

근골격계의 해부생리

최 스 미

-
- 미국버지니아 대학교 생리학 박사
 - 단국대학교 의과대 간호학과 조교수

I . 뼈과 관절

골격(뼈대, SKELETON): 몸의 기본적인 모양의 틀을 이루고 있는 구조물
뼈와 연골로 이루어짐.

관절 : 뼈와 연골을 서로 연결해주고 있음

인대 : 뼈마디를 밖에서 엮어매어 더욱 튼튼하게 하는 질긴 조직의 끈을 말함

1. 뼈

우리몸의 구조물 중 가장 단단한 조직

혈관과 신경이 분포되어 있고 자라기도 병들기도 하는 살아 있는 물체임.

부러지면 스스로 아물기도 하고 필요없는 뼈는 자연히 흡수되어 없어지기도 함

1-1) 뼈의 기능

- 1) 단단한 형태의 구조물로 생김새의 가장 기본적인 틀을 이루고 뼈 주위의 다른 연한 장기 또는 조직들이 뼈에 의지하고 버티는 일을 하도록 함
- 2) 단단한 벽을 이루어(여러개가 모여) 그 안에 위치하는 장기들을 보호
- 3) 근육이 와서 붙어 있으므로 근육이 수축할 때 지렛대로서의 역할을 함
- 4) 뼈 속의 골수에서는 혈액을 만들어 내는 조혈기관의 일을 함
- 5) 칼슘, 인 등의 무기질의 저장창고 구실을 한다고 볼 수 있음

1-2) 뼈의 성분

결합조직에 속하므로 적은 수의 세포와 많은 세포사이 물질로 되어 있음

일반 결합조직과 다른 점 : 세포사이 물질인 기질속에 아교섬유 외에도 많은 무기물질이 침착되어 있어 단단한 성질 즉 견고성과 강경성을 나타냄. 그러므로 뼈를 특수 결합조직이라고 함.

뼈의 무기질 : 전체 뼈 중량의 2/3(인산 칼슘은 85%, 탄산칼슘 10%)

뼈의 유기질 : 전체 뼈 중량의 1/3, 뼈의 탄력성과 강인성 즉 질긴 성질을 나타낸다.

어린이들은 유기질이 비교적 많고 성인이 되면 무기염류의 침착이 늘어나 탄력성을 잃게 됨

1-3) 뼈의 구조

치밀뼈(compact bone): 뼈의 바깥부분을 싸고 있으며 뼈세포와 기질로 치밀하게 구성됨

해면뼈(sponge bone): 뼈 조직이 가지를 친 것 같은 뼈지주에 의해 스펀지처럼 틈새가 많은 구조를 가진 해면뼈로 되어 있음

골수강(marrow cavity): 긴 뼈의 경우 한 가운데 해면뼈의 부분이 빈 공간을 이루고 있는데 이를 골수강이라고 함. 이안에 골수가 있음.

뼈 끝(epiphysis) : 뼈의 양쪽 끝 부분을 말하며 주로 해면뼈로 되어 있고 그 겉을 얇은 치밀 뼈층이 덮고 있으며 이 해면뼈 부분의 많은 작은 공간에도 역시 골수가 있음.

골막 또는 골외막(periosteum) : 뼈의 표면을 덮고 있어 뼈를 보호하는 역할을 하고 혈관, 림프관 및 신경을 통과시키는 바탕을 마련함

또한 근육, 힘줄이 뼈에 부착할 수 있는 자리를 마련해줌

그 골막이 붙어 있는 부분의 뼈가 재생되는데 매우 중요한 역할을 함.

골내막(endosteum) : 골수강을 덮고 있는 약한 섬유성 막.

1-4) 뼈의 미세구조

특징 : 나무의 나이테와 흡사함.

뼈층판(lamellae): 중심관(Haversian canal)을 중심으로 동심원 모양을 나타내고 있음

뼈소강(lacunae) : 뼈기질 속에 있는 작은 공간으로 이 안에는 뼈세포(osteocyte)가 들어 있음

뼈세관(bony canaliculus): 뼈소강에서 부챗살 모양으로 많이 뻗어 있으며 이웃한 뼈소강의 뼈세관들과 서로 교통함. 뼈세관 안에는 뼈세포의 원형질 돌기가 들어 있어 결국 인접한 뼈세포 사이에는 이러한 돌기의 접촉이 생기게 된다.

하이버스관 : 뼈의 긴축을 따라 위아래로 뻗쳐 있는 관으로 이 속에는 가는 혈관이 들어 있음

관통관(Volkman's canal) : 가로로 연결되는 관으로 하이버스관과 함께 뼈의 구석구석에 영양물질을 공급함

1-5) 뼈의 분류

모두 206개의 뼈가 있으며 위치와 모양에 따라 분류함

1) 모양에 따른 분류

긴뼈(long bone): 길다란 원기둥 모양으로 중력을 지탱하거나 근육에 대해 강한 지렛대 역할을 함. 상완골(humerus), 대퇴골(femur) 등이 있음.

짧은 뼈(short bone): 손목뼈(carpal bone), 발목뼈(tarsal bone)로 길이가 짧은 것이 특징임

납작뼈 : 근육이 붙을 수 있는 납작한 면을 가지고 있음

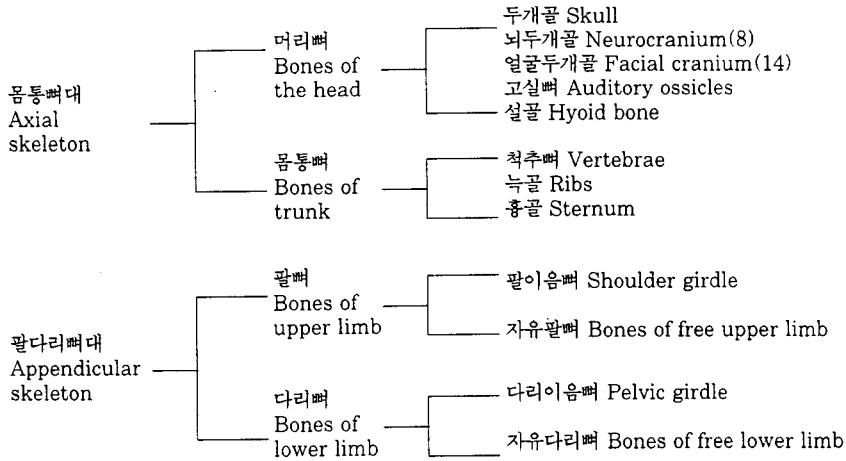
견갑골(scapula), 또는 두정골(parietal bone)

불규칙 뼈 : 척추뼈(vertebrae)

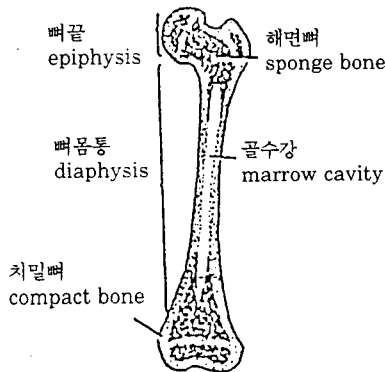
종자뼈(sasamoid bone): 무릎골(patella)이 있으며 힘줄, 근막속에 묻혀 있으며 관절주변에 위치하여 근육의 지렛대 작용을 증가시키는 기능이 있다.

