



1

解剖・生理学の基礎





生理学・解剖学とは

◇ 解剖学とは

【解剖学】

解剖学は、生物体の正常な形態と構造とを解明しようとする学問分野である。とくに人体解剖学は、ヒトの身体づくりや形について学ぶが、これにはおもに、構成組織の機能に着目した系統解剖学と、人体各部の構造を調べる局所解剖学のふたつの方法がある。

◇ 生理学とは

【生理学】

生理学¹⁾は生物学の一分野で、正常な生命現象の作用またはメカニズム(機能)を解明しようとする学問分野である。生命現象の作用またはメカニズムには、個体レベルで見られるもののみならず、その個々の構成体(細胞、組織、器官)レベルで見られるものをふくむ。

すなわち正常な生命現象は、多くの分子群や細胞群のはたらきと、その相互作用によって、またそれらがつくる器官や個体レベルの働きによって逆にコントロールされながら営まれている。



個体のもつ階層構造

◇ 個体のもつ階層構造

【解剖学】

多細胞生物の個体は、それを構成する要素に、どのレベルでアプローチするかによって次のような階層構造をもつ。

個体—器官系—器官—組織—細胞

すなわち**個体の基本単位となるものは細胞** [p.3] である。個体内である細胞群が集団を形成したものを**組織**といい、さらにいろいろな**組織が組み合わさって特定のはたらきをするように、まとまったものを器官**という。また**同じようなはたらきをする器官が集まり、互いに助け合うようにまとまったも**

1) 生理学: 生理学は physiology の訳で、身体の学という意味である。

のを器官系という。

細胞

細胞とは

◇ 細胞とは

【解剖学】【生理学】

個体の基本単位となるものは細胞²⁾であり、**人体はおよそ60兆個³⁾の細胞**からなる。

細胞は細胞膜で囲まれてこれによって外部から隔てられている。細胞は外部から物質を取りこんで新陳代謝⁴⁾をいとなみ、分泌物や老廃物を外部に放出し、外部からの刺激に反応して、細胞分裂^[p.14]して自らの複製を残す、という生命現象の基本単位である。

◇ 細胞の多様性

【解剖学】

多細胞生物における細胞は、特定のメカニズム(機能)を発揮するように分化⁵⁾しており、非常に多種多様⁶⁾である。

細胞の大きさ⁷⁾は一般に直径10 μm ⁸⁾程度だが、直径5 μm 程度のものから**人体最大の細胞**である**卵細胞⁹⁾**まで、その大きさはさまざまである。また細胞の形状もさまざまであり、球状のもの(卵細胞や脂肪細胞)、扁平のもの(血管

-
- 2) 細胞： 細胞は1665年にイギリスのフック(Robert Hooke; 1635-1703)が、手製の顕微鏡でコルクを観察して、そこに蜂巣状の小部屋を多数発見し、それをcellとよんだのが最初の記載である。ただし現在では、彼が発見した構造は植物の細胞壁であって、生きた細胞そのものではなかったことがわかっている。なお「cell」の語は、ラテン語で「小部屋、貯蔵室」を意味する「cella」に由来する。
 - 3) 60兆個： 人体で1Kgにふくまれる細胞数は1兆個にのぼる。ただし近年の研究でヒトの細胞数は37兆個といわれるようになった。
 - 4) 新陳代謝： 新陳代謝とは、古いものが新しいものに入れかわることをいう。
 - 5) 分化： 分化とは生物の細胞が分裂・増殖を繰り返す過程で、互いに構造や機能が特殊化する現象をいう。
 - 6) 多種多様： 人体を構成する細胞には、約200種類のものがあるといわれている。
 - 7) 細胞の大きさ： 細胞の形状は、白血球では球形をなし、表皮の上皮細胞では扁平な円盤状、粘膜上皮細胞では立方体あるいは直方体、横紋筋細胞では円柱状、平滑筋細胞では紡錘形など、さまざまに分化している。
 - 8) μm ： μm (マイクロメートル)は長さの単位であり、1mmの1/1000をあらわす、すなわち1 μm は、0.001mmである。
 - 9) 卵細胞： 卵細胞(卵子)は人体最大の細胞で、その直径は100-200 μm (0.1-0.2mm)におよび、人体の細胞で唯一肉眼で見えるといわれる。これに対し、精子は尾をもつ細長い細胞であるため、その全長は0.05mmくらいになるが、体積で比較すると卵子の10万分の1位の非常に小型の細胞である。

内皮細胞)、長い突起物をもつもの(神経細胞)などがある。このうち神経細胞のもつ突起はときに1mを超える長さになる。

◇ 細胞の構造

【解剖学】【生理学】

細胞の見た目や働きはさまざまにことなるが、基本的な機能や構造は同じである。**細胞**は、その外周をかこむ**細胞膜**とその内部にある**原形質**からなる。

1. 細胞膜

細胞膜 [p.1]は**細胞の外周をかこむ膜**で、内部の原形質を外部から隔てる。

2. 原形質

細胞の内部を**原形質**といい、ここには**細胞核** [p.8]と**細胞質** [p.12]がある。

a. 細胞核

細胞核は細胞の中心部にある膜(核膜)に包まれた球状の構造物である。ここには**細胞の遺伝情報をもつDNA(デオキシリボ核酸)** [p.10]などがふくまれる。

b. 細胞質

細胞質は細胞膜に包まれた領域(原形質)のうち、**細胞核を除いた部分**のことをいう。このなかに、さまざまな**細胞小器官** [p.13]が多数局在し、細胞小器官どうしの間は、水・蛋白質などで満たされており、これを細胞質基質という。

◇ 細胞膜

◇ 細胞膜の構造

【生理学】

細胞膜は規則正しく配列したリン脂質¹⁰⁾の二重構造¹¹⁾からできており、選択的な透過性¹²⁾をもつ膜、すなわち半透膜¹³⁾である。また細胞膜の一部には、蛋白質などでできたさまざまな構造物が埋めこまれている。

細胞膜には以下のような特徴がある。

- 細胞膜のリン脂質はコレステロールを含有する。コレステロールはヒトの細胞膜に必須な成分¹⁴⁾である
- 細胞膜は、脂質にとけやすい物質を透過しやすく¹⁵⁾、水溶性の物質を透過しにくい傾向にある。
- 細胞膜を構成する脂肪酸のひとつであるアラキドン酸¹⁶⁾は、細胞外液中にある酵素の作用を受けることで、他の生理活性物質に変換¹⁷⁾される。これらの生理活性物質をアラキドン酸代謝産物と総称し、これにはプロスタグランジン¹⁸⁾やトロンボキサンなどがふくまれる。このうちプロスタグランジンは発痛増強物質または血管拡張物質としてはたらく。

-
- 10) リン脂質： リン脂質は、複合脂質の一種であり、リン酸と脂質(脂肪)である脂肪酸が結合した物質である。リン脂質は1つの分子内に、水になじむ「親水基」であるリン酸と、水になじまず油(脂質)になじむ「疎水基」(親油基)である脂肪酸の両方をもつ分子(両親媒性分子)である。このようにリン脂質は両親媒性をもつため、界面活性剤としての作用をもつ。
- 11) 二重構造： リン脂質は、親水性のリン酸に疎水性である脂肪酸2本が結合した分子である。細胞内も細胞外もともに水で満たされているため、リン脂質分子は水になじむリン酸を外側(膜の表面側)に、水に反発する脂肪酸を内側にして、2重層(厚さ3.5-5.6nm)を作ってならぶ。このためリン脂質がつくる2重層の表層の部分は親水性となり膜全体は細胞内外の環境になじみ、内側には疎水性の脂肪酸が充満しているため細胞の内外をしっかりと遮断することができる。
- 12) 選択的な透過性： すべての物質をとおすことなく、特定の物質だけをとおすこと、言い換えれば特定の物質に対する透過性の違いを選択的な透過性という。
- 13) 半透膜： 半透膜とは、特定の分子またはイオンのみをとおし、それ以外の物質をとおさない膜である。リン脂質の2重層でできている細胞膜は電氣的に中性である。これは極めて小さな分子、たとえば酸素分子や二酸化炭素分子はとおすが、電氣的な極性をもつ水分子はとおりにくく、大きな分子やイオンはとおることができない。細胞内外を行き来するアミノ酸や糖やイオンは、このように細胞膜のリン脂質部分を透過できないため、膜にある特殊な装置(膜を貫通した輸送蛋白質部分)をとおって移動する。
- 14) コレステロールはヒトの細胞膜に必須な成分： 細胞膜はコレステロールが含有することで、生体膜特有のしなやかさを獲得している。
- 15) 脂質にとけやすい物質を透過しやすく： 細胞膜の中層部にあるリン脂質は疎水性であるため、脂質にとけやすい物質、すなわち疎水性の分子は脂質二重層に溶けこんで容易に細胞膜を通過することができる。
- 16) アラキドン酸： アラキドン酸(arachidonic acid)は動物界に広く分布する不飽和脂肪酸のひとつである。これは動物の生体膜のグリセロリン脂質の構成脂肪酸として重要で、膜の流動性の保持に役立っている。
- 17) 生理活性物質に変換： 細胞膜が刺激されると、ホスホリパーゼA2とよばれる酵素によってリン脂質からアラキドン酸が遊離される。つぎにアラキドン酸にシクロオキシゲナーゼとよばれる酵素が作用すると、アラキドン酸カスケードとよばれるプロセスを経て、プロスタグランジンG2が合成され、その後プロスタグランジンまたはトロンボキサン系が合成される。
- 18) プロスタグランジン： プロスタグランジン(prostaglandin; PG)はさまざまな作用をもつ生理活性物質群で、十数種の異なる物質からなるものの総称である。最初にヒトの前立腺(prostate)から見つかったためこのように呼ばれる。その生理作用としては、子宮筋収縮、血管拡張、血圧低下、腸管収縮などがある。

◇ 細胞膜に埋めこまれている構造物

【生理学】

細胞膜の一部には、蛋白質や糖でできた以下のような構造物が埋めこまれている。

1. 細胞外液中のメッセンジャー物質に反応する受容体

細胞膜の一部には、細胞間で情報をつたえる物質(メッセンジャー物質)を、特異的¹⁹⁾に受容する装置がある。これを**細胞膜受容体**²⁰⁾という。

生体において細胞間で情報をつたえる物質には、ホルモンや神経伝達物質、サイトカインなどがある。これらは他の細胞で合成されて細胞外に分泌されたものが、細胞外液中を拡散して、特定の細胞の膜表面にある受容体に結合することで、細胞間の情報伝達にあずかる。**細胞膜受容体としては、水溶性²¹⁾ホルモン²²⁾の受容体、神経伝達物質²³⁾の受容体、サイトカイン²⁴⁾の受容体などがある。**

2. イオンチャネル

細胞膜のところどころには、開いたり閉じたりする²⁵⁾ことで選択的なイオンの移動²⁶⁾にあずかる膜輸送体²⁷⁾であるイオンチャネルがある。**イオンチャネル**

-
- 19) 特異的: ある特定の受容体において化学物質と結合する部位は蛋白質でできた立体構造をもつため、その構造に見合った構造をもつ化学物質しか結合することができない。ある化学物質が、特定の構造をもつものだけに結合することを、特異的に結合すると表現する。特異的な結合は、鍵と鍵穴の関係におきかえて考えると理解しやすい。
- 20) 受容体: 受容体(receptor)とは、細胞内情報伝達系において最初に化学刺激や物理刺激を受容・変換して次段の情報伝達系を駆動する分子の総称である。元来は細胞膜表面に分布する細胞膜受容体にもちいられてきた用語であるが、現在では細胞内受容体もふくめてもちいられる。
- 21) 水溶性: 水溶性ホルモンの受容体は細胞膜表面にあるが、脂溶性ホルモンは細胞膜を透過できるため、その受容体は細胞内にある。
- 22) ホルモン: ホルモン(hormone)は、細胞で産生される生体機能調節物質のうち、血液への分泌・運搬を介して作用を発揮するものの総称である。ホルモンは一般に内分泌腺において産生されて、血液中に分泌される。ごく微量で効果をあらわし、血中濃度は多くの場合 10^{-7} M以下と非常に低い。血液中のホルモンが作用してその効果をあらわす細胞を標的細胞とよぶ。ホルモンはその標的細胞にある受容体に特異的に結合することで、さまざまな作用を発現させる。
- 23) 神経伝達物質: 神経伝達物質は、神経細胞(ニューロン)と他の細胞が作るシナプスとよばれる部分で、神経細胞がもつ突起(軸索)の末端で分泌され、シナプスを介して他の細胞(シナプス後細胞)の膜表面の受容体に作用する情報伝達物質の総称である。
- 24) サイトカイン: サイトカイン(cytokine)とは、免疫担当細胞から分泌される蛋白質で、免疫システムにおいて情報伝達にあずかる化学物質の総称である。
- 25) 開いたり閉じたりする: 大部分のイオンチャネルは、イオンの透過が可能な開状態と、イオンが透過できない閉状態のいずれかの状態をとる。その開閉は、イオンチャネルに対する電氣的、化学的、物理的刺激によって制御される。
- 26) イオンの移動: イオンは電氣的に+か-の電位をもつため、電氣的に中性である細胞膜のリン脂質部分をとおれない。このため、細胞膜には特定のイオンを透過させるための装置としてのイオンチャネルをもつ。
- 27) 膜輸送体: 膜輸送体は細胞膜などの生体膜を貫通して、膜内外の物質輸送をになう蛋白質の総称である。

は、特定のイオンのみを、濃度勾配²⁸⁾などにしたがって受動輸送^[p.32]する。
その代表例としてはナトリウムチャンネル²⁹⁾、水チャンネル³⁰⁾などがある。

3. イオンポンプ

細胞膜のところどころには、特定のイオンをATP^[p.17]のエネルギーをもちいて能動輸送するイオンポンプ^[p.33]がある。

4. 輸送担体

細胞膜のところどころには、特定の水溶性物質³¹⁾の受動輸送^[p.32](促進拡散^[p.33])にあづかる輸送担体(担体)がある。輸送担体は細胞膜に埋め込まれた蛋白質で、その代表例としてはインスリンの作用をうけてグルコースを細胞内にいれるグルコース輸送体などがある。

5. 細胞間接着装置

細胞膜上には細胞接着分子があって、さまざまな方法で隣りあう細胞どうしを接着させている。

- 密着帯(タイト結合) -----隣り合う二つの細胞の膜どうしを密着させ、結合させる装置である。膜どうしがシールされたようになっており、上皮細胞におけるバリアー機能などをなす。
- 接着帯 -----隣り合う細胞がカドヘリンとよばれる蛋白質で結合するもので、上皮細胞などでみられる。
- 接着斑(デスモソーム) -----円盤状の細胞間接着装置で、細胞間を機械的に強く連結する。
- ギャップ結合(細隙結合) -----ふたつの細胞の細胞質間に親水性の

28) 勾配: 勾配とは、水平面に対する傾きの度合い、すなわち傾斜の程度をいう。一般的に勾配の語は地形を表現するときにもちいられるが、化学や力学においてももちいられる。すなわちふたつの場において、ある物質の濃度差があるときは濃度勾配があると表現される。このときの「濃度勾配にしたがって」は、「濃度の濃い方から薄い方へ」の意味である。

29) ナトリウムチャンネル: ナトリウムチャンネル(sodium channel)は、ナトリウムイオン(Na^+)を選択的に透過するイオンチャンネルである。これには、電気的刺激によって開閉する電位依存性ナトリウムチャンネルと、特定の化学物質の刺激によって開閉するリガンド作動性ナトリウムチャンネルがある。電位依存性ナトリウムチャンネルは、神経・筋肉などの興奮性細胞で活動電位の発生と伝播に関与する。たとえばニューロン(神経細胞)や筋細胞の膜上にあるナトリウムチャンネルが開くと、細胞外液中の Na^+ が細胞内に流入することによって細胞内外の膜電位が変化して、細胞の電気的な興奮(活動電位またはインパルス)が生じる。

30) 水チャンネル: 水チャンネルはアควアポリン(aquaporin)ともよばれ、細胞膜に存在し細胞内外の水の輸送機能をもつ蛋白質である。

31) 水溶性物質: グルコースのような親水性分子は細胞膜のリン脂質部分をゆっくりとしか通過できない。このため細胞の活動に必要なとされる親水性の物質については、膜を貫通する担体を經由することで、脂質二重層と接触することなく通過できるようになっている。

チャンネル³²⁾を形成し、細胞間でイオンや低分子物質の移動を可能にし、細胞間の情報交換³³⁾にあずかる。ギャップ結合をつくる細胞としては、**心筋細胞** [p.101]や**消化管壁にある平滑筋** [p.50] (単元性平滑筋³⁴⁾)細胞などがある。

◇ 細胞膜の機能

【生理学】

細胞膜の以上のような構造により、細胞膜は以下のような機能をこなす。

- 細胞内外の無秩序な物質移動を防止する。
- 細胞内でおこなわれるさまざまな化学処理(代謝)に必要なグルコース、酸素、アミノ酸などの**栄養物の取り込み**をおこなう。
- 細胞内の代謝産物である二酸化炭素などの**老廃物の排出**をおこなう。
- 細胞膜への刺激に対する応答をおこなう。
- 細胞の運動をおこなう。

◇◇ 細胞核

◇ 細胞核の構造

【解剖学】【生理学】

細胞核(核)は、細胞の遺伝情報の保存と伝達をこなす部位である。細胞核は、核膜³⁵⁾とよばれる膜つつまれ、その内部には**核小体**³⁶⁾があり、それ以外の領域には糸状または粒子状にクロマチン(染色質)が散在する。クロマチン(染色質)は核内にあるDNA(デオキシリボ核酸)と蛋白質の複合体である。

通常の細胞は**1個の細胞核をもつ**が、ヒトの**成熟赤血球は核をもたず(無核細胞)**、**骨格筋細胞**や**破骨細胞は核を複数もつ多核細胞**である。また細胞

-
- 32) 親水性のチャンネル： 親水性のチャンネルは、コネクソンとよばれる蛋白質で構成される。ここを通過して無機イオンや小さい水溶性分子が隣接細胞の細胞質から細胞質へと直接移動することができる。また、これによって細胞同士は電気的にも結合される。
- 33) 細胞間の情報交換： 細胞間の情報伝達は一般にホルモン、神経伝達物質、サイトカインなどの情報伝達物質とその受容体を介しておこなわれるが、ギャップ結合は細胞間の情報を直接送るメカニズムである。
- 34) 単元性平滑筋： 単元性平滑筋は、いくつかの平滑筋細胞がギャップ結合でつながることでグループを構成する。このグループ内のひとつの細胞が神経と接しこの細胞に神経からの興奮が伝わると、ギャップ結合を介して他の細胞にも興奮が伝わり、グループ内の細胞がほとんど同時に収縮する。
- 35) 核膜： 核膜は2層の脂質二重膜で、そのところどころに核膜孔とよばれる小孔が開いており、ここをとおして核内外の物質移動がおこなわれている。
- 36) 核小体： 核小体は核の中にある不均質な小体で、ひとつの細胞核に1個ないし数個ある。核小体はリボソームRNAの合成場所とされ、RNAを多くふくむ。

核は一般に球状であるが、白血球のうち**好中球は分葉状の核**をもつ。

◇ 生体における蛋白質の役割

【生理学】

生体内の蛋白質は、一部のホルモン(ペプチド型ホルモン)、体内の化学変化をつかさどるさまざまな酵素、筋細胞原形質の主成分となるなど人体の構成成分として重要な役割をになう。

蛋白質の構成要素は20数種類のアミノ酸³⁷⁾であり、蛋白質は多数のアミノ酸³⁸⁾がペプチド結合³⁹⁾によって数珠状につながって立体構造⁴⁰⁾をなす物質である。

ヒトの体内でつかわれている蛋白質は5-10万種類⁴¹⁾にのぼるといわれる。これらの蛋白質はそれぞれが固有の立体構造をとることで、さまざまな組織の構成材料になるだけでなく、たがいに協調して生命活動そのものを支えている。

あるひとつの蛋白質において、それを構成するアミノ酸の並び順と構成数(アミノ酸配列)は一定であり、これはDNA(デオキシリボ核酸)のもつ遺伝情報によって決められている。

