

## 支持与运动

### 骨骼(skeleton)

- 支撑躯体，维持运动
- 使身体保持一定的姿势和形状
- 可分为流体骨骼(hydrostatic skeleton)、外骨骼(exoskeleton)、内骨骼(endoskeleton)

流体骨骼	缺少坚硬的骨架，由体腔内的液体压迫周围的肌肉层引起运动 如腔肠，扁形，环节动物
外骨骼	表皮能分泌几丁质（含氮糖类）、蛋白质、钙质 关节具有薄膜便于弯曲 外骨骼下的肌肉收缩起来引起动作
内骨骼	脊椎动物的骨骼

### 骨的成分

骨组织 (osseous tissue) 由数种细胞成分和大量钙化的细胞间质组成

- 骨基质
  - 骨的细胞间质又称骨基质，由有机成分和无机成分构成
  - 有机物和无机物的成分比例随年龄和生活条件有所改变

成年人	三分之一有机物，三分之二无机物
小孩	有机成分高，骨骼弹性较大
老年人	无机含量逐渐增加，骨骼变得脆弱

- 有机成分
  - 骨的有机成分包括胶原纤维和无定形基质，约占骨干重的 35%，是由骨细胞分泌形成的
  - 有机成分的 95%是胶原纤维,无定形基质的含量只占 5%，呈凝胶状，化学成分为糖胺多糖和蛋白质的复合物
  - 而蛋白质成分中有些具有特殊作用，如骨粘连蛋白可将骨的无机成分与骨胶原蛋白结合起来
  - 而骨钙蛋白 (osteocalcin) 是与钙结合的蛋白质，其作用与骨的钙化及钙的运输有关
  - 有机成分使骨具有韧性
- 无机成分
  - 骨的无机成分主要为钙盐，又称骨盐 (bone salt) ，约占骨干重的 65%

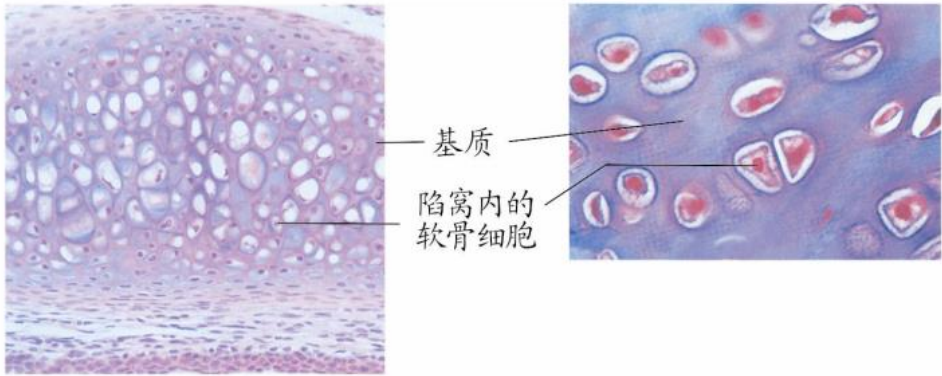
- 主要成分是羟基磷灰石结晶 (hydroxyapatite crystal) ，电镜下，结晶体为细针状，长约 10 ~ 20nm，它们紧密而有规律地沿着胶原纤维的长轴排列
- 骨盐一旦与有机成分结合后，骨基质则十分坚硬，以适应其支持功能

### 骨的种类

- 有两种：软骨和硬骨
- 大部份是硬骨了，软骨主要位于骨端、关节面、椎间盘、气管、耳廓、鼻、会厌软骨和腹侧骨等

### 软骨

- 由软骨质(matrix)和软骨细胞(chondrocyte)组成
- 成人软骨，根据软骨组织内所含纤维的成分不同，可分为三种类型，即透明软骨、弹性软骨和纤维软骨

<p>透明软骨 (hyaline cartilage)</p>	<p>最广，如鼻、喉、气管和支气管的软骨、肋软骨及关节软骨等 特点:新鲜时为淡蓝色半透明，基质内的胶原纤维交织排列脆而弹性差、易折</p> <div style="text-align: center;">  <p>基质 陷窝内的软骨细胞</p> </div> <p>图 15.1 透明软骨</p>
<p>弹性软骨 (elastic cartilage)</p>	<p>分布于耳、廓、会厌等处 其构造与透明软骨相似，只是间质内含有大量的弹性纤维，互相交织成网，使其具有很大的弹性 弹性软骨新鲜时呈黄色</p>

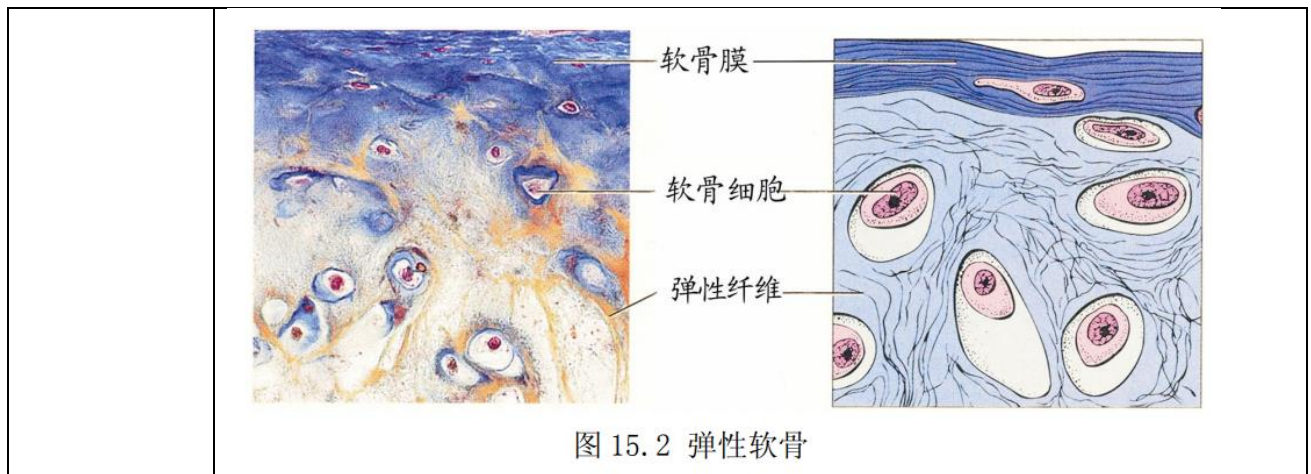


图 15.2 弹性软骨

纤维软骨  
(fibrous  
cartilage)

