

# 生 理 学

生理学とは —— 正常な生物体における身体の働き、生命現象の機序を研究する自然科学である。

生体の示す特殊な現象を、生命現象という。

生理学には、器官又は、器官系統に特有な機能を研究する器官生理学と、細胞又は、組織の機能を研究する細胞生理学（又は、一般生理学）とが区別される。

また、対象によって、動物生理学・植物生理学・人体生理学・比較生理学などに分けられる。

## 【 細 胞 】

細胞は、人体をつくる最小基本単位で、形や大きさはさまざまであり、球形、紡錘形、扁平形、円柱形、立方形、多角形のものなどがある。大きさは、平均直径が10～30 $\mu$ 、小さいものでは、血小板2～3 $\mu$ 、大きいものでは、卵細胞200 $\mu$ がある。

赤血球は7.5 $\mu$ であり、大きさの基準とされることがある。

細胞は、原形質の塊で、その成分は全量の2/3が水分で、そのほかに10～30%の有機物（タンパク質・脂質・糖質）と1%の無機塩類（ナトリウム・カリウム・カルシウム・マグネシウム・リン・イオウ・フッ素・塩素・鉄・銅・ヨウ素・亜鉛など）である。

◎ タンパク質 エネルギー源となるほかに、体の細胞をつくる主な材料として重要である。又、酵素やホルモンをつくる主成分でもある。加水分解すれば、多数のアミノ酸になる。

アミノ酸は、アミノ基（NH<sub>2</sub>）とカルボキシル基（COOH）とを有する化合物で、酸ともアルカリとも結合する両性物質である。

◎ 脂 質

アルコールと脂酸の結合したもので水に溶けないが、エーテル、クロロフォルム、ベンゼンなどには溶けやすい。エネルギー源としてもっとも高カロリーであり、体内では原形質膜の構成要素、皮下脂肪、血液中のコレステロール、中性脂肪などとして、いろいろな役割をもっている。

◎ 糖 質  
(炭水化物)

体内では、グリコーゲンとして肝臓や筋肉に多く貯蔵され、血液中では、ブドウ糖として一定量(約0.1%)含まれている。C、H、Oの3元素からなり、分子式は一般に  $C_m(H_2O)_n$  の形である。

