

看護師・栄養士のための解剖生理学

長坂祐二 著

2025. 3. 24 改訂

目次

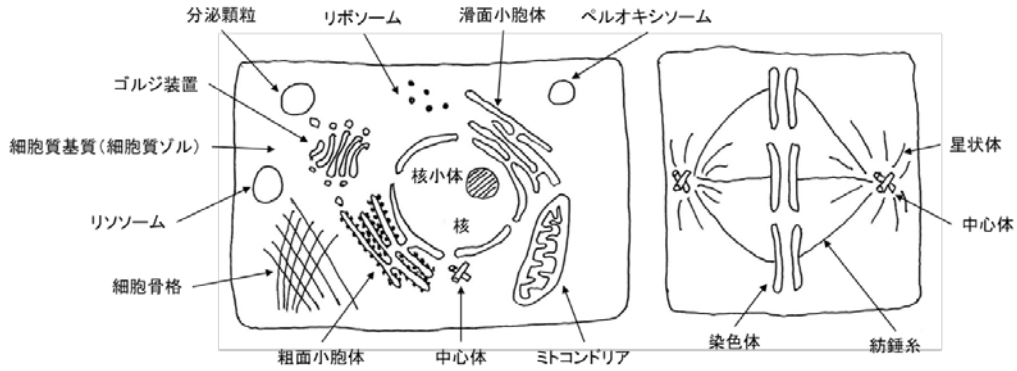
1. 細胞
2. 組織、粘膜、漿膜、体腔
3. 消化管
4. 膵臓、栄養素の消化と吸収
5. 肝臓、胆嚢
6. 心臓
7. 血管、リンパ管
8. 血液
9. 呼吸器
10. 泌尿器
11. 水・電解質
12. 酸塩基平衡
13. 内分泌
14. 骨、筋
15. 脳、神経
16. 感覚器
17. 皮膚
18. 体温調節
19. 免疫
20. 生殖器
21. 成長と発達
22. 老化

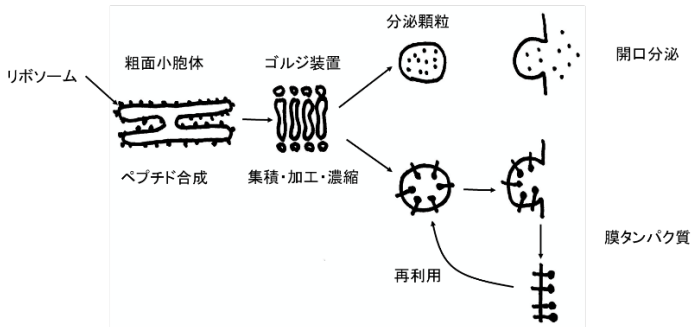
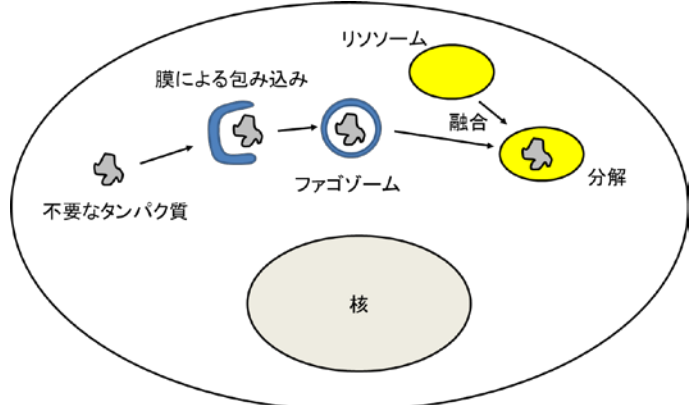
1. 細胞

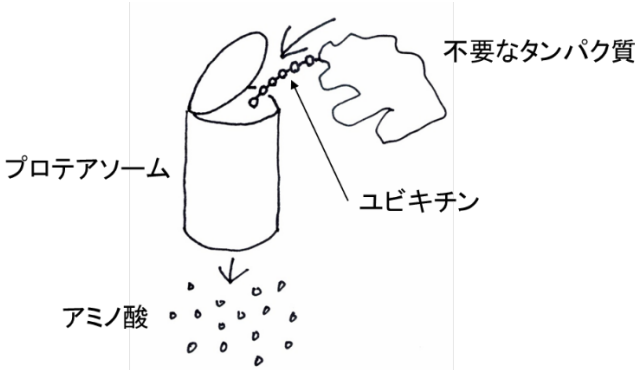
1. 人体の階層性

個体	・器官系が集まって構成される一つの生命体
器官系	・共通の働きを持つ器官の集まり ・消化器系、呼吸器系、泌尿器系、循環器系、神経系、内分泌系、免疫系、生殖系、骨格系、筋系
器官(臓器)	・複数の組織が集まってある機能を担う構造物 ・胃、小腸、大腸、肝臓、膵臓、肺、心臓、血管、脳など
組織	・細胞と細胞間物質が一定の秩序の下に集まってできる構造物 ・上皮組織、結合組織、筋組織、神経組織
細胞	・細胞膜で包まれた生命の最小単位
細胞小器官	・分子が集まってある機能を担う細胞内の構造物 ・ミトコンドリア、小胞体、リソソーム、ゴルジ装置、リボソーム、中心小体など
分子	・複数の原子からなる化合物で、細胞と細胞間物質を構成する材料 炭水化物、脂質、たんぱく質、ビタミン、核酸など
原子	・物質を構成する最小単位 ・炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O)、窒素 (N)、イオウ (S)、リン (P)、マグネシウム (Mg)、鉄 (Fe)、カルシウム (Ca)、カリウム (K) など

2. 細胞と細胞小器官

細胞	・ヒト：約 37 兆個の細胞からできている多細胞生物 ・細胞の大きさ：一般に $10 \sim 30 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m}$ は、1mm の 1,000 分の 1) 赤血球は $8 \mu\text{m}$、成熟卵は $200 \mu\text{m}$ ・細胞膜：細胞を包む膜（脂質二重層） ・細胞質：細胞の内部（細胞小器官、細胞質基質（細胞質ゾル）、細胞骨格、核） 
小胞体	・脂質二重層で包まれた袋状の構造物 ・粗面小胞体：リボソームが付着、分泌たんぱく質や膜たんぱく質を合成 ・滑面小胞体：リボソームなし、解毒や脂質を合成
リボソーム	・メッセンジャーRNA (mRNA) の情報をもとに、たんぱく質を合成 ・リボソーム RNA (rRNA) とたんぱく質で構成 ・rRNA：ペプチド合成の酵素（リボザイム）

ゴルジ装置 (ゴルジ体)	・扁平な小胞が積み重なった構造物 ・粗面小胞体で合成されたたんぱく質を、集積、加工、濃縮 ・<u>分泌顆粒</u>：ホルモンなど細胞外へ分泌する分子を一時的に貯蔵する小胞 ・<u>開口分泌</u>：分泌顆粒は細胞膜と融合し、内容物を細胞外へ放出 ・<u>膜たんぱく質</u>：細胞膜上のたんぱく質を供給・再利用  The diagram illustrates the Golgi apparatus as a series of stacked, flattened sacs. On the left, ribosomes (リボソーム) are shown attached to the rough endoplasmic reticulum (粗面小胞体), where peptide synthesis (ペプチド合成) occurs. The resulting proteins move into the Golgi apparatus (ゴルジ装置) for accumulation, processing, and concentration (集積・加工・濃縮). From the Golgi, two pathways are shown: 1) Secretory granules (分泌顆粒) that lead to exocytosis (開口分泌) at the cell membrane. 2) Membrane proteins (膜タンパク質) that are inserted into the cell membrane and then recycled (再利用) back into the Golgi.
中心小体 (中心体)	・<u>細胞分裂</u>をするとき細胞の両極に移動し、<u>紡錘糸</u>の合成中心になる。
ミトコンドリア	・<u>内膜と外膜</u>の二重の膜で包まれる。 ・<u>クリステ</u>：内膜からマトリックスにつきだすひだ ・ATP 産生：<u>クエン酸回路</u>と<u>電子伝達系</u>の酵素があり、<u>酸化リン酸化</u>により ATP 産生 (図 1-17) ・固有の<u>ミトコンドリア DNA (環状 DNA)</u> が存在し、自己複製する。 ・ミトコンドリア DNA は、すべて母親 (卵子) に由来する。
リソソーム	・細胞内に取り込んだ異物 (開口吸収) や細胞内の不要な物質を取り込んで分解 ・内部には、40 種類以上の加水分解酵素があり、核酸、糖質、たんぱく質、脂質を加水分解する。 ・<u>オートファジー</u>：細胞内の異常なたんぱく質や過剰に合成されたたんぱく質を分解すること。飢餓は、オートファジーを誘導する。  The diagram shows a cell with a nucleus (核) at the bottom. A lysosome (リソソーム), represented by a yellow circle, is shown fusing (融合) with a phagosome (ファゴゾーム), represented by a blue circle. The phagosome is formed by the membrane enclosing (膜による包み込み) unnecessary proteins (不要なタンパク質). The resulting fused organelle then proceeds to degradation (分解).

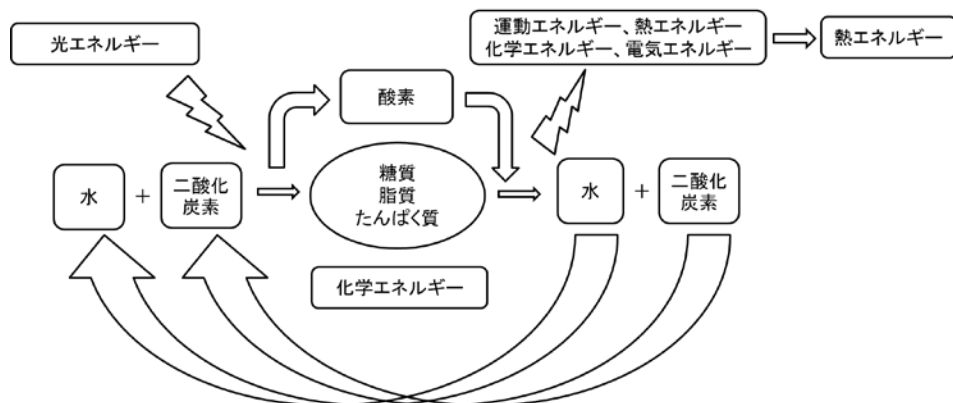
プロテアソーム	- 細胞質基質に存在する多数のサブユニットからなる巨大な円筒状のたんぱく質 <u>ユビキチン化</u>：細胞内の不要なたんぱく質や異常なたんぱく質にユビキチン（76 個のアミノ酸からなるたんぱく質）が結合すること - プロテアソームは、<u>ユビキチン化</u>されたたんぱく質を円筒の中に取り込み、たんぱく質を加水分解する。 
細胞骨格	- たんぱく質からなる線維状物質で、細胞の形態の維持、運動に関与 <u>微小線維</u>（アクチンフィラメント）：<u>アクチン</u>が重合してできる径 5nm の細い線維 <u>微小管</u>（マイクロチューブル）：<u>チューブリン</u>が重合してできる径 25nm の太い管状の線維 <u>中間径線維</u>：径 10nm の線維
ペルオキシソーム	<u>過酸化水素</u>を産生する酵素と分解する酵素（カタラーゼ）を含む。 - 過酸化水素は、白血球の<u>殺菌作用</u>に利用

3. 細胞内の主な代謝が起こる場所

細胞質基質	解糖、糖新生、ペントースリン酸回路、グリコーゲンの合成と分解、脂肪酸の合成、プロテアソームによるたんぱく質の分解
ミトコンドリア	脂肪酸のβ酸化、クエン酸回路、電子伝達系
滑面小胞体	トリグリセリド、リン脂質、コレステロール、ステロイドホルモンなどの脂質合成
粗面小胞体	たんぱく質合成
リボソーム	たんぱく質合成
リソソーム	たんぱく質、多糖類、脂質、核酸など高分子の加水分解、オートファジー

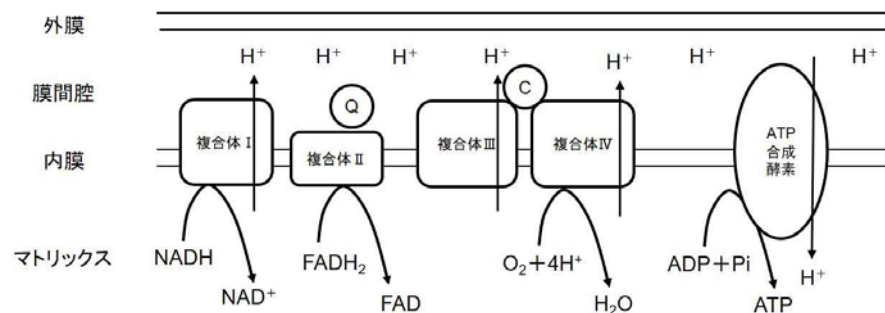
4. エネルギー変換とATP産生

エネルギーの蓄積	・光合成：植物は光エネルギーを化学エネルギーに変換してエネルギーを蓄積する。 (光エネルギー) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (化学エネルギー) ・化学エネルギー：炭素を還元（電子が多い状態）することによって蓄積される。
エネルギーの放出	・食物の酸化：動物は食物に含まれる炭素を酸化（電子が少ない状態）してエネルギーを取り出す。 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ATP}$ (化学エネルギー) ・ATPのエネルギーは、最終的には熱エネルギーとして体外に放出される。



エネルギーの通貨	・ATP（アデノシン三リン酸）：体内のさまざまな活動（化学反応、運動、発熱など）のエネルギー源（エネルギーの通貨）として利用される。
----------	--

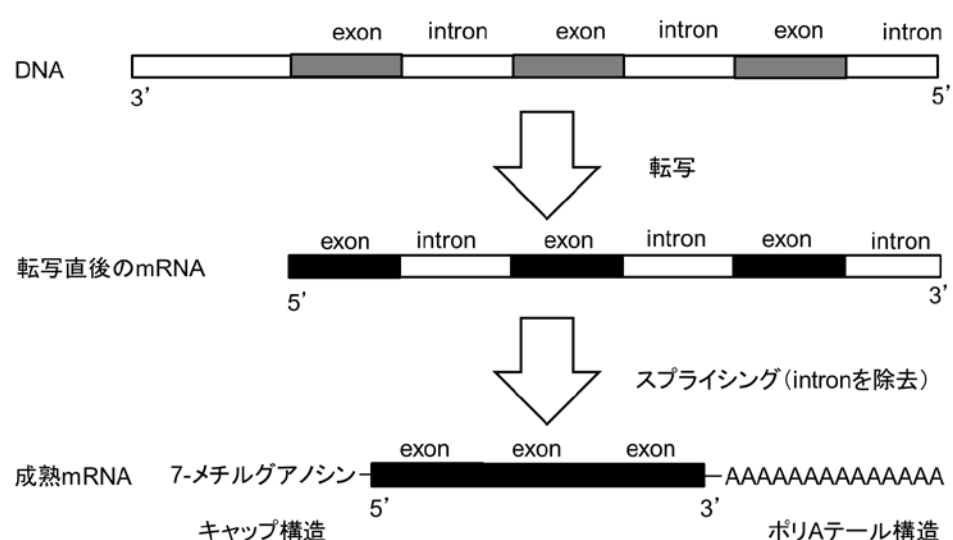
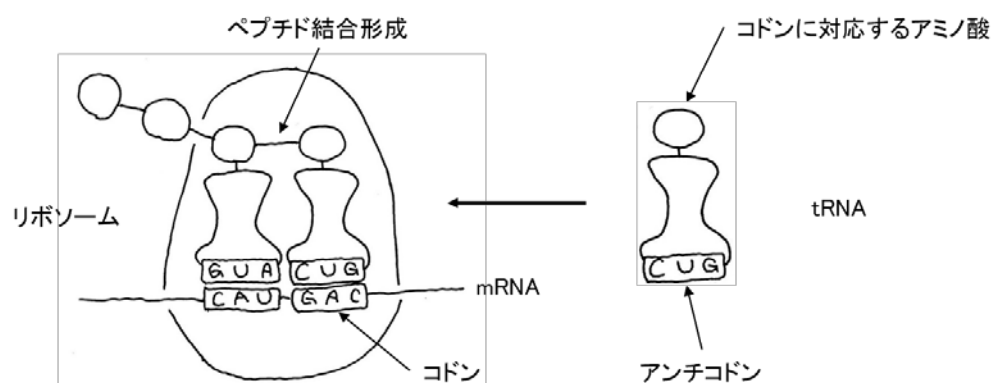
ATP産生	・解糖系・クエン酸回路：グルコースの炭素を酸化して二酸化炭素を生成 ・電子伝達系：解糖系・クエン酸回路から放出された電子を最終的に酸素にわたして水を生成する。 ・ATP合成酵素：電子伝達系で放出されてエネルギーによりプロトン（H^+）をマトリックスから膜間腔へ汲み上げることのできるH^+の濃度勾配を利用してATPを生成する。 ・酸化的リン酸化：炭素の酸化により放出されるエネルギーを利用してADPをリン酸化してATPを生成すること
-------	---



5. 核酸と染色体

核	- 核膜：二重の膜で包まれている。 - 核膜孔：細胞質基質と核内の物質移動が行われる場所 - 核小体：リボソーム RNA (rRNA) を合成する場所
核酸	- ヌクレオシド：塩基と糖が結合したもの 糖：DNA ではデオキシリボース、RNA ではリボース DNA の塩基：アデニン (A)、グアニン (G)、シトシン (C)、<u>チミン (T)</u> RNA の塩基：アデニン (A)、グアニン (G)、シトシン (C)、<u>ウラシル (U)</u> - ヌクレオチド：ヌクレオシドにリン酸が結合したもの - 核酸：ヌクレオチドが鎖状に重合したもの - DNA (デオキシリボ核酸)：2 本のヌクレオチド鎖がらせん構造を作ったもの - 相補的塩基対：アデニン (A) とチミン (T)、グアニン (G) とシトシン (C) - RNA (リボ核酸)：1 本のヌクレオチド鎖
染色体	- ヌクレオソーム：ヒストン (塩基性たんぱく質) に DNA が巻きついたもの - クロマチン (染色質)：ヌクレオソームが折りたたまれたもの - クロモソーム (染色体)：クロマチンが高度に折りたたまれて凝縮したもので、細胞が分裂するときに出現する。 - ヒトのクロモソーム：22 対 (44 本) の常染色体と 1 対 (2 本) の性染色体 (X、Y)

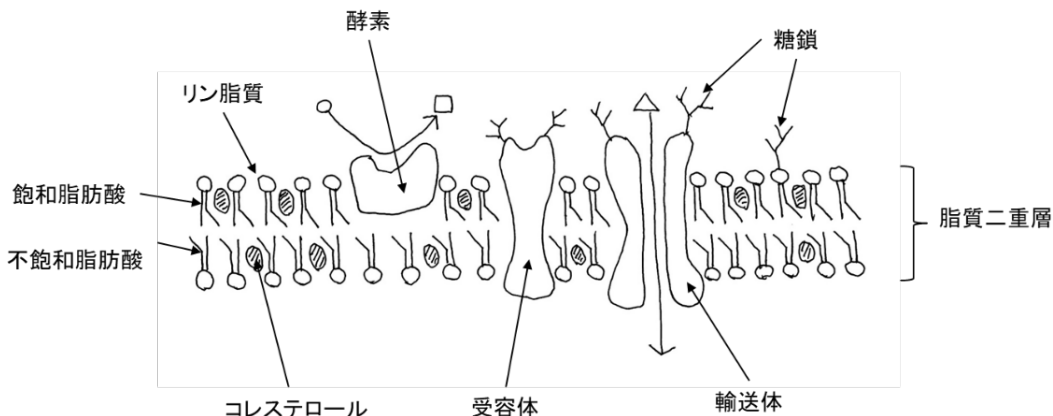
6. 遺伝子の発現とたんぱく質の合成

遺伝子	・<u>ゲノム</u>：DNA の全塩基配列、ヒトゲノムは約 30 億塩基対からなる。 ・<u>遺伝子</u>：たんぱく質のアミノ酸配列をコードしている DNA 上の塩基配列 ヒトの遺伝子は約 20,000 個（全ゲノムの約 2%）
転写	・<u>転写</u>：DNA 上の塩基配列の情報を RNA 上の塩基配列の情報に写し取ること DNA 上の遺伝子（塩基配列）を鋳型にして RNA を合成する。 DNA と RNA の相補的塩基対：A-U、G-C、C-G、T-A ・<u>スプライシング</u>：転写された RNA からイントロン（アミノ酸配列をコードしていない部分）が除かれ、エクソン（アミノ酸配列をコードしている部分）からなるメッセンジャーRNA（mRNA）を生成する。 ・<u>mRNA</u>：キャップ構造とポリ A テール構造が付加された後、核膜孔を通過してリボソームに移動する。  DNA 3' → 5' (exon, intron, exon, intron, exon, intron) ↓ 転写 転写直後の mRNA 5' → 3' (exon, intron, exon, intron, exon, intron) ↓ スプライシング (intron を除去) 成熟 mRNA 5' → 3' (7-メチルグアノシン-キャップ構造, exon, exon, exon, ポリAテール構造)
翻訳	・<u>翻訳</u>：RNA 上の塩基配列の情報をたんぱく質のアミノ酸配列の情報に変換すること DNA 上の 3 つの塩基配列（トリプレット）が 1 種類のアミノ酸に対応している。 ・<u>コドン</u>：mRNA 上のトリプレット ・<u>アンチコドン</u>：mRNA のコドンに相補的なトランスファーRNA（tRNA）上のトリプレット ・<u>リボソーム RNA（rRNA）</u>：mRNA の塩基配列に従いアミノ酸をペプチド結合で鎖状に連結してたんぱく質を合成する。 ・RNA の割合：rRNA（約 80%）、tRNA（約 15%）、mRNA（約 5%）である。  ペプチド結合形成 リボソーム mRNA コドン tRNA アンチコドン コドンに対応するアミノ酸

7. 細胞周期

間期	①DNA 合成準備期 (G_1 期、G は gap 「間隙」 の意) ②DNA 合成期 (S 期、S は synthesis 「合成」 の意) ③分裂準備期 (G_2 期)
分裂期	④分裂期 (M 期、M は mitosis 「有糸分裂」 の意) 前期：核が消失し、染色体が出現する。 中期：染色体が赤道面に並ぶ。 後期：染色体が両極に移動する。 終期：核が出現し、細胞分裂が完了する。 相同染色体 ($2n$) DNAの複製 体細胞分裂 ($2n$)
DNA の複製	- 半保存的複製：二重らせんがほどけて 1 本鎖 DNA となり、それぞれの DNA の塩基配列を鋳型にして相補的な DNA 鎖が新たに合成すること - レプリコン：1 つの複製開始点により二重らせんがほどける複製単位 - プライマー (短い RNA 鎖)：DNA の合成に先立って合成される相補的な RNA - DNA ポリメラーゼ：DNA を合成する酵素 - リーディング鎖：複製開始点から鋳型 DNA の 5' 方向へ連続して合成される DNA - ラギング鎖 (岡崎フラグメント)：複製開始点から鋳型 DNA の 3' 方向へ断片的に合成される DNA - DNA リガーゼ：DNA の断片をつないで連続した鎖にする酵素
← □ リーディング鎖 ← □ ラギング鎖 (岡崎フラグメント) □ RNAプライマー	

8. 細胞膜

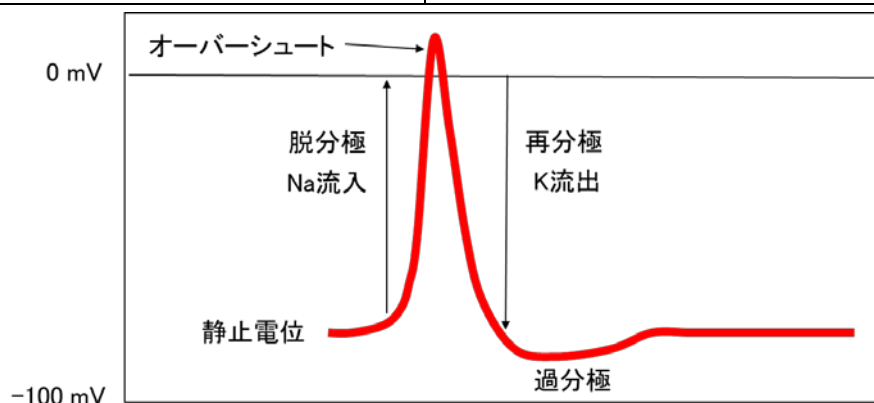
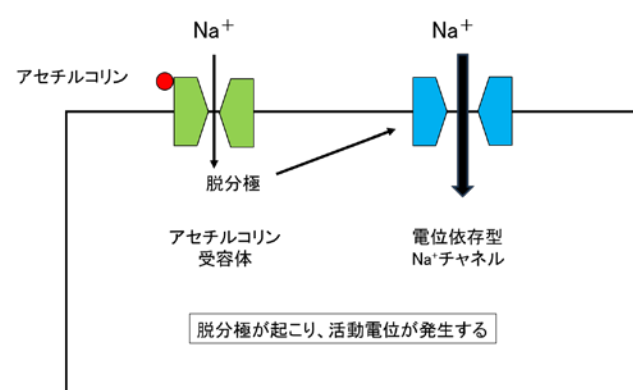
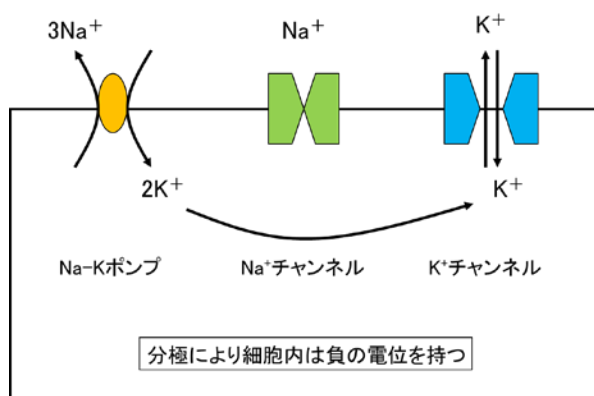
構造	・<u>脂質二重層</u>：リン脂質の親水性の部分を外側に、疎水性の部分の内側にした細胞膜の基本構造 ・<u>流動モザイクモデル</u>：細胞膜にはコレステロール、たんぱく質、糖鎖などが含まれる。 ・リン脂質を構成する脂肪酸が不飽和脂肪酸であると、細胞膜の流動性が増加する。	
機能	・<u>選択的透過性（半透膜）</u>：細胞膜内外で濃度差を生成 ・<u>膜たんぱく質</u>の主な機能 - 輸送体：イオンチャネル、Na-K ポンプ、糖輸送担体など - 受容体：ホルモン、神経伝達物質に対する受容体 - 酵素：消化酵素、アンギオテンシン変換酵素など - 抗原：細胞膜に存在する糖鎖は、脂質やたんぱく質と結合して存在し、血液型の抗原などとして機能する。	
 The diagram illustrates the fluid mosaic model of a cell membrane. It shows a phospholipid bilayer with hydrophilic heads and hydrophobic tails. Saturated and unsaturated fatty acids are labeled. Cholesterol is embedded within the bilayer. Various proteins are shown, including enzymes (enzymes), receptors (receptors), and transporters (transporters). Glycoproteins with sugar chains (glycans) are also depicted. The entire structure is labeled as the lipid bilayer (脂質二重層).		
受動輸送	単純拡散	・濃度勾配に従って細胞膜を直接通過すること ・酸素、二酸化炭素、水など
	促進拡散	・濃度勾配に従って細胞膜の輸送体を通過すること ・イオンチャネル、グルコーストランスポーター、Na 依存性グルコーストランスポーターなど
能動輸送	・ATP を消費して、濃度勾配に逆らって細胞膜を通過すること ・Na-K ポンプ (Na⁺-K⁺-ATPase) など	

9. 体液の区分

水分	・体の成分の約 60% が体液（水分）、約 40% が固形成分である。 ・体液のうち約 40% が細胞内液、約 20% が細胞外液である。 ・細胞外液のうち約 15% が間質液、約 5% が血漿、約 1% がリンパ液である。		
電解質		もっとも多い陽イオン	もっとも多い陰イオン
	細胞内液	カリウムイオン (K^+)	リン酸 (HPO_3^-)
	細胞外液	ナトリウムイオン (Na^+)	塩素イオン (Cl^-)
	・カルシウムイオン (Ca^{2+})：細胞外液に多い。 ・たんぱく質：細胞内液 > 血漿 > 間質液		
恒常性	・細胞内外の Na^+ と K^+ の濃度差は、Na-K ポンプとカリウムチャネルによって維持 ・ホメオスタシス（恒常性）：外部環境が変化しても内部環境が一定の状態に維持すること		

10. 膜電位

静止電位	Na-K ポンプ	・ Na^+ は細胞外へ、 K^+ は細胞内へ移動し、細胞内外の濃度差を生成する。
	Na チャンネル	・ Na イオンの輸送体。静止状態では閉じている。
	K チャンネル	・ K イオンの輸送体。静止状態では開いている。
	分極	・ 細胞内の K イオンが濃度勾配に従って細胞外へ移動することで細胞内の電位は負になること ・ 細胞内の電位が負になると細胞外の K イオンは電位勾配に従って細胞内に移動する。
	静止電位	・ 濃度勾配による K の移動と電位勾配による K の移動が釣り合っ見かけ上移動がないときの細胞内の電位 ($-60 \sim -90\text{mV}$)
活動電位	脱分極	・ Na チャンネルが開いて細胞外の Na^+ が急速に細胞内へ流入し、細胞内外の電位差が減少すること
	活動電位	・ 脱分極による電位差減少が閾値を超えると電位依存性 Na チャンネルが開き、大量の Na^+ が流入して細胞内外の電位差が一過性に逆転（オーバーシュート）すること
	再分極	・ Na チャンネルが閉じて、Na-K ポンプの作用で再び静止電位に戻る
	過分極	・ 再分極の終わりに、一時的に静止電位より低くなる
	閾値	・ 活動電位を起こす細胞内の電位
	全か無かの法則	・ 脱分極による電位の上昇が閾値以下では活動電位は発生せず、閾値を超えると活動電位が発生すること
	不応期	・ 電位が閾値以上になっても活動電位が発生しない期間



2. 組織、粘膜、漿膜、体腔

1. 組織の構成と種類

組織	・ 特定の構造・機能をもった細胞同士が集まって、一定の構造・機能を有する有機体
構成	・ 細胞と細胞外基質からなる。 ・ 細胞と細胞外基質の量的比率は、組織の種類によって大きく異なる。
種類	・ <u>上皮組織</u> 、 <u>筋組織</u> 、 <u>結合組織</u> 、 <u>神経組織</u> ・ 4 種類の組織が集まって器官（臓器）を形成

2. 上皮組織

(1) 構成要素

<u>上皮組織</u>	・ <u>体表面</u> 、 <u>管腔</u> （腸、気管、尿管など）の <u>内面</u> 、 <u>体腔</u> （胸腔、腹腔、心膜腔）の <u>表面</u> を覆う組織
<u>上皮細胞</u>	・ 細胞同士が石垣のように密着して存在
<u>細胞間基質</u>	・ きわめて少ない。
<u>基底膜</u>	・ 上皮細胞と結合組織が接する面に存在するIV型コラーゲンやラミニンでできた薄い膜 ・ 機能：上皮細胞の固定、バリア、フィルター、上皮組織再生の足場など
上皮細胞の <u>極性</u>	・ <u>自由面</u> ：体表面や体腔に面、微絨毛や線毛を持つことがある。 ・ <u>基底面</u> ：基底膜に接する面

(2) 細胞間結合

タイト結合（密着帯）	・ 自由面近くで細胞を密着させ、物質が細胞間隙を通り抜けるのを防ぐ。
接着結合（接着帯）	・ 細胞同士をつなぎとめるための補強装置。細胞全周を帯状に取り巻いている。
デスモソーム（接着斑）	・ 細胞同士をつなぎとめるための補強装置。円盤状の構造をしている。
ギャップ結合	・ 細胞間でイオンの交換が行われ、細胞間の興奮の伝達に使われる。

(3) 形態による種類

重層扁平上皮	・ 扁平な細胞が多層に積み重なった上皮 ・ 分布：皮膚・口腔内・食道の粘膜、膣の粘膜など ・ <u>メラニン細胞</u>：基底層（基底膜に接する層）に存在 ・ <u>ランゲルハンス細胞</u>（樹状細胞）：抗原提示細胞として免疫応答に関与 ・ <u>角質層</u>：皮膚表層の<u>ケラチン</u>を多量に含む層（細胞の死骸の層、<u>角化</u>） ・ 角化しない重層扁平上皮：口腔、咽頭、食道の粘膜上皮など
単層円柱上皮	・ 円柱状の丈の高い細胞が一層に並んだ上皮 ・ 分布：胃、腸の粘膜上皮、子宮や卵管の上皮など ・ 表層粘液細胞（胃）・杯細胞（腸）：粘液を分泌する。 ・ <u>吸収上皮</u>（腸）：自由面に<u>微絨毛</u>（刷子縁）をもつ。（刷子：はけ、ブラシ） ・ <u>円柱線毛上皮</u>（卵管と子宮の一部）：<u>線毛</u>の運動により管腔内の粘液、卵子、受精卵を移動させる。

