

解剖学Ⅱ

第2回

解剖生理学のための基礎知識(細胞)

参考テキスト

系統看護学講座 専門基礎分野

人体の構造と機能〔1〕 解剖生理学 第11版

27～42ページ

講師

渡邊 達三

第1章：解剖生理学のための基礎知識

～本章で学ぶこと～

構造からみた人体

人体の階層性

⇒人体の構造・機能の深さと広がりを知る

体表からみえる人体の部位

⇒構造のあらましを知る

人体のさまざまな器官

構造と機能、部位を結びつける

素材からみた人体

細胞レベルでも人体を知る

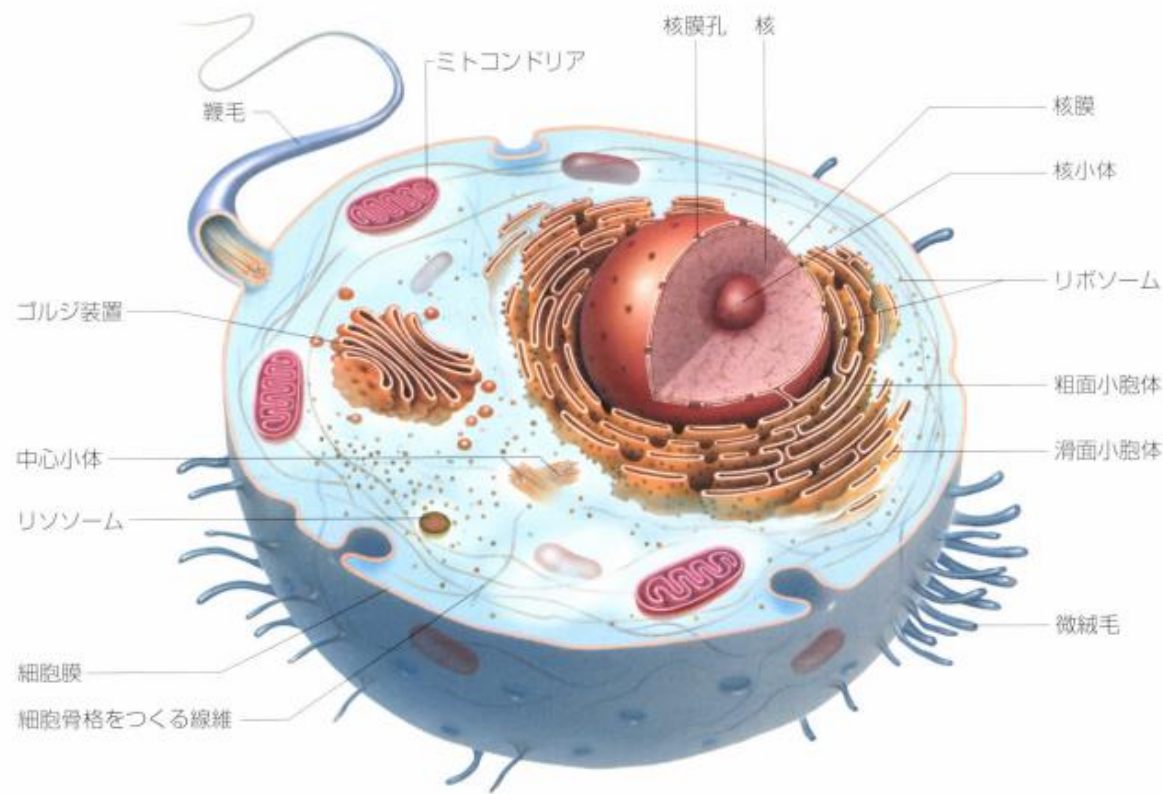
素材からみた人体

細胞レベルで人体を知る

1. 細胞の構造
2. 細胞を構成する物質とエネルギーの生成
3. 細胞膜の構造と機能
4. 細胞の増殖と染色体
5. 分化した細胞がつくる組織
6. 腔所を包む組織

細胞の構造

- 人体の様々な器官は、細胞が集まってできている
- 器官によって細部の種類は少しずつことなる
- 細胞は分裂して新たな細胞を生み出せる生命の単位



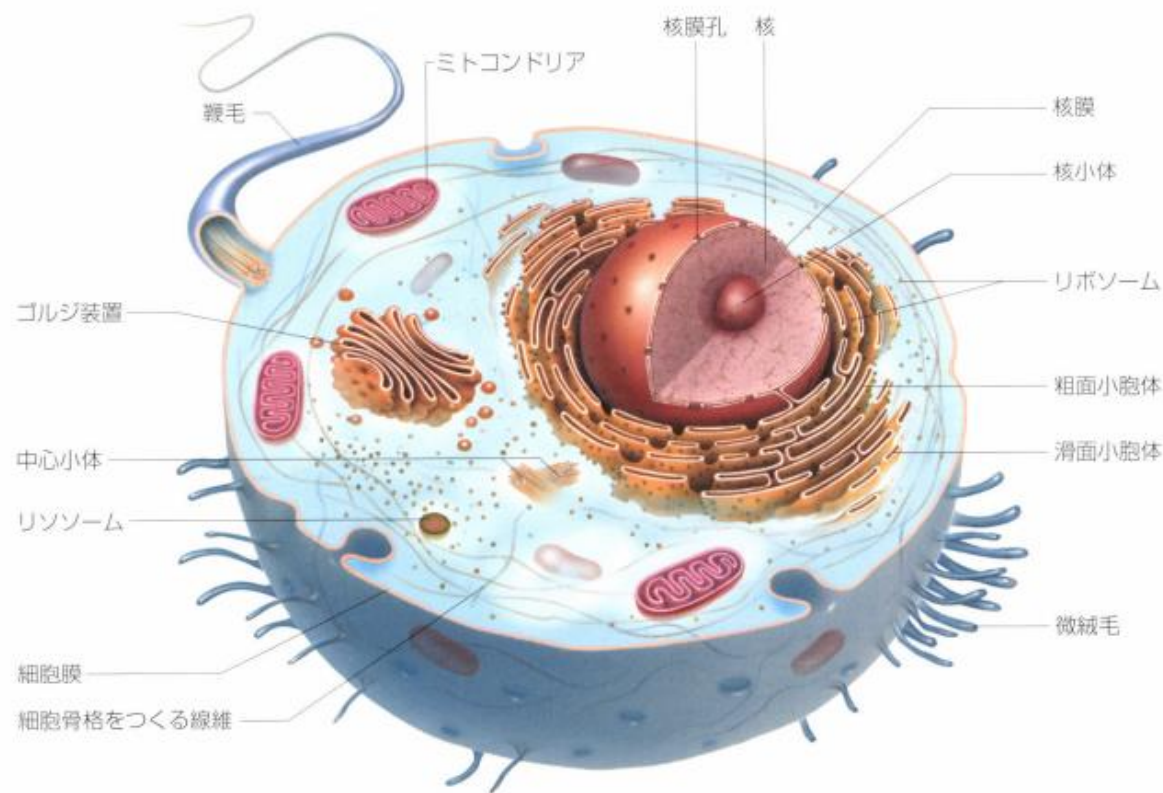
○ 図 1-14 細胞の構造

細胞の形はさまざまであるが、核や細胞小器官といった内部の構造は、多くの細胞に共通してみとめられる。

細胞の構造

生命活動を営むために、細胞は複雑な内部構造をもっている

1. 遺伝情報をたくわえるもの＝「核」
2. 細胞の内容、すなわち「細胞質」にはさまざまな細胞小器官と細胞骨格があり、生命活動を営むとともに秩序を保っている
3. 細胞は二重のリン脂質で構成される1枚の「細胞膜」で囲み、外部と隔てる

