근이라고 불리우며, 소화계, 순환계, 호흡계와 같은 내장 기관의 벽을 이루고 있다. 평활근은 이런 기관의 벽(통로)을 통과하는 물질들의 움직임과 관련이 있으며, 의식적인 노력 없이 자발적으로 수축하는 특징이 있다.

### 근육 조직

인체에는 세 가지 형태의 근조직이 있다.

- 골격근
- 평활근
- 심근

- **심근**은 심장에서만 볼 수 있는 아주 특별한 형태의 불수의근으로서 스스로 끊임없이 수축하는 특징을 가진다.

- **골격근**은 뼈에 부착되어 수의적으로 수축하며, 인체의 골격을 형성하고 움직이게 한다. 골격근은 수의근, 횡문근 또는 줄무늬근으로 불리며, 근-골격계를 형성하는 근육 조직이다.

## 골격근 - 내부

골격근은 여러 가지 형태의 조직으로 구성되어 있으며, 긴밀하게 결합된 구조로, 다음과 같은 기능을 한다.

- 근조직은 근육의 힘을 발휘하게 한다.
- 결합조직은 근육의 내부와 외부를 둘러싸며, 뼈에 부착할 수 있게 한다.
- 신경조직과 근육운동에 대한 정보를 뇌로부터 근육으로, 근육으로부터 뇌로 전달한다.
- 혈관과 근육운동에 필요한 연료와 산소를 가져오고, 대사 산물을 제거하며, 체액수준을 유지한다.

골격근은 근막(fascia)이라는 한 층의 결합조직으로 둘러싸여 있고, 이는 근육 형태를 유지하고 외부 표면을 제공함으로써, 주변 근육과 다른 구조물들이 미끄러져 갈 수 있도록 한다. 이러한 결합 조직 내부에는 수천 개의 근세포가 존재하며, 근세포의 길고 얇은 모양 때문에 우리는 근육세포를 근섬유(Muscle fiber)라고 한다. 즉, 각각의 근섬유는 하나의 근세포이다. 골격근의 내부는 더 많은 결합조직으로 묶여있는 근섬유 다발로 구성되어 있고, 근섬유 각각은 다수의 평행한 근원섬유(Myofibrils)로 이루어져 있다. 근원섬유는 또한 액틴(Actin) 또는 미오신(Myosin) 등과 같은 단백질로 만들어진 수천 개의 작은 단일섬유로 이루어져 있다.

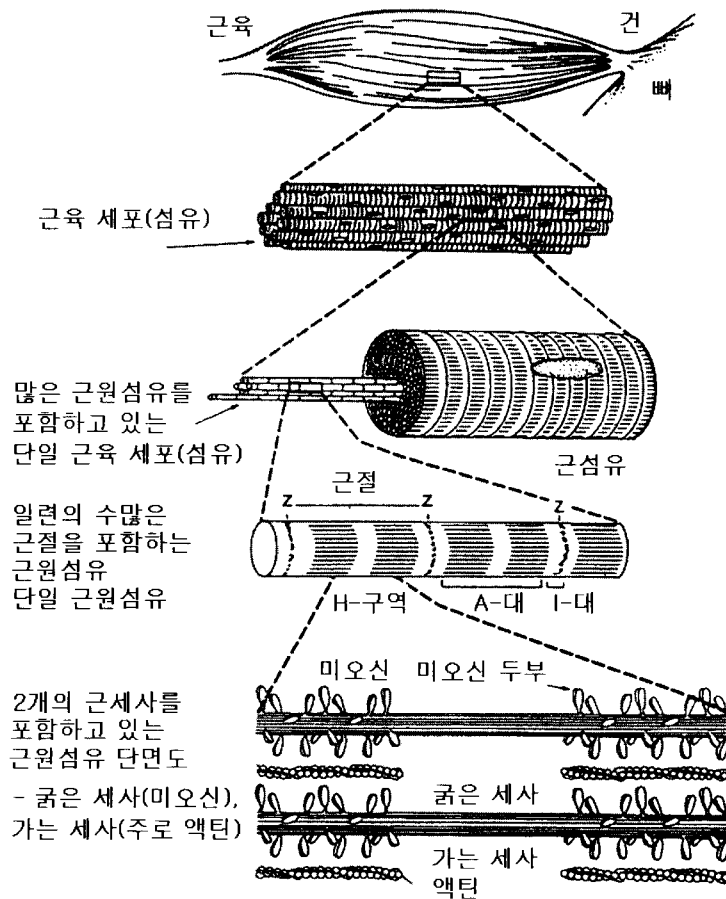


그림 2.9 골격근의 구조

현미경으로 근섬유를 관찰하면, 근원섬유의 줄무늬 구조가 밝고 어두운 띠 모양의 규칙적인 반복 형태인 것을 알 수 있다. 이러한 반복구조의 단일 개체를 근절(Sarcomere)이라고 하며, 이는 액틴과 미오신의 겹침 구조에 의한 결과라 할 수 있다. 근절은 근육의 기본 수축 단위로서, 근육이 수축할 때, 액틴의 가는 세사가 상대적으로 굵은 미오신 세사 위로 미끄러져 들어가면 근원섬유가 짧아

지고 두꺼워지게 된다.

근육 내 존재하는 모든 결합조직은 끝과 끝이 결합되어 건(Tendons)을 형성하고, 건은 골격근을 뼈에 부착시킨다. 근세사들이 서로 미끄러져 들어갈 때 근섬유 내에서 발생하는 장력은 건을 통해 부착된 뼈로 전해져 근육이 당겨지게 된다. 건은 체내에서의 위치와 기능에 따라 그 크기와 모양이 매우 다양하다. 손목과 발목의 건은 밧줄과 흡사하고, 반면 등과 허벅지의 건은 넓고 평평한 판과 유사하다.

근육이 수축하게 되면, 건의 양쪽 말단부위에는 동등한 장력이 걸리게 된다. 대부분의 운동에서 단일 골격은 근육 작용과 외부 저항력 그리고 장축 골격의 한 부분이 됨으로써 안정화되고, 수축하는 근육의 작용으로 운동뼈의 부착부위가 고정뼈쪽으로 당겨지게 된다. 고정된 말단에 부착된 건 부위를 근육의 기시부(origin)라 하고, 대부분의 운동이 일어나는 다른 말단을 근육의 정지부(insertion)라 한다.

### 근섬유의 종류

우리가 정육점에서 구입하는 고기는 다양한 동물들의 근육 조직이다. 눈여겨볼만한 점은 고기마다 색깔이 다르다는 것이다. 예를 들어, 닭가슴살은 하얗고 소고기는 매우 빨갛다. 19세기 초, 몇몇 연구자들은 붉은 고기는 '붉은' 근섬유로 구성되어 있고, 창백하거나 흰 고기는 이와 다른 종류인 '백색의' 근섬유로 이루어져 있음을 발견하였다. 연구가 지속되면서, 붉은 근섬유는 강한 장력을 가지고 있으나 상대적으로 느린 작용을 보이는 특징이 있다는 것을 발견하게 되었다.

이와 반대로 백색 섬유들은 수축 속도는 빠르지만, 지구력이 낮은 것이 특징이다. 수축 속도에 근거하여 이 두 종류의 섬유는 속근섬유와 지근섬유로 불린다.

지근섬유는 또한 타입I 근섬유로 분류되기도 한다. 이 섬유의 수축은 상대적으로 느리지만 수축하는데 필요한 에너지가 유산소 조건에서 오는 것이 지배적이므로 이들은 굉장히 뛰어난 지구력을

**Key point**

근절은 근육의 기본 수축단위로서, 액틴과 미오신 근세사로 이루어져 있다.

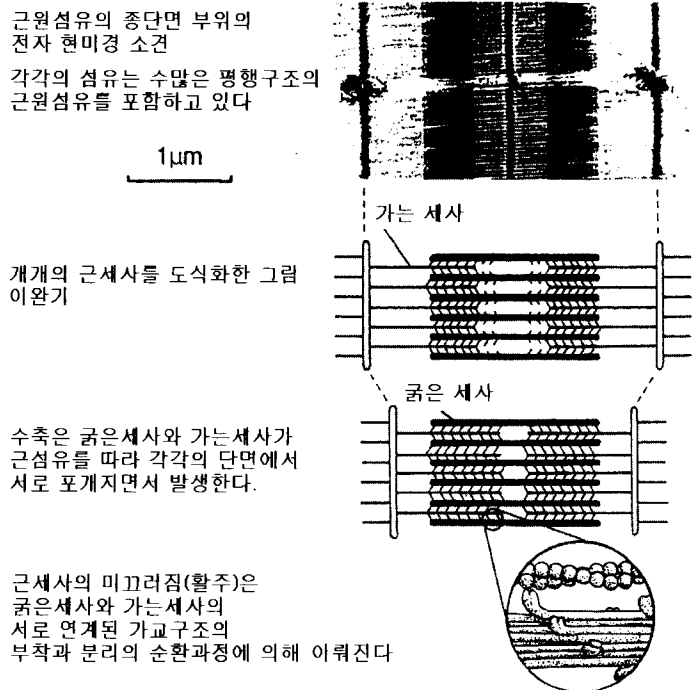


그림 2.10 근수축에서 근세사의 활주 운동

가지게 된다. 특유의 적색은 많은 양의 미오글로빈과 근육 속의 혈액 때문이며, 미오글로빈은 산소를 조직으로 운반하는 속도를 증가시키는 기능을 담당한다. 타입I 섬유들은 산소를 효율적으로 빠르게 이용할 수 있는 네 가지 독특한 특징을 갖는다.

- 모세혈관을 흐르는 피의 견고한 연결망
- 미오글로빈의 존재
- 혈액의 공급에 유리한 상대적으로 작은 섬유들
- 많은 수의 미토콘드리아

지근섬유와 속근섬유는 지금까지 확인된 근섬유의 극단적인 형태이며, 그 중간의 특성을 지닌 섬유 종류도 발견되었다. 즉, 지근섬유(타입I)와 속근섬유(타입II)의 중간단계의 특성을 지닌 **타입IIa**라는 근섬유가 발견됨에 따라 근섬유는 타입I, 타입IIa, 타입IIb와 같이 3가지의 근섬유 형태로 세분화하게 되었으며, 순수한 속근섬유는 **타입IIb** 근섬유로 규정되었다.

타입IIb 섬유는 지근섬유인 타입I에 비해 약 두 배 가량의 속도로 수축하지만 아주 빠르게 지치는 경향이 있다. 타입IIa 근섬유는 타입I과 타입IIb 특징을 모두 지니고 있으며 속근섬유이면서도, 산화 시 당을 분해하는 특성을 가지고 있다. 이 섬유는 필요로 하는 에너지를 산화 과정이나 해당과정 모두로부터 얻을 수 있다. 세 종류의 근섬유에 대한 분류와 특징에 대한 요약표가 표2.1에 제시되어 있다.

주분류	타입I	타입IIa	타입IIb
다른이름	지근섬유	속근섬유a	속근섬유b
또다른이름	산화 지근섬유 (SO)	산화글리콜릭 속근섬유 (FOG)	글리콜릭 속근섬유 (FG)
호기성 산화능력	높다	상대적으로 높다	낮다
호기성 해당(당을분해하는)능력	낮다	높다	가장 높다
미토콘드리아의 수	높다	중간	낮다
수축속도	느리다	빠르다	가장 빠르다
피로저항	높다	보통	낮다

표 2.1 근섬유 유형의 정의와 특성

인간의 골격근조직은 결코 속근 또는 지근 단독으로 이루어지지 않는다. 각각의 사람들의 근육은 서로 다른 비율의 타입I, 타입IIa와 타입IIb의 섬유를 가지고 있다. 각 개인의 근육은 세 가지 섬유 형태의 혼합된 구성을 가지고 있다. 또한, 각 개인의 인체 내에 있어서도 근섬유 타입의 비율은 일정하지 않고 근육에 따라 다양하게 나타난다. 자세의 유지에 관련되어 있는 근육들은 거의 모든 시간동안 수축을 하게된다. 높은 지구성을 요구하는 이러한 근육들에게서 높은 비율의 타입I 섬유가 나타나는 것은 매우 당연한 사실이며, 등 근육과 장단지의 가자미근이 그 예이다.

과거 우리는 사람의 근섬유 타입의 구성 비율이 출생과 함께 결정되어지며, 훈련에 의해서는 바뀔 수 없다고 인식되어 왔다. 그러나 최근의 일부 연구들에서 트레이닝은 섬유형태 구성의 비율과 골격근의 기능적 수용력에 영향을 준다고 보고되고 있다. 타입IIa 섬유는 지구성 운동에 의해 타입I형태와 단거리 훈련에 의해 타입IIb 섬유로 변환될 수도 있고, 또한 타입I 섬유는 단거리 훈련에 의해 타입II섬유로 바뀔 수 있으며, 타입IIb 섬유 또한 지구성 훈련에 의해 타입I 섬유로 바뀔 수 있다고 보고되고 있다. 테이블 2.2는 이러한 이론을 뒷받침하

**KEY POINT**

- 골격근은 타입I, 타입IIa, 타입IIb 근섬유로 구성된다.
- 각 개인은 서로 다른 근섬유 구성 비율을 가지고 있다.
- 근섬유의 구성과 기능은 훈련에 의해 일부 변화될 수 있다.

는 실험의 결과를 보여주고 있다.

	구성 비율		
	타입I	타입II	타입IIb
18주의 힘든 지구성 운동	69	20	11
11주의 힘든 단거리 운동	52	8	40

표 2.2 같은 거리 종목의 육상 선수들의 외측광근에서 근섬유 비율의 차이에 따라 나타나는 운동의 효과

## 근육 구조

인체에는 약 400에서 650개의 근육이 존재하며, 체중의 약 40%를 구성한다. 각각의 근육은 서로 다른 모양과 크기를 가지고 있고, 각 근육 내의 근섬유는 근육의 기능에 따라 일정한 형태로 배열되어 있다.(그림2.11)

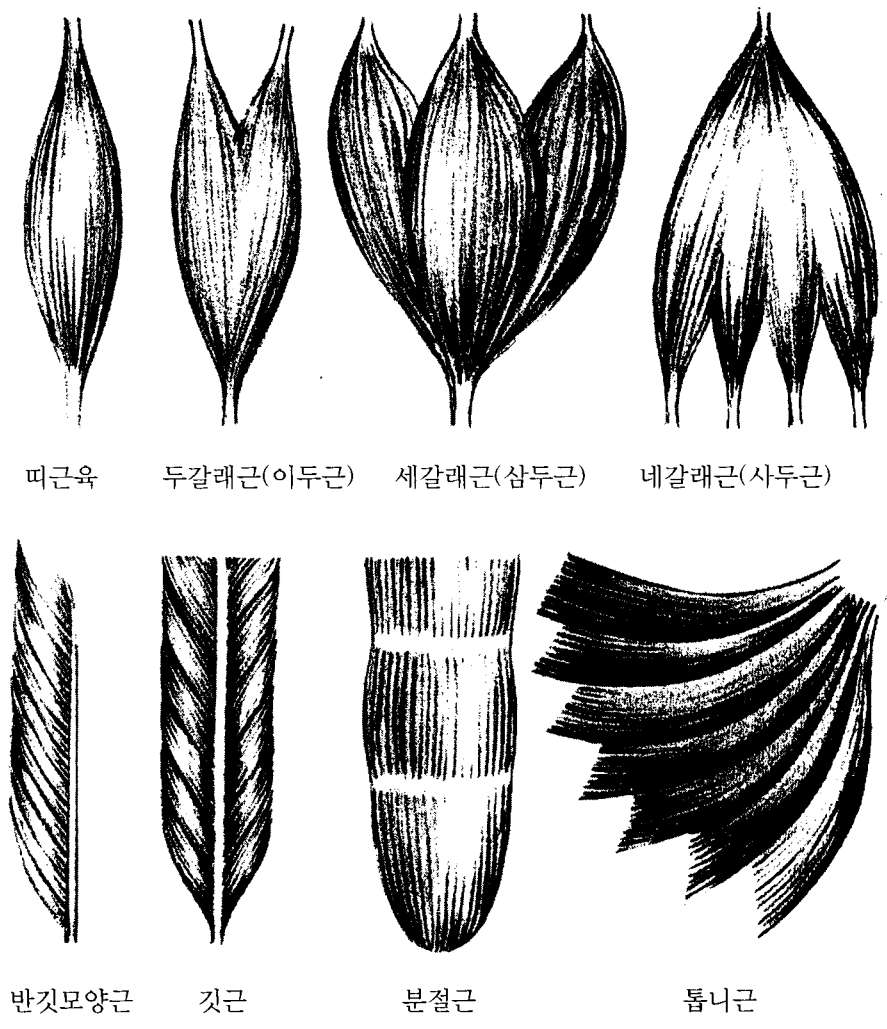


그림 2.11 세포형태의 일반적인 이형

피근섬유는 그 길이가 50%까지 짧아질 수 있다. 긴 삼각형 모양의 근육 역시 근육의 축에 놓여진 건을 가지고 있으며, 삼각형 근육은 피근과 같은 정도로 짧아질 수는 없지만, 상대적으로 더 많은 섬유 조직을 가지고 있어, 더 많은 액틴과 미오신 필라멘트를 가지게 된다.

근육이 발휘하는 최대 힘은 근육이 포함하는 액틴과 미오신 필라멘트의 수와 관련이 있다. 피근은 상대적으로 낮은 힘을 가지지만, 큰 관절의 이동범위를 이용하여 빠른 움직임을 만드는 것을 필요로 하는 다리에서 주로 발견되고, 날개근육은 대둔근과 같이 상대적으로 적은 움직임을 가지고 더 큰 힘을 필요로 하는 곳에서 발견된다.

## 활동근

근육은 오직 당기는 힘만을 생성해 낼 수 있으며, 뼈를 움직였다 제 위치에 돌려놓기 위해서는 적어도 두 개의 근육이 사용되어야 하기 때문에 대부분의 골격근들은 반대쪽으로(마주하는 양쪽) 자리하게 된다. 팔다리를 구부리거나 관절각을 변화하게 하는 근육을 굴근이라고 하고, 그와 반대로 팔다리를 일자로 펴지게 하는 근육은 신근이라고 한다.

한 쌍의 근육 중 능동적으로 운동을 생성하는 근육을 **주동근**이라고 하고, 반대편으로의 움직임 일으키는 근육을 **길항근**이라고 한다. 팔을 예로 들면, 상완삼두근은 굴근인 상완이두근이 주동근으로 기능할 때, 길항근으로 작용한다. 우리 몸에 있는 팔다리의 모든 굴근들은 마주하는 신근을 가지고 있고, 팔꿈치가 펴지는 것이 인지되면, 삼두근은 주동근이 되고 이두근이 길항근으로서 역할을 하게 된다. 주동근이 수축될 때, 길항근이 이완되어야 관절의 움직임이 가능하게 되며, 이를 **상호억제**라고 한다.

한 쌍의 근육들이 대립적으로 작용할 때, 주동근의 길항근으로, 길항근의 주동근으로의 역할 바꾸기는 동시에 행해져야 한다. 만약 길항근이 풀리지 않으면, 근육들은 관절의 움직임에 악영향을 미치는 **동시수축**의 상태가 된다.

운동에서 오직 주동근과 길항근 한 쌍만을 필요로 하는 경우는 드문 일이다. 일반적으로 근육군들은

움직임을 생성하는 주 근육을 주동근이라고 한다.

움직임을 발생하기 위해서 길항근은 주동근이 수축할 때 반드시 이완되어야 한다.



길항근은 주동근과 반대로 작용한다.

신근은 관절이 펴지게 하기 위해 수축한다.

굴근은 관절이 굽혀지게 하기 위해서 수축한다.

은 개별적인 힘을 생성하기 위해 함께 일하며 그 운동에 최대공헌을 하는 주동근을 **주작용근**이라 한다. 하체의 운동에서 크고 강한 움직임을 나타내고 대퇴근을 구성하며 무릎을 뻗게 하는 네 개의 근육들(외측광근, 중간광근, 내측광근 그리고 대퇴직근)처럼 주작용근 군은 몇 개의 주동근들을 필요로 한다.

동일한 근육군 내의 각자의 근육들은 힘의 양, 포함된 근육의 상대적 크기, 수축하는 각도, 그리고 원하는 관절작용의 성질 등에 의해 그 기여도가 결정된다. 또한 근육군을 구성하는 개별적인 근육들은, 주작용근의 효율적 작용을 강화하는 **협력근** 육들로서 작용하게 된다. 협력근은 움직임의 생성에 직접적으로 관여

그림2.12 활동근



하고, 주작용근의 기능적 안정성을 유지하며, 주작용근의 강한 활성화에 의해 유발되는 원하지 않는 작용들을 중화한다.

### 근육이 수축할 때 일어나는 일

모든 골격근은 수축에 의해서 힘을 생성하게 되지만, ‘근수축’이라는 용어가 근육이 짧아지고 더 두꺼워지고 있다는 것만을 의미하지는 않는다. 근수축에는 다양한 종류가 있으나, 모두 뼈 위에서 당기는 힘을 발휘하기 위해 발생한다는 공통점을 가지고 있다. 근수축은 일반적으로 두 가지로 분류된다.

- 정적 수축: 근육이 힘을 발휘할 지라도 근육 길이의 변화가 없다. 근육의 양 끝은 고정되고 관절 움직임이 없다.
- 동적 수축: 근육의 수축이 근육 길이의 변화를 유발하고 관절의 움직임이 생성될 때, 이것을 동적 수축이라 한다.

### 등척성수축

근육은 수축 시 장력을 발생시킨다. 그러나 등척성수축 시에는 근육의 장력이 발생함에도 불구하고, 근육 길이의 변화는 나타나지 않으며, 장력이 작용하고 있는 사물의 움직임도 나타나지 않는다. 등척성수축의 일반적인 예로는 우리가 움직이지 않는 사물을 들고있거나, 밀고있을 때 즉, 근육의 수축은 발생하고 있으나 근육의 길이 변화는 일어나지 않은 상태에서 찾아볼 수 있다.

우리는 운동경기에서도 등척성수축이 발생하는 예들을 찾아볼 수 있으며, 주로 우리가 몸을 고정시켜 유지하는 순간에 발견할 수 있다. 예를 들어, 단거리 육상종목에서 세트포지션의 경우, 출발 신호가 울리기 전 모든 근육은 몸을 정적으로 유지하기 위해 같은 길이로 움직이고 있다. 출발 신호가 발사되는 순간, 복부와 등의 근육들은 팔다리를 빨리 움직일 수 있도록 안정적인 지주 역할을 하기위해 등척성수축을 유지한다. 이러한 복부, 등의 등척성 힘과 제어는 대부분의 종목에서 올바른 기술과 테크닉의 유지에 매우 기초적인 요소로 작용한다.

**KEY POINT**

등척성수축을 통해 발생하는 힘과 제어능력은 대부분의 운동경기에서 올바른 기술과 테크닉의 유지를 위한 기초기능을 담당한다.

등척성수축은 신체 모든 자세 조절에서 핵심적 기능을 담당하고 있음에도 불구하고, 과거에는 운동선수들의 훈련에서 무시되어 왔다. 그러나 최근에는 등척성 힘이 연속적으로 일어나는 근육의 동적 수축능력 발달을 위한 기초를 제공하고, 사지 운동의 추진력 향상을 가능하게 하는 매우 중요하고 필수적인 힘으로 인식되고 있다. 이러한 핵심적인 힘의 바탕이 없이는 웨이트 트레이닝에서 허리 및 하체 부상의 위험성이 더 높아지고, 경기 중에는 복부의 비틀림을 통해 에너지가 불필요하게 소비될 수 있다.

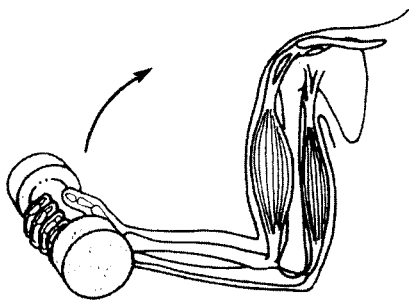
## 동적 수축

신체의 움직임이 발생하는 동적수축은 두 가지로 구분된다:

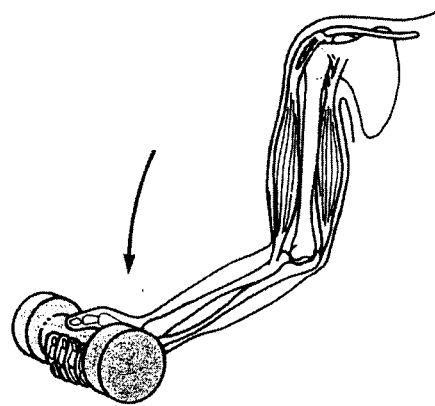
- **등장성 수축:** 수축할 때 근육길이에 자연적인 변화가 생기며 관절에서 움직임을 야기하는 것을 등장성 수축이라고 한다. 저항이 가해지면 장력이 증가하고 근육 길이에 변화가 생긴다.
- **등속성 수축:** 등장성 수축과 비슷하지만, 근육이 운동의 모든 가동 범위에서 일정한 속도로 수축한다. 등속성 수축은 Cybex와 같은 특별히 고안된 장비를 사용할 때에만 일어나고, 재활훈련에 매우 적합하며, 특히 부상의 회복에 유용하다.

### 등장성 동적 수축(Isotonic Dynamic Contractions)

이것은 가장 일반적으로 떠올리게 되는 근수축이다. 수축하는 힘이 부하보다 클 때, 동적 수축이 근육을 짧고 굵게 만든다. 이것을 **구심성 수축**이라 한다. 만약 수축 힘이 부하보다 작다면, 동적 수축은 여전히 힘을 발휘하는 동안 근육을 길게 한다. 이것을 **원심성 수축**이라고 한다. (그림2.13)



구심성 수축, 부하를 들어올리기 위해 근육이 짧아지고 굵어진다.



원심성 수축, 근육이 수축하는 동안 근육의 길이가 길어진다.

그림 2.13 이두근의 동적 수축

### 근육이 수축할 때 일어나는 일- 그 내막(the inside story)

우리는 근육의 세사들이 서로 미끄러져 움직임으로써 근육의 수축과정이 일어나며, 정적 수축의 경우에도 당기는 힘을 내기 위해 근육 내 단백질 섬유들이 서로 활주하려는 성질을 가지고 힘을 유지한다는 것을 알게 되었다.

이것이 근육의 수축 요소이다. 그러나 근 수축의 정도를 변화시키는 또 다른 요소가 있는데 그것은 바로 **탄력성분**이다. 모든 상호 연관된 근육 조직, 즉 근섬유 다발과 근육 자체를 감싸고 있는 근막 집은 근육과 뼈를 견고하게 연결시키는 힘줄을 형성한다. 이러한 연결 조직은 중요한 탄력 특성을 가지고 있고 적절한 훈련 과정에 적응함으로써 더욱 강한 수축력을 발생하게 된다.

근 수축 시 더욱 높은 탄력성을 이용하기 위해서 근육은 반드시 미리 이완되고 미리 긴장 되어있어야 한다.

단시간 내 폭발적인 힘을 낼 수 있는 능력 외에도, 근수축의 탄력 성분 사용의 또 다른 이점은 수축 하는데 아무런 에너지를 필요로 하지 않는다는 데 있다. 이는 역동적인 활동성을 일으키면서도 매우 높은 에너지 효율성을 나타낼 수 있는 장점을 가지며, 그러한 예는 캥거루의 능률적인 운동성에서 쉽게 찾아볼 수 있다.

캥거루들은 속도가 증가할수록 더 높은 탄력성을 이용하여 더욱 큰 수축력을 활용하게 되고 이는 속도가 높아질수록 더 큰 힘을 내면서도 적은 양의 에너지를 소비하게 된다. 이러한 방법을 이용하여 매우 높은 속도로 광대한 거리를 쉽게 이동할 수 있는 것이다. 우리 인간에게 있어서도 운동이 지속됨에 따라 체내 저장된 에너지의 양이 줄어들고 근수축 성분에 피로가 쌓이게 되면, 이러한 탄력 성분의 역할은 상대적으로 더욱 중요하게 된다.

### 상환의 과정

근육 그룹에서 원심성 수축이 일어난 직후, 뒤이어 구심성 수축이 일어나는 활동의 경우, 원심성 수축이 끝나고 구심성 수축이 시작되는 순간을 상환시점이라고 한다. 상환 과정을 간단히 설명하면 특정 활동의 형태가 또 다른 형태로 변화하는 것을 말한다.

원심성 부하가 지속된 시간과 상환 시점에서 걸린 시간이 근수축과 탄력성의 결합력을 결정하게 된다.

원심성 부하는 효과적인 상환 과정을 위해 활동적이어야 하며, 만약 원심성 활동이 수동적이라면 에너지가 흡수되고 탄력 성분을 잃게 된다.

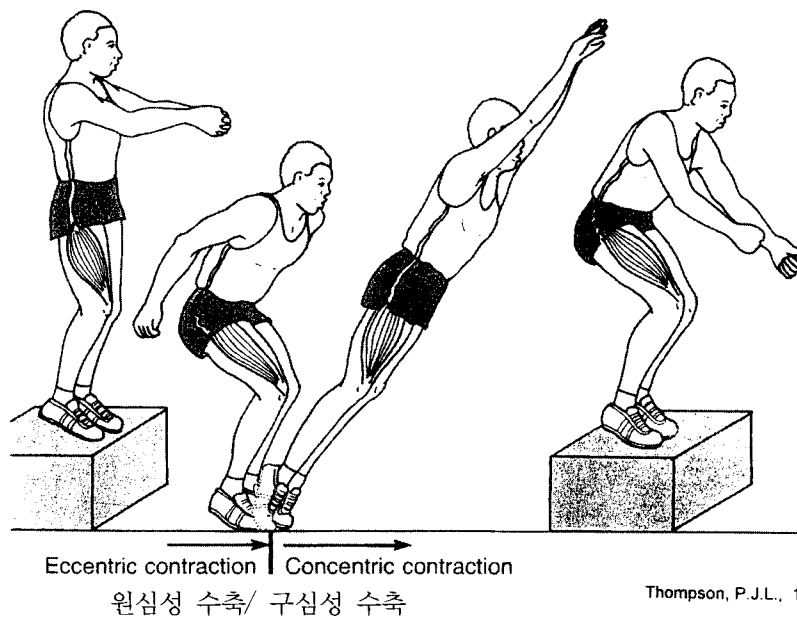


그림 2.14 상환 과정

그림 2-14를 보면, 한 선수가 상환 과정을 이용함으로써 사두근의 힘과 기능적 능력을 발달시키기 위해 뎀스(depth)점프를 사용하고 있는 예가 나와 있다. 연습하는 동안 그 선수는 하강하는 동안 발가락을 위로 향하도록 해서 발바닥은 편평하지만 활동적으로 착지를 하고, 땅에 닿자마자 그 선수는 다른 박스나 장애물로 점프하기 위해 힘껏 위로 손을 뻗는다.