2) 위치에 따른 분류

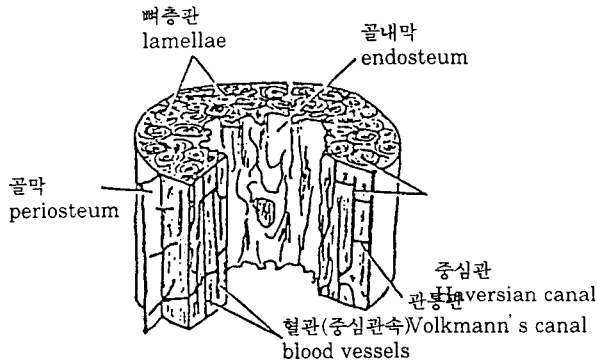
표 1. 위치에 따른 뼈의 분류



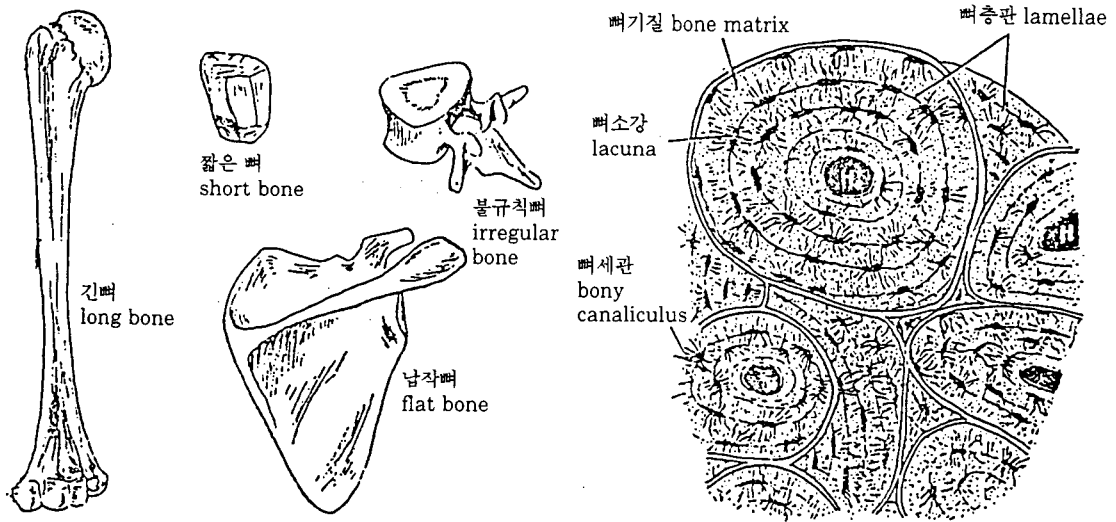
- * 원래 머리뼈와 몸통뼈는 몸통뼈대(axial skeleton)에 속하는데 몸통뼈대라는 말의 '몸통'은 몸의 축(axis)이라는 넓은 뜻으로 쓰이고 몸통뼈의 '몸통'에서는 가슴, 배, 등을 가리키는 좁은 뜻(trunk)으로 쓰인다.
- ** 머리뼈 역시 머리에 있는 모든 뼈(bones of the head)란 넓은 뜻으로 쓸 때도 있고 두개골이 분리된 상태의 날개뼈(individual cranial bones)를 통털어 가리키는 좁은 뜻으로 머리뼈라고 쓸 수도 있다.



길이로 자른 뼈의 단면



입체적으로 본 뼈의 구조



형태에 따른 뼈의 구분

치밀뼈의 가로면이 보여주는 미세구조(H: 중심관)

2. 연골

뼈와 마찬가지로 변형된 특수결합조직의 종류

다른 결합조직과 다른 점은 세포사이물질(섬유과 기질로 이루어짐)이 굳은 물질로 되어 있음

화학적 성분 : 단백질과 점액다당류로 구성된 당단백질

뼈와는 달리 칼슘 침착이 없어 뼈보다 물렁물렁한 편임

단단하고 약간의 탄력성이 있는 조직이나 혈관과 신경의 분포가 없는 것이 특징이다.

연골세포(chondrocytes) : 연골을 이루고 있는 세포로 기질속에 묻혀 있음

연골막(perichondrium) : 연골을 둘러싸고 있는 섬유성 막

2-1) 연골의 종류

연골의 기질속에 있는 아교섬유(collagenous fibers) 또는 탄력섬유(elastic fibers)의 양의 많고 적음에 따라 유리, 섬유, 탄력연골의 세종류로 나눔

1) 유리 연골(hyaline cartilage)

아교 섬유가 기질 내에 묻혀 있어 유리처럼 맑고 투명함.

연골세포는 뼈와 같이 작은 연골소강에 묻혀 있고 대개 집단을 이루고 있으며 기질이 많음
골화과정을 거쳐 뼈로 변해 가기도 하나 일생동안 연골 형태로 남아 있기도 함

뼈의 관절면, 늑연골, 기관, 후두, 코 등에서 볼 수 있음

2) 섬유 연골

매우 질기며 압력과 당기는 힘에 견디어 내는 능력이 큼
섬유성 결합조직과 흡사함

단독으로 존재하지 않고 유리연골, 또는 치밀결합조직과 연속되어 나타나며 척추사이 원반의 바깥 테두리와 치골결합부위에서 관찰됨

3) 탄력 연골

탄력성이 가장 풍부하며 귓바퀴, 중이관, 후두덮개 등임

3. 관절

뼈가 어떤 형태로 든지 연결되어 있는데 두 개 이상의 뼈들이 연결되어 있는 상태를 관절이라고 함

3-1) 관절의 종류

연결된 형태와 운동이 가능한 한도에 따라 나눌 수 있음

1) 두개골형

머리뼈에서 볼 수 있으며 뼈사이의 공간이 거의 없고, 그 속에는 섬유조직 흔히 인대가 들어 있어 섬유관절이라고도 함. 움직임은 없음

봉합 : 톱니처럼 된 뼈 끝이 얇은 인대를 사이에 두고 물려 있음

못박이 관절(gomphosis) : 다른 한 쪽 뼈가 파묻혀 있는(상, 하악골과 치아사이) 형태

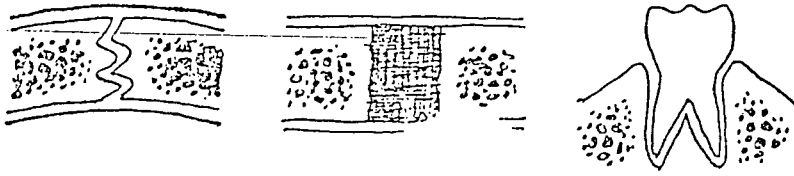
인대결합(syndesmosis) : 뼈끝 사이에 비교적 긴 인대가 연결되어 있는 경우로 경골과 비골 사이

2) 척추형관절

척추뼈 몸통 사이 또는 좌우 치골 사이에서 볼 수 있으며 뼈 끝 사이에 약간 간격이 있어 여기에 연골이 들어 있으므로 연골 관절이라고 함. 연골이 있으므로 제한된 범위안에서 운동이 허용됨.

