

運動器

目標：「動く・活動する」を支える形態と機能を理解する。

問 動くということは身体がどのように機能している？

1.運動器とは、骨、関節、筋(骨格筋)、神経など全身の運動に関わる器官と組織の総称。

1) 運動器の構成要素

構成要素	力学的な役割	非力学的役割
骨	<ul style="list-style-type: none">• 身体にかかる荷重の支持• 外力からの臓器の保護• 運動時の筋の支持	<ul style="list-style-type: none">• カルシウムやリンの貯蔵• 造血 など
神経	<ul style="list-style-type: none">• 運動の指令についての情報伝達• 感覚情報の伝達	<ul style="list-style-type: none">• 内臓機能の調節 など
関節	<ul style="list-style-type: none">• 骨の連結• 可動性の保持• 外力の吸収	
筋(骨格筋)	<ul style="list-style-type: none">• 随意運動のための収縮・弛緩• 姿勢の保持• 外力からの臓器の保護	<ul style="list-style-type: none">• 体温の保持 など

各々の器官・組織が互いに連携し合うことで滑らかな運動を行うことが可能となる。

2) 骨格

部位		骨の名称（ <u>下線は無対</u> ）	
体幹	頭蓋	神経頭蓋	前頭骨・頭頂骨・後頭骨・側頭骨・蝶形骨・篩骨
		内臓頭蓋	鼻骨・鋤骨・涙骨・下鼻甲介・上顎骨・頬骨・口蓋骨・下顎骨・舌骨
	脊柱	頸椎	頸椎（第 1～7 頸椎：C1～C7） 胸椎（第 1～12 胸椎：（T1～T12） 腰椎（第 1～5 腰椎：L1～L5） 仙骨（第 1～5 仙椎：S1～S5） 尾骨（尾骨：Co）
		胸郭	胸椎（第 1～12 胸椎：T1～T12） 胸骨 肋骨（第 1～12 肋骨）
体肢	上肢	上肢帯	鎖骨・肩甲骨
		上腕	上腕骨
		前腕	橈骨・尺骨
		手	手根骨（舟状骨・月状骨・三角骨・豆状骨・大菱形骨・小菱形骨・有頭骨・有鈎骨） 中手骨（第 1～5 中手骨） 指骨（母指の基節骨、第 2～5 指の基節骨・中節骨・末節骨）
	下肢	下肢帯	寛骨（腸骨・坐骨・恥骨）
		大腿	大腿骨
		下腿	脛骨・腓骨、（*膝蓋骨）

	足	足根骨（距骨、踵骨、舟状骨、内側・中間・外側楔状骨、立方骨） 中足骨（第1～5中足骨） 趾骨（母趾の基節骨・末節骨。第2～5趾の基節骨・中節骨・末節骨）
--	---	--

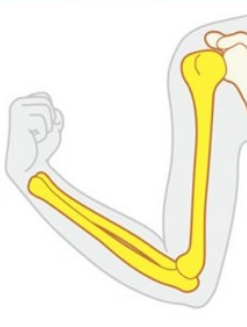

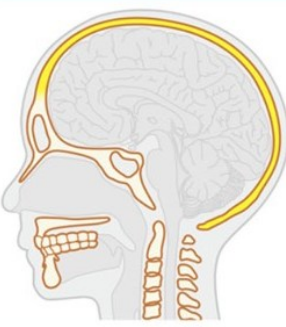

* 膝蓋骨はほかの骨と直接的には連結しておらず、下肢の骨に含めないことも多い。

2. 骨

1) 骨の役割

- (1) 支持：頭や内臓を支え、身体の支柱となる
- (2) 保護：骨格を形成し、頭蓋腔や胸腔、脊柱管、骨盤腔などを作り、脳や内臓など重要な器官を納め保護する
- (3) 運動：付着する筋の収縮により、可動性のある関節を支点として、運動が行われる
- (4) 造血：骨髄(赤色骨髄)で赤血球や白血球、血小板が形成される
- (5) 貯蔵：カルシウムやリン、ナトリウム、カリウムなどの電解質を貯蔵し、必要に応じて血液中に放出される

2) 骨の形態による分類

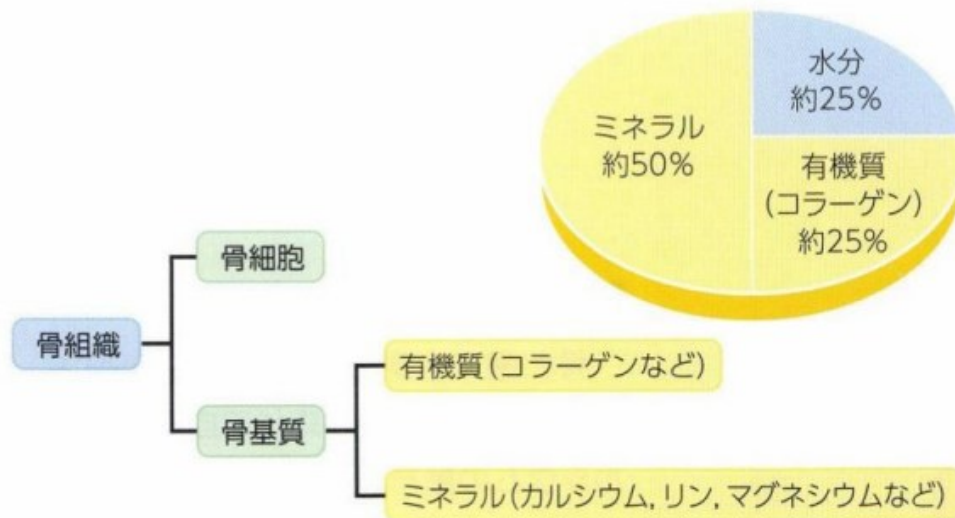
	長管骨	短骨	扁平骨	種子骨
模式図				
形態	● 長い円管状	● 短小で球形または多面体	● 薄い板状	● 小型で卵形
部位	● 四肢の骨（上腕骨、大腿骨など）	● 手根骨、足根骨など	● 頭蓋冠、肩甲骨、腸骨など	● 関節付近の腱の内部（膝蓋骨、豆状骨など）
特徴	● 体の支持、移動や運動に役立つ。	● 数個の骨が集まり、強く弾性のある骨格を構成する。	● 内腔を囲み、保護する。	● 滑車として働き、力の伝達を円滑にする。