多列上皮	・単層の上皮組織であるが、丈の高い細胞と低い細胞により多層にみえる上皮 ・分布：鼻腔・気管・気管支の上皮、精管の上皮など ・<u>多列線毛上皮</u>：線毛の運動により気道内の粘液と異物を移動させる。
移行上皮	・上皮細胞間の接着が緩いので、ずれにより層の厚さが十数層と2～3層の間を移行する上皮 ・多列上皮の一種で、すべての細胞は基底膜に足をつけている。 ・分布：腎盂、尿管、膀胱、尿道の一部など
単層扁平上皮	・扁平な細胞が一層に並んだ上皮 ・分布：胸腔、腹腔、心膜腔など体腔の上皮（中皮という）、血管の内腔の上皮（血管内皮という）、肺胞上皮など
単層立方上皮	・立方体の細胞が一層に並んだ上皮 ・分布：甲状腺の濾胞上皮、腎臓の尿細管など

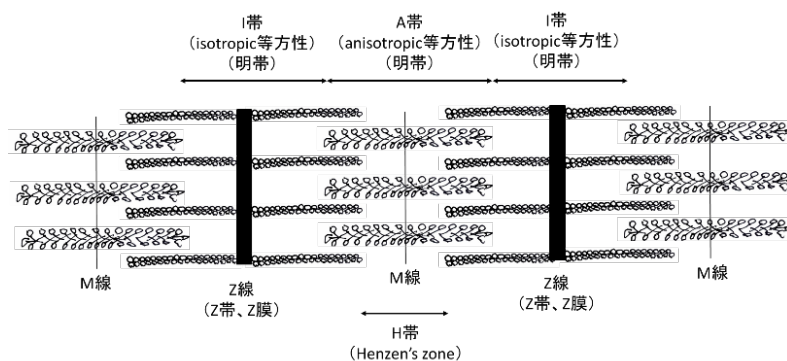
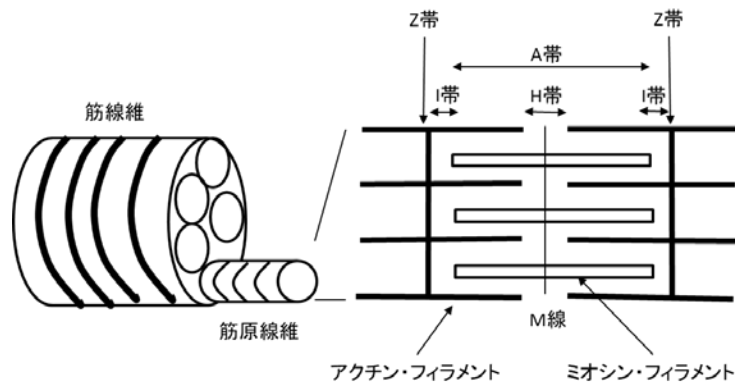
(4) 機能による分類

被蓋上皮	・皮膚、粘膜、臓器などの表面を覆い、保護する上皮
腺上皮	・上皮組織が結合組織の中に落ち込んで、分泌物を分泌するように分化した上皮 ・<u>外分泌腺</u>：分泌物（汗、消化酵素など）を、導管を介して体外に分泌 肝臓と膵臓は小腸の上皮組織が落ち込んでできた巨大な外分泌腺 ・<u>内分泌腺</u>：分泌物（ホルモン）を血液中に分泌 ランゲルハンス島は小腸の上皮組織が落ち込んで導管を失った内分泌腺
吸収上皮	・消化管上皮など吸収機能を有する上皮
感覚上皮	・外界の情報を知覚するように分化した上皮 ・味を感じる味細胞、音や体に位置を感じる内耳の線毛上皮など
呼吸上皮	・肺胞の上皮で酸素と二酸化炭素のガス交換を行う上皮

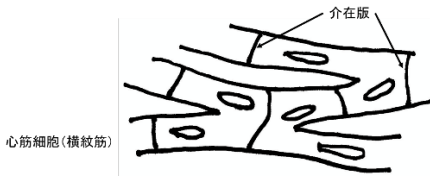
3. 筋組織

(1) 筋線維の構造

筋線維	・<u>骨格筋</u>：筋束とそれに付随する結合組織（筋膜）、血管、神経からなる。 ・<u>筋束</u>：筋線維が束になったもの ・<u>筋線維</u>：直径 20～100 μm、長さ数 cm の多数の核を持つ巨大な骨格筋細胞 ・<u>筋鞘</u>：筋線維の細胞膜
筋原線維	・<u>筋原線維</u>：ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントからなる線維 筋線維内には数百から数千の筋原線維の束がある。 ・<u>ミオシンフィラメント</u>：ミオシンが重合してできる太い線維 ・<u>アクチンフィラメント</u>：アクチンが重合してできる細い線維
筋節	・筋原線維の収縮単位：<u>太いミオシンフィラメント</u>と<u>細いアクチンフィラメント</u>が規則正しく並んできている。 ・横紋は I 帯（明帯）と A 帯（暗帯）でできる縞模様である。
I 帯（明帯）	・光学顕微鏡で明るく見える部分 ・アクチンフィラメントのうち、ミオシンフィラメントと重なっていない部分 ・等方性（isotropic）の「I」（光の屈折率が一様で光を通しやすい）
A 帯（暗帯）	・光学顕微鏡で暗く見える部分 ・ミオシンフィラメントの部分 ・異方性（anisotropic）の「A」（光の屈折率が異なり光を通しにくい）
H 帯	・A 帯の中央部のやや明るい部分 ・ミオシンフィラメントのうち、アクチンフィラメントと重なっていない部分 ・ドイツ語の「明るい hell」の「H」、発見者 Hensen の「H」
Z 帯（Z 線、Z 膜）	・筋節の境界 ・隣り合う筋節のアクチンフィラメントの付着部位 ・ドイツ語の「介在版 zwischenscheibe」の「Z」またはジグザグ構造の「Z」
M 線	・ミオシンフィラメントの中央の接合部 ・英語の「中間膜 mesophragma」の「M」



(2) 心筋

心筋細胞	・中央に核が1～2個ある横紋筋で、横枝を出す。
介在板	・隣り合う心筋細胞は、 <u>介在板</u> を介して網状につながっている。 
<u>ギャップ結合</u>	・介在板にはキャップ結合があり、1個の心筋細胞が興奮すると、次々に周りの心筋細胞へ興奮を伝導する。

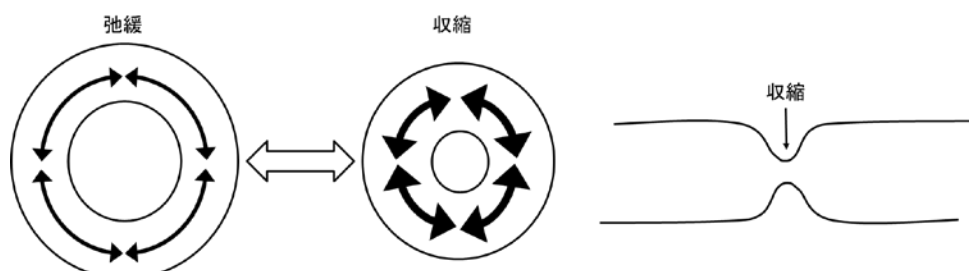
(3) 平滑筋

平滑筋細胞	・核を1つ持つ、細長い紡錘状の細胞 ・消化管、気管、血管、尿管など、主に内臓の筋肉組織を構成する。
筋原線維	・長軸方向に配列しているが、規則性に乏しく横紋構造は見られない。 ・横紋筋に比べて、収縮は緩やか。
<u>ギャップ結合</u>	・隣り合う平滑筋細胞はギャップ結合でつながっており、1個の平滑筋細胞が興奮すると、次々に周りの平滑筋細胞へ興奮を伝導する。

(4) 筋組織の分類

骨格筋	横紋あり（横紋筋）	随意筋（意思の制御を受ける、 <u>運動神経</u> が分布）
心筋		不随意筋（意思の制御を受けいない、 <u>自律神経</u> が分布）
平滑筋		

(5) 括約筋

・虹彩や管腔臓器の特定の場所で輪状に配列している筋組織 ・管腔臓器では括約筋の収縮と弛緩により、物質の通過をコントロールする。 ・平滑筋からなる括約筋：瞳孔括約筋、下部食道括約筋、幽門括約筋、オッディの括約筋、内肛門括約筋、内尿道括約筋など ・横紋筋からなる括約筋：<u>外肛門括約筋</u>、<u>外尿道括約筋</u>、<u>上部食道括約筋</u>の3つ 食道の上部約1/3は、すべて横紋筋であるが、下部に行くに従い横紋筋が減少して平滑筋優位になり、下部約1/3ではすべて平滑筋である。	
	

4. 結合組織

(1) 構成要素

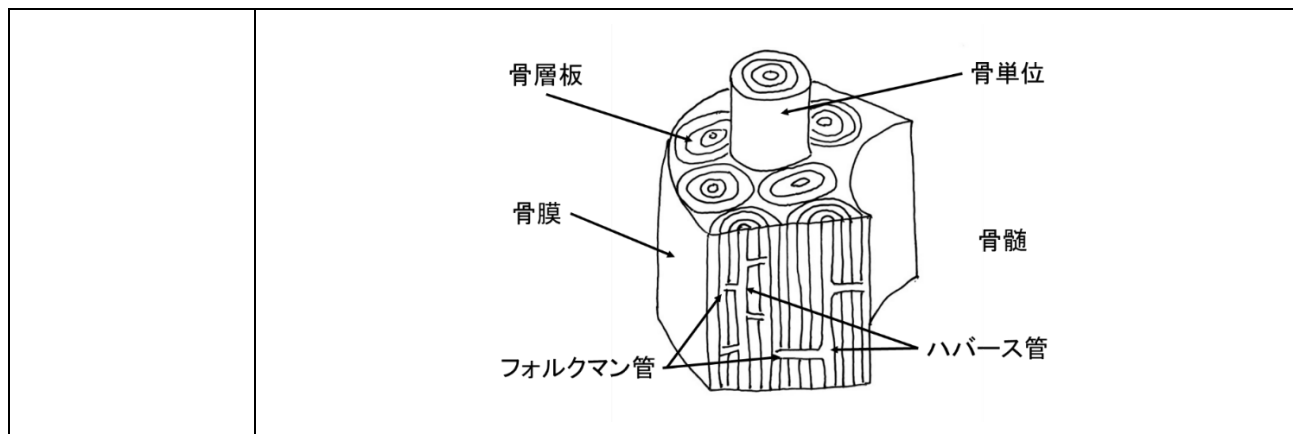
役割	・器官や各組織の間にあって支持、結合、すき間の充填、分画など ・細胞成分に比べて、<u>細胞外基質（間質）</u>の割合が多い。	
細胞成分	線維芽細胞	・コラーゲン線維など、細胞外基質の線維成分を分泌
	脂肪細胞	・トリグリセリド（中性脂肪）を貯蔵
	マクロファージ	・細菌や異物を貪食
	リンパ球	・免疫反応に関与
	肥満細胞（マスト細胞）	・ヒスタミン、プロスタグランジンなど化学伝達物質を多く含む大型の細胞で、アレルギー反応に関与
細胞外基質	線維成分	・<u>コラーゲン線維（膠原線維）</u>：グリシン、プロリン、ヒドロキシプロリンを主成分とする3本のペプチド鎖が三重らせん状構造をなしているもの - I型コラーゲン：結合組織、骨組織、歯の象牙質などに多く存在 - II型コラーゲン：軟骨組織に多く存在 - III型コラーゲン：胎児の血管や皮膚、細網組織に多く存在 - IV型コラーゲン：基底膜の主成分 ・<u>ビタミンC</u>：プロリンからヒドロキシプロリンを生成する酵素活性に必要 ・<u>壊血病</u>：ビタミンC欠乏により結合組織の生成障害→出血しやすい ・<u>弾性線維</u>：エラスチンを含む伸縮性がある線維
	基質	・たんぱく質、多糖類、塩類、間質液（組織液ともいう）など

(2) 種類

線維性結合組織	・強靱結合組織ともいい、コラーゲン線維が多い。腱、真皮、髄膜など
疎性結合組織	・細胞と線維が少なく、基質が多い。皮下組織、粘膜下組織など
弾性組織	・弾性線維が多い。大動脈壁など
細網組織	・細網細胞とそれが分泌する細網線維（細かなコラーゲン線維）からなる。 ・リンパ組織、骨髄、脾臓など
脂肪組織	・脂肪細胞が大部分を占め、間質は細網線維からなる。 ・役割：エネルギーの貯蔵作用、体温を保つ断熱作用、内臓を衝撃から保護するクッションの作用など

(3) 骨組織

細胞成分	・<u>骨芽細胞</u>：骨の基質となるコラーゲンを分泌し、骨形成を行う。 ・<u>骨細胞</u>：骨芽細胞が骨の中に閉じ込められて静止した状態の細胞 ・<u>破骨細胞</u>：骨を溶解して<u>骨吸収</u>を行う。
細胞外成分	・骨質の細胞外成分は、<u>オステオイド</u>（コラーゲン線維からなる網目状の枠組み）とその隙間に沈着する電解質（主成分は<u>リン酸カルシウム</u>）からなる。 ・リン酸カルシウムは、<u>ヒドロキシアパタイト</u> ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) として沈着する。 ・Caは体内で最も多い無機質で体重の2%を占める。その99%は骨に存在する。
骨単位（ハバース系）	・ハバース管：緻密骨の長軸方向に走行し、内部を血管、リンパ管、神経が通る。 ・骨層板：ハバース管の周囲に同心円状に配列する骨基質 ・フォルクマン管：ハバース管と垂直方向に走行し、ハバース管の間を連結する。



(4) 軟骨組織

細胞成分	・軟骨細胞	
細胞外基質	軟骨基質	・ <u>プロテオグリカン</u> : ゴムに似たゲル状の物質 (芯になるペプチド鎖にムコ多糖類 (ヒアルロン酸、コンドロイチン硫酸など) が多数結合したゼリー状の物質)
	線維成分	・コラーゲン線維 (Ⅱ型コラーゲンを多く含む)、弾性線維など
		・原則として血管、神経は侵入しない。(例外: 肋軟骨には血管が侵入する)
種類	硝子軟骨	・プロテオグリカンを多く含む。関節軟骨や気管軟骨など
	弾性軟骨	・弾性線維を多く含む。耳介軟骨や鼻軟骨、喉頭蓋軟骨など
	線維軟骨	・コラーゲン線維を多く含む。椎間円板や恥骨結合など

5. 神経組織

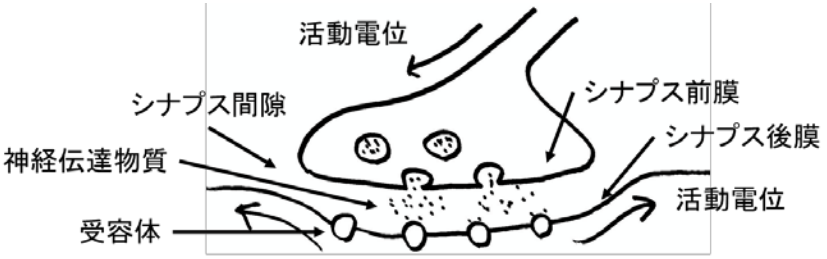
(1) ニューロン

・<u>ニューロン</u>: 神経組織を構成する機能単位で、<u>神経細胞体</u>と<u>突起</u>からなる。 ・突起: <u>樹状突起</u>、<u>軸索</u>がある。	
樹状突起	・木の枝のように枝分かれした形状で、0～数本存在 ・他のニューロンからの興奮を受け取り、神経細胞体へ興奮を伝導
軸索	・1つの神経細胞体から出る軸索は1本であり、末端で枝分かれする。 ・神経細胞体から軸索の末端 (神経終末) へ興奮を伝導 ・単極ニューロン: 突起が1本 (軸索) のニューロン ・双極ニューロン: 突起が2本 (軸索と樹状突起) のニューロン (樹状突起が枝分かれする前の1本の長い部分も軸索と呼ぶが、実態は樹状突起の一部である) ・偽単極ニューロン: 2本の突起 (軸索と樹状突起) が起始部で合わさったニューロン ・多極ニューロン: 突起が3本以上 (1本の軸索と複数の樹状突起) のニューロン

(2) 神経線維

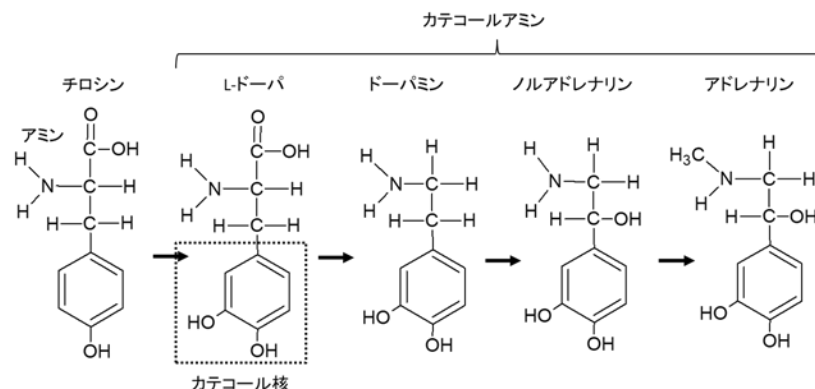
無髄神経	・ 神経鞘（シュワン鞘）に包まれている。 ・ 感覚神経のうち痛覚線維、自律神経の節後線維など	
有髄神経	・ 髄鞘（ミエリン鞘）を有する - 中枢神経の髄鞘：<u>稀突起グリア細胞</u>が軸索に巻きついて作られる。 - 末梢神経の髄鞘：<u>シュワン細胞</u>の細胞膜が軸索に巻きついて作られる。 ・ <u>ランヴィエ絞輪</u>：髄鞘と髄鞘の間の軸索が露出した部位 ・ 運動神経、感覚神経、自律神経の節前線維など	
興奮の伝導	局所電流	・ 無髄神経線維の一部が興奮すると、周囲に<u>局所電流</u>が流れる。 ・ 局所電流により、神経細胞膜の脱分極が起こる。 ・ 脱分極により、<u>電位依存性 Na チャネル</u>が開き、Na^+が流入し、活動電位が発生する。
	跳躍伝導	・ 有髄神経では、髄鞘がある部分は脂質を多く含むので電気抵抗が高い。 ・ そのため、髄鞘がある部位では、局所電流は流れない。 ・ 電流は、隣り合うランヴィエ絞輪の間で流れて、活動電位を発生させる。
興奮伝導の性質	両方向伝導	・ 興奮が発生した部位から軸索の長軸方向に沿って両方向に伝導 ・ 生体内では興奮を樹状突起で受け取り軸索の末端に向けて一方向に伝導
	絶縁伝導	・ 隣接した神経線維には興奮を伝導しない。
	伝導速度	・ 細い神経線維より太い神経線維の方が速い。 ・ 無髄神経より有髄神経の方が速い。

(3) シナプス

シナプス	・<u>シナプス</u>：軸索の末端（神経終末）が他の神経細胞や筋細胞とつながる部位 - ニューロンの樹状突起には軸索の末端とシナプスをつくる棘突起がある。 1つのニューロンは多数の軸索とシナプスを形成している。	
構造	・<u>シナプス前膜</u>：軸索の末端の細胞膜 ・<u>シナプス後膜</u>：刺激を受け取る神経細胞や筋細胞の細胞膜 ・<u>シナプス間隙</u>：シナプス前膜とシナプス後膜の間の空間 ・1本の軸索は、枝分かれして、複数のシナプスを形成することができる。	
シナプス伝達	・神経終末：<u>シナプス小胞</u>のなかに<u>神経伝達物質</u>が蓄えられている。 ・軸索の末端に興奮が伝導されるとシナプス前膜からシナプス間隙に神経伝達物質が放出される。 ・神経伝達物質は拡散によりシナプス間隙に広がり、シナプス後膜の受容体に結合して興奮が伝達される。 ・<u>一方向性</u>の伝達 ・<u>シナプス遅延</u>：軸索の伝導に比べて、シナプス伝達は遅い。 	
主な神経伝達物質	コリン類	・アセチルコリン
	アミン類	・ドーパミン、アドレナリン、ノルアドレナリン、セロトニン、ヒスタミン
	アミノ酸	・グルタミン酸、アスパラギン酸、 γ -アミノ酪酸（GABA）、グリシン
	ポリペプチド類	・エンドルフィン、脳腸ホルモン（ガストリン、セクレチンなど）
	その他	・ATP、UTP、アデノシンなど
興奮性神経伝達物質	・グルタミン酸、カテコールアミン、アセチルコリンなど	
抑制性神経伝達物質	・ γ -アミノ酪酸（GABA）、グリシンなど	
受容体と作用	・同じ神経伝達物質でも臓器により受容体の種類が異なることで作用が異なることがある。例）ノルアドレナリンは骨格筋の血管を拡張させるが皮膚や内臓の血管を収縮させる。	

(参考) カテコールアミン

- ・カテコール核とアミンを持つものをカテコールアミンと呼ぶ。
 カテコール核：ベンゼン環に2つの水酸基がとなりあって結合したもの
 アミン：アンモニア (NH₃) の水素原子を炭化水素基で置換したもの (R-NH₂、R-NH-R₂ など)



(4) シナプスの可塑性とネットワーク形成

シナプス増強	・反復刺激によって興奮がシナプスを通りやすくなること ・<u>長期増強</u>：反復刺激がなくても興奮がシナプスを通りやすい状態
シナプス抑制	・反復刺激によって興奮が通りにくくなること ・<u>長期抑圧</u>：反復刺激がなくても興奮がシナプスを通りにくい状態
シナプスの可塑性	・刺激の反復によりシナプスの伝達効率が変化することで記憶や学習に関与
条件反射	・パブロフの犬の実験 ①食物を見ると唾液が出るが、ベルを鳴らしても唾液はでない。 ②食物を見ると同時に、ベルを鳴らす。 ③ベルを鳴らすだけで、唾液が出る。 →ベルの音を認識する神経の軸索が、唾液を出す神経につながる。

(5) グリア細胞

機能	・中枢神経のニューロンを保護・支持する細胞	
種類	星状グリア細胞 (アストロサイト)	・ニューロンと血管の間に存在し、 <u>血液脳関門</u> になっている。
	希突起グリア細胞 (オリゴデンドロサイト)	・中枢神経のニューロンの軸索の <u>髄鞘</u> を形成する。
	小グリア細胞 (ミクログリア)	・老廃物や損傷を受けたニューロンを除去する。

6. 粘膜、漿膜、体腔

粘膜	・粘膜上皮、粘膜固有層、粘膜筋板からなる。 ・消化管、鼻腔、尿管、膀胱などの内面をおおう。 ・表面は粘液（ネバネバした液体）で覆われている。
漿膜	・漿膜上皮（単層扁平上皮）とその下の薄い結合組織からなる。 ・心臓、肺、胃、腸、肝臓など内臓の表面や、体壁（胸壁や腹壁）の内面を覆う。 ・表面は漿液（サラサラした液体）で覆われている。
体腔	・漿膜で囲まれた閉じた空間 ・臓側漿膜：臓器の表面を被う漿膜 ・壁側漿膜：体壁の内面を被う漿膜 ・臓側漿膜と壁側漿膜は連続した膜であり、体腔を形成する。 - 心膜腔：臓側心膜と壁側心膜で囲まれた体腔 - 胸腔：臓側胸膜と壁側胸膜で囲まれた体腔 - 腹腔：臓側腹膜と壁側腹膜で囲まれた体腔 ・体腔の内部には潤滑液として少量の漿液が存在している。
腹膜内器官	・大部分が腹膜におおわれている器官 ・胃、空腸、回腸、横行結腸、S状結腸、肝臓など
後腹膜器官	・前面は腹膜におおわれているが、後面は後腹壁に埋め込まれている器官：十二指腸、上行結腸、下行結腸、直腸、膵臓など ・腹膜外器官：腹膜におおわれていない器官：腎臓、副腎、尿管など

3. 消化管

1. 口腔

(1) 口腔

口腔	・口裂（外界につながる）から口峽（咽頭につながる）までの空間
口腔前庭	・歯列の前の空間
固有口腔	・歯列の後ろの空間
口蓋	・口腔の天井：硬口蓋（前 2/3）、軟口蓋（後ろ 1/3）、口蓋垂
頬	・口腔の外側壁
口唇	・口裂の上下に存在
粘膜上皮	・重層扁平上皮（舌の糸状乳頭以外は角化しない）

(2) 舌

粘膜上皮	・重層扁平上皮
舌乳頭	・<u>糸状乳頭</u>：表面は角化している。 ・<u>茸状乳頭</u>：舌前 2/3 に分布する赤い点、舌尖部に多い。 ・<u>葉状乳頭</u>：舌の外側面のヒダ状部位 ・<u>有郭乳頭</u>：舌根部に V 字形に配置
味蕾	・味覚受容器：茸状乳頭、葉状乳頭、有郭乳頭に存在する。糸状乳頭にはない。
舌扁桃	・舌根部の粘膜下組織のリンパ組織
舌筋	・横紋筋（筋線維が縦横に交差して走行）

(3) 歯列

歯の構造	・<u>歯冠</u>：粘膜から突き出た部分 ・<u>歯根</u>：粘膜に埋もれた部分 ・<u>歯槽骨</u>：歯根の大部分がはまり込んでいる骨 ・<u>エナメル質</u>：歯冠の表面 ・<u>セメント質</u>：歯根の表面 ・<u>ゾウゲ質</u>：エナメル質とセメント質の内部 ・<u>歯髄</u>：ゾウゲ質の内部で歯根部から血管と神経が侵入している。 ・<u>歯根膜</u>：セメント質と歯槽骨の間の結合組織
歯の成分	・<u>ヒドロキシアパタイト</u>（リン酸カルシウム）：エナメル質の 97%、ゾウゲ質の 70% ・コラーゲン（ゾウゲ質）やエナメル蛋白質（エナメル質）など
永久歯	・32 本：切歯 2×4、犬歯 1×4、小臼歯 2×4、大臼歯 3×4 ・歯根：切歯・犬歯は 1 本、小臼歯は 1～2 本、大臼歯は 2～3 本
乳歯	・20 本：切歯 2×4、犬歯 1×4、小臼歯 2×4 ・永久歯より石灰化度が低く、やわらかい。 ・胎児期から発生し、生後 6～7 か月から萌出し、3 歳までに生えそろう。 ・6～12 歳頃に順次永久歯に生えかわり、15 歳頃までに大臼歯まで生えそろう。

(4) 唾液腺

耳下腺	・耳介の前方から下方に広がる。 ・口腔前庭（上顎第2大臼歯に相対する場所）に開口
顎下腺	・下顎骨の下面内側にある。 ・舌下小丘に開口
舌下腺	・舌下小体の粘膜下にある。 ・最前導管は顎下腺管と合流して舌下小丘に開口し、その他は舌下ひだに開口する。
小唾液腺	・口腔粘膜に散在する。
成分	・粘液細胞（顎下腺、舌下腺）：<u>ムチン</u>（粘性の糖たんぱく質（コアたんぱく質に多数の糖鎖が結合したもので粘液の主成分））を分泌 ・漿液細胞（耳下腺、顎下腺、舌下腺）：<u>α-アミラーゼ（プチアリン）</u>（多糖類のα-1, 4結合を加水分解する消化酵素）、<u>リゾチム</u>（細菌の細胞壁の糖鎖を切断する酵素）、<u>IgA</u>（免疫グロブリン）を分泌
分泌	・<u>副交感神経</u>：アミラーゼとムチンを含む薄い唾液を大量に分泌する。 顔面神経→舌下腺と顎下腺、舌咽神経→耳下腺 ・<u>交感神経</u>：唾液分泌を刺激するが、血管収縮作用により血流が減少するので水分の少ない濃い唾液を分泌する。

2. 咽頭

咽頭	・鼻腔、口腔、喉頭、食道の間をつなぐ部分（食物と空気の通路） ・<u>咽頭鼻部</u>：鼻孔（後鼻孔）とつながる部分、<u>耳管</u>が開口する。 ・<u>咽頭口部</u>：口蓋と舌骨の間の部分、前方は口峽により口腔とつながる。 ・<u>咽頭喉頭部</u>：舌骨より下の部分、前方は喉頭につながり、下方は食道につながる。
<u>ワルダイエル咽頭輪</u>	・リンパ組織 ・<u>口蓋扁桃</u>：口峽に存在（口蓋舌弓と口蓋咽頭弓の間のくぼみ） ・<u>咽頭扁桃</u>：咽頭鼻部に存在 ・<u>舌扁桃</u>：舌根部に存在

3. 食道

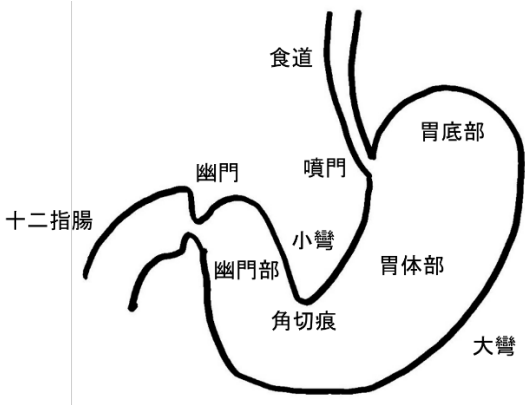
食道	・咽頭と胃をつなぐ消化管（約25 cm） ・気管と心臓の後方を下行し、横隔膜の<u>食道裂孔</u>を貫いて胃の噴門につながる。 ・生理的狭窄部位：食道入口部、気管分岐部、食道裂孔部の3か所
粘膜上皮	・<u>重層扁平上皮</u>（角化しない）
筋層	・内輪走筋と外縦走筋の2層構造である。 ・筋細胞は上部約1/3はすべて<u>横紋筋</u>であるが、下部に行くに従い横紋筋が減少して平滑筋が増加して、下部約1/3ではすべて<u>平滑筋</u>である。 ・蠕動運動により食塊を胃に運ぶ。 ・上端には<u>上部食道括約筋</u>（横紋筋）が、下端には<u>下部食道括約筋</u>（平滑筋）がある。 ・下部食道括約筋は胃液の逆流を防いでいる。
外膜	・薄い疎性結合組織からなり、周辺組織の結合組織に移行する。

4. 嚥下

第1期（先行期） （随意運動）	・食物を口に入れる前の時期 ・視覚・触覚・嗅覚により食物を認知し、食べるものの選択、量の決定をする。
第2期（準備期） （随意運動）	・捕食と咀嚼を行う時期 ・捕食：口唇による取り込みと切歯による裁断 ・咀嚼：臼歯の運動により食物と唾液を混和 ・咀嚼筋群：咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋がある。
第3期（口腔期） （随意運動）	・食塊を形成して咽頭へ送る時期 ・口腔の前方から舌を口蓋に押し付けながら食塊を後方にする。
第4期（咽頭期） （不随意運動）	・嚥下反射：咽頭の食塊を食道に送る時期 軟口蓋の上昇により鼻腔との連絡を遮断（耳管咽頭口は開口する） 喉頭筋群の収縮により舌骨、甲状軟骨が挙上し、喉頭蓋が声門を閉鎖 呼吸の一時停止、輪状咽頭筋（上部食道括約筋）の弛緩 ・嚥下反射に関わる筋肉：すべて骨格筋 ・嚥下中枢：延髄
第5期（食道期） （不随意運動）	・食道壁の蠕動運動によって食塊を胃に移送する時期

5. 胃

(1) 構造

胃	・噴門：胃の入口 ・幽門：胃の出口 ・小彎：胃の上縁 ・大彎：胃の下縁 ・角切痕：小彎の最も深く湾入したところ ・胃底部：噴門の高さを越えて上方に膨隆する部分 ・幽門部：角切痕から幽門までの部分 ・胃体部：胃底部と幽門部の間の部分 
粘膜	・粘膜上皮（単層円柱上皮）、粘膜固有層、粘膜筋板、粘膜下組織からなる。 ・表層粘液細胞：粘液（ムチン）を分泌する。
胃腺	・胃小窩：体部に多数存在する窪み（胃腺を形成し胃液を分泌） 胃底腺（胃底部と胃体部）：主細胞（ペプシノゲンを分泌）、壁細胞（胃酸と内因子を分泌）、副細胞（粘液を分泌） 幽門腺（幽門部）：粘液細胞（粘液を分泌）、G細胞（ガストリンを分泌） 噴門腺（噴門部）：粘液細胞（粘液を分泌）