① 単糖類

これ以上加水分解できない。一般式は、 $C_nH_{2n}O_n$   
炭素の数によって名称が違って来る。

例、グリセロール  $C_3H_6O_3$

グルコース(ブドウ糖)  $C_6H_{12}O_6$

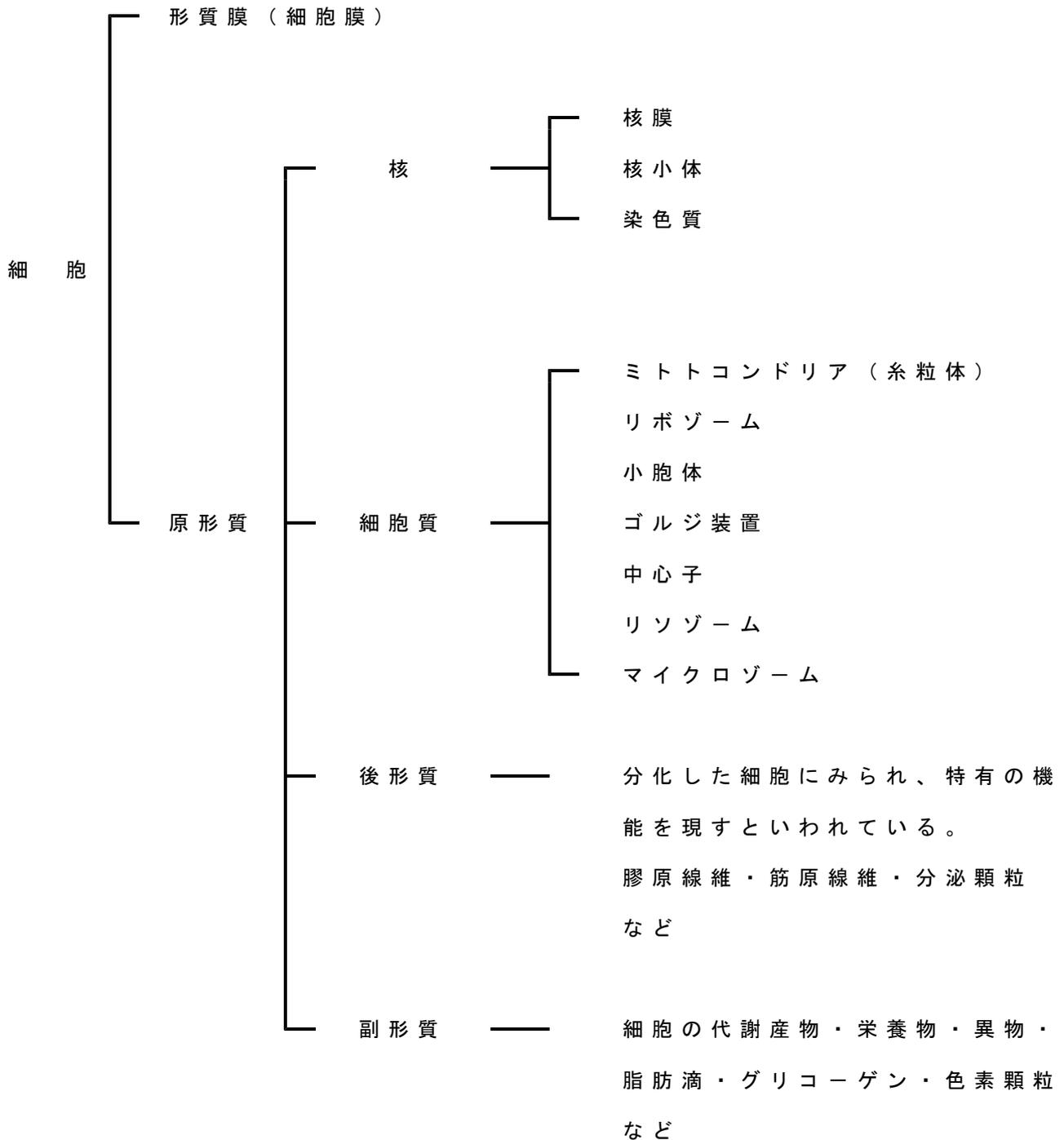
② 二糖類

単糖類2分子が結合し、水1分子を失ったもの(これをグルコシド結合という)。たとえば、蔗糖(サッカラーゼ) ブドウ糖+果糖、乳糖(ラクトース) ブドウ糖+ガラクトース、麦芽糖(マルトース) などがある。これらは、すべて単糖類にまで分解されてから吸収される。

分子式は一般に  $C_n(H_2O)_{n-1}$

③ 多糖類

単糖類の分子が多数集合してできた巨大分子化合物である。加水分解によって、10個以上の単糖類を生ずるもの。たとえば、澱粉、グリコーゲン、セルロース などである。



### ( 1 ) 形質膜 (細胞膜)

細胞原形質と外界との境界膜で、主にタンパク質と脂質からできており厚さは75～100オングストローム 1オングストローム=1千万分の1ミリ物質は、この膜によって選択的に細胞内に取り入れられるが、この膜透過性及

び、その機序は細胞の種類やその環境の変化などによって異なっている。

## ( 2 ) 核

細胞の核は、核膜によって原形質と隔てられ、その内部に染色質を含み、核小体がある。

- ① 核 膜            小胞体から分化した2枚の膜からなり、ところどころに直径500～1000オングストロームの小孔がみられる。これを核膜孔といい、核質と細胞質との物質交換の通路と考えられている。
  
- ② 核小体            タンパク質合成に重要なリボ核酸（RNA）を合成し、核内及び、細胞質内に供給するとともに染色体とも密接な関係があると考えられている。
  
- ③ 染色質            核質の主成分で塩基性色素に染まりやすく、一般に不規則で不透明な網状を呈している。染色質の本体は、デオキシリボ核酸（DNA）で、細胞分裂時に出現する染色体は、これの重合したものと、タンパク質とが結合したものと考えればよい。