3) 構造と機能

- (1) 骨は関節によってつながれており、互いに自由に動くことができる。
- (2) 軟骨や線維性の結合組織も骨格の一部であり、関節に加わったり、骨どうしをつないだりしている。
- (3) 四肢の大きな骨（上腕・前腕・大腿・下腿の骨）は長骨である。
- (4) 骨の表面を骨膜が覆っており、骨膜の内側に緻密な骨質（緻密質）がある。
- (5) 骨の内部はスポンジ状（海綿質）になっており、骨梁が海綿質を構成する。
- (6) 骨梁には規則的な方向性がみられ、この配列により外力に対して骨を支えている。
- (7) 長骨の骨幹では、海綿質の骨梁が乏しくなり、空間をつくる（髄腔）。
- (8) 髄腔内には骨髄が詰まっている。
- (9) 骨髄腔の中は骨髄細胞で満たされており、血液がつくられる。

4) 骨の構成要素

- (1) 骨組織は歯のエナメル質に次いで硬く、軟骨や血液と同じ結合組織の仲間であり、骨細胞(細胞)や骨基質(細胞間質)からできている。



5) 骨膜

- (1) 骨の表面を覆う丈夫な膜状の結合組織である。
- (2) 血管・神経に富み、骨の栄養・成長・再生のはたらきをする。
(大腿骨骨幹部骨折では 500~1,000mL、骨盤骨折では 2,000mL 以上の出血)
- (3) 骨膜の深層は骨形成の機能を持ち、骨の太さの成長や、骨折後の修復を行う。
- (4) 関節内の骨部には骨膜がない。