우리는 선수들을 훈련시킬 때, 어떤 근육들이 어떠한 활동에 관련되어 있는지를 정확히 이해하고, 그에 요구되는 근수축의 본질은 무엇인지를 이해하는 것이 매우 중요하다. 이 정보를 통해, 일반적이면서도 세심한 훈련과 기술 발달 프로그램 모두를 더욱 효과적으로 고안하게 된다. 아래의 요약은 근수축의 종류와 수축성분과의 연관성에 관한 것이다.

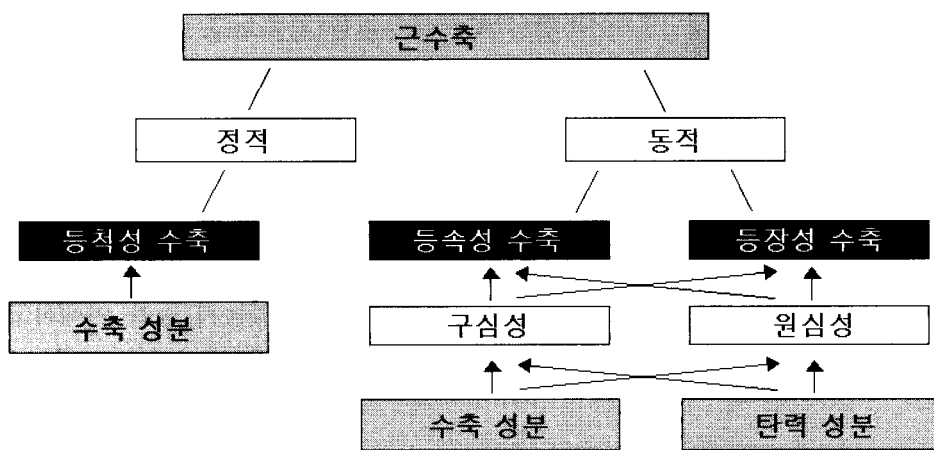


그림 2.15 근수축의 종류와 수축과 탄력 성분의 관계에 대한 요약

### 요약

- 골격근의 구조와 기능을 이해하는 것은 인간의 움직임 생성 과정을 이해하는데 있어 매우 중요하다.
- 개인별 근섬유 타입의 비율은 그 개인이 어떠한 운동 종목을 수행하는데 더 적합한지를 결정하게 되고, 근섬유의 기능적 능력은 적절한 훈련에 의해 긍정적으로 향상될 수 있다.
- 근육 그룹은 특정한 운동을 수행하기 위해 함께 상호작용한다. 특정한 운동 수행에 사용되는 근육 그룹의 특성을 이해함으로써, 효과적인 컨디션조절 프로그램을 만드는 것이 가능하게 된다.
- 수축과 탄력 성분 모두가 다양한 종류의 근수축의 원인이 되고, 상환 과정은 더욱 큰 힘을 생산하는 데에 중요한 역할을 한다.

**근** 골격조직은 인체에 기계적인 움직임과 자세유지, 잠재적 움직임과 이동을 가능하게 한다. 근골격조직은 정확한 정보 없이는 정확한 움직임의 제어가 불가능하며 정상적인 근육운동이 어려워진다. 근육은 서로 얼마나 접촉을 하고 언제 접촉하는지 등의 정보를 받는다.

골격근은 수의근으로 알려져 있으며, 이러한 수의근의 조절은 뇌에서부터 신경계를 통해 신체의 조직들로 정보가 전달되어 운동을 수행하게 된다.

이 장에서는

- 신경조직의 기본적인 구성요소를 확인한다.
- 신경세포 상호간의 정보전달은 어떻게 이루어지는지를 알아보고 이해한다.
- 운동단위가 무엇인지 이해하고 근수축에 어떤 역할을 하는지 알아본다.
- 근수축을 최적의 조건으로 만들고 통제하는 방법을 이해한다.
- 신경조직 움직임의 의미를 이해한다.

신경조직은 매우 예민하고 복잡해서 의학적으로도 완전히 알려지지 않았다. 하지만 코치들은 그 조직들이 어디서부터 시작되고 어떻게 해야 움직임을 배울 수 있는지 등을 이해하고 근육조직과 신경조직이 서로 조화를 이룰 수 있게 해야 선수들의 운동능력을 효과적으로 발전시킬 수 있다.

## 골격근의 기능

지난 장에서 배운 것처럼 골격근이 안정적으로 기능을 발휘하기 위해서는 많은 조직과 구조들이 상호작용 해야 한다. 이 조직들은 :

- 근조직들은 힘을 내기 위해 사용된다.
- 연결조직은 내부와 외부의 구조를 에워싸고 뼈와 근육을 연결시켜 준다.
- 신경조직은 근육에서 뇌까지, 뇌에서 근육까지의 정보를 전달시켜 움직임을 원활하게 해준다.
- 혈관은 몸의 신진대사를 원활하게 하기 위해 혈액을 통해 에너지와 산소를 운반한다.

우리는 근육조직과 연결조직의 기능과 역할, 그리고 힘을 발생하는 기전을 알아보았다. 그러나 신경조직의 역할은 이전에 고려되지 않았다. 근육의 활동은 중추신경 조직이 조절한다. 비록 골격근은 세 가지의 주요한 기능 때문에 수의근으로 알려져 있지만, 모든 골격근이 실제로 자의적이지는 않다. 이 기능들은 :

- 자율적인 움직임의 실행  
   뇌에 의한 조직적인 움직임.
- 위치나 자세의 유지  
   이것은 중력에 관련된 우리의 적응과 중력에 대한 인간의 직립자세 유지를 포함한다.

- 반사적인 움직임

이것은 환경의 자극에 대한 반응이고 수축조직을 가지고 있는 모든 형태의 동물들에게 공통적이다.

움직임을 수행하는 것과 자세를 조절하고 균형을 유지하는 것은 때로는 상충되는 기능이기도 하다. 이러한 직접적인 상충은 인간움직임과 자세로부터 발생한다. 우리가 언제 어떠한 움직임을 나타내건, 그 움직임이 신체 전체의 움직임이건, 혹은 신체 일부의 움직임이건, 신체 균형을 흐트리는 자세에는 여러 가지가 있다. 모든 스포츠에서 가장 중요하게 요구되는 것들 중 하나는 자세를 조절하고, 균형을 유지하면서 동시에 정확한 움직임을 수행하도록 하는 것이다. 코치에게 있어서 자세의 균형과 정확한 움직임이라는 두 가지의 잠재적 상충요인에 대한 정확한 이해는 전체적인 기술과 컨디셔닝 프로그램을 계획하고, 최적의 트레이닝법을 개발하는 데에 있어 매우 중요한 요소이다.

### KEY POINT

운동선수의 과제 중 하나는 주어진 움직임을 수행하는 것이고, 동시에 자세를 안정적으로 조절과 균형을 유지하는 것이다.

코치는 전반적인 기술과 훈련 프로그램을 계획 할 때, 주요 기능을 담당하는 근육을 고려할 뿐 아니라 자세를 조절하고 균형을 유지하는 근육의 발달 또한 고려해야 할 필요가 있다.

## 신경계의 구성

신경계는 수백만 개의 신경세포의 연락망으로 뇌, 척수, 말초 신경들과 감각 기관들로 이루어져 있다. 신경계는 협응적 움직임과 신체 활동을 할 수 있게 해주고, 양 방향 체계로 작용한다. 신호는 뇌에서부터 근육으로 전달될 뿐만 아니라, 뇌로 돌아오는 정보도 있다. 이 정보는 모든 감각들이 얼마나 빨리, 어떤 힘이 근육을 수축시키게 하는지, 그리고 관절들의 위치는 어떠한지와 같은 세부적인 정보들도 제공한다. 신경계의 구성에 대한 개요는 그림 2-16에서 나타난다.

**중추 신경계(CNS)**는 뇌와 척수로 이루어진다. 뇌는 신체의 모든 활동을 조화롭게 하고 결정을 내리게 하는 조절 센터이다. 그것은 무의식적인 행동들뿐만 아니라 의식적인 행동들도 조절하는 매우 복잡한 컴퓨터로 여겨지며, 가장 중요하게 보호받고 있다. 스스로 투명한 액으로 둘러싸여 있으며, 두개골에 의해 덮여있다. 척수는 두개골 아래 부분에서 시작해서 뇌의 기저부를 지날 때는 새끼손가락 두께 정도이고, 척주의 척추골을 따라 내려가며 그 두께가 감소하며, 중추신경계 전체는 뼈에 둘러싸여서 보호받는다.

**말초 신경계(PNS)**는 중추신경계에서 생기며 연결된 부위에 따라 두 종류의 신경을 포함한다. 몇몇 신경들은 뇌에서 시작해서 주로 눈과 턱과 같은 머리 속 구조들로 뻗어가는데, 이러한 것들은 **뇌신경**으로 알려져 있다. 다른 신경들은 다발을 이루어 척수를 따라 척추 사이의 공간을 통해 팔, 다리, 그리고 몸통의 여러 구조들로 뻗어나간다. 이러한 것들은 **척수신경**으로 알려져 있다.

말초 신경계는 신체의 모든 부분으로부터 전달된 메시지를 중추신경으로 전달하고, 또한 중추신경

으로부터 하달된 정보를 신체 각 부위로 전달하는 기능을 담당한다. 말초신경계의 두 가지 주요기능은 다음과 같다:

- 나가는 메시지 ← 중추신경으로부터 - 운동 또는 원심성신경
- 들어오는 메시지 → 중추신경으로 - 감각 또는 구심성신경

중추 신경계는 **운동 신경**을 통해 신체 각 부위로 정보를 전달하여 근수축 활동을 유발한다.

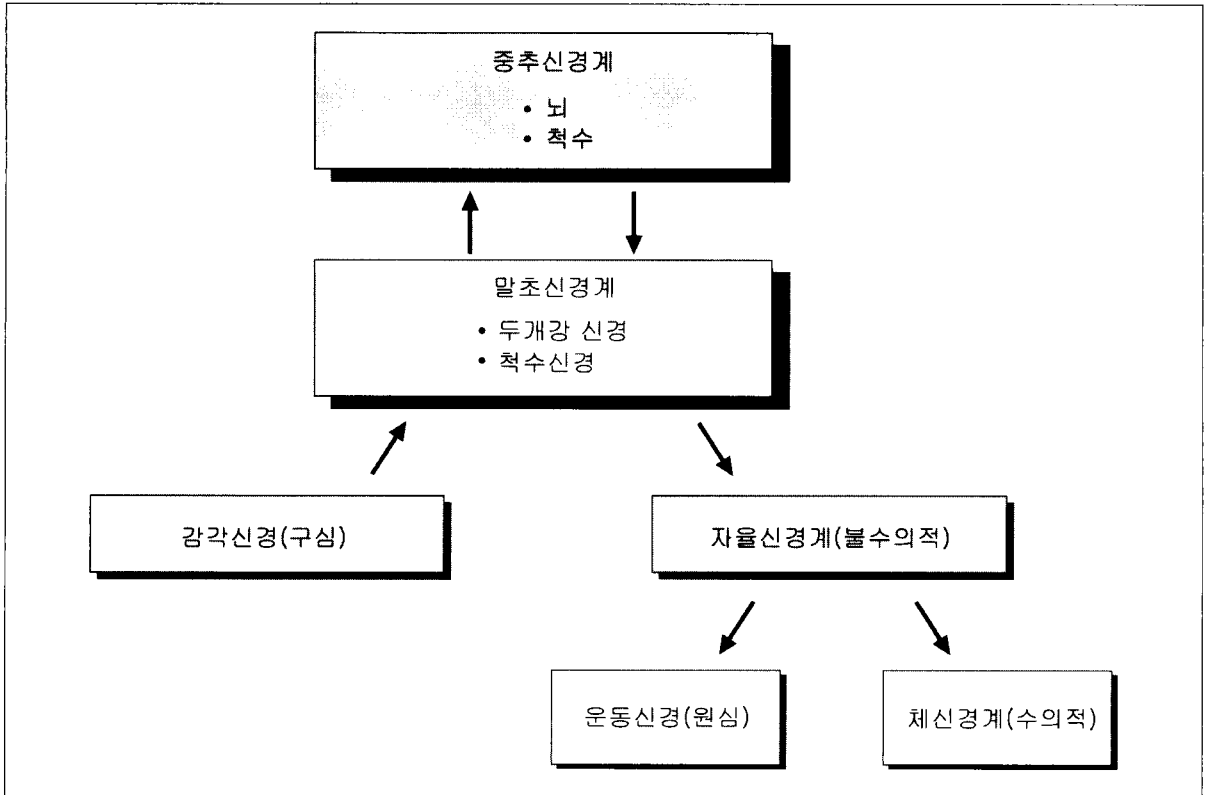


그림2.16 신경계의 조직

**감각신경계**는 완벽하게 자동적인 신체활동과 기능들을 조절한다. 즉, 불수의근과 평활근, 심근을 조절하고 제어함으로써 호흡, 심박, 그리고 소화계를 조절한다. 자율신경계는 두 가지 형태의 신경으로 구성된다:

- 교감신경
- 부교감신경

자율신경계에 의해 조절되는 각각의 기관들은 서로 반대되지만 상호작용하는 **교감신경과 부교감신경**으로 연결되어 있다. 교감신경은 혈관에 **아드레날린**과 같은 화학물질을 분비함으로써 심장 박동과 같은 활동을 활성화시킨다. 부교감신경은 반대되는 화학물질을 분비함으로써, 이러한 과정을 느리게 한다. 이런 모든 활동은 우리의 자각적인 인식이나 통제 없이 발생한다.

**체신경계**는 골격근을 조절하고 감시하는 기능을 한다. 정보는 수용기에서 **감각신경**을 통해 중추신

경계로 옮겨진다. 몸을 통해 퍼지는 수용기 또는 감각기관은 수없이 많으며, 이들은 신체의 어느 부위로부터 정보를 받았는지에 따라 세 가지 형태로 나뉜다:

- 외부자극수용기  
신체 외부(시각, 청각을 위한 눈과 귀 등)로부터 정보를 받는다.
- 내부자극수용기  
신체 내부기관(폐, 소화기관 등)으로부터 정보를 받는다.
- 고유감각기  
근육, 건, 관절에서 주로 발견된다. 특별한 위치에서 신진된 정도에 따라 반응하고 신체의 다른 부분의 상대적인 위치에 대하여 정보를 제공한다.

**고유수용기**는 특정 속도의 운동에서 팔다리를 매우 정확하게 움직일 때 대단히 중요한 역할을 한다. **운동 되먹이기**로 알려진 뇌로 정보를 제공하는 것이 바로 이러한 수용기들이다. 운동 되먹이기 기전의 사용과 기술의 운동감각 발달은 모든 기술 훈련의 기본요소이다.

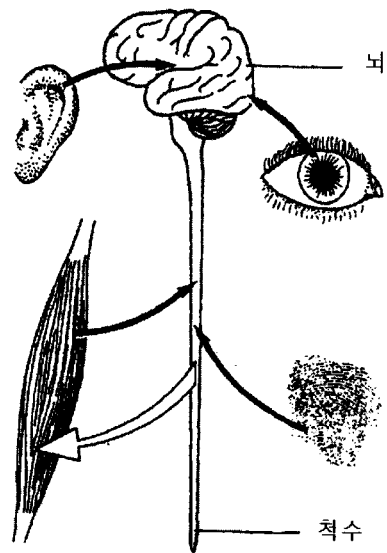
### 신경세포

신경계의 기본 기능 단위는 **뉴런**이라 불리는 신경세포 또는 신경섬유이다. 각각의 뉴런은 신호에 의해 수신, 전달되는데 자신만의 독특하고 특별한 모양을 가지고 있다.

- 세포체
- 가지돌기
- 축삭

세포체는 세포핵을 포함하고 있으며, **가지돌기**와 **축삭**으로부터 발산기를 가지고 있다. 신경단위는 일반적으로 많은 가지돌기를 가지고 있고, 이들은 신경단위에서 수신기로써 기능한다. 가지돌기는 인접한 신경단위 또는 감각 자극에서 신경으로 들어오는 자극정보를 받아서 체세포로 전달한다. 신경단위는 일반적으로 하나의 축삭을 가지고 있고, 이는 신경단위 전달자로서의 기능을 담당한다. 대부분의 운동신경 축삭은 지방 성분의 절연체로 둘러싸여 있다. 신경단위는 인접한 신경단위로 신경자극이 부정확하게 전달되는 것을 막아주는 (그림 2-18) 수초를 가지고 있다. 인체 내의 신경은 가는 실과 같은 형태를 하고 있으며, 각각의 뉴런은 다발로 이루어져 있다.

운동 신경에서 수초의 형성은 태아기에 시작하여 생애의 처음 몇 년에 걸쳐 계속된다. 이러한 감각은 왜 어린 아이들의 움직임이 빈번하게 협응되지 않는지를 잘 설명해준다.



→ 감각신경  
⇨ 운동신경

Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2.17 정보는 체내의 모든 수용기로부터 중추신경계로 모인다. 그리고 이에 대한 적절한 반응을 위해 신호가 근육과 샘으로 전달된다.



## 신경자극

인체에는 서로 다른 종류의 수많은 신경 단위가 존재한다. 이 신경들은 복잡한 신호를 전달하는 그물망 형태로 서로 연결되어 있다. 신경들은 **신경자극** 내에서 생성되고 전기화학적으로 반응하는 능력을 가지고 있다. 신경자극은 1초당 100미터를 이동하는 빠른 속도를 가지고 신경을 타고 신경 접합부위를 지나 전기적 활동을 보낸다. 각각의 신경자극은 동일하고 지속적으로 전기적 신호를 전달하며, 자극억제제와 같이 과도한 흥분 상태에 대하여 안정상태를 유지시켜주는 화학반응을 가지고 있다. 각각의 신경들은 많은 신경들과 연결되어있지만 서로 하나의 신경으로 조합 될 수는 없다. 항상 한 개의 신경과 다음 신경사이에는 짧은 틈이 존재하며, 이 틈에서 발생하는 신호의 교차

차를 **시냅스**(신경세포 연결부)라고 한다. 시냅스에 신호가 도착했을 때 저장된 화학반응은 신경세포의 연결 틈으로 분비된다. 이와 같은 화학반응은 다음 신경의 특정 표면에서 교차된다. 일부 시냅스에서는 흥분성 화학물질을 저장하고 있으며, 이러한 화학물질의 반응이 도달했을 때 시냅스는 전기적 자극을 전달하여 새로운 신호를 유발시키게 된다.

**KEY POINT**

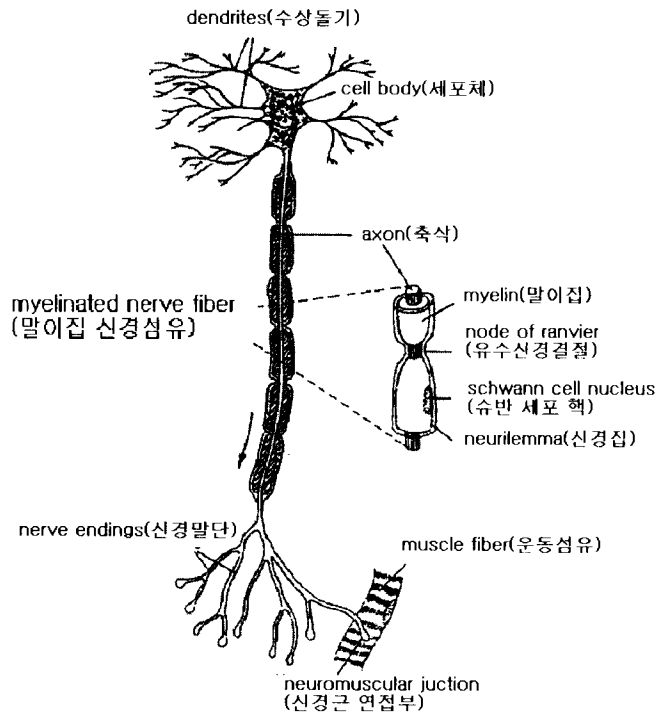
운동신경의 수초형성 과정은 태아기에서 시작되어 생애 첫 몇 년 동안 지속된다. 이 과정에 대한 이해는 왜 어린 아이들의 움직임이 종종 험용 되지 않는지를 설명해준다.

다른 일부 시냅스들은 또한 화학물질 억제제를 저장한다. 만약, 충분한 양의 화학물질이 다른 신경계에 도달하게 되면, 다른 종류의 전기적 신호가 유발된다. 신경자극은 흥분성 신경이 억제성 신경에 비해 더 활발히 자극될 때 전달 될 수 있다. 이러한 방법으로 시냅스는 체내에서 신호가 신경조직망을 통해 전달되는 것을 돕는다.

## 운동단위

모든 근육들은 각각의 신경세포들과 긴밀히 연결되어 있다. 근신경들로 구성된 **신경분포**는 근육의 기능을 전달하는 중요한 열쇠가 된다. 운동신경은 수많은 신경들로 이루어져 있으며, 다양한 연결 부위를 가지고 있다.

그러나 각 근섬유는 오직 운동신경에 의해서만 자극된다. 운동신경이 근섬유와 결합된 지점을 **신경근육접합** 혹은 **근신경접합부**라 한다.

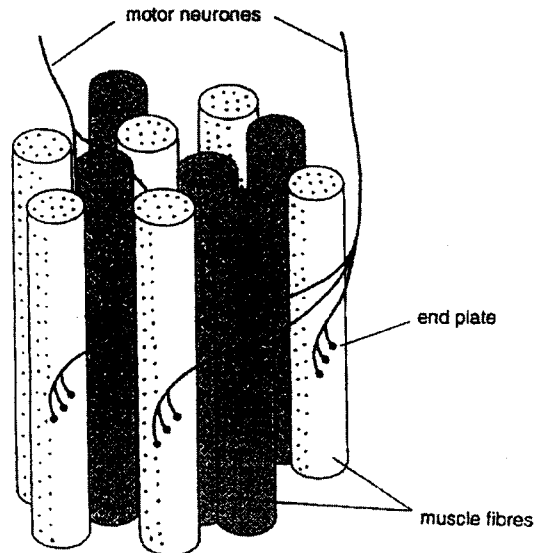


Pansky, B. & Allen, D.J. 1980

그림 2. 18 운동신경의 구조

다른 일부 시냅스들은 또한 화학물질 억제제를 저장한다. 만약, 충분한 양의 화학물질이 다른 신경계에 도달하게 되면, 다른 종류의 전기적 신호가 유발된다. 신경자극은 흥분성 신경이 억제성 신경에 비해 더 활발히 자극될 때 전달 될 수 있다. 이러한 방법으로 시냅스는 체내에서 신호가 신경조직망을 통해 전달되는 것을 돕는다.

**운동단위**는 하나의 운동 신경과 그것에 의해 자극을 받는 모든 골격근 섬유들로 정의된다. 이 섬유들은 활성화되었을 때, 근육 형태에 동일한 변화를 주며, 서로에게 인접한 근육을 통해 분산된다. 그림 2-19는 운동 단위의 분포를 보여준다.



Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2-19 운동단위의 운동신경 분포  
실제로 근섬유들은 더욱 가까이 묶여 있다는 것에 주목한다.

각각의 운동단위에 포함되는 근섬유들의 근육 활동 특정성에 따라, 운동신경이 지배하는 근섬유의 숫자는 매우 다르게 나타난다. 예를 들어, 인간의 비복근 내측부는 운동단위 당 2,000개의 근섬유들과 600개에 달하는 운동단위들을 가지고 있다. 이 근육들은 상대적으로 한번의 자극으로 수많은 근섬유들의 비특이적 활동을 수행할 수 있다. 반대로, 눈의 움직임에 관여하는 운동단위는 하나의 운동신경 당 약 5~10개의 근섬유들만을 가지고 있기 때문에, 매우 정교하고 미세한 움직임을 가능하게 한다.

각 운동신경은 단일 형태의 근섬유들로만 분포되어 있으며, 이는 각 운동단위가 Type I, Type IIa 또는 Type IIb의 근섬유 형태 운동단위 중 하나라는 것을 의미한다. 단일 운동단위 내에는 여러 형태의 근섬유들이 혼합되어 존재하지 않는다.

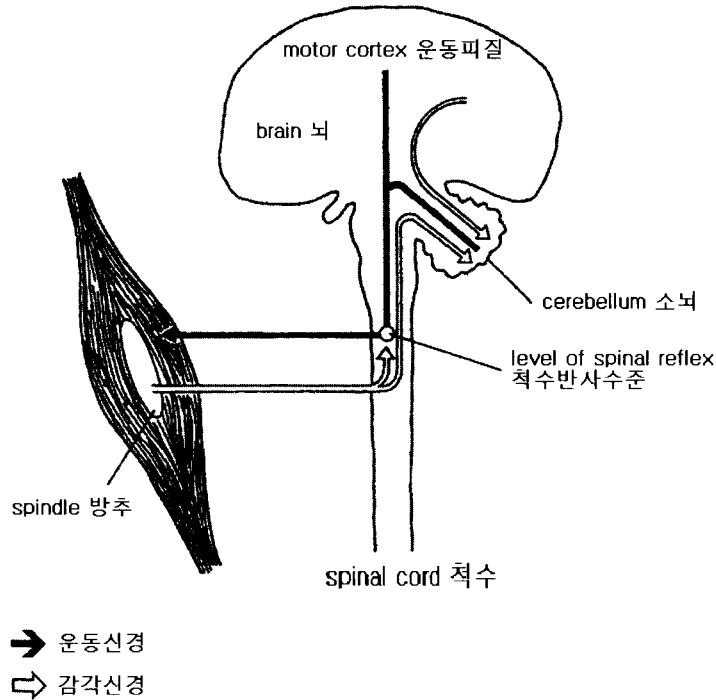
#### KEY POINT

운동 단위는 하나의 운동신경과 이것이 지배하는 모든 근섬유들을 말한다. 각 운동신경은 한 가지 형태의 근섬유를 포함하고 있으며, 하나의 운동 단위 안에 서로 다른 형태의 근섬유 혼합은 없다.

## 근육 조절

우리가 움직임을 수행하기 위해 결정을 내리면, 그 신호는 운동피질이라 불리는 뇌의 특정 부위로 보내진다. 그리고 운동 피질은 신경을 따라 관련 근육들에 신호를 전달한다.

신호가 신경말단에 도달하면 근신경 연결부를 교차한 다음, 근섬유로 퍼져나가 근섬유를 수축하게 한다. 신체가 고정된 자세일 때, 모든 근육들은 장력을 통해 상호작용 하는데 이것을 **근육의 장력**이라고 한다.



Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2. 20 근수축의 신경조절

뉴런의 세포체는 다른 뉴런으로부터 신호를 전달받는다. 충분한 흥분신호를 받으면, 뉴런은 즉시 흥분하고 축삭으로 신경 자극을 보낸다. 이 자극은 근육이나 다른 뉴런을 지나 수축신호가 운동종말전위에 도달했을 때, 전체 근섬유는 한계점까지 수축한다. 운동 단위가 운동에 작용을 하기 위해 주어졌을 때, 그것을 구성하는 모든 근섬유들은 최대의 힘을 가지고 수축한다. 신호가 없을 때는 근섬유는 휴식기를 갖는다. 따라서 근섬유수준에서 근력의 생성 단계는 없다. 이런 현상을 **실무울의 원리**라고 한다.

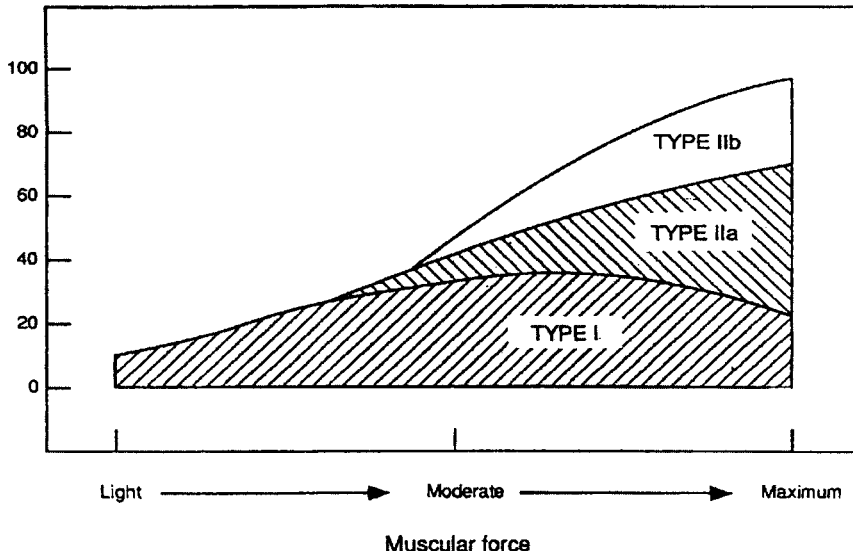
인간의 근섬유와 달리, 일반적인 근육들은 실무울의 원리를 따르지 않고 그들이 발생시킨 장력을 다양화시키는 능력을 가진다. 근육장력 수축력의 불완전한 조절은 다음 세 가지 주요 과정에 의해 도달된다:

- 동원
- 누적
- 동기화

수축력을 조절하기 위해 사용되는 방법은 적절한 수의 운동단위를 선택적으로 포함시키는 것이다. 수축력이 증가하면, 더 많은 운동단위가 동원되어야 하는데, 이러한 작용에 더 많은 수의 운동단위를 가져오는 과정을 **동원**이라고 한다.