## ( 3 ) 細胞質

細胞質内には、種々の細胞内小器官のほかに、色素や顆粒状のグリコーゲン、脂質、不溶性の結晶となった老廃物などが存在する。

### ① ミトコンドリア（糸粒体）

ソーセージのような形をした小器官で、細胞内に数百から数千も存在する。一

般に分化の低い細胞ほど顆粒状、高分化の細胞ほど棒状を呈し、隔壁を形成している。ミトコンドリア内には、多数の酵素が存在し、次の2つに大別できる。

(7) 可溶性酵素 主として糸粒体膜から遊出する酵素で、クエン酸回路系の酵素及び、タンパク質、脂質の合成に関係する酵素などがある。糸粒体基質に存在する。

(1) 膜結合性酵素 膜に結合している酵素で、A T P (アデノシン3リン酸) を合成する酸化リン酸化反応に関係する酵素や、A T P を分解して高エネルギーリン酸結合によるエネルギーを放出させるA T P 分解酵素などがこれに当たる。主として糸粒体膜、稜に存在する。

また、糸粒体内顆粒には、これらの酵素作用を補助する $Ca^{2+}$ などの2価の陽イオンが含まれている。

ミトコンドリアでは、これらの酵素によってエネルギーを産生し、A T P の形で貯蔵し、必要に応じてエネルギーを放出させる。いわば細胞のエネルギー交換器といえる。

※ 組織呼吸及び、A T P 生産の中心と考えられる。

## ② リボゾーム

直径約100~150オングストロームの顆粒でタンパク質合成の活発な細胞に多くみられる。約60%のリボ核酸と約40%タンパク質とからなる。

また、リボゾームには小胞体に付着している付着リボゾームと、付着せず細胞質中に遊離している自由リボゾームとがある。前者は、主として細胞外に分泌されるタンパク質合成に、後者は、細胞自体で使われるタンパク質合成に関係があるとされている。

数個から30個以上のリボゾームが微細な糸でつながり、小集団を作っている場合をポリゾームといい、同様にタンパク質合成の役割を果している。

### ③ 小胞体

一般に分泌機能の活発な細胞に多く、嚢状、小管状を呈した小胞体腔が原形質内に存在する。その構造は、形質膜と同様で、一般に核膜、形質膜と連絡している。

(7) 粗面小胞体 一般に扁平嚢状で、その外面にリボゾームが付着している。タンパク質の合成に関与し、また合成されたタンパク質の貯蔵や細胞外への移送にも関係している。

(1) 滑面小胞体 多くは小管状で、その外面は平滑でリボゾームが付着していない。粗面小胞体と部分的に連絡していることが多い。機能的には、

(a) 肝細胞における脂質とコレステロールの代謝

(b) 精巣や副腎皮質の細胞におけるステロイドホルモンの合成

(c) 胃壁細胞における  $\text{Cl}^-$  の分泌

などがある。

### ④ ゴルジ装置

厚さ60～80オングストロームの膜に包まれた扁平なゴルジ嚢が嚢状に並び、周辺にゴルジ小腔やゴルジ腔がある。機能的には、まだ不明の点が多く、細胞内の分泌物、合成されたタンパク質などの貯蔵に関係している。また、精細胞中のゴルジ装置は、精子の尖体形成にも関係している。

### ⑤ 中心子

中空円筒形で、一般に2個の中心子が長軸を直角に向けて並んでいる。この2個の中心子を合わせて中心小体と呼んでいる。

中心子は、細胞分裂に際し紡錘体を形成し、分裂軸を決定するといわれ、精子の鞭毛や線毛上皮細胞の線毛形成にも関与している。

## ⑥ リソゾーム（細胞の消化器官）

直径 0.2~0.5 $\mu$  の限界膜に覆われ、弱酸性の下でタンパク質・核酸・糖質などを分解する酸性水解酵素を含んでいる。

細胞内の異物や、老化した構造物質などをこれらの酵素によって分解処理する作用がある。また、ゴルジ装置で生成されると考えられている。

◆ グリコーゲン、核酸などが加水分解され、アミノ酸、ブドウ糖、リン酸などの小さな分子ができ、細胞質中に拡散する。残存物は、細胞外に排出されるか、細胞質中で溶解する。