6) 骨髄

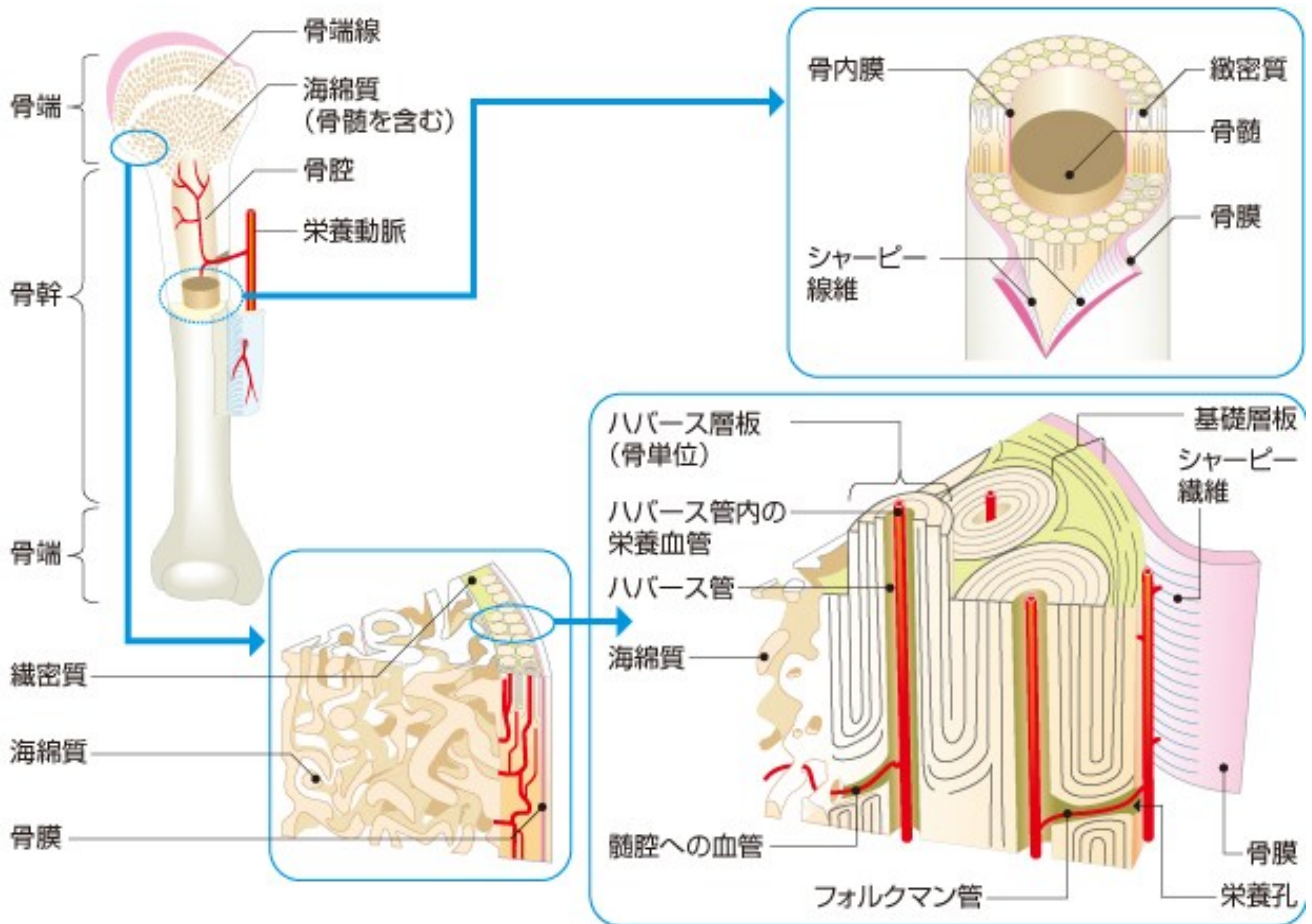
(1) 髄腔や海綿質のすきまを満たしている。

① 赤色骨髄：造血組織を含み、多くの血管が分布している。

② 黄色骨髄：造血機能が失われ、脂肪が主な成分である。

(2) 小児は全身の骨髄で造血するが、成長とともに黄色骨髄(脂肪)が増える。

(3) 成人では体温の高い部分の骨(胸骨・肋骨・椎骨・骨盤など)にだけ赤色骨髄が残る。



7) 造骨と破骨

(1) 骨はカルシウムやリンの貯蔵庫である。

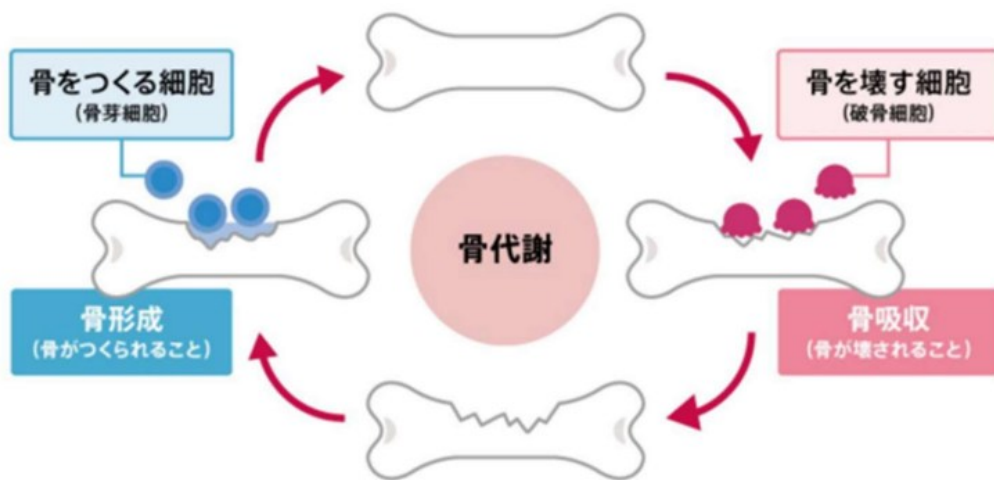
(2) 骨は絶えず骨形成(造骨)と骨吸収(破骨)を繰り返している。(リモデリング)

① 骨芽細胞：造骨に関与する。血漿中のカルシウムを骨に沈着させて骨を形成する。

② 破骨細胞：破骨に関与する。骨を吸収してカルシウムを血液中に放出する。

(3) 骨形成と骨吸収のバランスは副甲状腺からの副甲状腺ホルモン(パラソルモン)と甲状腺からのカルシトニン、そしてビタミンDによって調整されている。

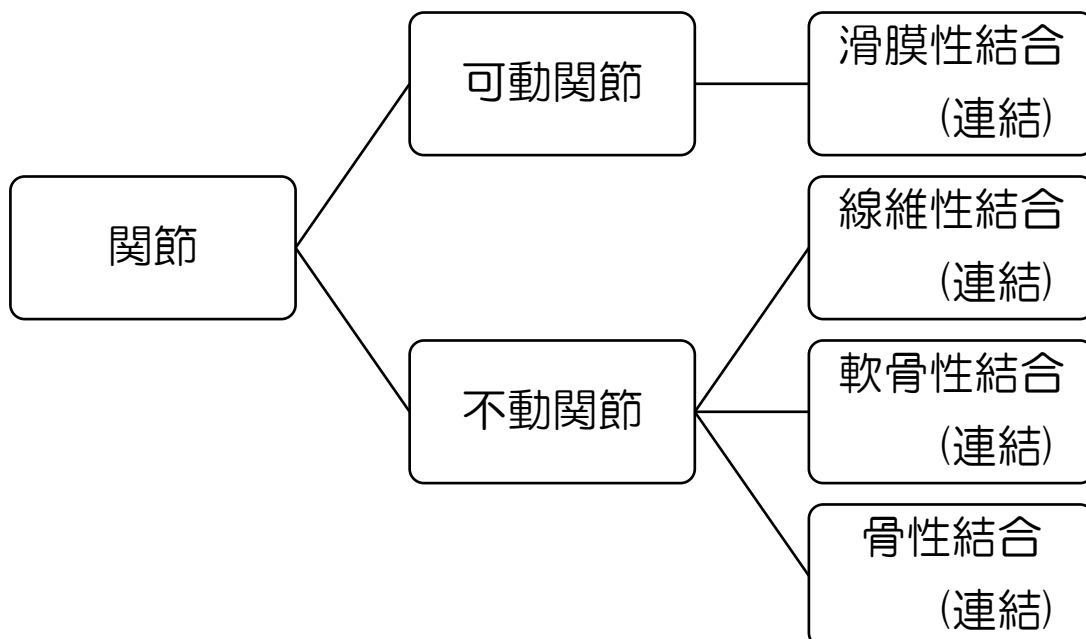
(4) 骨組織によってリモデリングの速度は異なる。骨芽細胞、破骨細胞は血中に存在するため血液に触れている骨組織の表面積が大きいほどリモデリングの速度は速い。