◇ 遺伝子

【生理学】

遺伝子は遺伝形質⁴²⁾を規定する因子であり、DNA⁴³⁾(デオキシリボ核酸) [p.10]という物質が、遺伝子(遺伝情報)を保持している。

-
- 37) アミノ酸: アミノ酸(amino acid)は、アミノ基(-NH₂)とカルボキシル基(-COOH)とをもつ有機化合物の総称である。蛋白質の構成要素となる20種のアミノ酸としては、L-バリン、L-リジン、L-ロイシン、L-スレオニン、L-イソロイシン、L-アスパラギン、L-グルタミン、L-フェニルアラニン、L-アスパラギン酸、L-セリン、L-グルタミン酸、L-メチオニン、L-アルギニン、グリシン、L-アラニン、L-チロシン、L-プロリン、L-ヒスチジン、L-システイン、L-トリプトファンがある。
- 38) 多数のアミノ酸: 多くの蛋白質は100-400個のアミノ酸から構成されるが、一部には1000個以上のアミノ酸からなるものもある。
- 39) ペプチド結合: ペプチド結合(peptide bond)とは、2分子のアミノ酸のカルボキシル基(-COOH)とアミノ基(-NH₂)が、脱水縮合して形成される化学結合である。蛋白質を構成するアミノ酸はすべてこのペプチド結合によりつながっている。
- 40) 立体構造: 蛋白質を構成するアミノ酸がもつ電気的または化学的な性質により、アミノ酸の鎖である蛋白質は折りたたまれて立体構造をつくる。
- 41) 5-10万種類: かりに蛋白質が、20種類のアミノ酸100個からできているとすると、これによってできうる蛋白質は20¹⁰⁰種類になり、これは10¹³⁰に相当する天文学的な数である。しかし実際にヒトでもちいられている蛋白質の種類は5-10万にすぎず、理論的にできる蛋白質の種類数に比べはるかに少ない。これは安定的な立体構造をとるアミノ酸配列は、実際には少ないことに起因すると考えられている。
- 42) 遺伝形質: 遺伝形質とは、遺伝によって子孫につたえられる性質や特徴のことを遺伝形質とよぶ。たとえば皮膚、毛髪や瞳の色は、遺伝形質のひとつである。
- 43) DNA: 例外として一部のウイルスでは、RNA(リボ核酸)が遺伝子を構成するものがある。このようなウイルスはRNAウイルスとよばれる。

◇ DNA (デオキシリボ核酸)

【生理学】

デオキシリボ核酸(DNA)⁴⁴⁾は核酸⁴⁵⁾の一種で、**遺伝子の本体として遺伝情報を貯蔵する物質**、すなわちDNAは遺伝子の記録媒体である。

DNAは互いにからまり合って螺旋階段状になった**2本の鎖からなる**。この鎖の両側の支柱は糖⁴⁶⁾とリン酸からなり、横木は塩基同士が結合したペアで形成されている。

DNAにふくまれる**塩基**には、**アデニン⁴⁷⁾(A)、チミン⁴⁸⁾(T)、グアニン⁴⁹⁾(G)、シトシン⁵⁰⁾(C)の四種類**がある。このうち片側の鎖のアデニン(A)は反対側の鎖のチミン(T)と結合し、片側の鎖のグアニン(G)は反対側の鎖のシトシン(C)と結合して塩基対をなす。これによって**DNAは2本の鎖がつくる二重らせん構造**をなす。

ヒトのDNAにならぶ塩基対は約30億あり、その一部の塩基配列⁵¹⁾が遺伝情報をもつ遺伝子としてはたらく。遺伝子における塩基配列は、細胞内でつくられる蛋白質⁵²⁾の種類を決めている。このように遺伝子は蛋白質の設計図であるといわれる。

-
- 44) デオキシリボ核酸(DNA)： デオキシリボ核酸(deoxyribonucleic acid;DNA)： 核酸は塩基と糖とリン酸が結合したヌクレオチドを構成成分とするが、DNAでは糖はデオキシリボース、塩基はアデニン、グアニン、チミン、シトシンの4種類がある。
- 45) 核酸： 核酸は、塩基と糖、リン酸からなるヌクレオチドがホスホジエステル結合で連なった生体高分子である。核酸にはリボ核酸(RNA)とデオキシリボ核酸(DNA)がある。核酸の糖の部分がりボースであるものがRNAで、デオキシリボースであるものがDNAである。核酸は1868年にフリードリヒ・ミーシャー(Johannes Friedrich Miescher;1844-1895)により発見された。このとき核内から発見されたため、核酸とよばれる。
- 46) 糖： DNAを構成する糖は、デオキシリボースである。デオキシリボースは、RNAがもつりボースよりも安定した構造をもつため、DNAが遺伝情報を長期的に保存することに役立つと考えられている。
- 47) アデニン： アデニン(adenine;A)は核酸を構成するプリン塩基のひとつで、分子式は $C_5H_5N_5$ である。DNA二本鎖においてはチミンと2個の水素結合を介して結合し、RNAではウラシルと水素結合を形成して結合する。
- 48) チミン： チミン(thymine;T)は核酸を構成するピリミジン塩基のひとつで、分子式は $C_5H_6N_2O_2$ である。チミンはウラシルにメチル基(- CH_3)がひとつ加わった物質である。チミンはDNAにふくまれるが、RNA中には一般に存在せず、ウラシルにおきかわっている。DNA二本鎖においては、アデニンと2個の水素結合を介して結合し、塩基対をつくる。
- 49) グアニン： グアニン(guanine;G)は核酸を構成するプリン塩基のひとつで、分子式は $C_5H_5N_5O$ である。DNAあるいはRNAの二重鎖構造ではシトシンと3本の水素結合を介して塩基対をつくる。
- 50) シトシン： シトシン(cytosine;C)は核酸を構成するピリミジン塩基のひとつで、分子式は $C_4H_5N_3O$ である。DNAあるいはRNAの二重鎖構造ではグアニンと3本の水素結合を介して塩基対をつくる。
- 51) 一部の塩基配列： DNAの塩基配列には遺伝情報をもっている部分ともっていない部分があり、遺伝情報をもっているDNA領域のことを遺伝子という。実際にDNAにふくまれる遺伝子の数は約2000といわれ、これはDNAの1-1.5%にすぎない。
- 52) 蛋白質： DNAが保持する遺伝情報は塩基配列の形で保持されている。DNAの遺伝子情報記述領域では、その遺伝子に対応する蛋白質のアミノ酸配列を表現している。

◇ 遺伝子発現

【生理学】

遺伝子発現とは、遺伝子の情報が細胞における構造および機能に変換される過程をいう。具体的には、遺伝情報にもとづいて蛋白質が合成されることをいう。

細胞核においてDNAの遺伝情報は、メッセンジャーRNA（伝令RNA；mRNA）に写しとられる⁵³⁾。その後メッセンジャーRNAは細胞核をでてリボソームに結合して、その塩基配列にもとづいて特定の蛋白質が合成される。

◇ RNA（リボ核酸）とは

【生理学】

リボ核酸(RNA)⁵⁴⁾は、2本鎖DNAの一方を鋳型として、それと相補的な塩基配列をもつように合成される核酸である。

RNAの特徴としては、以下のような点があげられる。

- DNAは2本の鎖がつくる二重らせん構造をなすが、通常RNAは1本鎖のまま存在する。
- RNAは一本鎖構造であるため、二本鎖構造をなすDNAにくらべ分子量が小さい。またRNAの長さもDNAにくらべ短い。
- RNAをつくる塩基にチミン(T)はふくまれず、その代わりにウラシル⁵⁵⁾(U)がある。このためRNAをつくる塩基は、アデニン(A)、ウラシル(U)、グアニン(G)、シトシン(C)の四種類である。
- RNAは、その表面にリボソームが付着している粗面小胞体_[p.13]におお

53) 写しとられる：細胞核でDNAの遺伝情報をメッセンジャーRNAに写しとる仕組みを転写という。転写では、RNAポリメラーゼという酵素によってDNAからRNAが作られる。まず、DNAの遺伝情報を保存している領域にある転写を調節する領域（プロモーター領域）に、RNAポリメラーゼが結合する。ついでRNAポリメラーゼは、プロモーター領域から連続的に移動しながら、10塩基対ほどの長さのDNAを二重らせんが開いた状態にして、ペアのいないDNAの塩基に対応するRNA塩基（A、U、G、Cのどれか）を運んで塩基対を形成させ、DNAの塩基配列を相補的に写し取ったメッセンジャーRNAを合成する。

54) リボ核酸(RNA)：リボ核酸(RNA；ribonucleic acid)は、核酸のひとつである。核酸にはリボ核酸(RNA)とデオキシリボ核酸(DNA)があるが、その違いは核酸の糖の部分がリボースである(RNA)か、デオキシリボースである(DNA)かによる。RNAのもつリボースはデオキシリボースよりも自由度が高く、さまざまな形状をとることができる。代表的なRNAとしては、DNAの塩基配列を鋳型として転写されるメッセンジャーRNA(mRNA)、リボソームを構成するrRNA、蛋白質合成の際にアミノ酸を運搬するtRNAなどがある。

55) ウラシル：ウラシル(uracil；U)は核酸を構成するピリミジン塩基のひとつで、分子式はC₄H₄N₂O₂である。おもにRNAの構成成分であり、DNA中のチミンにあたる部分が、RNA中ではウラシルに置きかわる。ウラシルはDNAのアデニン(A)と水素結合で対合します。DNAは遺伝情報を確実に保存する必要があるが、DNAの塩基は自然に他のものに変化してしまうことがあり、とくにシトシン(C)がウラシル(U)に置きかわってしまう現象は高頻度におこる。このようなときは、変化した塩基を修復するはたらきをもつ酵素がこれを正しい塩基に戻そうとする。もし仮にDNAの塩基にウラシル(U)が用いられていたら、もともとの塩基がウラシル(U)なのか、シトシン(C)が変化したウラシル(U)なのか、見分けることができない。DNAではチミン(T)をもちいることで、ウラシル(U)があればこれがシトシン(C)が変化したものであると見分けることができるため、修復する酵素が正しくシトシン(C)に戻すことができる。以上のように、置きかわった塩基を見分けやすくするために、DNAではチミン(T)を使っていると考えられている。

くふくまれる。

◇ さまざまな RNA (リボ核酸)

【生理学】

代表的なRNAとしては、以下のようなものがある。

- **メッセンジャーRNA(伝令RNA;mRNA)** ----- 細胞核にあるDNAの塩基配列を鋳型として転写され、**核内からリボソームに移動して遺伝情報を伝えるRNA**である。
- **リボソームRNA(rRNA)** ----- リボソームに多量にふくまれ、これを構成するRNAである。
- **トランスファーRNA(tRNA)⁵⁶⁾** ----- リボソームにおける蛋白質合成の際に**アミノ酸をリボソーム上に運搬するRNA**である。

◇◇ 細胞質

◇ 細胞質とは

【解剖学】【生理学】

細胞質は、細胞膜に包まれた領域(原形質)のうち、**細胞核を除いた部分**のことをいう。

このなかに、さまざまな**細胞小器官が多数局在し**、それぞれが固有の機能をなす。代表的な**細胞小器官**としては、**ミトコンドリア、リボソーム、粗面小胞体、滑面小胞体、ゴルジ装置、リソソーム、中心体**などがある。

また細胞小器官どうしの間は、水・蛋白質などで満たされており、これを**細胞質基質⁵⁷⁾**という。

56) トランスファーRNA(transfer RNA;tRNA)： トランスファーRNAは転移RNAともよばれ、73-93塩基からなる小さなRNAである。リボソームの蛋白質合成部位でmRNA上の塩基配列を認識し、対応するアミノ酸を合成中のポリペプチド鎖に転移させるためのアダプター分子である。

57) 細胞質基質： 細胞質基質は、細胞質から細胞内小器官を除いた部分をいう。細胞質基質は水を溶媒とし、これに蛋白質、アミノ酸、脂肪酸、糖、核酸を溶質あるいは低分子分散質としてふくむ水溶液である。真核細胞の細胞質基質は、解糖などの細胞の基礎的な代謝機能の場となっている。

◇ 細胞小器官

【解剖学】【生理学】

1. ミトコンドリア

ミトコンドリア⁵⁸⁾は、細胞活動のエネルギー源であるATP(アデノシン三リン酸) [p.17]を酸化リン酸化 [p.22]によって大量に合成し、供給する器官である。すなわちここでは酸素の供給をうけて(好氣的に)、TCAサイクルと電子伝達系 [p.22]によってATPがつけられる(内呼吸)。

2. 小胞体

小胞体は膜に包まれた扁平な囊状構造物である。

a. 粗面小胞体

その外表面にリボソーム⁵⁹⁾をもつものを粗面小胞体といい、これは多くのRNAをふくむ。リボソームはアミノ酸から蛋白質を合成する細胞小器官である。

細胞核においてmRNAにコピーしたDNAの遺伝情報は、粗面小胞体のリボソームにもたらされる。さらにリボソームではRNAのもつ情報⁶⁰⁾にしたがって特有の蛋白質が合成される。

b. 滑面小胞体

滑面小胞体⁶¹⁾は、小胞体のうち表面にリボソームが付着していないものの総称である。これは脂質成分の合成やカルシウムイオンの貯蔵などをおこなう。

-
- 58) ミトコンドリア(mitochondria): ミトコンドリアは真核生物の細胞内にあり、長径2-6 μm 、短径およそ0.2 μm の桿状あるいは顆粒状の細胞小器官であり、細胞内呼吸をつかさどる。二重の生体膜からなり、独自のDNA(ミトコンドリアDNA=mtDNA)をもち、分裂・増殖する。ヒトにおいては、ひとつの細胞中に平均300-400個のミトコンドリアがある。とくに肝臓・腎臓・、筋肉・脳のようにエネルギーを大量に必要とする細胞には数百ないし数千個のミトコンドリアがあり、細胞質の約40%を占める。人体のすべてのミトコンドリアの重さは全体重の10%を占めているといわれる。またミトコンドリアは好気性細菌でリケッチアに近い α プロテオバクテリアが真核細胞に共生することによって獲得されたと考えられている。
- 59) リボソーム(Ribosome): リボソームは、あらゆる生物の細胞内に存在する構造であり、粗面小胞体に付着している膜結合リボソームと細胞質中にある遊離リボソームがある。リボソームは、mRNAの遺伝情報を読みとって蛋白質に変換すること(これを翻訳という)がおこなわれる場である。
- 60) RNAのもつ情報: 細胞核でDNAの塩基配列はmRNAに転写される。mRNAがもつ塩基配列は、3個の塩基の組み合わせ(トリプレット)が、1個のアミノ酸を指定する。たとえばmRNAがもつ塩基配列がCUUであればこれはロイシンを指定し、塩基配列がAUUならばイソロイシンを指定されている。リボソームではこの情報によってアミノ酸が数珠状(上記の例ではロイシン-イソロイシン-バリン-...)につなげられ、蛋白質が合成される。
- 61) 滑面小胞体: 筋細胞は、カルシウムイオンの貯蔵と放出を行う筋小胞体とよばれる特殊な滑面小胞体をもつ。

3. ゴルジ装置

ゴルジ装置(ゴルジ体)⁶²⁾は、小胞体で合成された蛋白質や脂質をくるんだ小胞であり、これらの**物質の細胞内輸送**にあずかる。

4. 中心体

中心体はひとつの細胞の**細胞質中に二個あり、細胞分裂のときにはたらく**⁶³⁾。

5. リソソーム

リソソーム(ライソゾーム)⁶⁴⁾は、生体膜につつまれた小顆粒で細胞内消化の場である。小顆粒の**内部に多量の加水分解酵素**⁶⁵⁾をふくむ。リソソーム(ライソゾーム)は**好中球** [p.79]・**単球**・**マクロファージ** [p.81]などの**食細胞内に多くあり**、加水分解酵素によって**異物や不要な物質の消化・吸収**(食作用)がおこなわれる。

◇◇ 細胞分裂

◇ 細胞分裂とは

【解剖学】

1個の細胞(母細胞)^{ぼさいぼう}が2個の細胞(娘細胞)^{じょうさいぼう}に分かれる現象を細胞分裂という。生物はこれにより細胞数を増し、個体の発生、生長および個体維持が可能となる。

細胞分裂のうち体細胞⁶⁶⁾分裂では染色体数は変わらないが、生殖細胞(精子・卵子)でみられる減数分裂では染色体数が半減する。

62) ゴルジ装置: ゴルジ装置(Golgi apparatus;ゴルジ体;Golgi body)は、扁平な袋状の膜構造が重なっている。ゴルジ装置は、小胞体から細胞膜などへの物質輸送の経路になっているため、分泌細胞でよく発達している。発見者のカミッロ・ゴルジ(Camillo Golgi;1843-1926)の名前をとってつけられた。

63) 細胞分裂のときにはたらく: 中心体は細胞分裂時に、細胞核にある染色体に繊維を伸ばして、新たに生じるふたつの細胞それぞれに均等に染色体が分配されるよう引っ張るはたらきがある。

64) リソソーム(ライソゾーム): リソソーム(ライソゾーム;lysosome)は、6-10nmの一重の生体膜にかこまれた直径0.1-1.2μmの細胞小器官である。その語源は、ギリシア語の「lyso」(分解する)と「soma」(小体)に由来する。

65) 加水分解酵素: リソソーム(ライソゾーム)内腔には蛋白質・脂質・糖質などを、その構成単位(アミノ酸、リン脂質、糖、核酸など)にまで分解できる約60種類の加水分解酵素がふくまれる。主なものとしては、プロテアーゼ、グリコシダーゼ、リパーゼ、ホスファターゼ、ヌクレアーゼ、ホスホリパーゼ、スルファターゼなどがある。

66) 体細胞: 体細胞は多細胞生物を構成している細胞のうち、生殖細胞以外の細胞の総称である。

◇ 体細胞分裂

【解剖学】

体細胞の増殖は原則的に体細胞有糸分裂⁶⁷⁾によって、以下のようにおこなわれる。なお体細胞分裂では、細胞分裂開始前の段階でDNAは複製され、倍量化⁶⁸⁾される。

1. 前期

- 細胞核内では核小体が消失し、核内に散在していた染色質(クロマチン)⁶⁹⁾が凝集して染色体⁷⁰⁾が作られる(染色体凝縮⁷¹⁾)。
- 細胞質では2個の中心体 [p.14]が離れていきながら、その間に多数の短い微小管⁷²⁾ができる。

2. 前中期

- やがて核膜の崩壊がおこり、離れた二つの中心体から伸びた微小管が、染色体に結合する。

3. 中期

- 2個の中心体は細胞の両極へ移動する。
- 中期に染色体は、細胞の赤道面にならぶ。

4. 後期

- 後期には染色体(娘染色体⁷³⁾)は二つの中心体から伸びた微小管に引っぱられて分離し、それぞれ23対46本ずつが両極に移動する。

67) 有糸分裂： 体細胞の細胞分裂時では、核内に散在していた染色質(クロマチン)が凝集して糸状の染色体となることから有糸分裂とよばれる。これはフレミング(Flemming W;1843-1905)によって命名された。

68) 倍量化： 通常、体細胞は分裂時にDNAの複製をおこないDNAの量を倍化させる。この結果、元の染色体と同じ配列をもつ二本の染色体が形成される。これら同じ遺伝情報を持つ二本の染色体のペアは姉妹染色分体と呼ばれる。体細胞分裂では、このようにして二倍になった染色体がそれぞれの娘細胞に受けつがれ、母細胞とまったく同じ構成の遺伝情報をもつことになる。

69) 染色質(クロマチン)： 細胞分裂時以外では、DNAは染色質(クロマチン)として細胞核内に散在するが、これらは微小な構造物なので染色体として観察されることはない。

70) 染色体： 染色体は、顕微鏡で細胞核を観察するとき酢酸カーミンや酢酸オルセイン液などの色素で赤色に染まることからこのようによばれる。

71) 染色体凝縮： 染色体凝縮は、細胞核内に分散していた染色質(クロマチン)が、細胞分裂期においてコンパクトな棒状の構造に変換する過程のことをいう。核には多数のDNA分子が存在し、それぞれのDNA分子はとても細長いので、もつれるのを防ぐためにヒストンという筒状の蛋白質に巻きついて数珠状のヌクレオソームという構造をつくる。ヌクレオソームはさらに折りたたまれて、染色質(クロマチン)という繊維状の構造を取っている。細胞分裂時には、染色質の繊維のままでは複雑過ぎるので、凝縮して棒状の構造に変換して染色体という構造をとる。ちなみに細胞分裂時にみられる染色体で、DNAは約10,000分の一の長さまで折りたたまれている。