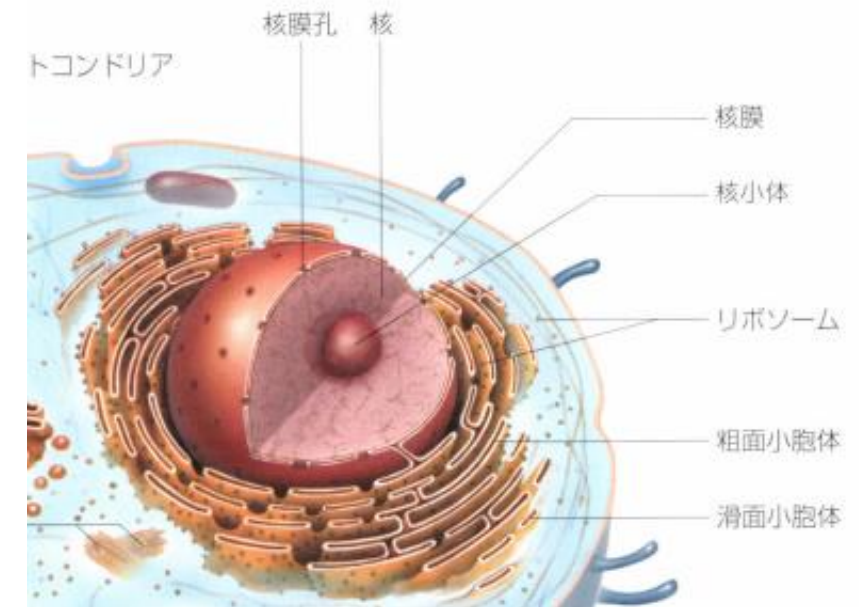


○ 図 1-14 細胞の構造

細胞の形はさまざまであるが、核や細胞小器官といった内部の構造は、多くの細胞に共通してみとめられる。

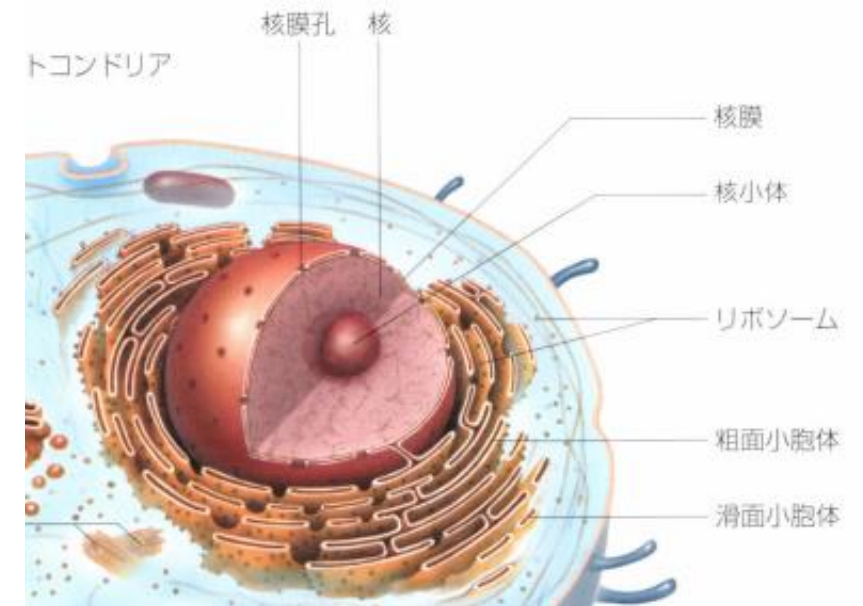
核

- 細胞にはふつう1個の核(細胞核)があり、形はおおむね球形
- 核内は内外2枚の膜(核膜)で包まれている。核膜のところどころには核膜孔があり、核の内部とその外の細胞質の間の交流を可能にしている。
- 核内には網状構造を示す1個ないし複数の核小体が見られる。
- 細胞の種類によって、核の数や形(楕円形や分葉形のものがある)には多少の違いがある



核

- 核にはDNA(デオキシリボ核酸)がヒストンというタンパク質と結合して存在している
- 細胞分裂の際には、DNAとヒストンが凝集して染色体となる
- DNAは遺伝情報をたくわえる分子であり、人体の設計図としての機能している
- 核小体にはRNA(リボ核酸)が集まっている
- RNAはDNAの遺伝情報を写しとり、核から細胞質に運ぶなどのはたらきをする



細胞内小器官と細胞骨格

細胞内小器官

特徴

小胞体

- 細胞質に広がる膜に囲まれた袋で、内区が互いに連絡している
- 小管状、小袋状、扁平嚢状などさまざまな形がある
- 表面にリボソームが付着⇒粗面小胞体 ⇔ 付着しない⇒滑面小胞体

リボソーム (ribosome)

- 小さく顆粒状。粗面小胞体が付着するものと細胞質内に遊離するものがある
- RNA(リボ核酸)をもとにタンパク質を合成する場所
- 粗面小胞体では細胞膜に埋め込まれるタンパク質や細胞外に分泌されるタンパク質が作られる
- 遊離リボソームでは細胞質内で使われるタンパク質が作られる



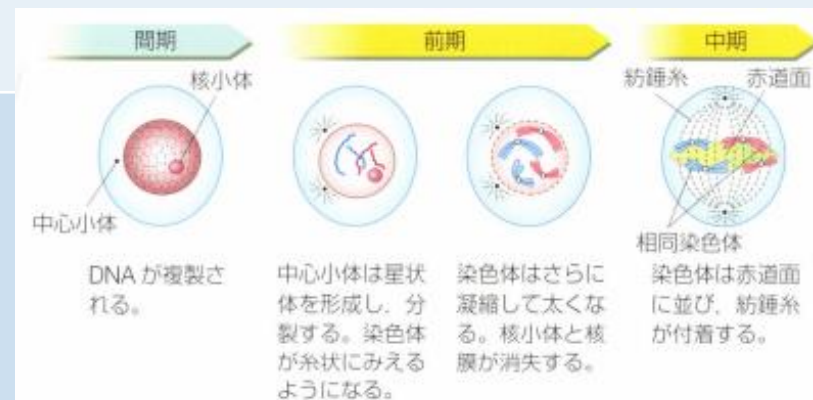
リソソーム (lysosome) 水解小体

- 膜に包まれた球形の小体
- 高分子の物質を加水分解する酵素を多く含む
- 不要になった細胞の構成成分や細胞内に取り込んだ物質を分解する



細胞内小器官と細胞骨格

| 細胞内小器官 | 特徴 |
|-----------------|--|
| ミトコンドリア | <ul style="list-style-type: none"> 0.5～1 μmの球形ないし糸状の構造で、内膜と外膜の二重の袋からなり内膜は内向きに折れ込みひだをつくる 炭水化物や脂肪を酸化する酵素を多く含み細胞内の活動エネルギー源となるATPを効率的に産生する |
| ゴルジ装置 (ゴルジ体) | <ul style="list-style-type: none"> 積み重なった扁平囊のまわりに小胞が集まったもので核の近くによくみられる 粗面小胞体でつくられたタンパク質に糖などつけ加えて細胞表面に運べるようにする |
| 中心小体 (中心体) | <ul style="list-style-type: none"> 2つ1組の中心子からなる。中心子は3本1組の微小管が9組集まり短い円筒をつくったもの。細胞分裂の時に細胞の両極に移動し染色体を引き寄せる中心に |



