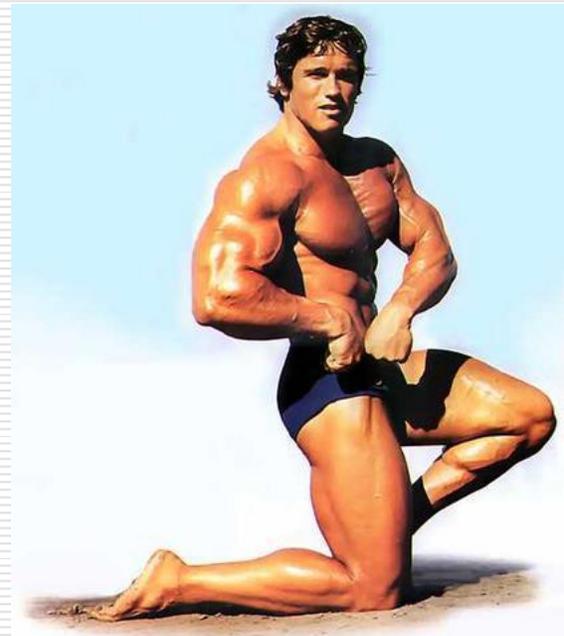


肌组织 (Muscle Tissue)

周莉教授
吉林大学白求恩医学院
组织胚胎学教研室



组成：肌细胞，其间有少量结缔组织。

肌纤维（**muscle fiber**）肌膜(**sarcolemma**)

肌质(**sarcoplasma**) 肌质网(**sarcoplasmic reticulum**)

肌丝（**myofilament**）

分类：骨骼肌、心肌和平滑肌

横纹肌

随意肌和不随意肌

一、骨骼肌(Skeletal muscle)

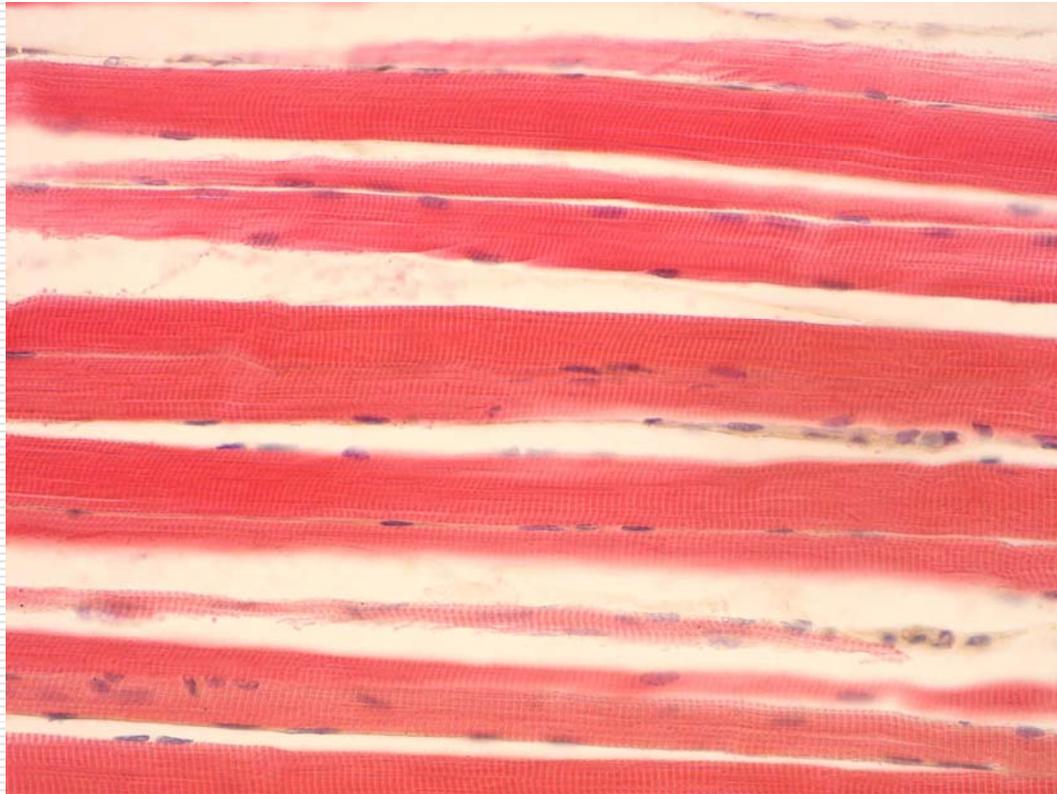
(一) 骨骼肌纤维的一般结构

LM: 细长圆柱形，长度为 1 ~ 40mm，多核，扁椭圆形，染色较淡，核仁清楚，核位于肌膜下方。

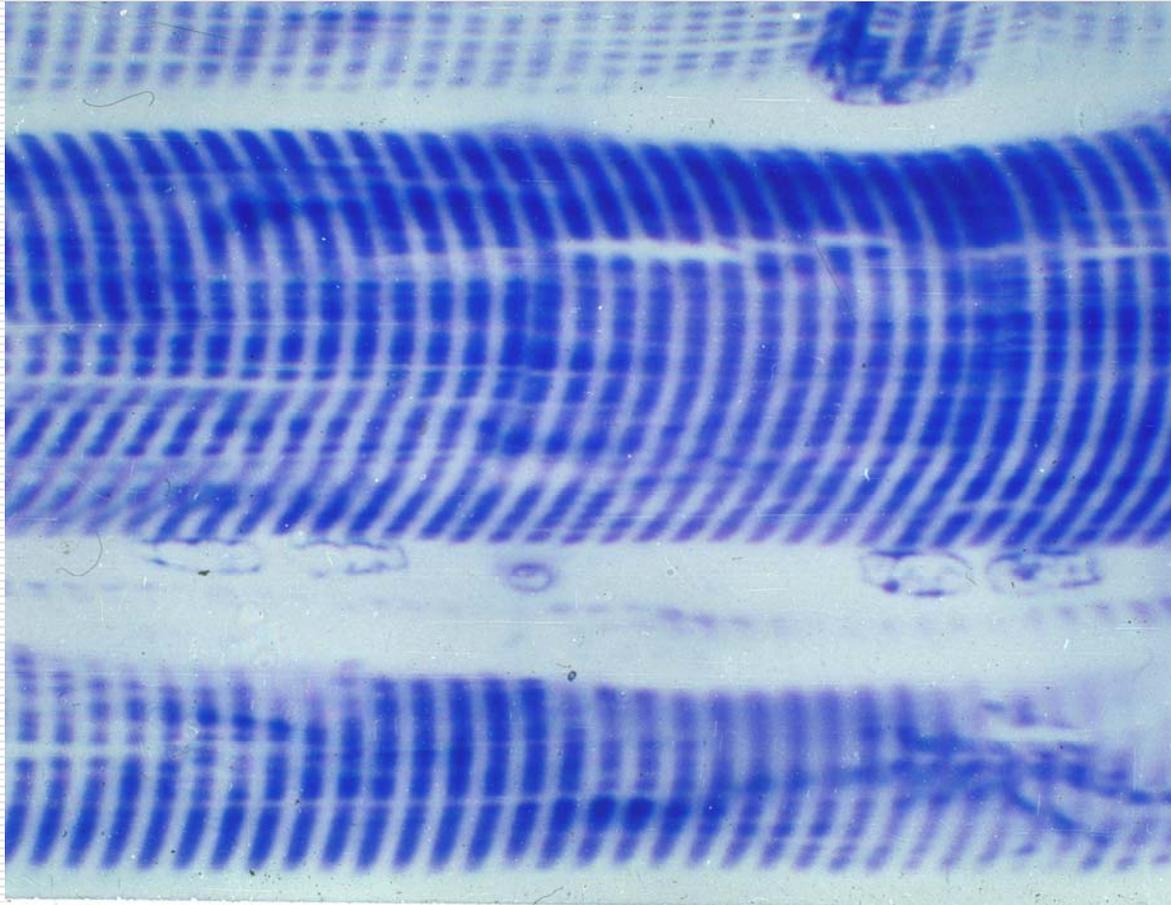
在肌质中有细丝状的肌原纤维（myofibril）与其长径平行排列，每条肌原纤维由许多明暗相间的带组成，呈现明、暗相间的横纹。

基膜和肌卫星细胞（位于肌细胞和基膜之间）可分裂增殖，参与再生。

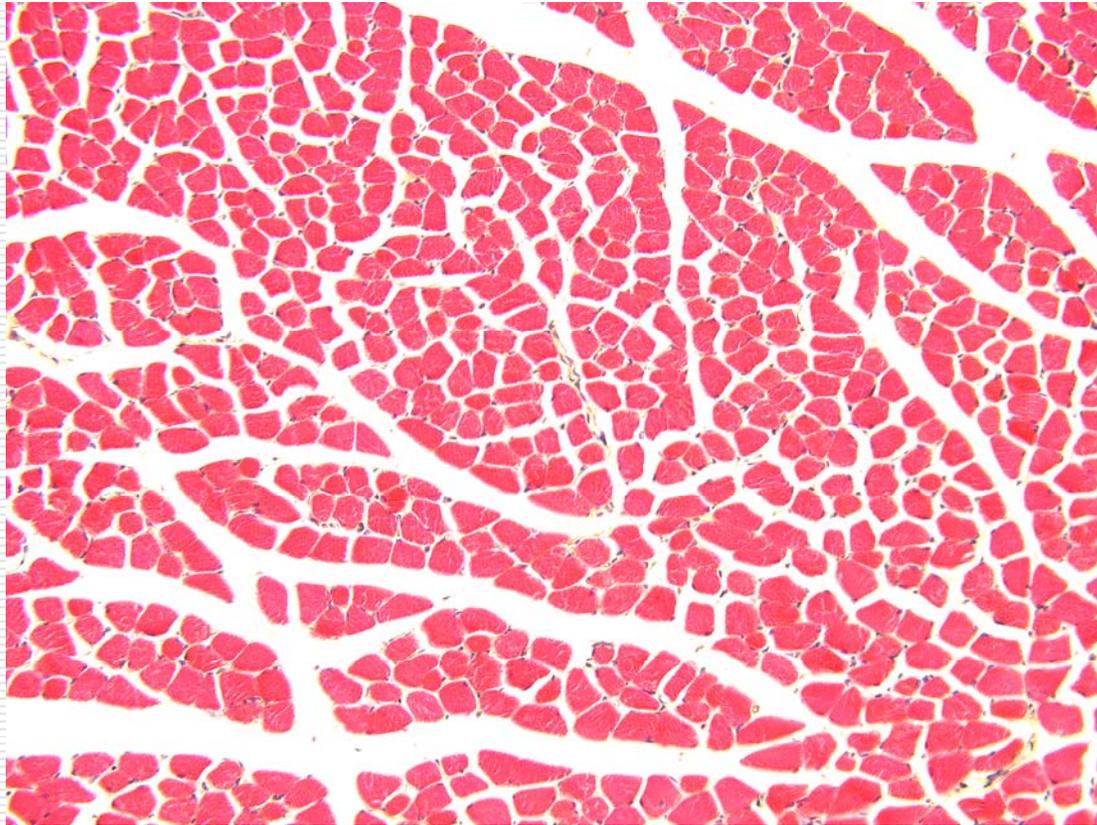
骨骼肌纵切面 (LM)