3. 関節

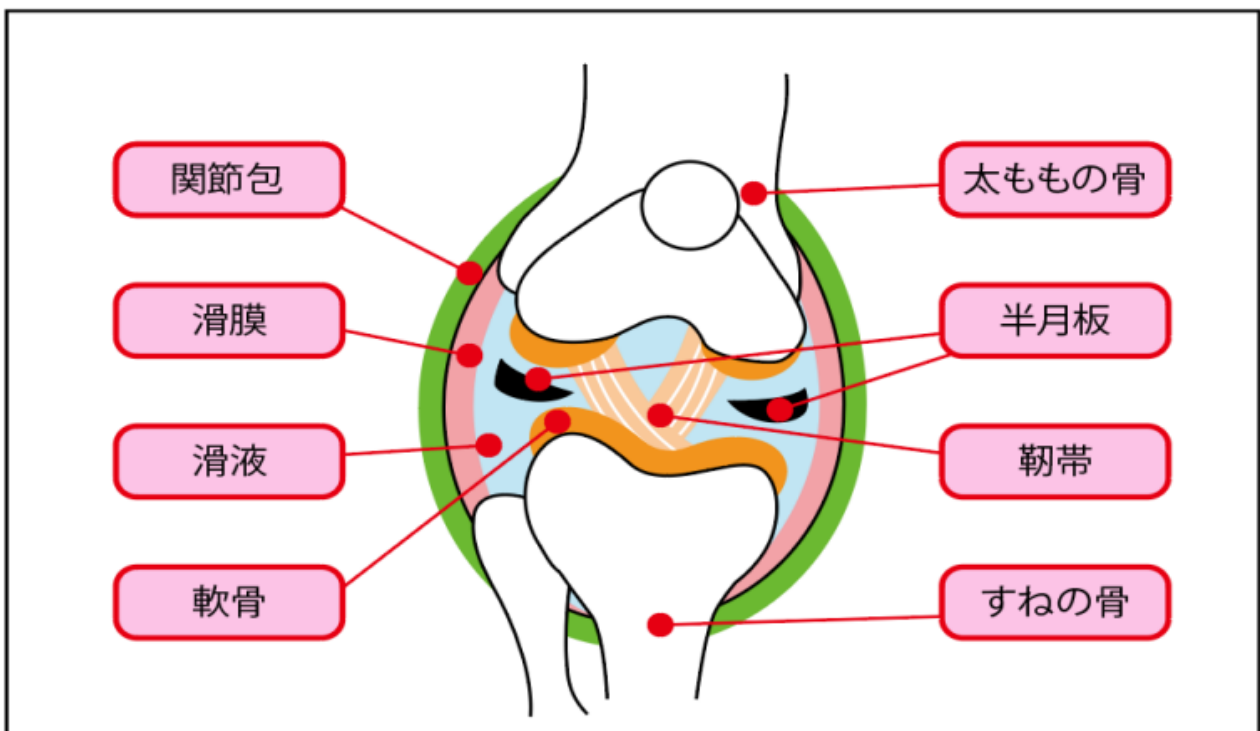
1) 関節とは、2つ以上の骨が連結する部位

2) 関節の分類



- (1) 滑膜性結合：骨端同士の間に関節腔が存在する。関節軟骨で滑らかに覆われており、関節包によって包まれている。
- (2) 線維性結合：骨が線維性組織で直接結合している。(頭蓋骨の縫合など)
- (3) 軟骨性結合：硝子軟骨結合・・・プロテオグリカンを多く含む硝子軟骨で構成されている。(肋軟骨など)
線維軟骨結合・・・コラーゲン線維を多く含む線維軟骨で構成されている。(恥骨結合、椎間板など)
- (4) 骨性結合：硝子軟骨結合や線維性結合が成長後に癒合し強固になったもの(寛骨、仙骨、尾骨)