72) 微小管： 微小管は細胞骨格の主要構成要素のひとつで、直径25nmの細管状の線維である。

73) 娘染色体： 娘染色体は、細胞分裂時に複製された染色体のそれぞれの染色分体が両極に分かれたものをいう。体細胞分裂では分裂期後期以降の染色体をいう。

5. 終期

両極に移動し終わった染色体は脱凝縮し、微小管の消失、核膜や核小体の再形成、ゴルジ体の再形成などがおこる。さらに細胞のしきりがしだいにあらわれて、細胞質分裂が完了すると、完全な2個の娘細胞ができあがる。

◇ 減数分裂

【解剖学】

生殖細胞(精子・卵子)は、その形成過程において**染色体数⁷⁴⁾を半減させる**。これを**減数分裂**という。これらは生殖過程で精子と卵子が合体することにより、もとどおりの数の染色体を構成する。

◇ 染色体

【解剖学】

染色体とは、細胞核にある染色質(クロマチン)が、細胞分裂時に螺旋状に幾重にも巻いて太く棒状になったものである。**染色体は有糸分裂の際のみ出現する構造**で、細胞分裂時にDNAを安定に保持するために生じた構造である。

1. 染色体の数

ヒトの体細胞の核内に細胞分裂時にあらわれる染色体は、**23対46本**からなる。この46本の染色体は2本ずつがペアとなっており、その2本はほぼ同じ遺伝情報をもっており、これらを**相同染色体⁷⁵⁾**という。つまりヒトの染色体は2本ずつがペアとなり、このペア23対で構成される。ペアとなっている相同染色体の片方の23本は、受精時に母から受けついで遺伝子をふくみ、残りの23本は父から受けついで遺伝子をふくむ。このように**染色体は、父母から子へと等しい量が受けつがれていく**。

2. 染色体の分類

23対46本の染色体のうち、雌雄の分化や生殖細胞の形成に関与する染

74) 染色体数: 精子(精細胞)や卵子(卵細胞)などの生殖細胞にふくまれる染色体数は、体細胞(44本の常染色体と2本の性染色体)の半数(22本の常染色体と1本の性染色体)である。これは生殖細胞が形成される過程で染色体数の半減がおこるからであり、このような細胞分裂のことを減数分裂という。減数分裂の結果できた生殖細胞は、受精時に精子がもつ22本の常染色体と1本の性染色体と、卵子がもつ22本の常染色体と1本の性染色体が受精卵内であわさり、受精卵は本来のヒトの染色体数44本の常染色体と2本の性染色体をもつこととなる。

75) 相同染色体: 生殖細胞(精子・卵子)以外の細胞、すなわち体細胞には、ある一本の染色体には、よく似たもう一本の染色体が存在する。これらは互いによく似た(相同な)染色体で、その染色体にある遺伝子はほぼ同じ働きをもつ。このような関係にある2本の染色体を相同染色体という。

色体2本(1対)を性染色体といい、それ以外の44本(22対)を常染色体という。

3. 性染色体

性染色体⁷⁶⁾にはX性染色体とY性染色体の2種類がある。男性の体細胞はXとYの性染色体1本ずつ計2本をもち、女性の体細胞はX性染色体のみを計2本もっている。

これに対し減数分裂をおこなう生殖細胞⁷⁷⁾の場合、男性の生殖細胞である精子はXまたはY性染色体のどちらか1本をもち、女性の生殖細胞である卵子はつねにX性染色体1本をもつ。

◇◇ 細胞におけるエネルギー産生

◇ ATP (アデノシン三リン酸)

【生理学】

アデノシン三リン酸(ATP)⁷⁸⁾は、核酸の一種であるアデニン⁷⁹⁾に糖の一種であるリボース⁸⁰⁾が結合してできるアデノシンと、3分子のリン酸が結合した高エネルギーリン酸化合物である。

アデノシン三リン酸(ATP)は、その分子内に2個の高エネルギーリン酸結合⁸¹⁾をもち、細胞が生きていくための主要なエネルギー源⁸²⁾となる。ATPは

-
- 76) 性染色体: 性染色体のY性染色体はX性染色体より小さいが、XとYは部分的に類似している。
- 77) 生殖細胞: 卵子がX染色体をもつ精子を受精すると、受精卵における性染色体はXXのペアとなり女性になる。また卵子がY染色体をもつ精子を受精すると、受精卵における性染色体はXYのペアとなり男性になる。
- 78) アデノシン三リン酸(adenosine triphosphate;ATP): アデノシン三リン酸はアデノシンの5位の水酸基に3個のリン酸基がー列に結合したリボヌクレオチドであり、正式にはアデノシン5'-三リン酸(「5'-」は5位の炭素にリン酸が結合していることをあらわす)という。
- 79) アデニン(adenine): アデニン(化学式;C₅H₅N₅)は、核酸の構成成分となるほか、アデノシン三リン酸(ATP)、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD)、フラビンアデニンジヌクレオチド(FAD)、補酵素A(CoA)などの構成成分ともなる。
- 80) リボース(ribose): リボース(化学式;C₅H₁₀O₅)は糖(五炭糖)の一種であり、RNAやアデノシン三リン酸(ATP)、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD)の構成成分となる。
- 81) 高エネルギーリン酸結合: アデノシン三リン酸(ATP)の特徴は、3個のリン酸のうち、アデノシンとのリン酸の結合をのぞく残りの2個のリン酸の結合が通常の共有結合より高い結合エネルギーをもつ点にある。この結合を高エネルギーリン酸結合という。
- 82) 主要なエネルギー源: アデノシン三リン酸(ATP)は生体内でのエネルギー通貨にたとえられる。食物の話の中で、糖や脂肪には「カロリー」(熱量)があるということは、細胞が糖や脂肪がもつエネルギーを直接使用しているという意味ではない。ヒトは食べ物から摂取した糖や脂肪を原料として、細胞内でATPを合成し、ATPがもつエネルギーを使って生命活動を維持している。これは言い方をかえれば、ヒトは食事からえた糖や脂肪がもつエネルギーを細胞内でATPという分子に変換しない限り、基本的にこれを利用できないということである。

細胞内でアデノシン二リン酸(ADP)⁸³⁾に分解される過程で高エネルギー⁸⁴⁾を出す。なお細胞内でATPがADPとリン酸に分解されると、ただちに細胞内ではグルコースや酸素などをつかって、ADPにリン酸を加える反応が起こりATPが生成⁸⁵⁾される。

◇ 細胞内で ATP が使用される過程

【生理学】

各細胞においてエネルギーを使用しておこなわれる過程のすべてに、ATPがつかわれる。細胞内でATPが使用される代表例としては以下のようなものがある。

- 解糖系⁸⁶⁾ [p.20]
- 筋の収縮⁸⁷⁾ および弛緩⁸⁸⁾
- すべての能動輸送 [p.33]⁸⁹⁾
- 糖新生 [p.22]⁹⁰⁾

◇ 内呼吸

【生理学】

呼吸とは、細胞や個体が周囲の環境(空気・水)から酸素を摂取してATPを合成し、その過程で発生した二酸化炭素を排出するまでの過程をいう。

このうちヒトが周囲環境から呼吸器を介して酸素を血液中に取りこみ、血液中の二酸化炭素を周囲環境に排出することを、とくに外呼吸または肺呼

-
- 83) アデノシン二リン酸(adenosine di-phosphate;ADP): ATPもADPも、アデノシンにリン酸が結合した物質である。そのリン酸の個数が3つのものをアデノシン三リン酸(ATP)といい、2つのものをアデノシン二リン酸(ADP)という。
- 84) 高エネルギー: アデノシン三リン酸(ATP)には2つの高エネルギーリン酸結合があるが、生体内のエネルギー源としてはその末端のひとつが利用される。すなわちATPはATPaseという酵素で加水分解され、アデノシン二リン酸(ADP)とリン酸になる。このとき、ATP1molあたり7.3kcal(30.5kJ)のエネルギーが放出される。
- 85) ATPが生成: ヒトの脳におけるエネルギー消費量は、身体全体の20%にもおよび、これに必要なATPは1日あたり10kgとなる。にもかかわらず脳にあるATPは1g程度と考えられている。この脳にある1gのATPで、10kgのATPをまかなうためには、脳の細胞内で非常に頻繁にATPの分解と再合成が繰り返されなければならない、その回数は計算上1日に1万回におよぶ。
- 86) 解糖系: 解糖系はATP産生過程のひとつであるが、その過程の初期段階(グルコースのリン酸化)ではATPが消費されている。
- 87) 筋の収縮: 筋収縮においてアクチンフィラメントがミオシンフィラメントに滑りこむときにおこるミオシン頭部の変位(ミオシン頭部の運動)にはATPが消費される。
- 88) 弛緩: 筋の弛緩時におこるアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの分離や、筋小胞体へのカルシウムイオンの回収にはATPが消費される。
- 89) 能動輸送: 能動輸送の代表例であるイオンポンプは、細胞膜内外の濃度勾配に逆らった移動(濃度の薄い方から濃い方への移動)をになう、このような物質移動はATPなしにはおこりえない。
- 90) 糖新生: 糖新生の過程は、解糖の逆経路によっておこなわれ、1分子のグルコースを新生するのに、6分子のATPを必要とする。

吸という。これに対し、個々の細胞内における酸素の利用と二酸化炭素の排出過程は内呼吸(細胞内呼吸)とよばれる。ただし単に呼吸というときは、一般に外呼吸(肺呼吸)のことをさす。

ヒトは通常、内呼吸(細胞内呼吸)によってATP産生をおこなっているが、これには以下のようなものが関与する。

- 解糖系⁹¹⁾(細胞質) [p.20]
- β酸化(ミトコンドリア) [p.22]
- TCAサイクルまたはクエン酸回路(ミトコンドリア) [p.22]
- 電子伝達系(ミトコンドリア) [p.22]

◇ ATPの産生過程

【生理学】

ヒトの細胞におけるATPの産生⁹²⁾は、以下の過程がある。

1. ADPのリン酸化によっておこなわれる過程

アデノシン三リン酸(ATP)は、ADP(アデノシン二リン酸)にリン酸を付加する反応、すなわちADPのリン酸化⁹³⁾によって生成することができる。このADPのリン酸化をおこなう過程としては以下のふたつがある。

- 嫌氣的過程 [p.20]-----酸素なしでもおこなわれる過程(基質的リン酸化)で解糖とよばれる。
- 好氣的過程 [p.22]-----酸素の供給によっておこなわれる過程(酸化的リン酸化)で、TCAサイクル(クエン酸回路)および電子伝達系でおこなわれる過程をふくむ。

2. クレアチンリン酸の脱リン酸化によっておこなわれる過程

ATPは、クレアチンリン酸⁹⁴⁾ [p.23]からも生成される。

-
- 91) 解糖系: 解糖は酸素が存在しなくても反応は進むが、酸素を使うミトコンドリアでは、ATP産生材料として解糖系でつくられるピルビン酸を必要としている。このため酸素が豊富な環境下でも解糖系は働いている。
- 92) 細胞におけるATPの産生: 細胞でエネルギーが使われる時、糖質や脂質からのATP産生は、その直前におこなわれる。この理由は、ATPのもつエネルギー量がその重さの割に少ないからである。すなわち1gの糖質が貯蔵しているエネルギー量は4Kcal、脂質は9Kcalであるのに対し、ATPは0.015Kcalにすぎない。このようにATPは、生物が使いやすいエネルギーの形であるが、重すぎて貯蔵に適さない物質であるといえる。
- 93) リン酸化: リン酸化とは、有機化合物にリン酸塩を結合する化学変化をいう。したがってATP生成において、アデノシン二リン酸にリン酸をひとつ付加する過程はリン酸化によっている。
- 94) クレアチンリン酸(creatine phosphate): クレアチンリン酸はホスホクレアチン(phosphocreatine)ともよばれる。これは大量のATPを消費する骨格筋細胞中に多くふくまれる。

◇ 嫌氣的エネルギー産生過程

【生理学】

嫌氣的エネルギー産生過程は、細胞内に取りこまれたグルコースを嫌氣的に分解してATPを獲得する過程であり、解糖⁹⁵⁾ともよばれる。

1. 解糖の特徴

- 嫌氣的エネルギー産生過程(解糖)の原料になるのはグルコース(ブドウ糖)のみである。
- グルコースの嫌氣的分解経路⁹⁶⁾(解糖)は、さまざまな酵素によって単糖であるグルコース⁹⁷⁾を、酸素をもちいずにピルビン酸に分解する過程である。
- 解糖におけるグルコース分解は加水分解⁹⁸⁾ではなく嫌氣的分解である。
- 解糖はひろく細胞質全体⁹⁹⁾においておこなわれる。
- 細胞への酸素供給が十分なときには、解糖はいちじるしく抑制¹⁰⁰⁾される。ただし酸素供給のあるなしにかかわらず、解糖はつねにおこなわれている。
- 有酸素運動以外の運動、すなわち瞬発的で激しい骨格筋運動(無酸素運動¹⁰¹⁾)を行っているときは細胞への酸素供給が追いつかなくなるため、解糖によるATP産生が活発におこなわれる。

2. 解糖によって生じる産物

解糖によってグルコースが分解されて生ずる物質(最終産物)は、ATPとピルビン酸(あるいは乳酸)である。

95) 解糖: 解糖は、ほとんどすべての生物にそなわっている糖の代謝経路であり、もっとも原始的な代謝系である。

96) グルコースの嫌氣的分解経路: グルコースの嫌氣的分解は、エムデン-マイヤー-ホフ経路(Embden-Meyerhof pathway)によっておこなわれる。この経路は10段階の化学反応によっておこなわれ、1分子のグルコースが2分子のピルビン酸に分解される。

97) 単糖であるグルコース: 食物中の糖類(糖質または炭水化物)の多くは多糖類として存在し、これは単糖が数珠状に連なった分子である。口から摂取された食物中の多糖類は消化管内に分泌される糖質分解酵素(加水分解酵素)によって単糖類にまで分解される。この分解過程は水と酵素をもちいた反応(加水分解)によっておこなわれる。すなわち単糖類は、これ以上加水分解できない糖としての最小単位である。グルコースも単糖類のひとつで、消化管から吸収されたグルコースは細胞内に取りこまれた後、解糖によってさらに分解されて、この過程でATPを獲得している。なお解糖とよばれるグルコースの分解過程は、加水分解(水をもちいた化学反応)によるものではなく、複数の酵素をよる複雑な反応による。

98) 加水分解: 加水分解とは、ある化合物が水の付加反応によって、その一部またはすべての結合が切断されることをいう。消化管内における多糖類から単糖類への分解は、加水分解によっておこなわれる。

99) 細胞質全体: 解糖は細胞質にある細胞内液に溶解しているヘキソキナーゼ、ホスホフルクトキナーゼ、ピルビン酸キナーゼなど10種類ほどの酵素のはたらきによっておこなわれる化学反応である。

100) いちじるしく抑制: 嫌氣的条件下において解糖は活発におこなわれるが、好氣的条件下ではその速度が強く抑制される。これをパストゥール効果(Pasteur effect)という。これはおもに解糖系酵素であるホスホフルクトキナーゼが嫌氣的条件下で活性化される一方、好氣的条件下では阻害されることによる。この現象は微生物から高等動物まで広くみられる。

101) 無酸素運動: 無酸素運動とは、筋収縮に必要なエネルギーの供給を解糖など嫌氣的代謝によりおこなう骨格筋運動をいう。速い運動で、運動の初期にみられる。

a. ATP

- **解糖においては、その初期段階で1分子のグルコース分解に2分子のATPを消費し、最終段階で4分子のATPが産生される¹⁰²⁾。**このように解糖において産生されるATPは差し引き2分子であり、他のATP産生機構にくらべ少量のATPしか産生できない。

b. ピルビン酸

ピルビン酸は嫌氣的分解経路(解糖)によってグルコースが分解されることで生じる最終産物である。ピルビン酸はその後、細胞がおかれた環境によって異なる反応をしめす。

- **酸素が豊富な環境下でピルビン酸は、ミトコンドリアのTCAサイクルにおけるATP産生の原料となる。**
- **酸素が少ない環境下でピルビン酸は、細胞内にある酵素¹⁰³⁾の作用をうけて乳酸に変化する。**
- ピルビン酸はアミノ酸合成、糖新生などの出発点ともなる。

c. 乳酸

酸素が少ない環境下では、解糖の最終産物¹⁰⁴⁾はピルビン酸から生成される**乳酸¹⁰⁵⁾**となる。

- **乳酸は、瞬発的な運動をおこなう骨格筋¹⁰⁶⁾などで大量に生成され、血中に放出される。**
- **さまざまな疾患によって全身の組織が低酸素状態となると、全身の細胞で大量の乳酸が産生されて血中の乳酸値が異常に上昇し、アシドーシス^[p.27]をきたす。これを**乳酸アシドーシス¹⁰⁷⁾**という。**

102) ATPが産生される： 解糖系ではATPが使われるが、最終的にはその消費量を上回るATPを産生することができる。

103) 酵素： ピルビン酸から乳酸を生成する反応にあずかる酵素としては、乳酸デヒドロゲナーゼ(乳酸脱水素酵素,lactate dehydrogenase; LDH)がある。乳酸デヒドロゲナーゼは、全身の細胞内に分布している。このためある組織で細胞破壊がおこると、乳酸デヒドロゲナーゼが血液中に逸脱して、その血中濃度が上昇する。このため臨床検査において血中乳酸デヒドロゲナーゼ(LDH)が上昇したときは、何らかの疾患をうたがう必要がある。しかし乳酸デヒドロゲナーゼはすべての細胞内にあるため、その上昇の程度は組織傷害の程度を表すのみで、病変臓器の特定はできない。

104) 最終産物： 環境に酸素がないとき、解糖の最終産物は乳酸のみである。酸素が存在する環境ではピルビン酸は、ミトコンドリアのクエン酸回路の原料としてつかわれる。これは、解糖は酸素が存在しなくても反応は進むが、ミトコンドリアの反応には酸素が必須であるためである。

105) 乳酸： 乳酸(lactic acid)は分子式 $C_3H_5O_3$ であらわされる有機化合物である。血液中に放出された乳酸は、肝臓に運ばれてグルコース合成のもととなる。

106) 骨格筋： かつて乳酸は筋疲労や筋肉痛の原因物質として考えられていた。しかし現在では、これらの原因は、細胞外に蓄積したカリウムイオンによっておこると考えられている。

107) 乳酸アシドーシス： 乳酸アシドーシス(lactic acidosis)は、ショックなどの全身状態の悪い患者、糖尿病、肝不全、腎不全、悪性腫瘍などの全身疾患をもつ患者、アルコール中毒患者などでみられる。これは致死率が約50%と高く、早急な対応が求められる。

◇ 好氣的エネルギー産生過程

【生理学】

好氣的エネルギー産生過程では、酸素の供給のもとにアデノシン二リン酸 (ADP) にリン酸を結合させることによって、アデノシン三リン酸 (ATP) を生成する。このように好氣的エネルギー産生過程では、ADPの酸化的リン酸化によってATPを生成する。

1. 原料

好氣的エネルギー産生過程におけるATP産生の原料としては、グルコース (ブドウ糖) およびピルビン酸、脂肪酸、アミノ酸などがある。

a. グルコース (ブドウ糖)

細胞内に取りこまれたグルコース (ブドウ糖) は、細胞質で解糖系によって分解されてピルビン酸となる。このピルビン酸は酵素によってアセチル^{こえー}CoA¹⁰⁸⁾ となり、これが好氣的エネルギー産生過程にはいる。

b. 脂肪酸

空腹時または細胞へのグルコース取りこみが障害された場合などには、体内の脂肪 (脂質) が脂肪酸に分解されて、好氣的エネルギー産生過程におけるATP産生の原料となる。

細胞内に取りこまれた脂肪酸 [p.312] は、ミトコンドリアで酸化的に分解され、アセチル^{こえー}CoAとなり、これが好氣的エネルギー産生過程にはいる。このミトコンドリアにおける脂肪酸の分解過程を^{べーた}β酸化¹⁰⁹⁾ という。

c. アミノ酸

体内でグルコースも脂肪酸も^{こかつ}枯渇してくると、筋組織などにある蛋白質が分解されて、ここから遊離した一部のアミノ酸からグルコースが生成される。このように糖質以外の物質からグルコースを生成することを糖新生¹¹⁰⁾ という。