표 2. 관절의 형태와 특징

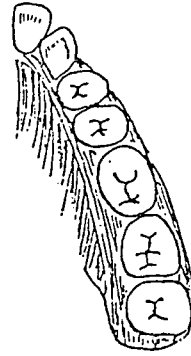
관절 형태	관절 이름	주로 있는 곳	뼈사이	들어있는 조직	움직임
두개골형	섬유관절	머리뼈	공간없음	섬유조직	거의 없음
척추형	연골관절	골반 척추뼈	공간없음	연골조직	약간 있음
팔다리형	윤활관절	팔다리뼈	비어있음	액체(윤활액)	자유로움



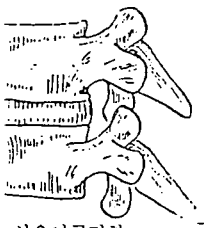
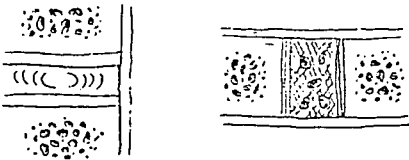
봉합 suture

인대결합 syndesmosis

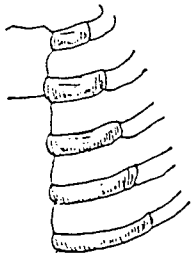
못박이관절 gomphosis



섬유관절(두개골형 관절)



섬유연골결합 symphysis



연골결합 synchondrosis

연골관절(척주형 관절)



관절주머니 articular capsula

윤활막 synovial
섬유막 fibrous

뼈 bone
관절강 joint cavity
연골 cartilage

윤활관절(팔다리형 관절)

3) 팔 다리형 관절

두 뼈 사이에 공간이 있고 그 속이 윤활막으로 덮여 있어 윤활관절(synovial joints)이라고 함. 매우 자유스러운 운동을 할 수 있으며 관절강이 있어 연골에 의해 덮인 뼈끝들이 서로 떨어져 있다.

팔다리의 모든 관절과 두 개골에서는 턱관절(temporomandibular joint)이 이 형태에 속한다.

3-2) 윤활관절의 구조

관절 주머니(articular capsule): 두 뼈 끝을 이 주머니가 싸고 있으며 이 주머니는 바깥쪽의 섬유막과 안쪽의 윤활막의 두 겹으로 되어 있다.

관절강 : 관절주머니 안에 생기는 공간으로 이안에는 적은 양의 윤활액이 들어 있다.

인대 : 관절 주머니를 밖에서 보강해주고 있는 구조물로 관절 주머니의 바깥쪽인 섬유막의 일부가 두꺼워진 것도 있고 독립적으로 떨어져 존재하는 경우도 있다. 관절이 제한된 범위 밖으로 움직이는 것을 억제하는 역할을 하고 있다.

3-3) 윤활관절의 종류

1) 평면 관절(plane joint)

대응하는 관절면이 모두 평면이며 관절면이 작고 서로 사이에 약간의 미끄러짐만이 있음

손목 뼈 사이 관절

발목 뼈 사이 관절

어깨 쇄골 관절

2) 경첩관절(hinge joint)

한쪽 관절면은 볼록 나와 있고 다른 한 관절면은 쑥 들어가 있으며 두 뼈의 긴 축과 직각이 되는 운동축을 가지고 있으므로 수평축을 따라 한쪽으로만 움직임

팔굽관절, 손가락뼈사이관절

3) 종식관절(trochoid joint, pivot joint)

세로의 축을 가진 돌기가 제한된 원의 둘레 속에서 회전하는 관절로서 원을 이루는 것은 흔히 일부는 뼈로, 일부는 인대로 되어 있다.

팔굽의 근위 요골 척골관절

4) 두응기 관절(bicondylar joints)

관절의 한 쪽은 두 개의 공처럼 솟은 관절 융기이고 다른 한 쪽은 얇게 패인 평면으로 굽힘, 펴짐, 약간의 회전 운동이 일어난다.

대퇴골, 경골의 무릎관절

5) 타원관절(ellipsoid joint)

한면은 공 모양, 다른 한 면은 얇은 소켓트 모양으로 회전운동은 되지 않으나 굽힘, 펴짐, 외향, 내향, 회선 등의 움직임이 가능한 관절

손바닥 손가락 뼈 관절, 팔목의 관절, 요골 손목 뼈 관절

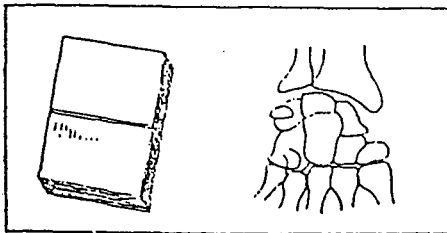
6) 절구 관절(spheroid joint, ball and socket joint)

한면은 공이고 다른 한면은 절구 또는 소켓트 모양으로 많은 운동축을 가지고 있다.
어깨 관절, 대퇴관절이 대표적인 예이다.

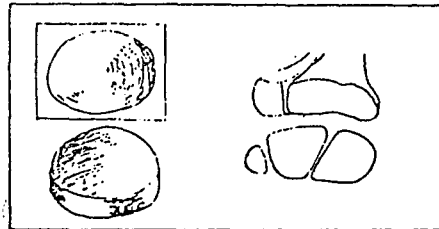
7) 안장관절(saddle joint)