## ⑦ マイクロゾーム

細胞質内に無数に存在する小顆粒を総称して、マイクロゾームという。

細胞膜、小胞体などの破片など。

## 【細胞分裂】

有糸分裂（間接分裂）と無糸分裂（直接分裂）とがある。

### （１）有糸分裂（間接分裂）

- |         |   |
|---------|---|
| ① 静止期   | 細胞が発育し、内容物が倍加すれば有糸分裂が開始される。                       |
| ② 前期 I  | 染色体形成 中心小体両極移動                                    |
| ③ 前期 II | 紡錘糸を形成し、この上に染色体が一行に配列する。<br>核小体と核膜が消失する。          |
| ④ 中期    | 染色体は、細胞の赤道部に集まる。                                  |
| ⑤ 後期 I  | 各々の染色体は、長軸方向に分割し、新しく分かれた2個の染色分体になる。               |
| ⑥ 後期 II | 分かれた染色分体は、両極に向かって移動する。<br>中心子は、新しい中心小体となるために分裂する。 |

- ⑦ 終 期 I 細胞形質が収縮する。両極の染色体は、それぞれ集合し、縮小しはじめる。
- ⑧ 終 期 II 新しい核膜が形成される。核小体が出現する。
- ⑨ 細胞 2 分 新細胞ができる。

#### (2) 無糸分裂 (直接分裂)

染色体を形成することなしに、また、核膜が消滅することなしに、核がくびれて切れる。無糸分裂は、まれにみられる例外である。

## 第 1 章 第 2 節 物質代謝

栄養素は、体内に吸収された後、いろいろの過程を経て体外に排泄される。この間に、新旧物質の交換が行われる。

#### 【 同 化 作 用 】

取り入れた栄養素を材料として、新しい細胞をつくり、不足した成分を補充する作用。

#### 【 異 化 作 用 】

細胞に取り入れられた栄養素を燃焼して、体温を保ち、各細胞組織がそれぞれ固有の機能を営み、また、それらの分解産物を体外に排泄する作用。

いかえれば、生体にとって同化作用は、建設的であり、異化作用は、破壊的であるといえる。

この両者を合わせて、代謝という。代謝を円滑に、能率よく働かせているものが、組織に運ばれた  $O_2$ 、細胞内の酵素、ビタミン、ホルモンなどで、神経系もこれらの調節に関与している。

【 酵 素 】 700種以上の異なる酵素が知られている。

生体内に栄養物として、取り込まれた物質は、いろいろな化学反応を経てエネルギーを産生したり、体成分に合成されたりする。また、体成分も常に分解されて入れ変わっている。このような体内の物質の変化を代謝というが、生体内で起こる幾多の化学反応を触媒するのが、酵素である。

酵素は、主にタンパク質よりなっている。タンパク質以外の成分を含んでいることもあり、これを補助因子という。これらは、カルシウムイオンやマグネシウムイオンなどのような金属の場合もあり、あるいは、有機物質のこともある。

有機物質の場合、これを補酵素（助酵素 c o 酵素）という。多くの補酵素は、ビタミンから体内で合成されたものである。

酵素のタンパク部分を、アポ酵素というが、これだけでは活性がない。補助因子（補酵素 助酵素）が存在して、活性を持つようになる。これを、ホロ酵素という。

ホロ酵素 = アポ酵素 + 補助因子（補酵素） （活性がある）
------------------------------------

### （１）酵素の触媒作用（なかだち）

触媒とは、それ自身は反応の前後で変化せず、化学反応の変化を速めるが、その反応の平衡を変えないものをいう。

### （２）酵素の性質

- ① 基質特異性 酵素と反応する物質を基質という。  
がある。 酵素反応は、まず酵素と基質が結合することによって始まる。酵素と基質の間には、鍵と鍵穴のような関係があり、一つの酵素は、一つの基質、あるいは、ある限られた基質だけと反応する。