骨骼肌纵切面（特殊染色）



骨骼肌纤维横断面 (LM)



(二) 骨骼肌纤维的超微结构

1. 肌原纤维 (myofibril)

明带 (light band), 又称 I 带 (Isotropic)。

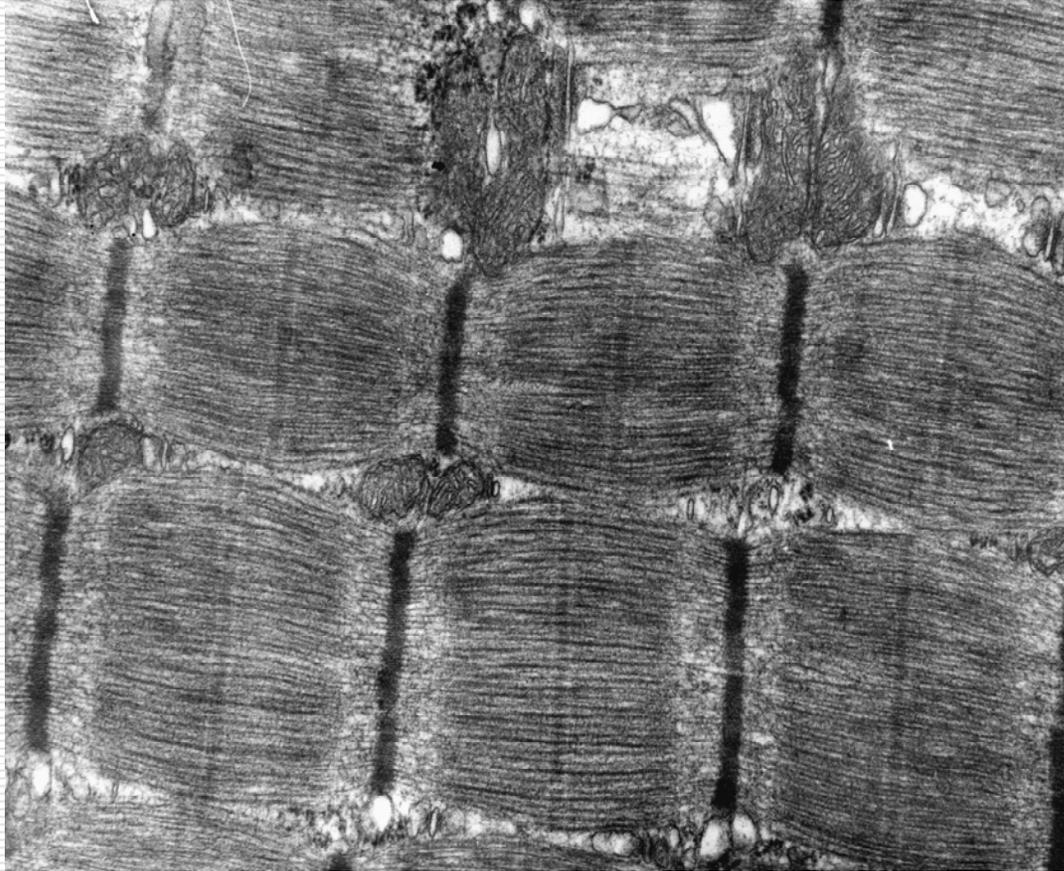
Z 线: 在明带中央可见一条暗线, 是一薄膜, 称 Z 线或 Z 膜

暗带 (dark band) 又称 A 带 (Anisotropic)。

H 带: 暗带中央有一较明的窄带, 称 H 带

M 线: H 带的中央仍有一条深色的暗线, 是一薄膜, 称 M 线或 M 膜

骨骼肌纤维 (TEM)

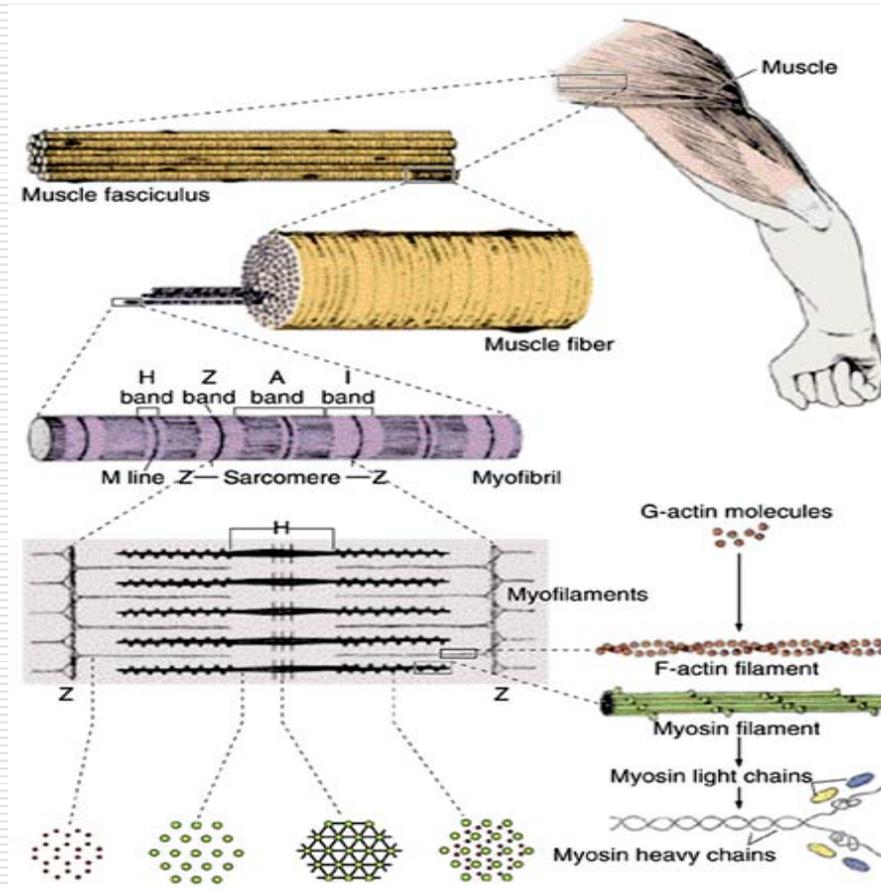


肌节(sarcomere)

- 相邻两个 Z 膜之间的一段肌原纤维称为一个肌节，一个肌节包括有 $1/2$ 明带 + 暗带 + $1/2$ 明带，肌节是肌纤维结构和功能的基本单位。
 - 电镜下，肌原纤维由粗、细两种肌丝构成，两种肌丝沿肌纤维长轴互相穿插平行排列。粗肌丝位于肌节的中部，贯穿 A 带全长，中间有 M 膜起固定作用，两端游离。
-

-
- 细肌丝一端附在Z膜上，另一端游离，并伸到粗肌丝之间，达H带外缘。所以明带只含细肌丝，H带只含粗肌丝，H带以外的暗带部分是由粗、细两种肌丝组成。
-

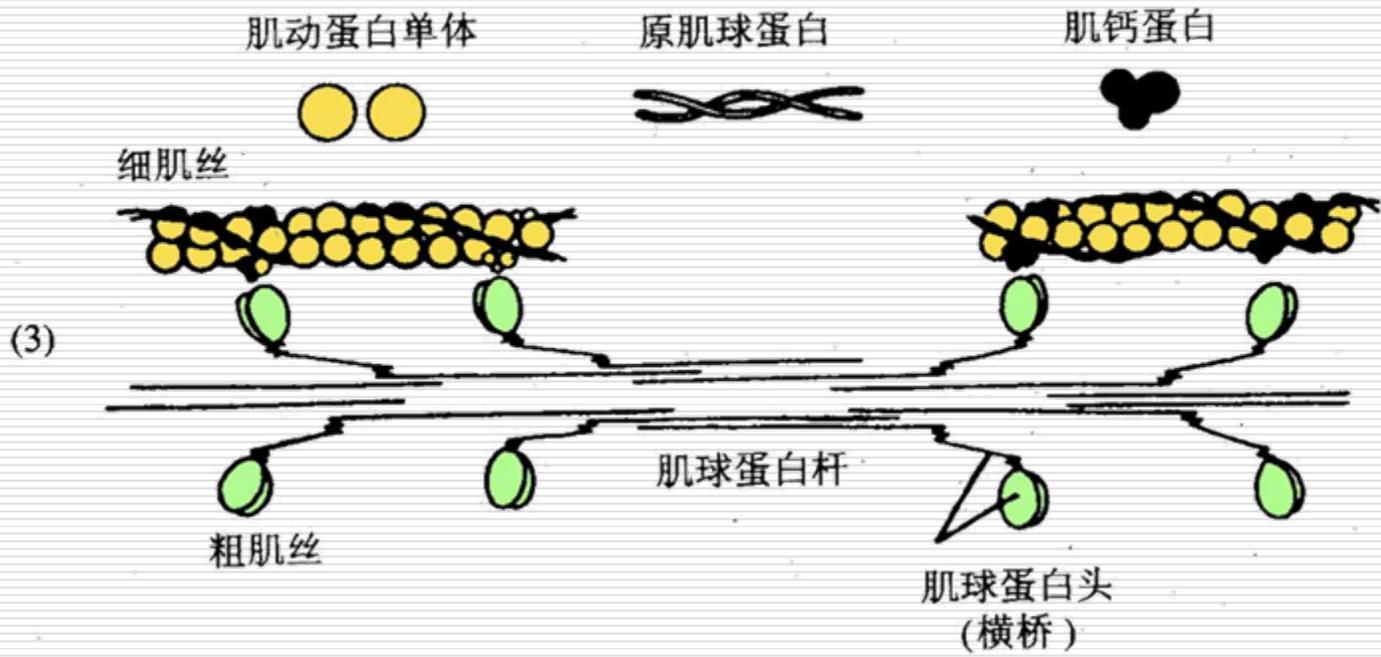
肌纤维的超微结构和分子结构



(1) 粗肌丝 (**thick myofilament**)