3) 可動関節の構造

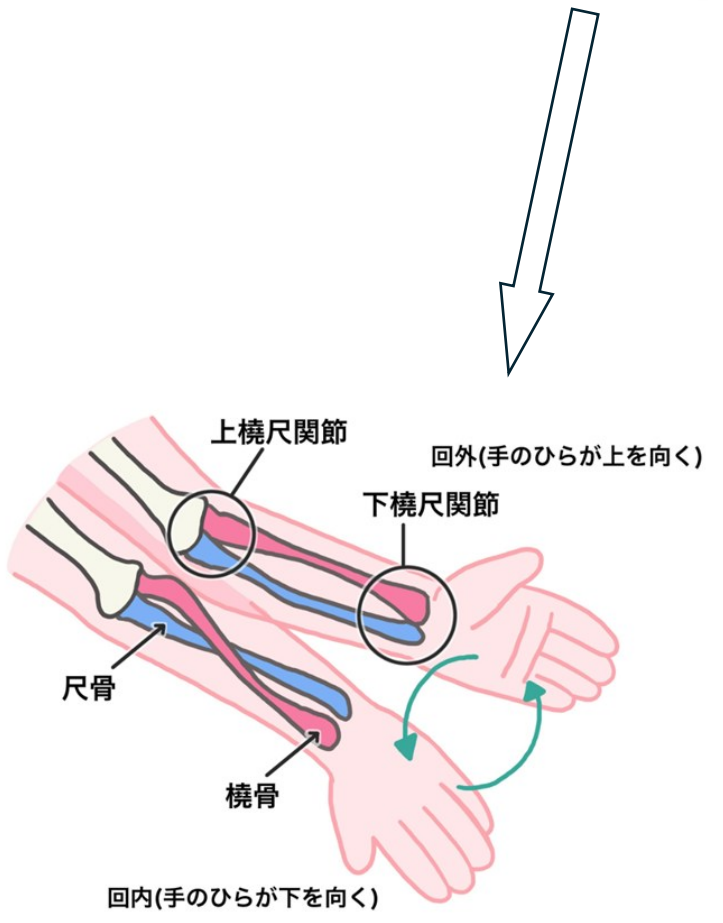
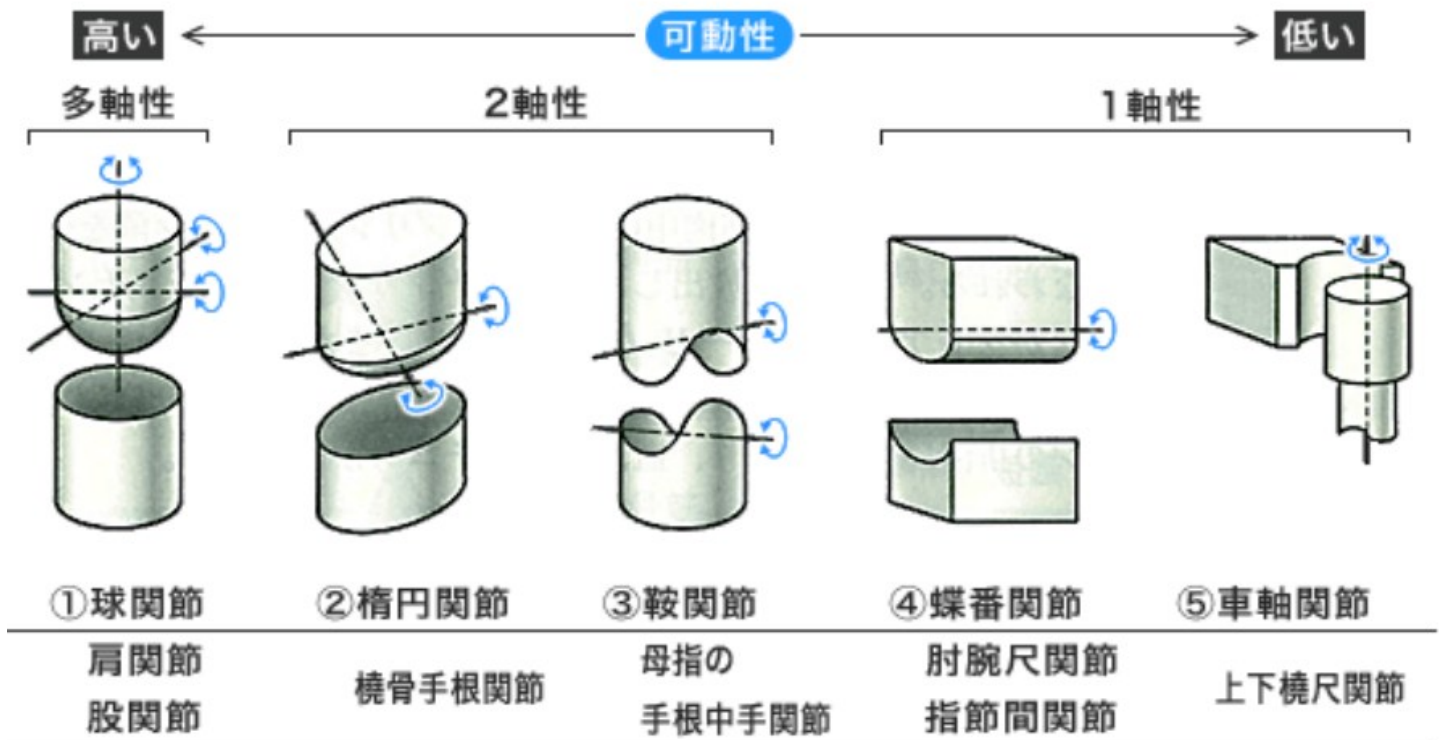


- (1) 関節腔：骨端同士の隙間
- (2) 関節包：関節腔を囲んで閉鎖空間にする袋
- (3) 滑膜：関節腔の内壁に存在し、滑液を分泌し、関節の動きを潤滑にするほか、軟骨の栄養にもかかわっている。
- (4) 軟骨：関節を構成する骨と骨の間に存在し、衝撃の吸収や摩擦の軽減など、クッションの役割を果たしている。

※関節軟骨と滑液の間で水分移動起こることによって荷重負荷の衝撃を吸収している。

- (5) 半月板：関節包と密につながり、関節腔を不完全に分け、関節面の接触をよくする(例：膝関節)。
- (6) 靭帯：丈夫な線維が発達。関節の安定・運動の方向や範囲を規制している。