- ② 少ない量で、多量の物質に対して作用する。

③ 至適 pH がある。

④ 最適温度がある。一般的に化学反応は、温度が高くなると速くなる。酵素反応も同様であるが、酵素はタンパク質から成り立っているので、温度が高くなりすぎると、熱変性を起こして不活性となる。

### (3) 酵素の分類

酵素は、その触媒する反応によって、6つに分類されている。

① オキシドリダクターゼ (酸化還元酵素)

② トランスフェラーゼ (転移酵素)

③ ヒドロラーゼ (加水分解酵素)

④ リアーゼ (付加または除去酵素)

⑤ イソメラーゼ (異性化酵素)

⑥ リガーゼ (合成酵素)

また、細胞内酵素、細胞外酵素という分け方もある。

## 第3節 体液の物理化学的現象

### 1. 溶液と浸透圧

#### (1) 溶液

ある物質が液体の中に溶けている状態を溶液といい、溶けている物質を溶質、溶かしている液体を溶媒という。

溶媒が、水の場合を水溶液という。

#### (2) 拡散

濃度の異なる溶液の間においては、物質は、外力の作用なしに、濃度の大きい方から、小さい方へ移動し、濃度を平均化しようとする。これを、拡散という。

血液と組織との物質交換やガス交換の過程において重要な意義を持っている。

### (3) 浸透圧

溶媒は通すが、溶質を通さない膜を半透膜という。このような膜で、濃度の異なる溶液を隔てると、溶媒が膜を通過して薄い溶液から、濃い溶液の方へ浸入する。

この現象を、浸透といい、溶液側に生ずる圧力を、浸透圧という。

浸透圧は、溶液の濃度に比例する。

浸透は、膜の両側の溶液中の分子の運動により起こるもので、次のように説明できる。膜の両側の個々の分子の活動性は、分子の運動を左右する温度が両側で等しいため、ほぼ等しい。しかし、膜の一方では溶質が一部水分子と置き変わっているため、水分子の濃度が低い。

そのために溶質を含む側での水分子の膜細孔に衝突する頻度は、純水の側に比べて少なくなる。

そのために、純水側より溶質側へ向けて水分子の移動が起こる。

生体において、細胞内と体液の浸透圧は、平衡状態であり、これと等しい浸透圧をもつ溶液を等張溶液という。

もし、細胞をこれより低い浸透圧の液（低張溶液）に入れると、水が細胞内に浸透して細胞は膨大し、ついに破壊される。

反対に高い浸透圧の液（高張溶液）の中に入れると、原形質の水分を失って、縮小してしまう。

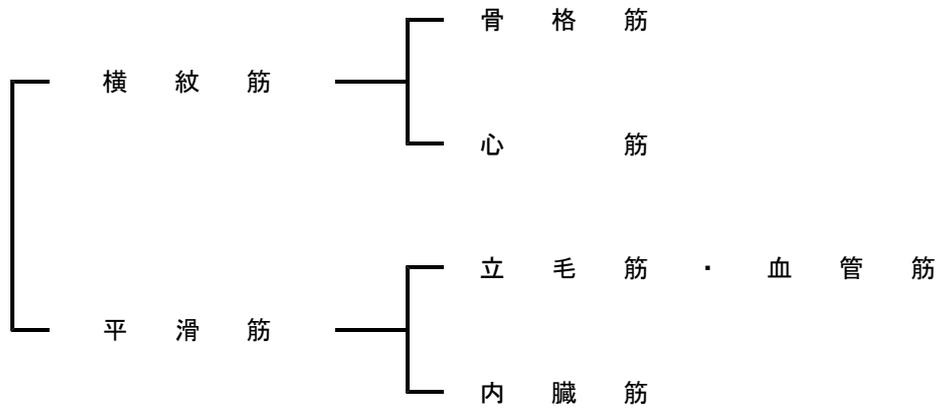
体液の浸透圧を一定に保つことは、細胞機能を営む上で重要なことである。

## 2. 体液

一般に、体内の水分を主とする液体成分を体液と呼び、成人では、体重の60%を占めている。体液は、細胞内液（45%）、細胞外液（15%）に分けられる。さらに、細胞外液は細胞間隙にある組織液（10%）と血漿・リンパ・脳脊髄液などの管内体液（5%）に分けることができる。