存在于椎间盘、耻骨联合、关节盘等处  
特点:基质很少, 其中含有大量的胶原纤维束, 平行或交叉排列  
软骨细胞单个、成对或成单行排列, 分布于纤维束间  
软骨陷窝周围也可见软骨囊

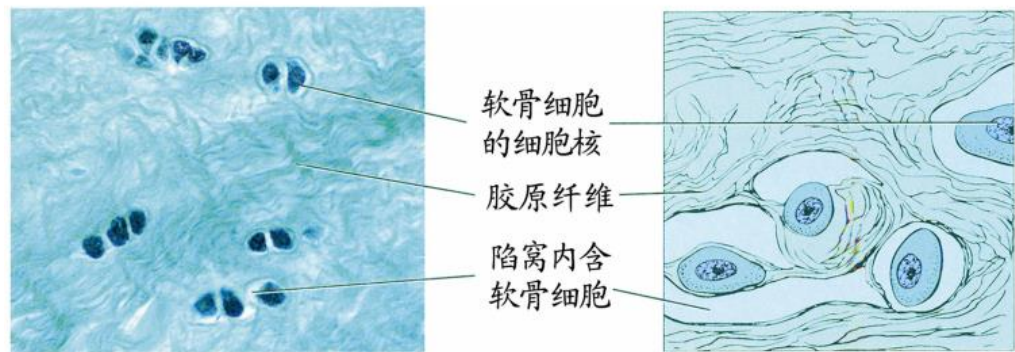
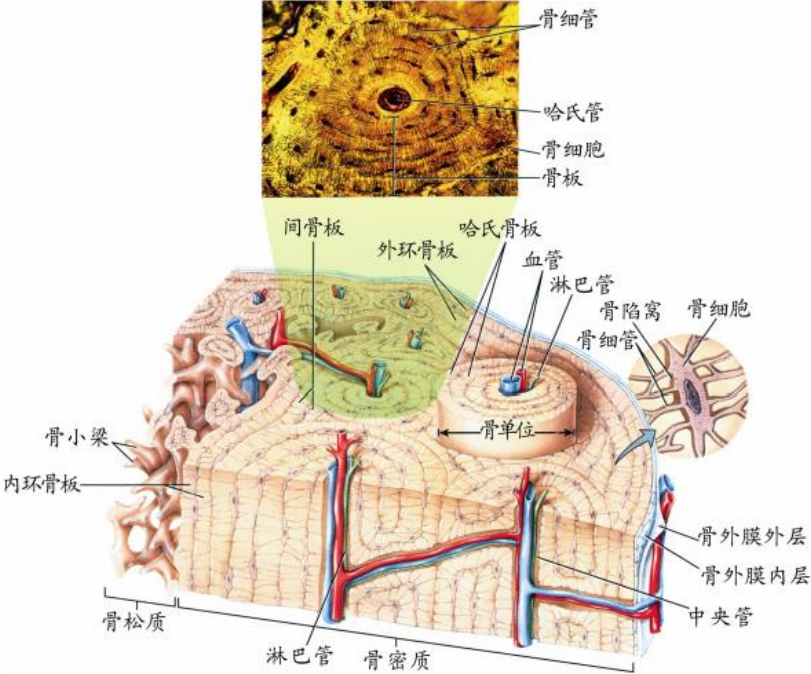


图 15.3 纤维软骨

## 硬骨

- 硬骨质含有钙盐
- 主要由骨基质和骨细胞(osteocyte)组成

<p>骨密质 (compact bone)</p>	<p>分布于骨的表层, 由规则而紧密排列成层的骨板层构成 骨板层(bone lamella)环绕着哈氏管(Haversian canal) 哈氏管纵行在硬骨内的许多小管, 含血管、淋巴管和神经等, 周围 被骨细胞以多层同心圆或骨板层排列方式环绕着 骨细胞通过骨细管(bone canaliculus)直接或间接和哈氏管连系取得营 养及排除代谢废物</p>
-----------------------------------	---