細胞骨格

特徴

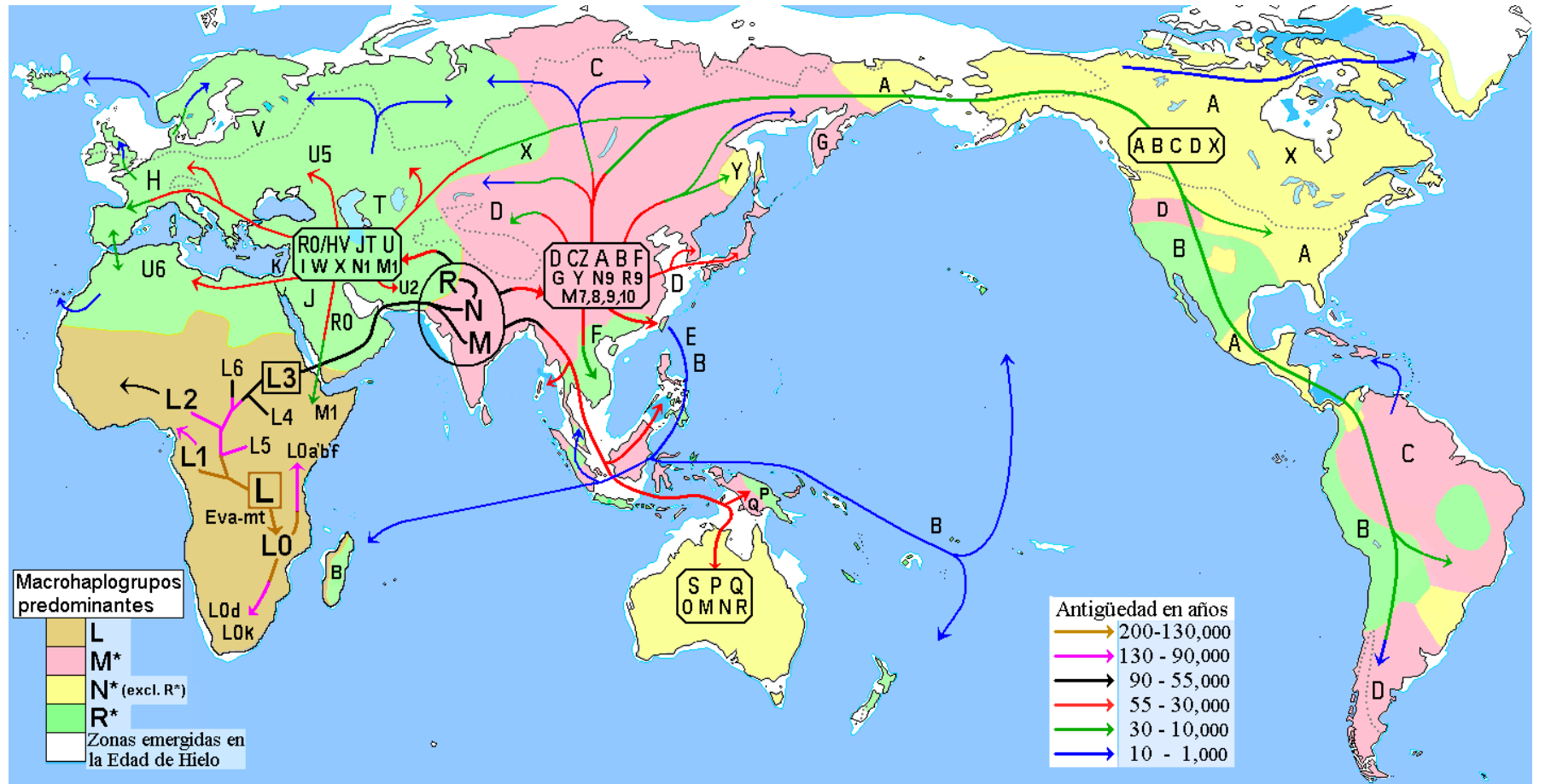
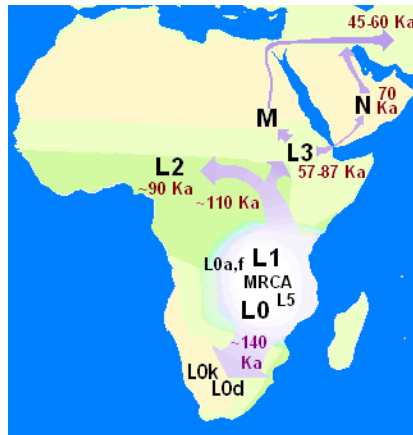


細胞骨格

- タンパク質でできた細胞質内の線維
- 細胞の形を保ったり、細胞の運動をおこしたりする
- 径が5nmほどの微小線維はアクチンというタンパク質 から、径が25nmの微小管はチューブリンというタンパク質 からなる径が10nmほどの中間径線維などもある
- 細胞の種類によって特定の細胞骨格が発達して、突起をつくったり（繊毛と鞭毛には微小管、刷毛縁の微絨毛は微小線維からなる）、収縮装置をつくったりする

ミトコンドリアはどこから来たのか？

「ミトコンドリアイブ」は存在する？



素材からみた人体

細胞レベルで人体を知る

1. 細胞の構造
2. 細胞を構成する物質とエネルギーの生成
3. 細胞膜の構造と機能
4. 細胞の増殖と染色体
5. 分化した細胞がつくる組織
6. 腔所を包む組織

細胞を構成する物質とエネルギーの生成

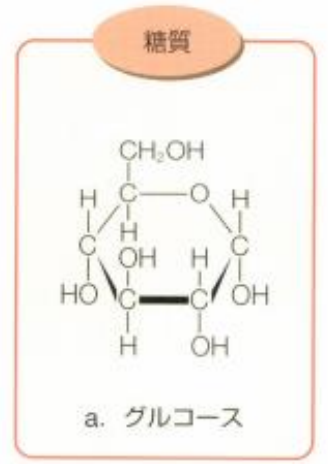
細胞の化学成分

- 細胞内で最もありふれた物質は水
- しかし生命を維持するためにはエネルギー源や人体を形づくる物質も必要となり、代表的なものが
糖質(炭水化物) ・ 脂質 ・ タンパク質 である
- これらの物質は細胞内で分解されてATPが合成され、これが細胞活動のエネルギー源として利用されている
- 生体内の生命維持のためさまざまな化学反応を「代謝」という
- 代謝は大きく2つに分けられ
 1. 物質を分解してエネルギーを取り出す作用⇒「異化」
 2. エネルギーを消費して生態に必要な物質を産生する作用⇒「同化」

細胞の化学成分

糖質

- エネルギー源として重要
- 構造によって単糖類、二糖類、多糖類に分けられる

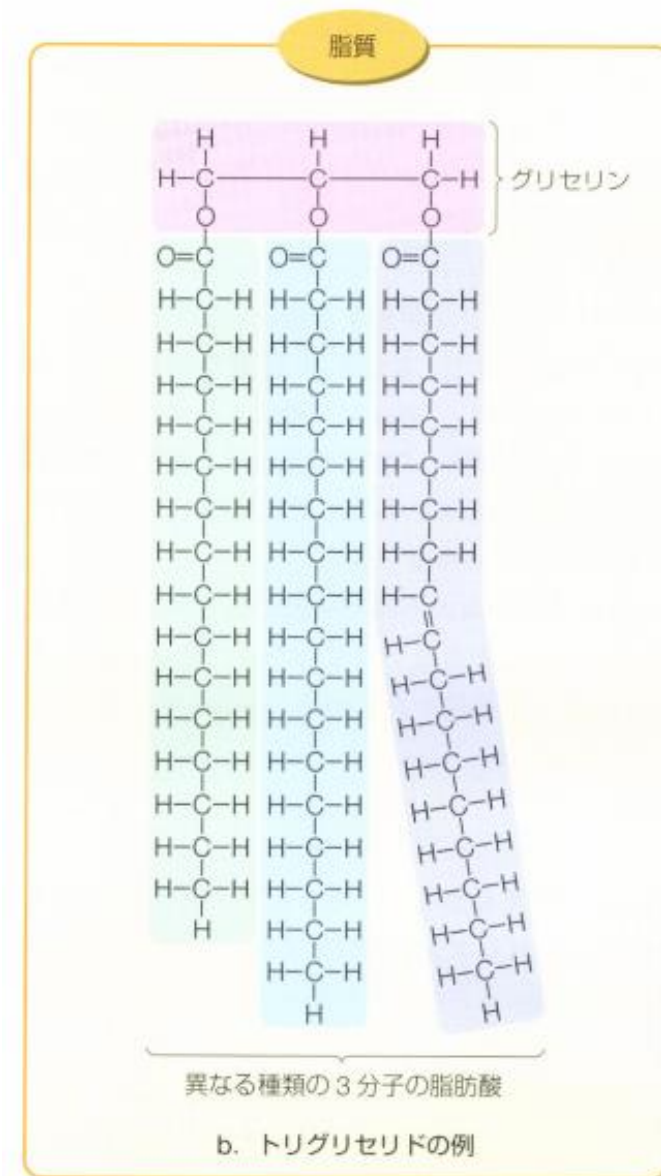


| 糖質の種類 | 特徴 | 代表的なもの |
|-------|---|--|
| 単糖類 | <ul style="list-style-type: none">• 糖質の最小単位• 糖質を消化で分解するときの最終産物 | <ul style="list-style-type: none">• グルコース(ブドウ糖) ⇒エネルギー源の代表• フルクトース(果糖)• ガラクトース |
| 二糖類 | <ul style="list-style-type: none">• 2つの単糖類からなる | <ul style="list-style-type: none">• スクロース(ショ糖⇒砂糖)• ラクトース(乳糖) |
| 多糖類 | <ul style="list-style-type: none">• 数十～数百の単糖類からなる分子 | <ul style="list-style-type: none">• デンプン• グリコーゲン• セルロース |