- 由肌球蛋白 (myosin) 分子集合而成。
 - 许多肌球蛋白分子平行排列，集合成束。
 - 横桥 (cross bridge)：头都朝向粗肌丝的两端并露于表面。
 - 肌球蛋白分子头具有 A T P 酶活性，它能结合 A T P，并有与肌动蛋白相结合的位点。（在肌纤维舒张状态时，A T P 酶无活性）
-

粗肌丝（肌球蛋白）

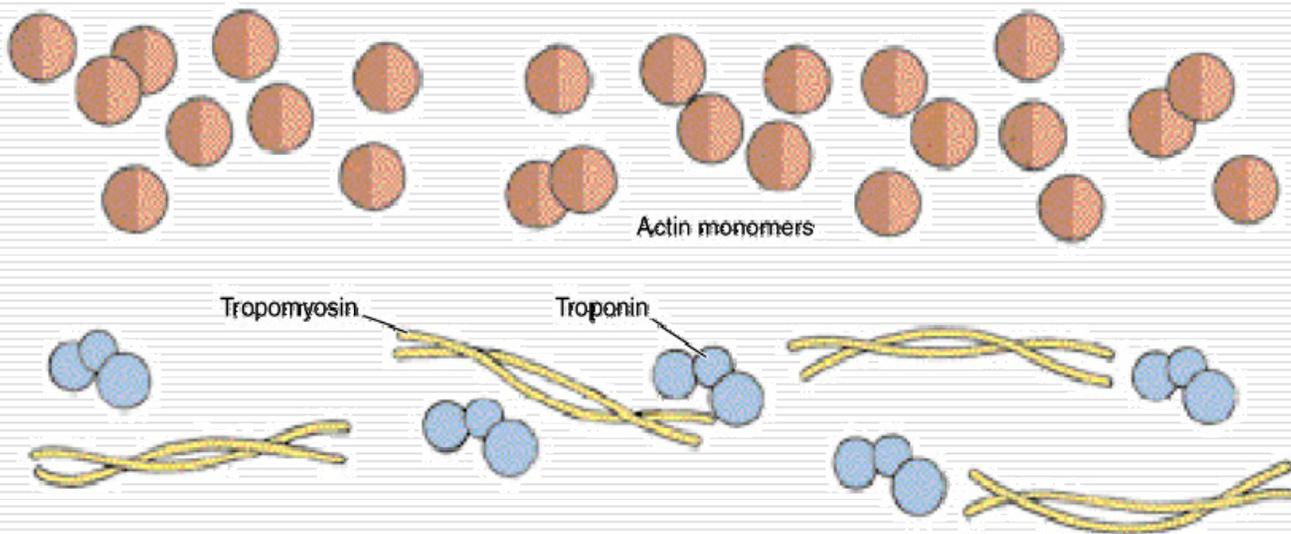


(2) 细肌丝 (**thin myofilament**)

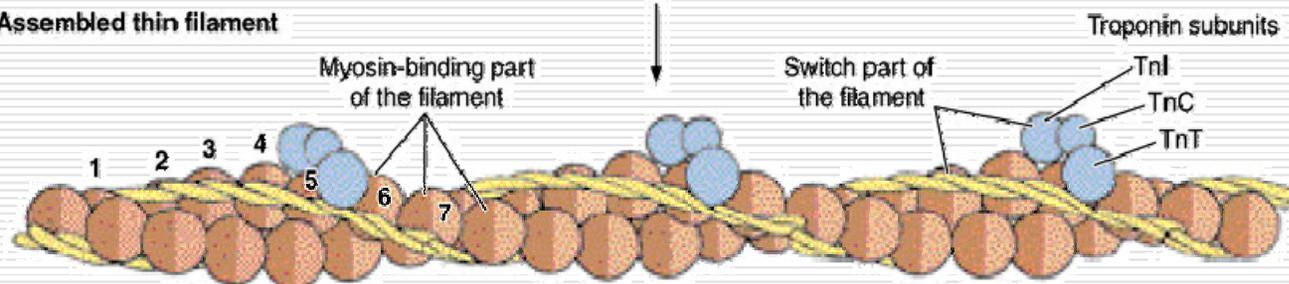
- 由三种蛋白组成，即肌动蛋白、原肌球蛋白和肌钙蛋白
 - 肌动蛋白 (actin)：由两列球形肌动蛋白单体互相连接，形成有极性的肌动蛋白链。两条链成螺旋状相互绞合在一起，形成纤维型肌动蛋白，构成细丝的主要部分。在每一球形肌动蛋白单体上，也有一个能与肌球蛋白互相结合的位点。
-

细肌丝的分子结构

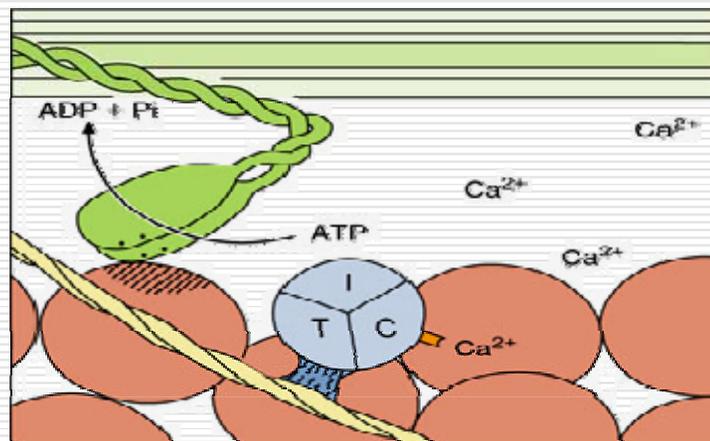
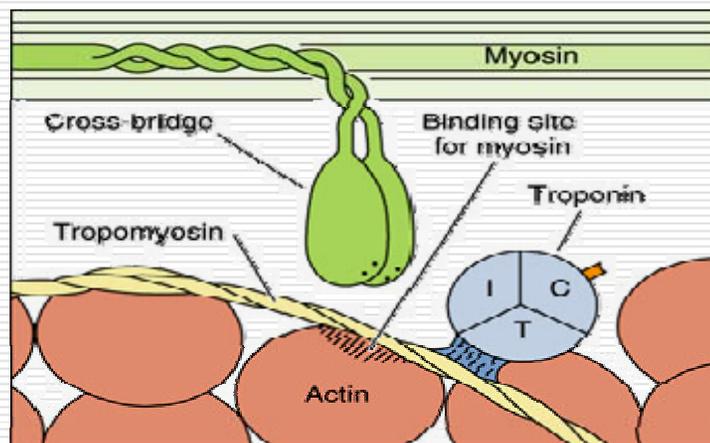
Disassembled components of the thin filament



Assembled thin filament



骨骼肌纤维收缩原理示意图

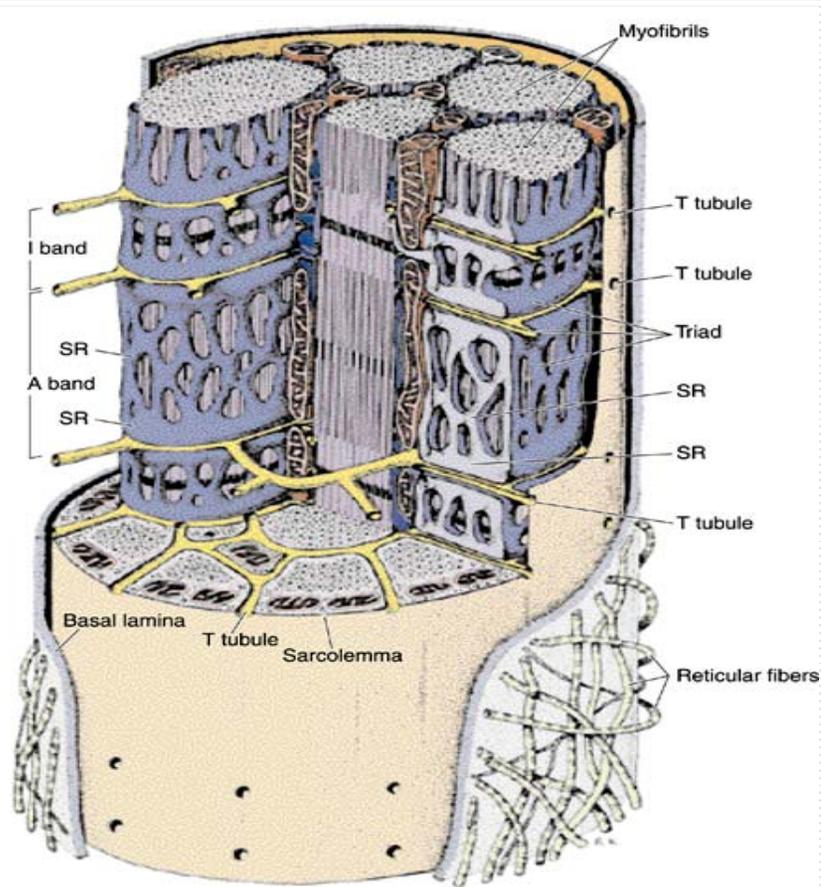


-
- 原肌球蛋白：分子细长呈丝状，由两个多肽链相互缠扭而形成的双股螺旋状分子。原肌球蛋白之间首尾相连，位于肌动蛋白两股螺旋链所形成的浅沟附近。
 - 肌钙蛋白：由三个球状亚单位构成：①肌钙蛋白C亚单位，Ca²⁺离子受体蛋白；②肌钙蛋白T亚单位，能与原肌球蛋白相结合；③肌钙蛋白I亚单位，能抑制肌动蛋白与肌球蛋白相结合的亚单位。
-