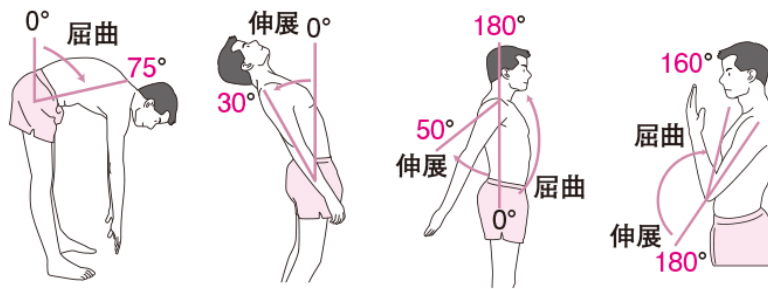
4) 関節の種類



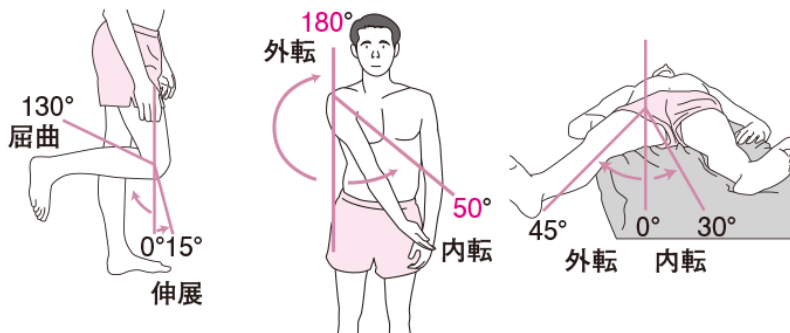
5) 関節の基本運動

- (1) 屈曲：関節の角度が小さくなるような運動
- (2) 伸展：関節の角度を大きくするような運動
- (3) 外転：体肢を身体の中線面から遠ざける運動
- (4) 内転：体肢を中線面に近づける運動
- (5) 回旋：上腕や大腿では長軸を軸としてコマのように回転する運動で、その部分の位置は変わらない。内旋とは内側（中線面に近づくよう）に、外旋とは外側（中線面から遠ざかるよう）に回転すること
- (6) 回内・回外：前腕の回転にだけ使う特別な運動。
前腕を差し出して手のひらを上に向けた位置をとらせる運動。
逆に手のひらを伏せるような位置をとらせる運動を回内という。