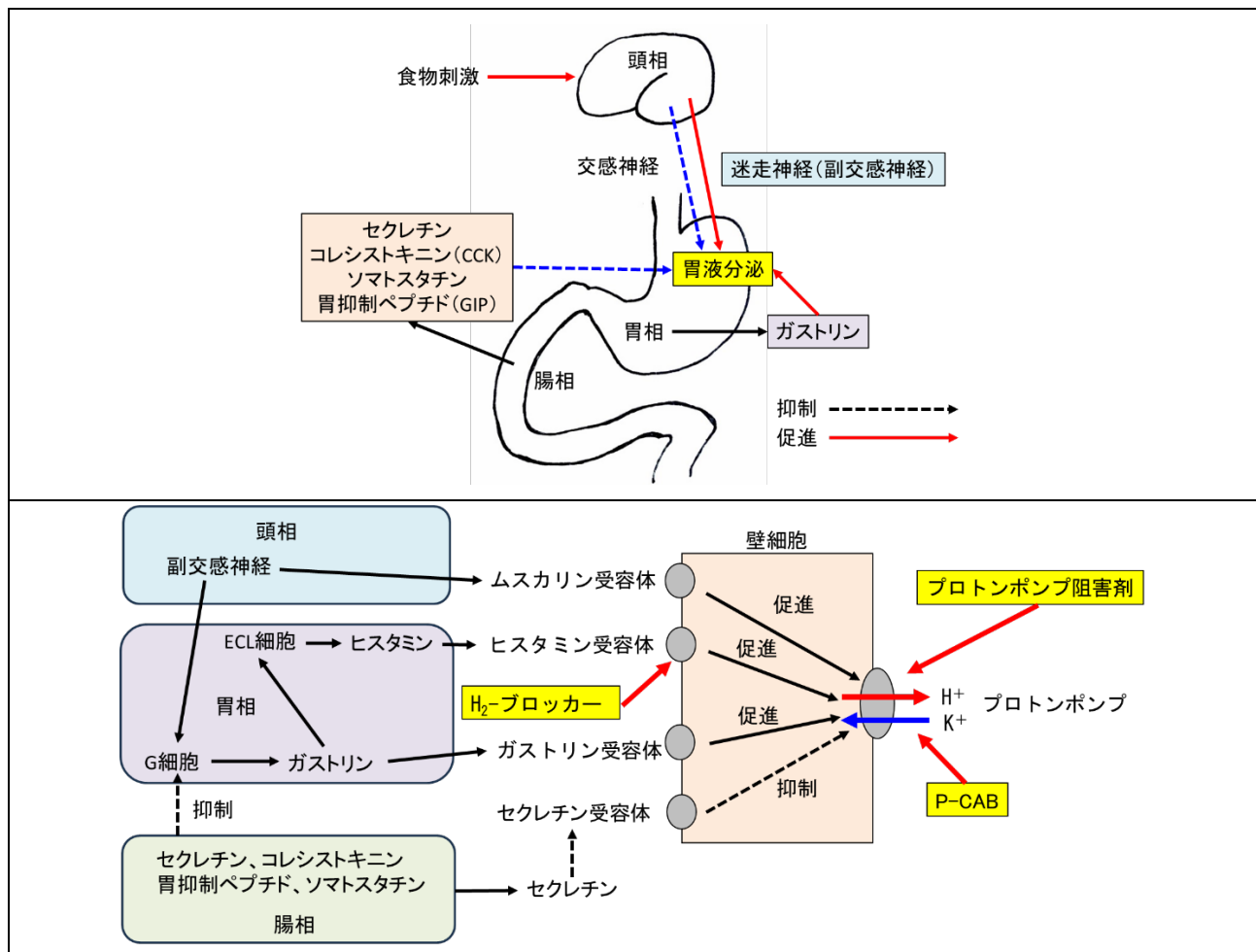
筋層	・斜走筋（内側）・輪走筋（中間）・縦走筋（外側）の三層からなる。 ・幽門部では斜層を失って輪走筋と縦走筋の二層となる。 ・筋層は、すべて平滑筋からなる。 ・<u>アウエルバッハ神経叢（筋間神経叢）</u>：筋層の間にある神経組織（胃の運動を調節） ・<u>幽門括約筋</u>：幽門の通過を調節
漿膜	・単層扁平上皮でおおわれている。

(2) 胃液の成分

胃酸	・酸性（pH 1.0～2.5）による殺菌作用 ・たんぱく質分解作用 ・ペプシノゲンをペプシン（活性型）に変換（ペプシノゲンを構成する 371 個のアミノ酸のうち活性中心を覆っている 44 個のペプチドを切り離すことで活性中心が露出した活性型のペプシンになる） ・Fe、Ca をイオン化により可溶化（十二指腸での吸収を促進）
ペプシノゲン（ペプシン）	・たんぱく質のペプチド結合を加水分解 ・酵素活性の至適 pH：1.6～3.2
粘液	・ムチン（粘性の糖たんぱく）を含む。 ・胃粘膜上皮細胞から分泌される重炭酸イオンとともにゲル状構造を形成し、胃粘膜を胃酸とペプシンによる自己消化から保護
重炭酸イオン	・胃粘膜上皮細胞から分泌 ・胃酸を中和（$\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$）
内因子	・壁細胞より分泌される糖たんぱく質 ・ビタミン B12 と結合して、ビタミン B12 の吸収（回腸末端）を促進 ①ビタミン B12 は食物中のたんぱく質と結合 ②胃液によりたんぱく質から遊離したビタミン B12 は唾液腺から分泌された R たんぱく質と結合 ③十二指腸で R たんぱく質から遊離したビタミン B12 は内因子と結合 ④内因子-ビタミン B12 複合体は回腸末端の腸上皮細胞の内因子受容体を介して吸収 ⑤血液中のビタミン B12 はトランスコバラミンと結合して肝臓に運ばれ貯蔵
その他	・ Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} などの電解質

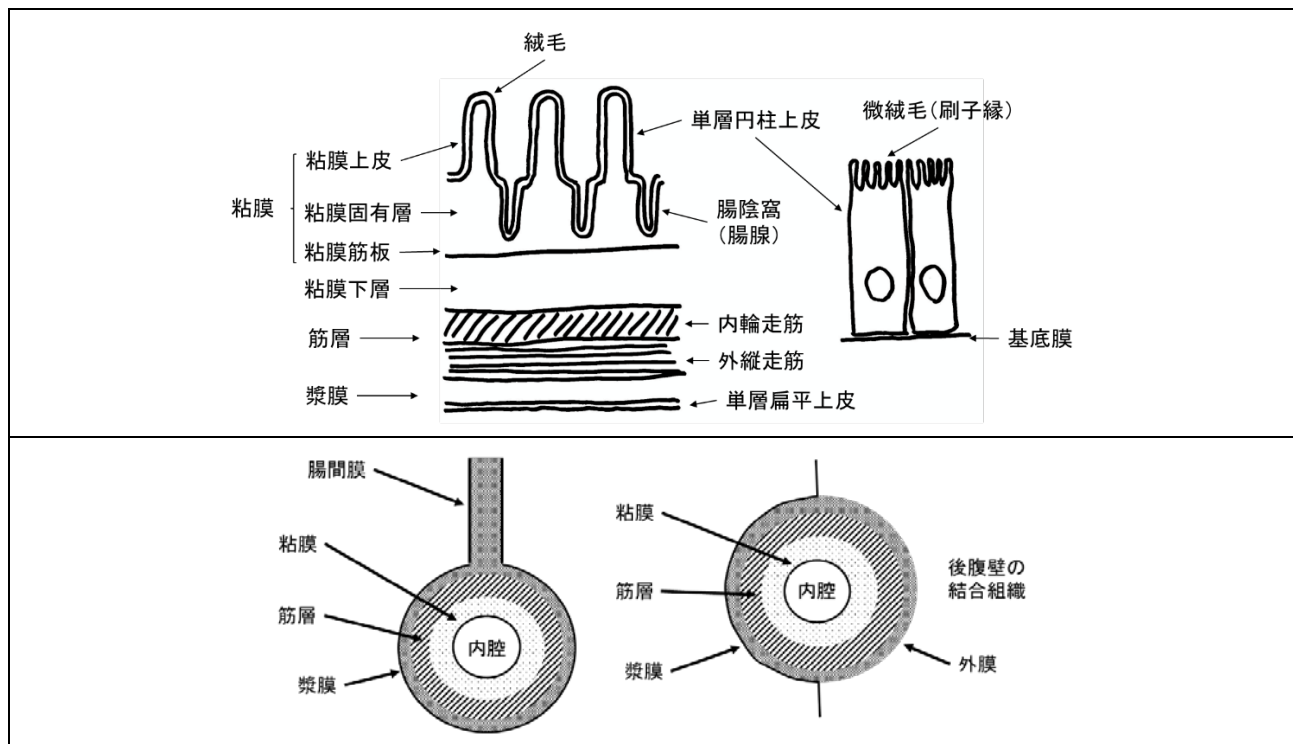
(3) 胃液分泌の調節

頭相	・思考、視覚、嗅覚、味覚などの刺激：<u>迷走神経</u>（副交感神経）を介して胃酸分泌を促進 ・<u>ムスカリン受容体</u>：副交感神経の神経伝達物質である<u>アセチルコリン</u>に対する受容体 - 壁細胞：副交感神経→胃酸分泌を促進 - G 細胞：副交感神経→ガストリン分泌を促進→壁細胞→胃酸分泌を促進
胃相	・食物による胃の拡張：迷走神経の活動を刺激 ・たんぱく質（特に肉汁）：幽門部に存在する <u>G 細胞</u> を刺激→ガストリン分泌を促進 ・ガストリン：<u>壁細胞</u> に存在するガストリン受容体に結合して胃酸分泌を促進 - ECL 細胞を刺激して<u>ヒスタミン</u>分泌を促進 ・ヒスタミン：壁細胞を刺激して胃液分泌を促進
腸相	・胃酸：<u>S 細胞</u> を刺激して<u>セクレチン</u>分泌を促進 ・セクレチン：<u>G 細胞</u> と<u>壁細胞</u> に作用して胃酸分泌を抑制 ・<u>エンテログアストロン</u>：小腸から分泌されて胃酸分泌を抑制するホルモンの総称 - セクレチン、<u>コレシストキニン</u>（CCK）、胃酸分泌抑制ペプチド（GIP）、ソマトスタチンなど



6. 腸管壁の構造

粘膜	輪状ヒダ	・管腔面の円周方向に盛り上がるヒダ
	絨毛	・管腔内に突出した多数の突起、十二指腸と空腸上部で発達
	粘膜上皮	・ <u>単層円柱上皮</u> ：粘液を分泌する <u>表層粘液細胞</u> （胃）・ <u>杯細胞</u> （腸）、管腔面に微絨毛（刷子縁）をもつ吸収上皮がある。 ・粘膜上皮の下には、粘膜固有層（結合組織）、粘膜筋板がある。
	腸陰窩	・ <u>腸腺</u> （リーベルキューン腺）：粘膜上皮が落ち込んだ部分で粘液を分泌する杯細胞が存在する。腸液は粘液と電解質を含むが、消化酵素はない。 ・ <u>パネート細胞</u> ：抗菌作用のあるたんぱく質（リゾチームやデフェンシン）を分泌する。
	リンパ組織	・ <u>パイエル板</u> ：粘膜にリンパ小節が多数集まったもの
	神経組織	・ <u>マイスネル神経叢</u> （ <u>粘膜下神経叢</u> ）：粘膜下の神経組織、主に腸液の分泌を調節
	粘膜上皮の再生	・腸陰窩の中央部には粘膜上皮の幹細胞が存在 ・増殖した細胞は絨毛の先端まで移動し、約6日で脱落する。
粘膜下層	・粘膜と筋層の間の結合組織の層	
筋層	・平滑筋、 <u>内輪走筋</u> と <u>外縦走筋</u> の二層構造 ・ <u>アウエルバッハ神経叢</u> （ <u>筋間神経叢</u> ）：内輪走筋と外縦走筋の間に存在する神経組織、主に腸管運動（蠕動運動など）を調節	
漿膜 外膜	・ <u>漿膜</u> （ <u>腹膜</u> ）：空腸、回腸、横行結腸、S状結腸は全体が漿膜でおおわれている。 ・ <u>腸間膜</u> ：漿膜に続く膜で後腹壁に吊り下げられている。腸に分布する血管、リンパ管、神経が通っている。 ・ <u>外膜</u> ：十二指腸、上行結腸、下行結腸、直腸の後面は外膜でおおわれている。	



7. 小腸・大腸の特徴

十二指腸	- 胃幽門→十二指腸（上部、下行部、水平部、上行部）→空腸とつながる。 - 長さは約 25 cm で、輪状ひだと絨毛が発達 <u>大十二指腸乳頭（ファーター乳頭）</u>：総胆管と主膵管が合流して開口 <u>小十二指腸乳頭</u>：副膵管が開口 <u>十二指腸腺（ブルネル腺）</u>：アルカリ性の粘液を分泌
空腸 回腸	- 十二指腸→空腸（前 2/5）→回腸（後ろ 3/5）→大腸とつながる。 - 長さは約 6m で、輪状ひだと絨毛は空腸で発達しているが、回腸では次第に減少 <u>回盲弁（バウヒン弁）</u>：回腸と大腸の接合部にあり、内容物の逆流を防ぐ。
大腸	- 回腸→盲腸→上行結腸→横行結腸→下行結腸→S 状結腸→直腸→肛門とつながる。 - 長さは、約 1.5m で、<u>半月ヒダ</u>と<u>腸腺</u>はあるが、輪状ひだと絨毛はない。 <u>結腸ヒモ</u>：外縦走筋が 3 本の束になったもの（結腸ヒモの間は外縦走筋はほとんどない） <u>盲腸</u>：回盲弁より下の袋状の構造、先端に<u>虫垂（リンパ組織が豊富に存在）</u>がついている。 <u>マックバーニ一点</u>：臍と右前腸骨棘を結ぶ線状の臍から 2/3 の位置、虫垂炎で圧痛
直腸	- S 状結腸→直腸→肛門とつながる。 - 直腸膨大部（広い）と肛門管（狭い）からなる。 - 肛門管で単層円柱上皮から重層扁平上皮に移行する。 <u>直腸静脈叢</u>：粘膜下層では血管とリンパ管が発達している。 - 外縦走筋は全周に存在し、結腸ヒモを作らない。 - 直腸の前面には、男性では膀胱と前立腺、女性では子宮と膣がある。
肛門	内肛門括約筋（平滑筋）と外肛門括約筋（骨格筋）がある。

8. 腸管運動の調節

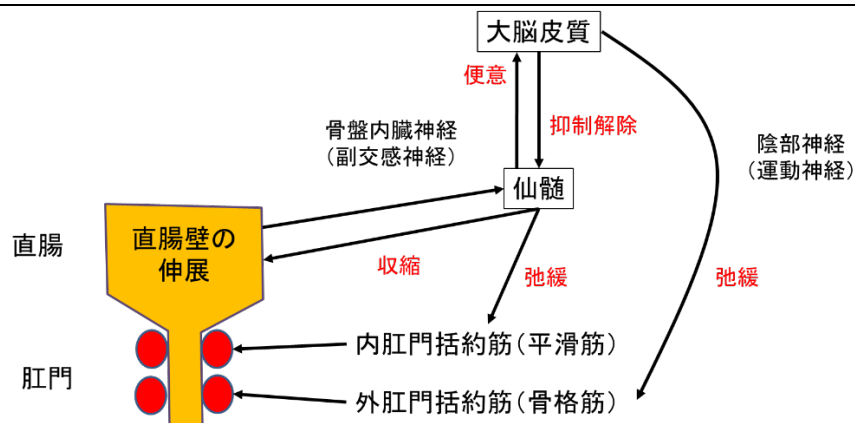
腸管運動	・ <u>振り子運動</u> 、 <u>分節運動</u> 、 <u>蠕動運動</u> がある。	
自律神経	副交感神経	・腸管運動を促進する。
	交感神経	・腸管運動を抑制する。
腸管神経叢	マイスネル神経叢（粘膜下神経叢）	・粘膜下に存在し、主に腸液の分泌を調節する。
	アウエルバッハ神経叢（筋間神経叢）	・筋層に存在し、主に腸管運動を調節する。

9. 腸内細菌叢

細菌	・大腸菌、ビフィズス菌など 100～1,000 種類、100 兆個、1～1.5kg の細菌が存在
発酵	・食物繊維、難消化性オリゴ糖、糖アルコール、レジスタント・スターチなどは、大腸の腸内細菌によって発酵を受け、短鎖脂肪酸、炭酸ガス、水素ガス、メタンガスなどを生成 ・短鎖脂肪酸（酢酸、プロピオン酸、酪酸など）は体内に吸収されエネルギー源として利用 ・発酵・吸収により利用されるエネルギー量：約 2kcal/g
機能	・外来微生物の増殖を抑制し、腸内環境を維持 ・宿主が消化できないものを消化し、宿主が利用できるようにする。 ・宿主に必要なビタミン（K、B2、B6、ビオチン、ナイアシン、葉酸など）を供給 ・ビリルビンからウロビリノーゲンを生成する。 ・一次胆汁酸から二次胆汁酸を生成する。 ・免疫系、神経系、内分泌系を活性化
健康	・近年、腸内細菌叢の変化が、肥満、メタボリックシンドローム、動脈硬化症など生活習慣病と関連する可能性があることが指摘されている。

10. 排便反射

胃-結腸反射	・食物摂取が刺激となって横行結腸から S 上結腸に大きな蠕動運動が起こり、便塊を直腸に押し出す。通常 1 日 1 回朝食後 1 時間以内に起こり約 15 分持続する。
排便反射	・反射中枢：仙髄に存在 ・排便反射：便の蓄積により直腸壁が伸展→仙髄→<u>骨盤内臓神経（副交感神経）</u>→直腸の収縮+内肛門括約筋（平滑筋）の弛緩→排便 ・直腸壁の伸展は大脳皮質に伝わり便意を起し、仙髄の排便反射を抑制すると同時に陰部神経（運動神経）を介して外肛門括約筋（横紋筋）を収縮させる。 ・排便の準備が整うと、大脳からの指令により排便反射の抑制を解除すると同時に外肛門括約筋（横紋筋）を弛緩させて排便する。



4. 膵臓、栄養素の消化と吸収

1. 膵臓

(1) 構造

位置	- 胃の後ろにあって後腹壁に密着 - 前面は漿膜（腹膜）におおわれ、後面は結合組織に移行 - 右側の十二指腸に接する部分を<u>膵頭</u>、それに続く中央部を<u>膵体</u>、左端部を<u>膵尾</u>という。
分泌	- 十二指腸の粘膜上皮が陥入してできた巨大な分泌腺（外分泌腺と内分泌腺） <u>外分泌腺</u>：膵液を十二指腸に分泌 <u>主膵管</u>：総胆管と合流して大十二指腸乳頭（ファーター乳頭）に開く。 <u>副膵管</u>：おもに膵頭の膵液を集め、総胆管の開口部よりやや上方（小十二指腸乳頭）に開く。 - 膵液分泌：1日に約1,500mL（副交感神経は膵液分泌を促進） - 内分泌腺（<u>ランゲルハンス島</u>）：インスリンやグルカゴンなどのホルモンを分泌

(2) 外分泌腺

腺房細胞	- 消化酵素を分泌 - 主な消化酵素： - たんぱく質分解酵素：トリプシン、キモトリプシン、エラスターゼ（弾性繊維エラスチンを分解）、カルボキシペプチダーゼなど - 多糖類分解酵素：α-アミラーゼ - 脂肪分解酵素：リパーゼ <u>プロ酵素</u>：たんぱく質分解酵素は活性を持たないプロ酵素（〇〇ノーゲン）として分泌 腺房細胞内で合成されたプロ酵素は、<u>チモゲン顆粒</u>として濃縮・貯蔵される。 <u>エンテロキナーゼ</u>：プロ酵素を活性化、小腸上皮細胞で合成され、微絨毛の表面に存在 <u>コレシストキニン</u>（CCK）：脂肪酸やアミノ酸の刺激により十二指腸上皮細胞（I細胞（M細胞ともいう）から分泌されるホルモンで、消化酵素分泌を促進
腺房中心細胞・介在部導管細胞	- 水と重炭酸イオンを分泌し、十二指腸に入ってきた胃酸を中和する。 <u>セクレチン</u>：胃酸の刺激により十二指腸上皮細胞（S細胞）から分泌されるホルモンで、水と重炭酸イオン分泌を促進

(3) 内分泌腺（ランゲルハンス島）

A細胞（ α 細胞）	<u>グルカゴン</u>を分泌 - 血糖値が低下すると分泌され、血糖値を上昇させる。
B細胞（ β 細胞）	<u>インスリン</u>を分泌 - 血糖値が上昇すると分泌され、血糖値を低下させる。
D細胞（ δ 細胞）	<u>ソマトスタチン</u>を分泌 - インスリン、グルカゴン、ガストリンの分泌を抑制する。 - 胆嚢を弛緩させる。
F細胞（PP細胞）	- 膵ポリペプチドを分泌 - 作用は不明

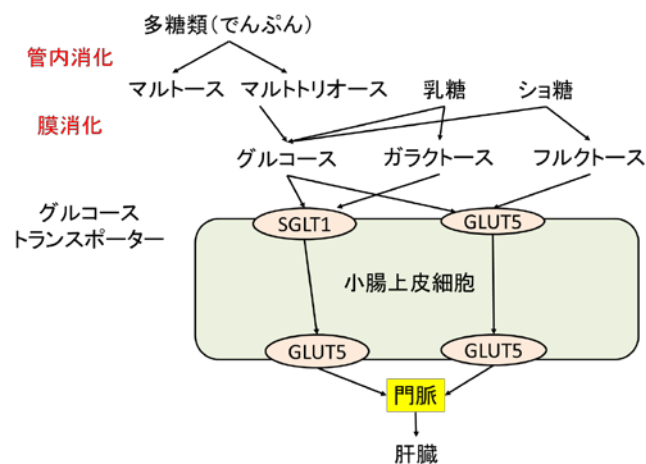
2. 栄養素の消化と吸収

(1) 主な栄養素の吸収部位

十二指腸・空腸	糖質、脂質、アミノ酸、電解質、ビタミン、水など大部分の栄養素
回腸	ビタミンB12
大腸	残りの水と電解質

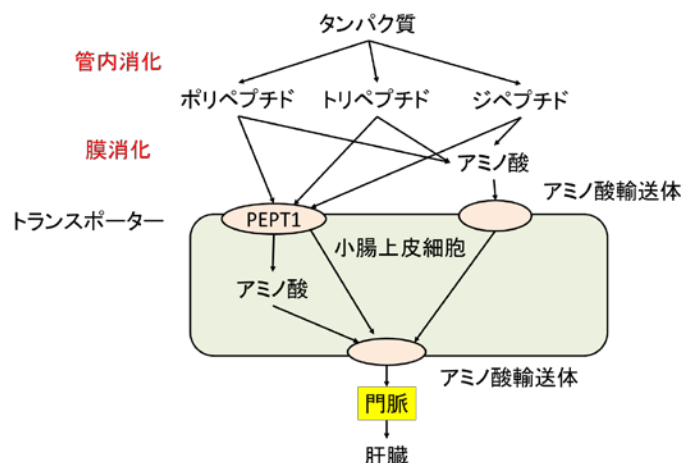
(2) 糖質の消化と吸収

管内消化	・唾液アミラーゼ：でんぷんなど多糖類を断片に分解（グリコシド結合を加水分解） ・膵アミラーゼ：多糖類をより小さな断片（マルトース、マルトトリオース）に分解
膜消化	・小腸粘膜上皮細胞（微絨毛）で二糖類または三糖類を単糖類に分解 ・<u>マルターゼ</u>：マルトース（麦芽糖） → グルコース（ブドウ糖） + グルコース（ブドウ糖） ・<u>スクラーゼ</u>：スクロース（ショ糖） → グルコース（ブドウ糖） + フルクトース（果糖） ・<u>ラクターゼ</u>：ラクトース（乳糖） → グルコース（ブドウ糖） + ガラクトース
吸収	・単糖類はグルコーストランスポーター（SGLT1、GLUT5）によって上皮細胞内に吸収 ・SGLT1：グルコースとガラクトースを吸収（Na の濃度勾配を利用してグルコースの濃度勾配に逆らって輸送） ・GLUT5：グルコースとフルクトースを吸収（グルコースの濃度勾配による輸送）



(3) たんぱく質の消化と吸収

管内消化	・胃酸・ペプシン：たんぱく質をペプチド断片に分解（ペプチド結合の加水分解） ・膵液のたんぱく質分解酵素：より小さな断片（トリペプチド、ジペプチド）に分解
膜消化	・アミノペプチダーゼ・ジペプチダーゼ：上皮細胞に微絨毛に存在し、トリペプチド、ジペプチドをアミノ酸に分解
吸収	・トリペプチド、ジペプチド、アミノ酸は、それぞれ固有のトランスポーターにより上皮細胞内に吸収 ・上皮細胞内のペプチダーゼは、吸収したトリペプチドとジペプチドをアミノ酸に分解 ・一部のポリペプチドはそのまま吸収される。



(4) 脂質の消化と吸収

消化	・<u>膵リパーゼ</u>：トリグリセリドを、2つの脂肪酸と1つのモノグリセリドに分解 ・<u>胆汁酸</u>：脂質を乳化（ミセル化）することにより膵リパーゼによる消化を促進 胆汁には、リパーゼは含まれていない。
吸収	・脂肪酸とモノグリセリド：拡散または固有のトランスポーターにより上皮細胞内に吸収 ・<u>キロミクロン</u>：上皮細胞内に取り込まれた脂肪酸とモノグリセリドは、トリグリセリドに再合成され、コレステロールや脂溶性ビタミンと集合してキロミクロンとなり、<u>リンパ管</u>を経て、循環血液中に入る。 ・<u>中鎖脂肪酸</u>：そのまま門脈を通過して肝臓に運ばれる。

管内消化

トリアシルグリセロール

コレステロール
脂溶性ビタミン

中鎖脂肪酸 長鎖脂肪酸 2-モノアシルグリセロール

トリアシルグリセロール

キロミクロン

小腸上皮細胞

門脈 → 肝臓

リンパ管 胸管 → 全身

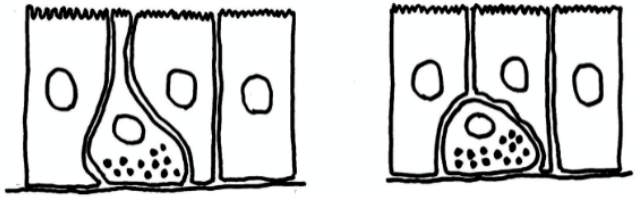
(5) 鉄、ビタミン B12 の吸収

鉄	・<u>非ヘム鉄</u>（野菜など）：胃酸によりイオン化され、三価鉄 Fe^{3+}（不溶性）から二価鉄 Fe^{2+}（可溶性）に還元される。 ・Fe^{2+}は、ビタミンC、糖質、アミノ酸と結合して可溶性維持しつつ十二指腸に運ばれて吸収される。 ・<u>ヘム鉄</u>（肉など）：そのままの形で吸収されるので吸収率がよい。 ・食事中的鉄（10～20mg/日）の約10%（1～2mg/日）を吸収 ・ビタミンC：鉄の可溶化と Fe^{2+}への還元を促進するので、鉄吸収を促進 ・タンニン（緑茶、コーヒー）：鉄と不溶性の塩を形成するので鉄吸収を阻害
ビタミン B12	・ビタミン B12 は食物中のたんぱく質と結合している。 ・<u>R たんぱく質</u>：唾液腺から分泌されるたんぱく質で、胃液によりたんぱく質から遊離したビタミン B12 と結合 ・<u>内因子</u>：壁細胞から分泌されるたんぱく質で、十二指腸で R たんぱく質から遊離したビタミン B12 と結合 ・<u>内因子-ビタミン B12 複合体</u>：<u>回腸末端</u>で吸収 ・<u>トランスコバラミン</u>：血液中のビタミン B12 を肝臓に運ぶ輸送たんぱく質

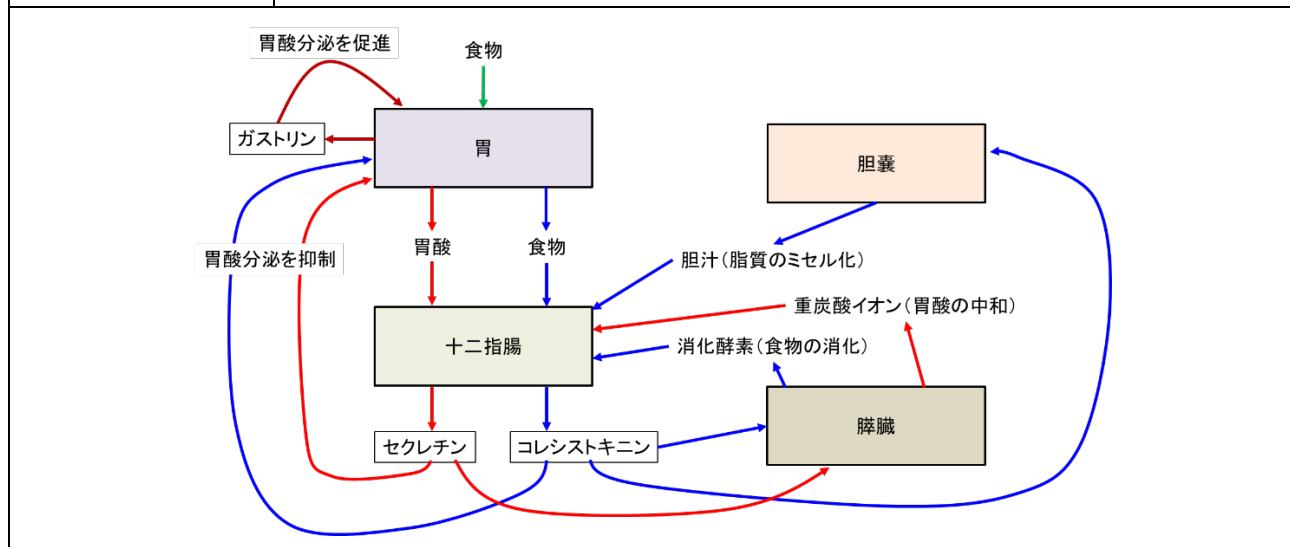
(6) 消化酵素のまとめ

α-アミラーゼ	・唾液腺と膵臓から分泌 ・多糖類の$\alpha 1 \rightarrow 4$結合を加水分解する酵素 ・でんぷんを分解して、マルトース、マルトトリオース、α-限界デキストリンを生成する。 α-限界デキストリン：でんぷんを、α-アミラーゼで分解した残りの多糖類 ・食物繊維は$\beta 1 \rightarrow 4$結合なのでα-アミラーゼで加水分解されない。
マルターゼ	・小腸粘膜上皮細胞上に存在 ・マルトース（麦芽糖）を分解して、グルコース（ブドウ糖）を生成
スクラーゼ	・小腸粘膜上皮細胞上に存在 ・スクロース（ショ糖）を分解して、グルコース（ブドウ糖）とフルクトース（果糖）を生成
ラクターゼ	・小腸粘膜上皮細胞上に存在 ・ラクトース（乳糖）を分解して、グルコース（ブドウ糖）とガラクトースを生成
ペプシン	・胃腺の主細胞から分泌 ・たんぱく質を分解して、ペプチドを生成
膵液のたんぱく質分解酵素	・膵臓の腺房細胞から分泌 ・たんぱく質を分解して、ポリペプチド、トリペプチド、ジペプチドを生成 ・トリプシン、キモトリプシン、エラスターゼ、カルボキシペプチダーゼなど
ジペプチダーゼ	・小腸粘膜上皮細胞上に存在 ・ジペプチドを分解してアミノ酸を生成
リパーゼ	・膵臓の腺房細胞から分泌 ・トリグリセリド（中性脂肪）を分解して、2つの脂肪酸と1つのモノグリセリドを生成（モノグリセリドを脂肪酸とグリセロールに分解する作用は弱いので、トリグリセリドの分解産物のほとんどは脂肪酸とモノグリセリド）

(7) 消化管ホルモンのまとめ

消化管内分泌細胞	・消化管粘膜に散在し、ホルモンを分泌する細胞 ・細胞の基底側に分泌顆粒を有する。 ・細胞に一部が管腔面に露出している「開放型」と露出していない「閉鎖型」がある。 
ガストリン	・分泌細胞：胃の前庭部にあるG細胞 ・分泌刺激：食物（特に肉汁）、迷走神経（副交感神経） ・作用①胃の壁細胞：胃酸分泌を促進 ②下部食道括約筋：収縮（胃液の逆流を防止）
セクレチン	・分泌細胞：十二指腸にあるS細胞 ・分泌刺激：胃酸 ・作用①膵臓の腺房中心細胞、介在部導管細胞：重炭酸イオンを分泌 ②胃の壁細胞：胃酸分泌を抑制 ③胃幽門括約筋：収縮（胃液の十二指腸流入を抑制、十二指腸内容物の胃への逆流を防止） ④下部消化管括約筋：弛緩

コレシストキニン (CCK)	- 分泌細胞：十二指腸の I 細胞 (M 細胞ともいう) - 分泌刺激：食物 (特に脂肪) - 作用①膵臓の腺房細胞：消化酵素を分泌 ②胆嚢：収縮 (胆汁を十二指腸に分泌) ③胃：胃酸分泌を抑制、胃から十二指腸への排泄速度を抑制
ソマトスタチン	- 分泌細胞：膵ランゲルハンス島の D 細胞 (δ 細胞)、消化管など - 作用①インスリン、グルカゴン、ガストリン、セクレチンなど他の消化管ホルモンの分泌を抑制 ②食物の消化吸収を抑制 ③胆嚢：弛緩
インクレチン	- GLP-1 (glucagon-like peptide-1) と GIP (glucose-dependent insulintropic polypeptide、gastric inhibitory polypeptide) の総称 - 分泌細胞：十二指腸の L 細胞 (GLP-1) と K 細胞 (GIP) - 分泌刺激：食物 - 作用①ランゲルハンス島：グルコース刺激によるインスリン分泌を促進し、グルカゴン分泌を抑制 ②胃内容物の排泄を抑制
グレリン	- 分泌細胞：胃体部の X 細胞 (A-like 細胞ともいう) - 分泌刺激：絶食 - 作用①視床下部：食欲を増進 ②下垂体：成長ホルモン (GH) の分泌を促進