항상 일정한 운동단위가 가벼운 부하에 대해 반응을 하게 되고, 이후 부하가 늘어나면 자극이 된다. 이처럼 예측할 수 있는 운동 단위를 **순서적 동원의 원리**라고 한다. 동원되는 모든 근육을 훈련하기 원한다면, 우리는 반드시 최대 자극에 도달해야 한다.

힘을 쓰기 위해 근육이 요구될 때, 섬유형태 역시 안정적인 질서 안에서 동원된다는 것은 많은 연구에서 나타나고 있다. 작은 힘이 요구될 때는 타입I 섬유만이 동원되지만, 운동의 강도가 증가할수록 이어서 타입IIa, 타입IIb 섬유의 동원 비율이 증가하게 된다.



Martin, D.E. & Coe, P.N. 1997

그림 2.21 Type I, Type IIa, 그리고 Type IIb 운동섬유의 힘 생성과 이용의 관계

신경 자극의 빈도가 증가할 때 **누적**이 발생하며, 이러한 신경자극의 누적을 통해 근섬유는 매끄럽고, 일관된 수축을 얻게 된다. **동기화**는 다양한 운동단위에 대한 신경 자극의 시기와 관련되어 있다. 숙련된 수행자의 힘 있고 높은 협응의 움직임은 신체과제와 연관된 운동단위를 자극시키는 동기화를 통해 이루어진다. 웨이트 트레이닝은 운동단위의 동기화를 증가시키기 위해 필요하고, 특별한 웨이트 트레이닝은 속도의 발달과 같은 부분에서 도움을 줄 수 있다.

위에서 언급한 세 가지 요소들 외에도, 장력을 다양하게 하는 데에는 많은 요소가 포함된다. 근수축력에 영향을 미치는 한 가지 중요한 요소는 그것이 자극을 받았을 때 나타나는 근육의 길이이다. 이런 개념을 **장력길이 관계**라고 한다. 만약 근육이 휴식 시 길이의 120% 뻗어질 수 있다면, 휴식 시에 더 짧을 때보다 더 큰 장력을 발휘할 수 있다. 이는 근육 내와 주위 결합조직으로부터 오는 수축의 탄력성분의 기여 때문이다.

스타트 순간 큰 힘을 필요로 하는 움직임에서 우리는 근수축이 일어나기 직전에 발생하는 근육의 신전을 보조함으로써 더욱 높은 근력을 발휘할 수 있게 된다. 이것은 특정 근육 집단을 강화시키고 큰 가속을 만들어낼 것이다. 예를 들어, 육상종목에서 움츠러서 시작하는 셋 자세에서 주자는 총소리에 힘 있게 근육을 수축하기 위해 스타팅 블록을 사용할 수 있다. 순간적인 근수축력의 증가는 근육이 짧아지기 전에 빠르고 능동적으로 신전함으로써 더욱 큰 힘이 얻어진다는 것을 보여준다.

근육의 최초길이와는 별도로, 근수축력의 증가는 근 길이를 짧게 하기 전에 빠르고 활동적인 근 스트레칭을 통해 이루어질 수 있다고 알려져 왔다. 상환 과정을 구성하는 이러한 원심성에서 구심성으로의 역동적인 변환에 대해서는 지난 장에서 설명하였다. 상환은 근육 반사의 역할과 작용을 설명할 때 더 자세히 언급될 것이다.

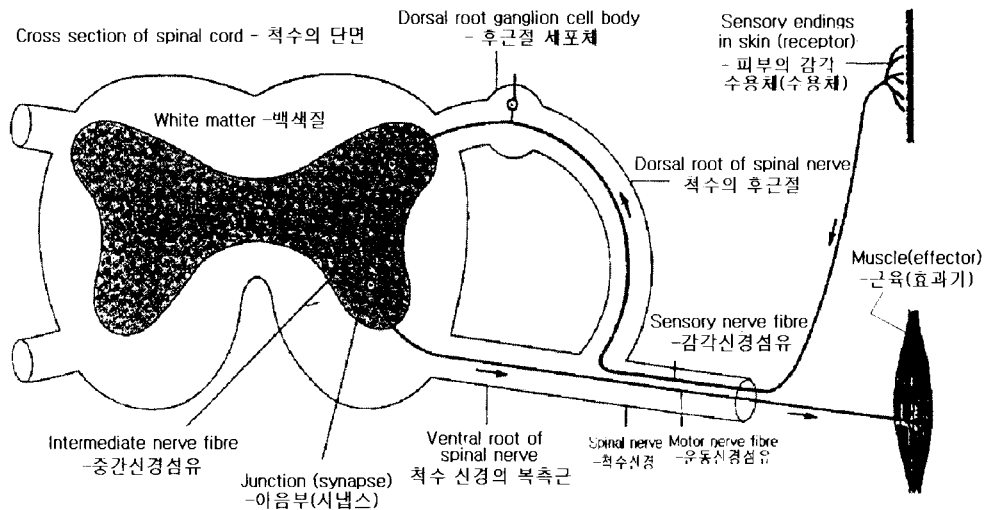
### 근육 반사(Muscle Reflexes)

반사행동은 뇌신경에 의한 신호전달 없이 자극에 대해 몸이 즉각적으로 반응하는 응답을 말한다. 반사행동은 신체가 위험하고 해로운 상황에서 스스로 자신을 보호할 수 있도록 해준다. 예를 들어, 눈앞에서 손을 흔들면 눈을 깜박이는 반응이 이에 해당된다. 반사행동은 또한 몸이 반응을 준비하도록 한다. 예를 들어, 고기를 보거나 고기 냄새를 맡으면 구강 안의 침샘은 음식 섭취와 소화를 도울 준비를 하도록 만든다.

**KEY POINT**

반사행동은 자극에 대한 몸의 즉각적이고 빠른 응답이다. 이것은 몸의 보호와 준비를 돕는다. 상환 과정으로 구성된 원심성 수축에서 구심성 수축으로 변하는 이러한 동적 변화는 지난 장에서 설명하였다.

회피반사는 고통을 주는 어떤 것의 접촉으로부터 우리 몸을 보호해 주는 근육 반사를 말한다. 만약 뜨거운 접시에 손이 닿으면, 우리는 즉시 손을 떼낸다. 이런 경우, 손 안의 지각말단이 열에 의해 자극을 받게 된다. 이것이 팔에 있는 신경에 척수와 뇌로 가는 자극을 유발시킨다. 실제 고통의 느낌은 신호가 뇌에 도달할 때 온다. 그때 신경이 팔로 내려와서 이두근이 수축하도록 만든다. 근 수축은 손이 불쾌한 자극에서 떨어지도록 한다. 모든 반응은 순식간에 이루어지고 얼마나 빨리 신경 자극이 신경계를 이동하는지를 보여준다. 손을 뜨거운 물체로부터 떼는데 관련된 반사공은 신경계를 설명해준다. 비록 아픔이 뇌로 전달되지만, 운동의 피드백 조절의 많은 부분이 척수에서 일어나고 그러한 반사 행동은 의식적 사고를 필요로 하지 않는다. 상환과정에 대해서는 아래의 근육 반사 행동과 역할에 대해 설명할 때 더 자세히 설명하도록 하겠다.



Roberts, M.B.V. 1986

그림 2.22 The Flexor Reflex - 굽힘 반사

## 신전반사

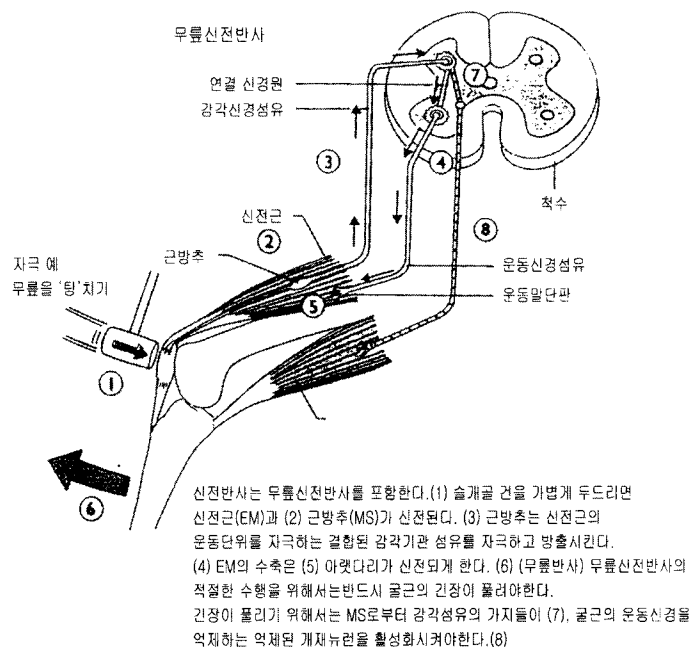
무의식적으로 일어나는 신전운동은 매우 빠르게 수행되고, 움직임의 기본적인 패턴의 효율성을 증가시킨다. 반사의 종류에는 **방위반사**와 장력의 변화에도 불구하고 지속적인 근육 길이를 유지하는데 도움이 되는 **신전 또는 근신전반사**가 있다. 예를 들어, 신전반사가 없게 되면 일어서려고 하는데 순간마다 바닥으로 주저앉게 될 것이다. 이러한 신전반사는 신전, 장력 탐지기, 후근에 피드백을 제공하는 기능, 그리고 근육을 불필요한 손상에서 보호하는 두 가지 종류의 자기 수용기를 필요로 한다. 신전반사와 관련되는 자기 수용기에는 근방추와 골지건기관이 있다.

근방추는 자기수용기 중 가장 많으며 나란히 연결된 근섬유 사이에서 발견된다. 근방추는 인접한 근섬유의 움직임에 따라 수동적으로 반응하여 근섬유가 신전될 때 그 작용이 일어난다. 근방추 반응은 근 길이와 신전, 그리고 그 길이와 신전 변화율에 민감하게 반응한다. 그들이 수용하는 정보는 감각신경계를 통해 중추신경계로 전달된다. 만약 근육이 과도하거나 빠르게 신전되면 근방추는 근 수축반사를 시작하여 중추신경계로 메시지를 보낸다. 일단 수축이 일어나면, 근육은 더 이상 신전되지 않고 방추는 자극 전달을 멈춘다. 이 수축은 신전반사이며, **신전수축주기**에 관련되는 상환 과정 동안 힘의 생성에 기여한다.

예를 들어, 신전반사는 의학실험에서 개인의 전반적인 신경근 상태를 평가하는 데 사용된다. 의사가 작은 고무망치로 슬개골 바로 밑에 있는 인대를 가볍게 치면 무릎신근 근섬유가 신전된다. 이러한 근육의 갑작스러운 신전 반응은 수축을 통해 그 자신을 보호하기 위하여 이루어져서 무릎에 약간의 경련(반사운동)을 볼 수 있다.

가볍게 두드리는 것과 무릎의 경련반응(반사운동) 사이의 지연된 시간은 근방추에서부터 중추신경계의 척수로 신경 충격이 움직인 후에 다시 운동 신경을 통해 근섬유로 들어오는 시간의 표시로 보인다. 이 과정은 그림 2-23에서 보여주고 있다.

근방추의 방위 메커니즘은 근육이 갑자기 신전되었을 때 반응하지만 방추는 갑작스럽지 않은 수의적 신전을 가능하게 할 수 있다. 이는 근육이 먼저 수축된 후에 천천히 신전되면서 더욱 많이 신전될 수 있도록 한다. 신전이 더 되는 것은 근육이 처음 수축되고 나서 천천히 이완되면 그것은 더 빨라서 그것을 조절하는 관절의 움직임 범위를 향상시키기 때문이다.



Beashel, P. & Taylor, J., 1992

그림 2.23 신전반사

이 원리는 특히 유연성을 증가시키는 트레이닝을 하는 경우에 더 조심스럽게 접근하여야 한다. 더 자세한 내용은 다음 장에서 설명하기로 한다.

골지건기관은 근육의 양 끝에 있는 근육의 건 접합 부위에 위치한다. 이는 근방추와 비슷한 기능을 하지만, 움직임이 있기 전에 더 강한 자극을 필요로 하므로 근방추만큼 민감하지는 않다. 골지건기관은 과도한 스트레칭이나 근수축에 의해 발생하는 근긴장에 민감하다.

예를 들어, 높이뛰기 선수는 종아리 근육에 적절한 긴장성을 높임으로써 더 높이 뛸 수 있게 되는데, 이는 종아리 근육의 수축을 통해 지면의 반력을 더욱 크게 이용하게 되는 것이다. 또한 이러한 극심한 도약과 점프의 상황에서 종아리 근육은 골지건기관에 의해 아킬레스건을 상해로부터 보호하고 예방하게 되는 것이다.

근방추와 골지건기관 모두 넓게는 근육을 보호하는 기능을 한다. 이와 같은 안전을 위한 기능은 만약 부적절한 순간에 근육이 수축하게 되면 건과 인대의 손상을 유발하고 뼈의 골절을 유도할 수 있기 때문에 중요하다. 만약 자기수용기가 효과적으로 기능하지 않는다면 부상의 위험은 크게 증가하게 된다. 이는 특히 운동선수가 충분한 준비운동을 하지 않을 경우, 운동 중 과도한 피로가 쌓이게 되면 발생하게 된다. 코치는 이러한 구조의 역할과 기능을 충분히 이해하고, 특히 근육의 유연성, 이완, 신축성을 발달시키는 훈련 프로그램을 수행 할 때 특히 주의하여야 한다.

## 운동 기술 학습

신경계는 운동 기술 습득에 있어 필수적인 역할을 한다. 일반적으로 척수의 운동 신경은 신경계와 뇌를 통한 근육의 수축 경로를 제어하는 과정에서 개별 근육들의 수축 패턴을 조절한다. 충분히 연습된 기술은 기억이 되고, 필요할 때 즉시 상기해 낼 수 있는 능력을 갖게 해준다. 이러한 기억 패턴은 기억 심상 혹은 운동신경 프로그램이라고 부르는데, 이는 반복적인 훈련과정에 의해 수정되고 적응된다. 매우 빠른 움직임에 대한 기억 심상은 운동 피질에 저장된다.

### 요 약

- 신경근육계의 구조, 기능, 능력에 대한 이해는 코치들이 움직임 조절을 이해하는데 기초가 된다.
- 운동단위는 골격근 수축을 위한 기초 단위와 신경근육의 근섬유를 의미한다.
- 근육 억제와 조절은 보충, 가중, 동시성의 과정을 거친다.
- 특별한 신경근육 트레이닝은 근수축의 힘과 운동단위 보충 학습을 통해 시스템 내에서 더 큰 효율을 가진다.

**인** 간의 신체가 효율적으로 움직이기 위해서는 신체를 이루는 각 세포들이 서로 소통할 수 있는 수단이 필요하다. 지난 장에서 우리는 이미 소통과 운영체계로서의 신경조직이 신경자극의 방법을 통해 메시지를 전달한다는 것을 알았다. 또한 인체 세포는 세포막을 출입하는 물질들을 이동시킬 수도 있어야한다. 이를 위해서 전송체계가 필요하다. 단순히 공급과 노폐물폐기의 수단으로 보이는 순환계 또는 심혈관계가 바로 신체의 이와 같은 주요 전송체계이며, 호흡기관도 생명유지를 위한 산소를 전송체계에 공급하고 불필요한 가스를 배출하는 기능을 맡고 있다.

이번 장에서는

- 순환계의 구성요소와 전송체계로서 이들이 어떻게 작용하는지를 정의하고
- 순환계가 훈련을 통해 어떻게 적응하고 반응하는지에 대한 이해를 증진시키며
- 호흡계의 구성요소와 산소 공급 및 가스 배출에 대해 살펴보며
- 호흡계가 훈련을 통해 어떻게 반응하고 적응하는지에 대해 이해하며
- 산소공급기관으로서 순환계와 호흡계가 어떻게 공조하는지에 대한 이해를 넓히며, 훈련에 대한 그들의 조합된 반응과 적응을 알아보도록 한다.

유산소 훈련은 특성이 다른 각 종목들에게 공통으로 적용되는 가장 기초적인 훈련으로 볼 수 있다. “훈련을 받기위한 훈련”이란 표현처럼 훈련을 위한 기초요소로서 유산소 훈련이 얼마나 중요한지를 강조해주고 있다. 코치의 역할을 하는 사람은 순환계와 호흡계가 어떻게 서로 작용하는지에 대한 충분한 이해가 필요하다. 이 조합된 체계는 심폐체계라고 불리며 심폐훈련은 유산소성 훈련과 동일시되기도 한다. 에너지전환의 역할을 하는 심폐체계에 대한 지식은 훈련에 대한 계획과 평가에 필수적이다.

## 순환계-구조와 기능

앞에서 우리는 골격근육이 기능을 하기위해 다양한 형태의 조직들이 서로 조합하고 있다는 것을 배웠으며 이 조직들은 근육조직, 연결조직, 신경조직과 혈관들로 이루어진걸 알 수 있었다. 우리는 이미 근육조직과 연결조직, 신경조직의 구조와 기능 그리고 역할, 힘을 생산해 낼 수 있는 용량에 대해서 알아보았지만, 순환계와 혈관의 역할에 대해서는 아직 접하지 못했다.

순환계의 구조는 서로 연관되어 기능하는 심장, 혈관, 혈액으로 이루어져있으며, 이러한 순환계는 신체조직과 체액, 그리고 세포의 요구사항 및 항상성 유지를 위한 물질 운반의 기능을 담당하고 있으며 주요기능은 다음과 같다

- 폐에서 세포들에게 산소전달
- 세포에서 폐에게 이산화탄소전달
- 세포에 영양분과 호르몬공급
- 세포의 노폐물을 콩팥에 전달
- 체온유지를 위해 표피에 열 공급



## 심장

심장은 속이 빈 배 모양의 형태를 띤 근육조직으로 양쪽 폐의 가슴중앙부분에 위치한다. 심장은 순환계의 원동력으로 근육 펌프의 역할을 한다. 심장은 크게 별도의 두개의 펌프 역할을 할 수 있도록 구성된 4개의 방들로 이루어져있다.

### KEY POINT

심장은 두개의 펌프이다. 오른쪽 펌프는 폐순환이다. 왼쪽 펌프는 체순환이다.

양쪽 위쪽의 작은 방들은 **심방**이라 불리고 심방보다 두꺼운 벽으로 둘러싸인 아래쪽 양쪽의 큰 방은 **심실**이라 불린다. 우측의 심방과 심실은 폐와 연관된 폐순환을, 좌측은 나머지 신체의 순환을 맡고 있다. 산소가 소모된 혈액들은 우심방으로 들어간 후 낮은 압력으로 우심실을 거쳐 폐로 들어간다. 폐에서 산소가 공급되어져 나온 혈액은 좌심방과 좌심실을 거쳐 강한 압력으로 인체 조직들에 펌프질 되어 순환하게 된다. 이 심방과 심실들은 한 방향 밸브구조로 되어있어서 혈액이 아래쪽 방향에서 위쪽 방향으로 역류하는 것을 방지하게 되어있다. 양쪽은 비슷한 구조로 되어있으나 완전히 별도로 기능한다(표 2.24).

심장의 근육세포와 섬유조직들은 별도의 신경자극 없이도 자체적으로 움직일 수 있도록 되어있다. 만약 심장 각각의 근섬유들이 따로 움직인다면 효율적인 펌프작용은 불가능 할 것이다. 심장 근육

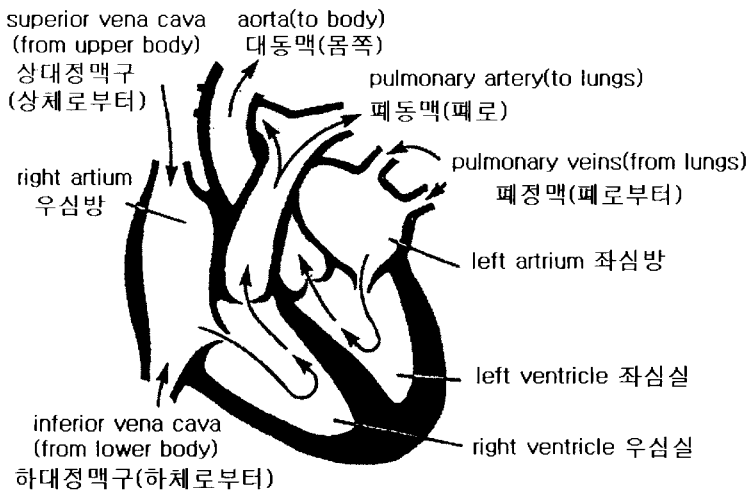


그림 2.24 심장을 통하는 혈액에 의한 통로를 보여주는 도식화된 구분

의 심박에 의해 좌심실에서 분출되어지는 혈액의 양을 일반적으로 **1회 심박출량**이라 부른다. 신체가 운동 및 훈련을 할 때의 반응에서 중요시되는 것이 **심박출량**이다. 심박출량은 1분 안에 좌심실에서 배출되어지는 혈액의 총량이다. 심박출량은 심박수와 1회심박출량의 산물이며 1분당 리터로 표기된다(L/min)

$$\text{심박출량(L/min)} = \text{심박수} \times \text{1회심박출량}$$

심박출량은 심박수와 1회심박출량을 높이는 운동을 통하여 증대시킬 수 있다.

활동의 일체화는 특수화된 각 근섬유들의 네트워크로 이루어지며, 이 특수화된 근섬유들은 전기생리학적 자극을 전송한다. 이 네트워크를 심장전송체계라 부르며 일반적으로 심장 근섬유사이에 위치한다. 한 번의 심장박동을 만들어내는 심실의 주기적인 펌프작용을 **심장주기**라 한다. **심박수**는 일반적으로 1분동안 뛰는 심장의 박동 수를 의미한다.

신체가 휴식상태에 있을 때 심장은 1분에 40~80번 정도 뛰며 약 5리터의 혈액을 운반한다. 한 번

## 혈관

혈액은 혈관을 통하여 인체 각 조직으로 흐른다. 동맥은 산소의 농도와 상관없이 항상 혈액을 심장으로 보낸다. 동맥은 높은 압력의 체계이며 동맥의 벽은 두껍고, 탄력있는 구조로 되어있다.

동맥의 높은 압력 때문에 동맥은 절단되는 경우 많은 양의 출혈을 일으키게 된다. 대부분의 동맥이 몸의 깊숙한 곳에 있지만, 몇몇은 표피 근처에 있는데 심장이 뛰거나 맥박이 느껴지는 손목과 목의 경동맥과 같은 곳에 있다.

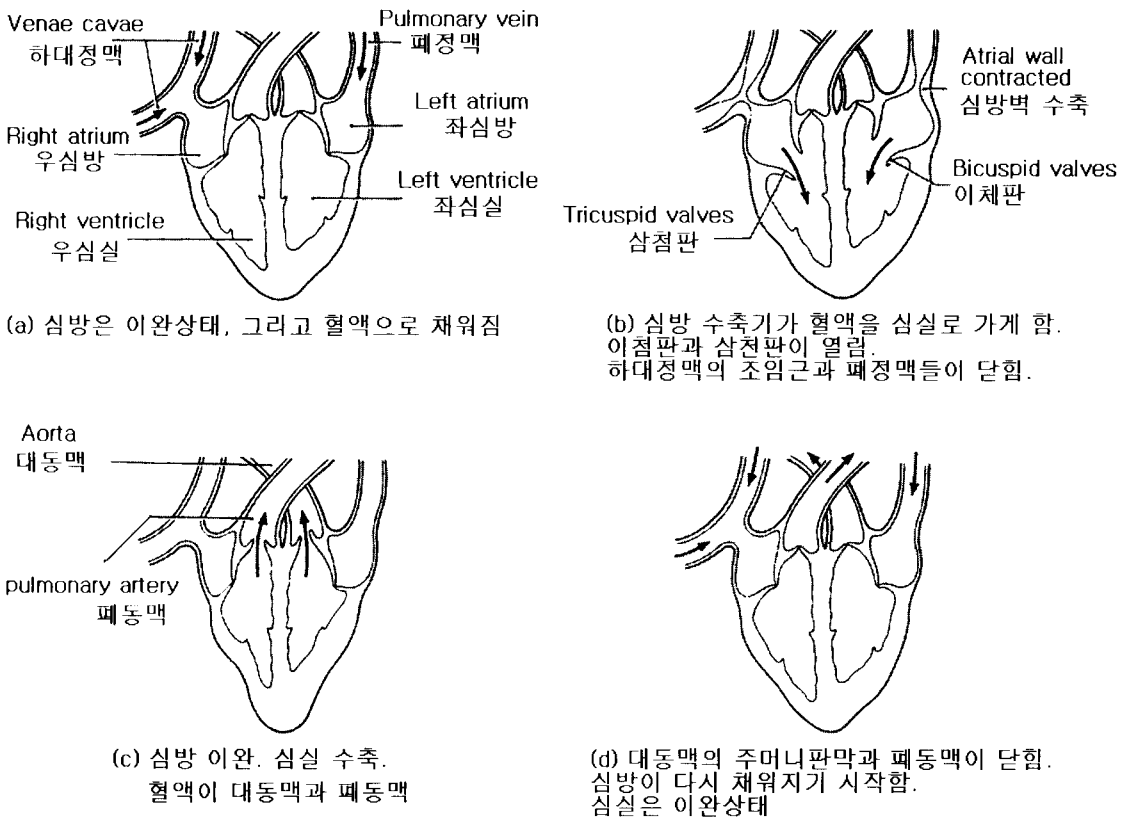
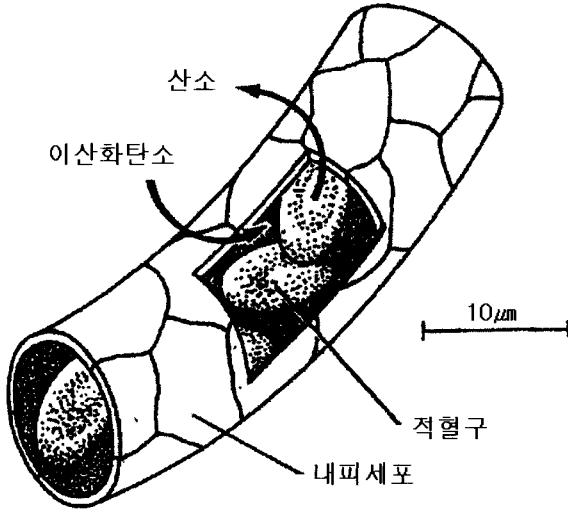


그림 2.25 The cardiac cycle(심주기)

여러 차례 가지를 내뻗는 것에 의해, 동맥은 혈액이 세동맥으로 흐를 때까지 점점 더 수축된다. 이런 세동맥은 피를 가장 작은 혈관인 모세혈관으로 운반한다. 모세혈관은 단층의 세포로 이루어진 벽을 가진 작은 혈관이다. 얇은 벽은 산소와 영양분들이 조직과 세포로 흡수할 수 있게 해주며, 이산화탄소 및 세포에서 생성된 기타 생산물은 모세혈관을 통과하면서 혈관을 좁아지게 하고, 일부 혈관 세포들은 접혀지거나 납작해진다. 이것이 혈액 흐름을 느리게 하고 물질의 교환들을 더운 효과적으로 만들도록 해준다.

모세혈관은 개별 혈관들로서 기능하는 것이 아니라, 모세혈관계로서 네트워크를 형성하고 기능한다. 인체의 모세혈관계 전체 용량은 순환계 전체 혈액의 양보다 더 많다. 모세혈관계와 혈액량의 이런 차이는 왜 혈액이 동맥을 통해 펌프하지만 모세혈관을 통해서 분비되는지를 설명해준다. 모세혈관 네트워크는 근육과 뇌와 같은 활동적인 조직에서 더 가늘고 더 조밀하다. 모든 근섬유는 적어

도 하나의 모세혈관을 가지고 있고, 지근섬유는 여러 개의 모세혈관을 가지고 있다. 모세혈관계는 유산소운동에 의해 근육 내에서 증가하며, 이러한 모세혈관화 과정은 모세혈관들의 밀도와 효율성 모두를 증가시켜 전체 근육의 기능을 더욱 효과적으로 만든다.



Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2.26 모세혈관의 가스교환

혈액은 산소를 통과하여 활성세포가 되는 즉시 밝은 황색에서 탁한 붉은색으로 변한다. 모세혈관은 이러한 탈산소화된 혈액을 정맥으로 전달하고, 동맥보다 더 낮은 압력으로 혈액을 이송하며, 모든 혈액은 심장으로 돌아오게 된다. 가장 작은 정맥을 세정맥이라 부른다. 정맥은 동맥에 비해 적은 양의 근육성분을 띠고 있고, 혈관벽면은 동맥이 비해 더욱 탄력적인 조직으로 되어있다. 이러한 정맥의 신장성은 정맥이 혈액의 저장소로서 기능할 수 있게 하고, 운동으로써 증가하는 인체의 혈액 수요를 감당하게 한다.

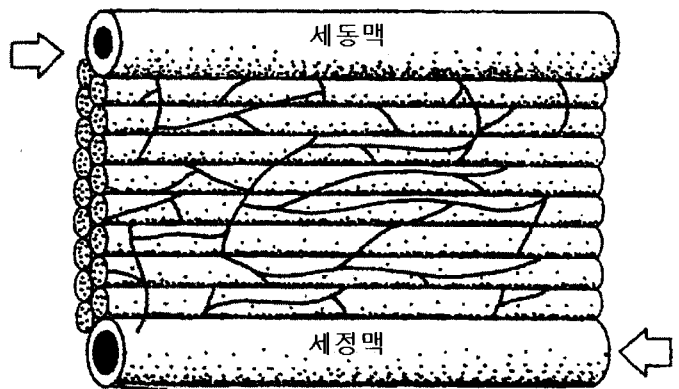
심장의 순환체계를 위해 중요한 운동력을 실행하는 동안 근육 주위의 정맥은 확산작용을 하여 2차적인 펌프기능을 한다. 근육의 능동적인 수축은 정맥을 압축시켜 심장으로 돌아가는 혈액의 회귀량을 증가시킨다. 또한 정맥은 대체로 신체의 표면 가까이 있기 때문에 인체 내부에서 에너지 방출로 인해 생긴 과다열을 발산하는 기능도 담당한다.