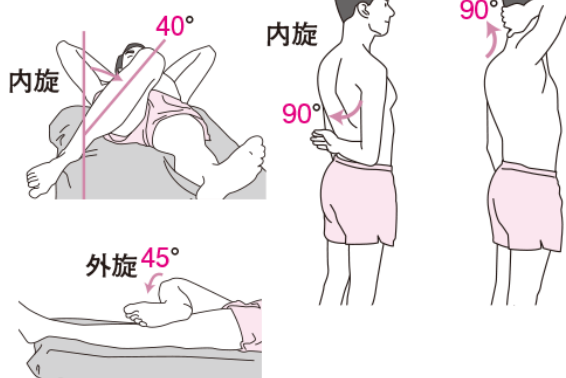
◎屈曲・伸展



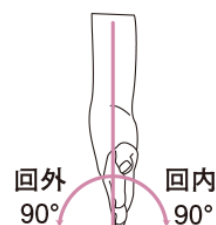
◎内転・外転



◎内旋・外旋

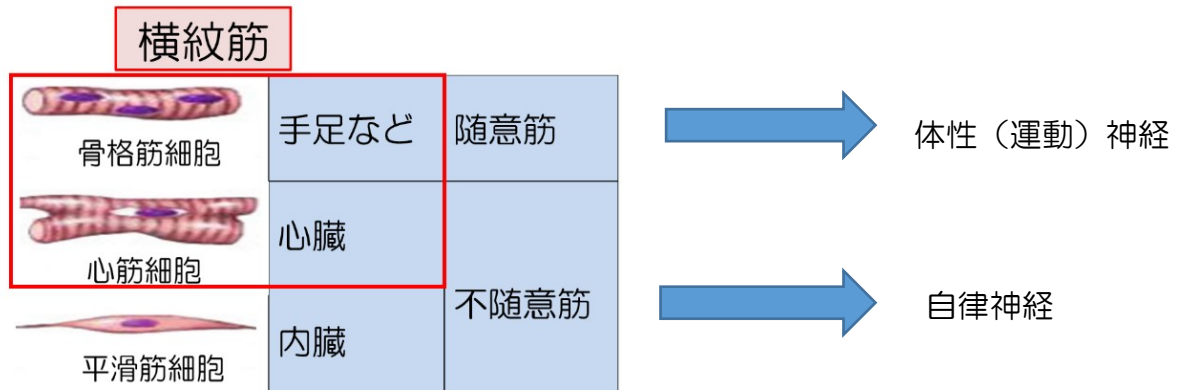


◎回内・回外

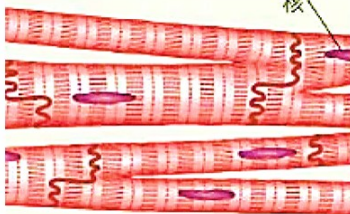


4. 筋（肉）組織

1) 筋の分類：筋は存在部位により、骨格筋、心筋、平滑筋(内臓筋)に分けられる。

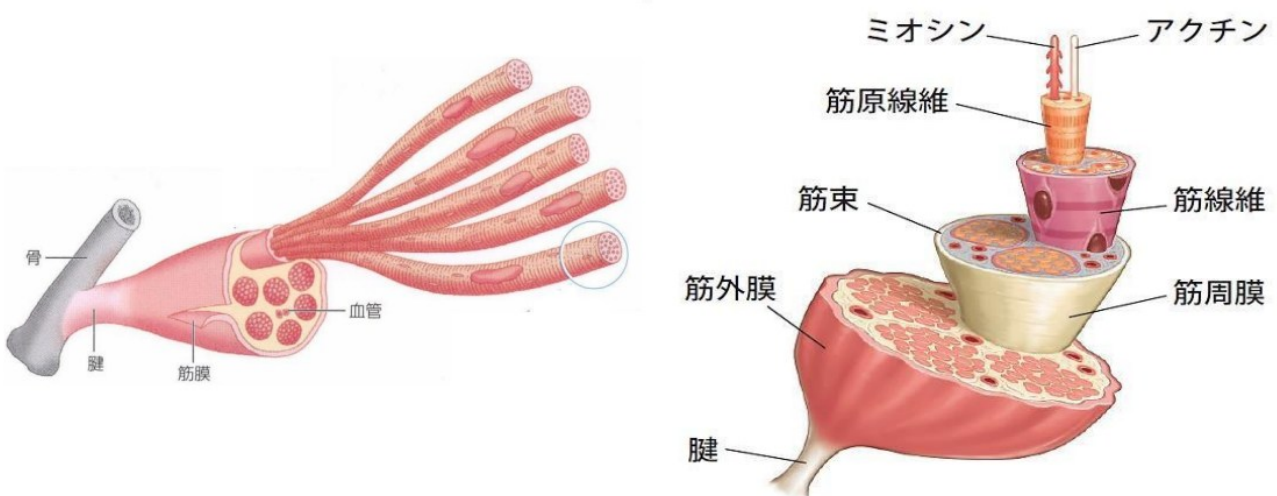


骨格筋・心筋・平滑筋の特徴

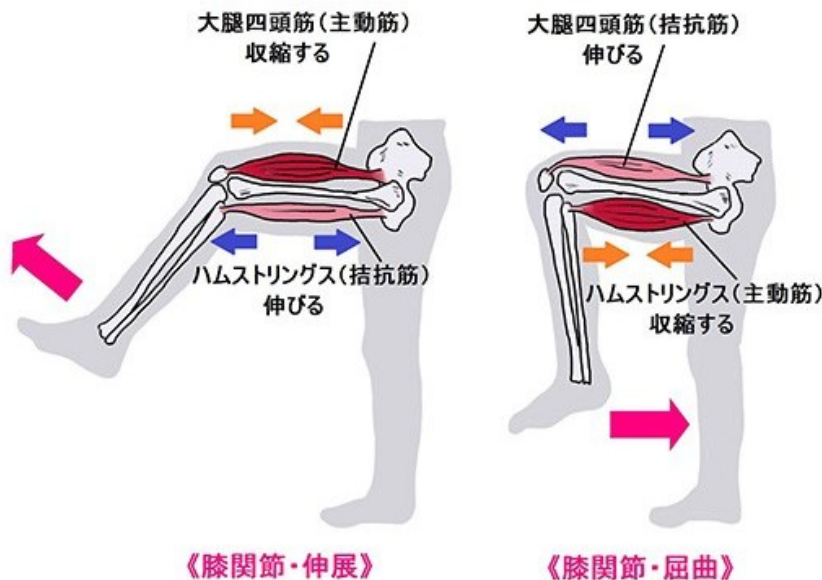
	骨格筋	心筋	平滑筋
体内の場所	骨格などにつく	心臓の壁	中空器官の壁（心臓以外）
筋繊維	横紋筋	横紋筋	平滑筋
収縮の調節	随意筋	不随意筋	不随意筋
神経支配	運動神経	自律神経	自律神経
疲労	起こりやすい	起こりにくい	起こりにくい
役割	運動を起こす 姿勢を保つ 関節を安定させる 熱を発する	全身に血液を送る	体内で物質を移動させる
筋繊維			

2) 骨格筋と腱の構造

- (1) 骨格筋は身体の可動部を動かす筋肉で、部位ごとに腱や骨とつながっている。適切な運動は筋の発達、持久力の向上を促すが、安静状態が長期間に及ぶと、筋の萎縮や退行を引き起こす
- (2) 骨格筋と骨を強固につなぐのが腱である。軟らかい筋のままでは硬い骨に付着することが困難であるため、骨格筋と骨の間に腱が存在する。
- (3) 骨格筋はタンパク質でできた太さの違う2種類の太いミオシンフィラメントと細いアクチンフィラメントからなる。互い違いに並び、筋原線維を作り、それがまとまり筋線維、さらにその集まりが筋束となる。



- (4) 関節運動の中心的役割をする筋を主動筋、逆の作用をする筋を拮抗筋という。主動筋と拮抗筋の協調によって細かな運動や力加減が可能となる。また複数の筋が同じ方向に協力して働くときは協同筋という。筋は、収縮するときには力を出す、のびるときには積極的にはたらくのではなく、拮抗筋の作用により引きのばされる。



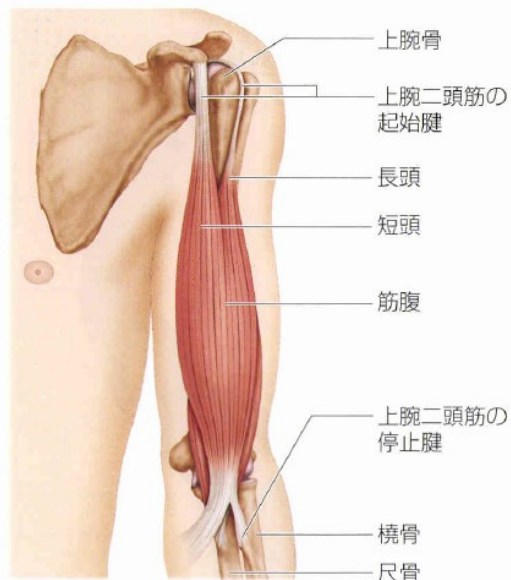
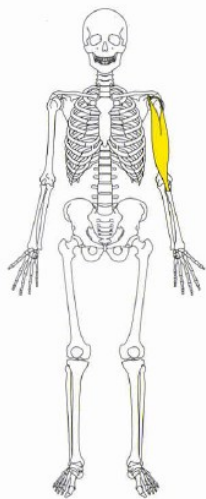
作用と拮抗