したがってアミノ酸は、糖新生によるグルコース合成に利用され、このグル

108) アセチルCoA (Acetyl Coenzyme A): アセチルCoAは、アセチル補酵素Aの略で、化学式が $C_{23}H_{38}P_3N_7O_{17}S$ で表される有機化合物である。アセチルCoAはおもにグルコース、脂肪酸、グリセロール、アミノ酸から生成され、好氣的エネルギー産生過程ではこの物質が起点となる。

109) β酸化 (β-oxidation): 細胞においてグルコースをエネルギー源として有効に利用できず脂肪酸のβ酸化が亢進した場合、肝細胞のミトコンドリアでは大量のアセチルCoAが産生され、これはケトン体とよばれる物質に変換される。このケトン体 (アセト酢酸、3-ヒドロキシ酪酸、アセトン) は血中にて、他の臓器のエネルギーとして働く。ただし血中でケトン体が過剰になると、ケトン血症やケトン尿症を引き起こし、呼吸中にアセトンが発せられ、尿中にケトン体が含まれるようになる。このような状態をケトーシス (ケトアシドーシス) という。

110) 糖新生: 糖新生とは、肝臓などで糖質以外の物質 (ピルビン酸、乳酸、糖原性アミノ酸、プロピオン酸、グリセロールなど) から、グルコースを生産する経路をいう。糖新生は、たとえば飢餓時におこる。

コースが解糖によってピルビン酸に変換されて、好氣的エネルギー産生過程の原料となる。

2. 好氣的エネルギー産生過程

好氣的エネルギー産生過程における酸化リン酸化は、ミトコンドリア [p.13]にあるTCAサイクルおよび電子伝達系とよばれる回路でおこなわれる。

a. TCA サイクル

- TCAサイクル(TCA回路)¹¹¹⁾はクエン酸ができることで反応が開始されることからクエン酸回路ともよばれる。
- TCAサイクル(TCA回路)は、糖、脂肪酸、アミノ酸などからえられるアセチルCoAを酸化するシステムである。
- TCAサイクル(TCA回路)で産生されるATPは2個と少量である。またここからは二酸化炭素なども放出される。

b. 電子伝達系

- 電子伝達系¹¹²⁾では、アデノシン二リン酸(ADP)を酸化リン酸化することによってアデノシン三リン酸(ATP)を生成する。
- 電子伝達系はエネルギー産生効率が非常に高く、ここで産生されるATPは34個である。このように電子伝達系は、エネルギー産生過程のうちもっとも多くのATPを産生する過程である。
- 電子伝達系におけるATP産生には細胞外からの酸素供給が不可欠であり、その反応によって二酸化炭素(炭酸ガス)がつくられ、この二酸化炭素は細胞外液中に排出される。

◇ ATP の貯蔵

【生理学】

筋細胞ではその収縮活動によって急速に大量のATPが消費¹¹³⁾される。このため筋細胞では、ATPを貯蔵する。

111) TCAサイクル(TCA回路; TCA cycle): TCAサイクルは、トリカルボン酸回路(tricarboxylic acid cycle)の略である。カルボン酸とよばれる有機化合物のうち、カルボキシ基(-COOH)が3つある物質はトリカルボン酸とよばれる。クエン酸はトリカルボン酸のひとつであるため、TCAサイクルはクエン酸回路ともよばれる。またTCAサイクルは、1937年にドイツの化学者クレブス(Hans Adolf Krebs, 1900-1981)が発見したことからクレブス回路(Krebs cycle)ともよばれる。

112) 電子伝達系(electron-transport system); 電子伝達系は、ミトコンドリアの内膜における水素原子(プロトン;H)の移動によって反応が進む。

113) 大量のATPが消費: 筋はその収縮時にも弛緩時にも、エネルギー源としてATPを消費する。筋細胞でATPが枯渇すると筋疲労がおこる。

この過程では、ATPから遊離したリン酸とクレアチン¹¹⁴⁾が反応して、クレアチンリン酸¹¹⁵⁾が生成される。クレアチンリン酸はエネルギー貯蔵物質と考えられ、細胞内でATPが不足したときは、クレアチンリン酸からATPが供給される。

クレアチンリン酸からのATP供給過程をローマン反応¹¹⁶⁾という。この反応は筋細胞中にあるクレアチンキナーゼ(CK)¹¹⁷⁾とよばれる酵素によっている。

◇◇ 体液

◇ 体液の組成

【生理学】

生体を構成する液体成分を体液¹¹⁸⁾という。全体液量は成人で体重の約60%¹¹⁹⁾をしめる。体液は水¹²⁰⁾にさまざまな物質が溶けこんだ水溶液である。

体液は、細胞内にある細胞内液(体重の40%)と、細胞外にある細胞外液(体重の20%)にわけられる。

1. 細胞内液

細胞内液は体液のうち細胞内に存在するものをいう。その特徴は以下のとおりである。

-
- 114) クレアチン(creatine)： クレアチンは肝臓で生合成される有機酸の一種である。生成されたクレアチンは血中に放出され、そのほとんどが筋細胞に取りこまれる。細胞中では大部分がATPと反応してクレアチンリン酸となる。
- 115) クレアチンリン酸(creatine phosphate)： クレアチンリン酸はホスホクレアチン(phosphocreatine)ともよばれ、クレアチンがリン酸化された物質である。
- 116) ローマン反応(Lohmann reaction)： ローマン反応は、筋細胞内でクレアチンリン酸からADPへ高エネルギーリン酸を転移してATPを生成する可逆的反応である。すなわちクレアチンリン酸はクレアチンキナーゼとよばれる酵素によって、リン酸基とクレアチンに分解される(脱リン酸化)。このとき遊離したリン酸基がADPに結合することで、ATPが無酸素的につくられる(クレアチンリン酸+ADP⇌クレアチン+ATP)。これは筋細胞内のATPの量を維持するために重要な反応である。(Karl Lohmann, 1898-1978, はドイツの生化学者)
- 117) クレアチンキナーゼ(creatine kinase;CK)： クレアチンキナーゼ(CK)はクレアチンホスホキナーゼ(creatine phosphokinase;CPK)ともよばれ、正常時には骨格筋や心筋などの筋細胞内のみふくまれる酵素である。このため血液検査でのクレアチンキナーゼ(CK)上昇は、これらの細胞の変性・壊死を意味する。すなわち血中クレアチンキナーゼ(CK)値上昇は、進行性筋ジストロフィー、多発性筋炎(皮膚筋炎)などの骨格筋細胞の壊死によっておこる筋原性萎縮を呈する疾患や、心筋細胞の壊死をきたす心筋梗塞などで認められる。
- 118) 体液： 体液量は体内総水分量とほぼ同量である。健康成人では、一日約2.2リットルの水が身体から入りしており、その出納バランスはおおよそ以下のようなものである。まず体に入ってくる水としては、食事から約1,000mL、飲水から約1,000mLであるほか、体内で産生される代謝水が約200mLある。いっぽう体から出ていく水としては、呼吸から400mL、発汗により300mL、糞便として100mL、尿として1,400mLとなる。
- 119) 約60%： 体液は成人では体重の約60%であるが、新生児では78%を占め、体重に占める体液の割合は年齢とともに減少していく。
- 120) 水： 水は物理化学的に特殊な性質をもつ物質であり、その特殊性が生命活動をささえているといえる。たとえば水は分子量の割には極端に沸点が高いので、地球上で液体の状態で存在し、さまざまな物質を溶かす溶媒として生体内において化学反応の場を提供している。

- 細胞内液は細胞の原形質をみだし、生命活動の基本となるさまざまな代謝¹²¹⁾の場となる。
- 細胞内液は**全体量の約2/3(体重の40%)**をしめる。
- 細胞内液にはさまざまなイオンが溶解している。**細胞内液にふくまれる陽イオン¹²²⁾のうち、もっとも多いものはカリウムイオン(K⁺)¹²³⁾**であり、このほかマグネシウムイオン(Mg²⁺)などもふくまれる。
- **蛋白質は、細胞外液より細胞内液に多くふくまれている。**蛋白質の多くは体液中では陰イオンとして存在し、細胞内にはこれが多くあるため、**細胞膜内は膜外に対し負の電位をたもっている。**

2. 細胞外液

細胞外液は体液のうち細胞外に存在するものをいう。細胞外液としては、**血漿、リンパ液、間質液**などがある。

a. 分類

細胞外液は脈管(血管・リンパ管)内を満たして流れる脈管内液と、脈管外で細胞が直接に接する間質液からなる。

- **血漿** ----- 血管内を流れる体液を血液というが、**血液から細胞成分をのぞいた液性成分を血漿**という。これは**血管内にある細胞外液**であるともいえる。**血漿には多くの蛋白質(血漿蛋白質 [p.88])がふくまれる。**
- **間質液**----- 血管・リンパ管からなる**脈管系以外の領域にある細胞外液**であり、**組織間液**または**細胞間液**ともよばれる。正常な状態では、間質液に赤血球や血小板はふくまれず、**蛋白質もほとんどない。**
- **リンパ液**----- リンパ管内を流れる細胞外液をリンパ液という。

b. 特徴

細胞外液の特徴は以下のとおりである。

-
- 121) 代謝： 代謝とは、生体が生きていくために起こる生化学的な反応のすべてをいう。代謝における生化学的な反応の多くは、化学反応を進行させるためにはたらく物質である酵素による反応であるが、代謝には生体膜内外の物質移動によって起こる反応もふくまれる。
- 122) イオン： 電気的に中性である原子や分子が、電子(e⁻)を失うか得るかしたものをイオンといい、この変化をイオン化(電離)という。このうち電子を失った物質を陽イオンといい、電子を得た物質を陰イオンという。ある原子や分子が水に溶ける場合、その物質は水の中でイオン化した状態、すなわち陽イオンや陰イオンとして存在する。細胞の内外で体液のイオン組成が異なるのは、これらが水溶性の物質であるがために細胞膜を透過しにくいことと、細胞膜の所々にあるイオンポンプやイオンチャネルがそれぞれのイオンの移動を制御しているためである。
- 123) カリウムイオン(potassium ion; K⁺)： カリウムイオンの細胞内での濃度は160mmol/L前後で、細胞外液では4mmol/L程度であり、体内の総カリウムの約98%が細胞内に分布している。細胞膜内外のカリウムイオンの移動は、おもにナトリウム-カリウムポンプによって制御されている。

- 細胞外液は個々の細胞が生きるための環境であり、内部環境 [p.30]ともよばれる。細胞外液すなわち内部環境のホメオスタシス [p.30]は、生命維持において不可欠な機構である。
- 細胞外液は全体液量の約1/3(体重の20%)をしめる。
- 細胞外液は海水¹²⁴⁾と似たイオン構成をなす。
- 細胞外液にはさまざまなイオンが溶解している。細胞外液にもっとも多くふくまれる陽イオンはナトリウムイオン(Na^+)であり、陰イオンは塩素イオン(塩化物イオン; Cl^-)である。
- 細胞外液中の蛋白質濃度はきわめて低い。ただし細胞外液のひとつである血漿には、血漿蛋白として一定量の蛋白質がふくまれる。

◇ 体液の pH

【生理学】

水溶液は、その中にふくまれる水素イオン(H^+)の濃度が高いときは酸性¹²⁵⁾を示し、低いときはアルカリ性¹²⁶⁾を示す。この水溶液中の水素イオン濃度は、水素イオン指数¹²⁷⁾で表され、その単位にはpH¹²⁸⁾をもちいる。

pHは数値としては0から14の値をとり、pH7.00¹²⁹⁾は中性をしめす。またpH7.00未満は酸性を、pH7.00をこえる場合はアルカリ性をしめす。

1. 酸塩基平衡

ある水溶液が酸性であるかアルカリ性であるかを決めているのは、水溶液中の酸である水素イオン(H^+)と、アルカリ(塩基)である水酸化物イオン

124) 海水： 細胞外液は約0.9%の食塩水である。これは、脊椎動物が生まれた当時の海の環境(塩分濃度は現在の1/3)を体の中に持ち込んだものと考えられている。なお生理的食塩水は、細胞外液と同じ塩分濃度の水溶液をいう。

125) 酸性： 酸(acid)とは、水に溶けるときに水素イオン(H^+)を放出する物質である。このため酸性の水溶液は、水素イオン(H^+)濃度が高くなる。なお産生の食品の多くは酸味を持つ。

126) アルカリ性： アルカリ(塩基;alkali)とは、水に溶けるときに水酸化物イオン(OH^-)を放出する物質である。このためアルカリ性の水溶液では、水の中にある水素イオン(H^+)とアルカリが出す水酸化物イオン(OH^-)が反応して水になってしまうため、水素イオン(H^+)濃度が低くなる。なおアルカリ性の食品の多くは、苦味をもつ。アルカリという語句は植物の灰を意味するアラビア語に由来する。

127) 水素イオン指数： pHは、ある水溶液の水素イオン(H^+)の濃度を 10^{-n} mol/Lと指数表記したときのnの値である。したがってpHの数値が1増えると水素イオン濃度は1/10になる。

128) pH： pHの「p」は「潜在力」を表す「Potenz」、「H」は水素を表す「Hydrogen」の頭文字で、直訳すれば、「水素の潜在力」ということを意味する。

129) pH7.00： 中性であるものの代表例は真水である。純粋な水1Lの中には、1気圧、25°Cのときに水素イオンが $1/10000000$ mol存在する。これは 10^{-7} mol/Lであるから、純粋な水のpHは7ということになる。水は等量の水素イオン(H^+)と水酸化物イオン(OH^-)をふくんでいる($\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$)。このため純粋な水の中の水酸化物イオン(OH^-)も 10^{-7} mol/Lである。このことから、中性とは水溶液中の水素イオン(H^+)と水酸化物イオン(OH^-)の量が等しい状態であるといえる。さらに純水に酸を加えると水素イオン(H^+)濃度が増えて、水酸化物イオン(OH^-)濃度が減り、酸性になる。また、純水にアルカリ(塩基)を加えると水酸化物イオン(OH^-)濃度が増えて、水素イオン(H^+)濃度が減り、アルカリ性になる。このように水素イオン(H^+)濃度と水酸化物イオン(OH^-)濃度の関係は、一方が増えればもう一方が減る関係にある。

(OH⁻)のバランスである。体液も水溶液として水素イオン(H⁺)と水酸化物イオン(OH⁻)のバランスを一定に保っており、このことを**酸塩基平衡**という。

2. 体液の酸塩基平衡 (pH)

ヒトの**体液の酸塩基平衡は弱アルカリ性に**たもたれており、**pH7.35-7.45(7.4±0.05)の狭い範囲に維持**されている。またヒトのpH値は、ホメオスタシス [p.30] によって保たれているため、**老化によってこれが変化することはない**。

3. 酸塩基平衡 (pH) の調節

体内でおこる生理的な化学変化(代謝)では、つねに多量の水素イオンが産生されており、これによって体液中の水素イオン濃度はつねに増加する傾向にある。したがって生体内ではつねに増加する水素イオンを減らすメカニズムによって、**体液はpH7.35-7.45(7.4±0.05)の弱アルカリ性に**たもたれている¹³⁰⁾。

この**体液の酸塩基平衡の維持**、すなわち**体液のpHを7.35-7.45(7.4±0.05)の弱アルカリ性に**たもつメカニズムには、**肺と腎臓**が重要な役割をはたしている。

◇ アシドーシスとアルカローシス

【生理学】

体内でpH調節能力をこえて動脈血中の**水素イオン濃度が増加してpHが7.35以下に低下する病態をアシドーシス¹³¹⁾**といい、逆に**水素イオン濃度が低下してpHが7.45以上に上昇する病態をアルカローシス¹³²⁾**という。

◇ 肺による pH 調節

【生理学】

血液中の二酸化炭素(CO₂)の大部分(約80%)は、血漿中に重炭酸イオン(HCO₃⁻)として存在する。この血液中の重炭酸イオンは静脈血を運ばれ

130) 弱アルカリ性にたもたれている： 細胞外液のpHがこの範囲内でなければ、ヒトを構成する細胞が生きていけない(一般にpHが7.20未満になるとヒトは死亡する)。いいかえればpHがこの範囲を逸脱すると、細胞は正常な機能を営めなくなる。

131) アシドーシス(acidosis)： アシドーシスは、体液の酸塩基平衡が正常より酸性(acid)側に傾いた状態をいう。とくに血液のアシドーシスを表現する場合には酸血症(acidemia)という用語をもちいることもある。

132) アルカローシス(alkalosis)： アルカローシスは、体液の酸塩基平衡が正常よりアルカリ(alkali)側に傾いた状態をいう。とくに血液のアルカローシスを表現する場合にはアルカリ血症(alkalemia)という用語をもちいることもある。

て肺に送られ、肺胞において重炭酸イオンから二酸化炭素を遊離して、二酸化炭素(炭酸ガス)のみがガスとして呼気¹³³⁾に放出される。

肺において二酸化炭素が呼気にでるとき、血液中で重炭酸イオン(HCO_3^-)は二酸化炭素(CO_2)を遊離して水酸化物イオン(OH^-)となる($\text{HCO}_3^- - \text{CO}_2 = \text{OH}^-$)。血液中の水酸化物イオン(OH^-)は、血漿中にある水素イオン(H^+)と結合して水($\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$)となる。

このように呼吸において、肺から呼気として二酸化炭素を排出することは、**体液中の水素イオン(H^+)を減少させることにはたらく。**すなわち呼気からの二酸化炭素排出量が増加すると、**体液中の水素イオン(H^+)は減少し、体液のpHは上昇する。**逆に呼気からの二酸化炭素排出量が減少すると、**体液中の水素イオン(H^+)は増加し、体液のpHは低下する。**

なお**酸塩基平衡を調節するこの反応に、酸素は関与しない。**

このように肺における呼気量(換気量)は、体液の酸塩基平衡(pH)に大きな影響をあたえる。

1. 呼吸性アシドーシス

肺における換気量¹³⁴⁾が低下すると、呼気から体外にでる二酸化炭素の量も減少する。このため換気量が過度に低下すると、**体内の水素イオン濃度は上昇し、体液の酸塩基平衡(pH)は低下する。**これによっておこる病的な状態を**呼吸性アシドーシス**という。

2. 呼吸性アルカローシス

肺における換気量が増加すると、呼気から体外にでる二酸化炭素の量も増加する。このため換気量が過度に増加する(過換気)と、**体内の水素イオン濃度は低下し、体液の酸塩基平衡(pH)は上昇する。**これによっておこる病的な状態を**呼吸性アルカローシス**という。

◇ 腎臓による pH 調節

【生理学】

腎臓においては、血液中の特定のイオンを選択的に尿中に排泄、または尿から再吸収して、尿の成分を調節している。

133) 呼気： 呼気とは、呼吸において呼吸器系から吐きだされるガス(気体)をいう。

134) 換気量： 換気量とは、呼吸により肺に出入りするガスの量をいう。通常、換気量は、呼気あるいは吸気(一回換気量)×呼吸数で表される。これを分時換気量という。

通常、腎臓では体内でつねに産生されつづける水素イオン(H^+)を尿中に排泄¹³⁵⁾して、**体液中の水素イオンを減少させる、すなわち酸塩基平衡(pH)を弱アルカリ性に保つように働いている。**

また体内の重炭酸イオン(HCO_3^-)は、水素イオン(H^+)と反応して水に変換($HCO_3^-+H^+=H_2O+CO_2$)することによる中和作用をもつ。このため通常、腎臓ではいったん尿にでた**重炭酸イオン(HCO_3^-)を体内の再吸収することにより、酸塩基平衡(pH)を弱アルカリ性に保つように働いている。**

1. 代謝性アシドーシス

腎臓における尿生成が障害されると、腎臓からの水素イオン(H^+)の排泄量が低下し、体内で産生される水素イオンが体液中の貯留するため、体内の水素イオン濃度は上昇し、体液の酸塩基平衡(pH)は低下する。このように代謝の変化など呼吸以外の要因によって生ずるアシドーシスを代謝性アシドーシス¹³⁶⁾という。