細胞の化学成分

脂質

- 人体に最も多い脂質はトリグリセリドである。
(=中性脂肪、トリアシルグリセロール)
- トリグリセリドは1分子のグリセリン(グリセロール)に
3分子の脂肪酸が結合した分子
- 細胞膜を構成するリン脂質は、トリグリセリドの3つの脂肪酸のうち、
1つがリン酸基になったものである



細胞の化学成分

タンパク質

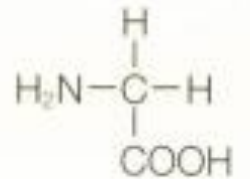
- 100～1万個ほどのアミノ酸が結合してできた長い分子
- タンパク質を合成するアミノ酸は、グリシンやアラニンなどの20種類
- この20種類のアミノ酸が結合する順番と数はDNAの遺伝情報により決められており、非常に多くの種類のタンパク質がつくられている
- アミノ酸が2つ以上結合した物はペプチドと呼ばれる

2つのアミノ酸が結合⇒ジペプチド

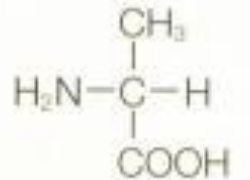
3つのアミノ酸が結合⇒トリペプチド

10～100個のアミノ酸が結合⇒ポリペプチド

アミノ酸



c. グリシン



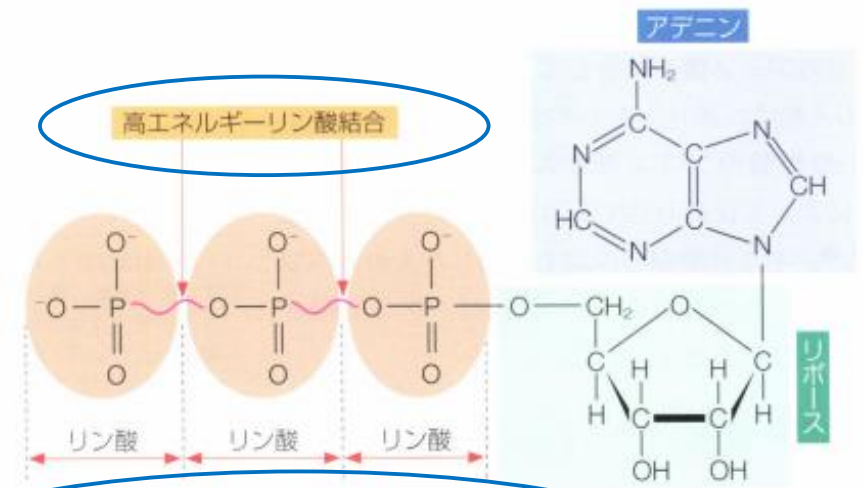
d. アラニン

細胞を構成する物質とエネルギーの生成

エネルギーの変換とATP産生

- グルコースなどを分解して取り出したエネルギーはそのまま使われるのではなく、**いったんATP(アデノシン三リン酸)をつくるのに使われる。**
- ATPは**エネルギーが必要になった時に分解され、エネルギーが取り出されることから、エネルギーの通過**のような役割を果たしている。
- エネルギーを取り出すためにATPからリン酸が1個外れたものをADP(アデノシン二リン酸)、2個外れたものをAMP(アデノシン一リン酸)と

いう



○図 1-16 ATP の化学構造

ATP にはリン酸が3つある。
リン酸どうしの結合部分に、エネルギーがたくわえられている。

エネルギーの変換とATP産生

解糖系(細胞質)⇒酸素なしでもOK(嫌氣的代謝)

グルコースがピルビン酸に変化

ATPを2個産生

ピルビン酸は酸素があるとアセチルCoAとなりTCA回路に。
酸素がないと乳酸になりTCA回路には入れない

クエン酸回路=TCA回路(ミトコンドリア)

TCA回路=アセチルCoAを基点とする10段階の代謝反応

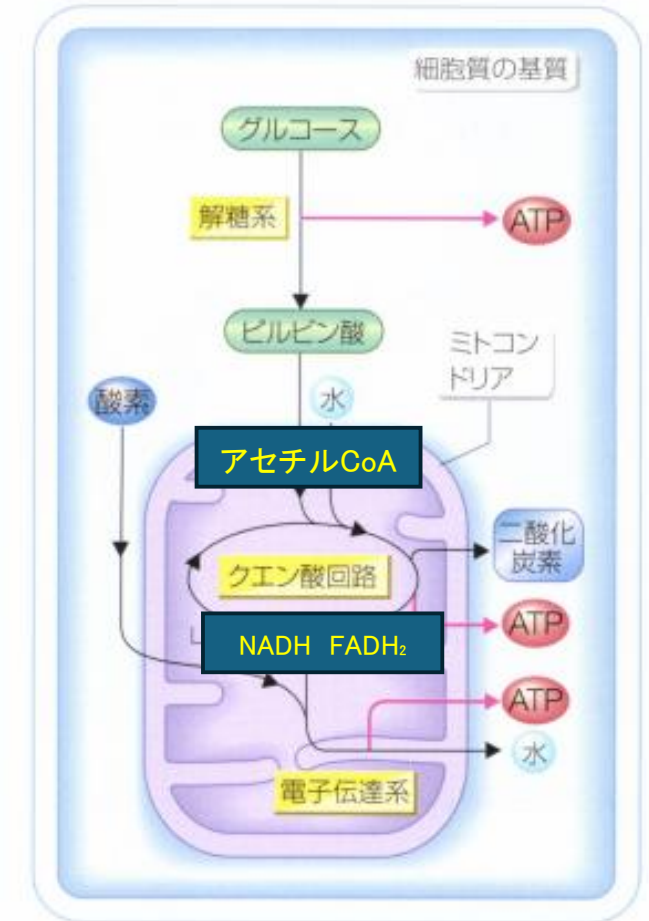
ATPを2個産生しCO₂排出

NADHとFADH₂

電子伝達系(ミトコンドリアの内膜)