### 혈액

순환체계는 순환기질이나 매체를 가지고 있어야 한다. 이러한 순환기질을 가진 유액을 우리는 **혈액**이라 부르며, 혈액은 체내 조직 및 세포 사이에 물질 수송을 담당한다.

혈액을 원심분리하면 다음과 같은 성분을 구분하여 얻을 수 있다.

- 혈장(55%)
- 원소형태(45%)



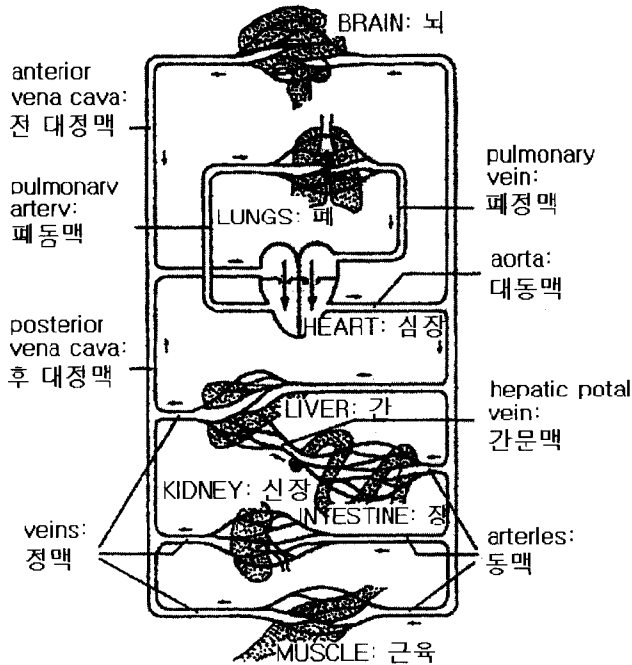
Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2.27 근육 내 모세혈관 바탕의 도표적 표시

혈장은 창백하고 짙 빛깔의 물로 만들어진 액체로, 혈액세포와 프로틴, 염분, 산소, 이산화탄소, 효소, 호르몬, 젖산을 이송한다. 원소형태들은 **백혈구**, **혈소판**, **적혈구**를 포함한다. 백혈구는 질병이나 감염으로부터 우리 몸을 보호하고, 혈소판은 혈관이 손상되거나 파열 되었을 때 혈액의 응고를

돕는다. 적혈구는 대다수가 원소형태로 만들어지며, 운동 수행력에 영향을 미친다.

적혈구는 혈액세포의 99% 이상을 만들어 내고 골격 내에서 형성된다. 형성되는 즉시, 그들은 핵을 잃고 약120일 동안의 수명 기간 동안 혈액순환에 들어간다.



Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2.28 순환계의 일반적인 방식

혈액의 산소운반능력을 유지하기 위해서 세포의 이러한 생성과 파괴의 균형은 반드시 이루어져야한다. 순환하는 적혈구는 산소에 매우 강한 친화력을 띠는 **헤모글로빈**을 가지고 있으며, 막을 형성하고 있다. 적혈구는 폐로부터 산소를 받아들이고, 각 조직과 세포의 모세혈관으로 공급한다. 여성은 일반적으로 더 적은 적혈구를 갖고 있으며, 이는 헤모글로빈 농도에 의해 알 수 있다. 일반적으로 남성은 약 14~16g/100ml의 헤모글로빈 농도를 가지고 있으며, 여성은 약 12~14g/100ml를 나타낸다. 헤모글로빈은 철분을 포함하고 있고, 만약 철분의 섭취가 부족하거나 많은 손실이 발생한다면, 우리는 **빈혈**을 겪을 수

있다. 여성의 경우, 낮은 철분의 섭취, 채식주의, 생리기간, 땀을 통한 철분의 손실 등으로 인해 빈혈을 겪기 쉽다.

### 심폐계 반응과 트레이닝에 대한 적응

안정시 심박출량은 일반적으로 분당 5리터 정도이다. 심장은 운동 강도를 충족시키기 위해 부분적으로 심박출량을 증가시킬 수 있는 능력이 있다. 심박출량은 다음의 과정에 의해 증가될 수 있다:

- 증가된 일회 박출량
- 증가된 심박수

1회 박출량은 좌심방으로부터 뿜어져 나오는 혈류량의 증가에 의해 높아진다. 운동 강도가 증가함에 따라서 심박출량은 최대 2배까지 증가할 수 있다.

심박수는 코치가 선수의 운동효과를 검사하기 위해 사용할 수 있는 가장 간단한 측정 중 하나이다. 심장의 모든 큰 수축은 심박이고 개인의 심박수는 분당 박동수로 나타낸다. 운동 중에 우리의 근육은 더 많은 산소를 필요로 하고, 근육으로 더 많은 혈액을 공급하기 위해 심박수는 빨라지게 된다.

#### KEY POINT

헤모글로빈은 혈액에서 산소를 운반한다. 헤모글로빈은 철분을 포함하고 있으며, 만약 철분의 섭취가 부족하거나 과도한 양의 손실이 발생하면 빈혈증을 겪게 되고, 빈혈은 현저한 경기 수행력의 감소를 유발한다.

심박수의 이러한 증가는 개인마다 다르며, 젊고 건강한 선수의 최대심박수는 약 200bpm을 능가한다.

최대심박수는 연령에 따라 감소하고, 예측 최대심박수는 220에서 연령을 빼는 공식을 통해 얻을 수 있다. 그런데, 예측된 수준에서 개개인은 약 10% 혹은 그 이상의 차이가 있기 때문에, 그림 2.29에서 보는 것처럼 매우 부정확하다.

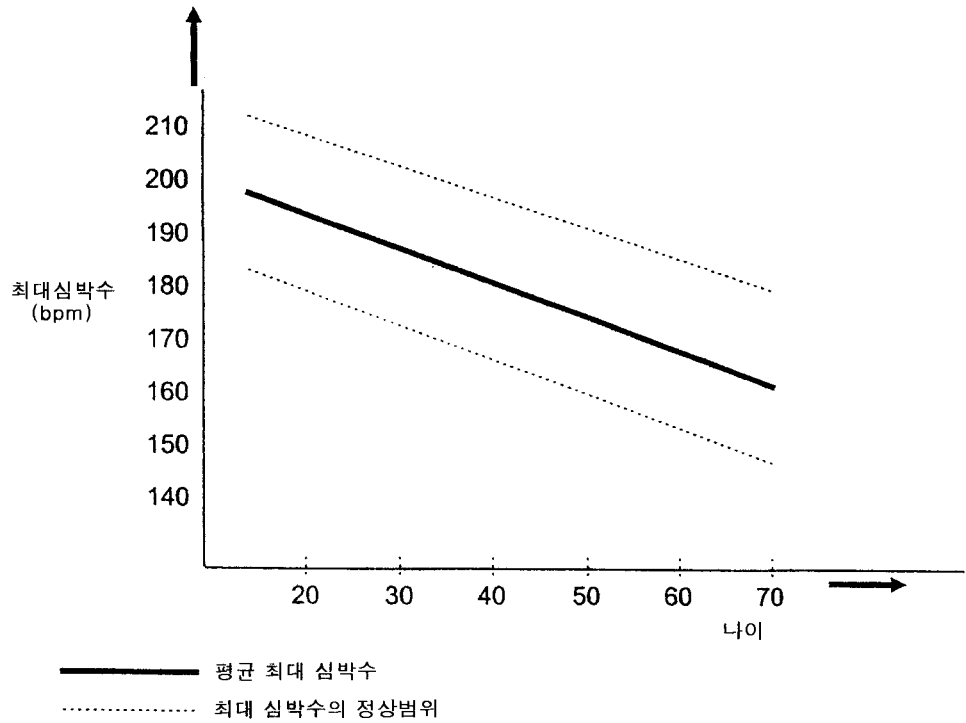


그림 2.29 나이에 따른 최대 심박수의 평균

특히 훈련지역이 최대심박수에 비례해서 규정되어 있을 때, 정확한 최대심박수의 측정이 필요하다. 예를 들어 예측식에 따른 최대심박수가 192인 28살의 선수가 있다고 가정해보자. 그러나 그들의 실제 값은 210bpm이다. 만약 훈련지역이 최대심박수의 80%로 규정되어 있다면, 이것은 실제 요구되는 80%인, 168bpm의 목표 심박수 대신 192bpm의 80%인 154bpm의 예측목표심박수를 산출해낼 것이다. 이런 상황에서 운동선수는 훈련부족 현상을 겪게 될 것이다.

훈련은 심혈관계에 몇 가지 긍정적인 효과를 가지고 있고 다음의 측면에서 변화를 가져온다.

- 심장의 크기를 증가시킨다.
- 일회심박출량을 증가시킨다.
- 심박출량을 증가시킨다.
- 안정시 심박수를 감소시킨다.
- 활동근에서 모세혈관계의 발전

심장 기능의 가장 눈에 띄는 향상은 좌심실의 심근 강화를 통한 수축 능력의 증가와 이를 통한 높

은 1회 심박출량에서 발견할 수 있다. 이러한 증가된 1회 심박출량은 안정 시와 운동 중 심박수의 감소를 가져오며, 이는 적은 심박수로도 동일한 운동 수행능력의 발휘가 가능함을 의미한다. 체력이 좋은 선수에게, 이것은 안정시 심박수가 평균 70bpm인 사람을 40bpm 또는 더 낮게 감소시키는 효과를 가지고 있다.

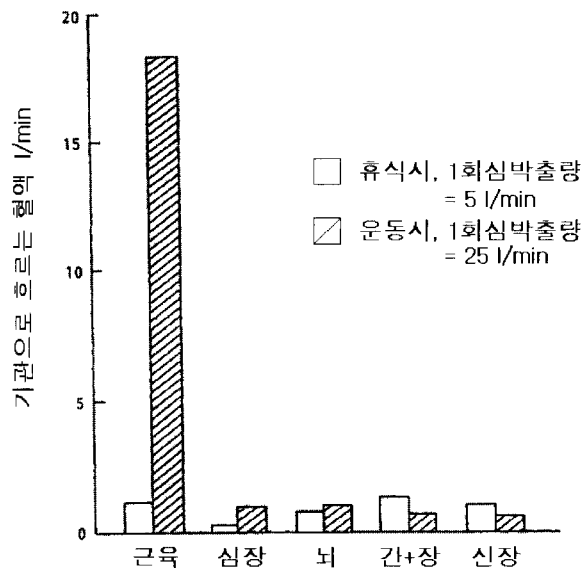
모세혈관계는 유산소훈련을 통해 발달되고, 이러한 모세혈관화 과정은 근육에 더 많은 효율성을 띠게하며, 모든 에너지원의 이동을 향상시켜 모세혈관의 효율성과 밀도 모두를 증가시킨다.

### 운동중 혈류

인체의 평균 혈액량은 4-5리터이고, 이는 개인의 신체 크기에 따라 달라진다. 혈액의 양은 항상 모든 혈관을 완전히 채울 수 없으며, 강도 높은 신체활동 시 인체의 모든 조직의 필요를 완전히 채워주기에는 불충분하다.

신체 활동을 하기 위해 근육에 추가적인 혈액 공급이 필요한 경우, 인체는 다른 부분으로 가는 혈액량을 줄여 필요한 부분에 보내게 된다.

활동하는 근육 외에 인체에서 혈액을 필요로 하는 또 다른 곳은 소화계이다. 소화계에 혈액 공급을 중단하면 소화과정이 느려지거나 정지하게 되고, 소화되지 않은 음식은 소화관에 남게 되어 불편함을 느끼게 된다. 순환계에서는 근육계와 소화계 모두에서 요구하는 이러한 많은 양의 혈액을 공급하기에는 한계를 나타낼 수 있으므로 코치는 운동선수들이 운동을 시작하기 전에 섭취된 음식물을 충분히 소화할 수 있는 시간을 고려해야 한다.



Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2.30. 강도가 증가하는 운동을 하는 동안 기관으로 흐르는 혈류량의 변화

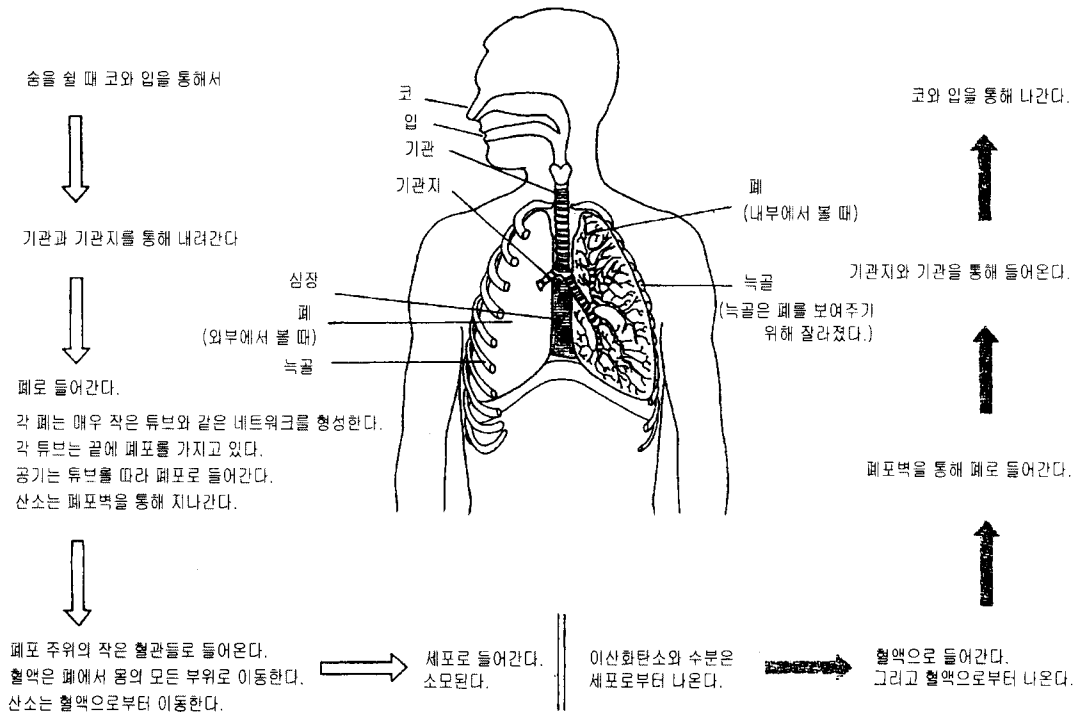
요약하면, 트레이닝은 심박수를 빠르게 할 뿐만 아니라 크기도 증가시켜 1회 심박수마다 더 많은 혈액을 분출하게 한다. 적절한 트레이닝은 심장근의 크기와 두께, 심장 내의 심방과 심실의 크기를 증가시켜 심장 전체가 더 크고 강하며 효율적으로 기능하도록 한다.

### 호흡계

공기는 여러 종류의 혼합기체로 이루어져 있는데 그 중 하나가 산소이다. 산소는 대부분의 살아있는 생명체에게 필요하며 호흡 중 에너지를 만들어낸다. 호흡계는 혈액이 공기와 접촉하도록 하여 산소를 흡수하고 이산화탄소와 물을 배출하도록 한다. 호흡계는 호흡기관, 기관지와 한 쌍의 폐로

구성되어 있다. 전체 호흡계는 늑골과 가슴근육으로 둘러싸여 있다. 자발적으로 움직이는 심장과는 다르게 호흡기관은 뇌에 위치해있는 호흡 중추에 의해 조절되고 호흡은 뇌의 중지 명령에 따라 멈춘다.

공기는 코와 입을 통해 숨을 쉬며 이물질은 일차적으로 걸러진다. 폐는 주머니 같은 두 개의 스펀지가 오른쪽과 왼쪽에 있고 각각 두개와 세 개의 엽으로 구분되어 있어 공기를 확장하여 들어올 수 있게 한다. 호흡관은 입에서 폐로 가는 주요 통로이다. 이는 두 개의 기관지로 나뉜다. 기관지는 **세기관지**라고 불리는 좁은 통로로 연결된다. 이러한 관은 수많은 가지를 형성하는데 이는 포도모양의 **폐포** 다발을 이룬다. 폐포는 모세 혈관 네트워크에 둘러싸여 있고, 이는 끈으로 만들어진 가방 모양이다. 수 백 만개의 폐포로 구성된 각 폐는 평면으로 펼치면 총 면적이 테니스 코트 면적과 비슷하다.



Bethell, G. & Coppock, D., 1990

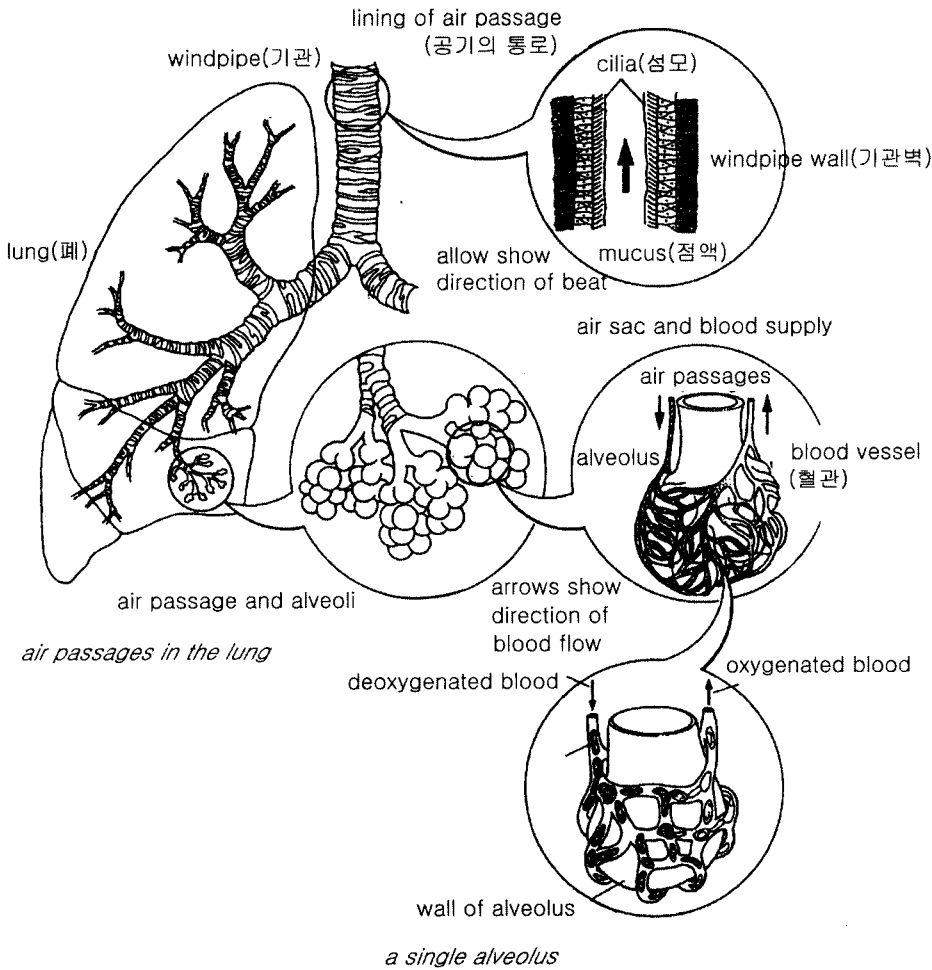
그림 2.31 신체 내부와 외부로의 통로(왼쪽부터)

폐동맥을 통해 심장으로부터 폐로 펌프질 될 때, 산소는 확산에 의해서 순환계로 들어간다. 혈액확산은 폐포벽을 통해 탄소를 버리고 흡입된 공기로부터 산소를 섭취한다. 재산소화된 혈액은 폐정맥을 통해 신체를 통해 펌프질 될 심장으로 보내진다. 폐포는 다음 요소에 의해 산소흡수 과정에 적응되어 있다(그림 2.32):

- 큰 표면적을 만드는 매우 작은 폐포가 수백만개가 있다.
- 폐포벽은 아주 얇지만, 그 내부 세포는 매우 두껍다.
- 폐포의 안은 매우 촉촉해서 산소는 용해될 수 있다.

- 폐포는 가스교환이 일어나는 모세혈관의 뻘뻘한 네트워크로 둘러싸여 있다.

폐가 깨끗하고 건강하게 유지되도록 공기 통로를 보호하는 세포에는 두 가지 유형이 있는데, 그 중 하나는 **섬모**이며, 또 다른 하나는 **점액**이라고 불리는 끈적끈적한 액체이다. 호흡을 통해 공기 통로로 들어가는 작은 먼지 분자와 박테리아는 점액에 달라붙는다.



Bethell, G. & Coppock, D., 1990

그림2. 32 더 구체적인 폐의 모습, 폐포의 구조와 기능

## 호흡

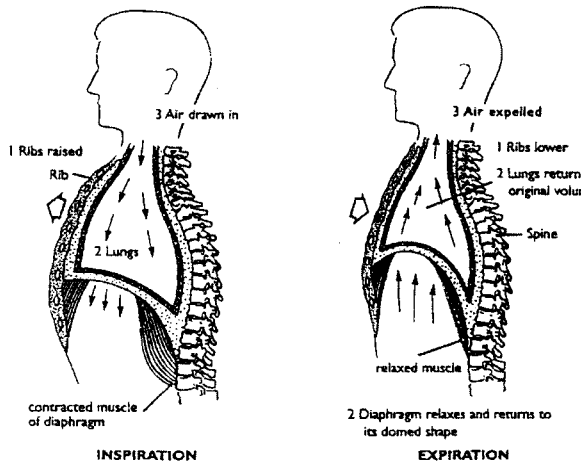
폐는 수축할 수 없는 탄력조직으로 이루어져 있으며, 폐의 내부와 외부환경의 압력 차로 인해 호흡은 이루어지게 된다. 이 압력 변화는 흉강 내부의 모양 변화에 의해 유발된다. 늑골이 바깥 쪽, 그리고 윗 쪽으로 들어 올려지며 흉곽 내부는 커지게 된다. 동시에, **횡격막**은 평평해지며 수축하고, 우리는 숨을 들이마시게 된다. 횡격막은 늑골아래 사이로 뻗고 있고 복부로부터 흉부와 복강을 나누는 근조직의 하나이다.



공기는 외부 공기압력이 흉곽 내부 압력에 비해 더 크기 때문에 외부에서 폐안으로 이동한다. 이러한 숨쉬기 과정을 흡기라고 한다.

숨을 내쉬기 위해서는 흉근과 횡격막은 이완되어야 한다. 흉부는 낮아지며 본래의 크기로 돌아오고 횡격막은 올라간다. 흉곽 내부의 공간은 더 작아져서 폐의 내부 공기 압력은 외부 환경에 비해 커지고, 호기가 이루어진다.

호흡의 과정은 또한 흡입과 호기라고 부른다.(그림 2.33)



Carpenter, F. & Ledger, P., 1997

그림2.33 호흡을 포함하는 움직임

사람은 완전하게 폐로부터 모든 공기를 내뿜을 수는 없다. 휴식 시에 우리는 약 0.5 리터의 공기가 한번 숨에 흡기되고 호기된다. 이 공기의 양을 **일회호흡량**이라고 한다. 폐가 최대 사용할 수 있는 일회호흡량을 **폐활량**이라고 정의한다(그림 2.34). 폐활량은 최대 흡기에 따른 발산된 공기에 의해 측정된다. 이것은 나이, 크기, 성별 그리고 폐의 상태 등 여러 요인에 영향을 받는다. 폐활량의 수치는 일반적으로 3-6리터 범위이다. 여성은 남성과 비교하여 더 낮은 수치를 나타내고, 남녀모두 연령이 증가함에 따라 감소한다.

기관지염, 폐렴 그리고 천식과 같은 병과 장애는 극적으로 폐의 능력과 효율성을 감소시킬 수 있다.

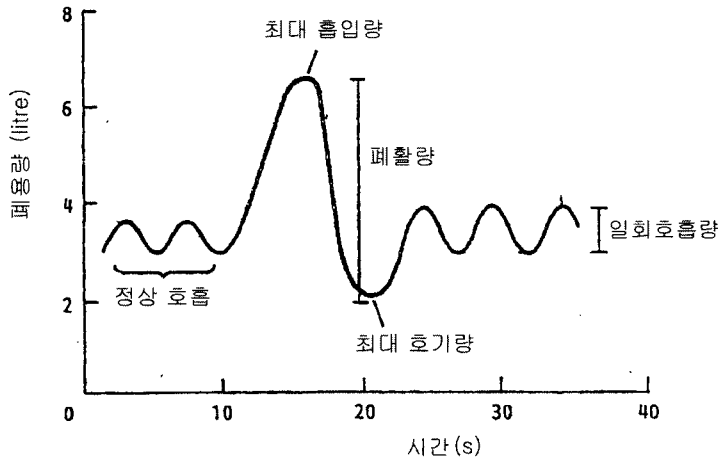
### 운동에 대한 호흡계의 반응과 적응

선수가 운동을 시작할 때, 혈액에 공급되는 산소는 호흡의 깊이와 호흡의 빈도에 의해 증가된다. 폐를 통해 지나가는 공기의 양은 운동을 하는 동안 휴식 시에 비해 약 20-25배 증가 될 수 있다. 분당 1회 호흡량과 호흡빈도를 통합하면 **분당호흡량**이 된다. 훈련은 폐포에서 공기와 혈액사이의 가스 교환의 효율성을 증가시키고 분당호흡량을 증가시킨다. 분당호흡량은 단지 흡기와 호기되는 공기를 나타내기 때문에 코치에게 많은 정보를 주지는 못한다. 폐로 들어가는 산소의 대부분은 또한 호기된 공기 안에서 사라진다. 코치에게 더 흥미로운 것은 운동선수의 유산소성 능력이다. 이것은 신체의 조직에 의해 사용되는 최대한의 산소이용율이다.

호흡계에서 유산소 훈련의 효과는 순환계처럼 크지 않다. 휴식시 폐로 들어가고 나가는 공기의 양은 훈련자와 비훈련자에게서 큰 차이를 나타내지 않는다. 훈련을 통해서 폐의 능력은 호흡에 기여하는 폐포의 크기 증가와 같은 개선 효과를 나타낸다. 이것은 운동 중 분당최대 섭취량을 의미 있

게 증가시킨다.

개인의 심폐능력과 기능에 부정적인 영향을 주는 상황은 다양하게 나타난다. 가장 일반적인 두 가지는 **기관지염과 천식이다**. 기관지염은 쉽게 말해 기관지 통로의 감염을 의미한다. 기관지염은 감염에 의해서 발생 할 수 있고, 공기 오염에 의해서 증가될 수 있다. 운동선수들은 이러한 이유 때문에 오염된 환경에서는 운동을 하지 않도록 주의해야 한다. 천식은 호흡경로가 좁거나 또는 수축되어 있는 곳이 증가하는 것이 일반적이다. 이러한 수축은 폐로 들어오는 공기의 양을 감소시킨다. 그리고 숨을 쉴 때 특히 호기를 어렵게 한다. 감소된 공기통로는 산소섭취를 낮게 하여 운동 수행력을 저하시키며, 알레르기, 오염, 스트레스, 공기전염 등으로 인해 악화될 수 있다.



Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2.34 폐용량의 변화

천식은 약물에 의해 효과적으로 조절될 수 있으며, 천식을 가진 성공한 운동선수도 많이 있다. 모든 약은 의사에 의해 승인되어야 하고 현재의 법에 어긋나지 않는지 도핑 조절 관리자가 엄격하게 확인되어야 한다.

### 심호흡계- 산소운반 시스템

우리 몸을 구성하는 수백만 개의 세포는 모두 산소를 필요로 한다. 인간의 몸은 복잡한 유기 화합물에 의존한다. 심호흡계를 위한 에너지 원천은 탄수화물, 단백질 그리고 지방이다. 신체가 섭취하는 유일한 화학요소는 우리가 숨쉬는 공기에 포함되어 있는 활성상태에 있는 산소, O<sub>2</sub>이다. 산소는 체세포의 산화에 의해 우리의 영양 섭취의 잠재된 에너지를 분비한다. 이러한 산화는 미토콘드리아에서 에너지를 분비하고 이산화탄소와 수분을 만들어 낸다. 미토콘드리아에서 산소가 이용되기 위해서는 반드시 우리가 숨을 쉬어 활동 세포로 산소가 유입되어야 한다. 이런 운송은 혈관을 통해, 외액을 통해 세포질로 들어가는 호흡경로와 같은 연결된 경로를 요구한다. 이러한 순환과 호흡계의 결합을 심호흡계라고 한다.

작용하는 근육에 산소공급은 매우 많은 요소에 달려있다.

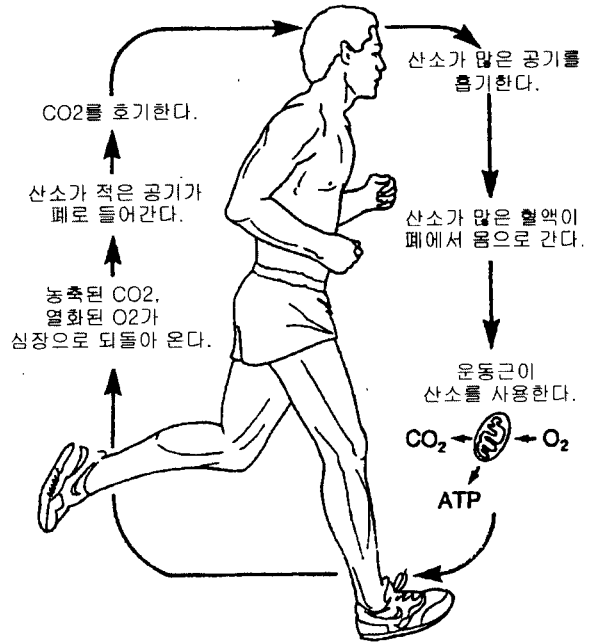
이것들은 포함한다:

- 공기의 폐 내외부로의 움직임
- 폐에서 혈액으로의 산소확산
- 혈액에 의한 산소운반

- 근육으로 산소의 효과적인 순환
- 산소를 사용하는 근육의 능력

### 최대 산소 섭취량, VO<sub>2</sub>max

숨을 들이 마시고 내쉬는 산소 양의 차이는 인체 세포에서 얻게 되는 산소의 양이고, 이는 산소 섭취량, VO<sub>2</sub>라고 한다. 개인의 에너지 요구가 그들의 신체 크기에 관련되어 있기 때문에, 산소 섭취는 체중에 관련해서 분당 체중의 kg당 소비되는 산소의 양으로 (ml/kg/min) 표현된다. 운동선수가 운동을 시작할 때, 산소 섭취는 세포의 증가된 산소 요구량에 도달하기 위해서 증가한다.