2. 代謝性アルカローシス

人体の一部で生合成されるアルドステロン¹³⁷⁾とよばれる物質は、腎臓における水素イオンの排泄を促進する作用がある。このためアルドステロン分泌が亢進する疾患(原発性アルドステロン症)などでは腎から多量の水素イオンが失われるためにアルカローシスをきたす。このように**代謝の変化など呼吸以外の要因によって生ずるアルカローシスを代謝性アルカローシスという。**

◇ pHの緩衝作用

【生理学】

体液の酸塩基平衡は、おもに腎臓と肺によって維持されているが、それ以外にも体液中には、その水素イオン濃度の変化をやわらげるさまざまな作用

135) 水素イオンを尿中に排泄： 健康人の尿はpH6.0程度であるが、腎臓は体液のpHを狭い範囲で維持することにあずかるため、尿のpHは5.0-8.0の範囲で大きく変動する。ただし尿を最大限酸性化しても、体内で産生されるすべての水素イオンを尿に排出することはできない。このためpHには、肺の二酸化炭素排出機能が不可欠となる。

136) 代謝性アシドーシス(metabolic acidosis)： 代謝性アシドーシスをおこす場合としては、①体内での水素イオンの蓄積(腎臓における尿産生能力が低下する腎不全)以外にも、②体内での酸性物質の産生(糖尿病や飢餓では血中に酸性を示すケトン体が増加することでおこるケトアシドーシス)や、③低酸素血症(解糖系の機能が亢進によって血中乳酸値が上昇しておこる乳酸アシドーシス)、④体外への重炭酸イオンの喪失(コレラなどでおこる大量の下痢でアルカリ性である腸液の喪失しておこるアシドーシス)などがある。

137) アルドステロン(aldosterone)： アルドステロンは副腎皮質球状層で産生されるホルモンである。アルドステロンは腎臓に作用してナトリウムイオンの再吸収を促進すると同時に、尿細管腔へのカリウムイオンの分泌を促進する。また水素イオンの分泌も促進する。

がある¹³⁸⁾。これをpHの緩衝作用¹³⁹⁾という。

pHの緩衝作用には以下のようなものがある。

- 重炭酸イオン(HCO_3^-)¹⁴⁰⁾は強力なpHの緩衝作用をもつ。
- 赤血球中にふくまれるヘモグロビンはpHの緩衝作用^[p.71]をもつ。

◇◇ ホメオスタシス

◇ 内部環境とホメオスタシス

【生理学】

多細胞生物には内部環境¹⁴¹⁾が存在するため、その個体は激しく変化する外部環境などの影響をあまりうけずに活動できる。この内部環境の重要性¹⁴²⁾にはじめて着目したのはクロード・ベルナル¹⁴³⁾である。彼は内部環境としての血漿の役割¹⁴⁴⁾をとくに重視し、生物が生存するためには内部環境の維持が必要であるという考えを提出(1865年)した。

その後、ウォルター・キャン¹⁴⁵⁾はクロード・ベルナルの内部環境維持の概念を発展させ、あらたにホメオスタシスという概念を提出し(1932年)、その調節メカニズムを研究した。

ホメオスタシスとは、生体はその内外のたえまない環境変化にもかかわらず

-
- 138) ヘモグロビン(hemoglobin; Hb): ヘモグロビンは赤血球中にふくまれる蛋白質である。ヘモグロビンは酸素分子と可逆的に結合し、酸素分子の肺から組織への運搬をこなす。ただし、水素イオンが多くある環境または二酸化炭素が多い環境下でヘモグロビンは、水素イオンまたは二酸化炭素を結合させることができる。このため血液中に急激に水素イオンが増加したとき、ヘモグロビンは水素イオンの一部を赤血球内に取り込んで、血液中の水素イオン濃度を下げるはたらきをもつ。
- 139) pHの緩衝作用: pHの緩衝作用とは簡単に言うと、pHの急激な変動を抑え元の状態を維持しようとするメカニズムといえる。
- 140) 重炭酸イオン(bicarbonate ion; CO_3^-): 重炭酸イオン(HCO_3^-)は水素イオン(H^+)と結合して炭酸(H_2CO_3)になった後、水(H_2O)と二酸化炭素(CO_2)に分解され、このうちの二酸化炭素(CO_2)は呼吸によって体外に排出することができるため、pHの緩衝作用においてもっとも重要な物質である。
- 141) 内部環境: 内部環境は、個体内部の細胞をとりまく細胞外液の環境をいう。細胞外液は、生体内の体液のうち細胞膜によりへだてられて細胞外に存在する液体である。これには血漿、間質液(組織間液)、リンパ液がある。
- 142) 内部環境の重要性: 細胞の存在はフックによって1667年に発見されたが、これが生物の構造・機能の単位であるということは1830年代までわからなかった。このような時代に、多細胞生物が生命を維持していくシステムそのものに着目した人物はほとんどいなかった。
- 143) クロード・ベルナル(Claude Bernard; 1813-1878): ベルナルは、フランスの生理学者である。生理学に実験的手法を導入し、実験医学の創始者といわれる。彼は肝組織にグリコーゲンを発見し、膵臓の分泌液の消化作用を明らかにし、内分泌という語をはじめで使用した(1855年)。主著に『実験医学序説』(1865年)がある。
- 144) 血漿の役割: ベルナルは、血漿が不安定な外部環境と個々の細胞との間に介在し、これらが直接に接触することがないようにする役割を果たしていることを発見した。現在では内部環境には血漿以外にも間質液やリンパ液も重要であることが知られている。一般に生体の内部環境のシステムが高度であるほど、その活動の自由度は高まる。
- 145) ウォルター・キャン(Walter Bradford Cannon; 1871-1945): キャンは、アメリカの生理学者である。ホメオスタシス(homeostasis)に関する生理学的業績をあげたばかりでなく、X線造影撮影を最初におこなった。

ず、さまざまなフィードバックシステム¹⁴⁶⁾によって内部環境をある範囲にたもとうとする性質をいう。ホメオスタシスという語は、一般に生体恒常性と翻訳される。ベルナールは内部環境が維持されていることの重要性を指摘したのみであったが、キャンオンは内部環境が不変なものではなく、食事、運動、精神活動などの要因により、ある範囲内で変動しながら平衡をたもっていることを明らかにした。

◇◇ 物質移動と膜輸送

◇ 物質移動と膜輸送

【生理学】

細胞膜 [p.5] などの生体内にある膜の多くは半透膜¹⁴⁷⁾であり、これを介してさまざまな物質が移動する。このように細胞膜を介しておこなわれる物質移動を膜輸送という。

細胞膜はおもにリン脂質の二重膜から構成されているため、脂溶性物質はこれを比較的容易に透過することができる。いっぽう水溶性物質は、脂溶性物質にくらべ膜を透過しにくい。

このため水溶性物質の膜輸送は生体膜上にある膜輸送装置をとおって移動する。生体膜にある膜輸送装置 [p.6] としては輸送担体、イオンチャネル、イオンポンプなどがある。また細胞膜を通過しにくい大きな分子のあるものは、膜の変形(膜道輸送)によってここを透過している。

◇ 膜輸送の分類

【生理学】

生体膜における物質移動すなわち膜輸送には、ATP(アデノシン三リン酸) [p.17] がもつエネルギーを消費するか否かによって、以下のように分類される。

146) フィードバック(feedback): フィードバックとは、もともと「帰還」と訳され、あるシステムにおいて出力(結果)を入力(原因)側にもどす操作、あるいは出力(結果)によって入力(原因)を調整する操作のことをいう。

147) 半透膜: 半透膜とは、特定の分子またはイオンのみをとおし、それ以外の物質をとおさない膜である。リン脂質の2重層でできている細胞膜は電氣的に中性である。これは極めて小さな分子、たとえば酸素分子や二酸化炭素分子はとおすが、電氣的な極性をもつ水分子はとおりにくく、大きな分子やイオンはとおることができない。細胞内外を行き来するアミノ酸や糖やイオンは、このように細胞膜のリン脂質部分を透過できないため、膜にある特殊な装置(膜を貫通した輸送蛋白質部分)をとおって移動する。

1. 受動輸送

- 受動輸送は、移動する物質の電氣的・化学的・物理的な**勾配¹⁴⁸⁾**にしたがって起こるもので、ATP(アデノシン三リン酸)がもつエネルギーを必要としない。
- 受動輸送には**拡散**、**浸透**、**濾過(ろ過)**がある。

2. 能動輸送

- 能動輸送は物質の電気・化学的な**勾配**にさからって起こるものであり、これにはATP(アデノシン三リン酸)がもつエネルギーが**不可欠**である。
- 能動輸送には、**イオンポンプ**による輸送や**膜道輸送**がふくまれる。

◇ 溶媒と溶質

【生理学】

ヒトの体内にある体液は、水を基質として、これにさまざまな物質が溶けている液体、すなわち水溶液である。**水溶液において、水をその溶媒¹⁴⁹⁾といい、水に溶けている物質群を溶質¹⁵⁰⁾という。**

◇ 受動輸送

【生理学】

1. 拡散

濃度のことなる溶液が半透膜を介してたがいに接していて、**溶液中に溶けている物質(溶質)が半透膜をとおることができる場合、溶質はその濃度勾配にしたがって移動する。**すなわち**溶質は溶質濃度の高い方から低い方へ移動し、やがて溶液中の溶質濃度は均一になる。**これを半透膜における**拡散**という。半透膜を介した受動輸送では、その**半透膜を自由に透過できる小分子の物質(溶質)は、拡散によって移動する。**

細胞膜を通しての拡散は**単純拡散**と**促進拡散**に分けられる。

a. 単純拡散

細胞膜において、**脂溶性分子などの細胞膜を通過することができる物質**

148) 勾配: 勾配とは、水平面に対する傾きの度合い、すなわち傾斜の程度をいう。一般的に勾配の語は地形を表現するときにもちいられるが、化学や力学においてももちいられる。すなわちふたつの場において、ある物質の濃度差があるときは濃度勾配があると表現される。このときの「濃度勾配にしたがって」は、「濃度の濃い方から薄い方へ」の意味である。

149) 溶媒: 物質をとかして溶液をつくるのに使う液体を溶媒という。

150) 溶質: 溶液において、その中に溶けこんでいる物質を溶質という。

が、リン脂質で構成される細胞膜を溶質濃度の濃度勾配に従って移動する。これを単純拡散(受動拡散)という。単純拡散は細胞膜にある輸送担体などの膜輸送装置を必要としない。

b. 促進拡散

細胞膜のリン脂質を通過することができない物質のうち、グルコースなどは細胞外液中から細胞膜上の輸送担体 [p.7] によって拡散する。この輸送担体による拡散を促進拡散(促通拡散)という。促進拡散も溶質濃度の勾配による物質移動であるため、促進拡散(促通拡散)はATPを必要としない。

2. 浸透

浸透とは半透膜を水などの溶媒が、溶媒の濃度勾配にしたがって移動することをいう。すなわち半透膜によってへだてられた溶媒の片方に、半透膜を透過できない物質(溶質)をふくむ溶液があるとき、水などの溶媒はその濃度の高い方から、低い方へと移動する。これは言いかえると、浸透は溶質濃度が低いところから、高いところへの移動であるといえる。

身体における浸透は、細胞膜 [p.34]、毛細血管壁 [p.88]、尿細管壁など、さまざまな半透膜でおこる。

なお浸透によって生じる圧を浸透圧という。

3. 濾過

生物学的な濾過(ろ過)とは、圧力によって膜にあいた細孔をとおして、その細孔をとおれる物質のみが圧勾配にしたがって移動すること、すなわち圧力の高いところから低いところに移動することをいう。このときの圧勾配を濾過圧という。

◇ 能動輸送

【生理学】

1. イオンポンプ

生体内のイオンポンプ [p.7] はすべて能動輸送をおこなう。イオンポンプとしてはナトリウムポンプ、カルシウムポンプ¹⁵¹⁾ などがある。

151) カルシウムポンプ(calcium pump): たとえば筋細胞の細胞質にある筋小胞体膜にあるカルシウムポンプは、能動輸送(ATPのもつエネルギー)によってカルシウムイオンを小胞体内に回収する。

a. ナトリウムポンプ

ナトリウムポンプ¹⁵²⁾は細胞内のナトリウムイオン(Na^+)を濃度勾配に逆らって¹⁵³⁾細胞外にくみだし、同時にカリウムイオン(K^+)を細胞内に取りこむ。

ナトリウムイオン(Na^+)濃度は、細胞内液では非常に低く、細胞外液では高い。またカリウムイオン(K^+)濃度は、細胞内液では非常に高く、細胞外液では低い [p.24]^o これはナトリウムポンプがエネルギーをもちいてナトリウムイオンを細胞外へ、カリウムイオンを細胞内へ輸送しているからである。

2. 膜動輸送

膜動輸送¹⁵⁴⁾はATPのもつエネルギーによって細胞膜の形態を変化させることでおこる輸送様式である。

a. 開口放出

細胞内で産生したホルモンや神経伝達物質などを細胞外に分泌するときには、分泌物質を貯蔵している顆粒の膜と細胞膜とが接着・融合し、融合部位が外側に開くことによって顆粒内の物質が細胞外に放出される。これを開口放出という。

b. 食作用

細胞外にあるサイズの大きな物質を細胞内に移動させるときは、その物質を細胞膜表面に吸着し、その部分の細胞膜を内側にくびれさせる。これを細胞内に引きこんで小胞を形成する。これを食作用という。

◇ 体液の浸透圧

【生理学】

1. 浸透と浸透圧

生体膜を介した物質移動のうち、水などの溶媒が半透膜をとおり抜けて溶媒濃度の高い方から低い方へと移動することを浸透という。

浸透はある量をもって平衡に達するが、そのときに半透膜の両側に生ずる圧力差を浸透圧¹⁵⁵⁾という。浸透圧は、溶液に溶けている物質(溶質)の種類

152) ナトリウムポンプ: ナトリウムポンプ(sodium pump)は、ナトリウム・カリウムポンプ(sodium-potassium; Na^+ - K^+ ポンプ)ともよばれ、ATP1分子のエネルギーを使って、3個のナトリウムイオンと2個のカリウムイオンが輸送される。

153) 濃度勾配に逆らって: 「濃度勾配に逆らって」は、「濃度の薄い方から濃い方へ」の意味である。

154) 膜動輸送: 蛋白質などのようにイオンチャネルを通れない巨大な分子の細胞膜内外の移動は、ATPのもつエネルギーによって細胞膜を変形させることによっておこなわれる。

155) 浸透圧: 半透膜を隔てて生じる溶液側への溶媒の浸透は、溶液側に圧を加えるとことで阻止することができる。浸透圧は、このときに溶液側に加えるべき圧力であるといえる。

にかかわらず、溶質濃度の総和の差によって生じる。

2. 体液浸透圧とは

生体ではさまざま生体膜を介して浸透圧が生じているが、このうち**細胞膜**を介した**細胞内外の浸透圧**を、**体液浸透圧**という。なお血液も体液の一部であるため、**体液浸透圧と血液の浸透圧の大きさは同じ**である。

3. 体液浸透圧の大きさ

正常な細胞内液と細胞外液には、それぞれに異なる物質(溶質)が溶けている¹⁵⁶⁾が、その溶質濃度の総和は細胞内外ではほぼ等しい。このように**細胞膜内外の浸透圧は等しく保たれており、細胞内液の浸透圧と細胞外液の浸透圧の大きさは等しい**。

ヒトの**体液浸透圧**は、細胞外液、細胞内液とも約**290mOsm/kgH₂O¹⁵⁷⁾**^{おすもる}であり、非常に狭い範囲で維持されている。また**老化によってこれが変化することもない**。

なお実質的に**体液浸透圧の大きさを決めているのは、おもに細胞外液のナトリウムイオン(Na⁺)¹⁵⁸⁾濃度**である。

4. 低張液と高張液

生理学的に体液(細胞内液または細胞外液)と、浸透圧が等しい水溶液を**等張液**といい、それよりも浸透圧が高いものを**高張液**、低いものを**低張液**という。

a. 高張液

高張液は、これに溶けているすべての物質(溶質)の濃度の総和が体液よりも濃い水溶液、すなわち**浸透圧が体液よりも高い水溶液**である。たとえば**海水**がこれにあたる。

b. 低張液

低張液は、これに溶けているすべての物質(溶質)の濃度の総和が体液よ

156) 異なる物質(溶質)が溶けている: 細胞内外の物質群の多くは、細胞膜を自由に移動できないため、それぞれの物質の量に応じて、細胞膜で浸透による水の移動がおこる。この細胞膜内外の水の移動によって、細胞外液と細胞内液で溶質濃度の総和が等しくなる。

157) 290mOsm/kgH₂O: 浸透圧の大きさは、水1kgに溶けているすべての溶質のmol数であらわす。したがって、体液には水1kgに0.29molの溶質が溶けている。

158) ナトリウムイオン(Na⁺): ナトリウムイオンは原子量が小さいにもかかわらず、細胞外液中の量が多いため、モル濃度が他の体液成分よりも高い。なお体液浸透圧を維持しているナトリウムイオンは、細胞内の水分を細胞外に引き出す力としてはたらく。たとえば赤血球は低張液(真水など浸透圧の低い液体)にさらされると、溶血(赤血球の崩壊)をおこす。これは細胞膜内外の浸透圧差により水が細胞内に流入して赤血球が破裂するためである。

りも薄い水溶液、すなわち浸透圧が体液よりも低い水溶液であり、たとえば真水がこれにあたる。

組織

◇ 組織とは

【解剖学】

組織とは、個体内である細胞群が集団を形成したもので、その集団としてある一定の機能を果たす。人体では**上皮組織** [p.36]、**結合組織**（**支持組織**） [p.42]、**筋組織** [p.49]、**神経組織** [p.51]の4つの基本型に分けられる。 [p.49]

上皮組織

◇ 上皮組織とは

【解剖学】

上皮組織は身体の表面あるいは体内の管腔¹⁵⁹⁾や体腔¹⁶⁰⁾の表面をおおう細胞層で、上皮細胞からなる。上皮組織で細胞は互いに密に接していて、細胞間物質（間質）はほとんどみられない。

◇ 上皮細胞の配列様式による分類

【解剖学】

上皮組織は、それを構成する細胞がどのように並ぶかで以下のように分類される。

1. 単層上皮

単層上皮は一層の上皮細胞から構成される上皮組織である。これは構造的に薄いため、**物質交換がおこなわれる場所に多くみられる。**

2. 多列上皮

多列上皮は単層上皮の変形ともいえる上皮で、全ての細胞は上皮組織の

159) 管腔： 管腔は、管状または袋状の形をした空間で、胃や腸などの消化管、鼻腔や気管・肺などの呼吸器、膀胱や尿道などの泌尿器、生殖器などの臓器の内部に広がる空間をいう。

160) 体腔： 体腔とは身体をつくる体壁と内臓との間にある空隙で、胸腔（胸膜腔）、腹腔（腹膜腔）などをいう。

底にある膜(基底膜¹⁶¹)に接しているが、背の高い円柱状細胞のみが上皮組織の表層(自由表面¹⁶²)にまで達していて、背の低い細胞は表層にとどかず、上皮内に閉じこめられたようになっている上皮組織である。

3. 重層上皮

重層上皮は上皮細胞が2層以上重なった上皮組織である。最表層の細胞の形態によって重層扁平上皮、重層立方上皮、重層円柱上皮に分類される。これは構造的に厚いため、**機械的刺激や摩擦をうける部位に多くみられる**。

4. 移行上皮

移行上皮はその内腔の容積の変化により、上皮細胞のつくる層の厚さが変化する上皮組織である。上皮組織としてもっとも**伸縮性が高い**。

◇ 上皮細胞の形状による分類

【解剖学】

上皮組織を構成する細胞は、その形状によって以下のように分類される

1. 扁平上皮

扁平上皮は上皮細胞が扁平、すなわち細胞の幅が高さよりも大きな細胞からなる上皮組織である。

2. 立方上皮

立方上皮は上皮細胞が立方形、すなわち細胞の幅と高さがほぼ同じ細胞からなる上皮組織である。

3. 円柱上皮

円柱上皮は上皮細胞が円柱状、すなわち細胞の高さが幅よりも大きな細胞からなる上皮組織である。

4. 線毛上皮

線毛上皮は上皮細胞の自由表面(上皮組織の表層部)に線毛¹⁶³をもつ上

161) 基底膜: 上皮組織を1枚のシートとして考えると、その片面は外界または体内の空間に面し、その反対側の面は身体他の組織に接している。このうち身体他の組織に接している面を、基底膜という。すなわち基底膜は、上皮組織が結合組織に接する面にある。これは上皮細胞が産生したムコ多糖類やコラーゲンによってつくられる50-100nmの層状構造である。