	
<p>骨松质 (spongy or cancellous bone)</p>	<p>较轻，由少量的骨组织疏落排列而成 分布于骨内部及末端</p>

### 长骨的结构

- 长骨由骨松质、骨密质、骨膜、关节软骨、骨髓、血管及神经等构成

骨干	由空心的骨密质构成，被骨膜包围
骨膜 (periosteum)	含有神经细胞和微血管



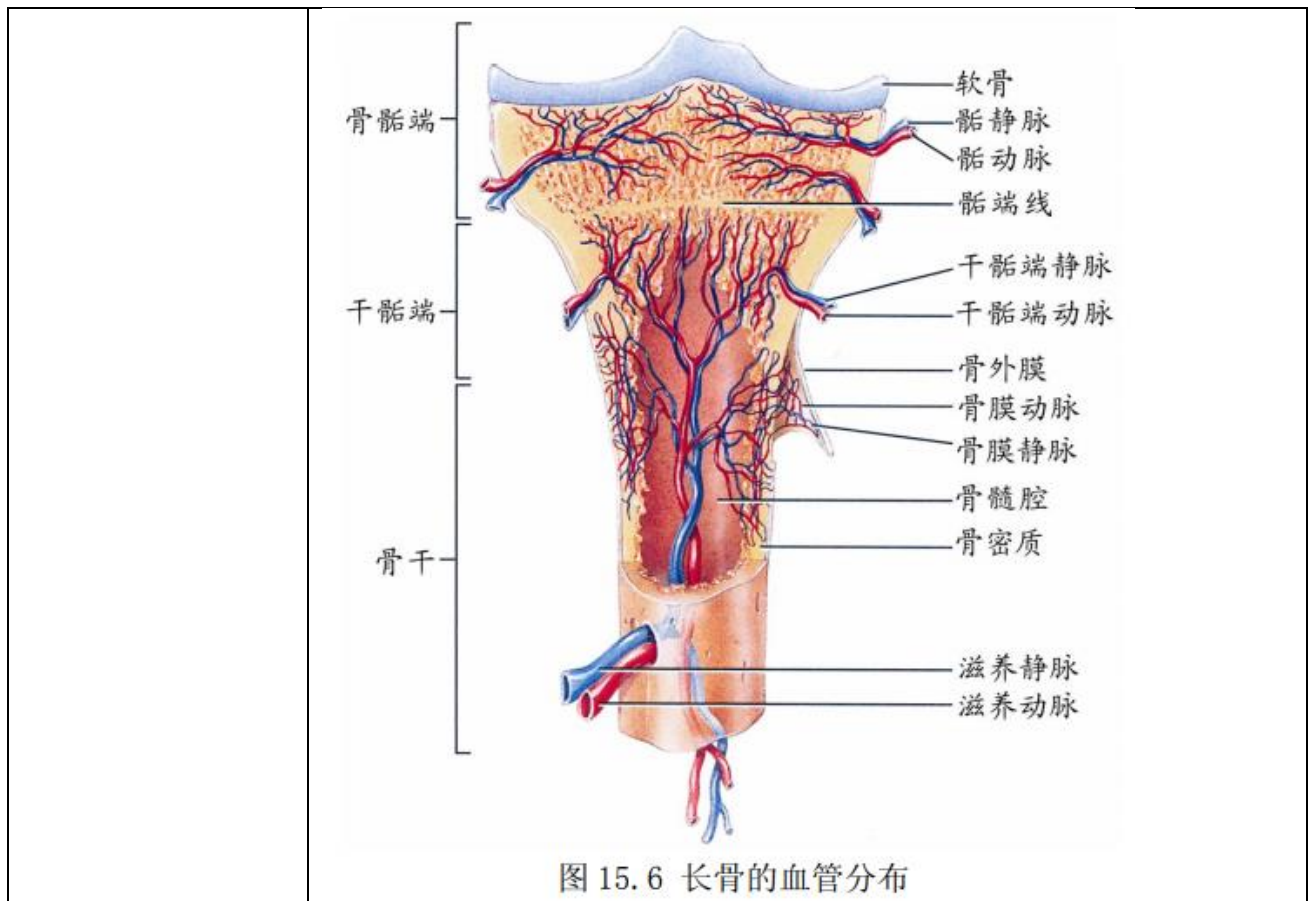


图 15.6 长骨的血管分布

骨中央	是骨髓腔，成年人骨髓腔充满黄骨髓
黄骨髓 (yellow bone marrow)	含有脂肪，没有造血能力
红骨髓 (red bone marrow)	在松骨质内，能产生红血球和颗粒白血球 终身存在于脊椎骨、肋骨、胸骨、脑颅、股骨上端等

- 胎儿和幼儿时骨骼只含红骨髓，随着年龄增长，红骨髓逐渐被脂肪组织取代，变成黄骨髓

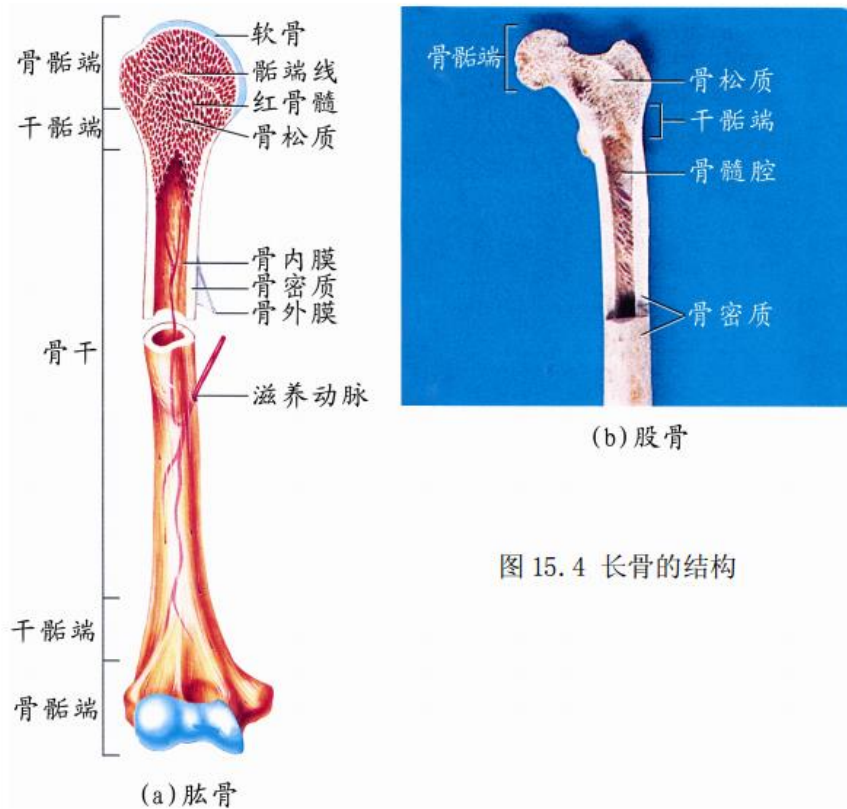
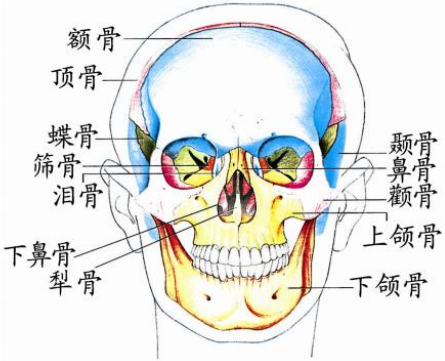