5. 肝臓、胆嚢

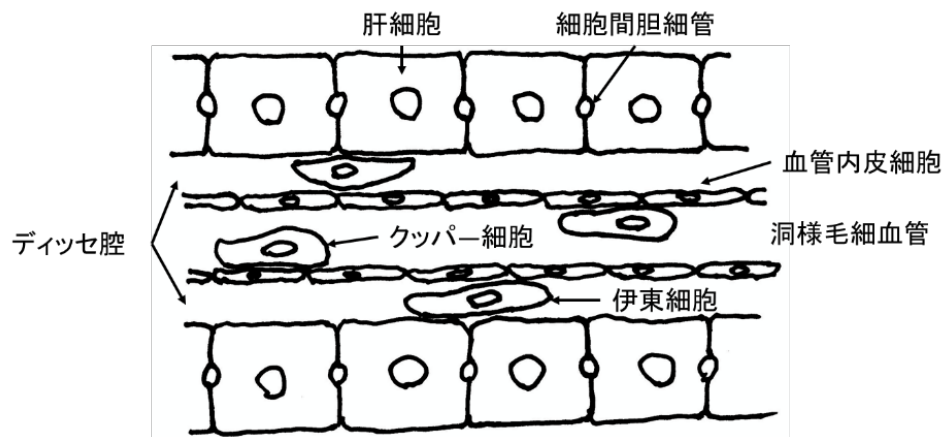
1. 肝臓

(1) 肉眼的構造

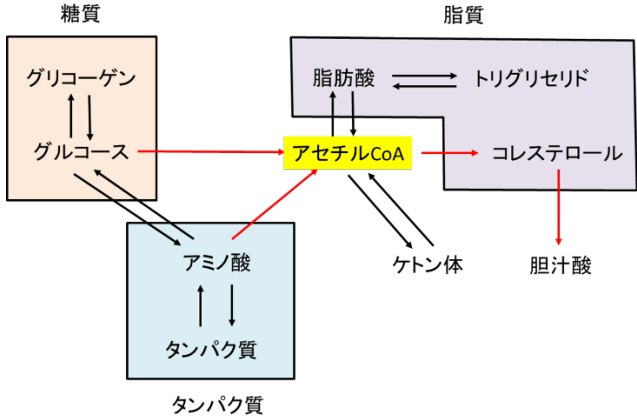
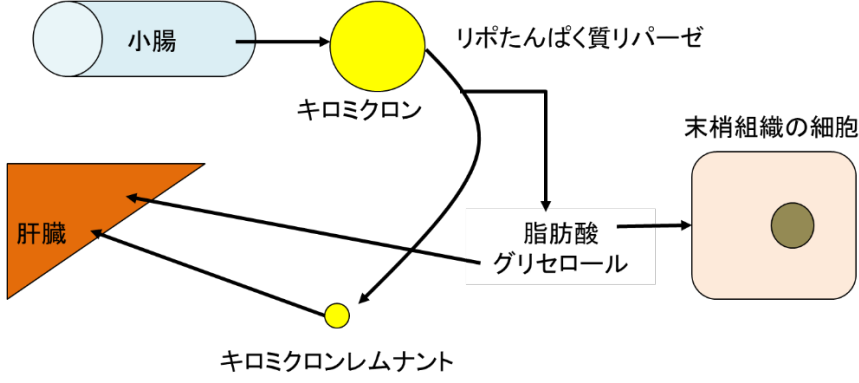
位置	・横隔膜の直下にあつて、腹腔の右上部を占める。 ・左葉は、右葉より小さい。
肝門を通る脈管	・固有肝動脈（腹腔動脈の枝）、門脈、胆管
肝臓の後面	・肝静脈（下大静脈に流入）
血流	・心拍出量の約 25%（1 分間に 1,500mL）が流入 ・門脈：小腸で吸収した栄養素に富む<u>静脈血</u>で、血流の約 4/5 を占める。 ・固有肝動脈：<u>動脈血</u>で、血流の約 1/5 を占める。

(2) 小葉構造

グリソン鞘	・小葉周辺の少量の結合組織 ・門脈と肝動脈の枝は<u>グリソン鞘</u>に沿って枝分かれしながら小葉間を走行
洞様毛細血管（類洞）	・門脈と肝動脈の枝は小葉に入る前に合流して<u>洞様毛細血管（類洞）</u>となって小葉内に入る。
中心静脈	・洞様毛細血管は小葉中心部で合流し、<u>中心静脈</u>となって小葉を出る。 ・小葉を出た中心静脈は合流して<u>肝静脈</u>となって肝臓から出る。
肝細胞索	・中心静脈から放射状に走る洞様毛細血管にそって肝細胞が<u>一列に並んもの</u>
細胞間胆細管	・肝細胞索の隣りあった肝細胞の間につくられる胆管。細胞間胆細管→葉間胆管→左右の肝管→総肝管→肝臓外へ出る。
ディッセル腔	・肝細胞と洞様毛細血管の内皮細胞の間
伊東細胞	・ディッセル腔に存在し、ビタミン A を貯蔵
クッパー細胞	・洞様毛細血管に存在し、食作用により異物を処理



(3) 代謝機能

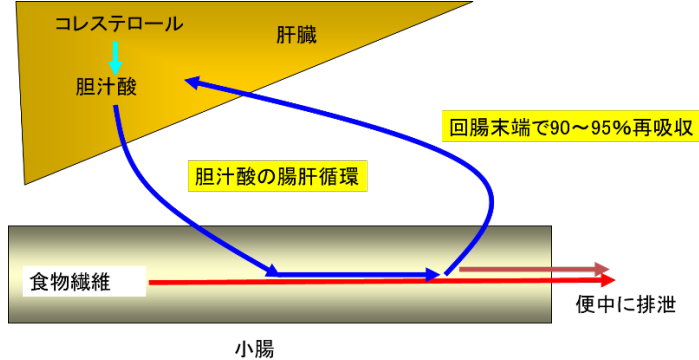
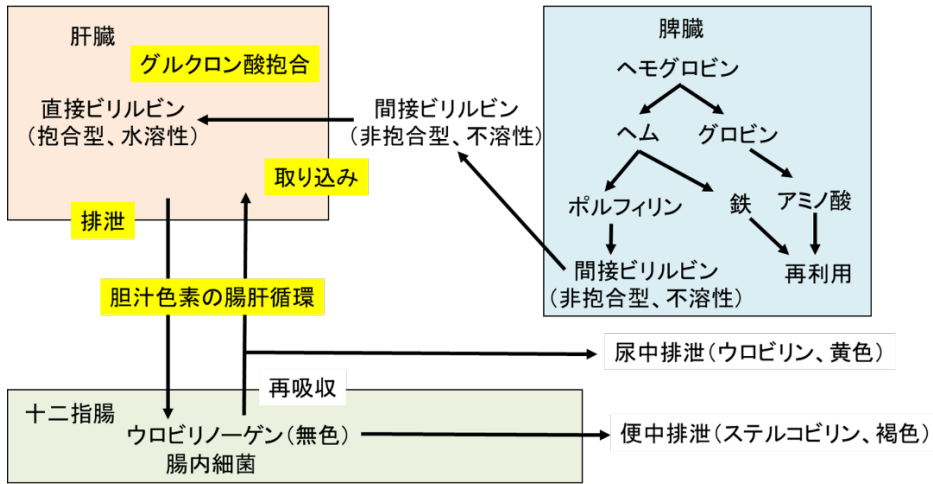
糖代謝	・ <u>グリコーゲンの合成と分解</u>：肝臓に約 100g、筋肉に約 250g 貯蔵できる。 エネルギー貯蔵量 = $(100 + 250) \times 4 = 1,400\text{kcal}$ (1～2 日の絶食で枯渇する) ・ <u>糖新生</u>：アミノ酸を材料にしてグルコースを産生して血糖値を維持 ・ <u>脂質合成</u>：過剰に摂取した糖質は、トリグリセリド (中性脂肪) に変換されて脂肪組織に貯蔵 ・ <u>脳へのグルコース供給</u> 脳では、全身のエネルギー消費の約 20% が消費される。 1 日の消費エネルギーを 2,000kcal とすると、約 400kcal が脳で消費される。 脳のエネルギー源はグルコースなので、1 日にグルコース 100g を消費する。 1 日の摂取エネルギー 2,000kcal のうち 60% を糖質で摂取すると、摂取した糖質の量は $2,000 \times 0.6 \div 4 = 300\text{g}$ なので、摂取した糖質の 33% を脳で消費する。 糖質の摂取を 30% に制限すると摂取する糖質は 150g になり、脳に供給するグルコースが不足する可能性がある。(不足分は体内のたんぱく質を分解してグルコースを産生する。その結果、重要臓器のたんぱく質が不足して健康を害する可能性がある)
三大栄養素の変換	・ 糖質は、アミノ酸及び脂質に変換できる。 ・ アミノ酸は、糖質及び脂質に変換できる。 ・ 脂質は、糖質及びアミノ酸に変換することはできない。 
たんぱく質代謝	・ <u>血漿たんぱく質の合成</u> アルブミン、血液凝固因子、トランスフェリン、レチノール結合たんぱく質など
脂質代謝	・ <u>中性脂肪、コレステロール、リン脂質を合成し、リポたんぱく質 (VLDL、LDL、HDL) と</u>して血液中に放出する。 VLDL (超低比重リポたんぱく質)：トリグリセリドを肝臓から全身に運ぶ。 LDL (低比重リポたんぱく質)：コレステロールを肝臓から全身に運ぶ。 HDL (高比重リポたんぱく質)：余分なコレステロール全身から肝臓に運ぶ。 ・ 体内の余分なコレステロールは、胆汁酸として胆汁中に排泄 

	The diagram illustrates the transport and metabolism of lipids. In the liver, VLDL is synthesized from triglycerides and apolipoproteins. It is released into the bloodstream and can be converted to LDL by lipoprotein lipase (LPL) or taken up by peripheral tissues. VLDL remnants are also taken up by the liver. In the small intestine, chylomicrons are synthesized and released. They are converted to VLDL remnants by LPL. These remnants are then taken up by the liver or converted to HDL by CETP. HDL (both nascent and mature) is involved in reverse cholesterol transport, moving cholesterol from peripheral tissues back to the liver. Mature HDL is converted to LDL by LCAT. The diagram also shows the role of lipoprotein lipase in breaking down lipoproteins into fatty acids and glycerol for use by peripheral tissues.
ホルモン代謝	・エストロゲン、バソプレシンなどを不活性化する。

(4) 解毒・排泄機能

解毒	・体内に侵入または体内で生成された有害物質を解毒（無毒化、可溶化）して尿中あるいは胆汁中に排泄する。 ・シトクロム P450（薬物代謝酵素）による水酸化反応 ・グルクロン酸、グリシン、タウリンなどの抱合反応
尿素回路	・たんぱく質が分解されるときに生成される有害なアンモニアを無害な尿素に変換して尿中に排泄する。 The diagram shows the urea cycle, a metabolic pathway that converts ammonia into urea. Glutamine is converted to glutamate by glutamine synthetase, releasing ammonia (NH₃). Ammonia enters the cycle by combining with carbamoyl phosphate to form carbamoyl-L-glutamate. This intermediate is then converted to citrulline, which combines with asparagine to form arginine. Arginine is then converted to ornithine and urea. Ornithine is recycled back into the cycle. The final product, urea, is shown with its chemical structure: <chem>NC(=O)NC(=O)O</chem>.

(5) 胆汁の産生

胆汁酸	- 胆汁酸：コレステロールから合成され、脂肪をミセル化して消化吸収を促進。 - 胆汁酸の腸肝循環：90～95%が回腸末端で再吸収され、門脈を通過して肝細胞に取り込まれ再び胆汁中に排泄される。 - 一次胆汁酸（コール酸、ケノデオキシコール酸）：肝細胞内で合成 - 二次胆汁酸（デオキシコール酸、リトコール酸）：腸内の嫌気性細菌により合成  この図は胆汁酸の腸肝循環を示しています。肝臓（黄色い三角形）でコレステロール（青い矢印）から胆汁酸（青い矢印）が合成されます。胆汁酸は小腸（茶色い長方形）へと移動し、食物繊維（赤い矢印）と共に便中に排泄されます。回腸末端（小腸の右側）で90～95%の胆汁酸が再吸収され、肝臓へと戻ります。この循環を「胆汁酸の腸肝循環」と呼びます。	
胆汁色素 （ビリルビン）	脾臓	①ポルフィリンの開環 ②間接ビリルビン（非抱合型、不溶性）の生成
	血液中	③アルブミンに結合して肝臓へ運搬
	肝臓	④直接ビリルビン（抱合型（グルクロン酸抱合）、水溶性）の生成 ⑤胆汁中に排泄
	小腸	⑥腸内細菌によりウロビリノーゲンへ変換 ⑦腸肝循環：回腸で再吸収され、肝臓でビリルビンとなって再び胆汁中に排泄 ⑧再吸収されたウロビリノーゲン（無色）の一部は尿中に排泄 ウロビリノーゲンの代謝産物のウロビリリン（黄色）が尿の色 ⑨腸内のウロビリノーゲンはステルコビリリン（黄褐色）に代謝されて便中に排泄
	 この図は胆汁色素の腸肝循環と代謝経路を示しています。脾臓（青い長方形）でヘモグロビンがヘムとグロビンに分解されます。ヘムはポルフィリンを経て間接ビリルビン（非抱合型、不溶性）となり、血液中をアルブミンに結合して肝臓（オレンジ色の長方形）へ運搬されます。肝臓でグルクロン酸抱合が行われ、直接ビリルビン（抱合型、水溶性）が生成されます。直接ビリルビンは胆汁中に排泄され、十二指腸（緑色の長方形）へと移動します。腸内細菌によりウロビリノーゲン（無色）に変換されます。ウロビリノーゲンは回腸で再吸収され、肝臓へと戻ります。一部は尿中に排泄され、ウロビリリン（黄色）となります。また、腸内のウロビリノーゲンはステルコビリリン（黄褐色）に代謝されて便中に排泄されます。	
レシチン	胆汁酸とともにミセルを形成し、コレステロールを溶存	
その他	- コレステロール、Ca など 50%が胆汁酸、44%がレシチン（リン脂質）、4%がコレステロール、2%が胆汁色素（ビリルビン）である。 - 胆汁は消化酵素を含まない。	

(6) 貯蔵機能

- ・ビタミン A、D、K、B6、B12、葉酸を貯蔵。(肝疾患でしばしば欠乏する)
- ・鉄の貯蔵
- ・グリコーゲンの貯蔵
- ・血液の貯蔵

(7) 胎児期の造血機能

- ・胎児期は、肝臓で赤血球（ヘモグロビン F (HbF) を含む）が産生される。
- ・HbF は、成人型のヘモグロビン A (HbA) よりも酸素結合能が高いので、胎盤で母親の HbA から酸素受け取り胎児の組織に運ぶ。

2. 胆嚢

胆道	・肝門から出た総肝管は、<u>胆嚢</u>から出る<u>胆嚢管</u>と合流して<u>総胆管</u>となり、<u>膵臓</u>の<u>主膵管</u>と合流して十二指腸の<u>大十二指腸乳頭</u>（<u>ファーター乳頭</u>）に開口 ・<u>オッディ括約筋</u>：ファーター乳頭開口部にある括約筋 空腹時：オッディ括約筋の収縮により大十二指腸乳頭は閉鎖 食物の摂取：迷走神経（副交感神経）の緊張によりオッディ括約筋が弛緩して大十二指腸乳頭が開口	
胆嚢	・胆汁を一時的に蓄え、5～50 倍に濃縮	
収縮・弛緩の調節	迷走神経（副交感神経）	・食物の摂取：迷走神経（副交感神経）の緊張により胆嚢を収縮させて胆汁を十二指腸へ押し出す。
	コレシストキニン（CCK）	・食物（特に脂質）により十二指腸上皮から分泌されるコレシストキニン（CCK）は胆嚢を収縮させて胆汁を十二指腸へ押し出す。
	ソマトスタチン	・胆嚢を弛緩させて胆汁を胆嚢内に停滞させる。

6. 心臓

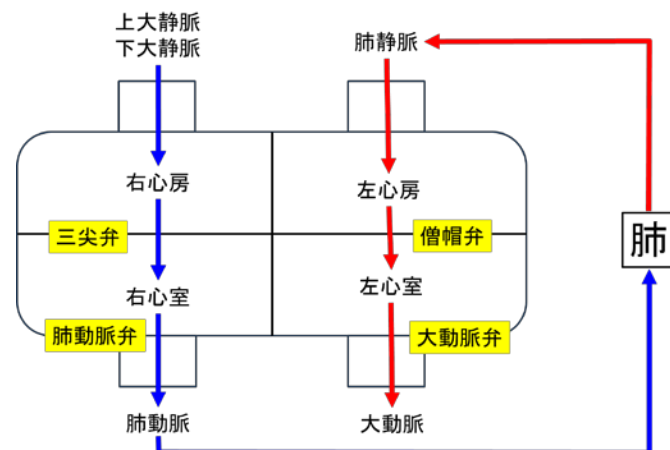
1. 循環器系の構成

構成	・心臓、動脈、毛細血管、静脈、リンパ管
動脈	・心臓から出る血管
静脈	・心臓に戻る血管
毛細血管	・動脈と静脈の間にあり、周辺組織と物資交換を行う血管
門脈	・毛細血管と毛細血管の間をつなぐ静脈
リンパ管	・間質液を集めて静脈に戻す。
体循環（大循環）	・全身に血液を送る。
肺循環（小循環）	・肺に血液を送る。
動脈血	・酸素を含む血液（鮮紅色） ・動脈血が流れる静脈：肺静脈、胎児の臍静脈
静脈血	・酸素を失った血液（暗紫色） ・静脈血が流れる動脈：肺動脈、胎児の臍動脈

2. 心臓の構造

(1) 構造

位置	・ <u>胸骨</u> の後面、左右の肺に挟まれた <u>縦郭</u> に位置する。								
形	・円錐形：頂点を心尖、底面を心底という。 ・心尖は、第5肋間左乳頭線のやや内側に位置し、胸壁から拍動（ <u>心尖拍動</u> ）を触れる。								
4つの部屋	・ <u>右心房</u> 、 <u>右心室</u> 、 <u>左心房</u> 、 <u>左心室</u> の4つの部屋がある。 心房は <u>心房中隔</u> によって右心房と左心房に分けられる。 心室は <u>心室中隔</u> によって右心室と左心室に分けられる。								
4つの弁	<table border="1"> <tr> <td><u>僧帽弁</u></td><td>・左心房と左心室の間の2枚の房室弁</td></tr> <tr> <td><u>三尖弁</u></td><td>・右心房と右心室の間の3枚の房室弁 腱索：僧帽弁と三尖弁を心室内腔に突出する<u>乳頭筋</u>につなぎとめる腱</td></tr> <tr> <td><u>大動脈弁</u></td><td>・上行大動脈の出口の3枚の半月弁</td></tr> <tr> <td><u>肺動脈弁</u></td><td>・肺動脈への出口の3枚の半月弁</td></tr> </table>	<u>僧帽弁</u>	・左心房と左心室の間の2枚の房室弁	<u>三尖弁</u>	・右心房と右心室の間の3枚の房室弁 腱索：僧帽弁と三尖弁を心室内腔に突出する <u>乳頭筋</u> につなぎとめる腱	<u>大動脈弁</u>	・上行大動脈の出口の3枚の半月弁	<u>肺動脈弁</u>	・肺動脈への出口の3枚の半月弁
<u>僧帽弁</u>	・左心房と左心室の間の2枚の房室弁								
<u>三尖弁</u>	・右心房と右心室の間の3枚の房室弁 腱索：僧帽弁と三尖弁を心室内腔に突出する <u>乳頭筋</u> につなぎとめる腱								
<u>大動脈弁</u>	・上行大動脈の出口の3枚の半月弁								
<u>肺動脈弁</u>	・肺動脈への出口の3枚の半月弁								
心臓に出入りする血管	<table border="1"> <tr> <td>右心房</td><td>・<u>上大静脈</u>、<u>下大静脈</u>、<u>冠状静脈洞</u>が入る。</td></tr> <tr> <td>左心房</td><td>・左右の<u>肺静脈</u>が入る。</td></tr> <tr> <td>右心室</td><td>・<u>肺動脈</u>が出る。</td></tr> <tr> <td>左心室</td><td>・<u>上行大動脈</u>が出る。</td></tr> </table>	右心房	・ <u>上大静脈</u> 、 <u>下大静脈</u> 、 <u>冠状静脈洞</u> が入る。	左心房	・左右の <u>肺静脈</u> が入る。	右心室	・ <u>肺動脈</u> が出る。	左心室	・ <u>上行大動脈</u> が出る。
右心房	・ <u>上大静脈</u> 、 <u>下大静脈</u> 、 <u>冠状静脈洞</u> が入る。								
左心房	・左右の <u>肺静脈</u> が入る。								
右心室	・ <u>肺動脈</u> が出る。								
左心室	・ <u>上行大動脈</u> が出る。								
発生	・中隔：発生27～37日（約1か月）の間にできる。 ・心房中隔は胎生期には <u>卵円孔</u> で通じているが出生後は閉じて <u>卵円窩</u> になる。								



(2) 心臓壁

心内膜	・単層扁平上皮（内皮細胞）、基底膜、結合組織		
心筋層	・横紋筋（不随意筋） ・心臓壁の厚さ：左心室＞右心室（肺動脈圧は大動脈圧の 1/5）		
心膜	臓側板	心外膜	・単層扁平上皮（漿膜）、結合組織
	壁側板	漿膜性心膜	・単層扁平上皮（漿膜）、結合組織
		線維性心膜	・強靱な結合組織の膜
心膜腔	・心外膜と漿膜性心膜で囲まれた袋状の空間 ・内部に少量の漿液（心膜液）があり、潤滑油の役割を果たしている。		

(3) 冠状血管系

血管	・冠状動脈（冠動脈）：心臓に酸素や栄養素を送る血管 大動脈弁のすぐ上部の上行大動脈の基部から左右1本ずつ分岐 ・右冠動脈：主に右心室と心室中隔の後ろ1/3に分布 ・左冠動脈：主に左心室（回旋枝）と心室中隔の前2/3（前室間枝）に分布 ・冠静脈洞（冠状静脈洞）：心臓からの静脈を集めて右心房に注ぐ。
冠状循環（冠血流）の調節	・収縮期：心筋の収縮によって冠状動脈が圧迫されるために血流は停止 ・拡張期：冠状動脈の拡張により血流は増加 運動などのために心拍出量が増加すると、冠状動脈も拡張して血流が増加 ・冠血流の増加：酸素分圧の低下、NO 産生、プロスタグランジン I₂ (PGI₂)、アデノシン (ATP・AMP の分解産物) の増加により冠状動脈が拡張し、冠血流が増加 ・冠血流の維持：収縮期血圧が変動しても、冠状動脈の血流は比較的一定に保たれるが、拡張期血圧が低下すると冠血流は減少する。
神経分布	・交感神経：心拍数増加＋収縮力増加→心拍出量増加 ・副交感神経（迷走神経）：心拍数減少→心拍出量減少

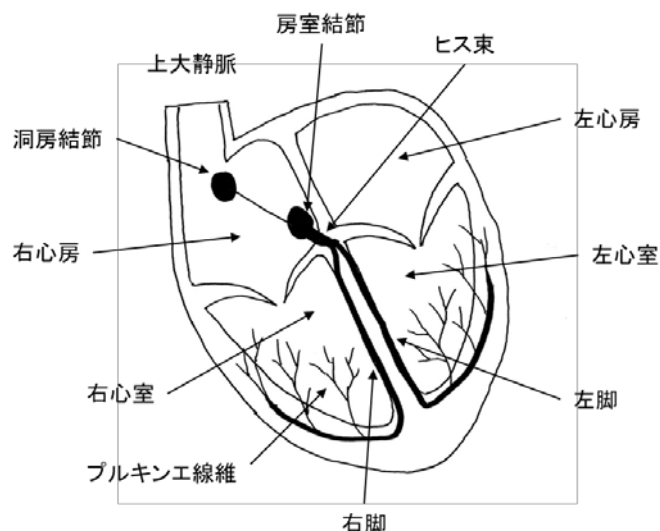
3. 刺激伝導系

(1) 心筋細胞の活動電位と収縮の特徴

全か無かの法則	・すべての心筋線維は、介在版とギャップ結合により機能的に結合しており、1か所に生じた興奮は直ちに他の筋線維に伝わり、全体の心筋線維が収縮する。
活動電位	・ Na^+ の急速な流入による早い脱分極に続いて、 Ca^{2+} の緩やかな流入による <u>プラトー相</u> が存在し、その後 K^+ 流出による緩やかな再分極が起こる。
心筋の収縮力	・流入する Ca^{2+} 量により調節
第0相： Na^+ の流入による脱分極 第1相：活動電位の発生 第2相（プラトー相）： Ca^{2+} の持続的流入による脱分極の持続 第3相： K^+ の流出による再分極 第4相：静止電位への復帰 <u>心筋細胞の収縮の特徴</u> ・1回の収縮時間が長い。 ・ <u>不応期</u> が長い。 ・ <u>強縮</u> を起こしにくい。	

(2) 特殊心筋による刺激伝導系

特殊心筋	・自発的に興奮を発生させて、その興奮を心臓全体に伝導 ・筋原線維が少なく、横紋構造が不明瞭 ・固有心筋と異なり、ほとんど収縮することはない。
洞房結節	・右心房と上大静脈が接するところに存在 ・約60/分のリズムで自発的活動電位が生じる。 ・心臓内で最も早い収縮リズムを持ち、心拍動の<u>ペースメーカー</u>となる。 ・<u>洞調律</u>：洞房結節が心拍動の頻度を調節していること ・洞房結節→結節間路→<u>房室結節</u>に伝導
房室結節	・心房中隔に存在
心室	・房室結節→ <u>ヒス束</u> → <u>左脚</u> ・ <u>右脚</u> → <u>プルキンエ線維</u> → <u>固有心筋</u> に伝導



(3) 自律神経による刺激伝導系の調節

交感神経	- 洞房結節、房室結節、脚、プルキンエ線維、心筋に分布 - 洞房結節の前電位の勾配を急峻にすることにより心拍数を増加 - 刺激伝導速度を速くする。 - 心筋の収縮力を強くする。
副交感神経 (迷走神経)	- 洞房結節と房室結節に分布 - 洞房結節の前電位の勾配を緩やかにし、過分極にすることで心拍数を減少

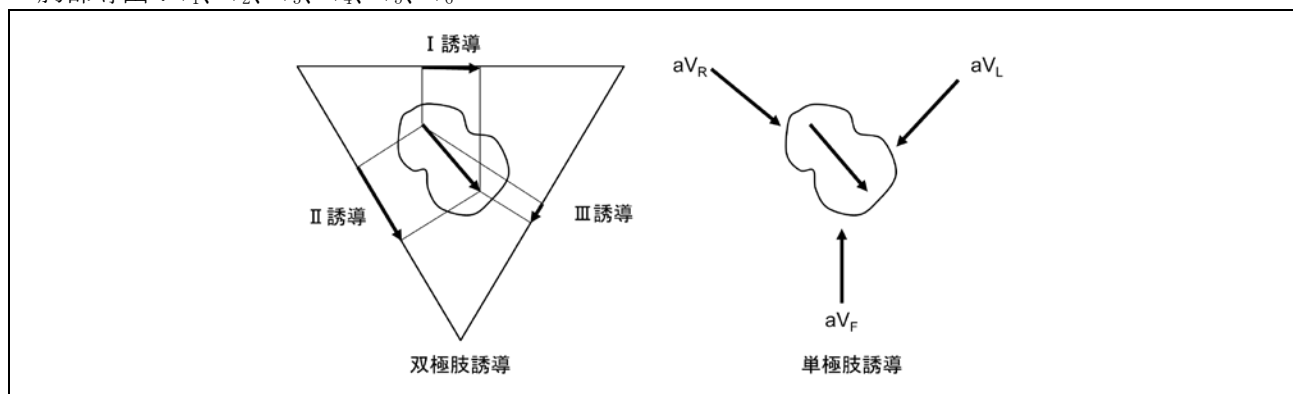
4. 心電図

(1) 心臓起電力

活動電位の発生状況	心臓起電力の発生
・全体すべての心筋が弛緩している。(静止電位)	・電位差なし。
・一部の心筋で活動電位が発生し、伝導している。	・ <u>電位差発生</u>
・全体すべての心筋が収縮している。(活動電位)	・電位差なし。
・一部の心筋で弛緩が始まっている。(再分極)	・ <u>電位差発生</u>
・全体すべての心筋が弛緩している。(静止電位)	・電位差なし。

(2) 標準 12 導出

- ・肢導出：双極肢導出（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）、単極肢導出（ aV_R 、 aV_L 、 aV_F ）
- ・胸部導出： V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_5 、 V_6



(3) 心電図波形の意味

P 波	・心房筋の興奮を表す。 ・洞結節に発した興奮は、右心房から左心房に伝達される。
PQ 間隔	・洞房結節から発した興奮が、房室結節を経て心室筋に伝達されるまでの時間を表す。 ・房室結節内の伝達時間が大部分を占める。
QRS 群	・心室筋の興奮が、心室全体に広がる時期を表す。 ・興奮は、中隔→左右自由壁→左心室後基部の順で伝達される。 ・心筋の興奮が伝達されることにより発生する心臓起電力の方向により、QRS 波は上下に大きくふれる。
ST 部分	・心室興奮の極期に相当する。 ・心臓全体が収縮しているために電位差が生じないので、波形は基線に戻る。
T 波	・心室筋の再分極を表す。
QT 間隔	・心室興奮時間を表す。

(4) アイントーベンの三角形と電気的心軸

アイントーベンの三角形	・双極肢導出（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）で形成される三角形
電気的心軸	・双極肢導出のQRS群の大きさから合成されるベクトル ・第Ⅰ誘導と第Ⅲ誘導のQRS波から計測する。（正の振れ幅－負の振れ幅） ・基準値：-30度～110度 右軸偏位：-30度以下 左軸偏位：110度以上

(5) RR 間隔から心拍数を計算

・記録速度 25mm/秒 (5mm が 0.2 秒) ・心拍数 = $60 \div \text{RR 間隔 (秒)}$		
RR 間隔	心拍数 (回/分)	
5mm	$60 \div 0.2 = 300$	
10mm	$60 \div 0.4 = 150$	
15mm	$60 \div 0.6 = 100$	
20mm	$60 \div 0.8 = 75$	
25mm	$60 \div 1.0 = 60$	
30mm	$60 \div 1.2 = 50$	

(6) 不整脈

心房細動 RR間隔の不整 基線の動揺(細動波) ・心房内の刺激伝導の異常。心房筋全体が不規則に収縮 ・基線の動揺(細動波)、RR間隔の不整	心室細動 P波、QRS波、T波がなく、不規則な基線の揺れ
--	---

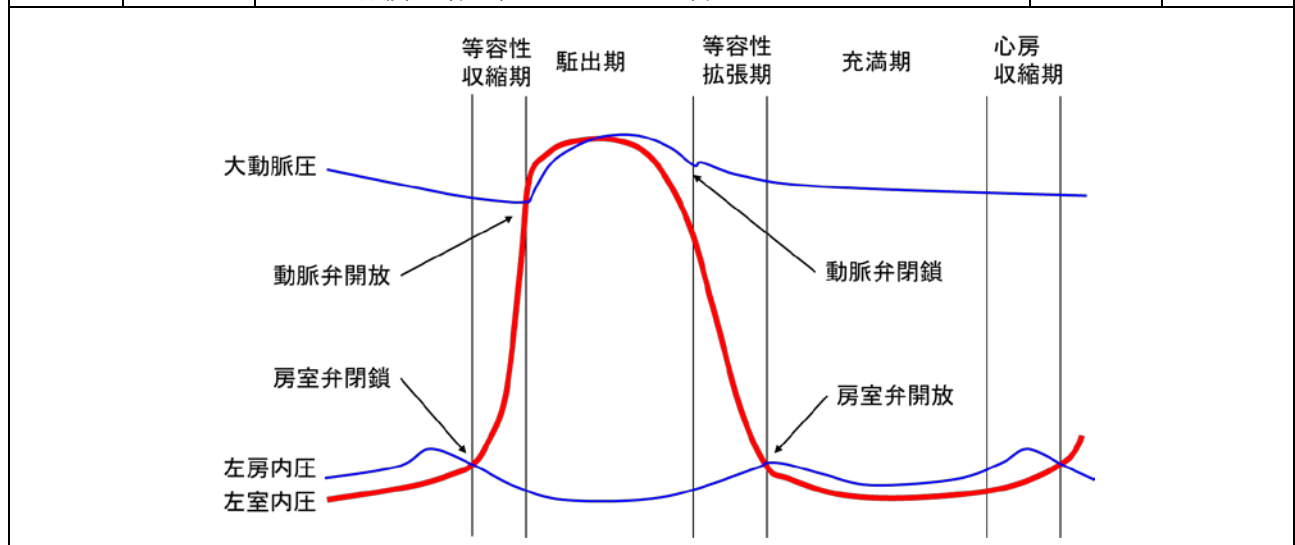
5. 心臓のポンプ機能

(1) 心拍出量

1 回心拍出量	・ 1 回の拍動により左心室から拍出される血液量（成人男子で約 70mL） ・ 心拍数が異常に増加すると心室に十分な血液が充満する前に収縮が始まるので、1 回心拍出量は減少する。
心拍数	・ 1 分間に心室が収縮する回数（安静時は 60～90 回/分） ・ <u>脈拍</u>：大動脈の拍動が血管壁を伝わって末梢の動脈壁で触知されること ・ 正常では、脈拍数と心拍数は同じ。
毎分心拍出量	・ <u>毎分心拍出量</u> = 1 回心拍出量 × 心拍数 ・ 約 5L/分（70mL × 70 回/分 = 4900mL/分）であり、1 日では約 7, 200L（5L × 60 分 × 24 時間 = 7, 200L/日）の血液が拍出される。