2. 肌膜和横小管(transverse tubule)

- 简称T小管，肌膜垂直于肌纤维长轴的方向陷入细胞内，形成小管，并环绕在每条肌原纤维的表面。人的横小管位于明暗带交界处。
 - 在每条肌纤维内，同一平面上的横小管互相连通，并在肌膜表面有许多开口。来自神经末梢运动终板的神经冲动，通过横小管传入肌细胞内，引起肌纤维收缩。
-

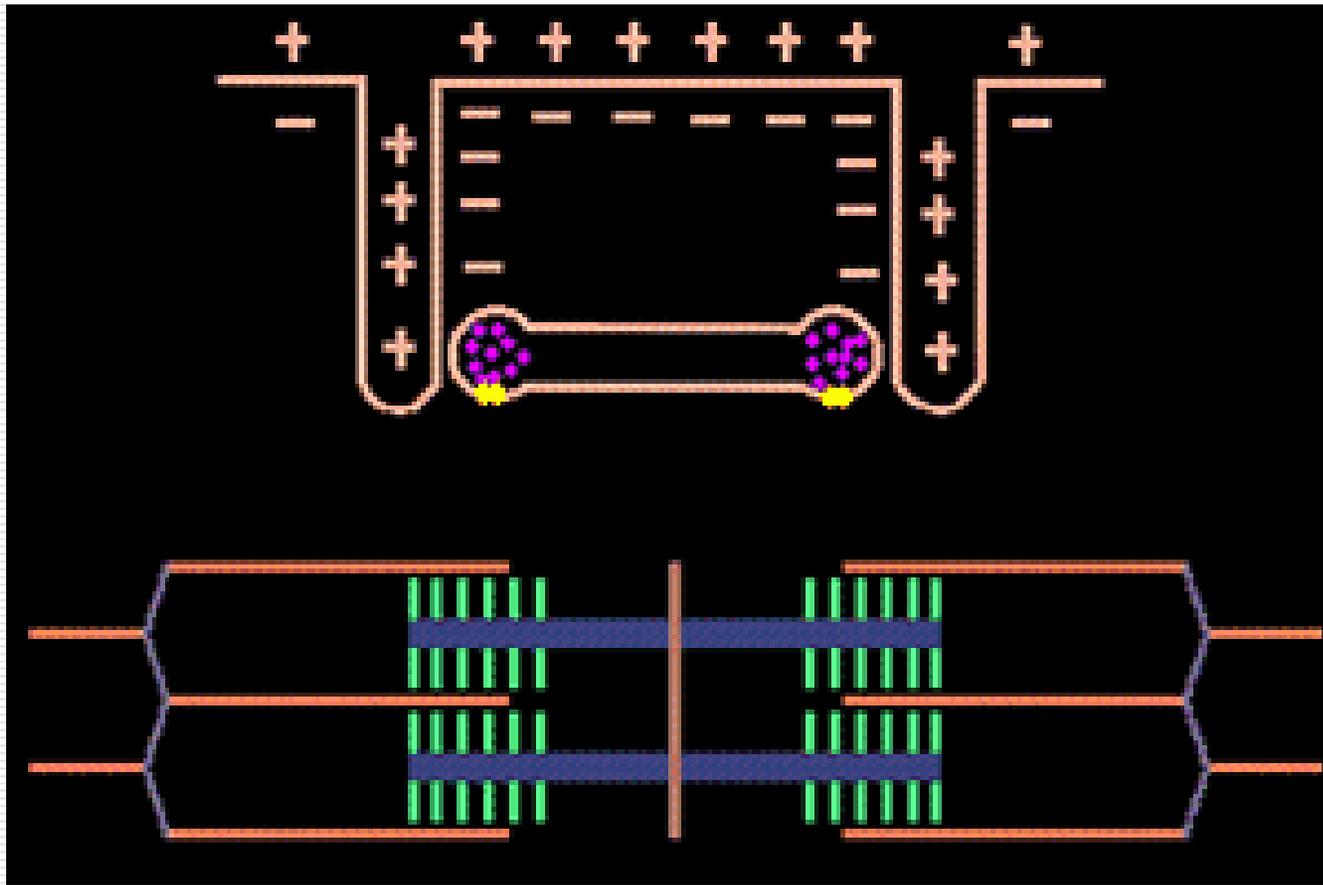
骨骼肌纤维超微结构立体模式图



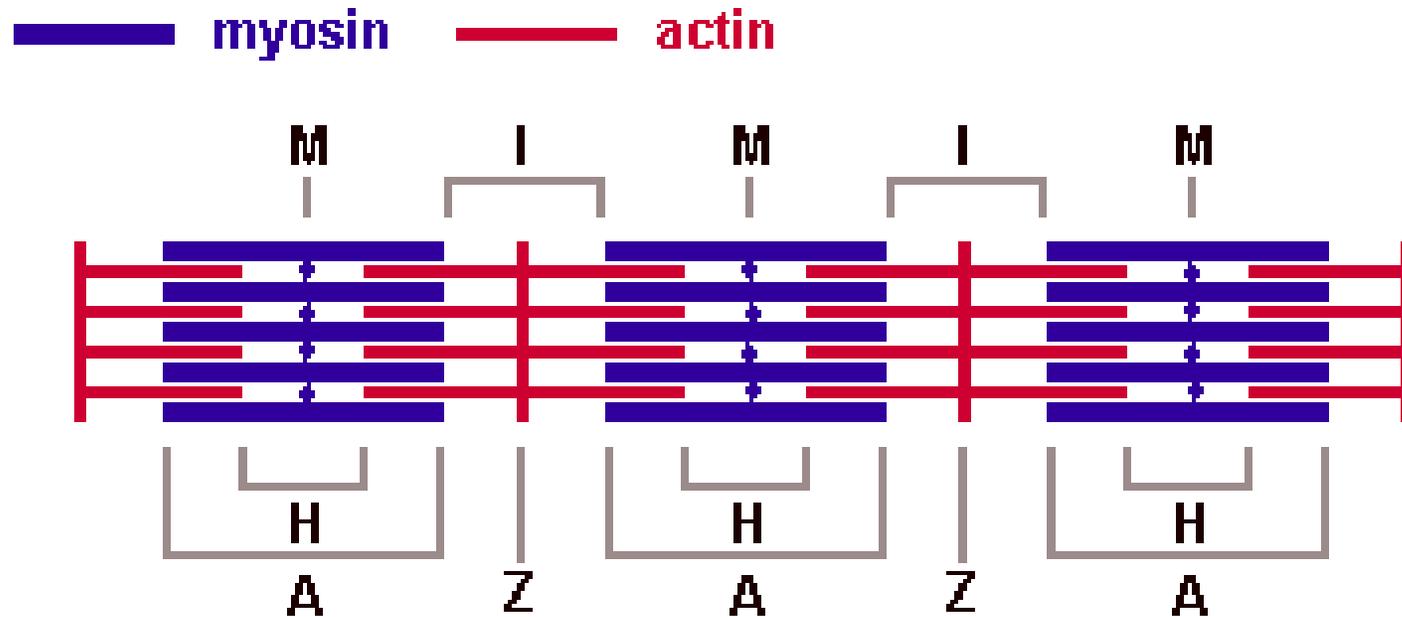
3. 肌浆网（Sarcoplasmic tubule）

- 简称L小管，是肌纤维内的滑面内质网。在相邻两个横小管之间形成互相通连的小管网，包绕在每条肌原纤维的周围，大部分走行方向与肌纤维的长轴一致，故称纵小管。
 - 终池（**terminal cisterna**）纵小管末端膨大并互相通连，形成与横小管平行并紧密相贴的盲管，称为终池。储钙功能。
 - 三联体（**triad**）横小管和两侧的终池，共同形成三联体。
-

横小管和肌浆网的功能



肌节收缩过程



Bands and lines in the contractile apparatus of skeletal muscle

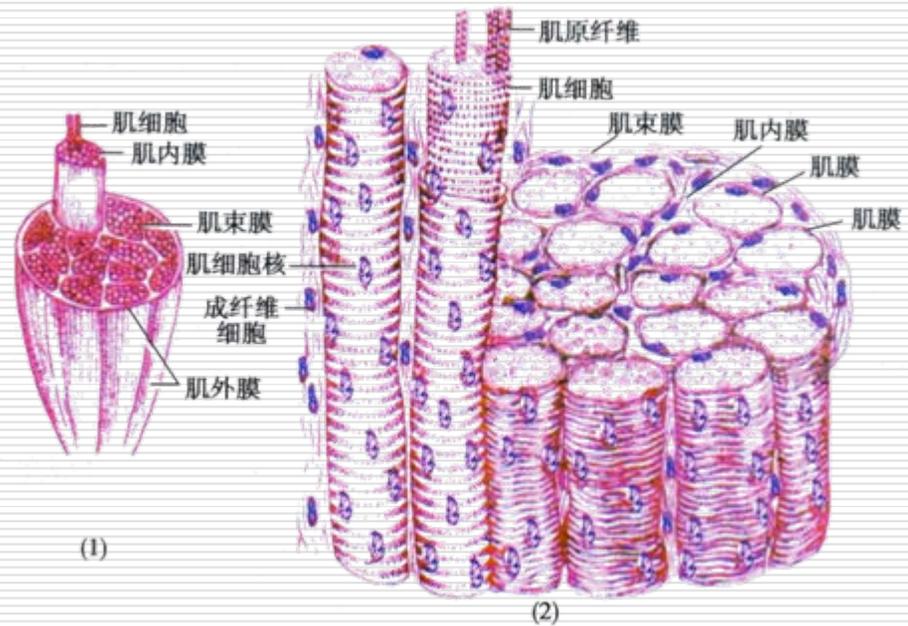
-
- 肌质内有丰富的线粒体，分布于肌膜下和肌原纤维之间；
 - 肌红蛋白(myoglobin)，结构近似血红蛋白，能与氧结合，有储存氧的作用；
 - 糖原颗粒和少量脂滴。
-