양쪽 관절면이 모두 말 안장처럼 앞 뒤 그리고 좌우로 패어져 있는 관절로서 비교적 운동이 자유로움

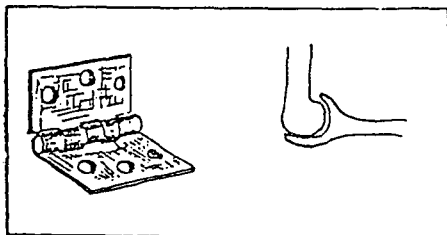
엄지 손가락의 손목 손바닥 뼈관절



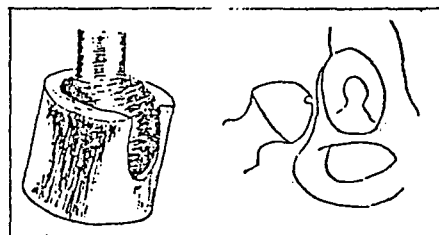
평면관절 plane joint



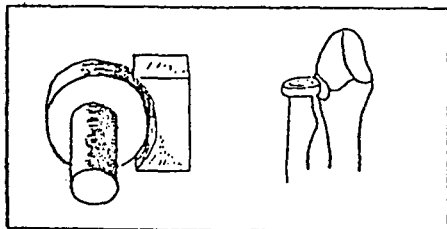
타원관절 ellipsoid joint



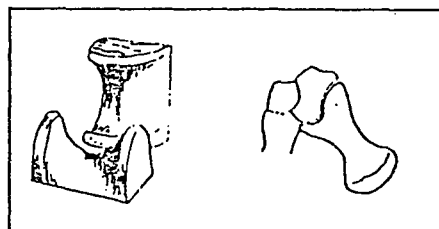
경첩관절 hinge joint



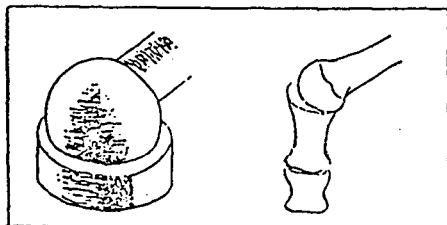
절구관절 spheroid joint



중쇠관절 trochoid joint



안장관절 saddle joint



두움기관절 bicondylar joint

운동축의 수 :
 무축성 (nonaxial)-평면
 단일축성 (uniaxial)-경첩, 중쇠, 두움기
 두축성 (biaxial)-타원
 무축성 (multiaxial)-절구, 안장

유허관절의 종류

II . 골격근의 구조

골격근은 근세포(근섬유)로 이루어져 있음.

근섬유는 근막에 의해 둘러싸여 있음

근막 : 결체조직의 얇은 섬유성 막으로 근섬유 뿐 아니라 근속과 근육전체를 싸고 있음

전 : 결체조직에 의해 형성되어 있으며 골격근의 말단부를 뼈에 부착되게 함

1. 골격근의 구조

골격근은 수천개의 근섬유로 구성되어 있음

기본 단위 : 근섬유(직경 : 50-100 μ m 길이 2mm에서 30cm까지)

근섬유는 수백내지 수천개의 규칙적으로 배열된 실린더 모양의 근원섬유로 이루어짐

근원 섬유 : 광학 현미경으로 보면 밝은 부분과 어두운 부분이 교대로 나타남

밝은 부분 : isotropic, 가는 필라멘트만이 위치함, I띠

어두운 부분 : 가는 필라멘트와 그 사이에 위치한 굵은 필라멘트로 구성되어 anisotropic 또는 A띠라고 함.

Z 선 : I 띠의 중앙을 가로지르는 선으로 가는 근 필라멘트는 Z선에 부착됨

근절(Sarcomere) : Z 선과 Z선 사이를 근절이라는 단위로 나누게 한다.

H 띠 : 굵은 필라멘트만 들어 있어 이를 H띠라고 한다.

M선 : 굵은 필라멘트의 다발을 중앙부위에서 함께 묶어서 지지해 주며 H띠의 중앙부위를 가로지르는 선을 가르침

1-1) 근 필라멘트의 구성

수축성 단백질인 액틴, 마이오신, 트로포마이오신, 트로포닌으로 구성됨

굵은 필라멘트 : 마이오신으로 구성됨

마이오신 입자는 두 개의 돌기인 마이오신 head가 골프채와 같은 모양으로 필라멘트의 양쪽 끝에 배열되어 있음

가는 필라멘트 : 액틴, 트로포마이오신, 트로포닌으로 이루어짐

액틴은 두줄의 구슬 모양의 사슬이 나선형으로 감겨 있으며 트로포마이오신의 입자는 두 개의 액틴 사슬에 의해 생긴 홈을 따라 붙어서 7개의 액틴사슬을 덮고 있다.

근 수축 : 근장그물에서 Ca^{++} 이 유리되어 트로포닌과 결합하면 트로포마이오신은 액틴의 사슬 중간홈 속으로 들어가 액틴에 있는 마이오신과 결합할 부위를 열어주어 액틴과 마이오신은 결합하게 된다.

1-2) T세관과 근장그물

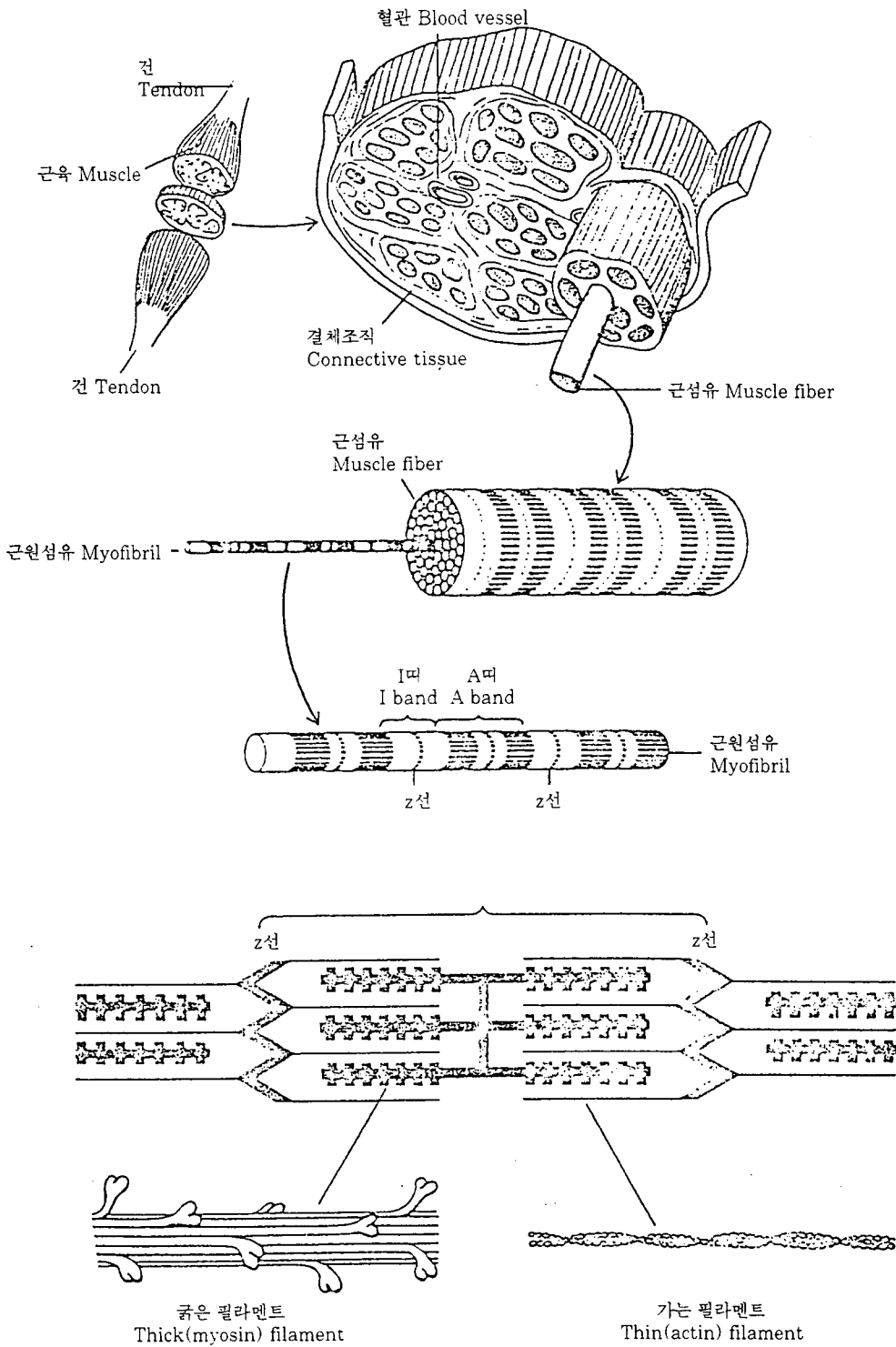
근육의 세포막은 근섬유의 장축을 따라 직각으로 근장내로 함입되어 하나의 관을 형성하는데 이것을 T세관이라고 한다.