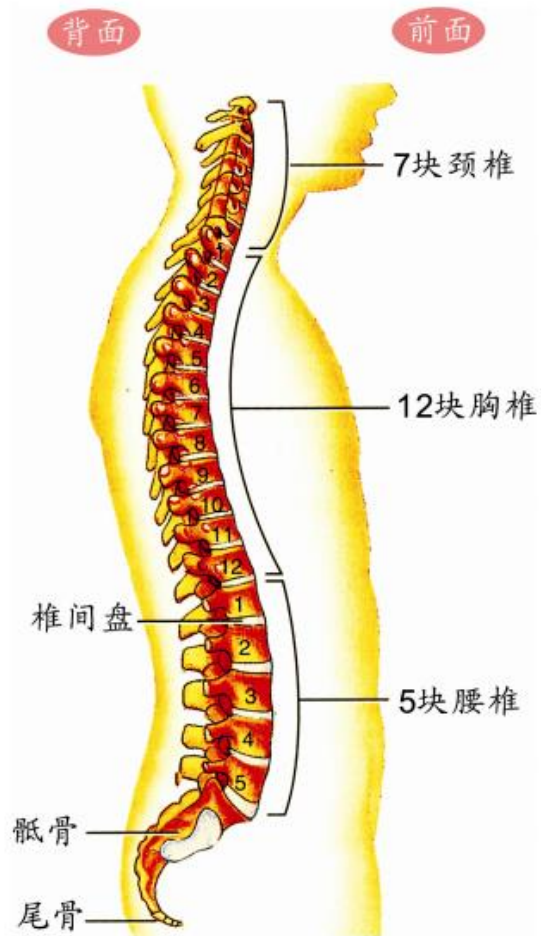
图 15.4 长骨的结构

### 人体的骨骼

- 成人的骨头共有 206 块, 大小各异的骨组成
- 可分为中枢骨骼和附肢骨骼

<p>中轴骨骼 (Axial skeleton)</p>	<p>由头骨、脊柱、胸骨和肋骨组成 支持头部和躯干 保护身体内重要器官</p>
	<p>头颅 分为脑颅(cranium)保护脑和面颅(facial bone)具有空洞和孔道防止眼、耳、鼻、齿、脑神经和血管的通道</p> 
	<p>脊柱 分为五类：颈椎(cervical vertebrae)、胸椎(coccygeal vertebrae)、腰椎(lumbar vertebrae)、荐椎(sacral vertebrae)、尾椎(coccygeal vertebrae) 脊椎之间含有富有的弹性的椎间盘（避免脊柱僵直），可以减少脊椎骨之间的摩擦和撞击，含有脊髓</p>

脊柱有四个弯弧，可减轻或抵消运动时对脊柱及头部的振荡



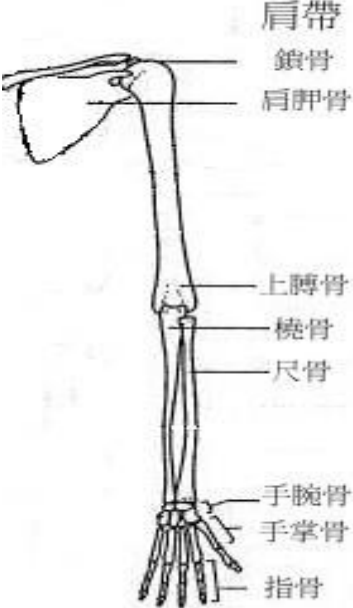
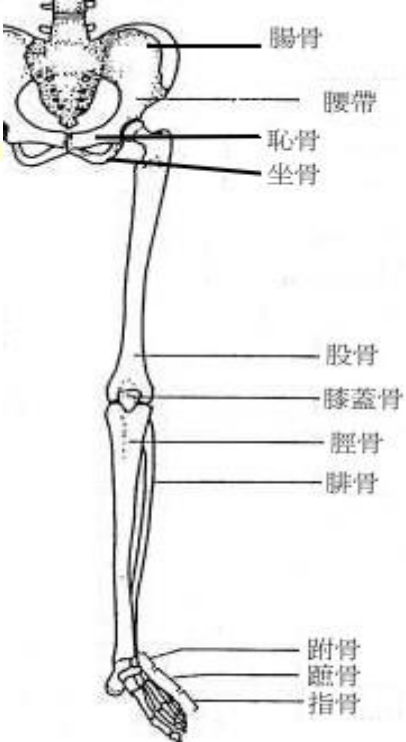
胸廓 由胸椎、肋骨 (rib) 和胸骨(sternum)组成，保护心肺  
肋骨由两个部分组成