# 第 2 章 筋

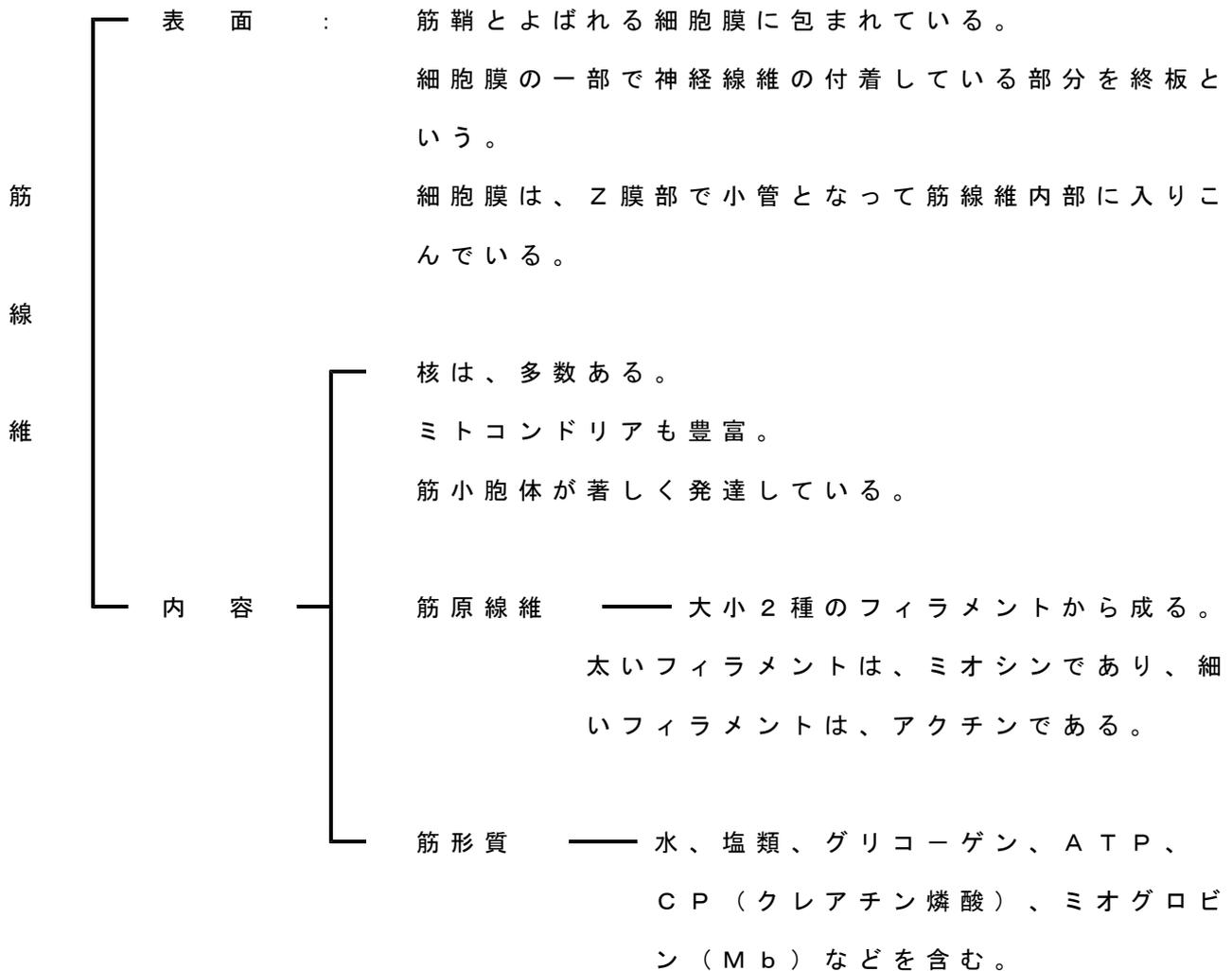
## 【筋の分類】



## 第 1 節 横紋筋

### 1. 横紋筋の構造

多数の横紋筋線維の集合体であって、各筋線維の太さは、 $10 \sim 100 \mu$ 、長さ  $5 \sim 12 \text{ cm}$  である。

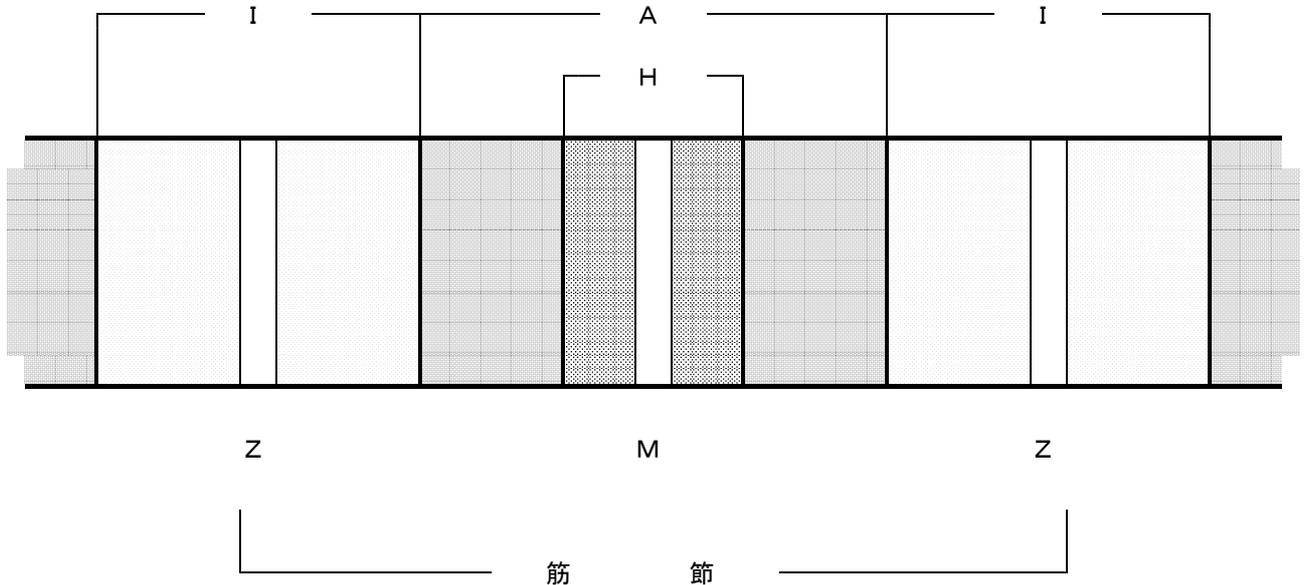


### 【 横 紋 】

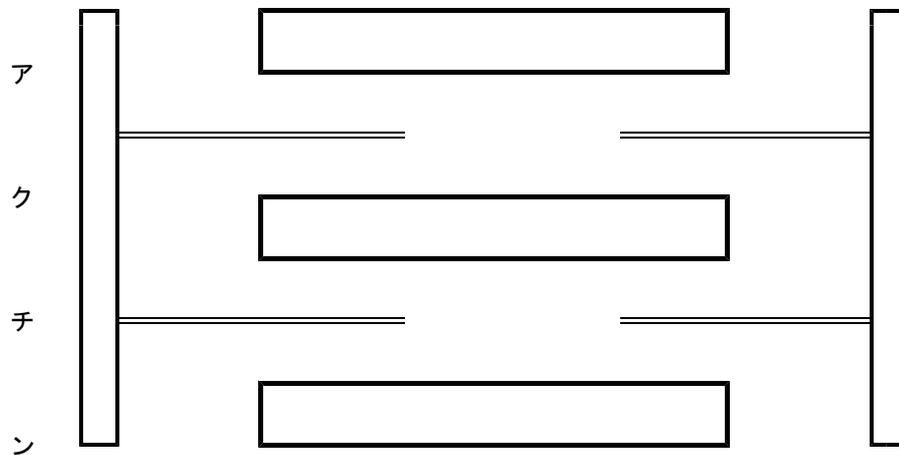
顕微鏡下に見ると、筋線維には明帯と暗帯の横縞が見える。これを横紋という。

- ① 明 帯            等方帯または、I帯ともいう。複屈折性は弱く、明るく見える。  
I帯の中央にみられる横線をZ膜という。1つのZから次のZまでを1つの単位とし筋節という。
- ② 暗 帯            暗帯が暗く見えるのは、複屈折性が強いからであって、この部  
を不等方帯または、A帯という。A帯の中央部にH帯が区別され、さらにその中央にみられる線を中膜（M）という。
- ③ 筋フィラメントの局在    :    A帯は、ミオシンフィラメントのあるところ  
である。アクチンフィラメントは、I帯にあり、