T세관은 근막으로부터 골격근 세포내부로 깊숙히 들어가서 근원섬유의 I띠와 A띠의 접합부위에 직각으로 위치해 있다. 근장그물은 섬유전체에 뻗쳐 있고 각각의 근원 섬유를 싸고 있으며 근장그물내에는 많은 Ca^{++} 이 저장되어 있다.

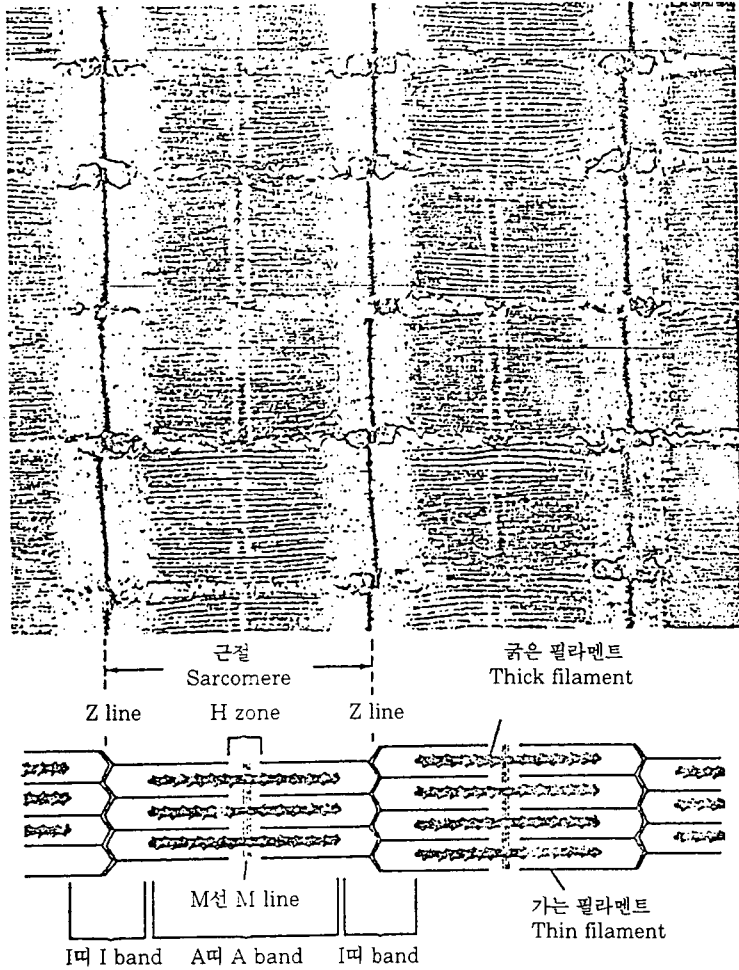
2. 골격근의 수축

등장성 수축 : 근육의 길이가 일정하게 유지되며 일어나는 수축이다. 이러한 수축은 어떤 사물을 고정된 위치에서 지지할 때, 또는 움직이기에는 너무 무거운 어떤 물건을 들어올리려고 시도할 때 일어나므로 근육의 길이는 짧아지지 않고 장력만 발생한다.

등력성 수축 : 지속적인 부하가 주어졌을 때 근육길이가 짧아지며 일어나는 수축이다.

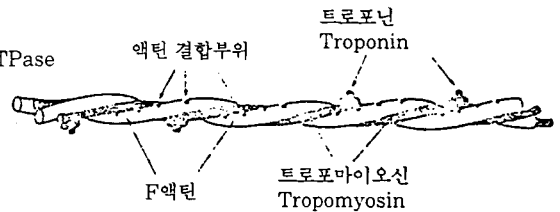
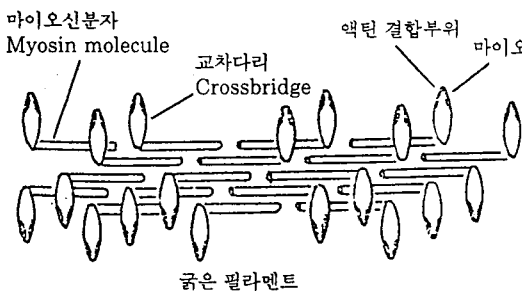