162) 自由表面: 上皮組織を1枚のシートとして考えると、その片面は外界または体内の空間に面している。この面を、上皮組織の自由表面という。

163) 線毛: 線毛上皮をもつ組織では、自由表面にある線毛が自動運動する能力をもつ。これにより管腔内の細胞や異物などの輸送・排出がおこなわれる。

皮組織である。

◇ 上皮組織の配列と構成細胞

【解剖学】

身体各所の上皮組織は、それを構成する細胞と配列様式とから以下のよう
に構成される。

1. 単層上皮

a. 単層扁平上皮

単層扁平上皮は胸膜 [p.191]・腹膜 [p.292]などの漿膜¹⁶⁴⁾、血管内皮(血管
内腔の上皮) [p.112]、心内膜(心臓内腔の上皮) [p.95]、肺胞^{はいほう} [p.191]などで
みられる。

b. 単層円柱上皮

単層円柱上皮は胃および腸の上皮などでみられる。

c. 単層円柱線毛上皮

単層円柱線毛上皮は卵管^{らんかん}¹⁶⁵⁾の上皮でみられる。

d. 単層立方上皮

単層立方上皮は腎臓の尿細管^{にょうさいかん}¹⁶⁶⁾、眼球の網膜色素上皮^{もうまくしきそじょうひ}¹⁶⁷⁾などでみられ
る。

2. 多列上皮

a. 多列円柱線毛上皮

多列円柱線毛上皮は鼻腔^{びくう} [p.183]や気管・気管支 [p.189]などの気道粘膜
の上皮でみられる。

164) 漿膜： 漿膜は胸膜、心膜、腹膜を構成する膜で、表面をおおう漿膜上皮は中胚葉由来であるために中皮とよばれる。

165) 卵管： 卵管は子宮腔より腹腔内に開口する長さ8-10cm、太さ約8mmの左右1対の管状臓器である。ここは生殖において、①排卵した卵子の卵管内への捕捉、②精子の通路、③膨大部での受精の場、④受精卵の発育および子宮腔内への移送、などの重要な役割をになう。

166) 尿細管： 尿細管は腎臓の糸球体で濾過された尿を運びながら、その成分を再吸収して血液中に回収し、最終的な尿を作り出す細い管である。

167) 網膜色素上皮： 網膜色素上皮は、網膜で視細胞がならぶ層のすぐ外側にある単層の立方上皮の細胞層である。メラニン色素を大量にもっているなのでこの名がある。

3. 重層上皮

a. 重層扁平上皮

重層扁平上皮は皮膚の表皮 [p.54] や、眼球の角膜上皮¹⁶⁸⁾、消化管の口腔^{くう} [p.216]、咽頭^{いんとう} [p.229]、食道 [p.233]、肛門 [p.288]、子宮腔部¹⁶⁹⁾ および膣^{こう}でみられる。

b. 重層円柱上皮

重層円柱上皮は喉頭^{こうとう} [p.187] などで見られる。

4. 移行上皮

移行上皮は尿路の内腔¹⁷⁰⁾、すなわち腎杯¹⁷¹⁾、腎盂(腎盤)¹⁷²⁾、尿管¹⁷³⁾、膀胱¹⁷⁴⁾と、尿道¹⁷⁵⁾の一部で見られる。

◇ 上皮細胞の機能による分類

【解剖学】

上皮組織は、その機能によって以下のように分類される。

- 被覆上皮^{ひふく}----- 身体の外表面や中空性臓器の内面をおおい、保護する上皮組織をいう。
- 腺上皮----- 上皮組織には、部分的に物質の分泌にあずかる細胞が存在する。これを腺上皮という。
- 吸収上皮----- たとえば腸の上皮組織は、栄養素などの吸収機能を発揮する。これを吸収上皮という。
- 感覚上皮----- たとえば鼻や目などの上皮組織には、神経系のはたらきとして外界の刺激を受容する細胞群がある。これを感覚上皮という。
- 呼吸上皮----- たとえば肺胞の上皮組織は、酸素と二酸化炭素の

168) 角膜上皮： 角膜上皮は、眼球の黒目の部分の最表層をなす角膜の前面をおおっている重層扁平上皮である。これは通常5層からなり、角化しない。

169) 子宮腔部： 子宮腔部は子宮頸部の下端で腔内に突出した部分で、子宮頸部前面の腔壁付着部以下をいう。

170) 尿路の内腔： 尿路内腔の移行上皮は通常細胞層が5～6層だが、尿の貯留や通過時には内腔の拡張に応じて上皮細胞が横にずれて2～3層へと扁平化する。

171) 腎杯： 腎杯は腎盤が分岐し、杯状に腎乳頭を受けている部分である。腎臓実質で生成された尿を受け、腎盂(腎盤)におくる。

172) 腎盂(腎盤)： 腎盂(腎盤)は腎臓の一部で、腎臓からの尿の排出経路となる部位である。腎臓内部の腎洞にある。

173) 尿管： 尿管は腎臓から膀胱まで尿を運ぶ全長約30cmの管である。

174) 膀胱： 膀胱は骨盤内で恥骨の後方に位置する筋性の袋で、尿を一時的に蓄える臓器である。

175) 尿道： 尿道は膀胱から外に尿を排出する管である。

ガス交換にあずかる。これを呼吸上皮という。

◇ 腺上皮

【解剖学】

上皮細胞のうち、細胞内で生成された物質を細胞外に出す(分泌)機能をもつものを腺細胞という。腺細胞は上皮組織のところどころで腺上皮(腺組織)を構成する。

なお分泌とは、細胞が外部から原材料を取り込み、細胞内で原材料から特定の物質を合成し、これを細胞外に放出することをいう。

1. 腺細胞の存在様式による分類

上皮組織にある腺細胞が単独で存在するか、細胞集団を形成して存在するかで、以下のように分類される。

- 単細胞腺----- 上皮組織の中にばらばらに散在し、1個の細胞からなる腺である。その代表例としては、粘液を分泌する杯細胞¹⁷⁶⁾がある。
- 多細胞腺----- 多くの腺細胞が集団を形成して分泌をおこなう腺である。多細胞腺を構成する細胞は役割が分担され、分泌物を生成・分泌する腺細胞が集まる分泌部と、分泌された物質を上皮表面まで運ぶ管状の導管¹⁷⁷⁾に分かれる。その代表例としては、唾液腺、乳腺、汗腺などがある。

2. 分泌物がでる領域による分類

腺細胞が生成する分泌物がどこに出るかによって、分泌は外分泌と内分泌に分けられる。

a. 外分泌

腺細胞からでる分泌物質が、体表面(皮膚や体表粘膜の表面)、あるいは中空性臓器の内腔に放出されること、すなわち分泌物質が体外にでることを外分泌という。このような外分泌をおこなう腺組織を外分泌腺という。

代表的な外分泌腺としては、汗腺^[p.58]、唾液腺^[p.224]、胃腺^[p.238]、腸腺^[p.267]、乳腺^[p.59]、脂腺^[p.58]などがある。これら外分泌腺の腺細胞が物質を分泌する様式には以下のようなものがある。

176) 杯細胞: 杯細胞は粘膜上皮に散在し、粘液を分泌する腺細胞である。その形がゴブレット(杯)の形に似ることから、このように呼ばれる。杯細胞は小腸や大腸の吸収上皮細胞の間などにみられる。

177) 導管: 多細胞線の導管は、被覆上皮の自由表面から陥入してチューブを形成し、分泌部につながる。

- 開口放出 [p.34] ----- エクリン汗腺 (小汗腺) [p.58] などでおこなわれる。
- アポクリン分泌 (離出分泌)¹⁷⁸⁾ ----- アポクリン汗腺 (大汗腺) [p.59] や乳腺 [p.59] などでおこなわれる。
- ホロクリン分泌 (全分泌)¹⁷⁹⁾ ----- 脂腺 (皮脂腺) [p.58] でおこなわれる。

b. 内分泌

腺細胞からでる分泌物質が、血中に放出¹⁸⁰⁾されることを内分泌という。このような内分泌をおこなう腺組織を内分泌腺という。

内分泌腺から血中に放出される分泌物質をホルモン¹⁸¹⁾とよぶ。内分泌腺は導管をもたず、ホルモンは内分泌腺の腺細胞から、血中に直接放出される。

ホルモンは他の細胞に特定の作用をおよぼす生理活性物質である。すなわちホルモンは血中を流れて全身をめぐる、そのホルモンに対する特異的な受容体をもつ細胞のみに対して、そのホルモンがもつ特定の作用¹⁸²⁾をおよぼす。そのホルモンに対する特異的な受容体¹⁸³⁾をもつ細胞のことを標的細胞^{ひょうてき}という。

またホルモンを分泌する内分泌腺と、そのホルモンの標的細胞をもつ組織・器官は、距離的に離れた場所にあることが多い。このためホルモン分泌がおこなわれてから、実際にそのホルモンの作用がおこるまでには多少の時間を要する¹⁸⁴⁾。

-
- 178) アポクリン分泌 (離出分泌; apocrine secretion): 細胞内で生成された物質が、細胞質に散在している場合、細胞膜の近くにある分泌物は、細胞の自由表面から部分的に細胞膜とともに突出し、この部分が細胞膜にくるまねながら、ちぎれるようにして分離・放出される。これをアポクリン分泌 (離出分泌) という。
- 179) ホロクリン分泌 (全分泌; holocrine secretion): 分泌細胞内部に生成された分泌物が充満した状態で、細胞が死滅・崩壊し、細胞膜が破れて分泌物が細胞外に流出していくことをホロクリン分泌 (全分泌) という。
- 180) 血中に放出: 内分泌腺から分泌され、血液を介してそのホルモンの標的細胞に効果をおよぼす物質をホルモンという。しかし近年、ホルモンと同じように細胞外に分泌されているのにもかかわらず、血液を介さずに標的細胞に作用する物質や、従来は内分泌腺であるとされていない臓器の細胞から血中に分泌されて標的細胞に作用する物質が数多く発見されている。
- 181) ホルモン (hormone): ホルモンは内分泌細胞で産生される生理活性物質のうち、血液中へ分泌され、血液による運搬を介して作用を発揮するものをいう。ホルモンは内分泌腺においてアミノ酸、コレステロールを材料として産生される。ホルモンはごく微量で効果を発揮し、血中濃度は多くの場合 10^{-7} mol 以下と非常に低い。
- 182) 特定の作用: たとえば内分泌腺のひとつである下垂体から分泌される成長ホルモンの標的細胞は、骨端部にある軟骨細胞を標的細胞とする。成長ホルモンは、軟骨細胞に対し分裂・増殖を促す作用をもち、これによって骨が伸張する。
- 183) 特異的な受容体: ホルモンは、物質としてそれぞれ固有の構造をもつ。またその受容体はホルモンの固有な構造に対応する鑄型としての構造をもつ。このようにホルモンとその受容体は、鍵と鍵穴の関係で結びつく。
- 184) 時間を要する: 内分泌腺はホルモンの作用によって、その標的細胞をもつ臓器・組織に対する調節をおこなう。これと同様に神経系も他の臓器・組織に対する調節をおこなう。ただし内分泌と神経による調節を比較すると、神経系による調節が電気的な信号 (インパルス) をもちいているために速やかにその効果があらわれるのに対し、内分泌はホルモンが血流に乗って離れた部位に到達するのに時間を要する点で違いがある。

代表的な内分泌腺としては、**松果体**¹⁸⁵⁾、**下垂体**¹⁸⁶⁾、**甲状腺**¹⁸⁷⁾、**副甲状腺**¹⁸⁸⁾、**膵臓ランゲルハンス島**¹⁸⁹⁾、**副腎**¹⁹⁰⁾、**性腺(卵巣)**¹⁹¹⁾、**精巣**¹⁹²⁾などがある。

◇◇ 結合組織

◇ 結合組織とは

【解剖学】

結合組織(結合織)は**支持組織**ともよばれ、個体の構造の支持に関与し、**中胚葉**¹⁹³⁾に由来する組織の総称である。結合組織(支持組織)は細胞¹⁹⁴⁾、細胞間の**線維成分**¹⁹⁵⁾などで構成され、**豊富な細胞外基質**¹⁹⁶⁾をもつ。

結合組織は生体に広く分布し**組織・器官**^{かんげき}の間隙を満たしてこれを**接着**、支持するとともに、**実質細胞**への**栄養補給**や**代謝産物**の移動に関与する。

結合組織は**固有結合組織**と**特殊結合組織**に分類される。

-
- 185) 松果体: 松果体は脳幹の一部をなす間脳の第三脳室の後上壁から突き出すように存在する小さな内分泌腺である。松果体の内分泌細胞は、神経細胞が変化したもので、長い突起を血管周囲に伸ばしてメラトニンとよばれるホルモンを分泌する。
- 186) 下垂体: 下垂体は脳の下面のほぼ中央部に、細い下垂体柄を介してぶら下がるように存在する小指頭大の丸い内分泌腺である。その前葉からは、成長ホルモン、プロラクチン、性腺刺激ホルモン、甲状腺刺激ホルモン、副腎皮質刺激ホルモンなどが分泌され、その後葉からは、オキシトシン、バソプレシンなどのホルモンが分泌される。
- 187) 甲状腺: 甲状腺は前頸部の喉頭下部から気管上部の高さにある内分泌腺である。甲状腺はサイロキシンやトリヨードサイロニンとよばれるホルモンを分泌する。
- 188) 副甲状腺(上皮小体): 副甲状腺(上皮小体)は甲状腺の左右両葉の後面にある内分泌腺である。通常は米粒大のものが上下2対、計4個存在する。上皮小体ホルモンであるパラソルモンを分泌する。
- 189) 膵臓ランゲルハンス島(islets of Langerhans): ランゲルハンス島は、膵臓で内分泌機能をつかさどる球状の細胞集合体で、外分泌部の腺房の間に分布する。ランゲルハンス島からは、グルカゴン、インスリン、ソマトスタチンが分泌される。
- 190) 副腎: 副腎は腎臓の上下内側に接する一対の内分泌器官で、その内部は中央部をしめる髄質とその周りをかこむ皮質とからなる。皮質からは副腎皮質ホルモン(コルチコイド)や男性ホルモンが、髄質からはアドレナリンなどの副腎髄質ホルモンが分泌される。
- 191) 卵巣: 卵巣は、女性の骨盤腔外側壁近くにある1対の母指頭大の実質臓器で、女性の性腺として卵子の成熟をつかさどるほか、エストロゲン、プロゲステロンなどの女性ホルモンを分泌する。
- 192) 精巣: 精巣は男性の生殖腺で、左右陰囊内にある楕円球体の臓器である。精巣は精子を形成するとともに、テストステロンなどの男性ホルモンを分泌する。
- 193) 中胚葉: ヒトの発生において、受精後3週目くらいに、受精卵を構成する細胞群(初期胚)で形成される細胞集団を胚葉という。これは、後に成体のすべての組織・器官のもととなる3層状の細胞集団である。これは表層から中心に向かい外胚葉、中胚葉、内胚葉という。このうち中胚葉の細胞は、こののちさらに分裂・分化を繰り返して筋肉、骨、結合組織、循環器、泌尿生殖器などを構成する。
- 194) 細胞: 結合組織にふくまれる細胞成分には線維芽細胞や脂肪細胞のような組織固着性細胞と、マクロファージや肥満細胞のような遊走性細胞がある。
- 195) 線維成分: 結合組織にふくまれる線維成分には膠原線維、弾性線維、細網線維がある。
- 196) 細胞外基質: 細胞外基質は、細胞外マトリックス(Extracellular Matrix)ともよばれ、細胞外に存在する線維状や網目状の構造体という。

◇ 固有結合組織

【解剖学】

1. 疎性結合組織

疎性結合組織は、コラーゲン¹⁹⁷⁾などでできた膠原線維¹⁹⁸⁾がまばらな結合組織で、細胞成分に富む。おもに組織・器官の接着や形態を保持することにはたらく。

2. 密生結合組織

密生結合組織は、膠原線維がとくに密な結合組織である。腱や靭帯、筋膜や骨膜^[p.45]、真皮^[p.55]、眼球の角膜や強膜¹⁹⁹⁾の結合組織などがこれに相当する。

3. 脂肪組織

脂肪組織は脂肪細胞²⁰⁰⁾が多数集まり、脂肪貯蔵のために特殊化した結合組織である。

a. 白色脂肪組織

白色脂肪組織は体内の脂肪細胞のほとんどをしめ、細胞内に中性脂肪²⁰¹⁾を貯蔵する働きをもつ。皮下や内臓の周囲に大量に存在する。なお脂肪細胞から分泌されるレプチン²⁰²⁾は、食欲抑制作用を発揮する。

b. 褐色脂肪組織

褐色脂肪組織は新生児期に体熱を産生する脂肪組織で、頸部や肩甲骨周囲などにわずかにみられる。

197) コラーゲン(collagen): コラーゲンは結合組織にあって、組織や骨格の維持に重要な役割を果たす線維状の蛋白質である。ヒトでは総蛋白質量の約30%をコラーゲンが占める。

198) 膠原線維: 膠原線維はコラーゲン線維ともよばれ、結合組織を構成する主要な線維要素で、枝分かれせずに緩く波打つ蛋白質でできた太さ20μmほどの線維である。膠原線維にはまったく弾性がなく、同じ太さの鋼線より大きな引っ張り強度をもつ。

199) 強膜: 強膜は眼球の白目部分で、眼球の外層である眼球線維膜を構成する部分である。白色で不透明な強靱な結合組織の膜である。

200) 脂肪細胞: 脂肪細胞は、その細胞内に多量の中性脂肪を蓄える大型で球形の細胞である。脂肪組織の体積増加は、脂肪細胞の数ではなく個々の細胞の大きさが増すためと考えられている。脂肪細胞にたくわえられた中性脂肪は、必要に応じて脂肪酸とグルセロールに分解され、エネルギー源として利用される。

201) 中性脂肪: 中性脂肪は一般にグリセロールに3分子の脂肪酸が結合したトリアシルグリセロールなどのことをいう。体内で糖質が過剰にあるとき、糖質の多くは中性脂肪に変換されて、脂肪細胞に貯蔵される。

202) レプチン(leptin): レプチンはおもに脂肪細胞で生成・分泌され強力な摂食抑制とエネルギー消費増大作用(体温上昇、運動量の増加、酸素消費量の増加、交感神経活動の亢進など)をもつ。これはギリシア語で「痩せる」を意味するleptosにちなんで命名された。

4. 細網組織

細網組織は、細網細胞²⁰³⁾とそれがつくる豊富な細網線維²⁰⁴⁾がつくる立体的な網目構造の中に、食作用をもつ細胞(単球・マクロファージなど)をふくむ。細網組織は、その網目構造を通過しようとする異物や病原体、傷ついた細胞などを捕捉・処理して生物学的な濾過装置としてはたらく。これはリンパ小節 [p.175]、扁桃 [p.178]、リンパ節 [p.175]、脾臓 [p.176]、胸腺 [p.177]、骨髄 [p.66]などでみられる。

◇ 特殊結合組織

【解剖学】

1. 血液

血液 [p.65]は、心臓を中心とする血液循環によって体液の輸送にあずかる。血液にふくまれる細胞成分としては、赤血球 [p.68]、白血球 [p.77]、血小板 [p.86]があり、その液性成分は血漿 [p.87]である。

2. 骨

骨はヒトの身体の支柱として働く結合組織である。また骨は、腱や筋によって相互に連結して身体運動の支点となるほか、さまざまな臓器を収納・保護するはたらきもある。

a. 骨の形状よる分類

骨は、その形状により以下のように分類される。

- 長骨(長管骨)-----四肢などにみられる長い円柱状の骨である。その中央部を骨幹^{こっかん}といい、両端を骨端、骨幹の骨端に近い部分を骨端^{こっかん}という。大腿骨^{たいたいこつ}²⁰⁵⁾、脛骨^{けいこつ}²⁰⁶⁾、腓骨^{ひこつ}²⁰⁷⁾、中足骨^{ちゅうそくこつ}²⁰⁸⁾、上腕骨^{とうこつ}²⁰⁹⁾、橈骨^{しょうこつ}²¹⁰⁾、尺