(三) 肌肉的构造

肌内膜

肌束膜

肌外膜



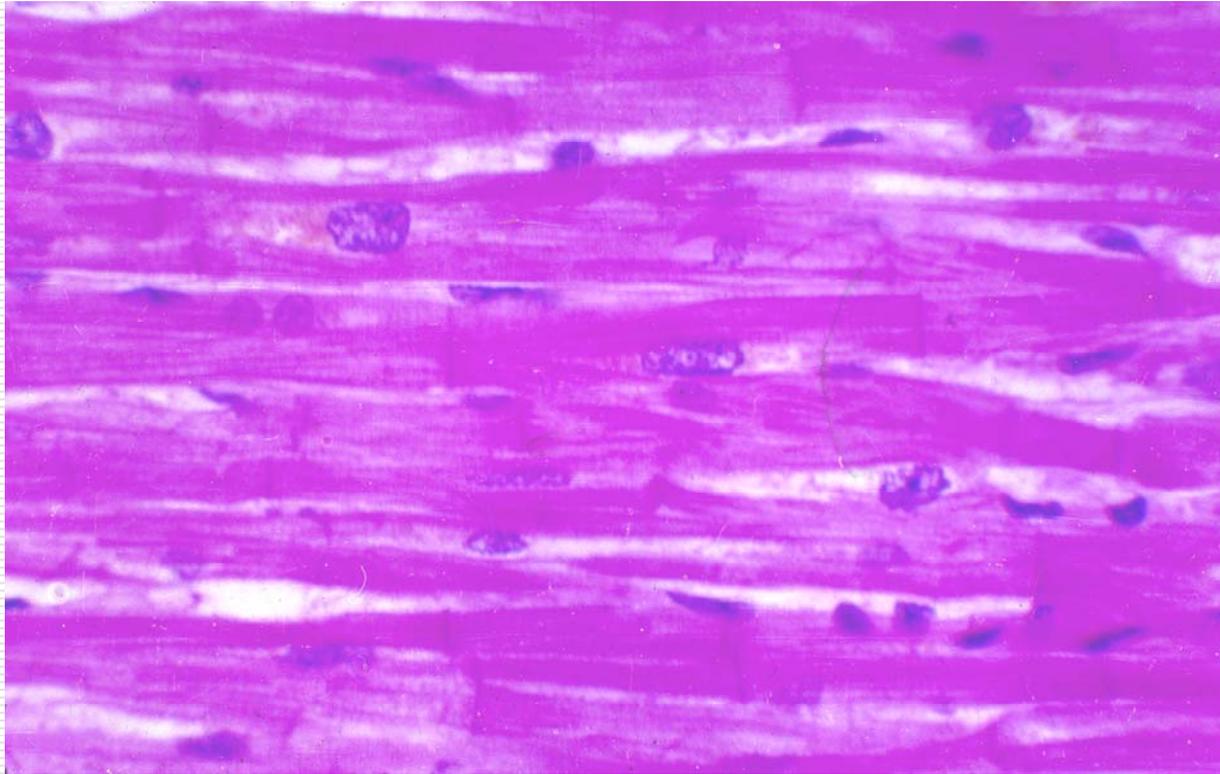
二、心肌 (Cardiac muscle)

(一) 心肌纤维的一般结构

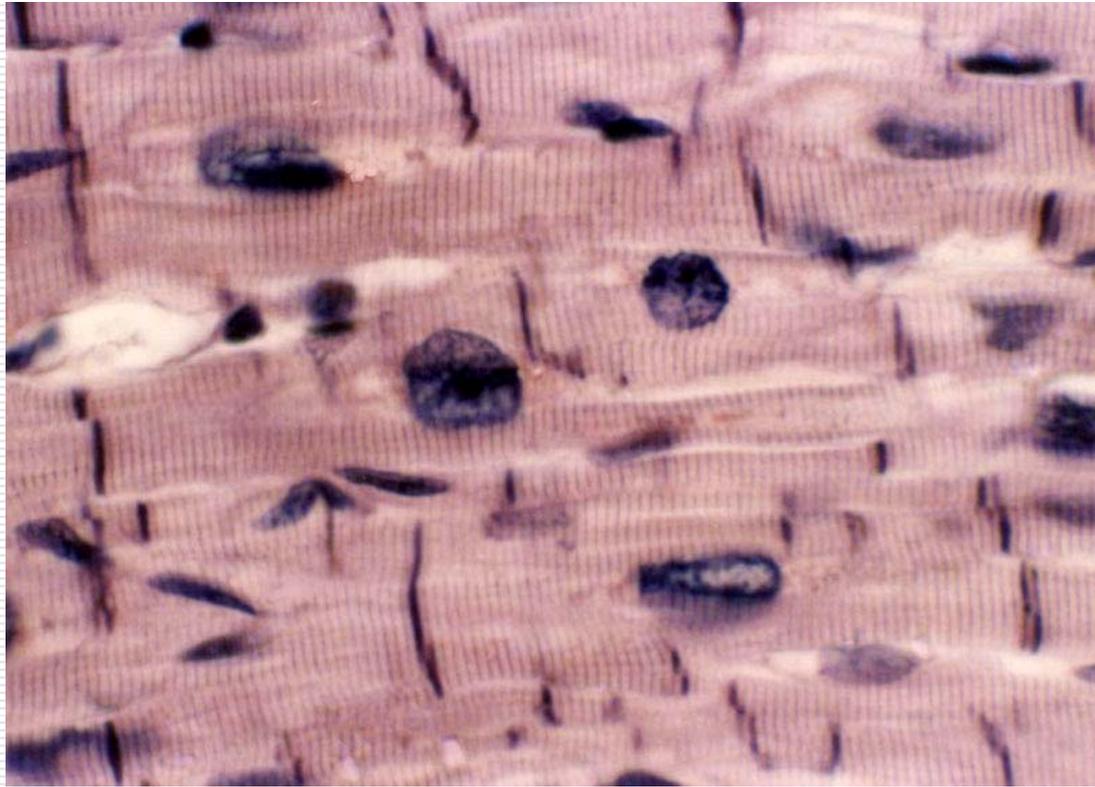
LM: 心肌主要由心肌纤维构成，呈短圆柱状，有分支，并互相连接成网。细胞核多为一个，位于中央，肌丝较少，分布于周边，故中央着色浅。心肌纤维之间毛细血管丰富。

- 闰盘(**intercalated disk**)两条心肌纤维相连处称为闰盘，呈深染的阶梯状线条。
-

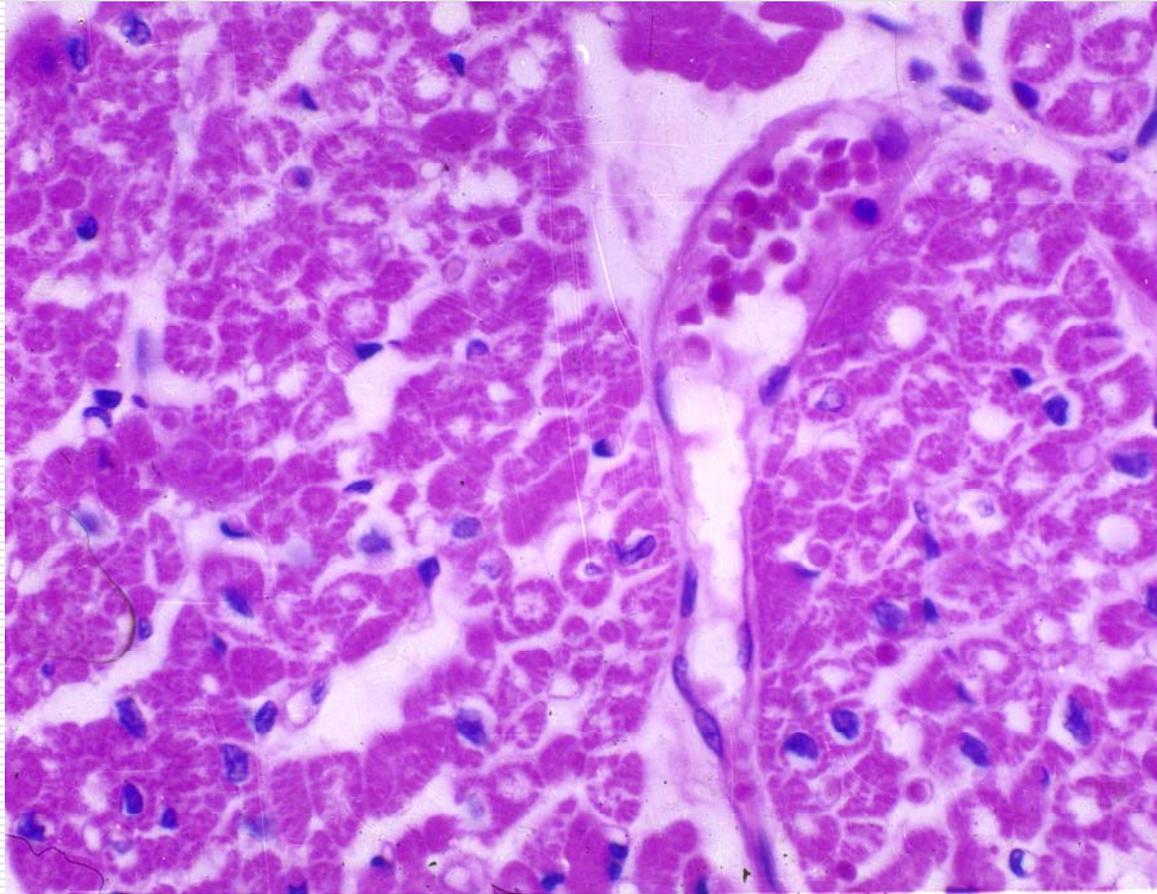
心肌纤维纵切面 (LM)