(2) 心周期

心周期			房室弁	動脈弁
収縮期	等容性収縮期	・ 正常では拡張期より収縮期が短い。 ・ 房室弁が閉鎖して動脈弁が開くまでの時期 ・ 大動脈圧 > 心室内圧 → 動脈弁は閉じている。 ・ 心室容積は一定（最大）、心室内圧は上昇	閉	閉
	駆出期	・ 動脈弁が開いて心室内の血液を大動脈に押し出す時期 ・ 前半：心室内圧 > 大動脈圧 → 動脈弁が開く。 ・ 後半：大動脈圧 > 心室内圧 血流の慣性の法則により動脈弁は開いたまま ・ 心室容積は減少、心室内圧は低下	閉	開
拡張期	等容性弛緩期	・ 動脈弁が閉鎖して房室弁が開くまでの時期 ・ 大動脈圧 > 心室内圧 → 動脈弁が閉じる。 ・ 心室容積は一定（最小）、心室内圧は低下。	閉	閉
	充満期	・ 房室弁が開いて心房から心室へ血液が流入する時期 ・ 心房内圧 > 心室内圧 → 房室弁が開く。 ・ 心室容積は増加、心室内圧は上昇	開	閉
	心房収縮期	・ 心房の収縮により房室弁が開いて血液が心房内から心室内へ流入する時期 ・ 心房内圧 > 心室内圧 → 房室弁は開いたまま。 ・ 心室容積は増加、心室内圧も上昇	開	閉



(3) 心室の圧-容積関係

前負荷（容量負荷）	- 心室の拡張が終わったときに心室内に充滿している血液の量（静脈還流量） - 前負荷が大きくなると心拍出量は増加する。 <u>フランク・スターリングの心臓の法則</u>：前負荷が大きくなると静脈還流量と心拍出量を一致させるため心収縮力が増強して心拍出量が増加する自律的調節）
後負荷（圧負荷）	- 血液を駆出するときの、動脈内の圧（拡張期血圧） - 後負荷が大きくなると心拍出量は減少する。 <u>左室肥大</u>：心拍出量を維持するために心収縮力を増強する。

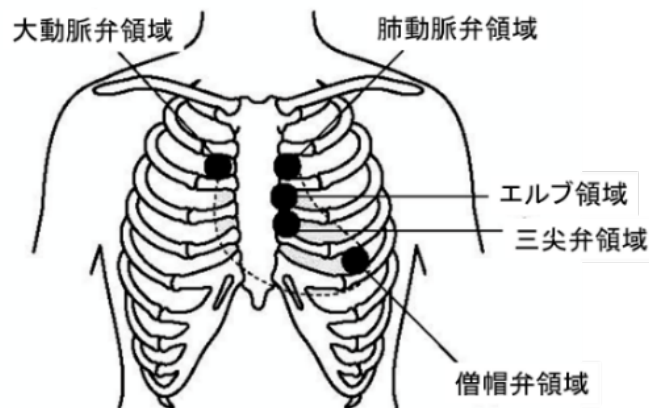
6. 心音と心雑音

(1) 種類

心音	弁の開閉とそれに伴う血流の変化が心臓を振動させ、その振動が聴診器内の空気を振動させることで心音として聴取される。
I 音	心室収縮期の始めに生じる心音、房室弁の閉鎖により発生
II 音	心室収縮期の終わりから拡張期の初めに生じる心音、半月弁の閉鎖により発生
III 音	- II 音に続いて心室内に血液が急速に流入することにより発生 - III が明瞭になると心不全の徴候（I～III を合わせて奔馬調律）
心雑音	心音以外の音（収縮期雑音、拡張期雑音、連続性雑音）

(2) 聴診部位

大動脈弁領域	第 2 肋間胸骨右縁、II 音が大きい。
肺動脈弁領域	第 2 肋間胸骨左縁、II 音が大きい。
エルブ領域	第 3 肋間胸骨左縁、大動脈弁と肺動脈弁の両方が聞こえる。
三尖弁領域	第 4 肋間胸骨左縁、I 音が大きい。
僧帽弁領域	心尖部、I 音が大きい。



7. 血管、リンパ管

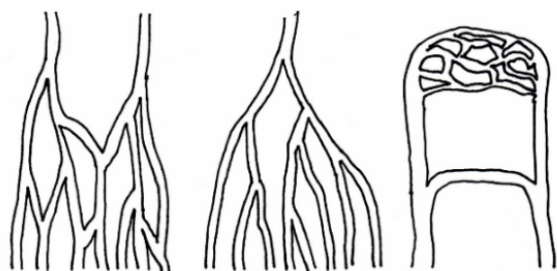
1. 血管

(1) 血管壁の構造

内膜	・血管内皮細胞（単層扁平上皮）、基底膜、結合組織
中膜	・平滑筋、弾性線維
外膜	・疎性結合組織
動脈	・中膜の筋層が厚い。 ・<u>弾性動脈</u>：弾性線維を豊富に含む太い動脈（大動脈） 収縮期に押し出された血液を一時的に蓄え、拡張期に末梢に流す。 ・<u>筋性動脈</u>（抵抗血管）：平滑筋が豊富な細い動脈（細動脈） 血流の抵抗（末梢血管抵抗）を調節することで臓器間の血流分配を調節 ・運動時には骨格筋に多量の血液が流れ、食後は消化器系の内臓に多量の血液が流れる。
静脈	・中膜の平滑筋層が薄く、逆流を防ぐ弁がある。 ・<u>筋ポンプ</u>：四肢の筋肉の収縮により静脈を圧迫して血液を心臓に向かって流す。 ・<u>呼吸ポンプ</u>：吸気時に胸腔内圧が下がることで下大静脈から心臓に向かい血流が増加する。
毛細血管	・動脈と静脈をつなぐ。 ・単層の血管内皮細胞と基底膜からなり、<u>中膜（平滑筋層）と外膜がない</u>。 ・血液と周囲の組織との間で物質交換を行う。 ・<u>周皮細胞</u>：毛細血管の血流を調節する収縮性の細胞

(2) 血管吻合

側副循環	・動脈同士または静脈同士の吻合 ・1つの動脈が閉塞しても、血流を確保できる。 ・骨格筋など動きが多い臓器によく見られる。
終動脈	・動脈同士の吻合が少ない動脈 ・1つの動脈が閉塞すると、その支配領域が血流不足になる。 ・心臓、脳、肺、腎臓の血管によく見られる。
動静脈吻合	・動脈と静脈が、毛細血管を経ることなくつながること ・皮膚や粘膜によく見られ、皮膚や粘膜表層の血流を調節



側副循環
終動脈
動静脈吻合

(3) 血管の神経支配

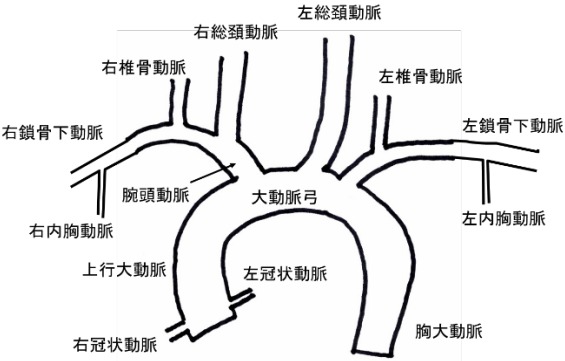
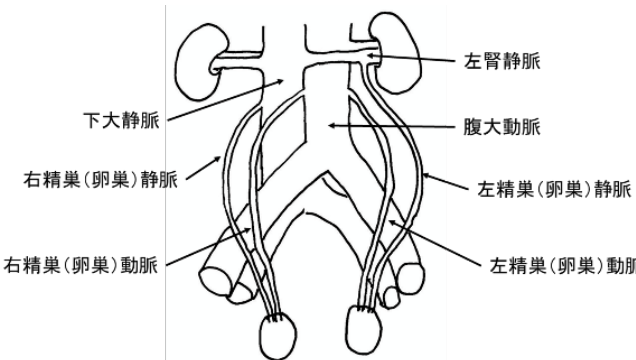
交感神経単独支配	・交感神経の刺激が増加すると血管は収縮し、刺激が減少すると血管は拡張する。 ・例外）陰茎、陰核の海綿体動脈には、交感神経（収縮）と副交感神経（拡張）が分布し、副交感神経の刺激により拡張する。
----------	--

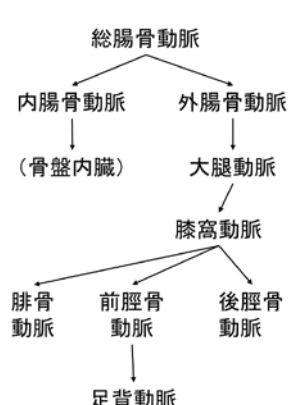
2. 体循環（大循環）と肺循環（小循環）

体循環 (大循環)	・ 左心室→大動脈→全身（毛細血管）→大静脈→右心房 ・ 主な臓器の血流量（心拍出量に対する割合） 肝臓（25%）、腎臓（25%）、脳（15%）、皮膚（10%）、骨格筋（15%）、 心筋（5%）、その他（5%）
肺循環 (小循環)	・ 右心室→肺動脈→肺（毛細血管）→肺静脈→左心房 ・ 肺動脈圧：大動脈圧の 1/5 ・ 肺動脈の血管壁の厚さは、大動脈より薄い。

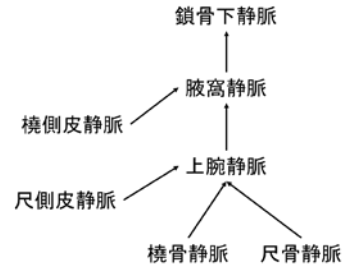
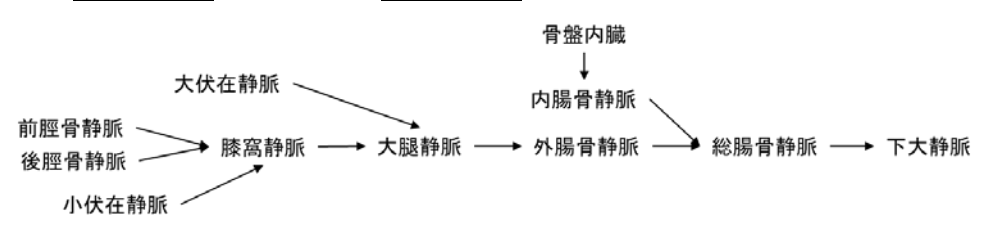
3. 主な血管系

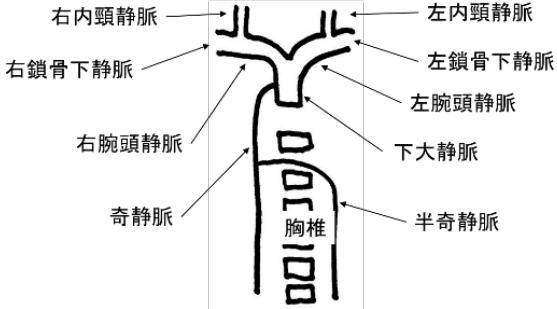
(1) 主な動脈系

上行大動脈	・ <u>冠状動脈</u>（→心臓へ）が分岐する。
大動脈弓	・ 大動脈弓から、<u>腕頭動脈</u>、<u>左総頸動脈</u>、<u>左鎖骨下動脈</u>が分岐する。 ・ 腕頭動脈から、<u>右鎖骨下動脈</u>（→上肢へ）と<u>右総頸動脈</u>が分岐する。（腕頭動脈は右側だけにある） ・ 左右の総頸動脈から、<u>内頸動脈</u>（→脳へ）と<u>外頸動脈</u>（→顔面・頭部へ）が分岐する。 ・ 左右の鎖骨下動脈から、<u>椎骨動脈</u>が分岐し、一本に合流して<u>脳底動脈</u>（→脳へ）になる。 ・ 内頸動脈と脳底動脈から分岐した動脈が互いに吻合して<u>大動脈輪</u>（<u>ウィリス動脈輪</u>）を形成する。 ・ 左右の鎖骨下動脈から、<u>内胸動脈</u>（→前胸壁へ）が分岐する。
	
上肢の動脈	・ 鎖骨下動脈→腋窩動脈→上腕動脈→橈骨動脈、尺骨動脈→浅掌動脈弓、深掌動脈弓
胸大動脈	・ <u>気管支動脈</u>（→気管支、肺へ）、<u>肋間動脈</u>（→胸壁へ）が分岐する。
腹大動脈	・ <u>腹腔動脈</u>（→胃、脾臓、肝臓へ）が分岐する。 ・ <u>上腸間膜動脈</u>（→膵臓、小腸、右側の大腸）が分岐する。 ・ <u>下腸間膜動脈</u>（→左側の大腸、直腸）が分岐する。 ・ <u>腎動脈</u>（→腎臓へ）が分岐する。 ・ <u>精巣動脈</u>、<u>卵巣動脈</u>（→精巣・卵巣へ）が分岐する。 ・ 左右の<u>総腸骨動脈</u>に別れ、<u>大腿動脈</u>（→下肢へ）となる。
	

下肢の動脈	・ 総腸骨動脈→外腸骨動脈→大腿動脈→膝下動脈→前・後脛骨動脈、腓骨動脈→内腸骨動脈→（骨盤内臓）→足背動脈 
-------	---

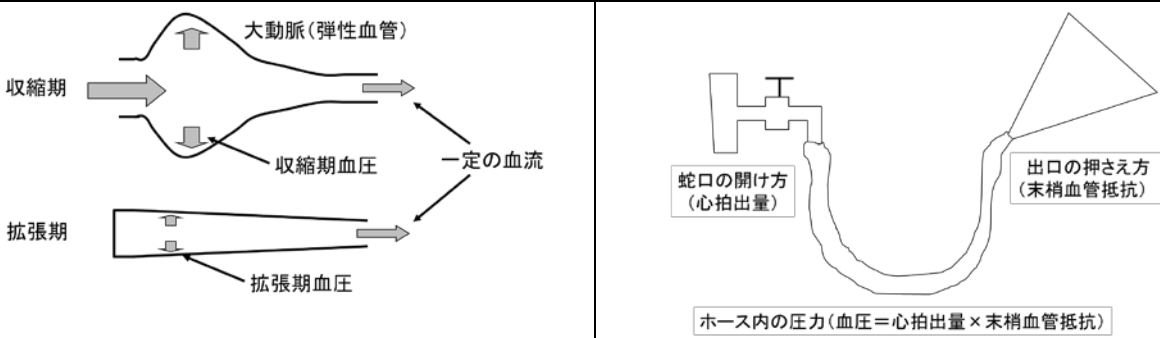
(2) 主な静脈系

頭頸部	・ 脳からの血液は、主に<u>内頸静脈</u>に集められる。 ・ 頭部表層からの血液は主に<u>外頸静脈</u>に集められ、鎖骨下静脈に合流する。 ・ 内頸静脈と鎖骨下静脈は、合流して<u>腕頭静脈</u>になる。（合流点を<u>静脈角</u>という。） ・ 左右の腕頭静脈は、合流して<u>上大静脈</u>となり、右心房にそそぐ。 
上肢	・ 深静脈：<u>橈骨静脈</u>と<u>尺骨静脈</u>→<u>上腕静脈</u>→<u>腋窩静脈</u>→鎖骨下静脈 ・ 皮静脈：<u>撓側皮静脈</u>→腋窩静脈 <u>尺側皮静脈</u>→上腕静脈 ・ 撓側皮静脈と尺側皮静脈は肘窩で吻合して<u>肘正中脾静脈</u>をつくる。 
下肢	・ 深静脈：<u>大腿静脈</u>→<u>外腸骨静脈</u>→<u>総腸骨静脈</u> ・ 左右の総腸骨静脈は合流して<u>下大静脈</u>になる。 ・ 皮静脈：<u>大伏在静脈</u>→大腿静脈、<u>小伏在静脈</u>→膝窩静脈 
骨盤	・ 骨盤内臓・臀部、陰部→<u>内腸骨静脈</u>→総腸骨静脈 ・ <u>右精巣（卵巣）静脈</u>は下大静脈に合流し、<u>左精巣（卵巣）静脈</u>は左腎静脈に合流する。
腎臓	・ 腎臓→<u>腎静脈</u>→下大静脈

腹部 門脈系	・ 腹部内蔵（胃・小腸・大腸・脾臓・膵臓）→<u>門脈</u>→肝臓→<u>肝静脈</u>→下大静脈 ・ 門脈の側副血行路 ①食道の下部で奇静脈と吻合 ②直腸下部で内腸骨静脈と吻合 ③臍傍静脈を介して腹壁皮下の静脈と吻合
胸壁 腹壁	・ <u>奇静脈</u>は、胸壁と腹壁の深層の血液を集める静脈で、脊柱の<u>右側</u>を上行して上大静脈に注ぐ。 ・ <u>半奇静脈</u>は、脊柱の<u>左側</u>を上行して、胸部で脊柱をまたぎ、奇静脈に合流する。 

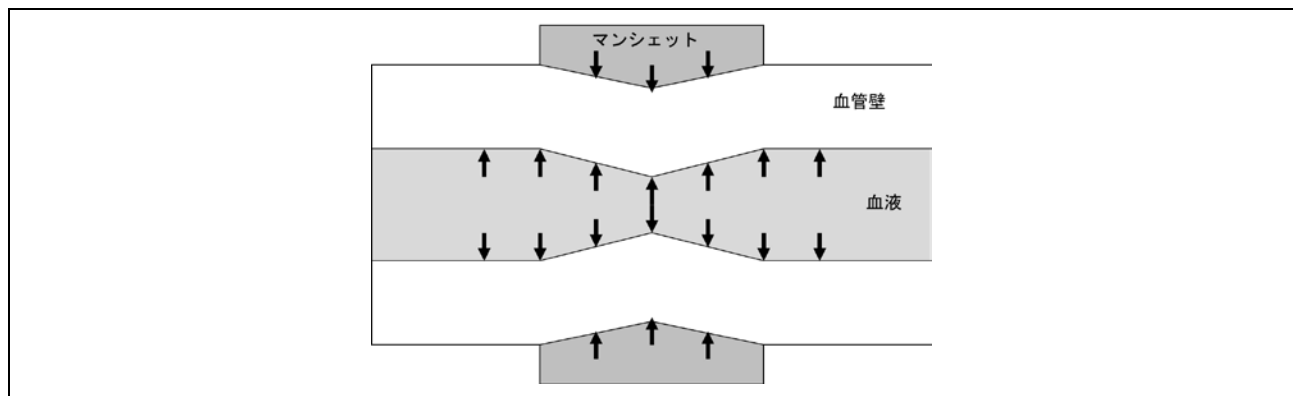
4. 血圧

(1) 血圧

血圧	- 心臓から押し出された血液によって血管壁を垂直方向の押す力 - 心拍出量と末梢血管抵抗の積によって決まる。血圧＝心拍出量×末梢血管抵抗
収縮期血圧	心臓の収縮により圧力が最大になったときの血圧（最高血圧、最大血圧）
拡張期血圧	- 心臓の拡張により圧力が最小になった時の血圧（最低血圧、最小血圧） - 収縮期血圧の約 2/3
脈圧	収縮期血圧と拡張期血圧の差 収縮期血圧が 120mmHg の場合、拡張期血圧は 80mmHg、脈圧は 40mmHg になる。
	

(2) 血圧の測定

測定原理	- 動脈の外部から圧力を加えて血流を完全に途絶させた後、圧力を徐々に下げることにより測定 - 通常、血圧は座位または仰臥位で<u>上腕動脈圧</u>を測定する。 - 測定部位が心臓の高さになるようにする。 測定部位を心臓より高くすると低値になり、低くすると高値になる。
触診法	- 橈骨動脈の拍動が触れなくなったところから、さらに <u>20～30mmHg</u> ほど加圧する。 - 圧力を緩やかに下げていき（1 拍毎または 1 秒間に 2～3mmHg）、再び橈骨動脈の拍動が触れるようになった時の圧を収縮期血圧とする。早く下げると低値になる。 - 触診法では、拡張期血圧の測定はできない。
聴診法	<u>コロトコフ音</u>：動脈が部分的に圧迫されている時に起きる血流の乱れによる振動を聴診器で聞く音 <u>マンシェット</u>：上腕に巻き付けて上腕動脈を圧迫するもの 幅：上腕の 2/3 とする。成人は 14 cm。狭いと高値になり、広くと低値になる。 上腕動脈を圧迫する位置で下縁が肘関節の 2～3 cm 上方になり、指が 1～2 本入る程度の強さで巻く。緩く巻くと高値になり、きつく巻くと低値になる。 ①マンシェットの圧を想定される血圧より <u>20～30mmHg</u> ほど高く加圧する。（コロトコフ音は聞こえない） ②マンシェットの圧を緩やかに下げていき（1 拍毎または 1 秒間に 2～3mmHg）、コロトコフ音が聞こえ始める時の血圧を収縮期血圧とする。早く下げると低値になる。 ③さらに圧を下げてコロトコフ音が聞こえなくなる時の血圧を拡張期血圧とする。 <u>聴診間隙</u>：マンシェットの圧を下げていく途中でコロトコフ音が小さくなり一時的に聞こえなくなること（教科書 210 ページ、図 4-23）、高血圧の人の 10% 程度でみられる。 - 聴診間隙を収縮期血圧と見誤らないために、橈骨動脈で脈を触れなくなるまで圧を上昇させる。 - 一般に、聴診法の方が触診法より約 10mmHg 高く測定される。 - マンシェットの幅（JIS 規格） 生後 3 か月未満：3cm、3 か月～3 歳未満：5cm、3～6 才未満：7 cm、6～9 歳未満：9cm、9 歳～：12cm、成人（上腕用）：14cm、成人（下肢用）：18cm



(3) 血液の循環

血圧	・心臓に近いほど高く、大動脈、動脈、毛細血管、静脈としだいに低くなり、大静脈ではほぼ 0mmHg になる。
血液容量	・<u>容量血管</u>：毛細血管、細静脈、静脈を合わせた量、約 80%の血液が存在
総断面積	・毛細血管で最大になる。
血流速度	・毛細血管で最低になる。
弾性動脈	・<u>弾性動脈のポンプ作用</u>：収縮期に送り出された血液は大動脈内に一時的に蓄積され、拡張期に血管の弾性によりもとに戻るときに末梢に送り出される。 ・これにより、動脈での拍動的な血流が、毛細血管と静脈での連続的な流れになる。 ・動脈硬化症により大動脈の弾性が失われると、収縮期血圧・拡張期血圧ともに高くなるが、動脈硬化症が高度になると拡張期血圧は逆に低下し、脈圧は大きくなる。
抵抗血管	・細動脈は平滑筋の層が厚く、毛細血管に流入する血液量を調節している。 ・末梢血管抵抗が上昇すると大動脈内に充満する血液量が増加するので拡張期血圧が上昇する。
筋ポンプ	・筋肉による圧迫と静脈弁により、下半身の血液を心臓へ還流させる。
血流の再配分	・血流の需要が増加した臓器へ行く動脈を拡張させ、需要が少ない臓器の動脈を収縮させることにより、血流の再配分を行う。

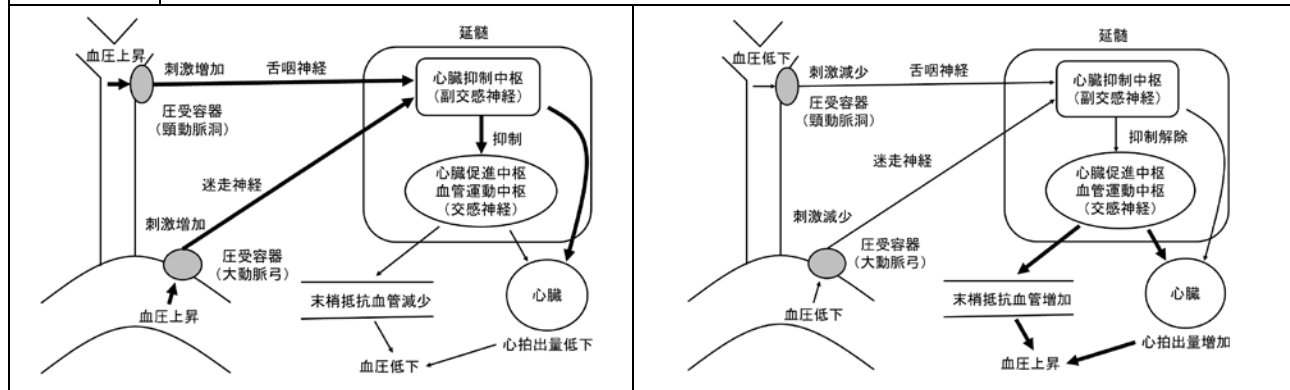
(4) 血圧の調節

1) 心臓血管中枢

心臓血管中枢	・延髄にあり、血管運動中枢、心臓促進中枢、心臓抑制中枢からなる。
血管運動中枢 (交感神経)	・血管を支配する交感神経の中枢 ・神経伝達物質：ノルアドレナリン（アドレナリン受容体に結合） ・<u>α_1受容体</u>：骨格筋以外（内臓や皮膚など）の血管を<u>収縮</u>させる。 ・<u>β_2受容体</u>：骨格筋の血管を<u>拡張</u>させる。
心臓促進中枢 (交感神経)	・洞房結節、房室結節、脚、プルキンエ線維、固有心筋に分布する交感神経の中枢 ・心臓のアドレナリン受容体：β_1受容体（心拍数は増加させ、興奮伝導時間を短縮し、心筋の収縮力を増強する）
心臓抑制中枢 (副交感神経)	・副交感神経の興奮により心臓促進中枢（交感神経）を抑制する。 ・洞房結節、房室結節に分布する副交感神経の中枢 ・神経伝達物質：アセチルコリン（アセチルコリン受容体に結合） ・<u>アセチルコリン受容体</u>（ムスカリン受容体）：心拍数を減少させ、興奮伝導時間を延長する。

2) 圧受容器

圧受容器	・大動脈弓と頸動脈洞に存在する。 ・求心線維は大動脈弓では迷走神経、頸動脈洞では舌咽神経である。
降圧反射	・血圧が上昇すると圧受容器を刺激する。 →圧受容器からの刺激は心臓抑制中枢を興奮させる。 →心臓抑制中枢の興奮は心臓促進中枢と血管運動中枢を抑制する。 →その結果、心拍数・心拍出量が減少し、末梢血管抵抗が低下するので血圧が低下する。
昇圧反射	・血圧が低下すると圧受容器への刺激が減少する。 →圧受容器からの刺激の減少は心臓抑制中枢の興奮を減少させる。 →心臓抑制中枢の興奮の減少は心臓促進中枢と血管運動中枢の抑制を解除する。 →その結果、心拍数・心拍出量が増加し、末梢血管抵抗が上昇するので血圧が上昇する。

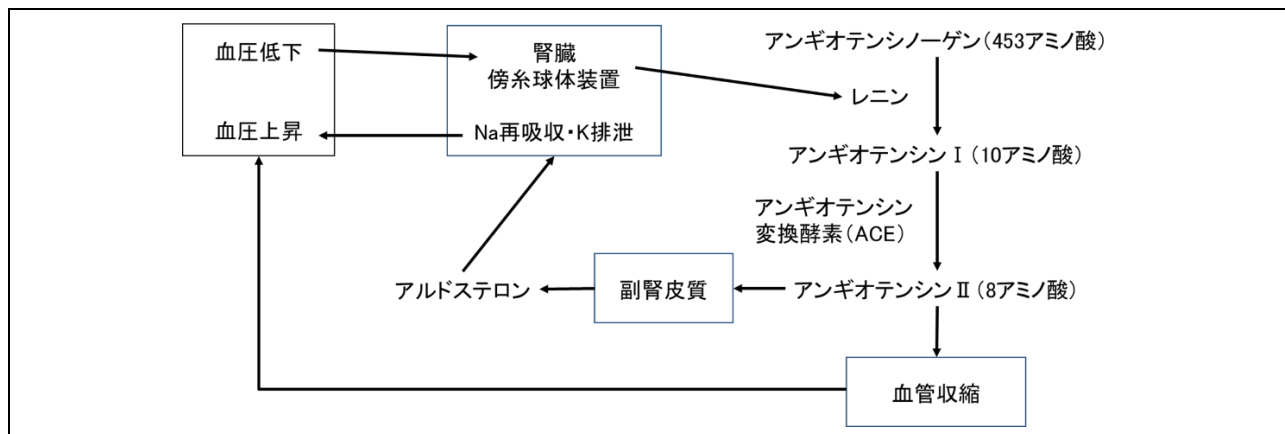


3) 液性因子

血管収縮物質	・副腎髄質：カテコールアミン（アドレナリン、ノルアドレナリンなど）のα作用 ・腎臓：レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系 ・血小板：トロンボキサンA_2 (TXA$_2$) ・血管内皮細胞：エンドセリン
血管拡張物質	・副腎髄質：カテコールアミン（アドレナリン、ノルアドレナリンなど）のβ作用 ・血管内皮細胞：一酸化窒素 (NO)、プロスタサイクリン (PGI$_2$) ・肥満細胞：ヒスタミン（アレルギーによる発赤、腫脹を促進する）

4) レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系

①血圧が低下すると腎臓の血流が減少する。 ②腎臓の血流が減少すると傍糸球体細胞（傍糸球体装置）からレニンが分泌される。 ③レニンは、アンギオテンシノーゲンをアンギオテンシンⅠに変換する。 アンギオテンシノーゲンは453個のアミノ酸からなるたんぱく質で、主に肝臓で合成される。 レニンは、アンギオテンシノーゲンのN端を切り離して、10個のアミノ酸からなるアンギオテンシンⅠを生成する。アンギオテンシンⅠには生理活性はない。 ④アンギオテンシン変換酵素（ACE）は、アンギオテンシンⅠをアンギオテンシンⅡに変換する。 アンギオテンシン変換酵素は、アンギオテンシンⅠのC端の2つのアミノ酸を切り離して、8個のアミノ酸からなるアンギオテンシンⅡを生成する。 ⑤アンギオテンシンⅡは、血管を収縮させて、血圧を上昇させる。 ⑥アンギオテンシンⅡは、副腎皮質に働いて、アルドステロンを分泌させる。 ⑦アルドステロンは、腎臓（集合管）に働いて、Naの再吸収を促進する。 ⑧Naの再吸収が促進すると、体液量が増加して、血圧が上昇する。	
---	--



5) ナトリウム利尿ペプチド (natriuretic peptide)

- ・アルドステロンの作用に拮抗して、Na の尿中排泄を促進する。
→体内の Na 量を減少するので、体液量が減少し、血圧が低下する。
- ・血管拡張作用により血圧が低下する。

心房性ナトリウム利尿ペプチド (ANP)	・<u>右心房</u>の心房筋から分泌されるホルモンである。 ・右心房への静脈還流量が増加すると分泌が増加する。
脳性ナトリウム利尿ペプチド (BNP)	・<u>心室筋</u>から分泌されるホルモンである。(脳で発見されたので「脳性」といわれるが、ヒトの脳にはほとんどない) ・心室内への血液の流入量が増加すると分泌が増加する。 ・心不全の診断 (血中濃度が上昇) に利用される。

6. 微小循環

毛細血管	・毛細血管と組織間の水および溶質の移動を、<u>微小循環</u>という。 ・<u>連続型毛細血管</u>：筋組織、神経組織、肺 ・<u>有窓型毛細血管</u>：小腸、腎臓、内分泌腺 ・<u>洞様毛細血管</u>：肝臓、骨髄
水の移動	・<u>毛細血管圧</u>：毛細血管内から組織へ向かう圧力 ・<u>膠質浸透圧</u>：組織から毛細血管内へ向かう圧力 間質のたんぱく質濃度より血漿たんぱく質濃度が高いことで形成される浸透圧 ・<u>浮腫</u>：血漿たんぱく質濃度が低下すると、膠質浸透圧が低下するので、間質から毛細血管内への水の移動が減少し、水が間質の貯留
The diagram shows a cross-section of a capillary (毛細血管) and a lymphatic vessel (リンパ管). Inside the capillary are red blood cells and '血漿たんぱく質' (plasma proteins). An arrow labeled '毛細血管圧' (capillary pressure) points out of the capillary into the '間質液' (interstitial fluid). An arrow labeled '膠質浸透圧' (colloid osmotic pressure) points from the interstitial fluid back into the capillary. The lymphatic vessel is shown with an arrow indicating fluid flow out of the interstitial space.	
浮腫の原因	・静脈系のうっ血：心不全 ・低たんぱく血症による膠質浸透圧の低下：腎性浮腫、飢餓、肝硬変 ・リンパ管閉鎖：リンパ管の異常