NADHとFADH₂と酸素

ATPを34個産生し水排出



脂肪やタンパク質も分解され解糖系やTCA回路に入りATPを産生できる

* ATPはすべての生命活動に利用されるエネルギー源だが、化学的に不安定で長時間貯蔵はできない

⇒細胞はATPより安定しているグリコーゲンや脂肪を蓄え、必要に応じてATPを産生する

エネルギーの変換とATP産生

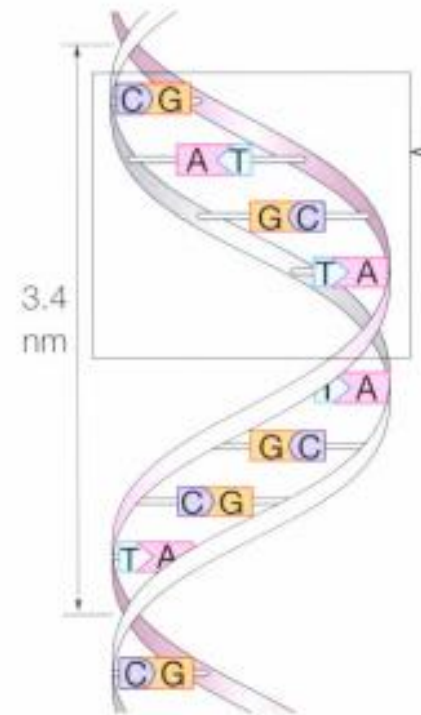
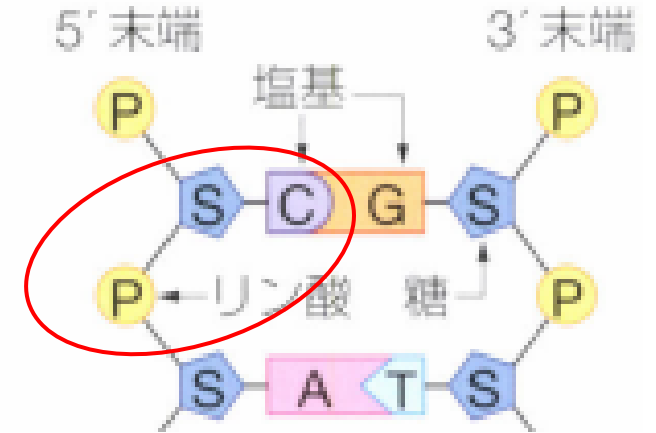
酵素と補酵素

- 化学反応の速度を高めるはたらきを示す物質を触媒という
- **酵素**は生体内において合成されるタンパク質であり、生体内の化学反応を促進する生体触媒である
- 体内でおこるほとんどすべての化学反応で酵素が必要になる
- 酵素は単独ではたらくものもあるが、大部分はその機能を発揮するために、**補酵素**と呼ばれる低分子の有機化合物または鉄や銅などの金属イオンを必要とする
- **ビタミン**は体内で必須栄養素の1つであるが、体内では補酵素としてはたらいっている

細胞を構成する物質とエネルギーの生成

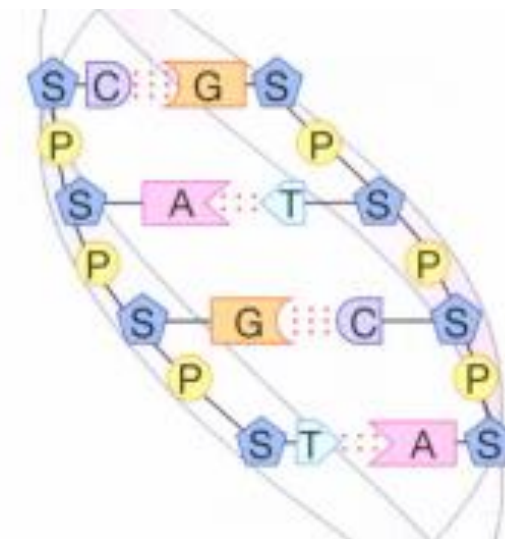
核酸とタンパク質の合成

- 核内には核酸があり、核酸にはDNAとRNAとがある
- DNAの遺伝情報がRNAに伝えられ、タンパク質の合成が行われる
- 私たちの身体的特徴は遺伝子が発現することで決定されるが、**遺伝子の本体はDNA**と呼ばれる化学物質である
- DNAは「塩基・糖(デオキシリボース)・リン酸」で構成されるヌクレオチド(右図の○)という単位がつながった鎖である
- 2本のDNAが反対向きになって結合した二重らせんとよばれる構造をしている



核酸とタンパク質の合成

- DNAの塩基にはアデニン(A)、グアニン(G)、チミン(T)、シトシン(C)の4種類があり、「AはTと、GはCと結合」する
- この4種類の塩基配列(塩基の並ぶ順番)がコード化(記号化)された遺伝情報である



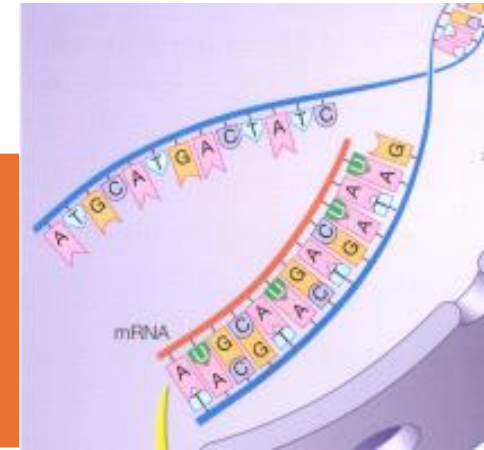
| 核酸 | 糖 | 塩基 | 役割・種類 |
|-----|--------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| DNA | デオキシリボース | A、G、C、T(チミン) | ・ 遺伝子の本体 |
| RNA | リボース (デオキシリボースに 酸素原子1つが結合したもの) | A、G、C、U(ウラシル) | ・ mRNA ・ リボソームRNA ・ tRNA |

- ・ mRNA ⇒DNA情報を伝達するはたらき
- ・ リボソームRNA ⇒タンパク質合成の場のリボソームを構成する
- ・ tRNA ⇒アミノ酸を運搬するはたらき

タンパク質の合成と役割

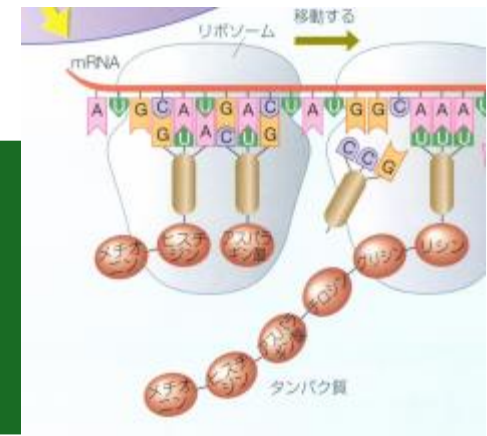
転写

- ・ DNA二重らせんの一部が開く
- ・ 酵素が結合してDNAの塩基配列に対応するmRNAが合成される
- ・ mRNAはDNAの塩基配列を写し取る/コピーしていることになる



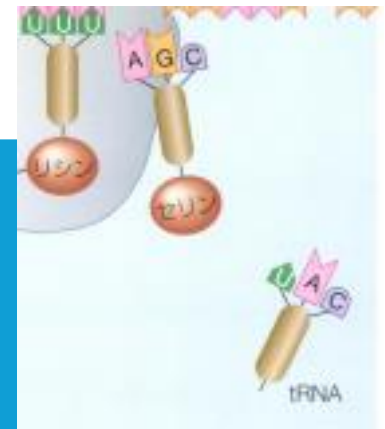
翻訳

- ・ タンパク質を構成するアミノ酸配列はmRNAの3塩基が1組となり1つのアミノ酸に対応することで決められている
- ・ mRNAからタンパク質が合成される道程を翻訳という



アミノ酸の役割

- ・ リボソームでつくられたアミノ酸は細胞内外に運ばれはたらく
- ・ タンパク質の中には核内に入って遺伝情報を調節するものがある
- ・ 個人の特徴は、遺伝情報がタンパク質を通してあらわれたもの