〈그림〉 골격근의 구조



〈그림〉 근절구조의 종단면

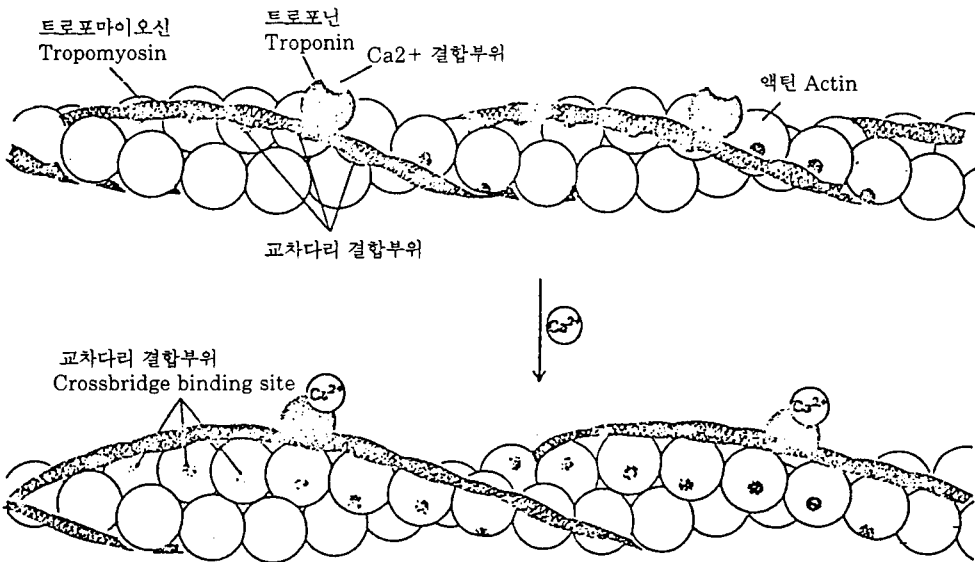
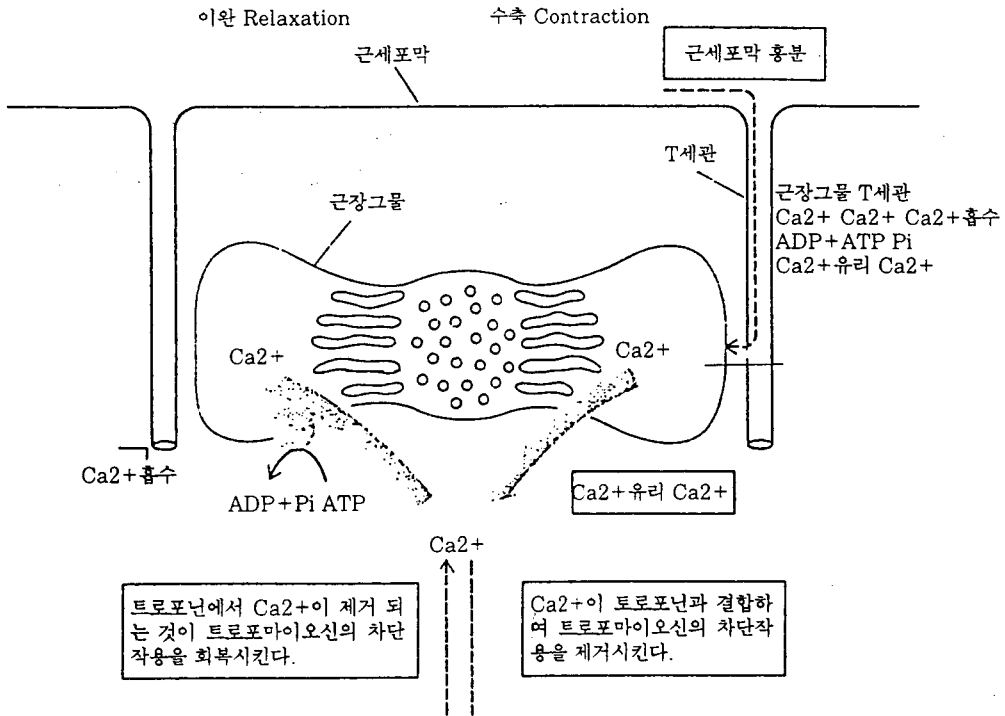
I띠는 가는 필라멘트만으로 구성되어 있고 Z선에 의해 나누어지며 A띠는 굵은 필라멘트로 구성되어 있고 양쪽 끝에서 가는 필라멘트와 겹친다. 굵은 필라멘트만 있는 부위가 H띠이고 하나의 근절은 Z선에서 다음 Z선까지 걸쳐있다. 그러므로 한쪽 I띠의 반이 한 근절을 이루고 반은 인접 근절을 이룬다.



〈그림〉 굵은 필라멘트에서 마이오신 분자의 방향 〈그림〉

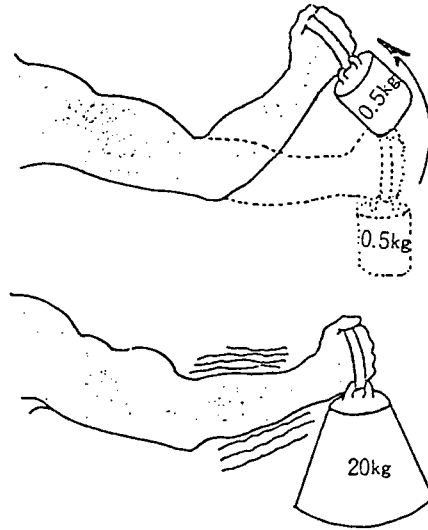
마이오신 분자의 head가 교차다리를 형성한다.

액틴 필라멘트는 F-actin의 두개의 나선형줄로 구성되어 있고 트로포마이오신분자가 actin줄 사이의 홈에 횡격재 자리잡고 있으며 트로포마이오신 분자의 한쪽끝에 트로포닌이 부착되어 있다.



〈그림〉 근육의 흥분-수축 연결에 있어 칼슘의 역할

칼슘이 없는 경우 트로포마이오신이 액틴의 교차다리 결합부위를 차단한다. 칼슘이 트로포닌과 결합하여 트로포마이오신이 한쪽으로 움직여 결합부위를 노출시킴으로써 마이오신이 액틴과 결합하도록 한다.



〈그림〉

위 : 등력성수축. 이두박근이 단축되어 추를 들어올린다.
 아래 : 등장성 수축. 이두박근이 힘을 발생하나 단축될 수 없어 추를 들어올릴수 없다.

2-1) 운동단위(Motor Unit)

골격근을 지배하는 뉴런의 수는 근섬유의 수보다 적다. 따라서 각각의 뉴런은 몇 개의 근섬유를 지배하기 위해 가지를 쳐야한다. 즉 하나의 뉴런과 그 뉴런이 지배하는 모든 근섬유를 운동단위라고 한다.

정교한 운동에 사용되는 근육(손) : 하나의 뉴런이 열둘 혹은 그 이하의 비교적 적은 수의 섬유를 지배함.

덜 정교한 운동에 사용되는 근육 : 하나의 뉴런이 수백개의 근섬유를 지배함

2-2) 신경, 근 접합(neuromuscular junction)

운동뉴런은 신경자극을 골격근으로 전도하여 골격근이 수축하도록 한다.

뉴런과 골격근세포는 이 때 신경, 근접합을 이룬다.

운동뉴런의 말단부위와 근육의 운동종판은 시냅스에서도 유사하게 틈을 두고 있어서 운동뉴런으로부터 흥분이 근섬유를 직접 자극하지 못하고 대신 흥분이 도달하면 신경전달물질인 아세틸콜린이 뉴런의 말단부로부터 유리된다. 아세틸콜린은 근세포막의 감수체와 결합하여 Na^+ K^+ 에 대한 막의 투과성을 증가시키고, 접합부위 근섬유의 탈분극이 일어난다.

2-3) 골격근 섬유의 흥분 수축 과정

1) 운동뉴런의 신경 흥분이 신경, 근 접합부에 도달하면 신경 말단으로부터 아세틸콜린이 유리

되어 근섬유 세포막에 있는 감수체와 결합한다.

- 2) 근세포막으로 과급된 활동전압은 T세관을 따라서 근섬유의 중심부분을 지나게 된다.
- 3) T세관을 따라 활동전압이 전도되면 근장그물의 terminal cisterna로부터 Ca^{++} 이 유리된다.
- 4) 근장내로 유리된 Ca^{++} 이 트로포닌과 결합한다.
- 5) 마이오신과 결합할 액틴의 부위를 덮고 있던 트로포마이오신이 이동되어 액틴이 있는 결합 부위를 노출시킨다.
- 6) 이때 고에너지 마이오신 head가 액틴과 결합한다.
- 7) 고 에너지 마이오신 head에 저장된 에너지를 이용하여 마이오신 head가 움직여 가는 필라멘트를 당기게 된다.
- 8) ATP가 마이오신 head와 결합하면 마이오신이 액틴과 분리된다.
- 9) ATP는 ADP와 인산으로 분해되고 고에너지 마이오신이 다시 생성됨으로써 위의 단계가 반복된다.
- 10) Ca^{++} 은 근장그물의 terminal cisterna로 능동이동에 의해 되돌아간다.
- 11) 트로포마이오신은 원래의 위치로 되돌아가고 고에너지 마이오신과 액틴의 상호작용이 끝난다.
- 12) 근수축은 멈추고 근섬유는 이완된다.