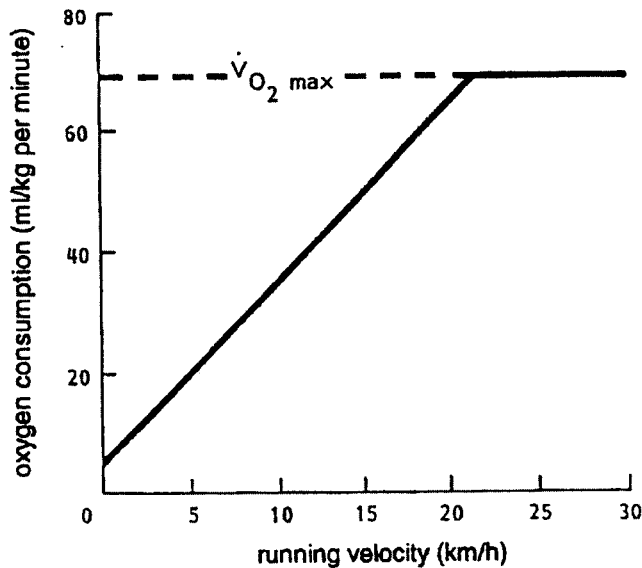


Noakes, T., 1991

그림 2.35 산소가 공기중에서 활동근으로 운반되는 경로

최대 운동을 수행할 때, 각 개인의 산소섭취는 최대 수준(최대 산소 섭취량, VO<sub>2</sub>max)으로 증가한다. 최대 산소 섭취량은 산소가 몸의 조직에 의해 사용되는 최대 비율이다. 그리고 개인이 신체 활동과 해수면에서 숨을 쉴 때 섭취할 수 있는 가장 높은 산소 섭취량으로 설명된다. 최대 산소

섭취량은 개인의 유산소 능력이고 지구성 수행의 주요한 척도이다. VO<sub>2</sub>max는 전체의 심호흡계가 더 능률적이 되었을 때 적절한 훈련을 통해서 향상 될 수 있다. 테이블 2.3은 휴식시와 최대 운동시에 비훈련자와 엘리트 선수사이의 심호흡계 효율성의 몇 가지 측정을 비교한 것이다.



Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G., 1994

그림 2.36 달리기 속도와 산소 섭취량의 증가

	휴식시		최대운동시	
	비운동선수	엘리트 주자	비운동선수	엘리트 주자
1회심박출량				
심박출량				
심박수				
VO <sub>2</sub>				

표 2.3 휴식 시와 최대 운동 시 비운동선수와 엘리트 주자의 심호흡계의 비교

최대 산소섭취량의 성별 차이는 여자가 일반적으로 10% 정도 더 낮은 산소 섭취량을 가지고 있으며, 그 이유는 바로 산소 섭취와 수송에 관련된 아래의 항목들 때문이다.

- 적은 폐활량
- 적은 분당 호흡량
- 작은 심장 크기 및 작은 심박출량
- 적은 혈액량
- 헤모글로빈의 적은 농도

우

리 인체 세포에서 일어나는 모든 기능은 에너지를 필요로 한다. 지금까지 우리는 세포들이 인간 움직임을 생산하는 기전과 주요한 신체조직을 형성하기위해 어떻게 결합하는지를 연구해왔다. 하지만, 우리는 움직임에 있어서 동력, 세포에서 생산된 에너지, 또는 어떻게 이러한 에너지가 존재하는지는 고려하지 않았다. 인체의 수백만 세포는 화학적 에너지를 일로 전환하는 기전을 갖고 있다. 이 에너지가 형성되는 기전에는 몇몇 경로가 있고, 인체는 강도와 기간에 따라 다른 에너지를 요구할 수 있다. 이 장에서 우리는 다음의 항목에 대해 살펴볼 것이다.

- 신체가 요구하는 에너지와 대사의 의미
- 근육의 운동에 있어서 주요한 에너지 요소인 아데노신 3인산
- 세포 안에서 ATP를 제공하는 3가지 주요한 대사 경로, 또는 에너지 시스템
- 과학적 원리에 의한 트레이닝 반응과 에너지원 검토 및 유산소 시스템에 대한 지식

육상선수들은 경기, 종목, 훈련을 접하고 이것은 기본적인 달리기, 뛰기, 던지기의 결과이다. 이러한 시합의 강도와 기간은 다양하고, 이 모든 것은 선수에게 각기 다른 에너지를 요구한다. 트레이닝은 선수들이 경기를 준비하는 것이고 특정한 에너지를 요구한다. 경기 활동과 회복에 있어서 에너지 시스템이 어떻게 기능을 하는지, 어떻게 발달하는지에 대해서 알고 있어야하기 때문에, 코치들은 자주 어려움을 겪는다. 코치로써, 당신은 기본적인 지식을 공부하고 응용해야 하며 당신에게 전문적인 지식을 갖게 될 것이다.

## 대사 그리고 에너지 생산

세포는 신체의 기능을 유지하기위해 음식으로 부터 내재적인 화학적 에너지를 다른 형태의 에너지로 전환 할 수 있다. 일례로, 기계적 에너지는 움직임을 위해 발생되고, 열에너지는 몸을 따뜻하게 유지하며, 전기적 에너지는 신경전달을 하기위해 사용된다. 이러한 에너지가 전환되고 사용되는 과정의 총체를 대사라고 부른다. 동적이고, 가변적인 환경이 인체 조직을 만들기 위해 화합하는 각 세포들이다. 두 종류의 반응이 세포 내 물질을 자극하기 위해 발생된다. 큰분자를 작은 분자로 쪼갤 때, 단일의 에너지가 방출되고 이 작용을 이화작용이라고 한다. 반대로, 작고 단순한 분자로 부터 큰분자가 만들어 질 때, 이 반응을 동화작용이라고 한다. 동화작용에서 에너지는 반응을 위해 필요하다.

Metabolism= Catabolic reactions + Anabolic reactions  
(대사작용= 이화작용 + 동화작용)

대사에는 개인적인 차이가 있고 대사비율은 신체의 총 에너지 요구에 의존한다. 활동이 대사비율에 영향을 주기 때문에 개인을 비교하는 기준이 필요하고, 이 기준을 기초대사율(BMR)이라고 한다. BMR은 누운 자세에서 안정시에 개인이 소모하는 에너지 비율 이다. 이것은 8시간 수면 후 그리고 적어도 12시간의 금식 후에 측정되어야 한다. BMR은 신체의 필수적인 생리학적 기능을 유지하는데 필요한 최소의 에너지양을 말한다. BMR과 대사 율은 활동 수준, 크기, 나이, 신체 온도, 스트레

스와 같은 복합적인 요소들에 의존한다. 여성은 평균적으로 남성보다 낮은 BMR을 나타내는데 그 이유는 남자들에 비해 더 작고, 체지방이 더 많으며 근조직의 비율이 낮기 때문이다.

### ATP- 운동을 위한 에너지를 생산

대사는 신체에 동력을 공급하고 에너지를 제공하는 과정이다. 화학적 에너지는 우리의 음식물로부터 얻어지고 최종 에너지에 있어서 가장 중요한 물질은 아데노신 3인산(ATP)이다. 우리가 먹는 음식으로부터의 가능한 모든 형태의 화학적 에너지는 반드시 ATP형태로 바뀌어야 한다. ATP는 한 특정한 조직에서 만들어지거나 합성되지 않고 신체 곳곳에 운반되지도 않는다. 대신, 모든 세포는 자체적으로 ATP를 합성하고 사용하는 능력을 갖고 있다. 에너지가 ATP로 저장되지는 않지만 ATP는 필요할 때 대사적으로 생산될 수 있다. 코치와 선수들에게 있어서 ATP는 경기 수행력 보다 중요하지 않다. ATP는 세포 안 대사에 필요한 에너지를 이끌어 내기 위해 사용될 수 있다.

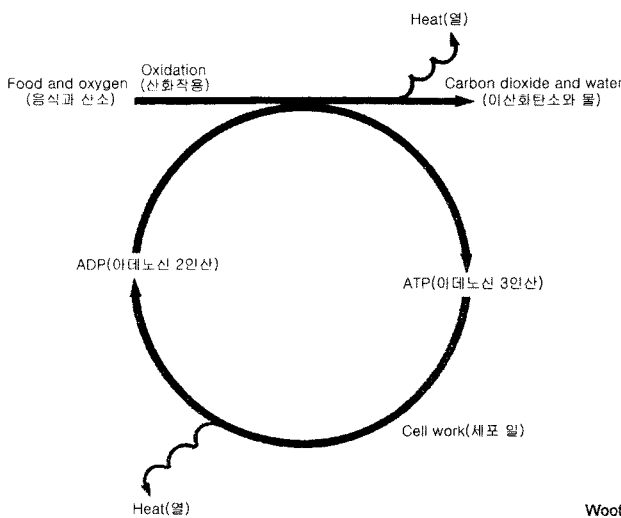
**KEY POINT**

ATP에서ADP로의 분열은 세포에 근 수축과 같은 생물학적 활동에 필요한 에너지를 공급해준다.

각각의 ATP 분자는 아데노신과 3개의 인산염이라고 하는 크고 복합적인 분자로 이루어져 있다. ATP분자 안의 에너지는 근 수축을 포함한 거의 모든 세포의 화학적 반응에 사용될 수 있다. ATP에서, 인산염 그룹이 높은 에너지 복합체를 만들며 이는 아데노신 분자에 붙어있다. ATP의 높은 에너지를 방출하기 위해서는, 인산염 하나가 떨어져 나와야만 한다. 이것은 2개의 인산염만 남기고 이 물질은 아데노신 2인산, ADP가 된다.

$$\text{아데노신 3인산(ATP)} = \text{아데노신 2인산(ADP)} + \text{인산염} + \text{에너지}$$

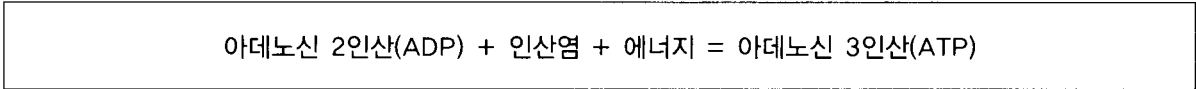
ATP는 근수축과 같은 특정한 생물학적 과정이 필요할 때 마다 ADP로 쪼개진다. 근수축을 위해 필요한 에너지를 생산하는 과정에서, 특정한 양의 에너지가 열의 형태로 생산될 것이다.(그림 2.37)



Wootton, S. 1989

그림 2.37 일과 열에 대한 에너지생산을 보여주는 ATP 대사)

근 세포를 포함한 모든 세포에서 ATP의 양은 매우 한정적이고 1~2초 안에도 고갈될 수 있다. 하지만, ADP는 인산염의 추가로 다시 ATP로 전환될 수 있다. ADP를 ATP로 전환시키는 것과 같은 동화작용의 형태를 재합성이라고 한다.



에너지가 생산되고 사용되는 두 과정은 반드시 균형이 잡혀야 한다. ATP에서 ADP로의 이화작용은 반드시 ADP에서 ATP로의 동화작용과 맞추어 져야 한다. 이러한 에너지 순환에서 부적당한 생산비율은 ATP 수준을 낮출 수 있고 생물학적 활동을 느리게 하고 또는 정지하게 할 수 있다. 에너지 순환은 그림 2.38에 설명되어 있다.

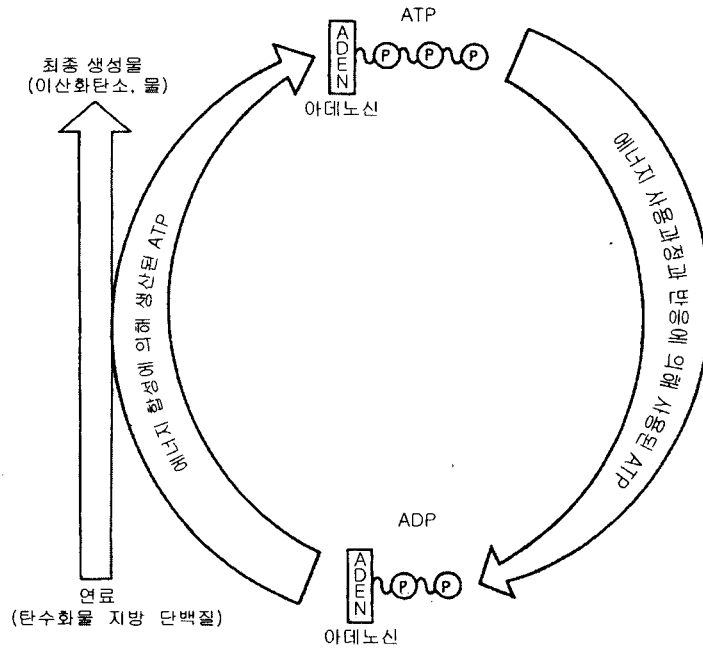


그림 2.38 The Energy Cycle(에너지 순환)

ATP 생산에 수반된 많은 반응은 중요한 효소에 의존한다. 효소는 신체에서 발견되는 단백질이고 두 가지 중요한 생물학적 특성을 갖고 있다. 효소들은 하나의 반응, 또는 연관된 반응을 유발하고 통제하며 부서지기 쉽다. 신체는 에너지요구를 늘리거나 줄임으로써 근 섬유를 포함한 세포에서 중요한 효소의 농도를 바꿀 수 있다. 그러한 효소의 변화는 트레이닝에 의해 바뀔 수 있고 근육의 활동을 빠르고 효율적으로 하기 위해 필요한 특정한 연료를 제공한다. 대사에 필요한 에너지의 생산에서 ATP의 중요한 역할이 ATP를 '생물의 에너지 화폐'라고 불리게 만들었다. 비록 각 세포의 ATP 저장량은 매우 작지만, 각 개인에게 있어서 하루에 에너지 순환에서 분열되고 재합성 되는 ATP의 총량은 총 체중과 거의 같다.

ATP 재합성의 과정은 세포 안에서 생산된 에너지를 필요하고 이 에너지는 3개의 다른, 하지만

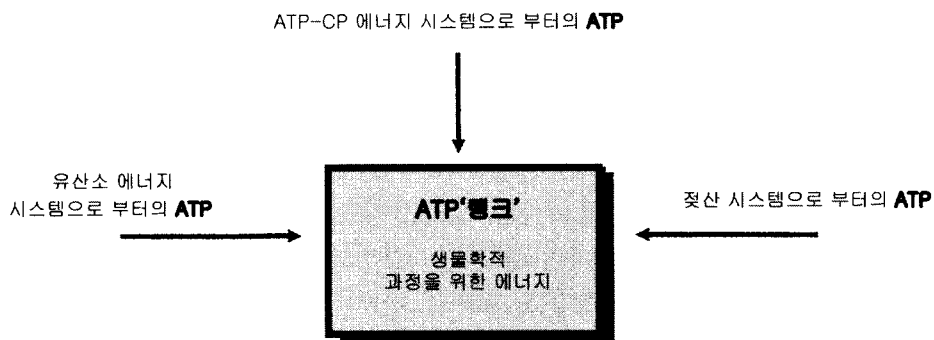
상보적인 시스템에 의해서 제공된다.

## 에너지 시스템 - 개요

근육의 활동을 유지하기 위해서는 즉각적인 ATP의 생산과 보충이 필요하다. 단순히 우리는 자동차의 휘발유 탱크와 같이 'ATP 탱크'를 갖고 있는 신체의 각 세포를 생각할 수 있다. ATP탱크는 세포가 최적의 기능을 하기위해 가능한 가득 차 있어야 한다. ATP를 재합성하고 탱크를 다시 채우는데 필요한 에너지를 제공하는 3가지 특정 시스템이 있다. 이 시스템은 운동 강도와 기간 모두에 의존한다. 3개의 에너지 시스템이 근 수축을 위한 에너지를 직접적으로 제공하지는 않지만 ATP 재합성을 위한 에너지를 제공하는 다른 경로로 공급 한다는 것을 기억해야 한다. 그것은 인산염 그룹이나 ATP에서 ADP로의 분열을 뜻하고 항상 생물학적 과정을 위해 필요한 최종 에너지를 제공한다.

- ATP-CP 시스템
- 젖산 시스템
- 유산소 시스템

이 3가지 에너지 시스템은 독립적으로 실행되지 않는다. 대신, 우리는 운동동안 항상 활동적인 에너지 시스템을 생각 할 수 있다. 각 에너지 시스템의 신체활동에 대한 상대적인 기여는 운동 강도와 기간과 직접적으로 연관이 있는 에너지 요구에 의존한다.



After McFarlane, B. 1988

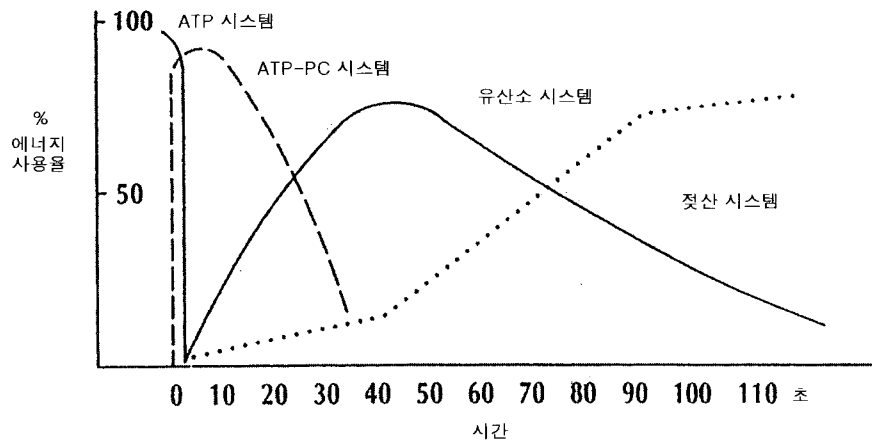
그림 2.39 ATP'탱크'는 3개의 에너지 자원으로부터 유지 될 것이다.

고강도의 운동에서 근육에 저장되어 있는 ATP의 양은 오직 약 1~2초내에 고갈될 수 있다. ATP-PC 시스템은 즉각적이고, 고강도에서 활성화되는 주된 에너지 자원이다. 하지만 이 시스템은 매우 짧은 순간의 시스템이고 오직 5~7초 동안만 ATP를 제공해줄 수 있다. 그러므로 고강도의 운동은 근육에 저장된 ATP의 총량과 ATP-PC 시스템을 사용하여 재합성 될 수있는 ATP의 총량 때문에 총 6~9초의 기간에 국한되어 있다. 젖산 시스템 또한 이런 짧은 시간, 고강도 운동 동안에 기여를 하고 고강도에서 45초 까지의 주된 ATP 공급원이다. 45초에서 2분 사이 정도의 운동 강도에서 젖산 시스템은 여전히 주된 ATP 공급원 이지만 시간이 갈수록 유산소 시스템이



점진적으로 더 많은 기여를 한다. 2분이상의 강도에서 유산소 에너지 시스템이 주된 에너지 자원이다.

100m달리기, 멀리뛰기 그리고 원반던지기과 같은 짧고 폭발적인 경기의 선수는 거의 모든 에너지를 ATP-PC시스템으로부터 ATP 재합성을 위해 쓴다. 긴 지구력 경기에서는 유산소 시스템이 주로 사용된다. 이러한 극단적인 상황 사이에서 3가지 시스템은 다르게 작용하고 젖산 시스템의 기여에 대한 이해가 좀 더 중요해 진다. 시간에 따른 3가지 에너지 시스템의 상대적인 기여도에 대한 간단한 도표가 그림 2.40에 설명되어 있다.



McFarlane, B. 1988

그림 2.40 시간에 따른 에너지 시스템의 기여도

코치로서, 당신은 당신의 선수가 참가하는 경기의 상대적인 에너지시스템 사용 정도를 알고 있어야 한다. 하지만, 선수는 추가적인 대사적, 트레이닝적인 요구가 있기 때문에 단순히 경기의 필요성만을 반영해서는 안 된다. 심혈관 시스템의 역할을 검사한 전 장에서, 모든 선수에게 있어서 체력을 위한 목적으로 특정한 양의 유산소 운동이 관례적으로 강조 되었다. “트레이닝을 위한 트레이닝”이라는 개념은 모든 코치에게 있어서 경기의 대사적인 요구와는 달리, 신체의 유산소 기능의 충분한 이해를 갖도록 요구한다.

## 유산소 시스템

ATP 재합성을 위한 에너지를 제공하기 위해 산소를 사용하는 시스템을 유산소 시스템이라고 한다. 이 시스템은 저 강도의 활동을 오랜 기간 유지하게 할 수 있다. 사실, 이 시스템은 운동중의 근육 세포와 같은 특정한 세포의 높은 강도의 활동을 위한 요구는 제외하고 일생동안 사용된다. 인간은 대부분의 시간을 유산소 시스템을 사용하는 유산소적인 생물로 볼 수 있다.

유산소 시스템은 예비 에너지에서의 시작점으로부터 탄수화물, 지방, 때로는 단백질 까지 사용하는 복합적인 시스템이다. 이런 각 연료들은 ATP를 재합성하기 위한 에너지를 방출하기 위해 산소가 있는 상태에서 연소된다. 인간에게 있어서는 이 연료들이 사용되기 전에 저장고로부터 일단 동원

되어야만 한다. 이것은 큰 저장된 화합물을 산화가 될 수 있는 단순하고 작은 것으로 분열시키는 것을 수반한다.

산화과정은 세포의 미토콘드리아에서 발생한다. 유산소 대사에서의 미토콘드리아의 역할 때문에, 이러한 구조들은 세포의 발전소로 불리고 신체에 의해 소비되는 산소의 대부분을 차지한다. 대사 과정의 최종 생성물 또는 노폐물을 대사산물이라고 한다. 유산소 시스템의 효율성은 초반에 사용된 연료인 유산소 대사의 대사산물인 물과 이산화탄소로 부터 기인한다. 이 두 대사산물 모두 그들의 생성 장소에서 신체로부터 신속히 제거될 수 있는 기관을 통하여 제거 될 수 있다. 오직 연료의 부족만이 장기간 에너지 요구를 위한 에너지 시스템의 능력을 제한 한다.

### 탄수화물로 부터 ATP의 유산소적 생산

탄수화물은 신체의 혈액에서 순환하는 글루코스와 근육과 간에 저장되어 있는 글리코젠을 제공하기 위해 분열된다. 간에 저장되어 있는 글리코젠은 쉽게 사용될 수 있다. 그 이유는 글루코스로 변환 될 수 있고 이는 운동하고 있는 근육과 같이 높은 세포활동영역에 순환계를 통해 수송된다. 탄수화물로부터 유산소적 생성물을 만드는데 3단계 가 있고 이는 아래와 같다:

- 해당작용
- 크렘스 사이클
- 전자전달체계

#### KEY POINT

탄수화물로부터 ATP의 유산소적 생산과 관련있는 3개의 점진적인 과정은 '해당과정, 크렘스사이클, 전자전달체계' 이다.

근섬유 안에서 탄수화물로부터 ATP의 산화적 생성물에 대한 첫 번째 단계는 해당작용 이다. 해당작용의 과정은 근육안에 글리코젠을 분열 시키는 것이고 글루코스는 혈액에 의해 근육으로 운송되고 해당작용 효소와 함께 피루빅산 으로 된다. 피루빅산은 미토콘드리아로 들어가고 또다른 중간물질인 아세틸 조효소(Acetyl CoA)로 전환된다. 아세틸 조효소는 시트리트 산 사이클, 흔히 크렘스 사이클로 알려져 있는 탄수화물 대사의 2번째 단계로 들어간다. 크렘스 사이클의 주 기능은 아세틸 조효소를 분해해서 ATP를 생산하는 것이다. 이것은 대사산물 이산화탄소와 수소원자를 생산한다. 이산화탄소는 쉽게 미토콘드리아와 세포 밖으로 확산되고 혈액에 의해 이산화탄소를 제거하는 폐로 수송된다.

크렘스 사이클로부터 생산된 수소원자는 크렘스 사이클과 연관된 전자전달체계라고 불리는 과정에서 산화된다. 전자전달체계에서 ADP와 인산염 그룹의 결합으로 부터 많은 양의 ATP의 형성을 위한 에너지를 제공하기위해 화학에너지가 여러 단계에 주어진다. 이 과정의 대사산물은 수소원자가 산소와 결합함에 따라 나온 물이다. 이산화탄소 처럼 물은 쉽게 미토콘드리아와 세포로부터 제거된다. 탄수화물 유산소 대사의 3단계에서 한개의 글리코젠으로 부터의 총 에너지 생산량은 총 38개의 ATP이다.

### 지방으로부터 ATP의 유산소적 생산

신체에서 에너지를 필요로 할 때 지방 또한 사용될 수 있다. 지방은 높은 에너지가 모여 있는 물질이고 1g의 탄수화물에 비해 1g의 지방은 2배의 에너지를 갖고 있기 때문에, 이상적인 에너지 저장고 또는 가능한 에너지 공급원으로 생각된다. 신체의 대부분의 지방이 근육으로부터 먼 곳에 저장되어 있기 때문에, 지방은 일단 변환 가능한 형태로 전환 되어야 한다. 저장되어 있는 지방은 지방을 필요로 하는 곳에 혈액을 통하여 운송 될 수 있는 유리 지방산(FFA)로 전환시키는 호르몬에 의해서 이동된다.

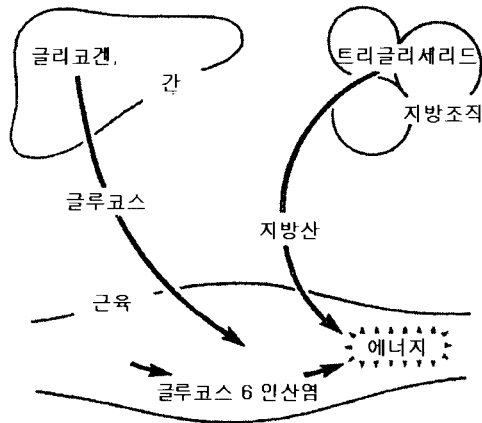


그림2.41 ATP 생산의 원료인 탄수화물과 지방의 생성

유리지방산의 산화는 유리지방산이 효소와 반응해서 아세틸 조효소를 형성하며 미토콘드리아 안으로 들어갈 때 근 세포에서 처음에 일어난다. 여기에서부터, 지방은 탄수화물과 정확히 같은 방식으로 산화 된다. 아세틸 조효소가 크렙스 사이클 그리고 관련된 전자전달체계에 들어감에 따라 지방 대사는 탄수화물 대사와 같은 경로를 따른다.

지방은 그램당 탄수화물보다 더 많은 에너지를 제공하고 따라서 더 많은 ATP 생산을 한다. 하지만 지방의 산화적 대사는 탄수화물의 산화적 대사보다

더 많은 산소를 필요로 한다. 총 ATP생산량이 지방대사에서 더 많지만 산소당 에너지 사용을 보면 더 자세히 알 수 있다. 지방대사는 산소당 평균적으로 5.6개의 ATP를 만드는 반면, 탄수화물 대사의 상대적 생산량은 6.3개 이다.

산소 전달은 산소 수송 체계에 의해 제한되어 있기 때문에 고강도 장기간의 운동에서는 탄수화물이 선호되는 원료가 된다. 절대적인 에너지 생산량이 지방에서 많지만, ATP 재 합성율이 상대적으로 느리고 이는 운동동안 지방대사의 역할을 제한한다.

유리지방산을 산화 시킬수 있는 능력은 근섬유의 종류마다 다르다. 타입 1 근섬유와 같은 근 섬유의 더 높은 산화 능력, 즉 많은 미토콘드리아를 갖고 있다는 것은 좋은 혈류 공급과 함께 유리지방산을 더 잘 산화시킬 수 있다. 타입 2b 근섬유는 탄수화물 대사로부터 에너지를 생산하도록 더 잘 적응이 되어 있다.

골격근은 많은 종류의 에너지 자원을 다룰 수 있게 잘 적응이 되어있고, 그러한 에너지자원이 없을 시 단백질을 유산소 대사를 위한 자원으로 사용할 수 있다. 이러한 상황에서, 단백질은 포함하는 아미노산은 분열되어서 글루코스로 전환될 수가 있고, 심지어는 피루빅산이나 아세틸 조효소A로 바로 전환되어서 산화적 대사 경로로 들어갈 수 있다. 유산소 에너지생산과 같은 과정의 요약은 그림 2.43에 나와 있다.

## 유산소 능력

각 개인에게 있어서, 유산소적 ATP 재합성을 위해 근육이나 다른 세포들에게 수송되어서 사용될 수 있는 산소의 양은 제한되어 있다. 전장에서, 우리는 심폐계에 대해 알아보고 그것은 신체의 조직에 의한 산소섭취량이 최고값으로 증가할 것이라고 설명되어 있었다. 이 값은 최대산소섭취량, 또는  $V_{O2max}$ 로 알려져 있다. 최대산소섭취량은 해수면에서 각 개인이 신체적 활동 그리고 공기를 들며 마실 때 산소를 섭취할 수 있는 양의 최고치로 정의된다. 최대산소섭취량은 개인의 유산소 능력의 정도이다.