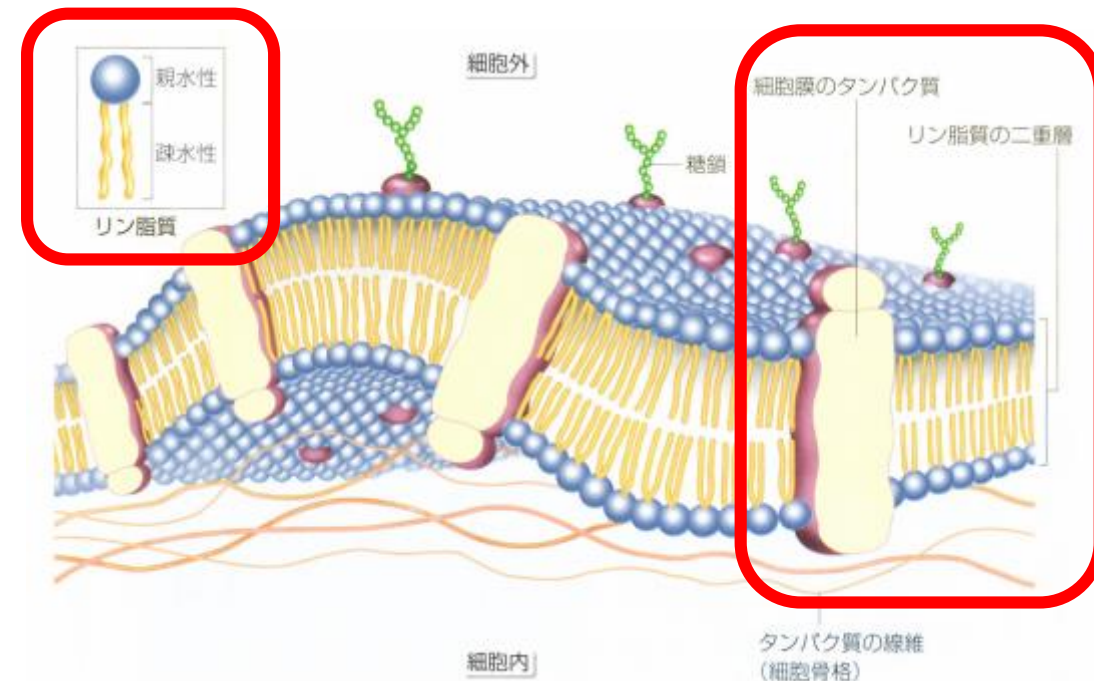
素材からみた人体

細胞レベルで人体を知る

1. 細胞の構造
2. 細胞を構成する物質とエネルギーの生成
3. 細胞膜の構造と機能
4. 細胞の増殖と染色体
5. 分化した細胞がつくる組織
6. 腔所を包む組織

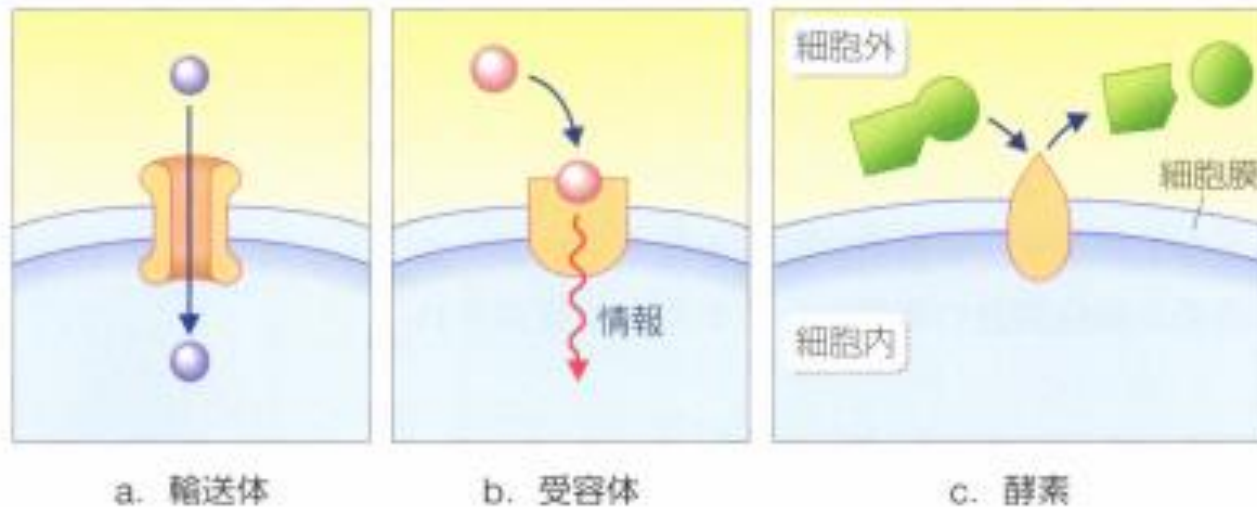
細胞膜の構造

- 細胞膜を構成する主成分はリン脂質である
- リン脂質は親水性と疎水性の部分があり、親水性の部分を外側にして並んだ二重層を形成する
- 親水性の部分は、細胞の外側では細胞液に、内側では細胞内液に接している
- 細胞膜を構成するリン脂質の二重層にはタンパク質がはさまっている
- このタンパク質は固定されておらず浮遊しており自由に動くことができる
- 細胞膜にはリン脂質以外の脂質としてコレステロールが含まれており、コレステロールは膜の流動性を高めるはたらきがある



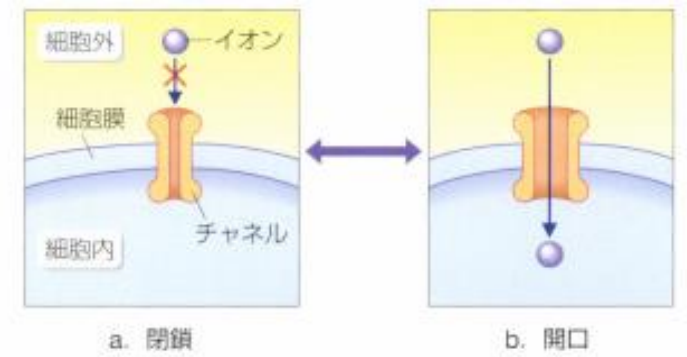
細胞膜のタンパク質の機能

| 細胞膜のタンパク質の機能 | 役割 | 種類 |
|--------------|---|--|
| 輸送体 | <ul style="list-style-type: none">細胞外から細胞内へ物質を取り込む細胞内から細胞外へ物質を排出 | <ul style="list-style-type: none">チャネルポンプ担体 |
| 受容体 | <ul style="list-style-type: none">ホルモンや神経伝達物質などと結合これらからの情報を細胞内に伝える | <ul style="list-style-type: none">イオンチャネル型受容体代謝調節型受容体 |
| 酵素 | <ul style="list-style-type: none">酵素としてはたらく | |



細胞膜のタンパク質の機能

(a) 輸送体 ⇒ 「物質を通す」



| 種類 | 特徴 | 例 |
|-------|--|--|
| チャンネル | <ul style="list-style-type: none">膜貫通型のタンパク質がいくつか集まり、中心部分に孔が開いた構造必要に応じて孔が開閉する | <ul style="list-style-type: none">イオンチャンネル (Na、K、Cl、Ca) ⇒活動電位発生の主役水を通すチャンネル |
| ポンプ | <ul style="list-style-type: none">ATPのエネルギーを利用して、電氣的勾配に逆らって物質を輸送するシステム | <ul style="list-style-type: none">Na-KポンプCaポンプH⁺-K⁺交換ポンプ |
| 担体 | <ul style="list-style-type: none">細胞が必要とする物質をATPを消費せず細胞内に取り込む際にはたらくタンパク質 | <ul style="list-style-type: none">GLUT2 (グルコース輸送体) ⇒輸送速度が速い！ |

細胞膜のタンパク質の機能

(b) 受容体 ⇒ 「情報を受け取る」

- ・ 特定の物質に対しては特定の受容体のみが対応。
- ・ ホルモンなどが結合すると膜内のタンパク質の構造を変化させることなどにより細胞内に情報が伝えられる。これによりホルモンなどの効果が細胞機能の変化というかたちで発揮される。

| 種類 | 特徴 |
|-------------|---|
| イオンチャネル型受容体 | <ul style="list-style-type: none">・ イオンチャネルと受容体が一体となっているもの・ 神経筋接合部の筋細胞膜上にあるものが代表的 ⇒運動ニューロンの末端からアセチルコリンが放出され、これが受容体と結合するとイオンチャネルが開き、陽イオンが細胞内に流入することにより筋肉の収縮がおこる |
| 代謝調節型受容体 | <ul style="list-style-type: none">・ ホルモンや神経伝達物質が結合すると、酵素がつきつぎに活性化することにより情報が細胞内で伝達され、細胞の機能状態が変化する |