心肌纤维（Hemalum 染色）



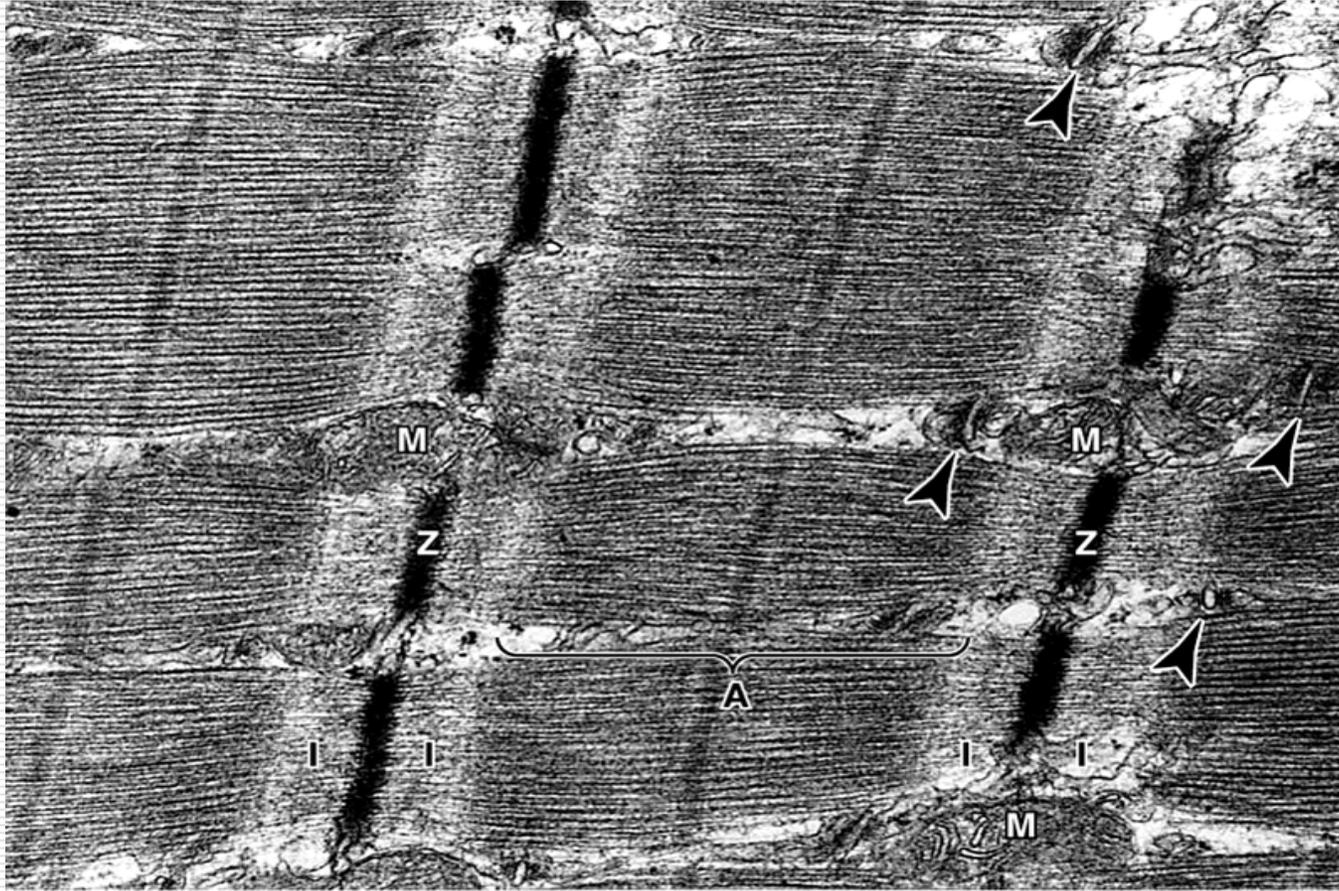
心肌纤维横断面 (LM)



（二）心肌纤维的超微结构

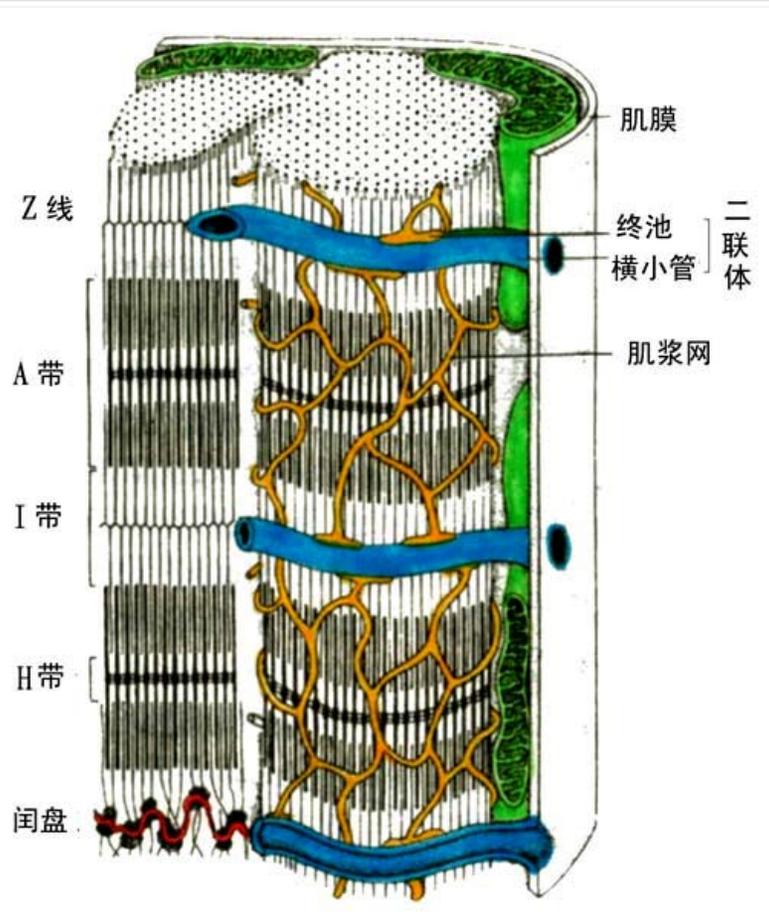
- 与骨骼肌相似，也有规则排列的粗肌丝和细肌丝，并构成肌节，心肌纤维和骨骼肌纤维在超微结构上的主要不同点：
 1. 心肌纤维内的肌丝排列 无明显的肌原纤维，而是由大量的线粒体、横小管和肌浆网等将肌丝分隔成大小不等的肌丝束。
-

心肌纤维 (TEM)

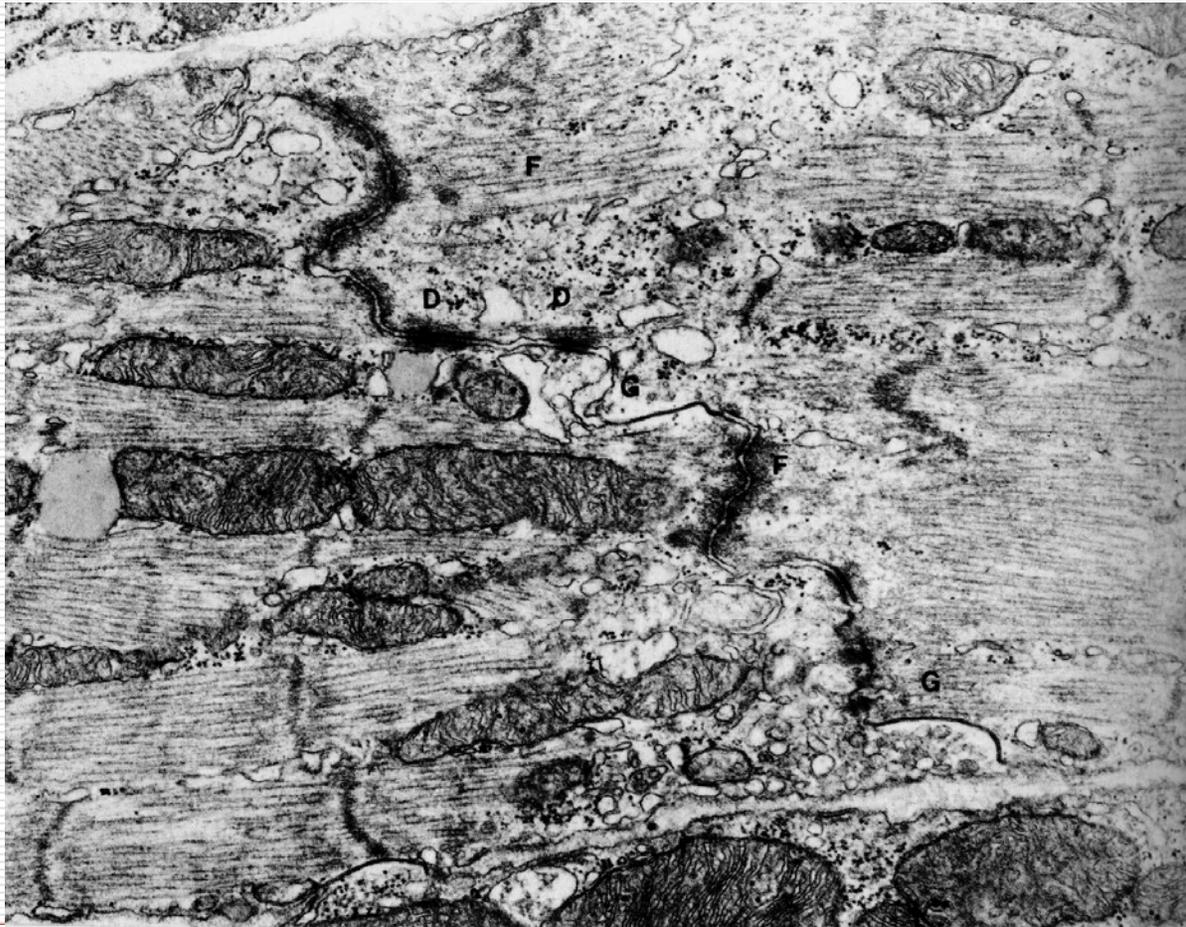


-
2. 横小管与纵小管：横小管口径较粗，位置相当于Z膜水平。纵小管不如骨骼肌发达，末端不形成膨大的终池。而是略膨大常在一侧盲端与横小管相贴形成二联体（**diad**），极少有三联体。
 3. 闰盘：相邻的心肌细胞各伸出许多突起，相嵌连接在一起，切面上呈阶梯状，
-