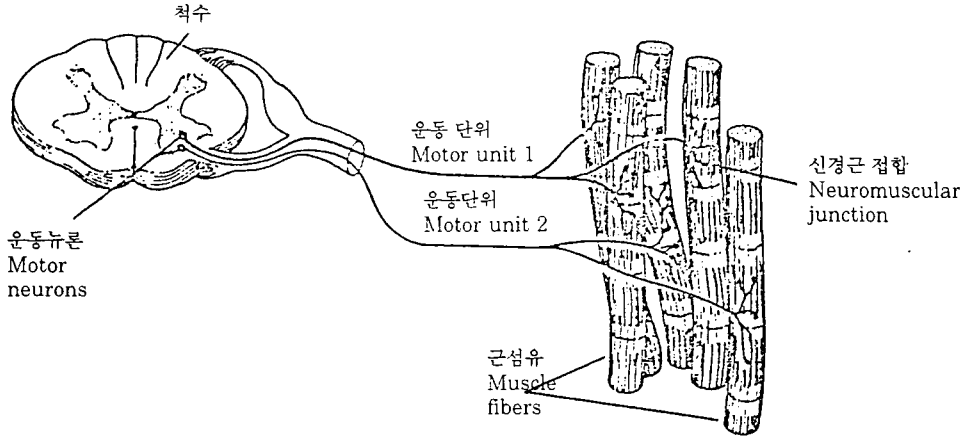
3. 근수축의 특성

1) 연축(twitch)

근 섬유에 전기 자극을 가하면 근 섬유는 한 번 빠르게 수축하고 이완하는데 이것은 연축이라고 함. 잠복기, 수축기, 이완기의 3가지 단계로 구분할 수 있음.

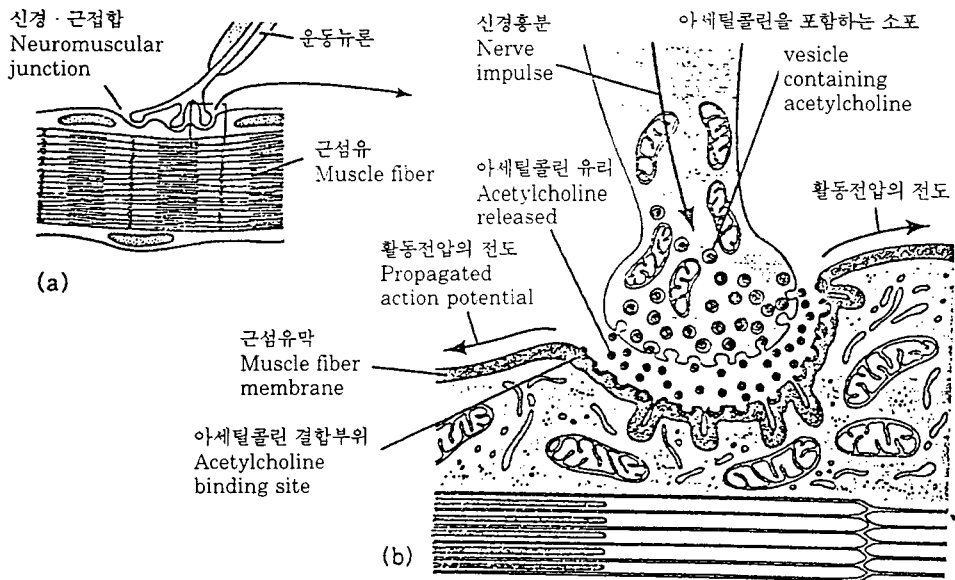
2) 강축

근육에 짧은 시간 간격으로 반복하여 자극을 가하면 연축 때보다 큰 힘을 나타내고 지속적인 수축을 일으키는데 이것을 강축이라 함.



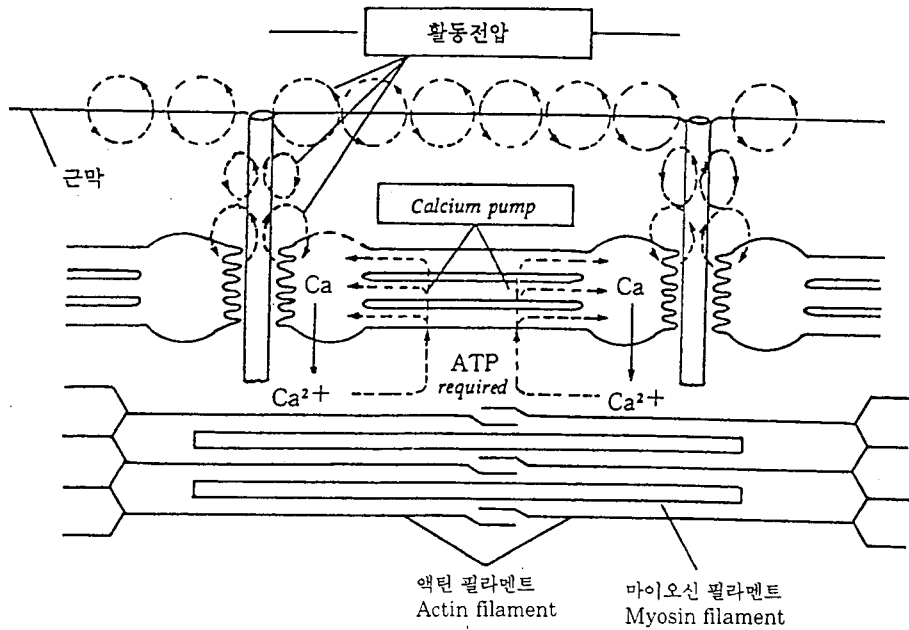
〈그림 5-10〉 근육의 운동단위

운동단위는 운동뉴런과 운동뉴런이 지배하는 근섬유로 구성된다.



〈그림 5-11〉 신경·근접합

- (a) 신경·근접합의 구조를 나타내는 모식도
- (b) 신경·근 접합부위에서 발생하는 신경흥분이 운동뉴런의 말단에 도달하면 아세틸콜린이 유리된다. 아세틸콜린이 근섬유막의 감수체와 결합하면 Na^+ , K^+ 의 막투과성을 변화시키고 활동전압이 근세포막으로 전도된다.



〈그림 5-13〉 근육의 흥분-수축 연결

흥분이 근장그물에서 Ca^{2+} 이 유리되도록 하고 이후 Ca^{2+} 펌프에 의해 Ca^{2+} 이온이 재흡수된다.