細胞膜のタンパク質の機能

(c) 酵素 ⇒ 「酵素としてはたらく」

- ・ 細胞膜上のタンパク質には、酵素としての役割を担っているものがある

例) 血管内皮細胞表面にあるACE(アンギオテンシン変換酵素)

⇒ アンギオテンシン I をアンギオテンシン II に変えて、血圧を上昇させる

例) 小腸上皮の細胞表面には糖質やペプチドを分解する酵素があり、糖質やタンパク質の消化で重要な役割を果たしている

細胞膜の特性

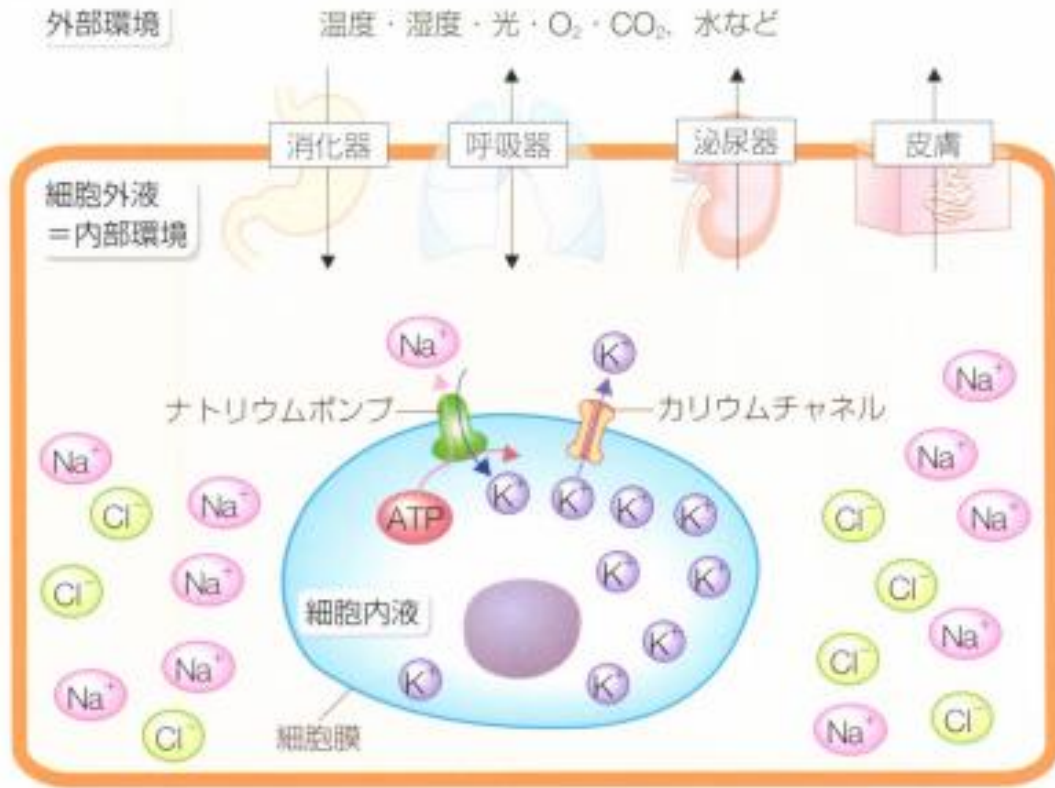
- ✓ 細胞内外を隔てる仕切りとしてのはたらきをもつ
- ✓ 細胞膜をつくる脂質二重層は
 - 「水や電解質は透過しにくく、一部のホルモンなどの脂溶性の物質は透過しやすい」性質をもつ
- ✓ タンパク質により、水など特定の分子や電解質を選択的に透過させる
- ✓ 人体のどの細胞でも細胞内の環境は細胞外とは異なるものになっている
 - ⇒このような水と一部の溶質だけを透過させる膜を「半透膜」という
 - 細胞膜は半透膜である

細胞膜が分ける細胞内と細胞外の体液



- ✓ 細胞内外の液体成分＝体液(体重の60%)
- ✓ 細胞内液が40%、細胞外液が20%である
- ✓ 細胞内液では様々な化学反応が進行する
- ✓ 細胞外液の中の3/4は細胞周囲の間質を満たす間質液(組織液)で、残りの1/4が血液の液体成分である血漿である
- ✓ 体液には電解質と非電解質(グルコースや尿素、クレアチニン)が溶けている
- ✓ 細胞内液ではK⁺イオンが多い
- ✓ 血漿ではNa⁺イオンやCl⁻イオンが多い

細胞の生命を保つ細胞膜の機能



- ✓ 細胞では細胞膜を隔てて細胞の内外で成分が異なるため、細胞内外で一定の電位差がある
- ✓ 細胞は細胞膜を通して間質液との間で物質のやりとりをしていて、この状況を維持している
- ✓ 細胞内液にはK⁺が、間質液にはNa⁺とCl⁻が多く含まれ、細胞内が細胞外よりも電氣的に負となる静止電位が共通してみられる

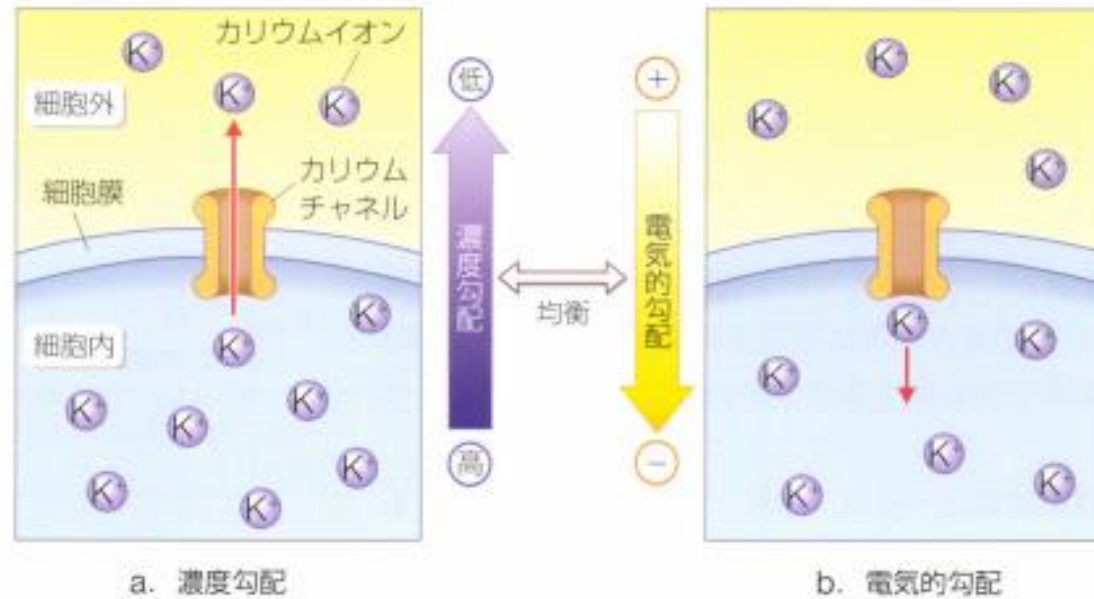
- ✓ 電位差を生み出すために ①ナトリウム-カリウムポンプ ②カリウムチャネル という重要な輸送体の機能が細胞膜に備わる
- ✓ 腸上皮の栄養吸収や神経興奮など様々な細胞活動はイオン分布と電位差を利用し行われる

膜電位と細胞膜の興奮

- ✓ 神経や筋の細胞膜にはNa⁺チャネル、K⁺チャネル、Ca⁺チャネルが存在する
- ✓ **静止状態**ではNa⁺チャネルとCa⁺チャネルは閉じているが、**K⁺チャネルは開口している**