硬骨	与胸椎连接
软骨	与胸骨连接

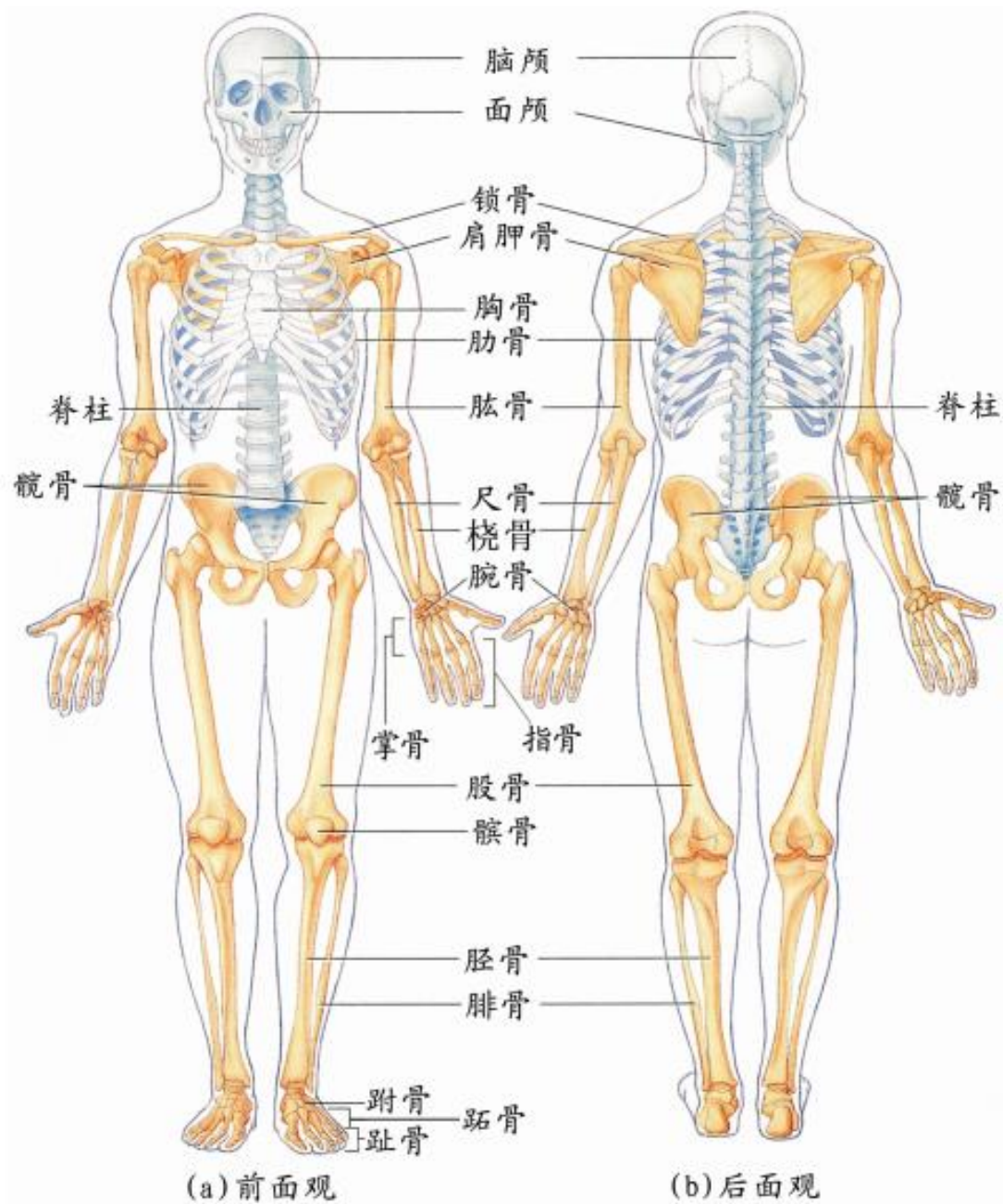
附肢骨骼  
(Appendicular skeleton)

位于中轴骨骼的两侧  
主要由四肢组成，可分为上肢骨与下肢骨，一个坚固的杠杠系统  
可作为肌肉的附著面，使肌肉收缩时能够牵动骨骼协同完成各式各样的动作

肩带 (pectoral girdle)	由肩胛骨(scapula)及锁骨(clavicle bone)组成 第一段包括上臂骨(humerus)，第二段桡骨(radius)和尺骨(ulna) 手掌的掌骨(metacarpal)，手腕的腕骨(carpal)和指骨(phalanx) 骨连接较松弛，运动灵活，拇指发达，便于握物和各种劳动
-------------------------	--

		
	<p>骨盆 (腰帶) (pelvic girdle)</p>	<p>由髌骨、骶骨和尾骨组成，承托各种器官 后肢骨骼包括股骨、膝盖骨、胫骨、排骨、脚踝由跗骨组成 脚掌由蹠骨和趾骨组成 适合职场体重，直立行走 足弓可增加稳定性和减轻震荡，保护足底神经和血管</p> 



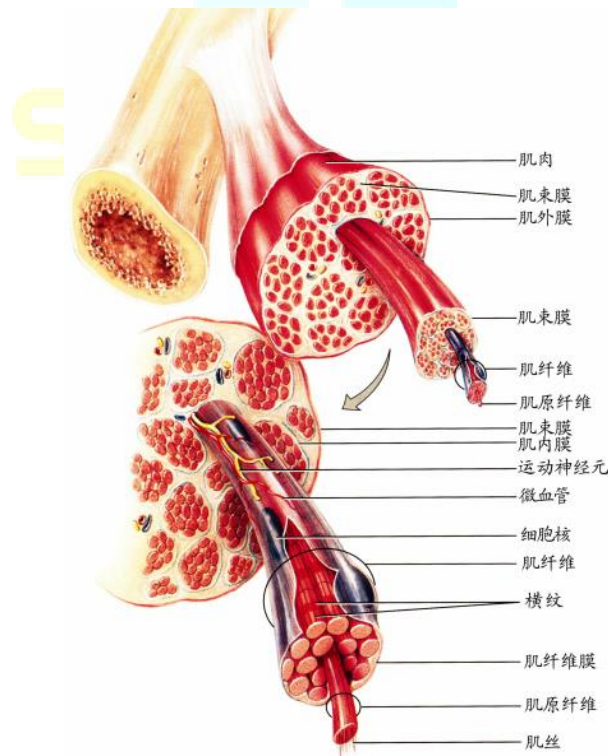


骨的分类		数量	所包含的骨的名称和数量
头骨 29	脑颅	8	额骨 1, 顶骨 2, 枕骨 1, 蝶骨 1, 颞骨 2, 筛骨 1
	面颅	14	上颌骨 2, 鼻骨 2, 泪骨 2, 颧骨 2, 腭骨 2, 犁骨 1, 下鼻甲 2, 下颌骨 1
	听小骨	6	锤骨, 砧骨, 镞骨, 每侧各 1 块
	舌骨	1	
躯干骨 51	脊柱	26	颈椎 7, 胸椎 12, 腰椎 5, 骶骨 1 (由 5 块骶椎愈合而成), 尾骨 1 (由 4 块尾椎愈合而成)