一端は、Z膜に付着しているが、他端は、A帯のミオシンフィラメントの間隙に入りこんでいる。



### ミオシン



横紋筋は外見上、赤（色）筋と白（色）筋に区別される。

### 【 赤 筋 】

持続的や繰り返される運動に適している。赤色の色素を含む。

## 【 白 筋 】

敏速な単一の運動を行うのに適しているが、疲労しやすい。

横紋が密で、核が多数あり、筋鞘直下にある。

## 2. 筋の収縮

### 【 単 収 縮 ( 攣 縮 ) 】

筋に単一刺激を加えると、1回収縮し、弛緩する。これを、単収縮（攣縮）という。

### 【 収 縮 の 種 類 】

#### ( 1 ) 等 張 力 性 単 収 縮 ( 等 張 性 収 縮 )

筋の一端を固定し、他端に負荷をかけて収縮させると、収縮した筋の張力は一定になる。これを等張力性単収縮（等張性収縮）という。

#### ( 2 ) 等 尺 性 単 収 縮 ( 等 尺 性 収 縮 )

筋の両端を固定して、収縮させた場合を等尺性単収縮（等尺性収縮）という。この場合、収縮はできないが張力は、増す。

### 【 攣 縮 の 加 重 】

適当な間隔で二つの刺激を加えると、単一刺激の場合よりも大きい収縮が得られる。この現象を攣縮の加重という。

不 応 期 : 興奮の起こっている間、またはその直後に加えられた次の刺激に対して興奮性が低下しているか、全く失われている時期のこと。