203) 細網細胞： 細網細胞はリンパ節、脾臓、骨髄などの細網組織に存在する線維芽細胞のひとつで、細網線維を産生・分泌する。

204) 細網線維： 細網線維は結合組織をつくる線維成分のひとつで、表面に多量の糖をまとった特殊な細い膠原線維である。枝分かかれに富み、網状あるいは格子状をなす。

205) 大腿骨： 大腿骨は大腿部(太もも)の芯をなす単一の骨で、人体でもっとも長く強い骨である。その上端は骨盤と股関節をつくり、下端は脛骨と膝関節を形成する。

206) 脛骨： 脛骨は、下腿にある2本の骨のうち内側にある大きい骨である。上端で大腿骨と膝関節をつくり、下端で足根骨と足関節(距腿関節)をつくる。脛骨の前縁は、下腿の皮下にむこうずねとして触れる。

207) 腓骨： 腓骨は、下腿にある2本の骨のうち外側にある細い骨である。

208) 中足骨： 中足骨は、足根骨の遠位に左右5本ずつある細長い骨である。

209) 上腕骨： 上腕骨は上腕の芯をなす単一の骨で、その上端は肩甲骨と肩関節をつくり、下端は橈骨および尺骨と肘関節を形成する。

210) 橈骨： 橈骨は、前腕にある2本の骨のうち母指側の骨である。その上端で上腕骨と肘関節をつくり、下端で手根骨との間に手関節をつくる。

骨²¹¹⁾、^{ちゅうしゅこつ}中手骨²¹²⁾などがこれにあたる。

- **短骨**-----不規則な立方形、球形または多面体をなす骨である。^{しゅこんこつ}手根骨²¹³⁾や^{そっこんこつ}足根骨²¹⁴⁾などがこれにあたる。
- **扁平骨**-----平らな形状をもつ骨である。^{へんぺい}肩甲骨²¹⁵⁾、^{こつ}胸骨²¹⁶⁾、^{こつ}腸骨²¹⁷⁾、^{こつ}頭頂骨²¹⁸⁾、^{ろっこつ}肋骨²¹⁹⁾などがこれにあたる。
- **種子骨**-----骨格筋の末端部にある腱の中にある骨である。腱に対する滑車の役割をはたす。**大腿四頭筋腱にある膝蓋骨²²⁰⁾**などがこれにあたる。
- **不規則骨(不整骨)**-----上記以外の特殊な構造をもつ骨である。
- **含気骨²²¹⁾**-----骨の内部に気胞化している部分をもつ骨である。**前頭骨²²²⁾**、**側頭骨²²³⁾**、^{ちようけい}蝶形骨²²⁴⁾、^{じょうがく}上顎骨²²⁵⁾、^{しこつ}篩骨²²⁶⁾などがこれにあたる。

b. 骨の構造

骨は骨膜、骨質、および骨髓からなる。

-
- 211) 尺骨： 尺骨は、前腕にある2本の骨のうち小指側の骨である。その上端で上腕骨と肘関節をつくり、下端で手根骨との間に手関節をつくる。
- 212) 中手骨： 中手骨は、手根骨の遠位に左右5本ずつある細長い骨である。
- 213) 手根骨： 手根骨は手根に近位と遠位の2列にならぶ8個の骨の総称である。近位の母指側から、舟状骨、月状骨、三角骨、豆状骨の順に、遠位の母指側から、大菱形骨、小菱形骨、有頭骨、有鉤骨の順にならぶ。豆状骨を除く近位の3つの骨は、橈骨・尺骨と手関節をつくる。
- 214) 足根骨： 足根骨は足根にある近位と遠位の2列にならぶ7個の骨の総称である。近位には距骨と踵骨があり、遠位には内側から、内側楔状骨、中間楔状骨、外側楔状骨、立方骨の順にならぶ。
- 215) 肩甲骨： 肩甲骨は肩の背面に左右ひとつずつあり、第2-7肋骨の高さにある三角形で大型の平たい骨である。鎖骨とともに上肢帯をなす。肩峰で鎖骨との間に肩鎖関節をつくり、外側で上腕骨との間に肩関節をつくる。
- 216) 胸骨： 胸骨は胸郭の前面の中央にある縦長の骨である。その上部の両側に鎖骨と胸鎖関節をつくり、その下方の両側縁に肋骨がつく。
- 217) 腸骨： 骨盤をつくる骨を寛骨と総称する。腸骨は寛骨のうち、その上部にある薄い板状の骨である。
- 218) 頭頂骨： 頭頂骨は頭蓋(頭蓋冠)の頂部をつくる板状の左右一対の骨である。
- 219) 肋骨： 肋骨は胸部のかご構造である胸郭をつくる左右12対の弓形の骨である。その後方で胸椎と関節をつくり、前方で肋軟骨を介して胸骨につながる。
- 220) 膝蓋骨： 膝蓋骨は、膝関節の前面にある平たい骨で、大腿四頭筋の腱の中にある大きな種子骨である。
- 221) 含気骨： 含気骨が気泡化しているのは、重量を軽減するためであると考えられている。含気骨は鳥類で発達している。
- 222) 前頭骨： 前頭骨は頭蓋(頭蓋冠)の上前方部をつくるとともに眼窩の上縁をなす板状の骨である。その内部に副鼻腔のひとつである前頭洞という左右一対の空洞をもつ。
- 223) 側頭骨： 側頭骨は頭蓋冠と頭蓋底の側方部をつくる骨である。その一部に外耳道をとおり外耳孔が開きその奥に中耳と内耳とよばれる空間がある。
- 224) 蝶形骨： 蝶形骨は、頭蓋底の中心部にある骨である。その内部に副鼻腔のひとつである蝶形骨洞という左右一対の空洞をもつ。
- 225) 上顎骨： 上顎骨は眼窩の底面、鼻腔の外側面、口蓋の前方部をなす骨である。その下面には上顎歯がU字形に配列する。その内部に副鼻腔のひとつである上顎洞という左右一対の空洞をもつ。
- 226) 篩骨： 篩骨は前頭蓋窩の中央部にあり、両側眼窩の内側から鼻腔の上部を構成するである。その内部に副鼻腔のひとつである篩骨洞という多数の小腔をもつ。

- **骨膜**²²⁷⁾ ----- **骨の関節面**²²⁸⁾ **以外の外表面をおおう膜性の密生結合組織**である。
- **骨質**----- **骨の実質をなす部分**である。
- **骨髓** [p.66]----- **骨質の内部にある空間**である。

c. **骨質の構成成分**

骨質は細胞成分(骨芽細胞、骨細胞、破骨細胞)と骨基質からできている。

- **細胞成分**----- **骨はつねに、骨をつくる細胞である骨芽細胞**²²⁹⁾ **による骨形成と、骨をこわす細胞である破骨細胞**²³⁰⁾ **による骨吸収を繰り返して再構築**²³¹⁾ **されている。なお骨表面で基質を合成・分泌していた骨芽細胞の一部は、骨基質内に入りこんで骨小腔内**²³²⁾ **に骨細胞として存在する。**
- **骨基質**----- **緻密に配列したコラーゲン**²³³⁾ **でできた膠原線維と、多量の骨塩**²³⁴⁾ **(リン酸カルシウム**²³⁵⁾ **が沈着した硬組織**である。

d. **骨質の分類**

骨質²³⁶⁾は、その構造から緻密質(皮質骨)と海綿質(海綿骨)に分けられる。

- **緻密質**(緻密骨、皮質骨)----- **骨の表層で、骨層板が重なりあう密な性状の骨質**である。ここには骨の長軸に平行に走行し、**血管をいれるハヴァース管**²³⁷⁾ **がある。ハヴァース管は同心円状に骨層板(ハヴァース層板)**

- 227) 骨膜： 骨質や骨髓には痛みを受容する痛覚受容器が存在しないが、骨膜には痛覚受容器が豊富にある。このため骨折時の強い痛みは、骨膜の痛覚受容器の興奮によっておこる。また骨膜が骨面から剥離されたり機械的損傷を受けると、骨質の急速な増生がおこる。
- 228) 関節面： 骨の表面をおおう骨膜は、関節部では関節包に移行する。
- 229) 骨芽細胞： 骨芽細胞は骨表面に配列して骨基質を合成・分泌することで骨形成をおこなう細胞である。女性ホルモンであるエストロゲンは骨芽細胞を刺激して、骨形成を促進する作用をもつ。閉経後の女性に骨粗鬆症が多くなるのは、このエストロゲン分泌が減少するためである。
- 230) 破骨細胞： 破骨細胞は食細胞である単球マクロファージ系に属する細胞で、骨基質を溶かして吸収する。
- 231) 再構築： 骨量は骨芽細胞と破骨細胞の機能的平衡状態によって一定に保たれているために、一見細胞の入れ替えがおこなわれていないように見えるが、およそ1-4年の周期で骨の細胞は再構築されている。
- 232) 骨小腔： 骨小腔は骨細胞をいれる骨質中のラグビーボール状の腔である。緻密質では骨層板に並行にして一列に配列しているものが多い。
- 233) コラーゲン (collagen)： 骨にふくまれるコラーゲンはI型コラーゲン(線維性コラーゲン)であり、これは骨に適度な弾力性をもたせることに働いている。
- 234) 骨塩： 骨塩は、骨中に存在するミネラルの意味であるが、通常はリン酸カルシウムをさす。その量である骨塩量は、生体において骨強度を規定するもっとも重要な要素である。
- 235) リン酸カルシウム (calcium phosphate)： リン酸カルシウム(化学式；Ca₃(PO₄)₂)は、カルシウムイオンとリン酸イオンからなる物質であり、骨および歯の主成分となる。リン酸カルシウムは、骨の約70%をしめる。
- 236) 骨質： 骨強度の低下が低下する疾患である骨粗鬆症では、緻密質(皮質骨)は薄くなり、海綿質の骨梁が減少する。
- 237) ハヴァース管(haversian canal)： ハヴァース管は、骨層板あるいは骨単位の中心部を骨の長軸に沿って走向する管である。その内部に血管、リンパ管と少量の疎性結合組織をふくむ。(Clopton Havers, 1650-1702, は英国の解剖学者)

にかこまれる。これによって形成される円柱状の層板構造を骨単位という。

- **海綿質**-----骨の深部をつくる海綿(スポンジ)状の骨質である。**海綿質**は、**骨梁**²³⁸⁾とよばれる骨質によって**立体的な網目状構造**を形成する。**長骨では骨幹部に多くある。**

e. 骨質の血流

長骨において**血管**は、**骨膜から皮質骨に侵入**する。これによって**皮質骨にその長軸に直行するようにつくられる血管孔をフォルクマン管**²³⁹⁾という。フォルクマン管は、皮質骨内を縦走する**ハヴァース管と直交**して、その中の血管と交通し、さらに骨髄の血管に連なる。

f. 骨の新生と成長

骨形成の過程には、以下のようなふたつがある。

- **軟骨内骨化**-----骨形成過程で、まず軟骨によって骨の原形ができ、その後これが骨芽細胞となって骨が形成される様式である。この現象は最初は骨幹部の両端におこり、その後は骨端部の軟骨²⁴⁰⁾でおこなわれるようになる。**軟骨内骨化は長骨や寛骨(腸骨、坐骨、恥骨)**²⁴¹⁾、**肋骨**、**椎骨**など大部分の骨でおこる。
- **膜内骨化**-----幼若な結合組織細胞が基礎となり、これが骨芽細胞に分化して骨が新生される様式である。これは**頭蓋骨(前頭骨、頭頂骨、後頭骨、側頭骨)**、**上顎骨、下顎骨、鎖骨**などでみられる。

g. 骨髄

骨髄は**骨内腔(骨髄腔²⁴²⁾や海綿質腔²⁴³⁾**にあり、おもに**造血作用** [p.66]をになうゼリー状の組織である。

骨髄 [p.66]は**血液に富み、血液中にあるすべての細胞、すなわち赤血球、白血球、血小板に分化する造血幹細胞(骨髄幹細胞)** [p.67]がある。

-
- 238) 骨梁： 骨梁は、板状あるいは柱状をなして、たがいに連結して三次元的な格子状あるいは網状に存在する。その配列は、最小の量で最大の力学的負荷に耐えられるようになっている。
- 239) フォルクマン管(Volkman canal)： フォルクマン管は、長骨の皮質骨を骨膜から骨内膜に向けて貫通する栄養血管孔である。フォルクマン管の壁には、ハヴァース管と異なり明瞭な層板骨の形成はみられない。(Alfred Wilhelm Volkmann, 1800-1877, はドイツの生理学者)
- 240) 骨端部の軟骨： 骨端部の軟骨は骨端板とよばれる。これは成長中の長骨の骨幹部と骨端部を間仕切るように存在する硝子軟骨層で、骨の長軸方向への伸長にあずかる。骨端部の軟骨は、細胞の増殖・肥大化と、それによる骨基質の生成により厚みを増すことで、骨は伸長する。しかし思春期ごろに骨端板軟骨全層が骨に置換されると、軟骨内骨化による骨の成長は停止する。これを骨端板閉鎖という。
- 241) 寛骨(腸骨、坐骨、恥骨)： 寛骨は骨盤をつくる骨で、腸骨、坐骨、恥骨からなる。
- 242) 骨髄腔： 骨髄腔は長骨の骨幹内にあり、緻密質でかこまれる空洞部である。長骨の発生過程で骨幹内部の骨質が破骨細胞によって破壊・吸収されることでつくられる。海綿質腔と連続している。
- 243) 海綿質腔： 海綿質腔は、緻密質内部にある海綿骨(骨梁)の間隙である。

造血機能を営んでいる骨髄は赤血球を大量にふくむため赤色骨髄 [p.67]とよばれる。**赤色骨髄は活発な再生能**をもち、造血幹細胞がさかんに分裂・分化することで、いろいろな成熟段階にある血液細胞がふくむ。また造血機能を失った骨髄は、**脂肪組織**におきかわって黄色を呈するために**黄色骨髄** [p.67]とよばれる。

3. 軟骨

軟骨は、軟骨細胞とそれを取りかこむ基質からなる結合組織であり、特有の弾性と、圧力に抵抗する硬度をもつ。軟骨は細胞外基質の性状により以下のように分類される。

- **硝子軟骨**²⁴⁴⁾ ----- **関節軟骨**²⁴⁵⁾、**骨端軟骨**²⁴⁶⁾、**肋軟骨**²⁴⁷⁾、**鼻中隔軟骨**²⁴⁸⁾、**甲状軟骨**、**輪状軟骨** [p.187]、**気管軟骨**、**気管支軟骨** [p.189]などをつくる。
- **線維軟骨**²⁴⁹⁾ ----- **椎間板軟骨(椎間円板)**²⁵⁰⁾、**関節半月**²⁵¹⁾、**関節円板**²⁵²⁾などをつくる。
- **弾性軟骨**²⁵³⁾ ----- **耳介軟骨**²⁵⁴⁾、**耳管軟骨**²⁵⁵⁾、**喉頭蓋軟骨** [p.187]などをつくる。

244) 硝子軟骨： 硝子軟骨は、やや青みがかった半透明の軟骨である。これは胎児期には一時的に骨格を構成し、軟骨内骨化の場となり、また長骨の骨端板として骨の長軸方向への成長に関与する。硝子軟骨は、ほとんど弾性がないため、圧力に対して強い抵抗性をもつ。

245) 関節軟骨： 関節軟骨は関節面を薄く滑らかにしておおう軟骨である。これは圧迫されても多少変形することができ、関節の動きを滑らかにするとともに、骨の摩擦を防ぐ。関節軟骨には血管や神経が分布しないため、栄養は関節内腔にある滑液から供給される。

246) 骨端軟骨： 骨端軟骨は、成長中の長骨の骨幹部と骨端部を仕切るように存在する硝子軟骨層である。この部位は、思春期ころまでつづく骨の長軸方向への伸長にあずかる。ただし思春期に骨端軟骨が骨に置換されると、骨の成長は停止する。これを骨端板閉鎖という。

247) 肋軟骨： 肋軟骨は肋骨と胸骨を結ぶ部位にある軟骨である。肋軟骨は第1-7肋軟骨には個別に存在し、第8-10肋軟骨では融合して肋骨弓となって胸骨と連結する。また第11-12肋軟骨は胸骨に連結しない。

248) 鼻中隔軟骨： 鼻中隔軟骨は鼻腔を左右両半に分ける鼻中隔にある軟骨である。なお鼻中隔は、その前端部が膜部、その後方部が軟骨部、最後部が骨部となっている。軟骨部は弾性軟骨である鼻中隔軟骨で、骨部は篩骨と鋤骨で構成される。

249) 線維軟骨： 線維軟骨は、細胞外基質に多量のコラーゲンがつくる膠原線維をふくむものをいう。

250) 椎間板軟骨(椎間円板)： 脊中において隣接する椎骨の椎体と椎体の間にある円盤状の構造を椎間板という。椎間板は、その中央部にゼリー状の髄核があり、その周辺部を椎間板軟骨(線維輪)が取りかこんでいる。これは脊柱において椎体と椎体の間のクッションとして働く。

251) 関節半月： 関節半月は、関節面で骨と骨の間にはさまる線維軟骨性の小板である。これは膝関節に内側半月と外側半月として存在する。

252) 関節円板： 関節円板は骨と骨の間で関節腔を二分する線維軟骨性の小板である。顎関節、胸鎖関節、恥骨結合にみられる。

253) 弾性軟骨： 弾性軟骨は基質線維に膠原線維と網目状に分布する弾性線維を多くふくむ軟骨である。変形してもすぐに元の形に復する特性をもつ。

254) 耳介軟骨： 耳介軟骨は、耳介の耳垂(耳たぶ)を除く大部分を構成する軟骨である。

255) 耳管軟骨： 中耳の鼓室から咽頭に至る長さ30-40mmの長円錐形の管を耳管という。耳管は後1/3の耳管骨部と前2/3の耳管軟骨部からなっており、耳管軟骨部にある半管状の軟骨を耳管軟骨という。

◇ 筋組織

◇ 筋組織とは

【解剖学】

さまざまな細胞のうち収縮・弛緩するために分化した細胞群を筋細胞とい
い。筋細胞によって構成され、身体さまざまな運動を引き起こす組織を筋
組織という。ほとんどすべての筋組織²⁵⁶⁾は中胚葉^{ちゅうはいよう}に由来する。

筋組織は筋細胞(筋線維)の集まりである。筋細胞の原形質(細胞質)に
は、アクチンとミオシンとよばれる蛋白質を多くふくむ。

◇ 筋細胞の分類

【解剖学】

筋細胞は以下のように分類される。

1. 筋が存在する場所による分類

- 骨格筋-----骨格に付着し、これを動かす筋である。
- 心筋-----心臓壁にあって心臓のポンプ機能をになう筋である。
- 内臓筋-----消化管、膀胱、子宮、気管支などの内臓組織の壁にあって、
これを動かす筋である。

2. 細胞内の構造による分類

筋は筋フィラメント²⁵⁷⁾(アクチンフィラメントとミオシンフィラメント)がつくる横^{おう}
紋^{もん}構造の有無によって以下のように分類される。

a. 横紋筋

横紋筋^{おうもんきん}は、筋細胞内で筋フィラメントがつくる横紋構造が規則正しくなら
び、これによる縞模様を観察できる筋である。骨格筋と心筋は横紋筋である。
横紋筋細胞は膨大なエネルギーを消費するため、ATPを貯蔵するクレアチン
リン酸^[p.23]を多くふくむ。

256) ほとんどすべての筋組織： 筋のうち眼球の瞳孔にある瞳孔散大筋と瞳孔括約筋だけは、神経組織の原
基となる外胚葉に由来する。

257) 筋フィラメント(myofilament)： 筋フィラメントは、筋細胞を電子顕微鏡によって観察したときにみられ
る線維である。筋フィラメントは、アクチンがつくる細いフィラメントと、ミオシンがつくる太いフィラメントから
なる。

b. 平滑筋

平滑筋²⁵⁸⁾は筋細胞内で筋フィラメントが不規則にならび、これによる**横紋構造がみられない筋**である。**大部分の内臓臓器を構成する筋は平滑筋**である。

3. 支配神経による分類

筋は支配する神経によって随意筋と不随意筋とに分けることができる。

a. 随意筋

随意筋は、**意志の働きで収縮・弛緩させることができる筋**である。**すべての骨格筋は随意筋**であり、その収縮・弛緩は運動神経²⁵⁹⁾に支配される。

b. 不随意筋

不随意筋は**意志とは無関係に、その筋がある臓器のおかれている状況に応じてその収縮・弛緩が自動的に調節される筋**である。**心筋とすべての平滑筋は不随意筋**であり、その収縮・弛緩は自律神経²⁶⁰⁾に支配される。