	肋骨	24	胸肋骨 7 对， 弓肋骨 5 对
	胸骨	1	
四肢骨 126	上肢带	4	肩胛骨， 锁骨， 两侧各 1 块
	游离上肢骨	60	每侧： 肱骨 1， 桡骨 1， 尺骨 1， 手骨 27（腕骨 8， 掌骨 5， 指骨 14）
	下肢带	2	髌骨两侧各 1 块
	游离下肢骨	60	每侧： 股骨 1， 髌骨（膝盖骨） 1， 胫骨 1， 腓骨 1， 足骨 26（跗骨 7， 跖骨（蹠骨） 5， 趾骨 14）

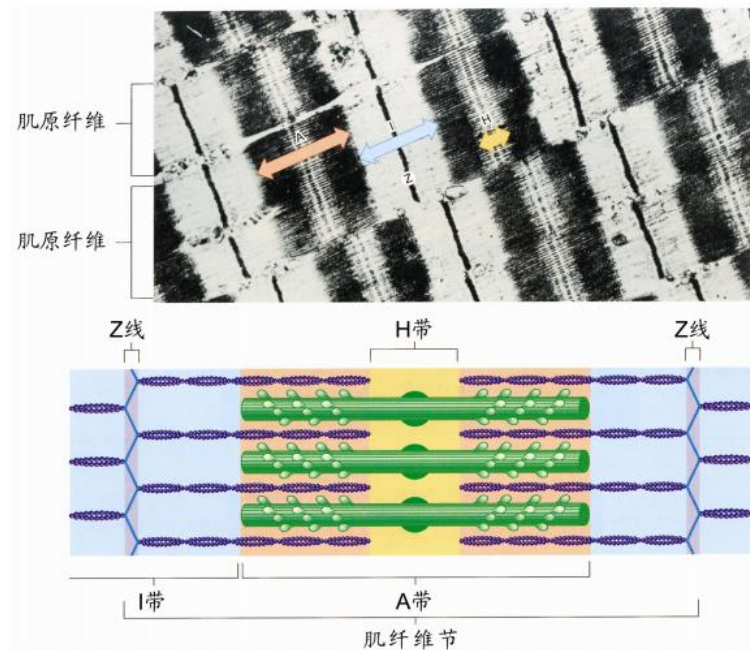
### 骨骼肌的构造

- 每条肌纤维周围都有一薄层结缔组织称为肌内膜
- 由数条至数十条肌纤维集成肌束， 肌束外有较厚的结缔组织称为肌束膜， 由许多肌束组成一块肌肉， 其表面的结缔组织称肌外膜
- 各结缔组织中都有丰富的血管， 肌内膜中有毛细血管网包绕于肌纤维周围。 肌肉的结缔组织中有传入、 传出神经纤维， 均为有髓神经纤维
- 分布于肌肉内血管壁上的神经为自主性神经是无髓神经纤维



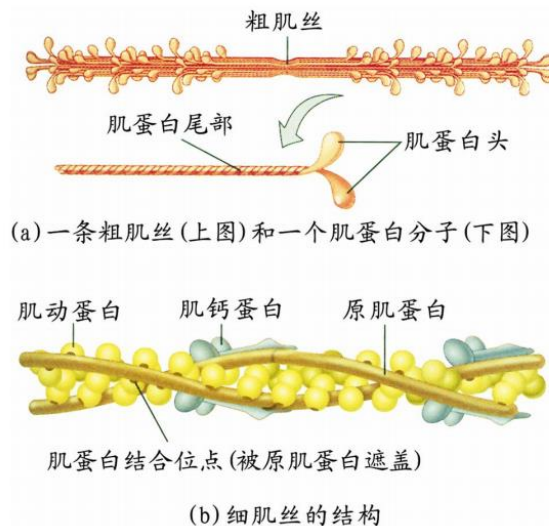
### 骨骼肌纤维的结构

- 骨骼肌纤维表面为肌纤维膜，肌膜深面有许多椭圆形的细胞核，核内染色质少，核仁明显
- 在肌纤维中沿长轴排列，肌原纤维有由明暗相间排列的横纹，各肌原纤维的横纹彼此互相对应，因而在整个肌纤维上显示出明带与暗带
- 暗带又称 A 带，中部有一浅带称 H 带，H 带中央又有一 M 线由位于粗肌丝中央的蛋白丝(protein filament)形成。明带又称 I 带，中央有一深色的间膜称为 Z 线，两 Z 线间的一段肌原纤维称为肌纤维节
- 肌纤维节是骨骼肌纤维的结构和功能单位
- 一个肌节是由一个暗带及其两侧的半个明带组成



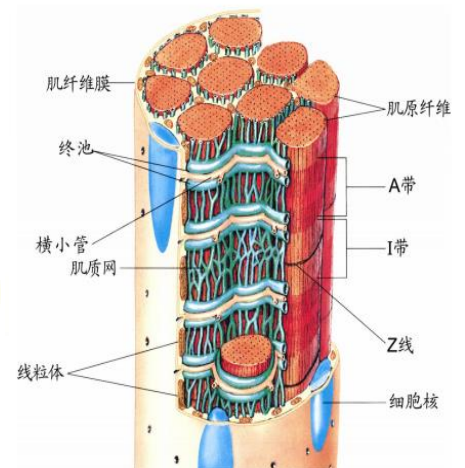
- 每条肌原纤维由许多粗纤维丝和细纤维丝构成
  - 明带：由细纤维丝构成
  - 暗带：由粗纤维丝和细纤维丝构成
  - 暗带中央的 H：只有粗纤维丝没有细纤维丝