心肌纤维超微结构模式图



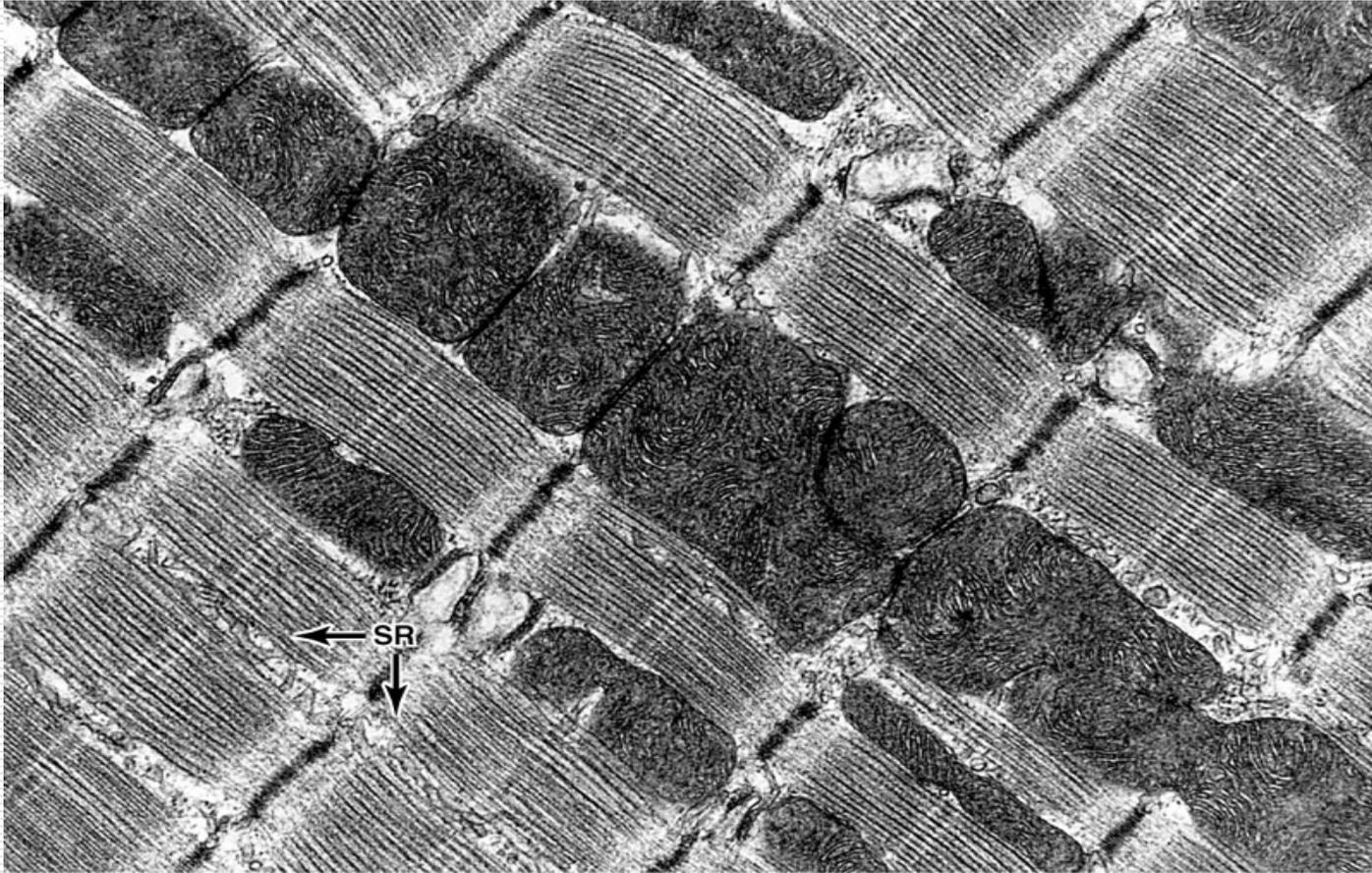
闰盘 (TEM)



横位部分，中间连接和桥粒，起牢固结合作用；纵位部分，缝隙连接，心肌细胞间交换化学信息，并传递神经冲动，使整个心肌成为功能上的统一体。

4. 线粒体 在肌丝束、肌膜下或核的周围。
线粒体的嵴非常密集；丰富的糖原颗粒。
-

心肌纤维中线粒体 (TEM)



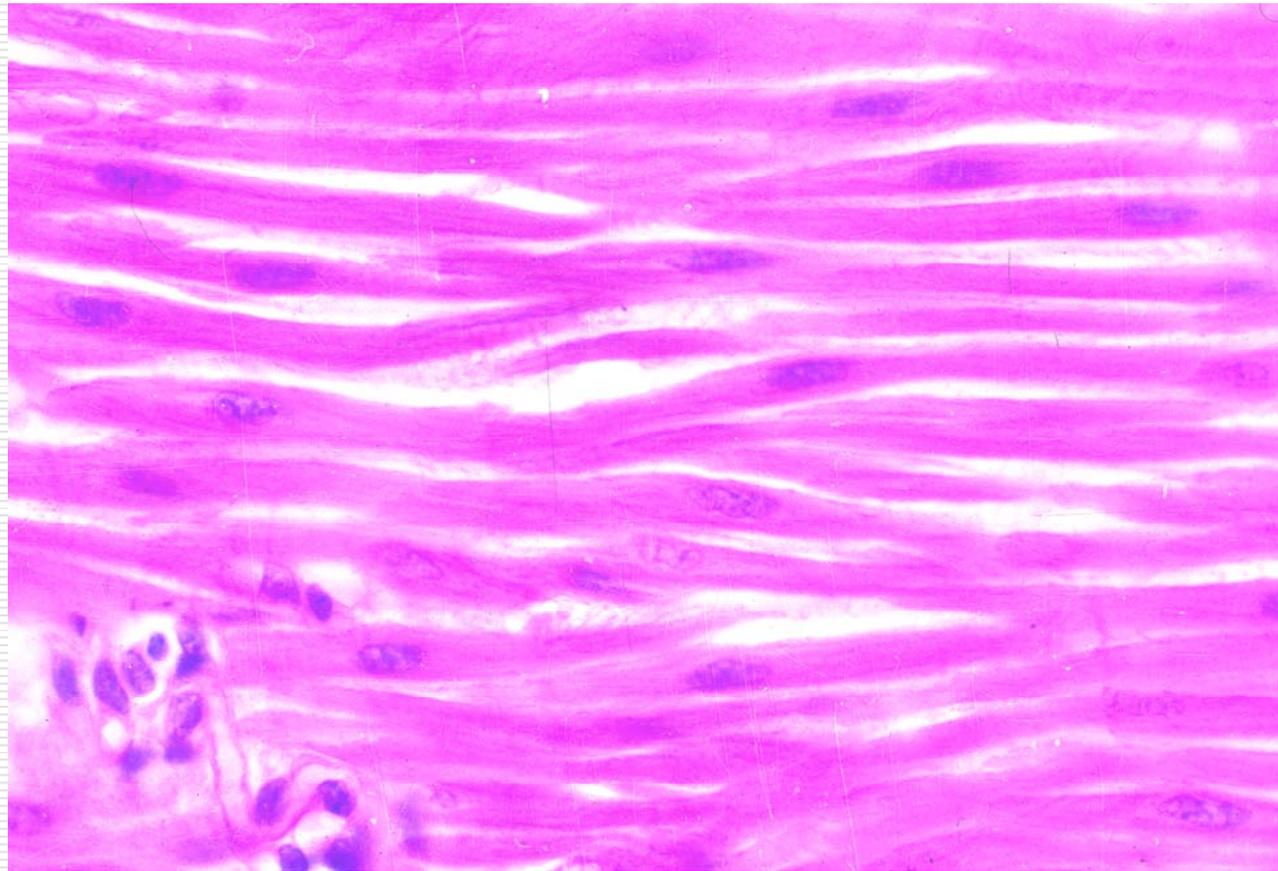
三、平滑肌 (smooth muscle)

- 平滑肌主要由平滑肌纤维构成。分布于一些内脏器官，常组成平滑肌束或层。

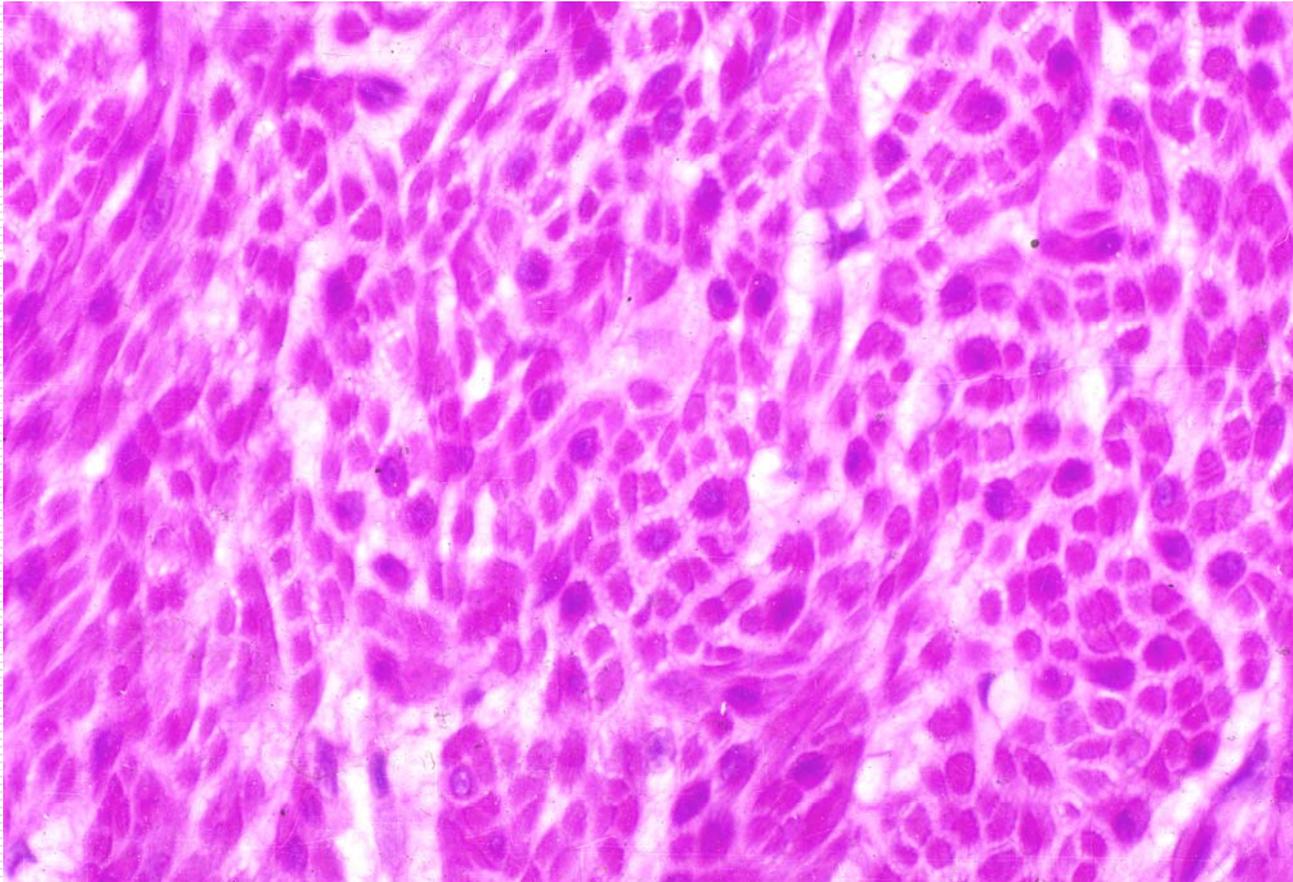
(一) 平滑肌纤维的一般结构

LM: 呈长梭形，其长短不一，一个核，位于肌纤维中央，椭圆形或长杆状，着色较深，可见1~2个核仁。当纤维收缩时，核常呈螺旋状扭曲。胞质嗜酸性，染色较深，不见横纹。