7. リンパ系

リンパ管	・毛細血管から組織に出た間質液の一部はリンパ管に取り込まれる。 ・リンパ管の末端は間質に開いている。 ・リンパ管には逆流を防ぐ弁がある。
リンパ液	・リンパ管を流れる液体（1日の流量は3～4L）
走行	・リンパ管は合流しながら途中でリンパ節を通過して、最終的には鎖骨下静脈と内頸静脈の合流部（静脈角）に流入する。 ・静脈角へは、右側では右リンパ本管が、左側では胸管が流入する。 ・右上半身：右リンパ本管→右静脈角 ・両下肢、腹部、左上半身：胸管→左静脈角 ・両下肢、骨盤からの腰リンパ本管と腹部内臓からの腸リンパ本管が合流して胸管になる。（合流部には乳び槽がある） ・消化管で吸収された脂質（キロミクロン）は胸管を通過して静脈に流入する。
役割	・間質液を血液循環に戻す。 ・毛細血管壁を通過しない代謝産物を除去する。 ・小腸で吸収された脂質（キロミクロン）を運び、血液循環に入れる。 ・リンパ節により、細菌など体内に侵入した異物を処理する。

8. 血液

1. 血液の組成と機能

(1) 血液の組成

液体成分 (55%)	<u>血漿</u>	- 血液から血球成分（赤血球、白血球、血小板）を除いた液体成分 - 水 (91%)、たんぱく質、電解質、グルコース、アミノ酸、ビタミン、微量元素、ホルモンなどが溶解している。 <u>フィブリノゲンなど血液凝固因子を含む。</u>
	<u>血清</u>	- 血液から<u>血餅</u>（凝固した血液）を除いた残りの液体成分 <u>フィブリノゲンなど血液凝固因子を含まない。</u>
細胞成分 (45%)	・赤血球、白血球、血小板	

(2) 造血

<u>多能性造血幹細胞</u>	→ <u>骨髄系幹細胞</u>	→ 赤芽球 → 赤血球
		→ 巨核球 → 血小板
		→ 骨髄芽球 → 好中球、好酸球、好塩基球
		→ 単芽球 → 単球
	→ <u>リンパ性幹細胞</u>	→ Tリンパ芽球 → T細胞
		→ Bリンパ芽球 → B細胞
造血因子	エリスロポエチン	赤血球の産生を促進
	トロンボポエチン	血小板の産生を促進
	GM-CSF	顆粒球（好中球、好酸球、好塩基球）、マクロファージの産生を促進
	G-CSF	好中球の産生を促進
	M-CSF	マクロファージの産生を促進

(3) 血液の機能

物質の輸送	- ヘモグロビン：酸素 - リポたんぱく質：トリグリセリド、コレステロールなど - 輸送たんぱく質：脂溶性ホルモン、鉄など - 水：グルコース、アミノ酸、水溶性ホルモン、電解質など
異物、腫瘍細胞、古くなった細胞の除去	・白血球
血液の凝固	・血小板、凝固因子

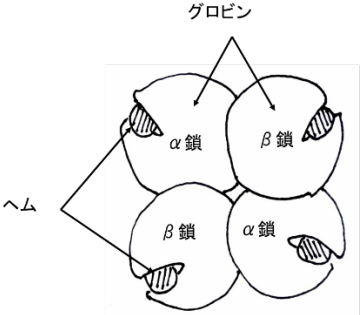
2. 赤血球

(1) 赤血球の構造

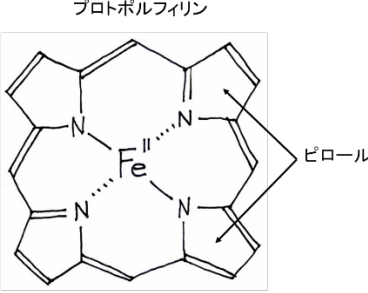
分化	・赤血球系前駆細胞→ <u>赤芽球</u> →脱核（核を放出）→ <u>網状赤血球</u> →ミトコンドリア、小胞体、リボゾームなどの細胞小器官が消失→ <u>成熟赤血球</u>	
網状赤血球	・骨髄から出てきた若い球状の赤血球、たんぱく合成あり。	
赤血球	・直径が約 $8\mu\text{m}$ の中央がくぼんだ円盤状の細胞、たんぱく合成なし。	
変形性	・赤血球は変形性に富むので直径が $8\mu\text{m}$ より細い毛細血管を通ることができる。	
機能	・酸素の運搬	
寿命	・約 120 日（古くなった赤血球は脾臓で破壊）	
検査	赤血球数 (RBC)	・男性：400～550 万/ mm^3 、女性：350～500 万/ mm^3
	ヘモグロビン (Hb)	・男性：14～18g/dL、女性：12～16g/dL
	ヘマトクリット (Ht)	・男性：40～50%、女性：35～45%

(2) ヘモグロビンの構造

プロトポルフィリン	・4つのピロールが環状構造になった化合物、中央に2価鉄が1つ結合
ヘム	・ポルフィリン+鉄（ヘム鉄）
グロビン	・4つのサブユニット（HbAは $\alpha 2\beta 2$ 型、HbFは $\alpha 2\gamma 2$ 型） ・1つのヘモグロビンには4つの酸素が結合できる。
ヘモグロビン	・ヘム+グロビン



ヘモグロビン



ヘム(プロトポルフィリン+Fe^{II})

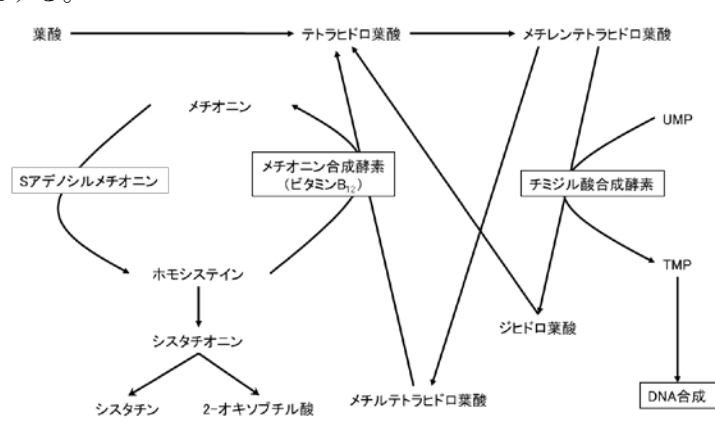
(3) 赤血球の新生

1) 造血組織

胎生期	・骨髄、肝臓、脾臓で産生
出生後	・骨髄だけで産生
赤色骨髄	・造血が盛んな骨髄、主に体幹部の骨（脊椎、胸骨、肋骨、骨盤）
黄色骨髄	・四肢の骨髄、加齢とともに脂肪組織に置き換わって造血能は低下

2) 造血の栄養因子

鉄の吸収	・<u>非ヘム鉄</u>（野菜など）：胃酸によりイオン化され、Fe^{3+}からFe^{2+}（可溶性）に還元 ・Fe^{2+}：ビタミンC、糖質、アミノ酸など結合して可溶性を維持、十二指腸で吸収 ・遊離の鉄イオン：pH7.0では不溶性となるので吸収されにくい。 ・<u>ヘム鉄</u>（肉など）：そのままの形で吸収されるので吸収率がよい。 ・食事の鉄（10～20mg/日）の、<u>約10%（1～2mg/日）</u>が吸収される。 ・<u>ビタミンC</u>：鉄の可溶化とFe^{2+}への還元を促進するので鉄吸収を促進 ・タンニン（緑茶、コーヒー）：鉄と不溶性の塩を形成するので鉄吸収を阻害
鉄の排泄	・胆汁、糞便、汗、尿に約0.5～1 mg/日、月経として20～40 mg/月が失われる。
体内鉄の分布	・体内の鉄：3～5g ・<u>ヘモグロビン鉄</u>（60～70%、約3g）：赤血球、骨髄赤芽球 ・<u>貯蔵鉄</u>（25～30%、1～2g）：肝、脾、骨髄のフェリチン、ヘモジデリン ・<u>組織鉄</u>（3～4%）：筋肉内のミオグロビン鉄、皮膚、粘膜など ・<u>血清鉄</u>（0.1%）：Fe^{3+}がトランスフェリンと結合して存在
ビタミンB6	・ポルフィリン合成の律速酵素であるアミノレブリン酸合成酵素の補酵素 グリシン+スクシニル-CoA → 5-アミノレブリン酸

ビタミン B12、葉酸	・ DNA 合成とメチオニン合成に関与する。 ・ テトラヒドロ葉酸は、メチレンテトラヒドロ葉酸、ジヒドロ葉酸を経て、再びテトラヒドロ葉酸に戻る。メチレンテトラヒドロ葉酸をジヒドロ葉酸に変換するチミジル酸合成酵素が UMP（ウリジル酸）を TMP（チミジル酸）へ変換する。 ・ これとは別に、メチレンテトラヒドロ葉酸は、メチルテトラヒドロ葉酸を経てテトラヒドロ葉酸に戻る経路もある。ビタミン B12 はメチルテトラヒドロ葉酸をテトラヒドロ葉酸に変換するメチオニン合成酵素の補酵素 ・ ビタミン B12 欠乏または葉酸欠乏ではテトラヒドロ葉酸が欠乏し DNA 合成の材料である TMP が欠乏する。 
銅	・ 造血に関与し、銅不足で貧血になることがある。

3) エリスロポエチン

・ 赤血球の産生を促進 ・ 血液の酸素分圧低下が刺激となって腎臓から分泌

(4) 赤血球の破壊と再利用

破壊	・ 赤血球が老化（酵素活性の低下、変形能の低下）すると、主に脾臓でマクロファージに取り込まれて破壊される。
再利用	・ 鉄：トランスフェリンと結合して骨髓に運ばれて造血に再利用 ・ グロビン：アミノ酸に分解されて、たんぱく質合成に再利用
排泄	・ ポルフィリン： <u>ビリルビン</u> となって胆汁中に排泄

(5) 赤血球の異常

鉄欠乏性貧血	・ 鉄欠乏によるヘモグロビン合成障害（小球性低色素性貧血）
巨赤芽球性貧血	・ ビタミン B12 または葉酸が欠乏すると骨髓に巨赤芽球性貧血が出現 ・ 葉酸が欠乏するとテトラヒドロ葉酸が減少するで、結果として TMP の産生も減少する。TMP は、DNA 合成の材料なので、DNA 合成が遅れて、赤芽球の分裂も遅れる。一方、UMP を利用する RNA 合成は障害されないのので、たんぱく質合成は継続する。その結果、骨髓中に巨赤芽球が出現する。 ・ ビタミン B12 が欠乏するとメチルテトラヒドロ葉酸が蓄積する。これを葉酸トラップという。その結果、テトラヒドロ葉酸が欠乏し、その影響で葉酸欠乏と同様の機序で DNA 合成が遅れ、巨赤芽球が出現する。 ・ 巨赤芽球は成熟することができずに骨髓内で崩壊するので貧血になる。これを<u>無効造血</u>という。ビタミン B12 欠乏による貧血を<u>悪性貧血</u>という。
溶血性貧血	・ 末梢血の赤血球の破壊亢進（正球形正色素性貧血）
再生不良性貧血	・ 造血幹細胞の異常による造血障害
真正赤血球増加症	・ 造血幹細胞の腫瘍化により赤血球が増加

3. 白血球

白血球	・赤血球よりやや大きく (10～20 μm)、核をもった細胞で、形や染色性により、 <u>顆粒球</u> (好中球、好酸球、好塩基球)、 <u>リンパ球</u> 、 <u>単球</u> に分類される。
白血球数	・4,000～9,000/ mm^3 であり、好中球が約 60%、リンパ球が約 30%、単球が約 5%、好酸球が約 4%、好塩基球が約 1%を占めている。
機能	・免疫、老化細胞や奇形細胞の除去
好中球	・中性顆粒：白血球の中でもっとも多い。 ・<u>化学走性</u>と<u>貪食作用</u> (食作用) により病原細菌などの異物を取り込んで消化・分解する。 ・骨髄から<u>桿状核好中球</u>として末梢血中に出て<u>分葉核好中球</u>へと成熟する。 ・<u>核の左方移動</u>：細菌感染などの急性炎症で末梢血中の桿状核好中球が増加すること ・<u>膿</u>：病原細菌などの異物を処理して死滅した好中球の残がい
好酸球	・好酸性顆粒：寄生虫を障害する作用やアレルギーを抑制または促進する作用がある。 ・寄生虫感染やアレルギー疾患で増加する。
好塩基球	・好塩基性顆粒：ヒスタミンなどの化学伝達物質を多量に含む。 ・組織に出て<u>肥満細胞</u> (マスト細胞) になる。 ・肥満細胞の表面には IgE が結合し、I 型アレルギー反応に関与
リンパ球	・T 細胞、B 細胞、NK (natural killer) 細胞などがあり、免疫応答に関与する。
単球	・組織に出て<u>マクロファージ</u> (大食細胞) になる。 ・貪食作用 (食作用) により、異物を処理 ・<u>抗原提示細胞</u>として、免疫応答に関与

4. 血小板

産生	・直径約 3 μm、核を持たない最も小さな血球 ・骨髄の<u>巨核球</u>の細胞質がちぎれることにより産生 ・寿命：約 4 日 ・血小板数：20～40 万/mm^3
血栓形成	・損傷された血管壁のコラーゲン線維に粘着 ・<u>ADP</u> や <u>トロンボキサン A_2</u> を放出：血小板の粘着を促進 ・<u>血小板第 3 因子</u> (リン脂質) を放出：凝固因子を活性化して血液凝固を促進

5. 血漿たんぱく質

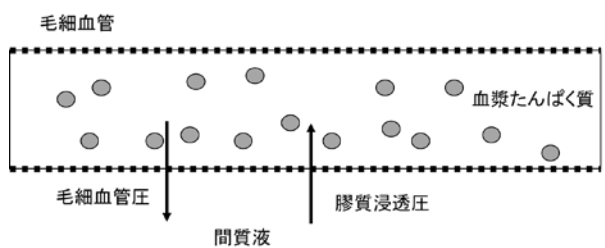
(1) 血漿と血清

血漿 (plasma)	- 血液から血球成分（赤血球、白血球、血小板）を除いた液体成分 - 血漿の 91% は水分で、たんぱく質（フィブリノーゲンなど血液凝固因子を含む）、電解質、グルコース、アミノ酸、ビタミン、微量元素、ホルモンなどが溶解している。
血清 (serum)	- 血液が凝固してできる血餅を除いた残りの液体成分 - 血漿から血餅を生成するために消費された成分（フィブリノーゲンなど血液凝固因子）を除いた残りの液体成分が含まれている。

(2) 種類

血漿たんぱく質	・電気泳動法により <u>アルブミン</u> と <u>グロブリン</u> に大別
アルブミン	・肝臓で合成されるで、血漿たんぱく質の 50～70% を占める。
グロブリン	100 種類以上のたんぱく質からなり、α_1、α_2、β、γ の 4 分画に分けられる。 - 免疫細胞が合成する免疫グロブリンは γ 分画に含まれている。 α_1 グロブリン：サイロキシシン結合グロブリンなど α_2 グロブリン：セルロプラスミン、ハプトグロビンなど β グロブリン：トランスフェリンなど γ グロブリン：免疫グロブリン (IgG、IgM、IgA、IgD、IgE) など - アルブミンより早く泳動される分画（プレアルブミン）：トランスサイレチン β グロブリンと γ グロブリンの間に泳動される分画：フィブリノーゲン
A/G 比	・アルブミンとグロブリンの比 (1.5～2.3)
フィブリノーゲン	・肝臓で合成される凝固因子の 1 つで、フィブリンになる。

(3) 主な機能

膠質浸透圧	- 血漿たんぱく質によって間質から血管内に向かって生じる浸透圧 - 主にアルブミンが関与する。 
物質の運搬	- アルブミン：間接ビリルビン、脂肪酸、脂溶性のホルモンなど - サイロキシシン結合グロブリン：甲状腺ホルモン - トランスサイレチン：甲状腺ホルモン、ビタミン A - ホルモン輸送たんぱく質：性ホルモン、副腎皮質ホルモンなど - レチノール結合たんぱく質：ビタミン A - トランスフェリン：鉄 - セルロプラスミン：銅 - ハプトグロビン：遊離ヘモグロビン
血液凝固 線維素溶解	- フィブリノーゲン、プロトロンビンなど血液凝固因子 - プラスミン（フィブリンを分解）
生体防御	・抗体（免疫グロブリン IgG、IgM、IgA、IgD、IgE）、補体

(4) 炎症反応の検査

赤血球沈降速度 (赤沈、ESR)	・ 静止状態に置いた赤血球同士が結合して沈降する速度を測定する検査 ・ 体内に炎症があり、γグロブリン分画が増加すると沈降速度が速くなる。
C 反応性たんぱく質 (CRP)	・ 体内に炎症があるとき肝臓で合成されるたんぱく質（肺炎球菌のC多糖体と結合するたんぱく質）で、補体を活性化して細菌の溶菌・凝集に関与

6. 血液凝固

(1) 一次止血血栓（血小板血栓）

血管の収縮	・ 破綻した血管は収縮することにより、出血を最小限に抑える。
血小板血栓	・ 血小板が粘着・凝集して血小板血栓を形成 ・ 凝集した血小板から ADP やトロンボキサン A_2 をなどが放出され、血小板の粘着・凝集を促進 ・ 血小板血栓はすばやい止血に有効だが、もろくはがれやすい。
出血時間	・ 耳朶や指先を傷つけ、血小板血栓により止血するまでの時間を測定する検査（正常では 2～5 分）

(2) 二次止血血栓（血液凝固）

凝固因子	・ 血液中には 14 種類（第Ⅵ因子は欠番）の凝固因子が存在する。 - 第Ⅰ因子 フィブリノゲン（フィブリン） - 第Ⅱ因子 プロトロンビン（トロンビン） - 第Ⅲ因子 組織因子（組織トロンボプラスチン） - 第Ⅳ因子 Ca^{2+}（カルシウムイオン） - 第Ⅴ因子 プロアクセレリン - 第Ⅶ因子 プロコンペルチン - 第Ⅷ因子 抗血友病因子 - 第Ⅸ因子 クリスマス因子 - 第Ⅹ因子 スチュアート因子 - 第ⅩⅠ因子 血漿トロンボプラスチン前駆物質 - 第ⅩⅡ因子 ハーゲマン因子 - 第ⅩⅢ因子 フィブリン安定化因子 - プリカリクレイン - 高分子キニノーゲン（フィッツジェラルド因子）
内因系経路	・ カリクレインと第Ⅻ因子が反応して活性化する。 ・ 第Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ、Ⅺ、Ⅻ因子が関与する。
外因系経路	・ 組織因子と第Ⅶ因子が反応して活性化する。 ・ 第Ⅶ因子が関与する。
共通経路	・ 内因系経路と外因系経路は、第Ⅹ因子の活性化で合流し、最終的にトロンビン（第Ⅱ因子）の作用でフィブリノゲンからフィブリン（第Ⅰ因子）を生成する。 ・ 第Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅹ因子が関与する。 ・ フィブリンは、重合して網状のフィブリン網を形成し、血小板と硬く結びついて強固な血栓を形成する。

(3) ビタミンK 依存性凝固因子

ビタミンK 依存性凝固因子	・ 第Ⅱ、Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ因子 ・ 肝臓で合成されるたんぱく質 ・ ビタミンKはビタミンK 依存性カルボキシラーゼの補酵素として働き、たんぱく質のグルタミン酸残基に、カルボキシル基 (COOH) を付加して、γ-カルボキシグルタミン酸残基に変換 ・ γ-カルボキシグルタミン酸残基に Ca^{2+} が結合することがたんぱく質の機能発揮に必要
ワルファリン	・ ビタミンK に類似した構造をもち、ビタミンK 依存性凝固因子の合成を抑制する抗凝固薬として使用 ・ 食物-薬品相互作用：<u>納豆</u>などビタミンK を多く含む食品はワルファリンの作用を減弱させる。

(4) 血液凝固検査

プロトロンビン時間 (PT)	・ 主に、外因系 (Ⅶ) と共通系 (Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅹ) の異常を反映
活性化部分トロンボプラスチン時間 (APTT)	・ 主に、内因系 (Ⅷ、Ⅸ、Ⅺ、Ⅻ) と共通系 (Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅹ) の異常を反映

```

graph TD
    A[外因系 Ⅶ] --> D[Ⅹ]
    B[内因系 Ⅷ、Ⅸ、Ⅺ、Ⅻ] --> D
    D --> E[Ⅴ]
    E --> F[Ⅱ(プロトロンビン) → Ⅱ(トロンビン)]
    E --> G[Ⅰ(フィブリノーゲン) → Ⅰ(フィブリン)]
    subgraph 共通系
        D
        E
        F
        G
    end

```

(5) 血液凝固障害

血友病	・ 血友病 A (古典的血友病) では第Ⅷ因子が欠損している。 ・ 血友病 B (クリスマス病) では第Ⅸ因子が欠損している。 ・ 第Ⅷ因子と第Ⅸ因子の遺伝子は、X 染色体上にあるので伴性劣性遺伝する。 ・ APTT が延長するが、PT は正常である。
ビタミンK 欠乏症	・ 新生児メレナ (新生児の消化管出血) ・ PT と APTT の両方が延長する。

(6) 線維素溶解 (線溶)

線溶	・ 血栓 (フィブリンが重合してできたフィブリン網) を溶解すること
プラスミン	・ 血栓のフィブリンに<u>プラスミノゲン</u>が結合 ・ <u>組織プラスミノゲンアクチベーター (t-PA)</u> や<u>ウロキナーゼ</u>により<u>プラスミン</u>を生成 ・ プラスミンはフィブリンを分解することで血栓を溶解する。 ・ プラスミノゲンアクチベーターインヒビター (PAI-1) : t-PA、ウロキナーゼを抑制
血栓溶解療法	・ t-PA は血栓溶解療法に使用される。

7. 血液型

(1) ABO 式血液型

凝集原（抗原）	- 細胞膜上に存在する糖鎖、A 型抗原、B 型抗原、H 型抗原に分類 - A 転移酵素：H 型抗原に N-アセチルグルコサミンを結合させる酵素 - B 転移酵素：H 型抗原にガラクトースを結合させる酵素 - A 型：A 転移酵素の遺伝子をもつ人 - B 型：B 転移酵素の遺伝子をもつ人 - AB 型：A 転移酵素と B 転移酵素の両方の遺伝子をもつ人 - O 型：A 転移酵素と B 転移酵素の両方の遺伝子をもたない人

血液型	凝集原（赤血球の抗原）	凝集素（血清中の抗体）	頻度
A 型	A 型抗原	抗 B 抗体	40%
B 型	B 型抗原	抗 A 抗体	20%
AB 型	A 型抗原・B 型抗原	なし	10%
O 型	H 型抗原	抗 A 抗体・抗 B 抗体	30%

(2) Rh 式血液型

Rh 抗原	- 赤血球細胞膜に存在するたんぱく質（Rh 抗原はアカゲザル（rhesus monkey）の血球にある抗原として発見されたことから Rh 抗原と名付けられた） - D 抗原、E 抗原、C 抗原など多くの種類が存在
D 抗原	- Rh（+）：D 抗原を持つ人（99.5%） - Rh（-）：D 抗原をもたない人（0.5%）
輸血	Rh（-）の人に Rh（+）の輸血をすると抗 D 抗体が産生され、その後再び Rh（+）の輸血をすると溶血が起こる。
血液型不適合妊娠	Rh（-）の女性が、Rh（+）の胎児を妊娠すると、出産時に胎児の血液に接触することにより抗 D 抗体が産生される。2 度目の妊娠では、母親の抗 D 抗体が Rh（+）の胎児を攻撃する。

(3) 血液型検査

1) ABO 血液型検査

オモテ検査		ウラ検査		血液型
(患者血球使用)		(患者血清使用)		
抗 A 血清	抗 B 血清	A 型血球	抗 A 血球	
+	—	—	+	A 型
—	+	+	—	B 型
—	—	+	+	O 型
+	+	—	—	AB 型

2) その他の検査

Rh 血液型	・ 受血者の血球と、既知の抗 D 抗体を用いて判定する。 ・ 凝集が起これば、Rh (+) と判定する。 ・ 凝集が起これなければ、Rh (-) と判定する。
不規則抗体	・ ABO 血液型以外の血液型に対する抗体の有無をスクリーニングする検査
交差適合試験	・ ABO 型、Rh 型以外の血液型不適合を検出する検査 ・ 主試験：受血者の血漿（血清）と供血者の血球の凝集反応を判定 ・ 副試験：受血者の血球と供血者の血漿（血清）の凝集反応を判定

(4) 主要組織適合抗原 (MHC 抗原, major histocompatibility antigen)

MHC 抗原	・ T 細胞が自己・非自己を認識するための主要な抗原であり、移植片に対する拒絶反応を起こす原因になる抗原 ・ ヒトの MHC は、HLA (human leukocyte antigen) ・ HLA 遺伝子は第 6 染色体短腕にある	
分類	・ クラス I 抗原とクラス II 抗原の 2 種類があり、それぞれに 3 種類のタイプがあり、それぞれのタイプに十数種類があることから、組み合わせは数万通りになる。	
クラス I 抗原	・ 3 種類のタイプ：HLA-A、HLA-B、HLA-C	・ すべての有核細胞の表面に存在 ・ 癌細胞などの細胞内抗原の断片を提示する。
クラス II 抗原	・ 3 種類のタイプ：HLA-DR、HLA-DP、HLA-DQ	・ 抗原提示細胞 (B リンパ球、単球、樹状細胞) に存在 ・ 細菌やウイルスなど外来抗原の断片を提示する
細胞内抗原の断片 HLAクラス I 分子 外来抗原の断片 HLAクラス II 分子		

(5) 組織適合性検査

HLA 検査	・ HLA-A、HLA-B、HLA-DR の 3 つのタイプが一致しなければ拒絶反応を起こしやすい。
リンパ球直接交差試験	・ レシピエントの血清（抗体）とドナーのリンパ球（HLA）の交差試験 ・ ドナーのリンパ球に対する抗体が陽性の場合、超急性拒絶反応を起こしやすい。

9. 呼吸器

1. 呼吸器系の構成

上気道	・鼻腔、咽頭、喉頭
下気道	・気管、気管支、肺

2. 上気道

(1) 鼻腔

構造	・<u>外鼻孔</u>：外界に通じる部分 ・<u>後鼻孔</u>：咽頭に続く部分 ・<u>鼻中隔</u>：鼻腔を左右に分ける部位 ・<u>キーゼルバツハ部位</u>：鼻中隔前端部の毛細血管が豊富で鼻出血を起こしやすい部位 ・<u>上鼻甲介、中鼻甲介、下鼻甲介</u>：鼻腔外壁の突出した部位 ・<u>上鼻道、中鼻道、下鼻道</u>：上鼻甲介、中鼻甲介、下鼻甲介の下の通り道 ・上皮：<u>多列線毛上皮</u>
鼻涙管	・下鼻道に開口
嗅部	・鼻腔の後上部にある嗅覚に関係する粘膜
副鼻腔	・鼻腔とつながる頭蓋骨の内部の空洞 ・<u>上顎洞、前頭洞、蝶形骨洞、篩骨洞</u>の4つ ・上皮：<u>多列線毛上皮</u>

(2) 咽頭

鼻部	・後鼻孔：鼻腔とつながる。 ・<u>耳管</u>：外側壁に開口 ・<u>咽頭扁桃</u>：後壁上部にあるリンパ組織 ・上皮：<u>多列線毛上皮</u>
口部	・口蓋と舌骨の高さの間 ・口峽：口腔とつながる。 ・上皮：<u>重層扁平上皮</u>
喉頭部	・舌骨の高さの下 ・前方は<u>喉頭</u>とつながる。 ・上皮：<u>重層扁平上皮</u>

(3) 喉頭

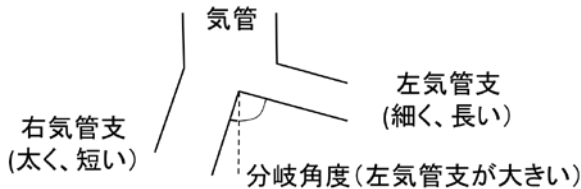
喉頭軟骨	・硝子軟骨：<u>甲狀軟骨、輪狀軟骨、披裂軟骨</u> ・弾性軟骨：<u>喉頭蓋軟骨</u>
喉頭筋	・喉頭軟骨をつなぐ骨格筋群（<u>横紋筋</u>） ・迷走神経（反回神経）の支配を受ける。
上皮	・喉頭蓋の前面、前庭ヒダ、声帯ヒダの一部は<u>重層扁平上皮</u> ・その他は<u>多列線毛上皮</u>
声門	・前庭ヒダ ・<u>声帯ヒダ</u>（内部に声帯靭帯と声帯筋（横紋筋）がある） ・<u>声門</u>：声帯ヒダの間
発声	・声門を閉じて呼気を通すことで声帯を振動させて音波を発生させること
構音	・発声で生じた音波を口腔や咽頭に共鳴させること

3. 下気道

(1) 気管

構造	・喉頭に続いてはじまり、<u>第5胸椎（胸骨角、第2肋骨）</u>の高さで左右の気管支に分岐 ・長さ約10 cm、太さ2.0～2.5 cm ・気管の後壁は、<u>食道</u>と接している。 ・喉頭の下気管の前には<u>甲状腺</u>がある。
気管軟骨	・気管軟骨：<u>馬蹄形</u>の硝子軟骨（16～20個） 気管軟骨は、気管の内腔が閉鎖されるのを防いでいる。 気管の後壁は軟骨を欠き、代わりに平滑筋束がある。 平滑筋束の収縮は、気管の内腔を狭める。 ・<u>輪状靱帯</u>：気管軟骨の間
上皮	・大多数を占める <u>多列線毛上皮</u> と、粘液を分泌する <u>杯細胞</u> からなる。
外膜	・気管周囲は、結合組織からなる外膜でおおわれている。

(2) 気管支

主気管支	・右気管支は、左気管支より太く、伸びる方向が垂直に近い。 ・誤って飲み込んだ異物は、右気管支に入ることが多い。  気管 右気管支 (太く、短い) 左気管支 (細く、長い) 分岐角度 (左気管支が大きい)
気管支	・肺門から入った気管支は、分岐を繰り返しながら、<u>葉気管支</u>、<u>区域気管支</u>、<u>細気管支</u>、<u>終末細気管支</u>、<u>呼吸細気管支</u>、<u>肺胞管</u>を経て、<u>肺胞嚢</u>、<u>肺胞</u>となる。 ・葉気管支：右は上葉、中葉、下葉の3本に、左は上葉、下葉の2本に分かれる。 ・区域気管支：右10本（上葉3、中葉、下葉5）、左8本（上葉4、下葉4）に分かれる。 ・気管支には気管支軟骨が存在するが、肺内で分岐を繰り返すうちしだいに少なくなる。 ・細気管支になると軟骨がなくなり、肺小葉に入る。
上皮	・大多数を占める<u>多列線毛上皮</u>と、粘液を分泌する<u>杯細胞</u>からなる。 ・線毛の運動は、異物を気管の方向へ排出する。
筋層	・細気管支の壁には平滑筋（交感神経で弛緩、副交感神経で収縮）がある。
外膜	・気管支周囲は、結合組織からなる外膜でおおわれている。

(3) 肺

・右肺は上・中・下葉の<u>3葉</u>に、左肺は上・下葉の<u>2葉</u>に分かれ、右肺の方がやや大きい。 ・肺の上部を<u>肺尖</u>、底面を<u>肺底</u>という。 ・肺底は<u>横隔膜</u>に接している。
--

(4) 肺胞

構造	- 直径約 0.2mm の袋状の構造 - 内面は扁平な <u>I 型肺胞上皮細胞</u> と丈の高い <u>II 型肺胞上皮細胞</u> でおおわれている。
I 型肺胞上皮細胞	- 扁平な細胞 - 毛細血管内皮細胞と基底膜を介して接することにより <u>ガス交換</u> を容易にしている。
II 型肺胞上皮細胞	<u>サーファクタント</u> (リン脂質とたんぱく質からなる表面活性物質) を分泌 表面活性作用：肺胞内の水分の表面張力を低下させ、肺胞が虚脱するのを防ぐ。 - 胎児の肺は、妊娠 26 週までに構造が出来上がり、<u>妊娠 34 週</u> には肺サーファクタント産生が十分量に達して機能的に成熟する。
塵埃細胞	肺胞内の異物を貪食

4. 胸膜腔（胸腔）と縦郭

胸膜腔 (胸腔)	- 胸膜：単層扁平上皮からなる<u>漿膜</u> - 臓側胸膜：肺の表面をおおう。 - 壁側胸膜：胸壁の内面をおおう。 <u>胸膜腔</u>（胸腔）：臓側胸膜と壁側胸膜で作られる閉じた空間 - 胸膜腔には、少量液体（漿液）があり、潤滑液の役割を果たしている。
縦郭	- 上縦郭：胸腺、食道、気管、大動脈弓、上大静脈 - 前縦郭：内胸動脈、胸腺下部 - 中縦郭：心臓 - 後縦郭：食道、気管支、胸大動脈、胸管

5. 外呼吸と内呼吸

外呼吸	肺で外気から O_2 を取り入れ、 CO_2 を排泄すること
内呼吸	体内の組織で血液から O_2 を取り入れ、 CO_2 を血液中に放出すること

6. 気道の機能

加温機能	吸い込まれた空気を加温し、冷たい空気による刺激を防ぐ。
加湿機能	吸い込まれた空気を加湿し、呼吸器の粘膜の乾燥を防ぐ。
防御機能	- 杯細胞から分泌される粘液による吸着 - 線毛運動による排泄 咳、くしゃみによる異物の排泄 - リゾチーム、IgA など殺菌作用のある物質の分泌