粗纤维丝(thick myofilament)	由肌蛋白构成，含有 ATPase,可分解 ATP
细纤维丝 (thin myofilament)	由肌动蛋白 actin 构成



## 骨骼肌纤维的超微结构

- 肌纤维膜和横小管（横管）
  - 电镜下肌纤维膜由肌细胞膜和基膜构成
  - 肌纤维膜向内凹入形成细管并围绕在每条肌原纤维的明带与暗带交界处的表面，此小管称横小管 (transverse tube)
- 肌质网（肌内质网）(sarcoplasmic reticulum)
  - 每条肌原纤维周围，在相邻两横小管之间有由单位膜围成的小管互相连成网状称为肌内质网，肌内质网在靠近横小管处相连接并膨大形成与横小管平行的管叫做终池（囊泡）(vesicle)
  - 在肌内质网的膜上镶嵌的蛋白质中 70 ~ 80% 是钙泵蛋白质，它是一种 ATP 酶，可将细胞质中的钙离子  $\text{Ca}^{2+}$  泵入肌内质网内
  - 还有储钙素它与储存于肌内质网内的钙相结合
  - 肌内质网的功能是储存钙并调节、控制肌浆内钙离子的浓度



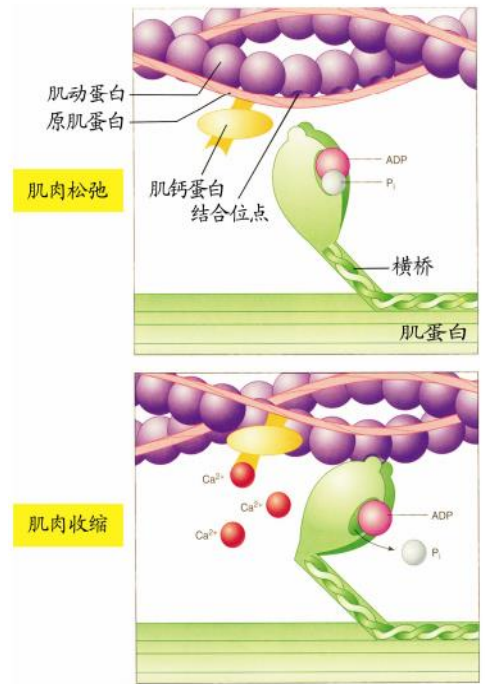
## 肌纤维收缩机制



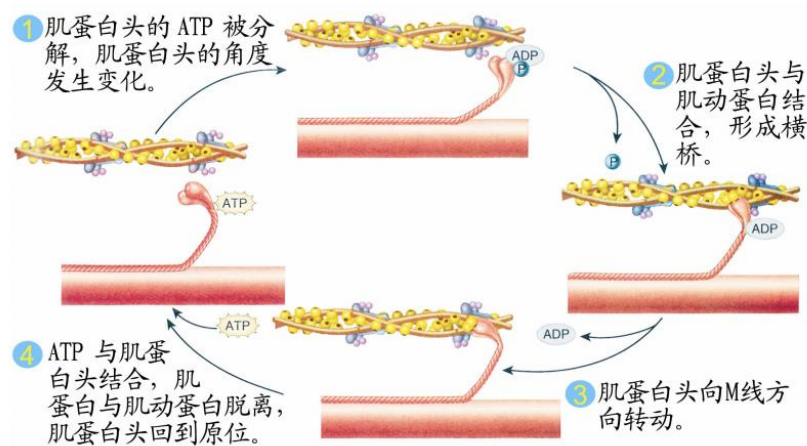
- 肌细胞膜去极化，兴奋传至横小管系，引起肌质网释放钙离子至肌浆，钙离子与细肌丝上的肌钙蛋白结合，使肌钙蛋白——原肌蛋白复合体移动暴露出肌动蛋白与肌蛋白结合的位点，以让肌动蛋白与肌蛋白头结合，肌肉收缩开始

- 肌肉收缩的过程主要包括以下四个步骤：

- 肌蛋白头的 ATP 被水解成 ADP 和  $P_i$ ，产生能量。此时 ADP 和  $P_i$  仍然与肌蛋白头结合。此过程使肌蛋白头被激活
- 被激活的肌动蛋白头与肌动蛋白结合，形成横桥(横桥 Cross bridge)； $P_i$  被释放
- $P_i$  的释放造成肌蛋白头旋转及 ADP 释出，并使肌动蛋白向 M 线方向滑动，肌纤维节变短。
- 另一个 ATP 与肌蛋白头结合，肌蛋白头与肌动蛋白脱离，肌蛋白头回到原位，横桥断开，肌纤维松弛



- ATP 是由线粒体供给，当机体死亡后线粒体停止产生 ATP，无新的 ATP 与肌蛋白头结合，因而肌蛋白头不能脱离肌动蛋白，即不能回复原位，使肌肉永远处于收缩状态，称为尸僵



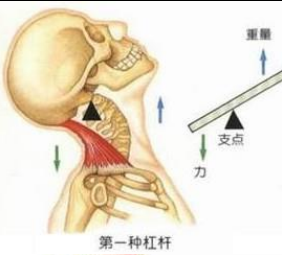


## 肌肉收缩的滑行学说

- 肌肉收缩时，肌蛋白横桥周期性地与肌动蛋白结合、解离和水解 ATP
- 水解 ATP 释放的能量转为肌动蛋白细丝的运动。在收缩过程中，粗肌丝和细肌丝本身长度不变化，肌肉缩短只是由于细肌丝插入粗肌丝所在的 A 带，I 带变狭所致