◇ 骨格筋の分類

【解剖学】

骨格筋線維は、ミオグロビンの含有量の多い赤筋線維と少ない白筋線維に分類され、ひとつの骨格筋にはこれらがさまざまな比率で混在²⁶¹⁾している。

1. 赤筋線維

赤筋²⁶²⁾線維は、筋細胞内に**酸素を貯蔵する蛋白質であるミオグロビン**²⁶³⁾を多く含むため、**赤色を呈する**。赤筋は、多量の酸素をもちいて好氣的エネルギー産生過程によってATP [p.22]を生成しながら収縮するため、**酸素消費量が多い**。このため、**赤筋をおもにもちいる運動を有酸素運動**という。赤筋線維の特徴は以下のとおりである。

-
- 258) 平滑筋(smooth muscle)： 個々の平滑筋は、紡錘形をなす。内部にアクチンとミオシンをもつが、細胞自体の収縮メカニズムは不明である。
 - 259) 運動神経： 運動神経は、末梢神経のうち骨格筋収縮をつかさどる遠心性神経をいう。
 - 260) 自律神経： 自律神経系は、身体のおかれた状況に応じて平滑筋・心筋・腺の働きを自律的に調節する神経をいう。
 - 261) さまざまな比率で混在： 各個人で赤筋線維と白筋線維の占める割合には大きな差がある。その比率は遺伝的に決まっており、トレーニングや食事によって比率そのものを変えることはできない。
 - 262) 赤筋(red muscle)： 骨格筋線維にしめる赤筋の割合が高いヒトは、基礎代謝が高く、食後の熱産生が高いため、肥満しにくいといわれる。また筋細胞内のミトコンドリアが多く、筋に分布する毛細血管が発達していて酸素を取りこむ機能が高い。このため赤筋の割合が高いヒトは、長距離走や持久型運動に適している。
 - 263) ミオグロビン(myoglobin)： ミオグロビンは筋肉ヘモグロビンともよばれるヘム蛋白で、酸素を貯蔵する働きをもつ。これは心筋、骨格筋に存在する。

- 収縮速度が遅いため、**遅筋**^{ちきん}ともいわれる。
 - 疲労しにくい、発生する張力は小さい。
 - 持続的な筋収縮に適しており、姿勢の維持などにあずかる。
- a. 白筋線維

白筋²⁶⁴線維は、筋細胞内にミオグロビンを含まないため、白色を呈する。

白筋は、嫌氣的解糖 [p.20] やクレアチンリン酸 [p.23] からATPをえて収縮するため、酸素消費量は少ない。白筋線維の特徴は以下のとおりである。

- 収縮速度が速いため、**速筋**^{そっきん}ともいわれ、**敏捷な運動**^{びんしょう}に適する。
- 疲労しやすい、発生する張力は大きい。

◇◇ 神経組織

◇ 神経組織

【解剖学】

神経組織 [p.296] は**神経細胞** (ニューロン) とこれを支持・栄養する細胞群 (グリア細胞) からなる。**神経系** は**外胚葉**²⁶⁵ に由来する。

神経細胞 は**ニューロン**²⁶⁶ (神経元) とよばれ、神経組織をつくる形態的、機能的単位となっている。ニューロンは興奮性細胞²⁶⁷ の一種であり、電気的な活動をすることに特徴がある。またニューロンはその細胞体から数本の突起をだしており、その突起の末端部は他のニューロンや細胞に接合している。このニューロン間またはニューロンが接する他の細胞との間にある部位を**シナプス**といい、ニューロンはこの部分を介して他の細胞と情報交換をおこなっている。

これらニューロンとシナプスによって形成されるネットワークを**神経系**といい、これは身体のすみずみにまで分布している。

264) 白筋 (white muscle): 骨格筋線維にしめる白筋の割合が高いヒトは、基礎代謝が低く、熱産生が低く、肥満しやすい傾向にある。このため白筋の割合が高いヒトは、無酸素状態での筋収縮能が高く、短距離走、相撲、柔道などの無酸素運動や、瞬発型の運動に適している。

265) 外胚葉: ヒトの発生において、受精後3週目くらいに、受精卵を構成する細胞群 (初期胚) で形成される細胞集団を胚葉という。これは、後に成体のすべての組織・器官のもととなる3層状の細胞集団である。これは表層から中心に向かい外胚葉、中胚葉、内胚葉という。このうち最外層の外胚葉からは表皮組織、神経系、外部感覚器、口や肛門の粘膜などが発生分化する。

266) ニューロン (neuron): かつて神経組織は、網目状の構造物と考えられていた。しかしその後、1891年これに形態的単位が発見され、神経元 (ニューロン) と命名された。これは現在でいう神経細胞そのものであることから、神経細胞をニューロンとよんでいる。ヒトの身体にあるニューロンの数は、一説では1000億個といわれる。

267) 興奮性細胞: 興奮性細胞とは、細胞膜内外のイオン交換によって膜電位を変化させ、電気的に興奮する細胞をいう。代表的な興奮性細胞には神経細胞と筋細胞とがある。

◇ 神経系の機能

【解剖学】

神経系の機能は、生体の外界からくわえられた刺激や身体内部でおこった刺激を受容し、これに応じて筋細胞や腺細胞の活動をコントロールして刺激に対する適切な反応をおこすことにある。また神経系は多数の器官からなる身体において、各器官の協調をたもち統制する役割をもになっている。

◇ 中枢神経系と末梢神経系

【解剖学】

神経系にあるニューロン群は、その機能によって以下のように存在部位がことなっている。

2. 中枢神経系 [p.333]

情報処理をおこなうニューロン群は、末梢から集められた情報を処理・統合し、その結果から効果器の反応を決定するという機能をこなう。各器官を協調させ、整合性のある情報処理をおこなうために、これらのニューロン群は脳と脊髄をかたちづくっている。この脳と脊髄からなるニューロン群を中枢神経系という。

3. 末梢神経系 [p.398]

脳と脊髄以外にあるすべてのニューロン群を末梢神経系という。末梢神経系は、効果器や感覚器と中枢神経系をつなぎ、情報を伝える役割をもつ。これらは実際、末梢組織の間をぬうように糸状に走行し各器官に分布している。

末梢神経系はその中をつたわる情報の方向性によって、以下のように分類される。

- 求心性神経-----感覚受容器において、外部環境や内部環境から受けた感覚刺激の情報を、脳・脊髄(中枢神経系)に伝える末梢神経である。
- 遠心性神経-----脳・脊髄(中枢神経系)による情報処理の結果を効果器細胞に伝える末梢神経である。

 **器官と器官系**◇ **器官**

【解剖学】

器官または臓器とは、肉眼的に一定の形状をもち、特定の生理機能をいとなむ個々の構造をいう。生体内の構造単位としては、多数の細胞が集まって組織を構成し、複数の組織が組み合わさって器官(臓器)を構成している。

◇ **器官系**

【解剖学】

同じような機能をもった器官(臓器)や、全体として一連の機能をなう器官を、器官系という。器官系には、以下のようなものがある。

- 消化器系
- 循環器系
- 呼吸器系
- 泌尿器系
- 生殖器系
- 内分泌器系
- 神経系
- 感覚器系
- 運動器系

皮膚

皮膚

皮膚とは

◇ 皮膚とは

【解剖学】

皮膚は身体的全表面をおおう器官である。皮膚の厚さは部位により異なるが平均2mmで、これは**外胚葉由来の表皮**(0.2mm)、**中胚葉由来の真皮**と**皮下組織**(2mm)の3層からなる。

皮膚の総面積は成人で約1.6m²、重さは約9kgで体重の16%をしめ、体内でもっとも大きい器官である。

皮膚のおもな機能には以下のようなものがある。

- 身体の保護
- 体温の調節
- 刺激の感受

表皮・真皮・皮下組織

◇ 表皮

【解剖学】

表皮は皮膚の最表面の部分で、**重層扁平上皮** [p.38] からなり、**血管・毛細血管**を欠く。表皮は**外胚葉**から発生する。

表皮は多くの**角化細胞**(**ケラチノサイト**)²⁶⁸⁾とわずかな**メラノサイト**²⁶⁹⁾で構成され、これらの細胞群は表皮のもっとも深層にある**表皮基底層**にならぶ。

表皮は表層から**角質層**、**淡明層**、**顆粒層**、**有棘層**、**基底層**に区分される。

268) 角化細胞(ケラチノサイト;keratinocyte): 表皮の角化細胞は、細胞どうしがケラチン線維によってデスマゾームを形成して強く結びついている。また角化細胞がつくるケラチンという硬い蛋白質は、表皮全体をおおうことで紫外線や異物の吸収の防御層としての役割を果たしている。

269) メラノサイト(melanocyte): メラノサイトはメラニン色素を産生する細胞である。これは表皮の基底層に皮膚面1mm²当たり1000~2000個分布する。産生されたメラニン色素は皮膚に広く分布し、紫外線防御に役立つ。

角化細胞(ケラチノサイト)は表皮基底層で活発に分裂・増殖し、表層へと移動しながら扁平化するとともに角質化し、最終的に角質層を形成した後、皮膚表層から剥離^{はくり}・脱落していく。これを**表皮のターンオーバー**という。

表皮はこのような層構造をつくることで、外部からの**異物の侵入を防ぐバリア機能**や、皮膚からの**水分の蒸発を防ぐ保湿作用**をもつ。

◇ 真皮

【解剖学】

真皮は、表皮と皮下組織の間に位置し、**中胚葉由来**の組織である。真皮は線維成分として**大量の膠原線維²⁷⁰⁾をふくみ**、その中に弾性線維が網の目状に分布する**強靱な密性結合組織^[p.43]**である。

真皮は表層から乳頭層、乳頭下層、網状層の3層に区分される。このうち真皮乳頭層は、表皮に部分的に突出している。

真皮には血管や神経も分布する。このうち**真皮の血管²⁷¹⁾は、外気温が上昇すると拡張して体熱の放散にはたらき、外気温が低下すると収縮して体熱の放散を抑止**する。また真皮に分布する神経としては、さまざまな感覚受容器、血管・立毛筋・汗腺などに分布する自律神経がある。

◇ 皮下組織

【解剖学】

皮下組織は膠原線維と弾性線維からなる疎性結合組織で、真皮の下にあるが、その境界は明瞭でない。

皮下組織には脂肪組織(皮下脂肪組織)が発達し、これは身体の保温、栄養の貯蔵、外力による衝撃をやわらげる装置としての役割を果たす。

270) 膠原線維： 膠原線維(コラーゲン)は真皮の約70%を占め、他にヒアルロン酸が水を蓄えてゼリー状をなす基質などから構成される。皮膚のシワは、これらの線維が古くなり弾力を失うことで生ずる。

271) 真皮の血管： 皮膚を流れる血液量は、心拍出量の約5%にあたるが、その血液量は外気温によって最大で20倍変動する。この変化は皮膚面の血色として観察することができる。すなわち皮膚の血液量が多いときは赤みをおびて紅潮し、少ないときは赤みが失せて蒼白となる。

◇◇ 皮膚の付属器

◇◇ 皮膚の付属器とは

◇ 皮膚の付属器とは

【解剖学】

皮膚には付属器として、毛、爪のほか、脂腺、汗腺、乳腺などの皮膚腺がある。

◇◇ 毛

◇ 毛とは

【解剖学】

毛は全身のほとんどの皮膚²⁷²⁾にみられる弾性のある強靱な角化物である。

毛は表皮の細胞が変化して角質となったものであるため、外胚葉に由来し、毛の主成分はケラチン²⁷³⁾(角化物)である。

毛²⁷⁴⁾は生ずる部位によって、頭毛^{とうもう}、眉毛^{びもう}(まゆげ)、須毛^{しゅもう}(ひげ)、睫毛^{しょうもう}(まつげ)、腋毛^{えきもう}(わきげ)、陰毛、鼻毛、耳毛などよばれる。

毛は皮膚の保護、体温調節にはたらくほか、皮膚に分布する神経の作用として触圧覚を受容する。

◇ 毛の構造

【解剖学】

毛は皮膚の表面にでている部分を毛幹とよび、皮膚の中にある部分を毛根という。毛根は表皮の一部にある円筒状のくぼみにつつまれ、この部位を毛包²⁷⁵⁾という。

272) 全身のほとんどの皮膚： 体表面で毛のまったくない部位は口唇、手足の指の末節背面、手掌、足底、陰茎、陰核、亀頭、包皮、大小陰唇内面などである。

273) ケラチン(keratin)： ケラチンは皮膚の上皮細胞が生成する不溶性の蛋白質である。重合して巨大分子構造を形成して、いわゆる角質を形成する。毛は、毛包の部分で沈みこんだ表皮の細胞が角質化して外に向かってのびる。また毛の色は、表皮のメラニンによって黒くなる。

274) 毛： 毛のうち細くて柔軟なものをうぶ毛(毳毛; ぜいもう)という。また硬いものを剛毛といい、眉毛、睫毛、鼻毛、耳毛などはこれに属する。

275) 毛包： 毛包のうち皮膚表面から見ることのできる部分は、一般に毛穴(けあな)とよばれる。ヒトの皮膚の有毛部には1cm²に20個以上の毛穴がある。毛包には皮脂や汗を排出する機能があるため、皮脂が毛包に溜まると角栓となって毛穴をふさぎ、毛包の機能を低下させる。

毛包には脂腺^[p.58]が開いており、脂腺の下で立毛筋が毛包についている。

アポクリン汗腺(大汗腺)^[p.59]の導管も毛包に開口し、ここをとおして汗を排出する。

◇ 立毛筋

【解剖学】

立毛筋は、毛包に付着している平滑筋^[p.50]で、交感神経²⁷⁶⁾の単独支配^[p.480]を受ける。

寒冷刺激などによって交感神経²⁷⁷⁾が興奮すると立毛筋は収縮し、毛が直立する。これを立毛といい、このとき表皮がわずかに持ちあげられことで、いわゆる鳥肌がおこる。これを立毛筋反射²⁷⁸⁾という。

立毛筋の機能は、その収縮により体表面における毛髪がつくる空気層の厚さを増し、体熱の放散を防止することにある。しかしヒトの場合は体毛がほとんどないため、この機能はほとんど失われている。

◇◇ 爪

◇ 爪

【解剖学】

爪は、指(手指)と趾(足指)の末節部で、その背側面をおおう半透明で板状の角質性の皮膚付属器である。爪は表皮の細胞が変化した扁平な角化細胞からできており、外胚葉に由来する。

爪において、板状の構造全体を爪甲^{そうこう}という。このうち外に露出している部分を爪体という。爪甲の近位部は皮膚におおわれ、爪根という。爪根は爪をつくる部分である。また、爪体の下にある皮膚を爪床^{そうしょう}という。

爪根には表皮細胞である爪母基^{そうぼき}をふくむ。爪母基はハードケラチン²⁷⁹⁾を

276) 交感神経： 立毛筋を支配する交感神経節後ニューロンは、コリン作動性ニューロンである。

277) 交感神経系： 人体の器官のうち平滑筋、心筋、腺などは意志による随意的な支配によらず、状況に応じて自動的に調節されている。この平滑筋、心筋、腺などを支配する神経を自律神経系という。自律神経がこれらの器官を支配するときは、一般に交感神経系と副交感神経系のふたつのシステムによって拮抗的に調節をおこなっている。ただこれらの器官の一部には、例外的に交感神経系と副交感神経系のいずれか片方の支配しか受けられないものがあり、立毛筋はその例外のひとつである。

278) 立毛筋反射： 立毛筋反射は寒冷刺激以外にも恐怖や悪寒・戦慄などによっておこることもある。

279) ハードケラチン(hard keratin)： ハードケラチンは毛や爪のケラチンにふくまれるケラチンである。

産生して角化し爪となる。爪は爪床に付着したまま遠位に移動することで伸びていく²⁸⁰⁾。

◇◇ 皮膚腺

◇ 脂腺（皮脂腺）

【解剖学】

脂腺（皮脂腺）²⁸¹⁾は、表皮細胞から分化する皮膚腺のひとつで、毛包に開口する。ここにある腺細胞が崩壊しホロクリン分泌（全分泌）^[p.40]によって、皮脂²⁸²⁾を毛孔から排出する。

なお毛が生えていない手掌および足底部に、脂腺はない。

◇ 汗腺

【解剖学】

汗腺は汗を分泌する腺であり、エクリン汗腺（小汗腺）とアポクリン汗腺（大汗腺）の2種類がある。エクリン汗腺（小汗腺）とアポクリン汗腺（大汗腺）はともに交感神経系の単独支配を受ける。

1. エクリン汗腺（小汗腺）

エクリン汗腺（小汗腺）²⁸³⁾は、真皮下層または皮下組織の上部に糸球状の腺体を持ち、水分の割合が多い汗を分泌する外分泌腺である。これは全身の皮膚に分布し、おもに温熱性発汗²⁸⁴⁾による体熱放散をおこない、体温調節にあずかる。

280) 伸びていく： 爪は1日当たり0.1～1.1mmで遠位にむかって伸びる。

281) 脂腺（皮脂腺）： 脂腺（皮脂腺）は毛包の周囲には1～5個存在する。

282) 皮脂： 皮脂は脂腺から分泌され、皮膚や体毛の表面に薄い膜状に広がり、物理的、化学的に皮膚や毛を保護、保湿する。また、皮脂に含まれる脂肪が毛孔内で常在菌により分解されることで生じる脂肪酸によって皮膚の表面は弱酸性となり、これが病原菌などを排除する機能ももつ。皮脂の分泌量は、全身で平均1-2g/日で、新生児で多いが小児期は少なく、思春期に増加して加齢により徐々に減少する。加齢による減少傾向は、女性では閉経後に強い。

283) エクリン汗腺（小汗腺；eccrine sweat gland）： エクリン汗腺は1本の腺管でできている細長い単管状腺で、真皮下層ないし皮下組織の上部に直径0.1～0.5mmの糸球状の腺体をもつ。エクリン腺は液体のみを分泌し、細胞の有形成分は分泌しない。このようにエクリン腺は大量の水分を分泌して体温調節に関与するが、その分泌能力は暑熱経験に大きく影響され、個人差も大きい。またその分泌機能は加齢とともに低下すると考えられており、これによって高齢者は暑い環境下で汗をかきづらく、熱中症を発症しやすくなるといわれている。

284) 温熱性発汗： 発汗はどのような状況下でおこるかで温熱性発汗と精神性発汗にわけられる。温熱性発汗は暑熱環境において、汗の蒸発とともに体熱を放散する機能を果たす。また温熱性発汗は手掌と足底を除いた全身でおこる。

2. アポクリン腺（大汗腺）

アポクリン汗腺(大汗腺)²⁸⁵⁾の腺細胞は皮膚の真皮内に存在し、毛包に開口して、蛋白質や脂肪の割合が多い汗を分泌する外分泌腺である。アポクリン汗腺は腋窩部、外耳道、乳輪、肛門周囲などの限られた部位に分布する。このためアポクリン汗腺からの発汗に体熱放散や体温調節の機能はない。

◇ 乳腺

【解剖学】

乳腺²⁸⁶⁾は乳汁を分泌する外分泌腺で、乳房の乳頭部の表皮が皮下組織の中に落ち込んで生じた組織である。

285) アポクリン汗腺(大汗腺; apocrine sweat gland): アポクリン汗腺の分泌能はエクリン汗腺に比べて低く、汗の排出過程は非常にゆっくりしている。またここから出る汗は希薄であり、汗腺の細胞の一部が破片となって液の中に混じる。蛋白質などの有機物を多く含むため成分が複雑で、独特の臭気をもつことがあり、青春ごろに分泌がはじまる。

286) 乳腺: 乳腺はエストロゲンの作用によって増殖し、プロゲステロンの作用によって発達する。女性の授乳期にはプロラクチンの刺激によって乳腺で乳汁が産生され、オキシトシンの作用によって乳汁が分泌される。