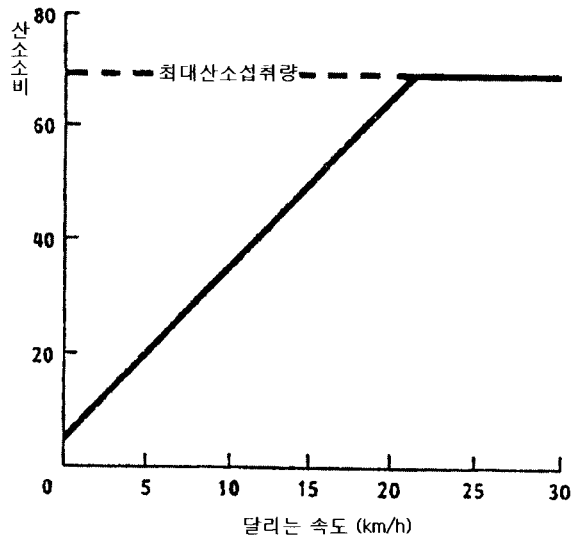


그림 2.42 유산소 능력

2분에서 40분사이의 중정도 기간의 선수 경기에서, 선수의 유산소 에너지 시스템을 통한 산소를 수송하고 사용하는 능력은 경기수행력중의 가장 중요한 결정인자중 하나다. 에너지 요구를 충족시킬 수 있는 유산소 시스템 능력을 제한하는 요소들 중 하나는 선수들의 최대산소섭취량일 것이다. 20~29세 나이의 일반적인 대중들의 평균 최대산소섭취량의 값은 남자는 약 48 ml/kg/min, 여자는 약 39 ml/kg/min이다. 유사한 나이의 엘리트 지구력 선수들은 일반적으로 남자는 70~85 ml/kg/min, 여자는 65~80 ml/kg/min의 최대산소섭취량 값을 보일 것이다. 여자들이 더 낮은 최대산소섭취량 값을 보이는 이유는 이 전장에서 심폐계 부분에서 설명했었다.

최대산소섭취량의 실제 값은 오직 운동생리학 실험실에서 정확하게 측정될 수 있다. 실험실에서, 피험자는 운동 강도가 점진적으로 증가되는 상황에서 트레드밀을 뛰거나 고정된 자전거에서 사이클을 할 수 있다. 선수들의 호기가 수집되고 가수 분석기를 통과한다. 선수가 흡기한 공기에서의 산소량과 호기한 산소량을 비교함으로써, 조직에 의해 소모된 산소의 양은 정확히 측정될 수 있다. 하지만, 대부분의 코치들은 그러한 복잡한 기계를 사용할 수 있는 기회가 쉽지 않기 때문에 다른 방법으로 최대산소섭취량을 측정할 필요가 있다.

발케(Balke)테스트는 최대산소섭취량을 위한 하나의 테스트고, 내용은 선수가 트랙을 15분 동안 달리는 것이다. 15분 동안 달린 거리가 기록되고 95%의 정확성으로 최대산소섭취량을 예측하는 차트에 기입된다. 덜 정확한 최대산소섭취량의 측정법은 대략 최대산소섭취량 100%의 속도로 달린 개인의 3000m 기록을 보는 것이다. 이 테스트들 모두 중장거리 선수와 경보선수에게 적합하지만, 스프린터나 허들선수들에게는 덜 적합하다. 정확한 각 선수의 유산소능력을 얻기 위해선, 최대하 검사보다는 최대부하 검사가 바람직한 것으로 간주된다. 모든 선수에게 적합한 효과적인 최대부하 검사는 다단왕복달리기(Multistage Fitness Test)이다.

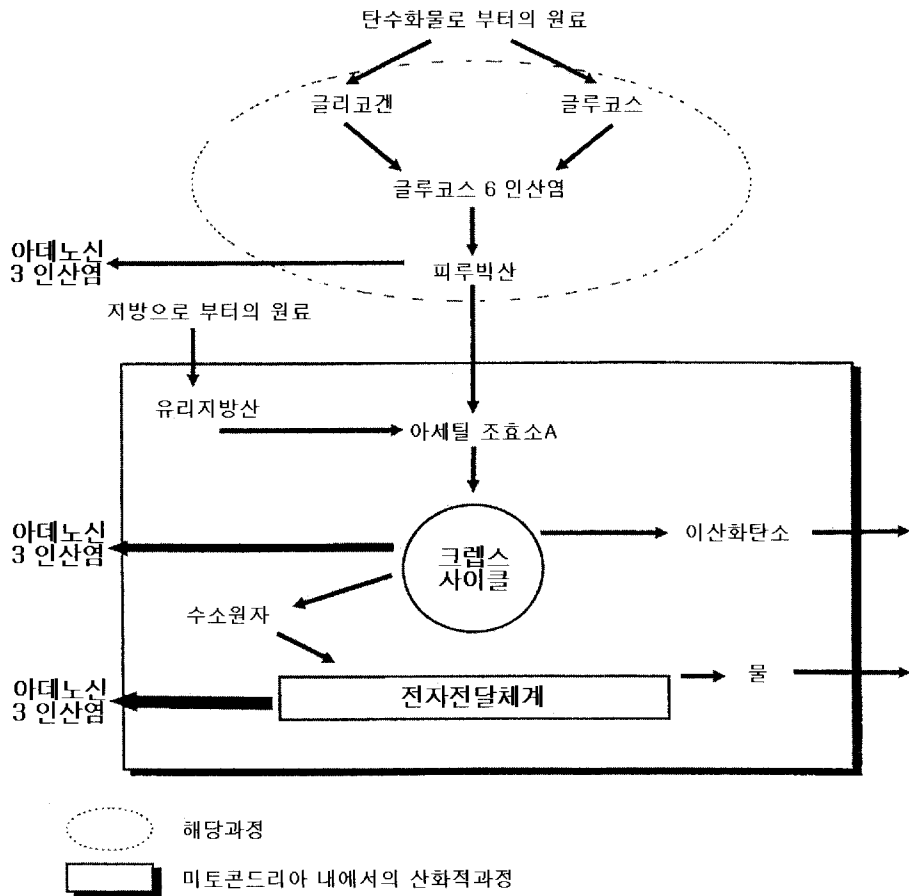


그림 2.43 세포 내 ATP의 유산소적 생산의 개요

다단왕복달리기 검사에서, 선수들은 빨라지는 속도에 맞춰서 청각신호를 지키며 20미터 왕복달리기를 한다. 선수들은 청각신호에 의해 설정된 속도를 더 이상 지속 못할 때 까지 계속해서 달린다. 이 검사는 선수가 앞뒤로 최고의 속도로 달리며 정해진 속도를 유지하지 못할 때 멈추는 점진적 그리고 최대부하로 고안되었다. 셔틀런은 점진적인 수준으로 고안 되었고 개인이 수행하는 최고점이 최대산소섭취량을 추정하는 표에 기입된다. 이것은 전에 기록된 테이프와 테이프 리코더 그리고 20미터만 요구하는 간단하고 효율적인 검사의 예이다. 이 검사의 간단함 때문에 여러 선수가 동시에 실행할 수 있다.

### 유산소 능력의 발전

선수의 최대산소섭취량은 최대산소 섭취량의 80%인 특정한 세션을 함으로써 가장 잘 발달된다. 유산소 시스템은 적절한 훈련에 매우 잘 반응하고 유산소 훈련의 결과로 인한 생리학적 변화는 또한 경기 수행력과 격렬한 운동으로부터의 회복을 도와줄 것이다. 유산소 시스템 개발의 더욱 완벽한 견해는 지구력의 트레이닝 이론 장에 주어질 것이다.

적절한 유산소 지구력 훈련은 다음과 같은 함께 결합해서 최대산소섭취량을 증가시키는 변화를 생성한다:

- 증가된 폐의 환기량
- 폐에서 혈액으로의 증가된 산소 확산
- 혈액에 의한 더욱 효율적인 산소 공급
- 증가된 근육으로의 효율적인 순환
- 증가된 모세혈관의 수와 효율성
- 증가된 미토콘드리아의 크기와 수
- 유산소 효소의 증가된 농도와 활동

2~40분의 모든 중정도 경기에서 경기수행력을 제한하는 주요한 요소 중 하나는 산소의 공급과 사용이다. 하지만, 마라톤과 같은 극도로 긴 경기에서 제한 요소는 연료의 이용가능성일 것이다. 왜냐하면 탄수화물로 부터의 선호된 연료 공급이 고갈될 수 있는 진짜 위험이 있기 때문이다. 엘리트 마라톤 선수는 그렇지 않은 선수보다 더 큰 범위의 연장된 운동을 위해 지방 대사를 추가함으로써 글리코젠과 글루코스의 유산소 대사를 증가시킬 수 있다.

몇몇 코치들은 운동의 강도와 기간에 따라 선택적인 근 섬유 사용에 근거하여 짧고 폭발적인 경기 선수를 위해 유산소 운동이 필요한지에 대해 논쟁한다. 이러한 코치들은 시합 속도 보다 낮은 속도로 훈련하는 것은 요구되는 근 섬유를 발달시키지 못한다고 그리고 근신경 상태가 손상된다고 언쟁한다. 이것은 오랜 기간 숙련된 엘리트 선수에게 있어서는 가능할 수 있다. 하지만 대부분의 코치는 모든 선수들, 특히 어리고 비숙련 선수들에게 있어서 적어도 유산소 능력의 기초는 필요하다고 동의한다.

### SUMMARY

- 아데노신 3인산, ATP는 중간물질로 행동하고 우리가 섭취한 영양분이 미토콘드리아의 세포에서 산화되어서 생성된 에너지를 근수축에 필요한 에너지로 전달한다.
- 세포에서 ATP의 양은 제한되어있다. ATP고갈을 막기 위해, ATP재합성 과정은 ATP 사용과 맞아 한다.
- 더 높은 운동 강도일수록, 더 높은 대사율, 더 높은 ATP 사용율, 그리고 더 많은 ATP 재합성이 일어난다. ATP재합성을 위한 에너지를 제공하는 3가지 에너지 시스템이 있다.
- 유산소 에너지 시스템은 산소를 사용해 ATP재합성에 필요한 에너지를 제공한다. 이 시스템은 상대적으로 저 강도의 긴 시간을 제공할 수 있고, 운동동안의 근육 세포와 같은 특정한 세포의 좀 더 강한 활동을 제외 하곤 일생 동안 작동한다.
- 유산소 시스템은 장거리 달리기나 경보와 같은 시합에 있어서 주된 에너지 공급원이다. 하지만, 모든 경기를 위해 더욱 훈련하는 것은 중요하다.

# 신

체의 연료 대사는 세포가 일을 하게 해주는 에너지를 제공한다. 인간은 유산소 동물이 고, 대부분 유산소자원으로부터 에너지 요구의 상당량을 충족시킬 수 있다. 하지만, 근 육활동의 증가하는 강도, 시간과 같은 에너지 요구가 증가하는 때가 있다. 이럴 때, 경기수행력이 영향을 받지 않는다면 ATP재합성은 이루어져야만 한다. 이렇게 제공되는 에너지시스템은 달리기, 뛰기, 던지기의 기본기술인 “더 빨리, 더 높이, 더 멀리”를 성공적으로 성취하게 해주는 결정인자 이다. 이 장에서는 다음의 항목을 살펴볼 것이다.

- 세포 내 ATP를 제공하는 3가지 에너지 시스템
- 무산소성 ATP-PC 시스템과 트레이닝에 대한 반응
- 젖산 시스템과 유산소 시스템
- 육상경기 종목과 에너지 시스템의 관계
- 과학적 정보를 바탕으로 점진적으로 대사경로를 발전시키기 위한 트레이닝 프로그램

육상 선수들이 많은 다양한 개인 경기를 한다는 것인 이미 설명 되었다. 이러한 경기의 강도와 기간은 참가하는 선수들에게 각각 다른 에너지를 요구한다. 하지만, 우리가 선수들의 경기를 검사하면, 그 경기들은 상대적이고 짧은 기간에 매우 높은 강도인 것을 발견할 수 있다. 모든 점프, 던지기 와 전력질주, 릴레이 경기 그리고 허들은 단 시간의 폭발적인 에너지를 요구한다. 고강도와 즉각적인 에너지의 필요 때문에, 대부분의 경기는 유산소 시스템으로부터 에너지를 얻을 수 없다.

운동 강도는 또한 타입1, 타입 2a 또는 타입 2b 근 섬유를 결정한다. 전장에서 우리는 어떻게 다른 섬유 종류가 수축에 필요한 에너지를 얻는지에 대해 보았다( 12쪽을 보시오). 이 관계를 식별하는 것은 활동할 때 주된 에너지 시스템을 설명하기 쉽게 해주고 어떻게 이 에너지 시스템들을 최고로 트레이닝 시킬 수 있는지 도와준다. 코치로써, 당신은 에너지 시스템이 어떻게 작동하고 서로 결합 해서 각 선수들의 경기에 필요한 대사적 필요를 제공하는지 명확하게 이해를 해야 한다.

## 에너지 시스템

근육의 활동을 유지하기 위해, 즉각적인 ATP의 생산과 대체가 필요하다. ATP를 재합성하고 근육의 ATP ‘탱크’를 채우는데 필요한 에너지를 제공할 수 있는 3가지 특정한 시스템 이 있다. 이 시스템들은 운동 강도와 기간 모두에 의존한다. ATP 재합성을 위한 에너지를 제공하는 3가지 시스템은 다음과 같다:

- ATP-CP 시스템
- 젖산 시스템
- 유산소성 시스템

이 3가지 시스템은 독립적으로 작용하지 않는다. 대신, 우리는 이 모든 시스템이 운동 시 모두 활동적인 것을 생각할 수 있다. 특정한 신체활동에 대한 각 에너지 시스템의 상대적인 기여도는 운동의 강도와 기간과 직접적으로 관련이 있다. 우리는 유산소 시스템의 역할과 기능을 검사했고 이제 유산소 시스템을 증가시키고 더 높은 강도에서 활동할 수 있게 해주는 두 가지 시스템으로 우리의

초점을 바꿀 필요가 있다. 비록 이 두 시스템 모두 산소가 있는 상태에서 작용하지만, 이 두 시스템은 산소를 필요로 하지 않기 때문에 무산소 에너지 시스템으로 여겨진다.

### ATP-CP 시스템

다리 근육에 저장 되어있는 ATP는 최고속도로 전력질주 하는데 오직 1~2초 동안만 충분하다. 세포의 ATP양이 50%~60%로 떨어지면 세포의 죽음을 유발하기 때문에, ATP 생산은 반드시 ATP의 사용을 충족 시켜야한다. 이것은 엘리트 달리기선수 또는 높이뛰기 선수, 또는 투포환 선수의 다리근육에서 ATP 합성율이 단지 2~3초 안에 증가하는 것을 의미한다. 비록 운동동안 근육으로의 혈류량은 급격히 증가하지만, 근육이 달리기, 허들 또는 육상 경기에서 최대 요구량을 공급하기위한 충분한 ATP를 위해 산화시키기 위한 산소를 충분히 얻는다는 것은 생리학적으로 불가능하다. 다행히, 신체는 이러한 요구량을 산소 없이, 즉 무산소적으로 ATP를 재합성하면서 충족시킬 수 있다.

**KEY POINT**

3가지 에너지 시스템은 독립적으로 일하지 않는다. 대신, 우리는 운동동안 항상 활동적인 에너지 시스템을 생각할 수 있다.

ATP-CP 시스템은 단시간에, 최고의 강도에서 활성화 되고 이러한 짧고, 폭발적인 근육의 활동을 위한 주된 에너지 자원이다. 이 시스템은 이해하기 가장 간단한 에너지 시스템이고, 산소 없이 작용하고 젖산을 생성하지 않기 때문에 무산소 비젖산성 에너지 시스템으로 언급된다. 근 세포를 포함한 모든 세포는 ATP와는 다른 또 다른 높은 에너지를 갖고 있는 물질을 포함한다. 이 물질은 높은 에너지의 인산염 결합을 갖고 있는 ATP와 유사하며 크레아틴인산, 즉 CP라 불린다. 크레아틴 인산은 몇몇 책에서 인산크레아틴, 즉 PC 또는 PCr로 언급되기도 한다. ATP-CP 시스템은 오직 효소에 의한 단일 반응만 포함한다. 그림 2.44에 설명되어 있듯이, 크레아틴 인산이 분열될 때, 높은 에너지에 포함된 에너지는 ATP를 만들기 위해 ADP에 수송될 수 있다.

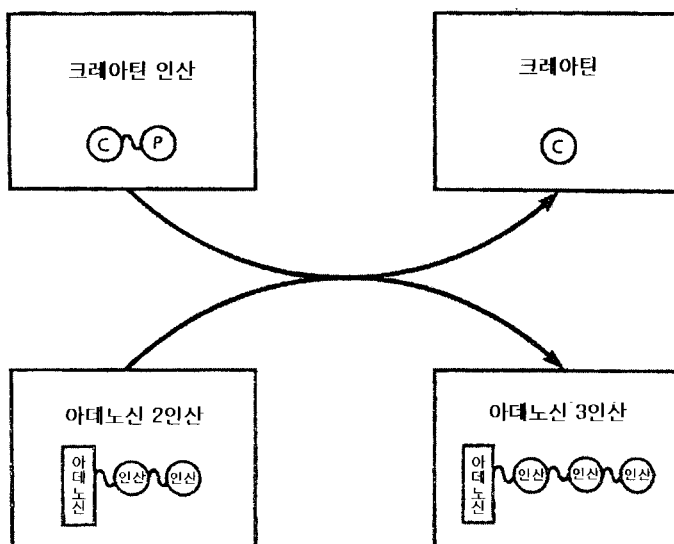


그림 2.44 크레아틴 인산의 분열에 의한 ATP 재합성



이러한 방법으로, ATP는 매우 빠르게 재합성 될 수 있지만, 사용가능한 크레아틴 인산 공급이 오직 5~7초 동안만 제공할 수 있기 때문에 제한된다. 한번 고갈되면, 운동하는 근육은 ATP 재합성에 필요한 에너지를 공급하는 다른 에너지 시스템을 사용해야하지만, ATP-CP시스템에서의 비율과 강도에서는 다른 두 에너지 시스템 둘 모두 에너지를 공급해줄 수 없다. 따라서 최고 강도에서는 ATP-CP 시스템을 사용하여 재합성될 수 있는 ATP의 양과 근육에 저장되어있는 총 ATP의 합이 제한 되어있기 때문에 총 시간이 6~9초로 제한된다.

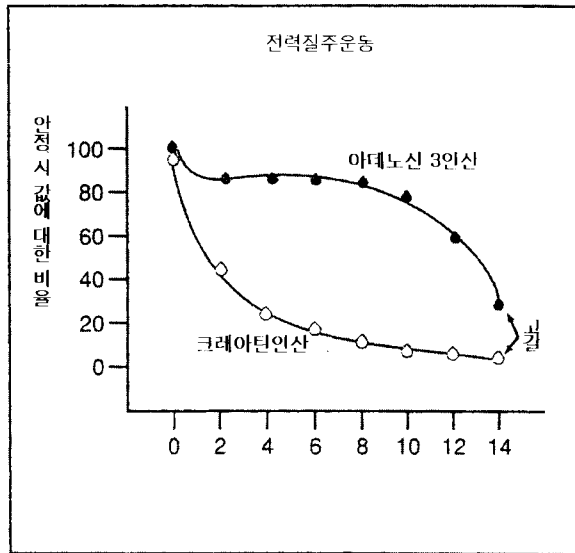
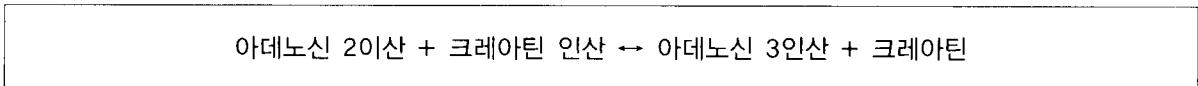


그림 2.45 최대 근육의 운동 처음 몇 초 동안의 근육의 ATP와 CP의 변화

크레아틴 인산의 농도가 고갈되면, 크레아틴 인산은 높은 에너지 인산결합을 저장함으로써 재합성될 수 있다. 이것을 하기위해 필요한 에너지는 최대 운동 후에 에너지 자원의 산화로 부터한 회복 단계에서 가능해진다. 에너지 자원의 산화는 크레아틴과 재결합해서 크레아틴 인산을 형성하는 인산을 방출하기위해 ATP를 공급한다. 이 가역적인 반응은 다음과 같은 공식에 의해 나타낼 수 있다.



이 시스템을 발전시키기 위해, 4~7초의 고강도 운동이 필요하다. CP의 완전한 재합성을 위해 최고 강도의 운동으로부터 어떠한 회복이든 이루어져야 하고 이러한 회복은 달리기 후 걷기와 같이 상대적으로 비활동적일 때 도움을 받는다. CP 재합성을 위한 회복율은 얼마나 많은 CP가 사용되었느냐에 따라 결정될 것이다. 회복에 필요한 시간은 30초에 50%, 2~3분에 100%의 재합성으로 여겨진다. 최고 속도 개발과 같은 반복된 최대 강도 운동에서, 회복은 CP 재합성을 위한 시간을 반드시 제공해야 된다. 스피드에 대한 트레이닝 이론에서 ATP-CP 시스템에 대한 좀 더 완벽한 내용이 주어질 것이다.

### 젖산 시스템

젖산 시스템은 아마도 대부분의 선수들을 위해 가장 중요한 시스템일 것이다. 젖산 시스템은 단기

간의 고강도에서 상당한 기여를 하고 좀 더 길고 제한된 최고의 강도에서 45초 까지 주된 에너지 공급원이다. 45초에서 2분 사이의 격렬한 운동 사이에서 젖산 시스템은 여전히 주된 에너지 공급원이지만 시간이 흐름에 따라 유산소 시스템의 기여도가 점진적으로 증가한다. 2분의 격렬한 활동 후에 유산소 시스템이 선호되는 에너지 자원이 되어감에 따라 젖산 시스템은 계속해서 점진적으로 기여도가 줄어든다.

젖산 시스템은 근육에서 글루코스와 글리코젠을 원료 자원으로 사용하고 해당과정을 포함하지만 무산소성 해당과정이다. 무산소성 해당과정은 산소를 필요로 하지는 않는다. 젖산 시스템은 산소 없이 가동할 수 있는 능력이 있기 때문에 무산소 에너지 시스템으로 간주될 수 있다. 무산소성 해당과정에서, 처음에는 글리코젠이나 글루코스를 피루빅산으로 분열시켜 높은 에너지의 인산염을 제공하면서 유산소성 해당과정과 같다. 이점에서, 피루빅산의 형성과 함께 적은 양의 ATP가 생산되었고 이 경로를 따라 젖산이 생성된다. 젖산은 유산염과 수소 이온(H+)을 생성하면서 근육 세포 안에서 즉각 적으로 제거된다. 유산소 과정을 통해 38개의 ATP가 생산되는 반면 무산소성 해당과정은 글리코젠당 2개에서 3개의 ATP를 생산한다. 무산소성 해당과정을 통한 ATP 생성의 과정은 유산소 대사 처럼 생산적이지는 않지만 빠르다는 장점이 있다. 무산소성 해당과정은 다음과 같은 공식에 의해 정리 될 수 있다.

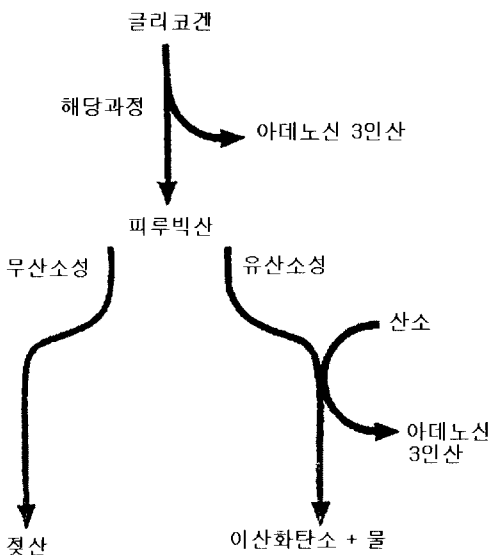
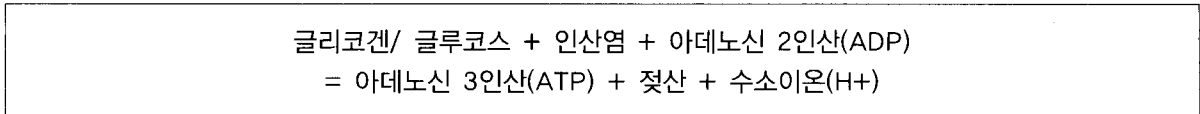


그림 2.46 무산소성과 유산소성 해당과정

젖산 형성에 의해 생성하는 에너지는 매우 빠를 수 있지만, 근육에 저장 되어있는 글리코젠을 매우 빨리 다 사용하기 때문에, 매우 비경제적이다. 하지만 글리코젠 형식의 자원을 소모하는 것은 젖산 에너지 시스템의 제한점이다. 과거에 자주 제안되었듯이, 제한 요소는 젖산의 축적이 아니라 수소이온의 축적이다. 젖산으로부터 분리되어 방출되는 수소 이온은 세포의 환경을 산성으로 만드는 효과를 갖고 있다. 이러한 근육 세포의 산성화는 중요한 해당과정 효소를 방해하기 때문에 결국 더 이상의 글리코젠이나 글루코스의 분열을 막는다. 무산소성과 유산소성 해당과정의 경로는 그림 2.46에 설명되어있다.

### 현재의 젖산 형성의 개념

과거에서 기술된 대부분의 것은 젖산이 독성의 역할을 하는 부산물로 생각하면서 젖산 에너지 시스템을 순수히 무산소성 현상으로만 보았다. 이때까지는 많은 코치들, 의사들, 교육자, 그리고 아마

추어들은 젖산을 피로나 근통증 또는 경련을 일으키는 것으로 생각했었다. 지난 15년 동안 이러한 견해를 바꾸기 위한 연구가 많이 되었고 현대의 코치들은 젖산 에너지의 개념과 이것이 대사적인 에너지 생산과 관련 있다는 함축적인 의미 모두를 이해하고 발전시킬 필요가 있다.

원래 젖산 형성은 오직 산소 공급이 불가능 한 상황에서만 발생한다고 믿어졌었다. 이 완전한 무산소성 에너지 생산의 개념은 초기 연구 결과들로부터 비롯되었다. 생화학의 선구자중 한명인 루이스 파스퇴르는 단순한 단세포의 대사에 대해 공부하였고 산소가 있을 때와 없을 때의 해당과정 비율을 비교하였다. 그는 산소가 없을 때 효모가 글루코스를 분열시켜 젖산을 생성한다는 것을 발견하였다. 이것이 잘 알려진 “ 파스퇴르 효과” 이다.

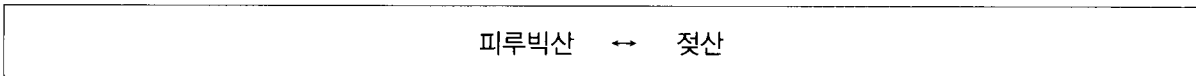
그 후 1923년에 Hill이라는 연구자는 운동 강도가 증가할 때 젖산 농도가 처음에는 천천히 증가하지만 높은 강도에서는 빠르게 증가한다는 것을 언급하였다. 이것으로부터, 그는 낮은 강도에서는 근육으로의 산소 공급이 충분하다고 제안하였다. 높은 강도에서는 근육에 의한 대사적 요구를 만족하기 위한 산소공급이 불충분해서, 글리코젠을 젖산으로 변환하는 무산소성 대사가 에너지 공급을 한다. 이점에서, 증가하는 운동 강도에서 혈중 젖산 생성이 급격히 증가하는 것을 과거에는 무산소성 역치라고 불렀다. 명백한 이유들 때문에, 이 용어는 더 이상 사용되지 않는다.

최근 몇 년 동안, 특정하게 젖산의 대사적인 역할에 대한 연구가 행해져왔다. 이것은 연구 피험자들이 표지 원자가 동위 원소인 젖산을 주사하는 것을 사양치 않았기 때문에 가능했다. 방사성 원자를 갖는 젖산의 희석에 대한 연구가 젖산이 운동 시 만큼이나 안정 시에도 골격근에서 생성된다는 것을 발견했다. 젖산은 대사의 종점이 아니고 탄수화물안에 저장되어있는 모든 잠재적인 에너지가 낭비 되었다는 것을 의미하지 않는다. 젖산이 형성 되고 난후 신체로부터 제거되는 몇 가지 가능한 경로가 있다. 형성된 젖산은 몇몇 가능성중 하나를 따를 것이다. 젖산은:

<b>KEY POINT</b>
젖산 시스템은 산소가 소모 되었을 때가 아닌 항상 작용한다. 그러므로 젖산은 운동 시 만큼이나 안정 시에도 항상 신체에서 생성되고 있다.

- 근육에서 대사될 수 있다.
- 체순환 될 수 있다.