## 骨骼的杠杆

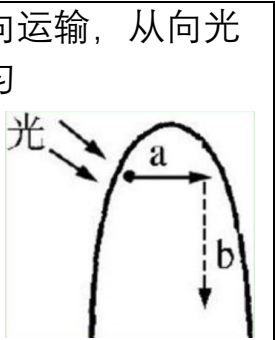


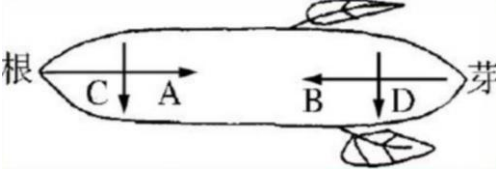
- 支点：关节
- 重力：体重
- 施力：肌肉的收缩

<p>第一杠杆原理 (仰首)</p>	<p>支点：颈椎 重力：头重量 施力：颈肌</p>	 <p>第一种杠杆</p>
<p>第二杠杆原理 (脚尖步行)</p>	<p>支点：脚趾 重力：体重 施力：腓肌</p>	 <p>第二种杠杆</p>
<p>第三杠杆原理 (前臂弯曲、提重物)</p>	<p>支点：肘关节 重力：手中重量 施力：二头肌</p>	 <p>第三种杠杆</p>

### 植物的运动

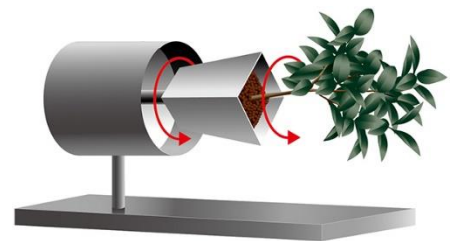
- 可分为向性和感性运动
- 植物的某些器官受外界环境单方向刺激而产生的运动，主要包括向光性 (phototropism)、向地性 (geotropism)、向触性 (thigmotropism)、向化性 (Chemotropism)、向水性 (hydrotropism)、向流性 (rheotropism)、向空气性 (aerotropism) 等
- 植物的某些部分弯曲因为生长激素 (auxin) 分布不均匀，造成两侧细胞产生不同延长和生长率

<p>植物的向光性</p>	<p>在单侧光的影响下，生长素在胚芽鞘尖端通过横向运输，从向光的一侧移向背光的一侧，使茎尖生长素分布不均匀 生长素通过极性运输，从形态学上端向形态学下端运输，使胚芽鞘尖端下面一段的背光侧生长素浓度比向光侧高，背光侧生长比向光侧快，茎弯曲生长</p>	
---------------	--	---

根的背光性	单侧光照后的生长素分布于茎一样，都发生了横向运输和极性运输，但由于根对生长素敏感，结果与茎相反，则根背向光源生长
茎的背地性和根的向地性	 <p>A、B 为极性运输，C、D 为重力作用下的横向运输 重力导致生长素分布不均（向地一侧生长素浓度高，背地一侧生长素浓度低） 由于根对生长素敏感，根的向地一侧生长慢，背地一侧生长快，而茎的向地一侧生长快，背地一侧生长慢，结果产生根的向地性和茎的背地性</p>

### 植物旋转器(Clinostat)

- 抵消地心引力的作用，向地性就不会发生



### 感性运动

- 没有一定方向性的外界刺激（如光暗变化、触摸、震动）所引起的植物的运动
- 根据外界刺激的种类，可包括感夜性运动、感温性运动、感震性运动等
- 植物因内膨胀压的变化，导致可逆的膨胀和萎缩运动，造成感性运动

睡眠运动	白天开启，夜晚闭合
捕食运动	虫食植物合拢与张开捕捉食物
闭合运动	含羞草

### 含羞草

- 含羞草叶子下垂的机理，是由于复叶叶柄基部的叶枕中细胞紧张度的变化引起的
- 叶枕的上半部及下半部组织中细胞的构造不同，上部的细胞胞壁较厚而下部的较薄，下部组织的细胞间隙也比上部的大
- 在外界因素影响下，叶枕下部细胞的透性增大，水分和溶质由液泡中透出，排入细胞间隙，因此，下部组织细胞的紧张度下降，组织疲软；而上半部组织此时仍保持紧张状态，复叶叶柄即下垂

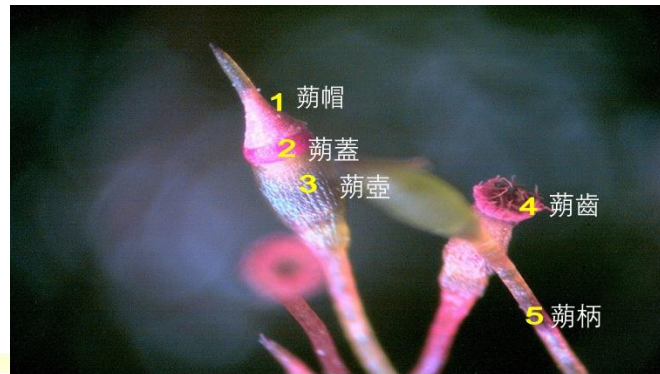
- 小叶运动的机理与此相同，只是小叶叶枕的上半部和下半部组织中细胞的结构正好与复叶叶柄基部叶枕的相反，所以当紧张度改变，部分组织疲软时，小叶即成对地合拢
- 是它自我保护本领的体现。在它老家即南美地区，常遇到疾风暴雨，迅疾合拢叶片，垂下叶柄，正是含羞草在风雨侵袭时的保护反应

#### 膨胀运动(turgor movement)

- 保卫细胞膨胀压的变化引起气孔开关，旱生植物的叶片缺水改变膨胀压而卷曲
- 菌类孢子囊膨胀压增加，导致孢子散播

#### 吸湿运动(hygroscopic movement)

- 羊齿植物孢子囊爆裂、藓类孢子体上蒴盖齿(peristome teeth)的开关动作是因组织的水分蒸发导致干燥萎缩，加上分子之间的吸力引起组织壁爆裂的运动，散播孢子



SJUEC.COM