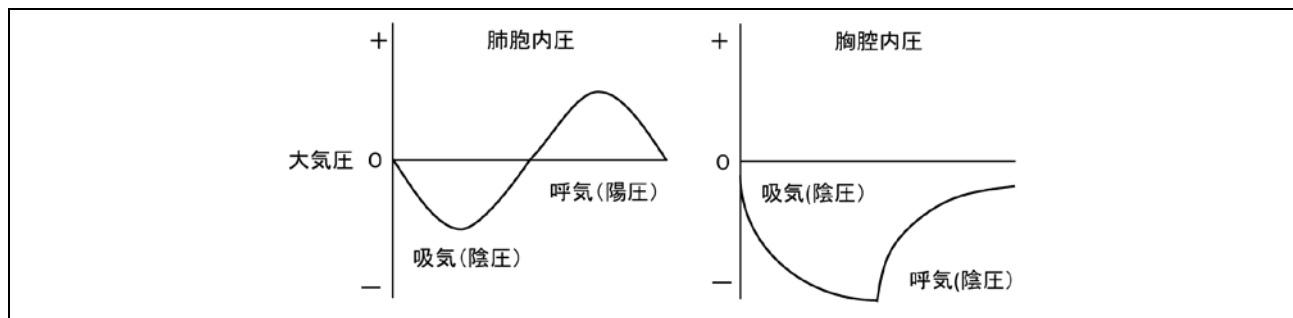
7. 呼吸運動

(1) 胸郭と呼吸筋

胸郭	・ 胸椎、肋骨、胸骨で囲まれた籠状の骨格（「郭」＝壁で囲まれた空間のこと） ・ 肺は自らふくらんだり縮んだりできないので、肺へ空気を出し入れする換気は、胸郭の運動によって行われる。
呼吸筋	・ 吸息筋：<u>外肋間筋</u>、<u>横隔膜</u>の収縮 ・ 呼息筋：<u>内肋間筋</u>、<u>腹筋</u>の収縮 ・ 外肋間筋と内肋間筋は、胸髄から出る運動ニューロン（<u>肋間神経</u>）の支配を受ける。 ・ 横隔膜は、頸髄から出る運動ニューロン（<u>横隔神経</u>）の支配を受ける。

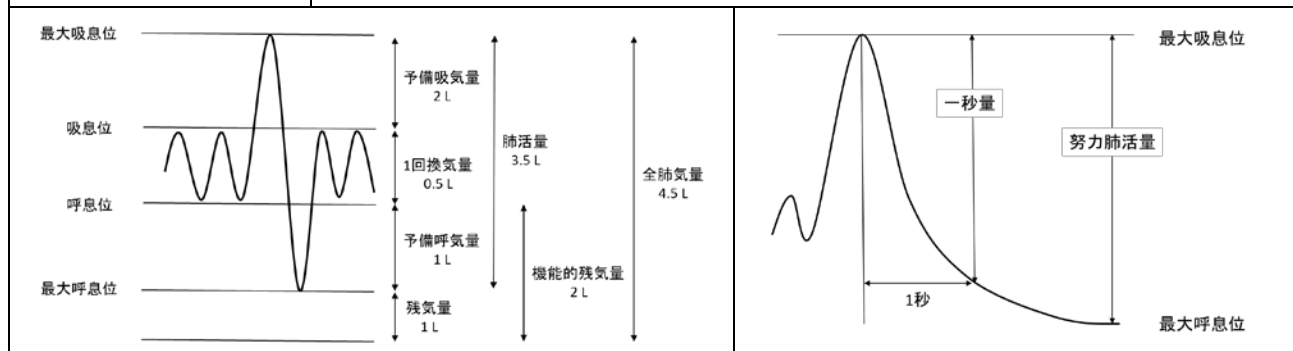
(2) 換気

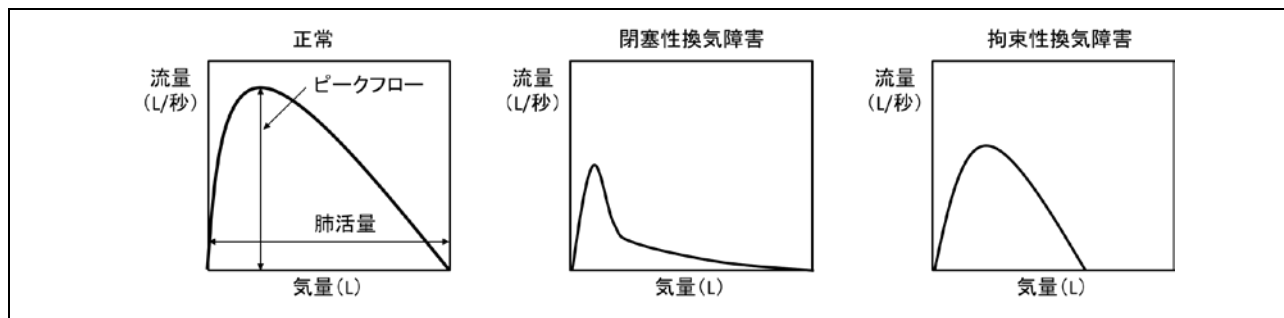
吸息	・ 胸郭の拡大：外肋間筋が収縮すると肋骨が引き上げられる。 横隔膜が収縮すると横隔膜と頂部が下降する。 ・ 胸郭の拡大→胸腔内圧の低下（陰圧）→肺の拡大→肺胞内圧の低下（陰圧）→吸息
呼息	・ 胸郭の縮小：外肋間筋が弛緩すると重力により肋骨が下がる。 内肋間筋が収縮すると肋骨が引き下げられる 横隔膜が弛緩すると横隔膜の頂部が上昇する。 腹筋が収縮すると腹腔内の圧力が上昇して横隔膜を押し上げる ・ 胸郭の縮小→胸腔内圧の上昇（陽圧）→肺の縮小→肺胞内圧の上昇（陽圧）→呼息
呼吸	・ 無意識に呼吸を行うときは、吸息時のみ横隔膜と外肋間筋を使用し、呼息時は筋肉を使用しない。 ・ 意識的に呼吸を行うときは、吸息時には横隔膜と外肋間筋を使用し、呼息時には内肋間筋や腹筋を使って胸腔を狭める。 ・ 呼吸運動には、無意識下や睡眠中でも起こる不随意運動と、意識的に呼吸する随意運動がある。 ・ せき、くしゃみは、反射による不随意呼吸運動である。
腹式呼吸 胸式呼吸	・ 主に横隔膜の働きで呼吸する場合を<u>腹式呼吸</u>、主に胸郭の筋肉の働きで呼吸する場合を<u>胸式呼吸</u>といい、両方同じくらい使うものを<u>胸腹式呼吸</u>という。 ・ 安静時は腹式呼吸が呼吸容積の変化の約 80%を占めている。
肺胞内圧 胸腔内圧	・ 肺胞内圧：呼吸により陰圧と陽圧を交互に繰り返す。 ・ 胸腔内圧：常に陰圧
吸気時 呼気時	



(3) 呼吸気量

1 回換気量 (0.5L)	・ 安静な状態で楽に呼吸をしているときに出入りする空気量												
毎分換気量	・ 毎分換気量＝1 回換気量×呼吸数												
予備吸気量 (2.0L)	・ 通常の吸息位から最大限吸息したときに吸い込む空気量												
予備呼気量 (1.0L)	・ 通常の呼息位から最大限呼息したときに吐き出す空気量												
肺活量 (3.5L)	・ 肺活量＝1 回換気量 (0.5L) ＋予備呼気量 (1L) ＋予備吸気量 (2L)												
残気量 (1.0L)	・ 最大呼息時において気道内に存在する空気量												
機能的残気量 (2.0L)	・ 通常の呼息位において気道内に存在する空気量 ・ 機能的残気量＝予備呼気量＋残気量												
全肺気量 (4.5L)	・ 全肺気量＝肺活量＋残気量												
死腔 (0.15L)	・ ガス交換しない気道の部分 ・ 浅く早い呼吸に比べて深く遅い呼吸のほうが毎分換気量は多くなる。 <table><tr><td></td><td>1 回換気量</td><td>呼吸数</td><td>毎分換気量</td></tr><tr><td>浅く速い呼吸</td><td>0.5L</td><td>30 回/分</td><td>$(0.5-0.15) \times 30 = \underline{10.5\text{L/分}}$</td></tr><tr><td>深く遅い呼吸</td><td>1.0L</td><td>15 回/分</td><td>$(1.0-0.15) \times 15 = \underline{12.8\text{L/分}}$</td></tr></table>		1 回換気量	呼吸数	毎分換気量	浅く速い呼吸	0.5L	30 回/分	$(0.5-0.15) \times 30 = \underline{10.5\text{L/分}}$	深く遅い呼吸	1.0L	15 回/分	$(1.0-0.15) \times 15 = \underline{12.8\text{L/分}}$
	1 回換気量	呼吸数	毎分換気量										
浅く速い呼吸	0.5L	30 回/分	$(0.5-0.15) \times 30 = \underline{10.5\text{L/分}}$										
深く遅い呼吸	1.0L	15 回/分	$(1.0-0.15) \times 15 = \underline{12.8\text{L/分}}$										
努力肺活量	・ 最大吸息位から最大呼息位まで最大の速度で吐き出した時の空気量												
1 秒量	・ 努力肺活量の最初の 1 秒間に排泄する空気量												
1 秒率	・ 1 秒量が肺活量に占める割合 ゲンスラーの 1 秒率：1 秒量÷努力肺活量×100（％） チフノーの 1 秒率：1 秒量÷肺活量×100（％）												
フローボリューム曲線	・ 努力肺活量を測定した際の気量（排出した空気の量 L）を横軸にとり、流量（1 秒当たりの排出量 L/秒）を縦軸にとった曲線 ・ 正常：流量は肺活量の前半に急速に上昇し、ピークフロー（最大流量）に達した後、徐々に低下する上に凸の曲線になる。 ・ 閉塞性換気障害：気道の閉塞により①ピークフローの低下、②ピークフローに達した後、急速に流量が低下する下に凸の曲線になる。 ・ 拘束性換気障害：①肺活量が減少し、②ピークフローも低下して全体として上に凸の曲線になる。												





8. ガス交換

(1) 分圧の基礎知識

・圧力の単位: 100mmHg は、水銀柱の高さ 100mm のこと	
分圧	・多成分から成る混合気体における、ある 1 つの成分が混合気体と同じ体積を単独で占めたときの圧力
液体中の分圧	・液体と気体が接触している状態で、液体から気体へ移動する分子の数と気体から液体へ移動する分子の数が平衡状態に達している時の気体の分圧で表す。

(2) 肺胞でのガス交換

ガス交換	・酸素 (O₂) と二酸化炭素 (CO₂) は肺胞内と毛細血管内のそれぞれの分圧の差に従って、拡散により交換される。 ・ガスの拡散能は、ガスの溶解度に比例する。 CO₂ の溶解度は、O₂ の 20 倍なので、CO₂ の拡散能は、O₂ の 20 倍である。 ・呼吸商 (RQ) : CO₂ 排泄量と O₂ 消費量の比 (CO₂/O₂) ・肺静脈の O₂ 分圧が肺胞の O₂ 分圧より低いのは気管支静脈の静脈血が肺静脈に合流するためである。				
	肺動脈 (静脈血)	肺胞	肺静脈 (動脈血)	外気	
	酸素分圧 (PO ₂)	40mmHg	100mmHg	96mmHg	160mmHg
	二酸化炭素分圧 (PCO ₂)	46mmHg	40mmHg	40mmHg	0.3mmHg
	酸素飽和度	75%	97.5%	97%	

(3) 酸素 (O₂) の運搬

1) 酸素の運搬方法

物理的溶解	・ 1%
ヘモグロビン	・ 99% ・ 酸素はヘモグロビンに含まれる 2 価鉄 (Fe ²⁺) に結合する。 ・ ヘモグロビン 1g は、1.39mL の O ₂ と結合できるので、100mL (ヘモグロビン 15g) の血液は 20.1mL の O ₂ と結合することができる。

2) 酸素解離曲線

酸素飽和度	・ ヘモグロビンに最大限結合できる O ₂ 量を 100% として結合している O ₂ 量の割合
酸素解離曲線	・ 横軸に酸素分圧、縦軸に酸素飽和度をとった曲線 ・ S 字型：ヘモグロビンに酸素が 1 分子結合すると 2 分子目、3 分子目の酸素は結合しやすくなる。(親和性が上昇する)
肺胞	・ 肺胞の周辺では、CO ₂ が肺胞気中に拡散するので CO ₂ 分圧は低下する。 ・ 血液中の CO ₂ 濃度が低下するので、pH は上昇する。 ・ 外気に触れることにより温度が低下する。 ・ CO ₂ ↓、pH ↑、温度 ↓ は酸素解離曲線を左方移動させるので酸素とヘモグロビンの親和性が上昇する。→ 肺胞中の酸素をヘモグロビンに効率よく取り込むことができる。
組織	・ 組織では、代謝により CO ₂ が産生されるので CO ₂ 分圧は上昇する。 ・ 血液中の CO ₂ 濃度が上昇するので、pH は低下する。 ・ 体内深部なので温度が上昇する。 ・ CO ₂ ↑、pH ↓、温度 ↑ は酸素解離曲線を右方移動させるので酸素とヘモグロビンの親和性が低下する。→ ヘモグロビンから酸素を放出し、組織の細胞へ酸素を供給できるようになる。

(4) 二酸化炭素 (CO₂) の運搬

CO ₂ の運搬	・ 物理的溶解による運搬：5% ・ ヘモグロビンと結合 (カルバミノヘモグロビン) して運搬：5% ・ HCO ₃ ⁻ として運搬：90%、赤血球の炭酸脱水酵素により生成 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
肺胞	・ ヘモグロビンは H ⁺ を放出して O ₂ と結合するので、HCO ₃ ⁻ と H ⁺ から H ₂ CO ₃ が生成され、さらに H ₂ O と CO ₂ に分解されることにより肺からの CO ₂ の排泄を促進する。 $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
組織	・ O ₂ を放出したヘモグロビンは H ⁺ と結合しやすくなるので、CO ₂ から HCO ₃ ⁻ の生成を促進する。 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
酸塩基平衡	・ 血液の pH を維持する炭酸水素イオン/炭酸緩衝系として働く。

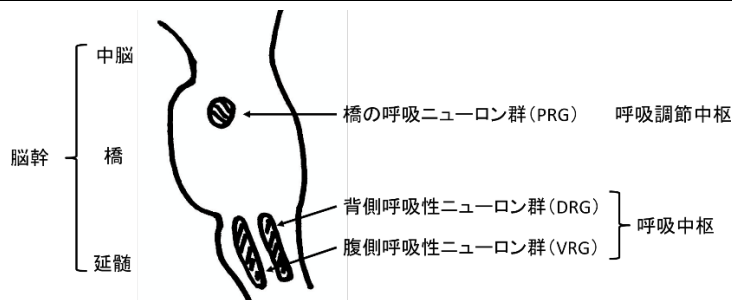
9. 肺循環

肺循環	・肺動脈圧：大動脈圧の約 1/5 ・肺の血流：上部より下部の方が多い。（重力や肺胞圧の影響）
換気血流比不均等	・換気と血流のつり合いが崩れた状態 ・換気不良部位では PO_2 が低下して肺細動脈が収縮するので、換気良好部位の血流が増加して換気血流比不均等が是正される。
高山病	・低酸素→肺動脈収縮→肺高血圧→毛細血管障害→血管透過性亢進→肺水腫

10. 呼吸の調節

(1) 呼吸中枢

呼吸中枢（延髄）	・背側呼吸性ニューロン群（DRG）：主に吸息ニューロンからなり、横隔膜の収縮による吸息を起こす。 ・腹側呼吸性ニューロン群（VRG）：吸息ニューロンと呼息ニューロンからなり、主に肋間筋の運動を支配する。自発的な呼吸リズムを発生させる部位がある。
呼吸調節中枢（橋）	・橋の呼吸ニューロン群（PRG）：肺の伸展受容器や PO_2、PCO_2、pH などの情報に基づいて、延髄で作られる呼吸のリズムの速さと深さを調節している。 ・DRG、VRG、PRG を合わせて「呼吸中枢」と呼ぶことがある。
大脳皮質	・随意的呼吸リズムの形成に影響

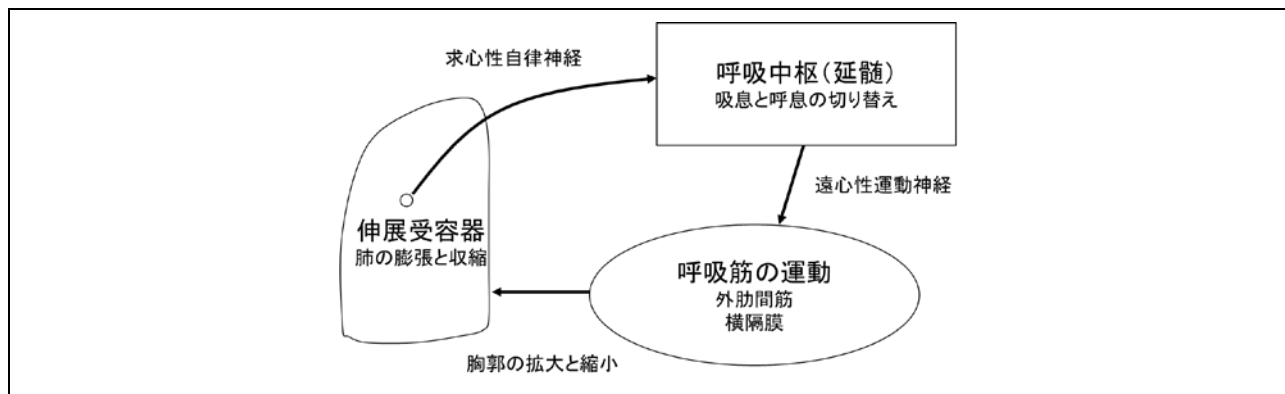


(2) 化学受容器による調節

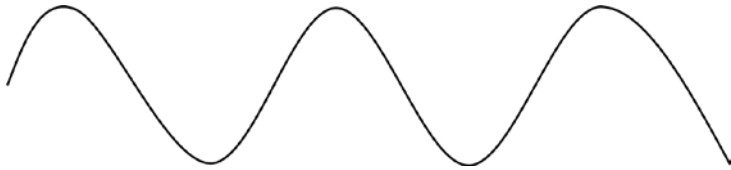
中枢化学受容器	・延髄：水素イオン (H^+) 濃度を感受する受容器がある。 ・動脈血の二酸化炭素分圧が上昇し、脳脊髄液の pH が低下すると中枢化学受容器が刺激され、呼吸を促進する。 ・頸動脈小体や大動脈小体より鋭敏な感受性をもつ。
末梢化学受容器	・頸動脈小体と大動脈小体：酸素濃度と H^+ 濃度を感受する受容器がある。 ・主に、血液中の酸素分圧の低下を感受し、呼吸を促進する。 ・頸動脈小体：総頸動脈が内頸動脈と外頸動脈に分岐する部位、<u>舌咽神経</u>の支配 ・大動脈小体：大動脈弓の近傍、<u>迷走神経</u>の支配

(3) ヘーリング - ブロイエル反射（肺迷走神経呼吸反射）

・自発的な呼吸運動の律動性をつくり出す反射 ・<u>伸展受容器</u>：吸息による肺の拡張を感知する受容器	伸展受容器からの刺激は迷走神経を介して延髄の呼吸中枢に伝えられて吸息中枢を抑制し、吸息から呼息に切り替える。 呼息により肺が縮小すると伸展受容器からの刺激が減少し、吸息中枢が興奮して呼息から吸息に切り替える。
--	--



11. 呼吸運動の異常

頻呼吸	・呼吸数 24/分以上
徐呼吸	・呼吸数 12/分未満
多呼吸	・呼吸数増加、1 回換気量増加
小呼吸	・呼吸数減少、1 回換気量減少
過呼吸	・呼吸数不変、1 回換気量増加
無呼吸	・呼吸が停止した状態
睡眠時無呼吸症候群	・睡眠中に呼吸が一時的に止まる状態
チェーン・ストークス呼吸	・呼吸数と深さが徐々に増加し、ある深さに達した後再び徐々に減弱して、ついに無呼吸（10～20 秒）となることを繰り返す。（化学受容器の反射により呼吸の促進と抑制が交互にあらわれる） ・脳血管障害、脳腫瘍、睡眠薬、麻薬中毒などによる中枢神経の障害 
クスマウル呼吸	・深く大きな呼吸で数は減少する。 ・糖尿病性ケトアシドーシス、尿毒症などアシドーシスに対する呼吸性の代償によって起こる。（CO₂を排泄して pH の低下を防ぐ） 
ビオー呼吸	・無呼吸期間と数回の深い頻呼吸が不規則に繰り返される。 ・脳炎、髄膜炎などによる延髄の呼吸中枢の障害、 

12. 呼吸器系の病態生理

(1) 換気障害

閉塞性換気障害	・気道の閉塞により息を吐きだせない状態 ・1 秒率が低下、肺活量は正常 ・気管支喘息、慢性閉塞性肺疾患（COPD）など
拘束性換気障害	・肺の拡張が障害された状態 ・肺活量が低下、1 秒率は正常 ・肺線維症、重症筋無力症

(2) 拡散障害

原因	・肺胞の破壊によるガス交換面積の減少：肺気腫、外科的切除 ・肺胞壁の肥厚：肺線維症 ・液体の貯留：肺水腫
病態	・酸素の拡散障害→低酸素血症 ・呼吸促進→二酸化炭素分圧（PaCO_2）低下（二酸化炭素は拡散しやすいので、酸素に比べて障害されにくい）

(3) 右-左短絡

・換気が不十分な部位を流れる血液の酸素分圧は低下する。（換気血流比不均等） ・重症になるとガス交換を行うことなく肺を通過する血液が増加する。（右心室から出た静脈血がそのまま左心房に入る）
--

10. 泌尿器

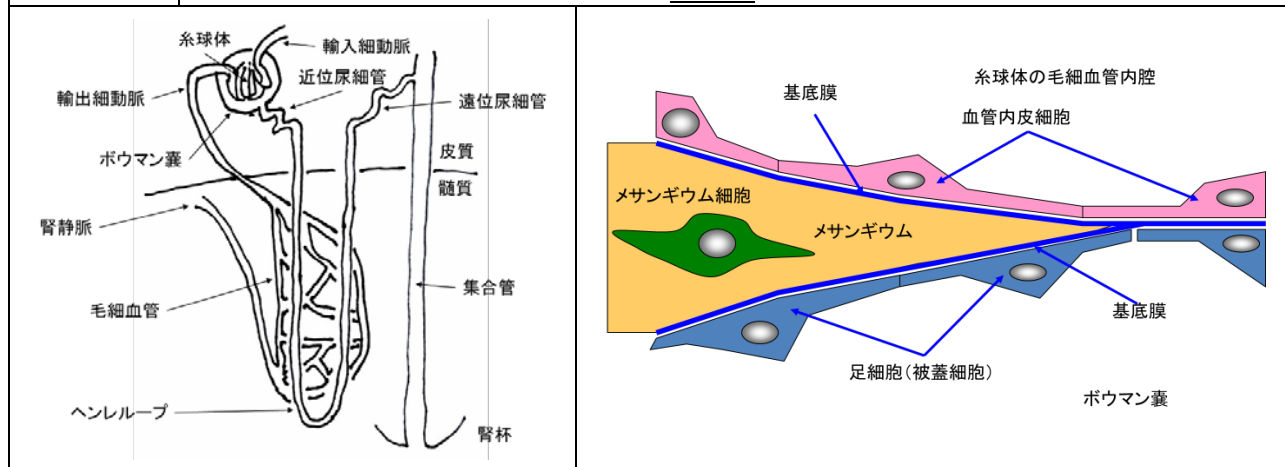
1. 腎臓の構造

(1) 肉眼的構造

位置	・後腹壁に存在する左右一対のソラマメ型の臓器（後腹膜器官） ・右腎臓は肝臓があるために左腎臓より低い位置にある。 ・表面は結合組織からなる被膜で包まれている。
腎門	・ <u>腎動脈</u> 、 <u>腎静脈</u> 、 <u>尿管</u> が出入りする。
腎盂（腎盤）	・腎門の奥の尿管からつながる空間
髓質	・十数個の腎葉に分かれ、腎葉の間は腎柱で隔てられている。 ・腎葉は円錐状で、その先端を<u>腎乳頭</u>といい、<u>腎杯</u>がかぶさっている。 ・腎臓で作られた尿は、<u>腎乳頭</u>→<u>腎杯</u>→<u>腎盂</u>→<u>尿管</u>→<u>膀胱</u>→<u>尿道</u>の順に流れる。
皮質	・腎小体と尿細管がある。 ・U字状に伸びる尿細管（<u>ヘンレループ</u>）は、髓質に侵入する。

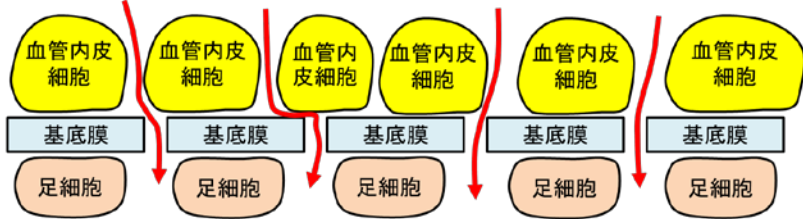
(2) ネフロン

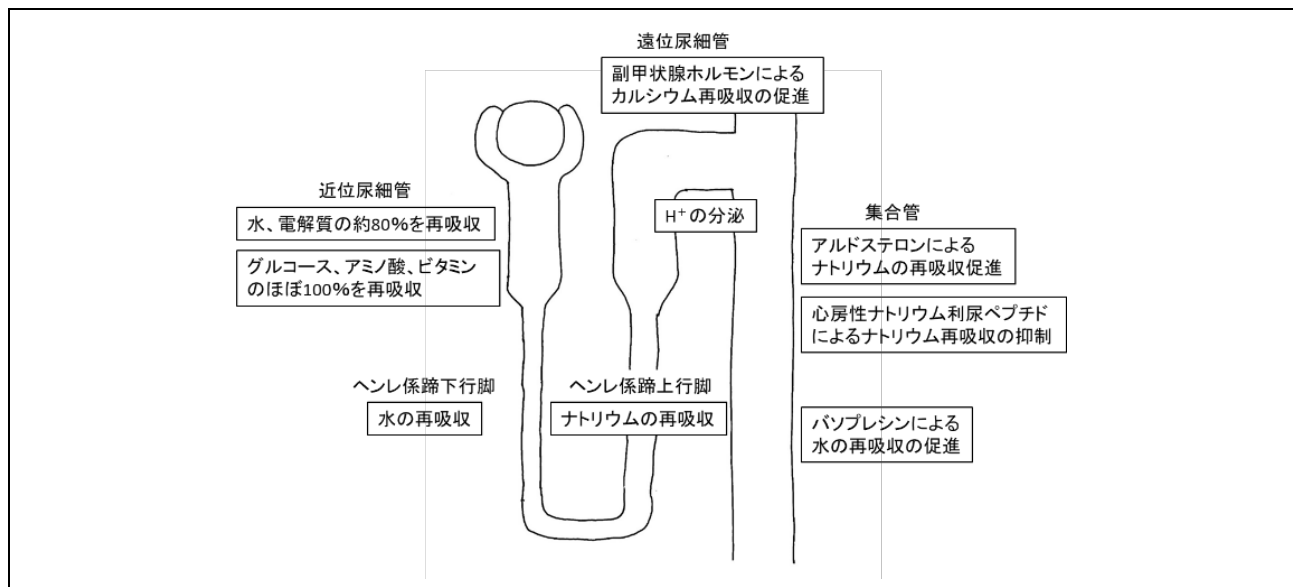
ネフロン	・腎臓の機能単位、 <u>腎小体</u> とそれに続く <u>尿細管</u> で構成、一側の腎臓に約 100 万個
腎小体（マルピギー小体）	・<u>腎小体</u>：皮質に存在し、<u>糸球体</u>とそれを包む<u>ボウマン嚢</u>からなる。 ・<u>腎動脈</u>：腹大動脈から直接分岐して腎門から腎臓に入る。 ・<u>弓状動脈</u>：腎動脈は分岐を繰り返して皮質と髓質の境界を走行する ・<u>輸入細動脈</u>：弓状動脈から分岐した小葉間動脈から分岐し糸球体に入る。 ・<u>輸出細動脈</u>：糸球体の毛細血管が合流して輸出動脈となる。 ・<u>糸球体</u>：輸入細動脈が分岐して毛細血管となる。 毛細血管の内皮細胞と<u>足細胞</u>（被蓋細胞）が基底膜を挟んで接する。 ・<u>メサングウム</u>：糸球体の基質の一部で細胞成分（<u>メサングウム細胞</u>）がある部分 食食能や収縮能があり、腎機能の調節に関与 ・糸球体を出た輸出細動脈は、再び毛細血管となって皮質と髓質の尿細管のまわりに網状に分布した後、<u>弓状静脈</u>に合流し、<u>腎静脈</u>となって腎門から出て下大静脈に合流
尿細管 集合管	・1つのボウマン嚢から1本の尿細管が出る。 ・<u>尿細管</u>：<u>近位尿細管</u>→<u>ヘンレループ</u>（<u>ヘンレ係蹄</u>）→<u>遠位尿細管</u>からなる。 ・近位尿細管と遠位尿細管は皮質に存在する。 ・<u>ヘンレループ</u>：髓質内をU字状に走行して皮質に戻る。 ・複数の尿細管は、<u>集合管</u>へ合流 ・集合管は、皮質から髓質へ走行し、<u>腎乳頭</u>に開口する。



2. 腎臓の機能

(1) 尿の生成

有効濾過圧	・ <u>有効濾過圧</u> = 糸球体の毛細血管圧 - 膠質浸透圧 - ボウマン嚢内圧 糸球体の毛細血管圧は全身の血圧から 15mmHg 低下する。 全身の血圧が 100mmHg のとき 有効濾過圧 = (100 - 15) - 25 - 15 = 50 mm Hg 全身の血圧が 55 mm Hg のとき 有効濾過圧 = (55 - 15) - 25 - 15 = 0mmHg ・ <u>原尿</u> : 基底膜を介して濾過されボウマン嚢に入った濾液
限外濾過	・ 基底膜で小分子は濾過されるが、大きな分子は濾過されないこと ・ 水、電解質、グルコース、アミノ酸などの小分子は基底膜を自由に通過 ・ <u>サイズバリア</u> : 分子量が約 6 万以上のたんぱく質や血球は基底膜を通過することができない。 濾過されるたんぱく質 : β_2ミクログロブリン (分子量 1.1 万)、ミオグロビン (分子量 1.7 万)、ヘモグロビン (分子量 6.4 万、変形しやすく通過する) ・ <u>チャージバリア</u> : アルブミン (分子量 6.6 万) は血液中では負に荷電しており、負に荷電している基底膜とは反発しあうので通過できない。 大きな分子(分子量6万以上)や血球は濾過されない(<u>サイズバリア</u>、<u>チャージバリア</u>)  水、電解質、グルコース、アミノ酸など小さな分子は濾過される * 濾過されるたんぱく質 : β_2ミクログロブリン (分子量 1.1 万)、ミオグロビン (分子量 1.7 万)、ヘモグロビン (分子量 6.4 万、変形しやすく通過する)
尿細管の再吸収と分泌	・ 糸球体で濾過された水と電解質の約 80% は、近位尿細管で再吸収される。 ・ 残りの水と電解質の大部分は、ヘンレ係蹄、遠位尿細管、集合管で再吸収される。 ・ グルコース、アミノ酸、ビタミンの大部分は、近位尿細管で再吸収される。 尿糖排泄閾値は、血中グルコース濃度 180 mg/dL である。(図 5-8) → 血糖値が 180 mg/dL 以上になると、再吸収されなかったグルコースが尿中に排泄される。 ・ 遠位尿細管、集合管での水と電解質の再吸収はホルモンにより調節される。 <u>バソプレシン</u> : 下垂体後葉から分泌、水の再吸収を促進 <u>アルドステロン</u> : 副腎皮質から分泌、Na^+再吸収と K^+排泄を促進 (図 5-10) <u>心房性 Na 利尿ペプチド</u> : 心臓から分泌、Na^+排泄と K^+再吸収を促進 <u>副甲状腺ホルモン (パラソルモン)</u> : 副甲状腺から分泌、Ca^{2+}再吸収を促進 ・ 尿細管は、酸や老廃物を分泌して、尿中に排泄する。 → H^+ は、遠位尿細管と集合管から分泌される。 ・ 尿の濃縮 : 水は髄質の集合管でさらに再吸収される。 ・ 最終的には、糸球体で濾過された水の 99% が再吸収され、残りの 1% が尿として体外に排泄される。
尿の生成	・ 1 日の尿量は約 1.5L/日である。 ・ 糸球体で濾過された水の 1% が尿として排泄されるので、糸球体濾過量は約 150L/日である。 ・ 糸球体に入った血液の 10% が濾過されるので、腎血流は約 1,500L/日である。