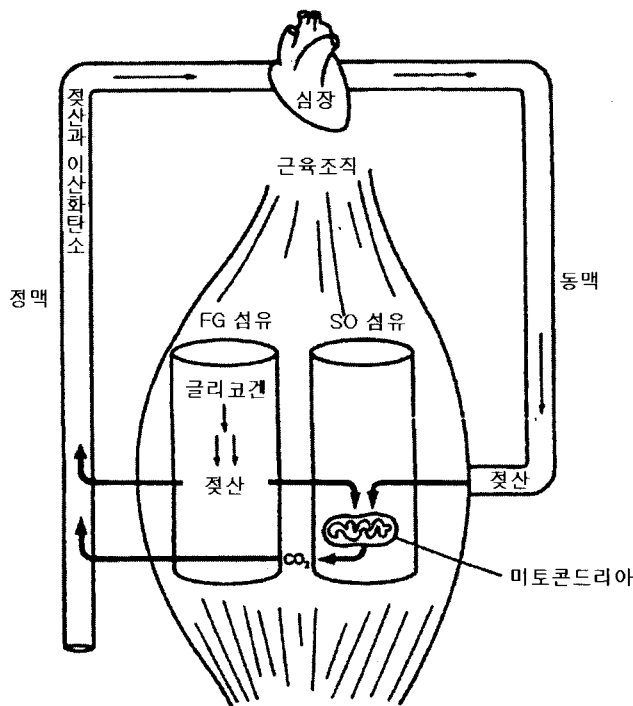
근세포 안에서 생성된 젖산은 아마 근육세포 안에서 소비될 것이다. 아마 ‘소비된다’ 라는 것보다 낫은 단어는 ATP 생산을 위해 피루빅산으로 돌아가서 미토콘드리아 안에서 산화되는 것인 ‘대사된다’라는 표현이 적당할 것이다. 부가적으로, 근세포 안에서 생성된 젖산은 같은 근육내의 다른 근육 세포에 의해 그 세포를 떠나 산화적 대사에 들어가 사용된다. 젖산의 산화는 우리의 가장 중요한 에너지 자원중 하나이다. 고도로 산화적인 근섬유에서, 젖산은 선호되는 원료 자원이다. 젖산과 피루빅산의 관계는 가역적이고 다음과 같은 공식에 의해 설명될 수 있다.



젖산은 아마도 운동하는 근육을 떠나 체순환에 들어갈 것이다. 체순환에서 젖산은 :

- 운동하지 않는 근육으로 이동해 필요할 때까지 저장될 것이다.
- 글루코스와 글리코젠 저장을 보충하기 위해 간으로 이동될 것이다.
- 심장으로 가서 심근의 산화적 에너지 생성을 위해 사용될 것이다.

대사산물로써 에너지를 제공하기 위해 젖산이 근육이나 체순환을 돌아다니는 동적인 활동을 젖산 셔틀(Lactate Shuttle)이라고 부른다. 이 젖산셔틀에 대한 개념은 젖산이 근육의 가장 중요한 대사적 연료라는 것을 암시한다. 젖산의 형태로 연료의 형성과 분배는 활동적인 근육에서 에너지 형성이 되었다는 중요한 의미를 제공한다 (그림 2.46). 근육 세포내에서 가역적인 관계로 젖산에서 피루빅산, 피루빅산에서 젖산으로의 지속적인 유입이 있다.



활동적인 타입 2b 근섬유에서 형성된 젖산은 원료로써 젖산을 선호하는 인접한 타입 1섬유에 닿을 수 있고 미토콘드리아에서 산화되어서 이산화탄소와 물로 될 수 있다. 양자택일로, 타입 2b로부터 생성된 젖산은 근 모세혈관에 퍼져서 체순환으로 들어갈 수 있다.

그림 2.47 The Lactate Shuttle(젖산 셔틀)

### 젖산 순환과 혈중 젖산 축적

근육 내에서의 젖산생산은 건강하고 산소공급이 잘하는 사람에게서 항상 일어나고 있다. 당신이 앉아서 이 책을 읽고 있으면서, 당신은 젖산을 대사산물로써 생산하고 있고 동시에 사용하고 있다. 하지만, 코치들은 운동 동안과 운동 후 회복동안 개인에게서 무엇이 발생하느냐 만큼 안정시를 고려하지는 않는다.

운동 동안, 개인의 젖산 농도는 혈액을 추출하여 젖산 농도를 측정함으로써 평가될 수 있다. 과거에

는, 이러한 젖산 값들은 젖산 생산에 대한 예측을 만들기 위해 때때로 부정확하게 사용되었다. 젖산은 혈액으로부터 생산될 수도 있고 제거될 수도 있기 때문에, 우리가 측정하는 젖산 농도는 사실 생산이 아닌 축적의 측정이다. 혈중 젖산 농도는 더해진 젖산과 제거의 결합된 결과를 나타낸다.

$$\text{혈중 젖산 농도} = \text{혈액에 더해진 젖산} - \text{혈액으로부터 제거된 젖산}$$

안정 시에, 혈중 젖산 값은 리터당 약 1 미리 몰, mmol/L이고 격렬한 운동 시에는 25mmol/L를 넘는 값까지 올라갈 수 있다. 안정시에는 젖산 생성과 제거가 균형이 맞기 때문에 젖산 농도가 낮고 안정하다. 최대하 운동 강도가 증가함에 따라 골격근의 젖산 생성 비율은 증가한다. 동시에, 근육안의 젖산이 피루빅산으로 다시 변환되는 비율도 증가한다. 이 생성과 제거는 젖산이 체순환으로 넘쳐흐르지 않는 동적 평형에 있고, 따라서 혈중 젖산 농도는 상대적으로 영향을 받지 않는다. 운동 강도가 증가함에 따라 혈중 젖산 농도도 서서히 증가한다. 근육 내에 젖산 생성의 급격한 증가에도 불구하고 적은 증가가 관찰된다. 운동을 하고 있는 근육내의 젖산 생산은 운동동안 안정시의 약 5배 또는 그 이상 증가한다고 기록이 되어 왔고 아직도 혈중 젖산 농도에 대해 같은 값을 제공하고 있다.

### 젖산 역치와 OBLA

운동 강도가 증가하는 동안, 혈중 젖산 농도가 급격히 증가하는 지점이 있다. 이 전환 지점은 혈중 젖산 축적의 시작 또는 OBLA로 언급된다. OBLA는 혈액으로 젖산이 더해지고 제거되는 동적 평

**KEY POINT**  
사실, 젖산은 운동동안 생성된 가장 동적인 대사산물일 것이다; 젖산 전환은 이때까지 연구된 어떤 대사산물보다도 잘 연구되어있다.

형이 전복되었다는 것을 의미한다. 젖산농도의 더욱 급격한 증가가 더 큰 무산소성 해당과정으로의 이동인지 신체가 체순환으로 부터 젖산을 제거할 수 있는 능력의 감소인지 아니면 그 둘의 복합적인 것인지는 명확하지 않다. 과거에는, 증가하는 운동강도에서 혈중 젖산 생성이 급격히 증가하는 이 부분을 무산소성 역치라고 불렀다. 세포가 갑자기 유산소에서 무산소 대사로 전환한다는 생각은

이것이 근육에서 무엇이 일어나고 있는지 정확하게 반영하지 못하기 때문에 극단적으로 단순화하고 오도하는 것이고 무산소성 역치라는 용어는 이제 잘 사용되지 않는다. 대신, 혈중 젖산 축적의 시작이 젖산 역치 대신 언급된다.

젖산 역치를 결정하기 위해 점진적으로 증가하는 운동 강도 하에 선수들로부터 혈중 젖산이 측정되고 그 값들이 운동 강도에 따라 그래프로 그려진다. 모든 사람이 명확하게 구분이 되는 젖산 역치의 전환점을 보여주지는 않는다는 것을 명심해야한다.

젖산 역치는 보통 역치가 발생하는 % 최대산소섭취량의 관점으로 표현된다. 훈련을 받지 않은 사람에게 있어서 젖산 역치는 그들의 최대산소섭취량의 50%에서 60% 사이에서 발생한다. 훈련과 함께 젖산 역치는 최대산소섭취량의 높은 백분율에서 발생한다. 젖산 제거의 효율성이 훈련과 함께

개선되고 같은 운동부하에서 적은 젖산이 생성된다. 따라서 엘리트 선수들은 최대산소섭취량의 70% 또는 80% 만큼 높은 값에서 젖산 역치에 이를 것이다.

젖산 역치는 운동 수행력의 좋은 예측인자이다. 만약 두 선수가 비슷한 최대산소섭취량 값을 갖고 있다면, 더 높은 OBLA 또는 젖산 역치를 갖고 있는 선수가 보통 최고의 지구력 운동수행력을 보인다. 지구력 선수들은 운동수행력을 개선시키기 위해 최대산소섭취량을 높이는 것에 더해서 그들의 젖산 역치를 높일 수 있는 방법을 모색해야 한다. 그림 2.49의 그래프는 적절한 훈련에 따라 젖산 역치가 어떻게 변하는지 명확하게 설명한다. 비록 이 개인의 젖산 반응에서 전환점이 명확하지는 않지만, 훈련이 값을 오른쪽으로 이동시키는 것을 쉽게 볼 수 있다. 이 이동은 훈련 후에 젖산 역치가 최대산소섭취량의 더 높은 지점 더 높은 달리기 속도에서 발생하였다는 것을 나타낸다.

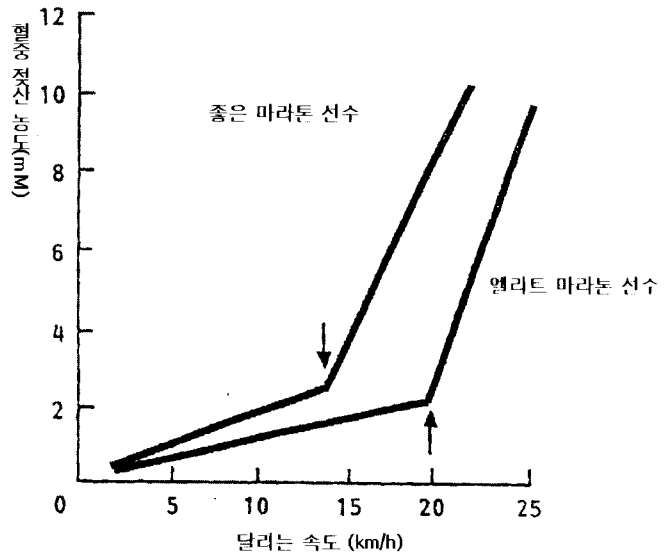


그림 2.48 운동 강도와 혈중 젖산 축적의 관계

### 젖산 에너지 시스템의 발달

젖산 에너지 시스템을 발전시키기 위해, 젖산 역치수준의 강도로 훈련하는 것이 필요하다. 이러한 종류의 훈련으로부터 젖산의 제거가 빨라질 때 회복도 빠르다. 이 젖산의 제거는 젖산이 높은 산화적 활동의 영역으로 이동할 때 가속화된다. 이러한 환경에서, 젖산은 피루빅산으로 되돌아가고 미토콘드리아로 들어가 크렘프사이클과 전자전달체계에서 산화되어 물과 이산화탄소를 생산한다. 선수들의 젖산 농도는 더 빠르게 떨어지고 회복은 골격근이 비활동적인 수동적인 회복보다는 저항도의 주된 유산소 활동에 의해 촉진된다. 젖산 에너지 시스템에 대한 좀 더 완전한 견해는 트레이닝 이론 장의 속도와 지구력부문에서 더 잘 설명되어있다.

#### KEY POINT

“젖산은 이제 중요한 대사적 기능으로 인식되고 에너지를 제공하고, 혈중 글루코스와 간 글리코젠을 생산하고, 힘든 상황에서의 생존을 촉진시키기 위해 사용되는 중요한 물질이다. 젖산의 산화는 우리의 가장 중요한 에너지 자원 중 하나이다. 매우 산화적인 근섬유에서, 젖산은 선호되는 원료 자원이다.”

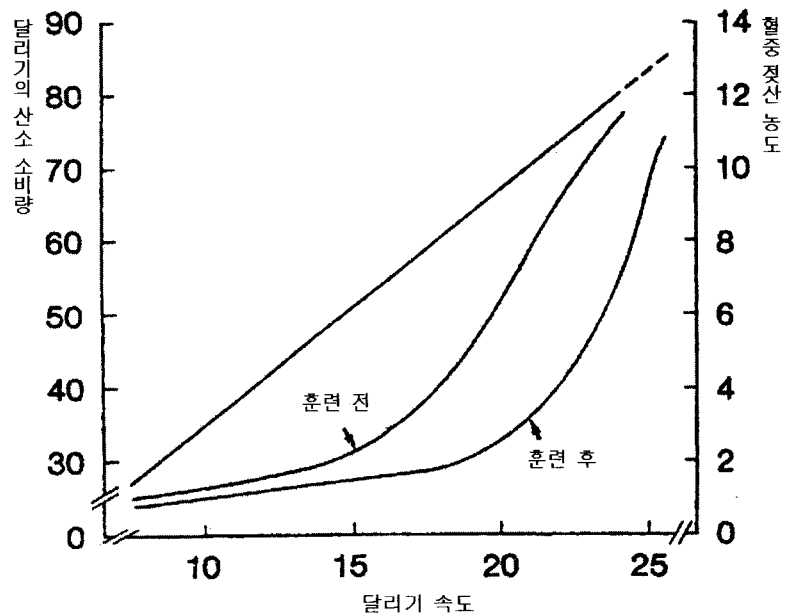


그림 2.49 훈련은 젖산 전환점을 더 높은 최대산소섭취량의 백분율 그리고 더 높은 달리기 속도로 이동시킨다.

### 대사적 경로의 상관성

운동동안, 필요한 ATP의 공급을 제공하기 위한 에너지에 대한 요구는 ATP-CP, 젖산 그리고 유산소 대사 에너지 시스템의 상대적인 기여를 구술한다. 각 시스템의 백분율적인 기여를 알기위해 달리기 경기의 에너지에 대한 요구를 분석하는 것은 가능하다(표2.4). 특정한 훈련을 실행하기위해 서는 훈련의 기초가 있어야만 하고 좀 더 격렬한 운동 후의 회복을 제공하는 부분이 있어야만 한다. 하지만, 이 표는 선수들이 그들의 경기를 위한 특별한 준비에 있어서 어떤 강조가 각 트레이닝마다 있어야하는지 가리킨다.

경기	대략% 최대산소섭취량	% Energy Contribution: % 에너지 기여		
		ATP-PC	젖산	유산소
100m	-	70	22	8
200m	-	40	46	14
400m	-	10	60	30
800m	135	5	38	57
1500m	112	2	22	76
3000m	102	<1	12	88
5000m	97	<1	7	93
1000m	92	<1	3	97
Maraton	82	<1	<1	99

표 2.4 올림픽 거리 경기에 대한 에너지 자원이 백분율 기여도

다양한 경기에 대한 전반적인 에너지 시스템의 상대적인 기여도에 대한 정보는 몇몇 값을 갖고 있지만, 오직 부분적인 견해이다. 경기의 요구는 종목마다 다를 뿐 아니라, 경기 동안에도 다르다. 선수가 경기 수행에 따른 주된 시스템의 상대적인 활동에 대한 이해를 하고 있는 것은 필요하다. 100m, 200m, 그리고 1500m를 위한 이러한 종류의 설명에 대한 예가 그림 2.50에 있다.

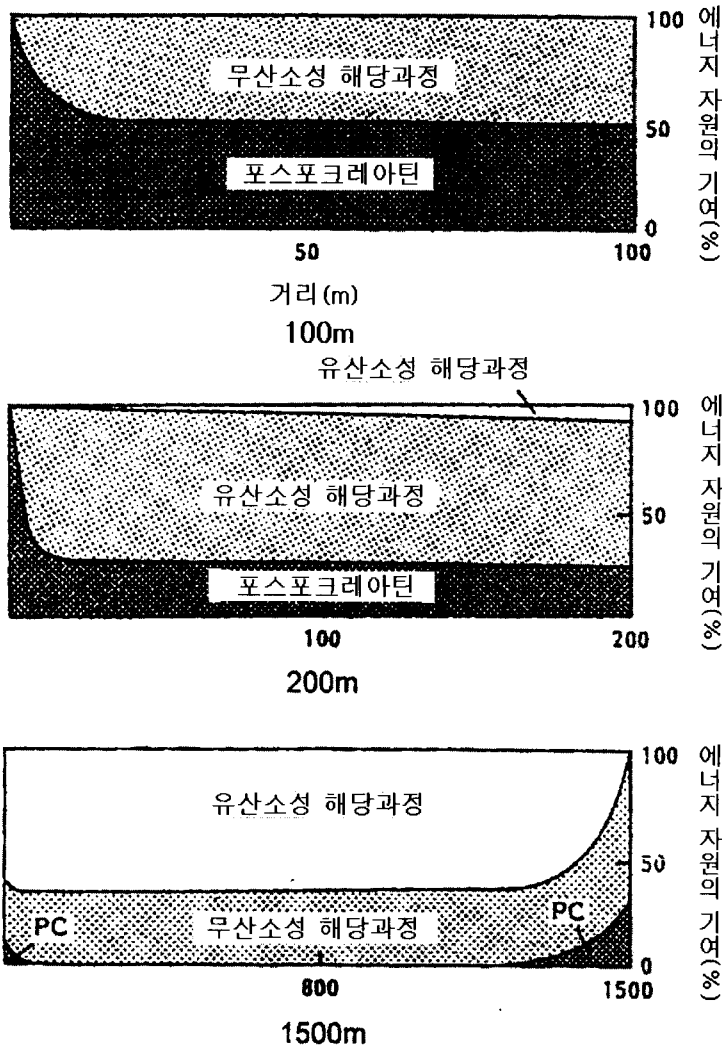


그림 2.50 달리기 경기 동안 주된 에너지 시스템의 기여

코치에게 있어서, 선수의 경기를 준비하는데 에너지 공급을 하는 3가지 에너지 시스템의 중요성에 대한 정보는 필수적이다. 다양한 종류의 달리기 훈련과 대사적 경로의 발전과의 상관관계에 대한 요약이 표 2.5에 있다.

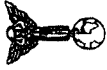
ATP의 역할 그리고 대사적 경로와 시스템을 통한 에너지의 생산에 대한 이해와 함께, 탄성적인 수축요소 또한 이러한 움직임에 대한 에너지를 제공하는데 기여한다는 것을 잊지 말아야 한다. 근 신경 시스템 요소의 탄성적인 특성을 통하여 공급될 수 있는 동역학적 그리고 잠재적 에너지의 역할은 무시될 수 없고 생체역학 장에서 더 자세히 공부할 것이다.



## SUMMARY

- ATP-CP 그리고 젖산 에너지 시스템은 무산소 시스템으로써 언급된다. 그 이유는 그들이 오직 산소가 없는 상태에서만 작용해서 가야니라 산소가 없는 상황에서도 작용할 수 있기 때문이다.
- ATP-CP 시스템은 필드경기, 단거리 경주, 그리고 허들경기를 위한 주된 대사적 에너지 자원이다.
- 모든 선수 경기에 대한 젖산 시스템의 역할과 기여 때문에 젖산 에너지 시스템의 이해는 모든 코치에게 있어서 필수적이다.
- 젖산은 안정시와 운동 동안 생산되는 동적인 대사산물이다. 젖산 서들은 근육, 체순환, 그리고 간 내에서 젖산의 움직임과 사용에 대한 설명해준다.

표 2.5 에너지 시스템과 달리기 트레이닝의 관계 요약



RUNNING TERMS	SPEED	SPEED ENDURANCE	SPECIAL ENDURANCE I	SPECIAL ENDURANCE II	INTENSIVE TEMPO	EXTENSIVE TEMPO	CONTINUOUS TEMPO
CONTRIBUTION OF THE ENERGY SYSTEMS	ATP-CP SYSTEM		LACTATE SYSTEM			AEROBIC SYSTEM	
INTENSITY	95% - 100%	95% - 100%	95% - 100%	95% - 100%	80% - 90%	60% - 80%	40% - 80%
DISTANCE OF RUN	20m - 60m	60m - 150m	150m - 300m	300m - 600m	up to 1200m	up to 1200m Repts up to 5000m Contin.	5000m +
No. OF REPS PER SET	3 - 4	2 - 5	1 - 5	1 - 3	3 - 12	6 - 30	-
No. OF SETS	3 - 4(5)	2 - 3	-	-	1 - 3	1 - 3	1
TOTAL DISTANCE OF SET	80m - 120m	150m - 600m	-	-	Long	Long	Long
TOTAL DIST. IN SESSION	200m - 600m	300m - 1200m	300m - 1000m	600m - 1800m	600m - 5000m	Long	Very Long
RECOVERY / REPS	[2' - 3']	[2' - 5']	Nearly complete [10' - 20']	Complete [20' - 30']	Pulse 50 - 60% max. [3' - 5']	Pulse 60 - 70% max. [1' - 3']	-
RECOVERY / SETS	[8' - 10']	[8' - 10']	-	-	Nearly complete [7' - 20']	Incomplete [5' - 7']	-

© IAAF 1996 (After McFarlane, B., 1986)

Table 2.5 A Summary of the Interrelationship of the Energy Systems and the running related methods for their development

# 우

리는 앞서 신경계가 어떻게 근육계와 함께 신체움직임을 조절하는지 알아보았다. 이 마지막 장에서, 우리는 신체의 모든 조절이 신경계에 의해서 통제되지 않는다는 것을 배울 것이다. 신체의 모든 특정 세포와 조직이 조화적으로 함께 기능하기 위해서는, 추가적인 통제와 기관계가 있어야만 한다. 내분비계는 신체의 모든 세포에 영향을 줄 수 있는 힘이 있고 수시로 바뀌는 환경에 신체가 반응하고 적응하는데 중요한 역할을 한다. 이 시스템은 신경계를 통해 전기적 자극과 결합해서 화학적인 전달자인 호르몬을 조절한다.

이장에서:

- 우리는 항상성이 무엇을 의미하는지 이해할 것이다.
- 우리는 내분비계의 일반적인 구조와 구성요소를 파악할 것이다.
- 우리는 내분비계 기능의 예와 함께 도피반응이 무엇을 의미하는지 공부할 것이다.
- 우리는 신체에서 어떻게 조절 메커니즘이 항상성에 기여하는지 이해할 것이다.
- 우리는 조절 메커니즘 기능의 두 예로 수분 균형과 온도 조절을 검사할 것이다.

신체가 체내 환경을 유지할 수 있는 능력을 이해하는 것은 운동의 반응을 이해하는데 있어서 중요한 요소 중 하나다. 이 체내 안정성의 대부분은 신경과 내분비계의 활동으로부터 초래한다. 내분비계와 내분비계가 생산하는 호르몬은 그들의 행동과 기능이 아직 완전히 알려지지 않았기 때문에 비교적 생물 과학에서 새로운 연구 분야이다. 내분비계를 연구하는 내분비학이 여전히 초기상태에 있지만, 코치에게 어떻게 개인이 행동에 대해 반응하는지를 알려주는 기본 지식을 제공해 준다. 신경계와 내분비계는 신체가 요구하는 변화에 '적응'하기 위해 화합한다. 이것은 훈련과 시험에 의해 만들어진 스트레스를 포함한다. 장기간의 훈련 프로그램을 계획할 때 적응에 대한 이해는 필수적이다.

## 항상성

당신이 어디에 있든 무엇을 하든, 인체 내부 상태는 대체로 같다. 당신의 신체를 구성하는 각 기관계는 특성화된 세포로 구성된 조직을 갖고 있다. 환경은 끊임없이 변하지만, 신체 내부의 환경은 안정적이고 이것은 항상성이라고 한다. 이 안정된 환경의 공급은 '몸 전체'의 기능이다. 이것은 세포가 활동하게 하는 보상 기전과 신체의 화학적 성질이 더 효율적으로 일하게 해주는 세포외액을 포함한다. 항상성을 통한 통제에는 체온, 체액 균형, 혈압, 혈중 글루코스 농도 그리고 혈액의 산소와 이산화탄소 농도이다.

KEY POINT
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항상성은 인체가 효율적으로 작동하게 하기위해 필수적인 체내환경을 안정적으로 유지한다.</li> <li>• 항상성은 신경과 내분비계의 복합적인 활동에 의하여 유지된다.</li> </ul>

생식기관을 제외하고, 신체의 모든 기관의 기능은 항상성의 목표를 가리킨다. 기관은 항상성 기전을 제공하고 신경계와 내분비계에 의해서 조절된다. 신경계는 인체의 변화를 인지하고 적절한 기관에 메시지를 전달한다. 이 메시지는 빠르게 변화의 원인을 중재시킨다. 내분비계의 반응은 신경계와 비슷하지만 일반적으로 느린 반응이다.

대부분의 항상성과 관련된 통제 시스템은 부적 피드백에 의해 일어난다. 피드백은 체내 환경이 계속해서 체크하는 일부분이다. 체내 환경의 항상성의 붕괴는 수용기에 의해 알려지고 이 메시지는 뇌에 전달된다. 체내 환경의 균형 붕괴가 심해지면 통제 센터(뇌)는 결정을 내린다.



과열



추위



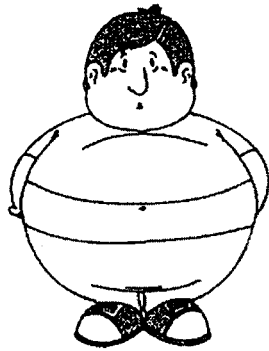
배고픔



건조



질식



파열



낙상



...그리고 죽음

**항상성은 당신이 살아있도록 유지시켜준다!**

그림 2.51 항상성의 많은 역할

기관의 반응은 체내 환경을 바꾼다. 가장 일반적인 반응은 원래의 자극을 거꾸로 해서 항상성을 다시 유지하게 하는 것이다. 예를 들면, 체온이 증가될 때 냉각효과를 만들기 위해 땀샘의 활동이 증가되고 체온을 정상으로 돌려놓는다. 이것은 부적피드백 시스템으로 알려져 있고 그림 2.52에 설명되어있다.

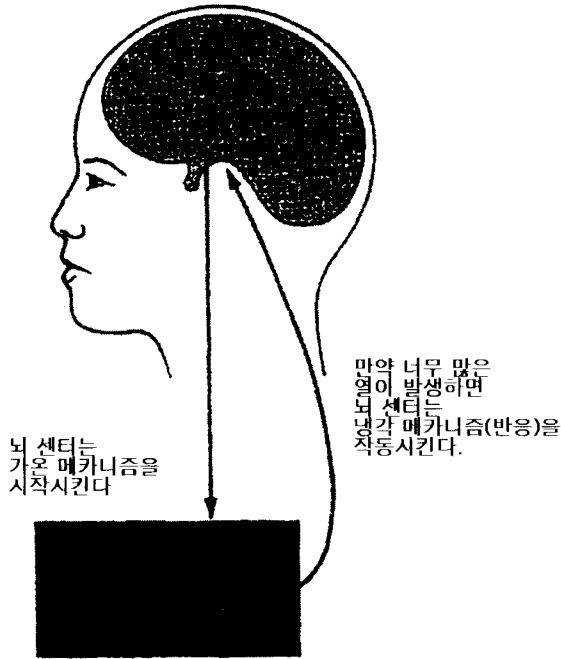


그림 2.52 항상성 체온조절은 전형적인 부적 피드백 메카니즘을 통하여 이루어진다

되고 누적되는 반면에 장기간의 항상성 적응은 내분비계에 의해 영향을 받는다.

항상성을 조절하는 부적 피드백의 또 다른 예는 당신의 눈이 빛의 양에 따라 반응하는 것이다. 동공의 크기는 눈으로 들어오는 빛의 양을 조절한다. 거울을 보면 당신의 동공이 커지는 것을 볼 수 있고, 밝은 빛에서는 동공의 크기가 작아지는 것을 알 수 있다. 동공이 빛에 반응하는 방법은 동공이 크기를 변화시켜 우리 눈이 각기 다른 빛의 상태에 적응하게 해주는 항상성의 예이다.

항상성은 당신이 살아있게 해주는 모든 신체의 과정을 포함한다. 이러한 과정들은 숨쉬기와 같이 짧을 수도 있고 어린 시절과 사춘기 때 신체가 성장하는 것과 같이 긴 기간일 수도 있다. 코치로써, 신체가 운동에 즉각적으로 반응하는 것과 훈련에 대한 장기간 반응 모두 고려해야한다. 운동에서 즉각적인 항상성 반응의 많은 부분은 신경계에 의해 통제

### 내분비계

내분비계는 호르몬을 분비하는 다수의 조직과 분비 기관을 형성하다. 내분비계는 신경계와 같이 비슷한 통제 활동을 하지만, 일반적으로 느리다. 호르몬은 체순환으로 방출되고 혈액을 통해 신체에 수송된다. 일단 샘에서 혈류로 방출 되면, 호르몬은 목표 세포를 만날 때 까지 신체를 돌아다닌다. 호르몬과 특정한 목표 세포의 상호작용은 잠겨있는 것을 여는 활동과 같다. 호르몬은 '열쇠'이고 수용체(목표 세포)는 '자물쇠'이다. 오직 정확한 열쇠만이 목표세포의 주어진 활동을 열 수 있다.

**KEY POINT**

- 내분비샘은 다른 양과 빈도로 호르몬을 방출한다.
- 대부분의 샘들은 호르몬을 생산하고, 이는 각기 다른 과정을 통제한다.
- 목표 세포들은 각기 다른 속도로 반응한다.
- 호르몬이 신체에서 응급상황에서 처럼 빠르게 반응 하는 것부터 느리게 반응하는 것 까지 다양한 과정을 통제한다.
- 느린 반응시간을 위해 전달 시스템의 역할을 한다.

내분비샘은 다른 양과 빈도로 호르몬을 방출한다. 대부분의 샘은 각기 다른 호르몬을 생산하고 이는 각기 다른 과정들을 통제하고, 목표 세포들은 각기 다른 속도로 반응한다. 이것은 호르몬이 응급 상황에서처럼 빠르게 반응 하는 것부터 느리게 반응하는 것 까지 다양한 과정을 통제한다는 것을 의미한다.

호르몬은 혈류로 오랜 기간 동안 방출될 수 있기 때문에 성장과 발달 그리고 훈련의 적응과 같은 신체의 장기간 변화를 통제할 수 있다. 호르몬이 그들의 기능을 완수하고 더 이상 필요하지 않으면, 그들은 간에 의해서 혈액으로부터 제거된다.