関節	運動と作用する筋肉	
肩関節	外転：三角筋	内転：大胸筋
肘関節	屈曲：上腕二頭筋	伸展：上腕三頭筋
股関節	屈曲：腸腰筋	伸展：大殿筋
	外転：中殿筋・小殿筋	内転：内転筋群
膝関節	屈曲：大腿二頭筋	伸展：大腿四頭筋
足関節	背屈：前脛骨筋	底屈：下腿三頭筋

3) 骨格筋の構成要素

(1) 起始・停止

筋の両端のうち、身体の中心に近いほう（移動性の少ないほう）の端を起始、遠いほう（移動性の多いほう）の端を停止とよぶ。



○ 図 7-9 筋の形状(上腕二頭筋)
筋の身体の中心に近いほうの端を「起始」、遠いほうの端を「停止」とよぶ。

(2) 起始に近い部分を筋頭、停止に近い部分を筋尾、中間部を筋腹とよぶ。

筋の起始と停止の位置を知れば、筋の作用がわかる。

4) 筋の種類



紡錘状筋
筋の基本となる形状。筋線維が腱と並行に配列し、その両端が細く中央部分が太い。
① 上腕筋



羽状筋
筋線維が腱に向かって斜めに配列し鳥の羽のように見える。羽状筋が両側にある。
① 大腿直筋



半羽状筋
斜めに走行する筋が片側のみにある。
① 後脛骨筋



多羽状筋
複数の羽状筋が1つの筋をつくる。
① 三角筋



二頭筋
筋頭が2つある。
① 上腕二頭筋



多腹筋
筋腹が複数の腱で分かれている。
① 腹直筋



鋸筋
のこぎり状に見える筋。
① 前鋸筋



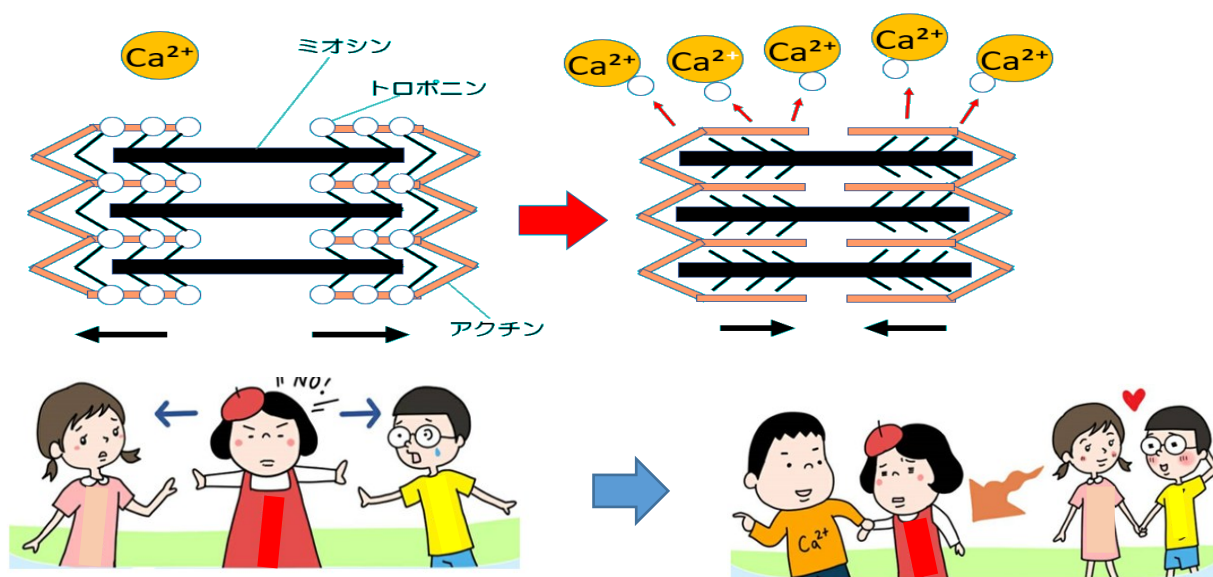
板状筋
板状の筋。
① 外腹斜筋



方形筋
四角形で扁平な筋。
① 腰方形筋

5) 中枢神経系～筋収縮までのメカニズム

- (1) 大脳からの運動指令：大脳皮質の運動野で運動指令が生じ、脊髄へ向かう
- (2) 脊髄での連絡：指令は脊髄を通過して末梢へ向かう
- (3) 運動神経の軸索では活動電位によって信号（情報）が伝わる。
- (2) 軸索からの信号がシナプス（接触部位）に到達する。
- (3) 運動神経の末端から神経伝達物質（アセチルコリン）が放出される。
- (4) 神経伝達物質の刺激は、筋肉細胞内にある筋小胞体からカルシウムイオン（ Ca^{2+} ）を放出させる。
- (5) カルシウムイオンがアクチン上のトロポニンに結合する。
- (6) ミオシン頭部がアクチンに結合して連結橋を形成する。
- (7) 結合の際に、ミオシン頭部がATPをADPに加水分解する。
- (8) ミオシンのADPが外れることによってミオシン頭部の角度が変わり、その際にアクチンが引っ張られる。



アクチン トロポニン ミオシン *フィラメントを省略している。

6) 筋収縮の種類

- (1) 等尺性収縮：筋が長さを変えずに張力を発揮する収縮
- (2) 等張性収縮：筋が長さを変えながら一定の張力を発揮する収縮