静止電位

細胞内はK⁺が多いが
細胞外は少ない
↓
そのためK⁺は
濃度勾配
に従って細胞外に向い
流出する



正(プラス)の電荷のK⁺が
流出することにより細胞内
は細胞外より電氣的に
負(マイナス)となる
↓
K⁺イオンの流出を引き留
めようとする力が発生する
(電氣的勾配)

- ✓ **K⁺イオンを細胞外に引き出す濃度勾配と細胞内に引き戻す電氣的勾配がつりあった状態(平衡状態)での電位を静止電位という**
- ✓ ニューロンの静止電位はおよそ-70~60mV、骨格筋や心筋では-90~80mV

活動電位

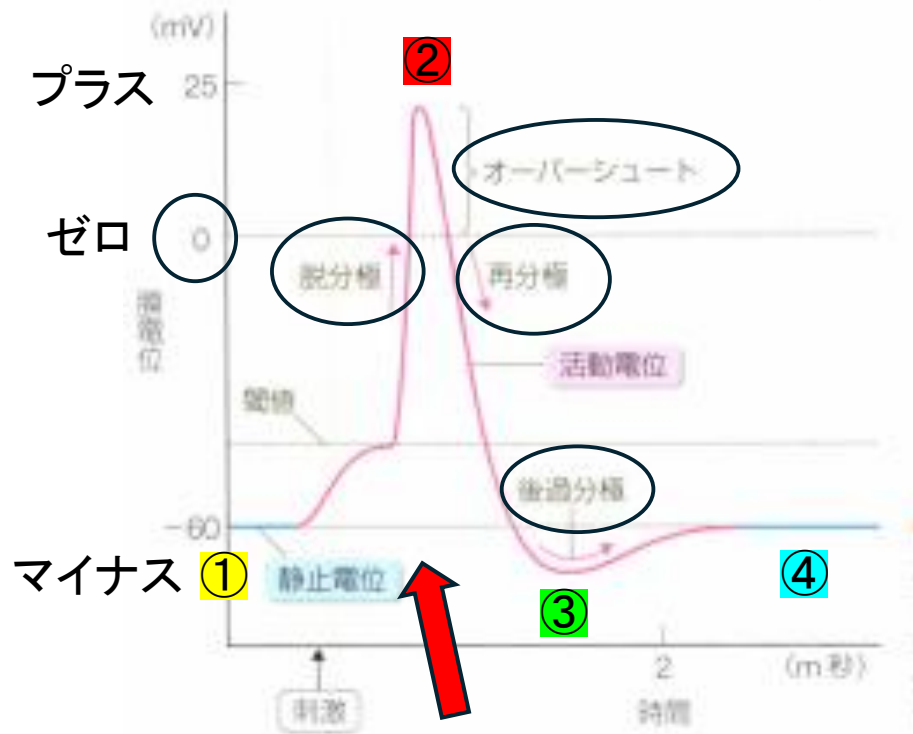
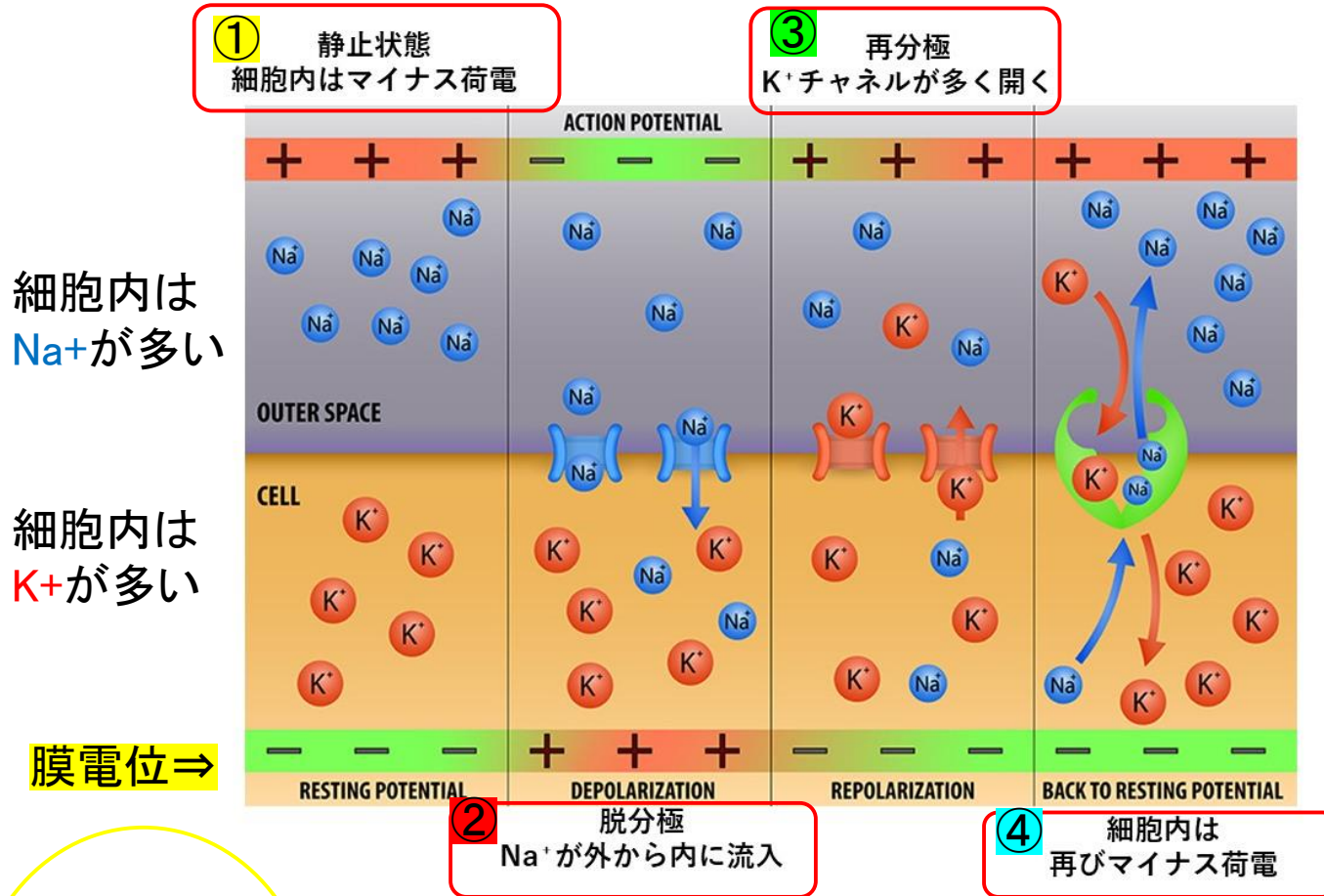
- ✓ ニューロンや筋細胞を電氣的に刺激すると、電氣的に負であった細胞内の電位が上昇し、ゼロに近づく(脱分極)
- ✓ 膜の脱分極が一定のレベルに(閾値)を超えると Na^+ チャネルが開き細胞内に Na^+ イオンが流入し膜電位は正に帯電する(オーバーシュート)
- ✓ その後 K^+ イオンの流出により再分極がおこり、膜電位は再度負になる
- ✓ いったん静止電位よりも更に負になり(後過分極)、静止電位に戻る

- ✓ 活動電位の大きさは一定で、閾値を超える刺激以上に刺激を強くしても活動電位が大きくなることはなく、一定の活動電位が発生するかしないかのどちらかである
⇒全か無かの法則

経過 →

活動電位

活動電位の大きさは一定
⇒全か無かの法則



② ニューロンや筋への刺激が閾値を超えると Na^+ チャンネルが開き脱分極する

| | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 静止電位 (*分極) | 脱分極 ⇒ オーバーシュート | 再分極 ⇒ 後過分極 | 静止電位にもどる (*分極) |
| マイナス | ゼロに向かう ⇒ プラスになる | 再度マイナスに向かう ⇒ 静止電位よりも更にマイナスに | マイナス |

* 分極とは普段は言いません