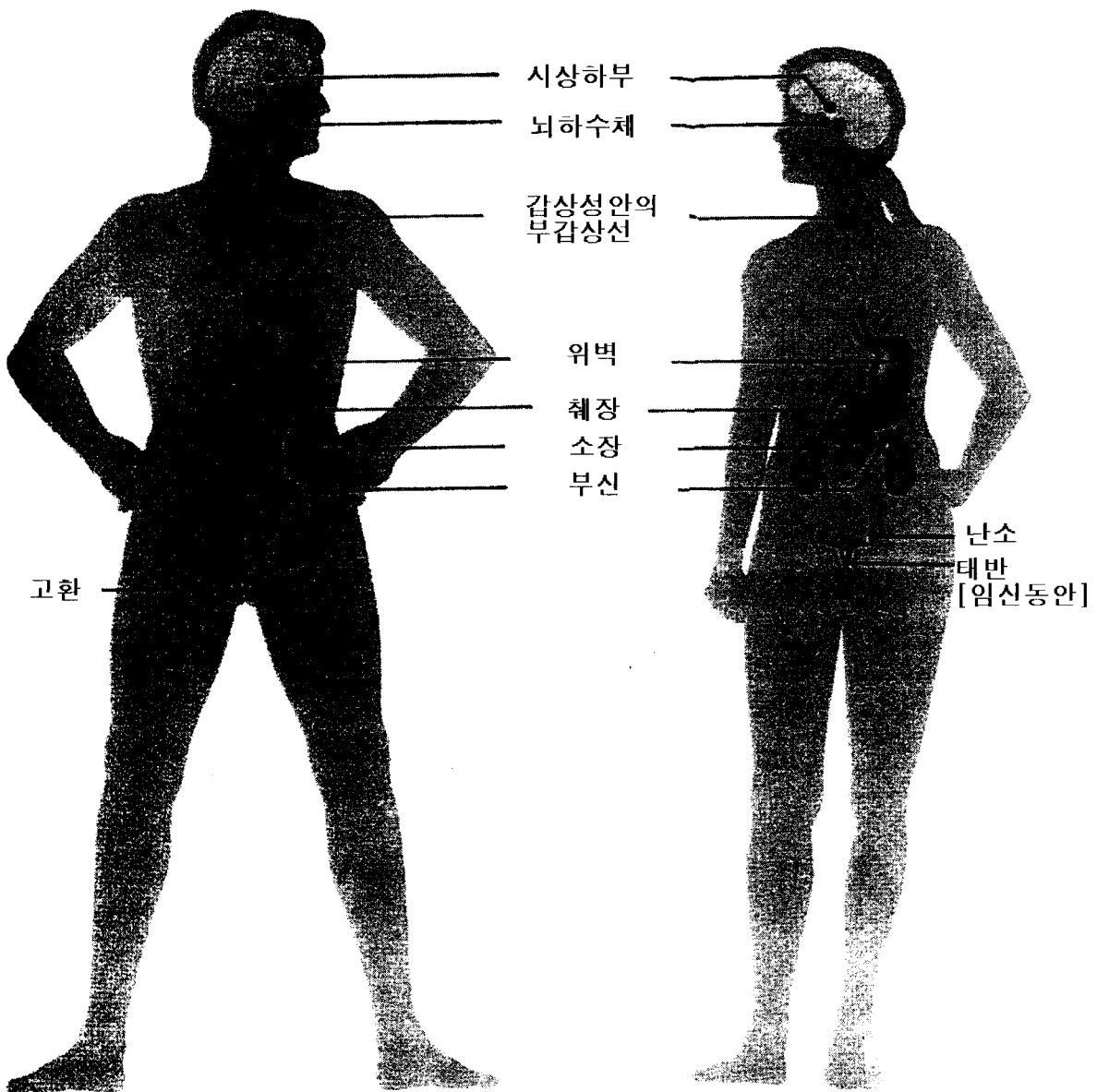


그림 2.53 내분비샘

## 호르몬- 화학물질 전달자

호르몬은 내분비 조직과 샘에 의해 생산되는 화학물질이고 ‘혈액의 화학적 전달자’로 여겨진다. 당신은 의식적으로 호르몬을 통제할 수 없다. 호르몬은 혈류를 타고 온몸을 돌아다니면서 우연히 목표 세포에 다다른다. 호르몬은 대부분의 생리학적 과정에 관련되어있고 그러므로 그들의 활동은 운동과 경기 수행력의 많은 부분에 있어서 중요하다. 그들은 두 집단으로 나누어 질 수 있다.

- 국부 호르몬
- 일반적인 호르몬

국부 호르몬은 이름이 나타내듯이 호르몬을 분비하는 기관이나 특성화된 조직의 바로 근처에 있는 세포에 영향을 준다. 일반적인 호르몬은 특정한 세포에 영향을 주지만, 성장 호르몬과 같이 모든 세포에 영향을 줄 수 있는 세포도 있다. 모든 일반적인 호르몬은 혈류를 통하여 샘에 의해서 분비된다. 신체가 행동을 하게 준비시키는 일반적인 호르몬중 하나는 부신에 의해 분비되고 ‘투쟁도주’ 반응과 관련되어 있는 에피네프린이다.

## 도피반응

내분비계는 특정한 상황에 즉각적이고 반사적인 반응을 만든다. 이것의 예는 ‘응급상황’ 또는 ‘위험’에 대한 반응이다. 다음과 같은 상황에서 당신이 어떻게 반응하고 느낄 것인지 생각해 보아라:

- 큰개가 당신에게 뛰어들어서 사납게 묻다.
- 당신은 강둑에서 발부리가 걸려 물속으로 떨어진다.
- 다가오는 자동차가 갑자기 당신을 향해 가속한다.
- 누군가와 논쟁한다.

위의 상황은 각기 다르지만 당신의 신체가 반응하는 방법은 같다. 당신의 호흡률은 증가하고, 당신의 혈액이 더 많은 원료를 근육으로 전달하고, 땀이 증가하며 혈액은 위에서 근육으로 방향을 바꾼다. 이러한 것들은 단지 즉각적인 반응을 준비하는 신체의 몇몇 반응이고 도피반응으로 알려져 있다. 응급상황에서, 신체의 모든 세포로 메시지가 전달되어야한다. 신경은 모든 세포와 의사소통하지 않기 때문에 이러한 메시지는 신경계에 의해서 전달될 수 없지만, 혈액으로 분비되는 일반적인 호르몬에 의해 전달될 수 있다. 이 호르몬은 에피네프린이라 불린다. 에피네프린은 또한 아드레날린이란 이름으로 더 잘 알려져 있다. 에피네프린은 근육세포, 장 세포 그리고 피부세포를 포함하는 특정한 목표세포를 갖고 있다. 결과적으로, 근육과 신경계는 ‘적’에게 맞서거나 도망가는 ‘투쟁’ 또는 ‘도피’에 의해 그 상황에 더 강하게 반응하도록 준비된다. 어떻게 에피네프린이 신체를 준비시키는지에 관해 더 완벽한 설명은 그림 2.54에 나와 있다.

## 호르몬 생성하는 샘

호르몬을 생성하는 가장 중요한 샘의 위치는 그림 2.53에 나와 있다. 이것은 운동에 대한 신체의 반응과 함께 샘, 호르몬 그리고 그들의 활동에 대한 개요이다. 이것은 아직도 많이 밝혀져야 하는 매우 복잡한 생리학의 부분인 것을 항상 기억하라.

## 뇌하수체

뇌하수체는 뇌 기저부에 위치한 작은 샘이다. 이것은 8개의 호르몬을 분비하고 이들 중 몇몇은 다른 내분비샘을 통제한다. 예를 들면, 정소와 난소와 같이 성 호르몬을 분비하는 생식선을 자극하는 호르몬은 뇌하수체로부터 유발된다. 다른 샘에 영향을 주는 역할 때문에 뇌하수체는 과거에 ‘주인(뇌하)수체’로 여겨졌다. 이제 시상하부의 역할과 영향은 시상하부가 모든 뇌하수체의 분비를 통제하기 때문에 더 잘 알려지게 되었다. 이러한 통제는 시상하부에 의해 분비되는 신경 또는 다른 호르몬에 의해서 이루어진다. 뇌하수체가 분비하는 호르몬은 그들의 기능을 포함한다.

- 성장호르몬은 신체의 모든 세포에 영향을 준다. 에너지원으로써 단백질 합성과 사용의 증가.
- 프로락틴이 유방을 자극해 젖을 분비한다.
- 황체형성 호르몬이 배란되고 생리 주기의 통제를 도와준다. 정소로부터의 성호르몬 생산 조절
- 여포자극호르몬은 난자를 성숙시키고 생리주기를 조절하게 해준다. 정액 생산 조절을 돕는다.
- 갑상선자극호르몬은 갑상선샘에 의해 생산되는 티록신의 양을 조절한다.

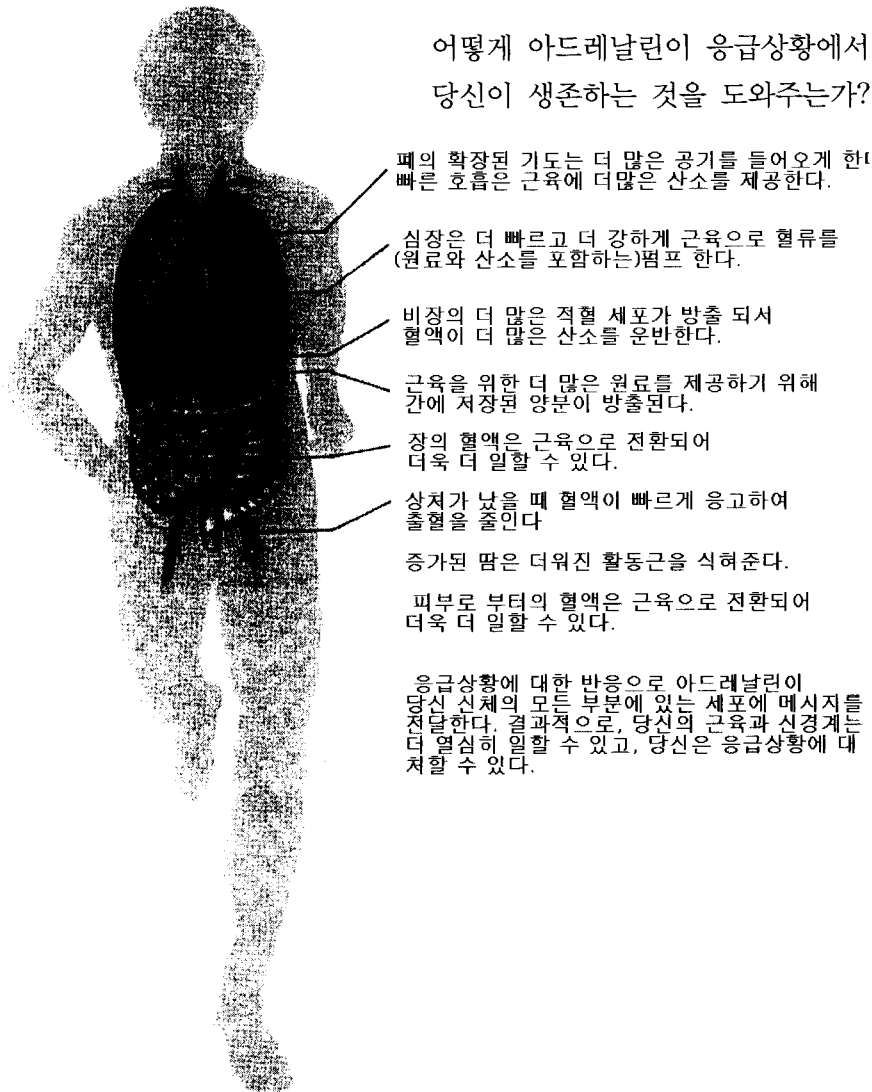


그림 2.54 응급상황에서 에피네프린이 당신이 생존할 수 있게 준비시키는 방법



## 시상하부

시상하부는 신경계와 뇌하수체의 연결고리의 역할을 하고 시상하부의 분비 활동을 조절한다. 이것은 갈증, 배고픔 그리고 특정한 성적 감성적 자극을 통제하고 조절한다. 시상하부는 다음과 같은 요소를 분비 한다:

- 임신동안 자궁을 수축시키는 옥시토신. 젖 분비를 자극한다.
- 항이노호르몬은 수분 균형을 조절하게 해준다.
- 호르몬방출인자는 시상하부를 자극해서 호르몬을 방출시킨다.

## 갑상선

갑상선은 요오드로부터 호르몬을 분비한다. 이러한 호르몬은 기초대사량에 미치는 기본적인 효과를 갖고 있고 다음을 포함한다.

- 티록신은 세포의 대사율과 에너지 생산율을 증가시킨다. 신경계의 성장과 발전을 통제한다.

## 부갑상선

부갑상선은 갑상선 뒤에 위치하고, 다음과 같은 요소를 분비 한다:

- 부갑상선 호르몬은 신체의 칼슘과 마그네슘 농도의 주요한 조절인자이다. 뼈와 신장의 발전에 직접적으로 행동한다.

## 부신

부신은 바로 신장의 위에 위치해있다. 부신은 부신수질과 부신피질의 명확한 두 부분으로 나뉜다. 부신 수질은 다음과 같은 요소를 분비하는 역할을 한다.

- 에피네프린은 신체의 즉각적인 행동을 준비시키고 '투쟁도주' 반응을 생성한다.
- 노르에피네프린은 혈압을 증가시킨다.

부신피질은 다음과 같은 요소를 분비하는 역할을 한다:

- 글루코코티코이드 또는 코티졸은 탄수화물, 지방, 단백질의 대사를 통제한다. 수분 균형을 도와 준다. 신체가 스트레스를 다룰 수 있게 도와준다. 항염증 활동을 갖고 있다.
- 안드로젠과 에스트로젠은 사춘기에 남성과 여성의 특징을 발달시키게 해준다.

## 췌장

췌장에 의해 생성된 호르몬은 혈중 글루코스 농도를 조절하기 위해 함께 일한다. 이러한 호르몬들은 다음을 포함 한다:

- 인슐린은 글루코스 농도를 낮춤으로써 혈중 글루코스를 통제한다.
- 글루카곤은 혈중 글루코스를 증가시킴으로써 혈중 글루코스를 조절한다.

## 생식선

생식선은 생산적인 선이고, 남성의 정소와 여성의 난소가 이에 속한다. 생식선이 분비하는 호르몬들은 대사를 증가시키고 이는 동화작용임을 의미한다. 남성에게 있어서, 정소는 다음을 생산 한다:

- 테스토스테론은 남성성의 특징과 근육의 발달을 촉진시킨다. 여성에서, 난소는 다음을 생산 한다.
- 에스트로겐은 여성성의 특징을 촉진시키고 지방 저장을 증가시킨다. 생리주기를 조절하는데 도움을 준다.
- 프로게스테론은 임신동안 일반적인 과정을 조절해준다. 생리주기를 조절하는데 도움을 준다.

## 신장

신장은 일반적으로 주요한 내분비 기관으로 여겨지지는 않지만, 유산소 대사에 중요한 영향을 주는 호르몬을 생산한다. 이 호르몬은 다음과 같다:

- EPO로 알려진에리스로포에테인은 적혈 세포 생성을 조절한다.

호르몬은 혈액에서 최적의 농도로 유지되지 않으면 신체를 효율적으로 조절할 수 없다. 시상하부와 뇌하수체는 피드백을 사용하는 조절 메카니즘에 의해 호르몬 농도를 조절한다.

가장 간단한 피드백 시스템중 하나는 항상성 설명에서 소개되었던 부적 피드백이다. 부적 피드백에서 호르몬은 충분한 호르몬이 방출되었을 때 그것을 생산하는 선을 정지 시키면서 고유의 양을 유지한다. 부적 피드백의 예는 혈중 티록신의 양을 조절하는 시스템이다. 갑상선이 뇌하수체로부터 TSH라고 불리는 갑상선 자극 호르몬에 의해서 자극될 때, 갑상선은 티록신을 생성한다. 혈중 증가된 티록신 농도는 뇌하수체의 활동을 방해해 TSH 분비를 적게 한다, 그림 2.55.

훈련과 시험에 대한 내분비계의 반응은 복잡하다. 호르몬은 효과적인 변화를 위해 협력적으로 일한다. 이것의 예는 혈액에서 순환하는 글루코스의 양을 증가시키기 위해 함께 일하는 4가지 호르몬이다. 이러한 호르몬들은 글루카곤, 에피네프린, 노르에피네프린, 그리고 코티졸이다. 호르몬이 독립적이기 보다는 복합적인 관계로 함께 일할 때 신체의 반응이 더 효과적이다. 이것은 운동의 요구에 즉각적으로 신체가 적응하게 할 수 있고 또한 증가된 수행능력을 이끌 수 있도록 장기간 적응할 수 있게 한다.

코치로써, 기관의 반응을 조절하고 선수의 항상성을 통제하는 호르몬에 대한 지식은 필수적이다. 운동의 요구에 따라 스트레스

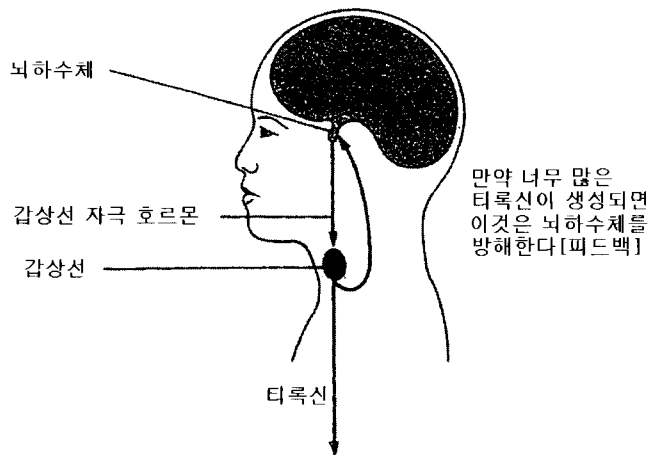


그림 2.55 티록신농도는 부적 피드백 루프에 의해서 조절된다.

가 다르고 선수의 신체는 훈련과 시합에 따라 다시 항상성을 만들기 위한 시간을 필요로 한다. 신체의 균형을 복원시켜주는 것은 안전, 회복, 휴식의 필요와 가치에 대한 인식이다. 이것은 과도한 훈련이나 부상과 질병의 관련된 위험으로부터 보호해줄 수 있다.

만약 선수가 의학적 처치를 받고 있다면, 의사와 함께 처방에 대해 논의 하는 것은 중요하다. 어떠한 호르몬은 매우 작용이 강해서 운동에 대한 반응에도 영향을 줄 수 있기 때문에, 코치는 훈련을 수정하거나 의사에게 대체할 수 있는 약을 주문하고 방해할 수 있는 약을 줄여야한다.

몇몇 코치들은, 경기 수행력에 강력한 영향을 줄 수 있는 호르몬을 인공적으로 주입해서 그들이 가르치는 선수의 수행력을 높이게 하는 유혹을 받는다. 도핑과 같은 윤리적인 문제가 이 책의 철학 부분에 소개되고 논의 되어있다. 우리는 지금 까지 체내의 균형이 다양한 흥미로운 요소를 포함하고 있으며, 아직까지도 밝혀지지 않은 매우 섬세한 균형이 있다는 것을 배웠다. 이 지식을 통해 의사와 함께 또는 없이 ‘호르몬 환경’을 촉진하기 위한 어떠한 시도도 윤리적으로 해서는 안 된다.

### 조절 메카니즘

포유동물이 해양이나 신선한 물에서 살았던 원시 척추동물로부터 광범위한 지질시대를 걸쳐 진화했을 때, 땅에서 살기위한 두 가지 신체의 중요한 요구가 있었다.

- 증가된 외부 수분 환경의 독립
- 여전히 능동적인 삶을 살면서 외부환경의 변화하는 온도를 견딜 수 있는 능력의 증가.

오늘날, 사람에게 있어서 가장 중요한 2가지 항상성의 측면이 우리의 진화적 발전을 반영하고 수분 균형과 온도 조절을 유지하는 조절 메카니즘을 포함한다.

### 수분균형

체액은 신체의 중요한 구성요소이다. 체액은 남자에게 있어서 체중의 약 60%를 구성하고 여자에게 있어서는 50%를 구성한다. 평균 체격의 남자, 간단한 예로 70kg은 40리터정도의 물을 포함한다. 모든 세포는 체내 수분 환경에서 활동하고 신체에서 최적의 수분 균형의 유지는 세포활동에 있어서 필수적이다.

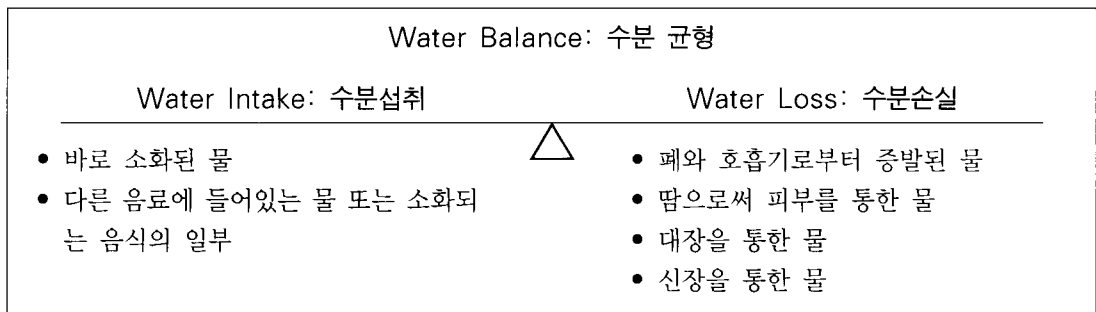


표 2.5 오직 수분손실과 수분섭취가 같다면 수분균형은 이루어진다.

수분은 일반적인 상태에서 체내의 거의 모든 막을 자유자재로 지나가고 신체의 수분양은 매우 일정하게 유지된다. 일정한 수분양은 수분섭취와 수분손실을 맞추는 조절 메카니즘에 의해 이루어진다.

‘정상’상태에서 신체는 매일 약 3리터의 수분섭취를 필요로 한다. 심각한 수분손실은 더운 그리고/또는 습한 환경, 장기간의 시합 또는 연장된 훈련에서 발생한다. 수분의 짙고 작은 불균형은 신체가 쉽게 견딜 수 있지만 장기간의 큰 불균형은 경기수행력과 건강에 심각한 부정적인 영향을 줄 수 있다. 체내의 수분이 매우 낮은 것은 탈수로 언급된다.

환경이 덥거나 습하거나 많은 추가적인 수분이 땀으로써 손실되면, 신체는 쉽게 탈수될 수 있다. 탈수상태에서, 혈중 염의 농도는 매우 진해지고 수행력의 효율성은 급격히 떨어진다. 혈액의 변화는 시상하부와 함께 항이노호르몬, ADH를 분비하는 뇌하수체의 특정화된 세포에 의해서 감지된다. 이 호르몬은 혈류를 통하여 신장에 들어가서 수분을 소변으로 배출하기보다는 흡수하게 한다. 소변은 결국 진한 농도와 함께 심한 냄새와 어두운 색깔로 변한다. 시상하부는 또한 갈증을 느끼게 한다. 이는 왜 항상 “갈증을 느낄 때 당신의 몸은 이미 탈수의 첫 번째 단계에 있다”가 언급되는 이유이다. 갈증을 느꼈을 때의 반응은 물을 마시는 것이다. 신장의 활동과 마시는 것 모두 혈중 염의 농도를 감소시킨다. 명백히, 코치로써 당신은 선수가 탈수되는 것을 방지하길 원할 것이다. 훈련과 경기 동안, 후, 전에 섭취된 소량의 물은 수분 균형을 유지하는 역할을 할 것이다. 일반적인 수분 균형이 유지되고 있다는 징조는 매우 맑은 소변을 보는 것이다. 땀을 통해 손실되는 소금과 염은 상업적인 음료를 섭취함으로써 빠르게 보충될 것이다.

추운환경에서는 반대경우가 발생한다. 땀을 흘리지 않으면 물은 몸에 쌓이고 혈액은 묽어진다. 또한, 당신은 갈증을 느끼지 않을 것이고 물을 덜 마시길 원할 것이다. 결과적으로 혈액의 농도는 증가한다. 만약 당신이 추운 환경에서 운동한다면 당신은 많은 양의 수분을 손실하지만 당신은 이 손실을 느끼지 못할 것이다. 이것은 “갈증이 훈련과 시합 동안 수분 섭취를 요구하는 신체의 결핍된 징조이다.”가 왜 항상 기억할 필요가 있는지에 대한 이유이다.

## 온도조절

대부분의 포유동물과 같이, 사람은 항온동물이다. ‘항온’이란 단어는 단순히 ‘같은 온도’를 의미하고 체온이 일정한 값으로 유지되는 것을 뜻한다. 이 체온의 유지는 외부 환경에서 발생하는 광범위한 변인에 대항한다. 사실 적절한 준비만 된다면 인간은 열대지방, 북극, 습하거나 사막 지역에서 똑같이 기능할 수 있다. 체내와 체외의 다양한 신체 부분이 다르기 때문에 ‘체온’은 상대적인 것이다. 신체의 바깥쪽 체온은 움직임, 노출 그리고 혈류에 의해 영향을 받기 때문에 변한다. 피부는 보통 신체의 심부보다 차갑다. 이것은 보통 신체의 심부로부터 표피, 그리고 표피로부터 환경까지의 열 손실을 이끄

### KEY POINT

다음과 같은 이유로 훈련과 시합 전, 후, 동안 소량의 수분이 섭취되어야 한다:

- 갈증은 훈련과 시합 동안 수분 섭취를 요구하는 신체의 결핍된 징조이다.
- 당신이 갈증을 느낄 때 신체는 이미 탈수의 첫 번째 단계에 있다.

는 온도 변화를 제공한다. 신체의 체온 조절 메커니즘의 목적은 신체 심부의 온도를 일정하게 유지시키는 것이다. 안정 시에, 심부온도는 36~37.5도 이고 일반적인 환경에서 기관의 최적의 기능을 위해 이러한 온도에 가깝게 유지된다.

인간의 온도 조절 메커니즘은 자동온도조절 오븐과 같다. 뇌에서, 시상하부는 심부 온도 변화를 감지할 수 있는 온도에 민감한 세포를 갖고 있다. 시상하부는 또한 피부와 같은 신체의 다른 부분으로부터 온도에 대한 정보를 받는다. 신체의 온도가 약간 떨어지면, 시상하부는 신체를 따뜻하게 하는 메커니즘을 신경과 호르몬을 통해 작동시킨다. 체온이 올라갈 때, 신체를 시원하게 하는 메커니즘이 작동될 것이다. 시상하부는 체온을 다소 일정하게 유지하면서 매우 예민한 자동온도조절장치로서의 기능을 한다. 이때까지 온도 조절에 대해서 공부하였고 스포츠 의학 부분에서 더 자세히 다뤄질 것이다.

#### SUMMARY

- 항상성은 체내 환경을 안정적으로 유지하게 해준다.
- 내분비계는 '화학물질 전달자'인 호르몬을 분비하는 몇몇 조직과 선으로 이루어져 있다.
- 수분균형과 온도 조절은 신체의 최적 기능을 유지하기 위한 필수적인 조절 메커니즘 중 두 가지이다.
- 신경계와 내분비계는 함께 신체의 변화에 '적응' 할수있게 해준다

## References

- Beashel, P. & Taylor, J. (1992). *Sport examined*. Walton-on-Thames, Surrey, England: Thomas Nelson.
- Beashel, P. & Taylor, J. (1996). *Advanced studies in physical education and sport*. Walton-on-Thames, Surrey, England: Thomas Nelson.
- Bethell, G. & Coppock, D. (1990). *Integrated science*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Billat, L.V. (1996) *Use of blood lactate measurements for prediction of exercising performance and for control of training - a review*. Sports Medicine 22 (3): 157-175.
- British Museum - Natural History. (1981). *Human biology - an exhibition of ourselves*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Brooks, G. A. (1986) *Lactate production under fully aerobic conditions: the lactate shuttle during rest and exercise*. Federation Proceedings 45: 2924-2929.
- Brooks, G. A. (1988) *Blood lactic acid: sports "bad boy" turns good*. Sports Science Exchange 1: 2.
- Brooks, G. A. (1991) *Current concepts in lactate exchange*. Medicine and Science in Sports and Exercise 23: 8, 895-906.
- Carpenter, F. & Ledger, P. (1997). *Physiology and performance*. Leeds, England: National Coaching Foundation.
- Dick, F.W. (1989). *Sports training principles*. London, England: A & C Black.
- Green, N.P.O., Stout, G.W., Taylor, D.J. & Soper, R. (1990) *Biological science 1 - organisms, energy and environment*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Green, N.P.O., Stout, G.W., Taylor, D.J. & Soper, R. (1990) *Biological science 2 - systems, maintenance and change*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Jansson, E., Sjodin, B. & Tesch, P. (1978). Changes in muscle fibre type distribution in man after physical training. *Acta Physiol. Scand.*, 104: 235-237.
- Kapit, W. & Elson, L.M. (1977). *The anatomy coloring book*. New York, USA: Harper & Row.
- Martin, D.E. & Coe, P.N. (1991). *Training distance runners*. Champaign, IL, USA: Leisure Press.
- Martin, D.E. & Coe, P.N. (1997). *Better training for distance runners*. Champaign, IL, USA: Leisure Press.
- McFarlane, B. (1988). *The science of hurdling*. Ottawa, Ontario, Canada: Athletics Canada.
- Newsholme, E.A., Leech, T. & Duester, G. (1994). *Keep on Running*. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Noakes, T. D. (1991). *Lore of running*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Pansky, B. & Allen, D.J. (1980) *Review of neuroscience*. New York, USA: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Pyke, F.S. (1991). *Better coaching - advanced coach's manual*. Canberra, Australia: Australian Coaching Council Incorporated.
- Roberts, M.B.V. (1986). *Biology for life (2<sup>nd</sup> Edition)*. Walton-on-Thames, Surrey, England: Thomas Nelson.
- Thompson, P.J.L. (1991). *Introduction to Coaching Theory*. Monte Carlo, Monaco: International Amateur Athletic Federation.

Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.

Wirhed, R. (1984). *Athletic ability & the anatomy of motion*. Orcbro, Sweden: Mosby-Wolfe.

Wootton, S. (1989). *Nutrition for sport*. London, England: Simon & Schuster Ltd.

**Additional Recommended Reading**

Sharkey, B.J. (1987). *Coaches guide to sport physiology*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.