平滑肌纤维纵切面 (LM)



平滑肌纤维横断面 (LEM)



(二) 平滑肌纤维的超微结构

TEM: ①密斑：膜内面许多电子密度高的区域，相当于骨骼肌纤维的Z膜，其上附有细肌丝。

②密体：在细胞内还有电子密度高的不规则小体。从密斑到密体之间有中间丝附着，它是细胞内骨架。

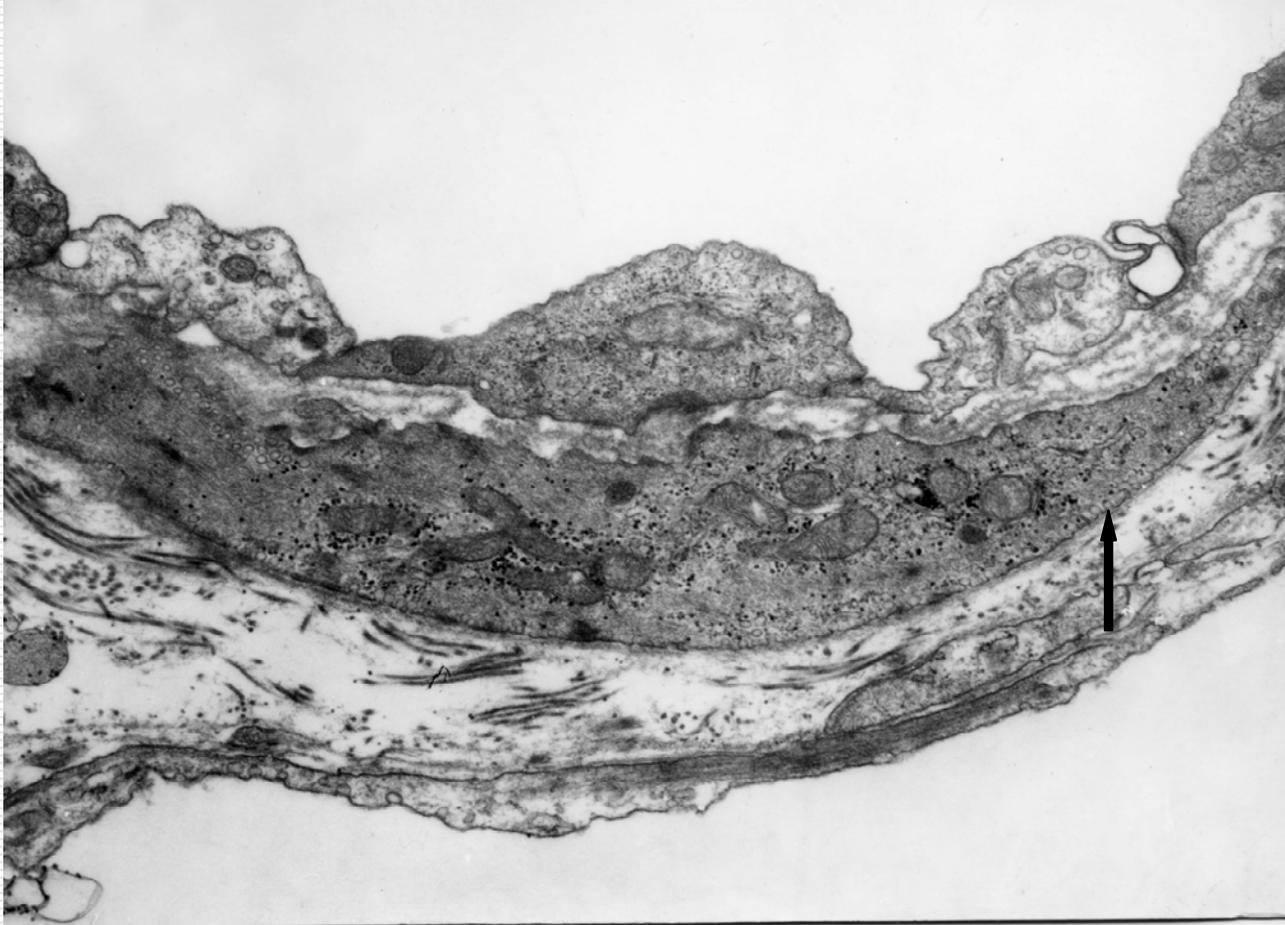
③在密斑之间可见有肌膜内陷形成的小凹，与细胞外相通，

并沿细胞的长轴排列成带状，相当于骨骼肌的横小管，可传递冲动。肌浆网不发达，呈泡状或管状，靠近小凹。

④平滑肌纤维内有许多肌丝，但不形成肌原纤维。

粗肌丝：只有在一定浓度的 A T P、M g ²⁺、C a²⁺ 存在下，肌球蛋白才聚合成粗肌丝；细肌丝：主要由肌动蛋白组成。

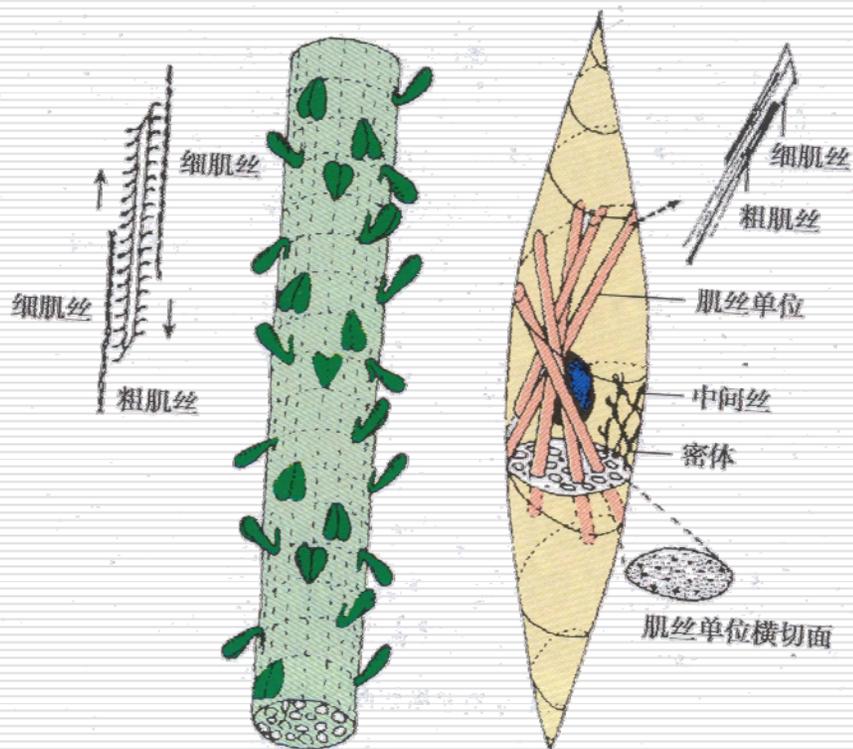
平滑肌纤维 (TEM)



细肌丝在粗丝周围，一端与密斑相连，另一端插入密体中，没有肌节，形成收缩单位。

细胞核周围无肌丝，可见高尔基复合体，游离核糖体及糖原颗粒等。

平滑肌收缩单位模式图

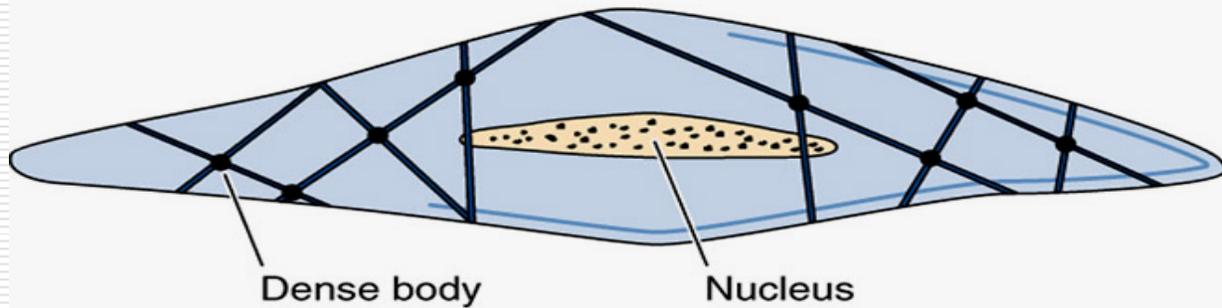


平滑肌纤维收缩原理

- 一般认为其机制与骨骼肌相似，也是通过肌丝滑动来实现的。平滑肌收缩时，肌纤维呈螺旋形扭曲，而变短和增粗。
 - 心肌纤维间有缝隙连接，可交换化学信息，迅速扩散神经冲动，使许多平滑肌纤维同时收缩，构成一个功能上的整体。
-

平滑肌收缩模式图

Relaxed smooth muscle cell



Contracted smooth muscle cell