3) 가중

첫번째 수축 후 완전히 이완되기 전에 자극을 받아 두 번째 수축이 가능하고 두 번째 수축이 완전히 이완되기 전에 세 번째 자극을 받아 수축이 반복될 수 있는데 이와같이 개개연축이 합하여지는 것을 가중이라함. 이 때 수축주기에서 최고장력과 개개연축후에 남은 수축크기가 모두 증가되어 있는 것을 볼 수 있음.

4) 근섬유의 길이에 따른 근장력의 발생

근수축으로 인하여 발생하는 장력의 크기는 그 근이 자극되기 전의 길이에 비례한다.

가장 큰 장력을 발생시키는 가장 알맞는 길이 : 근의 안정시의 길이

5) 부하와 근수축 속도

근육에 부하되는 짐이 크면 클수록 근수축 속도는 느려진다.

적은양의 짐 : 근수축의 속도가 빠름

부하된 짐의 증가 : 수축하는 속도가 감소되다가 그 짐이 무거울 때는 짧아지는 속도가 영이 됨.

4. 근수축의 에너지원

1) 경한 운동, 중등도 운동시 : ATP는 호기성 반응에 의해 생성되며 주로 산화인산화 반응을

통해 생성됨(aerobic process)

2) 격심한 운동기간 : 많은 근육섬유에 산소가 충분히 공급될 수 없고 산화대사로는 수축에 요구되는 모든 ATP를 생성할 수 없으므로 혐기성 과정에 의해 생성된다. 이 때 젖산이 형성되어 혈액으로 확산되어(근육의 pH가 산성이 되도록하여 효소활동을 저하시킴) 피로감을 느끼게 됨

3) Creatine phosphate : 근 수축시 공급되는 것보다 더 많은 양의 ATP를 소모하게 되면 근섬유는 creatine phosphate에서 phosphate를 받아 ADP에서 ATP를 신속하게 합성할 수 있다.

즉 호기성 과정에 의해 ATP를 계속 생산하기 전까지는 이러한 반응에 의해 세포내 ATP를 일정하게 유지한다.

5. 산소부채

운동시 부족했던 산소를 운동이 끝나고 휴식기간동안 보충하게 되는데 부족했던 산소를 산소부채라 함. 아래의 두가지 이유에 의해 산소가 필요함

1) 격심한 근육활동이 멈춘 후에도 호기성 과정에 의해 그 동안 소모한 creatine phosphate의 재합성을 위해 ATP를 공급해야만 하는데 이 때 산소가 필요함

2) 운동기간 중 생성된 젖산은 산소를 공급받아 간에서 포도당으로 다시 전환될 수 있는데 운동이 끝난 후에도 깊고 빠른 호흡이 지속되어 이루어질 수 있다.

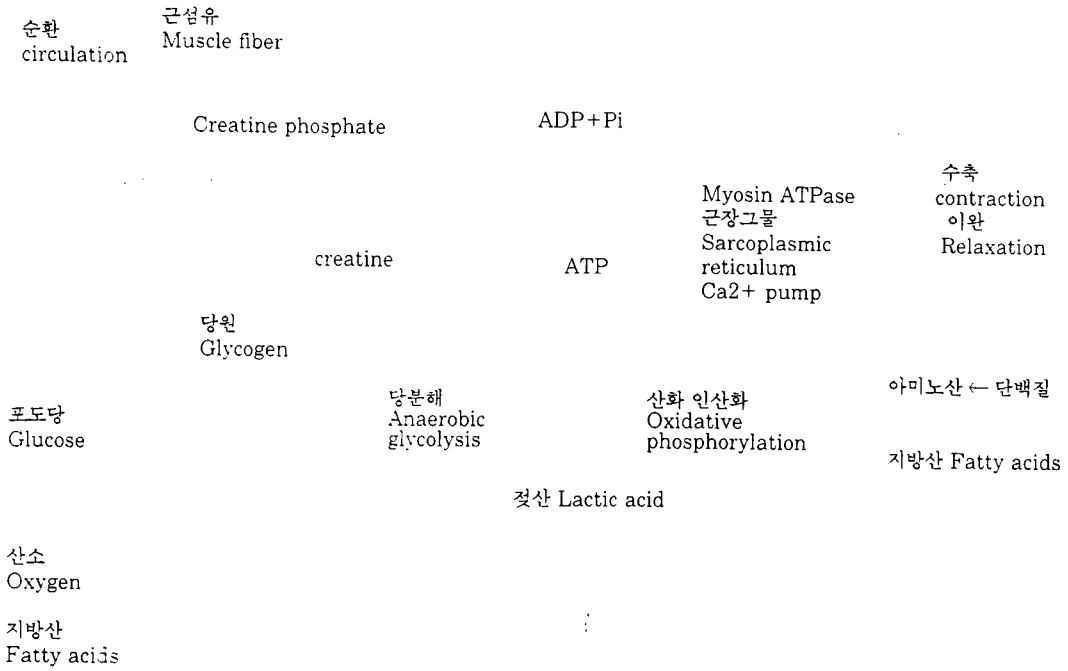
장력 Tension(g)

자극 연속 Twitch

가중 Summation

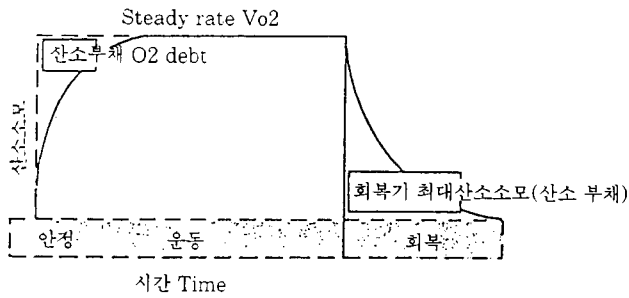
불완전강축 Incomplete tetanus 완전 강축 Complete tetanus

〈그림〉 가중과 강축

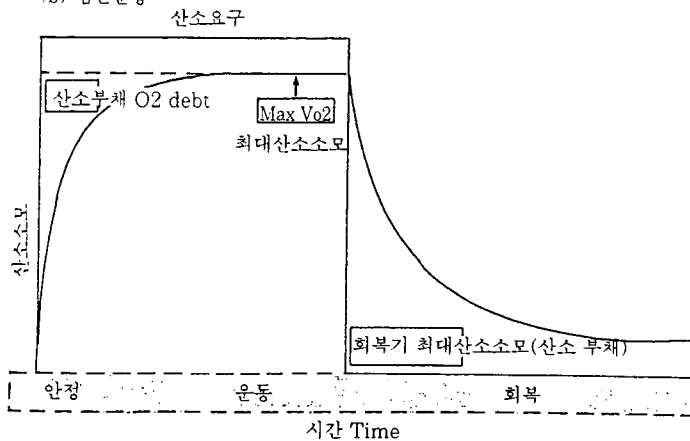


〈그림 5-21〉 근수축시 이용되는 ATP를 생성하는 대사로

(a) 경한운동에서 중정도의 운동



(b) 힘든운동



〈그림 5-22〉