【 強 縮 （ 強 直 ） 】

2つ以上の刺激を反復して加えると、刺激頻度が適当なら各単収縮は加重されて、連続的な大きな収縮となる。これを、強縮（強直）という。

【 収 縮 の 伝 播 】

両 側 性 伝 播 : 筋の収縮は、刺激部より両側に向かって伝わる。

絶 縁 伝 播 : 刺激を受けた筋線維のみに限り、隣接の線維には伝わらない。

伝播速度は、人では10~13m/secである。

3. 筋と神経の連絡

【 感 覚 神 經 線 維 の 分 類 】

		直径 ( $\mu$ )	伝 導 速 度 ( m / s e c )	受 容 器	適 当 刺 激
I a 群	A $\alpha$	20 ~ 12	120 ~ 70	筋 紡 錘	張 力
I b 群	A $\alpha$	20 ~ 12	120 ~ 70	腱 紡 錘	張 力
II 群	A $\beta$ , $\gamma$	12 ~ 5	70 ~ 30	触 圧 受 容 器	圧 力
III 群	A $\delta$	5 ~ 2	30 ~ 12	自 由 終 末 ( 痛 覚 )	侵 害 刺 激
IV 群	C	1 ~ 0.5	2 ~ 0.5	自 由 終 末 ( 痛 覚 )	侵 害 刺 激

※ B線維は、直径3 $\mu$ 以下の自律神経の有随線維。

伝導速度は、3 ~ 15 (m/sec)。