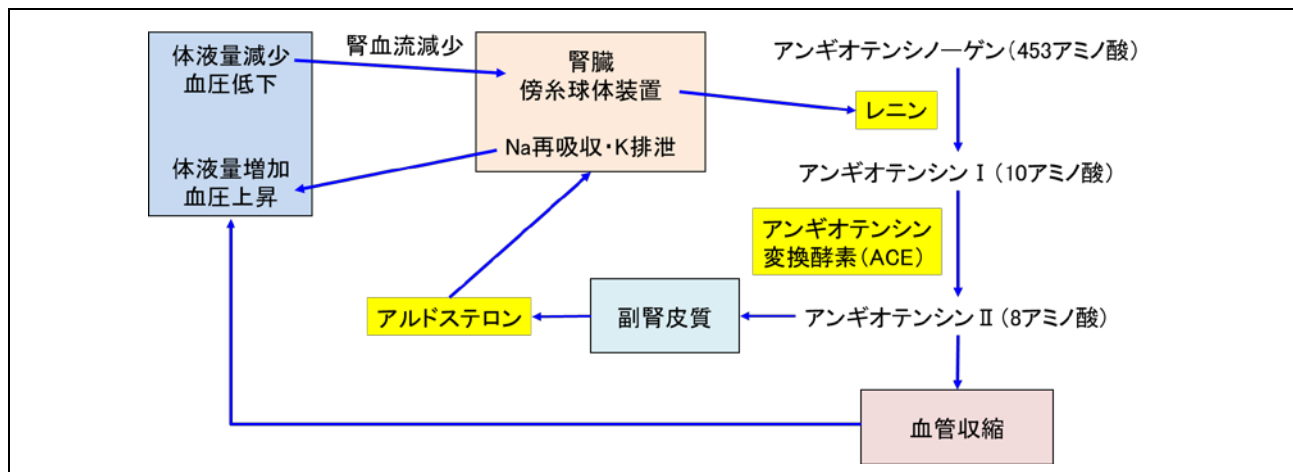


(2) 対向流増幅系の形成と尿の濃縮

対向流増幅系	・ヘンレ係蹄の下行脚は水の透過性が高いが Na の透過性は低く、上行脚は Na を能動的に吸収することにより、髄質に Na の浸透圧勾配が形成される。 ①上行脚で Na が再吸収されると、間質の Na 濃度が高くなり、浸透圧が高くなる。 ②その浸透圧により下行脚から水が吸収されると、下行脚の管内の浸透圧は上昇する。 ③下行脚の上部とその周辺の間質の浸透圧は、原尿が流入するので浸透圧はもとに戻るが、ヘンレ係蹄の底部は、浸透圧が高い状態に維持される。 ①～③が繰り返されてヘンレ係蹄周囲の間質に浸透圧勾配が形成され、ヘンレ係蹄の底部の間質の浸透圧は高く維持される。
尿の濃縮	・髄質に形成される浸透圧勾配により集合管からの水の再吸収が促進され、尿が濃縮される。 ・髄質の最深部の浸透圧は 1,200mOsm/L に達するので尿は最大 1,200mOsm/L まで濃縮可能である。(血漿浸透圧は 280～290mOsm/L) ・1日の溶質排泄量は約 600mOsm だから溶質排泄に必要な尿量は 1日 500mL ・尿量が 500mL 未満になると老廃物を排泄できず腎不全になる。

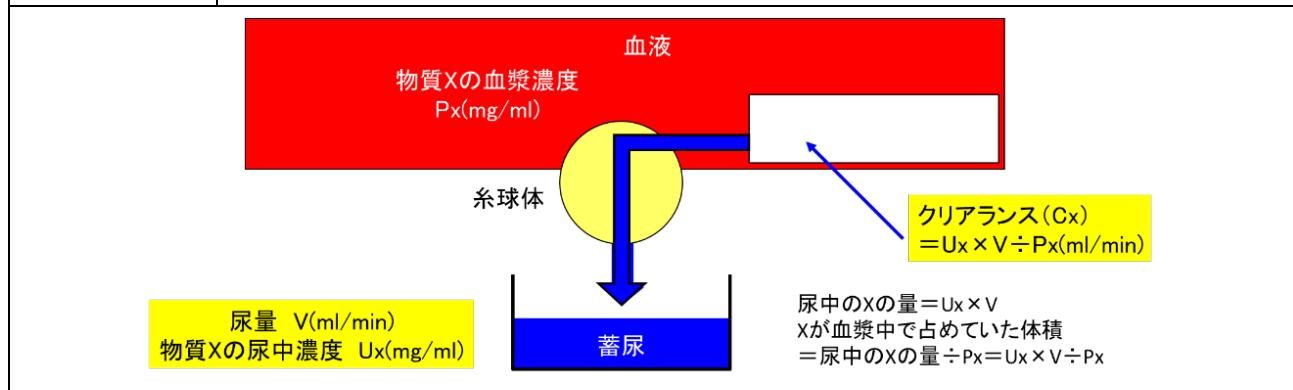
(3) 内分泌機能

レニン	・分泌細胞：<u>傍糸球体細胞</u>、 ・分泌刺激：腎血流の減少 ・作用：レニン・アンギテンシン・アルドステロン系を活性化 ・<u>傍糸球体装置</u>：糸球体濾過量を調節する部位 ①緻密班、②緻密班に隣接する糸球体外メサンギウム細胞、③傍糸球体細胞（輸入細動脈中膜（平滑筋層）にある顆粒細胞）、④輸出細動脈で構成 ・<u>緻密班</u>：遠位尿細管が糸球体の輸入細動脈と輸出細動脈を密接する部位
エリスロポエチン	・分泌細胞：尿細管間質の線維芽細胞 ・分泌刺激：腎臓を流れる血液の酸素分圧が低下 ・作用：骨髓に働いて赤血球の産生を促進
ビタミン D 活性化	・ビタミン D は、肝臓で 25 位の炭素が水酸化され <u>25-OH ビタミン D</u> となり、続いて腎臓で 1 位の炭素が水酸化され活性型の <u>1,25-OH ビタミン D</u> となる。 ・<u>副甲状腺ホルモン</u>：腎臓でのビタミン D 活性化を促進 ・<u>活性化ビタミン D</u>：小腸からの Ca 吸収を促進し、血中 Ca 濃度を上昇させる。



3. 糸球体濾過量 (GFR) の測定

クリアランス	- 一定時間内に尿中へ排泄されたある物質 (X) が血漿中にあったときには何 mL の血漿に含まれていたかを示す値 - ある物質の尿中濃度を U_x (mg/mL)、血漿濃度を P_x (mg/mL) とし、1 分間尿量を V (mL/分) とすると、クリアランス C_x (mL/分) $= U_x \times V \div P_x$ 尿中に排泄された X の量 (mg/分) $= U_x$ (mg/mL) $\times V$ (mL/分) 濾過された血漿の体積 (mL/分) $= X$ の量 (mg/分) $\div P_x$ (mg/mL)
糸球体濾過量 (GFR)	- X (イヌリン、クレアチニンなど) が糸球体で自由に濾過され、尿細管で再吸収も分泌もされない時、X のクリアランスは糸球体濾過量 (GFR, glomerular filtration rate) を表す。 - 尿細管から分泌がある物質のクリアランスは、GFR より大きくなる。 - 尿細管で再吸収される物質のクリアランスは、GFR より小さくなる。 - クレアチニンは内因性の物質であり、糸球体を自由に通過し、尿細管で少量の分泌はあるものの、イヌリン (外因性の物質) で測定した GFR とよく相関することから、<u>クレアチニンクリアランス</u>は腎臓病患者の GFR の指標として用いられる。
腎血漿流量 (RPF)	パラアミノ馬尿酸は糸球体の濾過と尿細管から分泌により 1 回の通過でほとんどが尿中に排泄されるのでクリアランスは腎血漿流量を表す。



4. 腎盂・尿管

尿路	腎杯に流れ出た尿は腎盂に集められ、腎門を通過して尿管となり、後腹壁を下降して膀胱に開口する。
上皮	移行上皮
筋層	平滑筋、腎盂から膀胱に向かって蠕動運動を行っている。
外膜	結合組織

5. 膀胱

位置	・骨盤腔内の恥骨結合の後ろ
膀胱壁	・蓄尿・排尿を行うために伸展・収縮する。
膀胱三角	・2つの尿管の開口部と内尿道口で形成される三角形 ・粘膜と筋層が強く結合しているので伸展・収縮しない。
上皮	・移行上皮
筋層	・三層（内縦、中輪、外縦）の平滑筋
外膜・漿膜	・外膜：弾性線維を含む結合組織 ・漿膜：後上面のみ腹膜（漿膜）で覆われる。

6. 尿道

尿道	・尿道の長さ：男性は16～18cmと長い、女性は3～4cmと短い。 ・男性の尿道：前立腺部（膀胱を出て前立腺を貫く部分）、隔膜部（骨盤底の尿生殖隔膜を貫く部分）、海綿体部（陰茎の中の尿道海綿体を貫く部分）の3つに分けられる。
上皮	・起始部では移行上皮，中間部では重層円柱上皮，出口近くでは重層扁平上皮からなる。 ・粘液を分泌する尿道腺が豊富に存在する。
筋層	・平滑筋からなる。 ・起始部（内尿道口の周囲）には、平滑筋からなる内尿道括約筋がある。 ・尿生殖隔膜を貫く部分には、横紋筋からなる外尿道括約筋がある。
外膜	・結合組織からなる。

7. 排尿・蓄尿反射

排尿中枢	・胸腰髄（交感神経 Th10-L2）と仙髄（副交感神経 S2-4）
蓄尿反射	・尿の貯留により膀胱壁が進展すると刺激が骨盤内臓神経（求心性線維）により排尿中枢に伝えられる。 ・膀胱内の尿量が少ない時は交感神経（下腹神経）を介して膀胱平滑筋を弛緩させ、内尿道括約筋（平滑筋）を収縮させる。 ・大脳皮質は排尿反射を抑制すると同時に、運動神経（陰部神経）を介して外尿道括約筋（横紋筋）を収縮させる。
排尿反射	・膀胱内の尿量が300～500mLに達すると、膀胱内圧が急激に上昇し、強い尿意を起こす。 ・強い尿意が大脳皮質に伝えられ、排尿する意思があれば排尿反射の抑制を解除することで副交感神経（骨盤内臓神経）を介して、膀胱平滑筋を収縮させ、内尿道括約筋（平滑筋）を弛緩させる。 ・同時に、運動神経（陰部神経）の活動を弱めて外尿道括約筋（横紋筋）を弛緩させることにより膀胱内にたまった尿を体外に押し出す。

8. 尿の成分

成分	・尿素、尿酸、クレアチニン、アンモニア、リン酸、電解質など ・微量のたんぱく質（1日100mg）とグルコース（1日40～85mg）も排泄される。 ・尿の淡黄色はウロビリニン（腎臓でウロビリノーゲンが酸化されて産生される）に由来する。 ・尿は揮発性の酸を含み、特有の芳香臭がある。
比重	・尿の比重：通常1.015～1.025であるが、飲水量により1.002～1.010の範囲で変化する。 ・尿浸透圧：通常500～800mOsm/Lであるが、最大1,200mOsm/Lまで濃縮できる。 ・1日に排泄される溶質は約600mOsmなので、すべて排泄するには約500mLの尿量が必要 ・血漿浸透圧（280mOsm/L）に相当する比重は約1.010である。 ・血漿浸透圧と同じ浸透圧の尿を<u>等張尿</u>、高い浸透圧の尿を<u>高張尿</u>、低い浸透圧の尿を<u>低張尿</u>という。
pH	・尿のpH：通常5～7（弱酸性） ・肉など酸性食品を摂取すると酸性に傾き、野菜などアルカリ性食品を摂取するとアルカリに傾く。 ・尿を長時間放置すると、細菌のウレアーゼにより尿素が分解されてアンモニアが生成するのでアンモニア臭がするようになる。

9. 尿・排尿の異常

(1) 尿量の異常

正常尿量	・約1,500mL/日
乏尿	・400mL/日以下（20mL/時以下）
無尿	・100mL/日以下
多尿	・2,500mL/日以上

(2) 性状の異常

血尿	・尿に赤血球が混じること（肉眼的血尿、顕微鏡的血尿）
ヘモグロビン尿	・溶血によりヘモグロビンが尿中に排泄されること
尿の混濁	・膿尿、細菌尿、乳び尿、精液尿、糞尿など

(3) 排尿機能の異常

頻尿	・排尿回数が多いこと（1日8回以上） ・尿量は、増加する場合と増加しない場合がある。
希尿	・排尿回数が少ないこと（1日3回以下）
排尿痛	・排尿時の疼痛
尿閉	・尿意があっても排尿できないことをいう。 ・排尿反射の異常や尿道結石・膀胱結石による尿道の閉塞により起こる。
尿失禁	・排尿を止められないことをいう。 ・尿意がある場合と、ない場合がある。

11. 水・電解質、

1. 体内の水の分布

		割合	体重 60 kg の場合
体内の水分		60%	36L
		新生児 70～80%、小児 60～70%、高齢者 50～60%	
細胞内液		40%	24L
細胞外液		20%	12L
	間質液	15%	9L
	血漿	5%	3L

2. 水の出納

摂取水分量 (mL)		排泄水分量 (mL)	
飲料水	1,200	尿	1,500
食物中の水	1,000	不感蒸泄 (呼気 300 + 皮膚 600)	900
代謝水	300	糞便	100
合計	2,500	合計	2,500
代謝水	・糖質・たんぱく質・脂質の燃焼により生じる水 ・5mL/kg (体重 60 kg であれば、300mL)		
不感蒸泄	・呼気中に含まれる水蒸気と皮膚からの蒸発によって失われる水 (不感蒸散ともいう) ・15mL/kg (体重 60 kg であれば 900mL)		

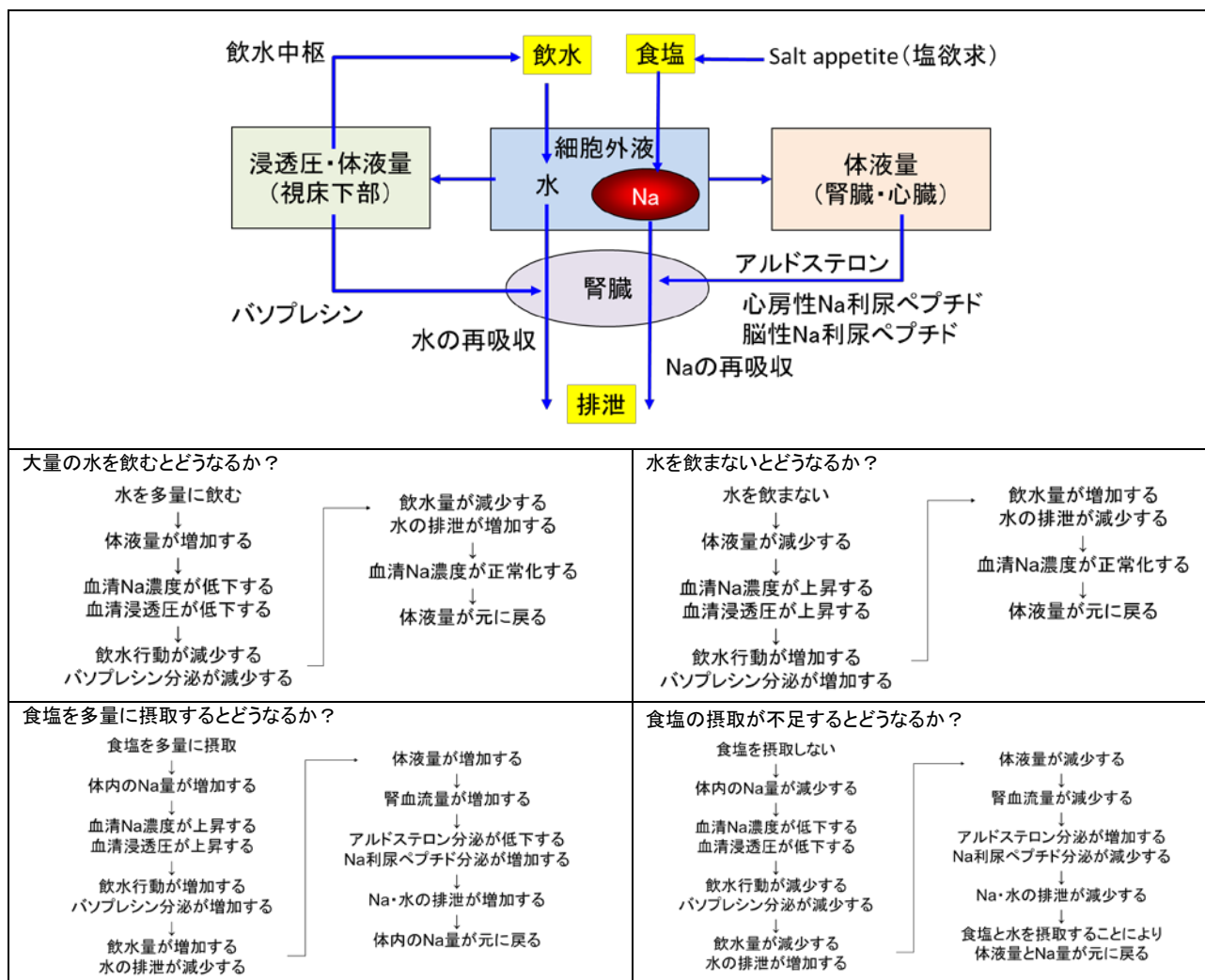
3. 水・電解質の調節

(1) 体内 Na 量と体液量

ナトリウムイオン (Na ⁺)	・細胞外液の浸透圧を決める主要な因子
細胞外液の浸透圧	・280～290mOsm/L に保たれるように調節されている。 ・体内の Na 量が増加すると細胞外液量も増加し、体内の Na 量が減少すると細胞外液量も減少する。

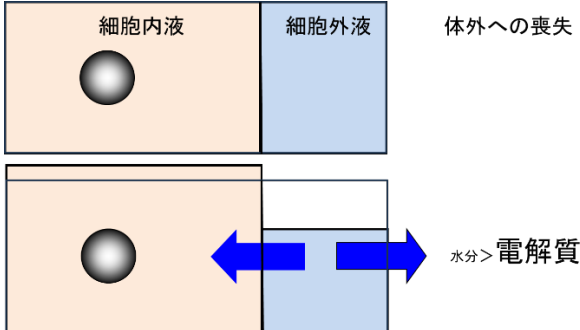
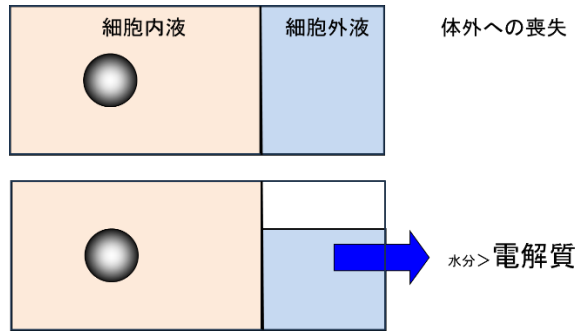
(2) 水と電解質を調節する因子

飲水中枢 (視床下部)	・細胞外液の浸透圧上昇が<u>口渇中枢</u>を刺激し、<u>飲水行動</u>を起こす。 ・細胞外液の浸透圧上昇は視床下部にある<u>浸透圧受容体</u>で感知される。
バソプレシン (下垂体後葉)	・腎臓の<u>集合管</u>での<u>水の再吸収</u>を促進 ・細胞外液の浸透圧の上昇または細胞外液量の減少が分泌を促進
アルドステロン (副腎皮質)	・腎臓の集合管での Na 再吸収と K 排泄を促進 ・レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系により調節
Na 利尿ペプチド (心臓)	・アルドステロンの作用に拮抗して集合管での Na 再吸収と K 排泄を抑制 ・循環血液量の増加が分泌を促進 ・<u>心房性 Na 利尿ペプチド</u> (ANP) : 心房壁から分泌 ・<u>脳性 Na 利尿ペプチド</u> (BNP) : 心室筋から分泌



4. 脱水

定義	・ 体液量が減少した状態をいう。 ・ 1日の水必要量は成人で体重の2～4%、小児で体重の10～15% ・ 小児（水必要量が相対的に大きい）と老人（のどの渇きを自覚しにくく、飲水量が不足しやすい）は脱水を起こしやすい。
高張性脱水（水分 欠乏型脱水、一次 脱水）	・ 電解質に比べて、水分の喪失が大きい場合に出現する。 ・ 高Na血症になるために細胞外液の浸透圧が上昇し、水分は細胞内から細胞外に移動するので、循環血液量は比較的保たれる。 ・ 主な原因：水分摂取不足、大量の発汗、乳幼児の発熱・嘔吐・下痢、尿崩症（抗利尿ホルモン欠乏）など。腸液はNa^+、K^+、Cl^-を含むが、その濃度は体液より低いので、重症の場合は、水分の喪失が電解質の喪失を上回り、高Na血症となる。

低張性脱水（ナトリウム欠乏型脱水）	・水分の喪失に比べて、電解質の喪失が大きい場合に出現する。 ・低Na血症になるために細胞外液の浸透圧が低下し、水分は細胞外から細胞内に移動するので、循環血液量が著明に減少し、循環不全やショックを引き起こしやすい。 ・主な原因：嘔吐・下痢の持続による電解質の喪失（老人に多い）があって、不適切な輸液が行われた場合に出現する。  The diagram illustrates hyponatremic dehydration in two stages. The top stage shows a cell (細胞内液) and extracellular fluid (細胞外液) with a label '体外への喪失' (loss to the body). The bottom stage shows a larger cell and a smaller extracellular fluid compartment, with a blue arrow pointing from the extracellular fluid into the cell, labeled '水分 > 電解質' (water > electrolytes).
等張性脱水	・水分、電解質が同じ比率で喪失した場合に出現する。 ・細胞外液の浸透圧は変化しないので、細胞内から細胞外への少量にとどまり、循環血液量は減少する。 ・主な原因：嘔吐、下痢。血清Na濃度は正常範囲内である。  The diagram illustrates isotonic dehydration in two stages. The top stage shows a cell (細胞内液) and extracellular fluid (細胞外液) with a label '体外への喪失' (loss to the body). The bottom stage shows a smaller cell and a larger extracellular fluid compartment, with a blue arrow pointing from the cell into the extracellular fluid, labeled '水分 > 電解質' (water > electrolytes).

4) 症状

共通の症状	・頻脈、低血圧、尿量減少、皮膚の緊張低下など ・体重の14%（体液総量の20%）以上の脱水では生命の危険がある。
高張性脱水	・口渇が強く、自発的に水分摂取することが多い。 ・口腔内の粘膜の乾燥が著しい。 ・循環障害は起こりにくい。
低張性脱水	・口渇を訴えることがすくない。 ・口腔内の粘膜の乾燥はない。 ・立ちくらみ、低血圧など循環不全を起こしやすい。
等張性脱水	・血漿浸透圧は正常範囲 ・口腔内の粘膜の乾燥がある。 ・立ちくらみ、低血圧など循環不全を起こしやすい。
頻度	・等張性脱水が80%でもっとも多く、高張性脱水が15%、低張性脱水が5%である。

5. 電解質異常

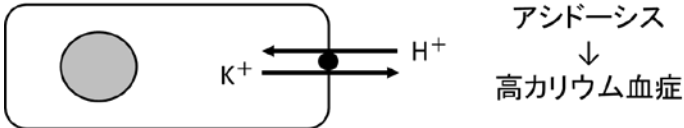
(2) 高 Na 血症 (145mEq/L 以上)

症状	- 細胞外液が高浸透圧になるために、細胞内から水が移動して細胞内脱水の状態になる。 - 口渇、頭痛、けいれん、幻覚、意識障害
原因	<u>水分欠乏</u>：発汗、尿崩症、浸透圧利尿 尿崩症：下垂体後葉から分泌される抗利尿ホルモンの欠乏により腎臓の集合管で尿を濃縮できないために尿量が増加する。 浸透圧利尿：尿細管の溶質の増加により浸透圧が上昇し、集合管で尿の濃縮できないために尿量が増加する。(例：尿糖の増加) <u>Na 過剰負荷</u>：点滴による過剰な Na 投与や、食塩の過剰摂取 <u>Na 貯留</u>：原発性アルドステロン症、クッシング症候群 アルドステロン（電解質コルチコイド）：腎臓での Na 再吸収と K 排泄を促進する。 クッシング症候群：コルチゾールが過剰分泌される疾患。過剰なコルチゾールには電解質コルチコイドの作用がある。

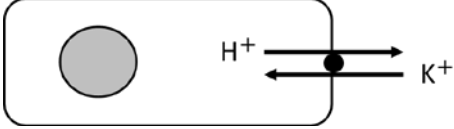
(2) 低 Na 血症 (135mEq/L 以下)

症状	- 細胞外液の浸透圧が低下する場合は、水が細胞内に移動し、細胞内浮腫をきたす。 - 頭痛、悪心、嘔吐、けいれん、意識障害、脳浮腫
原因	<u>水分欠乏</u>：下痢、嘔吐、浸透圧利尿などによる水分欠乏に対して、Na を含まない輸液を行った場合 <u>水分の過剰</u>：心不全、肝硬変、ネフローゼ症候群、SIADH（抗利尿ホルモン不適合分泌症候群） 心不全：心拍出量減少→腎血流減少→レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系の活性化。Na 貯留より水分貯留が著しいので希釈性低 Na 血症になる。 肝硬変：低アルブミン血症→膠質浸透圧低下→浮腫→循環血液量減少→腎血流減少→レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系の活性化。Na 貯留より水分貯留が著しいので低 Na 血症になる。 ネフローゼ症候群：尿中アルブミン排泄増加→低アルブミン血症→膠質浸透圧低下→浮腫→循環血液量減少→腎血流減少→レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系の活性化。Na 貯留より水分貯留が著しいので低 Na 血症になる。 抗利尿ホルモン不適合分泌症候群（SIADH）：抗利尿ホルモン（ADH）過剰分泌→水再吸収促進→水分貯留→低 Na 血症。原因は異所性 ADH 分泌腫瘍（肺がんが多い）、ADH 分泌調節機構の異常（視床下部の浸透圧受容体の異常、動脈の圧受容体の異常、肺炎などによる炎症性サイトカインによる ADH 分泌過剰など）がある。 <u>Na 喪失</u>：副腎不全（アジソン病）：アルドステロンの不足 <u>見かけ上</u>：高脂血症、高たんぱく血症：血清中に占める固形成分の増加により、見かけ上濃度が低下する。

(3) 高 K 血症 (5mEq/L 以上)

症状	脱力感、四肢麻痺、しびれ感、悪心、嘔吐、不整脈、心電図異常（T 波増高）
原因	<u>排泄障害</u>：腎不全、抗アルドステロン薬、アンギオテンシン変換酵素阻害薬（ACE 阻害薬） ACE 阻害薬：アンギオテンシン I をアンギオテンシン II に変換する酵素の阻害薬 <u>細胞外への移動</u>：アシドーシス（細胞外液の H^+ が細胞内へ移動すると交換して K^+ が細胞外へ放出される）  <u>細胞内 K の放出</u>：圧座症候群、消化管出血 <u>過剰摂取</u>：K 含有製剤、K 含有食品など

(4) 低 K 血症 (3.5mEq/L 以下)

症状	・食欲不振、筋力低下、低血圧、不整脈、頻脈、 <u>心電図異常</u> (T 波平低)
原因	・<u>排泄増加</u>：原発性アルドステロン症、クッシング症候群、心不全、K 排泄性利尿薬、下痢・嘔吐 ・<u>細胞内への移動</u>：アルカローシス（細胞内の H^+ が細胞外へ移動するのと交換して K^+ が細胞内へ取り込まれる）  アルカローシス ↓ 低カリウム血症 ・<u>摂取不足</u>：低栄養、不適切な輸液

12. 酸塩基平衡

1. 酸と塩基

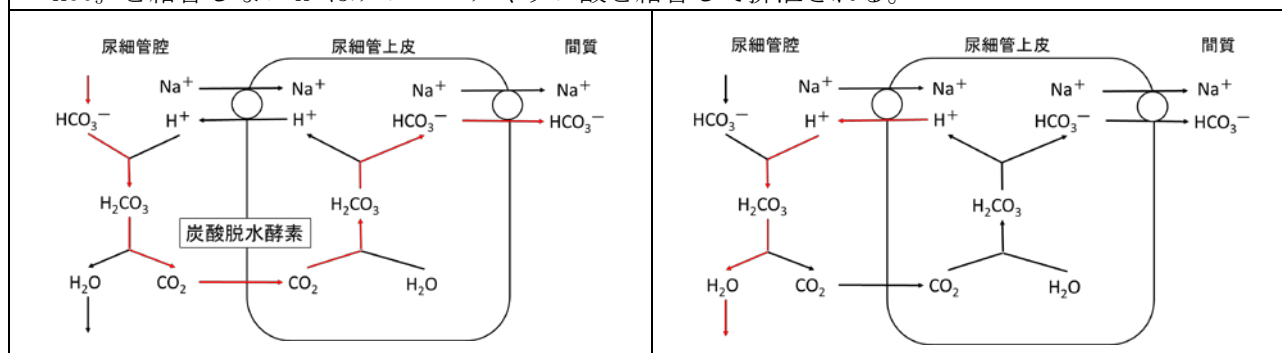
ブレンステッド・ローリーの定義	$HA \text{ (酸)} \rightleftharpoons H^+ + A^- \text{ (共役塩基)}$ 解離定数 $K = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]}$
ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式	$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \quad \text{解離定数 } K = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]}$ 酸 共役塩基 $[H^+] = K \times \frac{[HA]}{[A^-]}$ を $pH = -\log[H^+]$ に代入 ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式 $pH = pK + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$ $[HA] = [A^-]$ のとき $[H^+] = K$ $pK = -\log[K]$
- pH は酸とその共役塩基の濃度の比によって決まる。 →酸が増加するか、その共役塩基が減少すると pH は低下する。 →酸が減少するか、その共役塩基が増加すると pH は上昇する。 →溶液に酸または塩基を加えたときは、$[A^-] \rightleftharpoons [HA]$ のときが pH の変化がもっとも小さい。 →ある緩衝系の緩衝作用は pK 付近でもっとも強い。	

2. 血液の緩衝系

炭酸－重炭酸緩衝系 ($H_2CO_3-HCO_3^-$ 系)	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \quad (pK \ 6.1)$
リン酸緩衝系 ($H_2PO_4^- - HPO_4^{2-}$ 系)	$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-} \quad (pK \ 6.8)$
たんぱく質緩衝系	$H\text{-たんぱく質} \rightleftharpoons H^+ + \text{たんぱく質}^-$
炭酸－重炭酸塩緩衝系の緩衝作用 (pK 6.1) は、pH7.4 付近では弱い、量的に多いために血液の緩衝系ではもっとも重要である。	
腎臓での排泄・再吸収により調節 ↓ $pH = 6.1 + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$ (ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式) ↑ $H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$ $([H_2CO_3] = 0.03 \times PaCO_2)$ 呼吸による調節 (H_2CO_3 濃度は二酸化炭素分圧 ($PaCO_2$) で決まる)	
肺 ↑ 排泄 腎臓 ↓ 排泄 ↑ 再吸収 $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ 炭酸 重炭酸イオン (炭酸水素イオン)	

3. 重炭酸イオンの再吸収とプロトンの排泄

- 糸球体で濾過された HCO_3^- は尿細管上皮から分泌された H^+ と結合して H_2CO_3 になる。
- H_2CO_3 は炭酸脱水酵素の作用で H_2O と CO_2 になる。
- H_2O は尿中に排泄 (H^+ の排泄) され、 CO_2 は尿細管上皮内に入る。
- 尿細管上皮に入った CO_2 は炭酸脱水酵素の作用で H_2CO_3 になる。
- H_2CO_3 は H^+ と HCO_3^- に解離し、 H^+ は尿細管内へ分泌され、 HCO_3^- は間質へ入る。
- 以上の結果として H^+ が排泄され、 HCO_3^- は再吸収されたことになる。
- HCO_3^- と結合しない H^+ はアンモニアやリン酸と結合して排泄される。



4. 酸塩基平衡の障害

(1) アシドーシスとアルカローシス

酸の産生	- 糖質、たんぱく質、脂質の代謝により 1 日に 15,000~20,000mEq の酸が産生される。 - 大部分は肺から CO_2 として排泄され、残りの 50~100mEq が腎臓から排泄される。
アシドーシス	- 酸が増加するか、その共役塩基が減少して pH が 7.35 未満に低下すること $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ が低下 → pH は低下
アルカローシス	- 酸が減少するか、その共役塩基が増加して pH が 7.45 より高くなること $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ が増加 → pH は上昇

(2) 一次性変化と代償性変化

	一次性変化	pH	代償性変化
代謝性アシドーシス	$[\text{HCO}_3^-]$ ↓	↓	PaCO_2 ↓
代謝性アルカローシス	$[\text{HCO}_3^-]$ ↑	↑	PaCO_2 ↑
呼吸性アシドーシス	PaCO_2 ↑	↓	$[\text{HCO}_3^-]$ ↑
呼吸性アルカローシス	PaCO_2 ↓	↑	$[\text{HCO}_3^-]$ ↓
代謝性アシドーシス + 呼吸性代償	(一次性変化) ・体内で酸の産生が増加すると HCO_3^- が緩衝塩基として消費されて H_2CO_3 が生成されるので pH は低下する。 ・ H_2CO_3 濃度が増加すると PaCO_2 が上昇する。 (代償性変化) ・pH の低下、 PaCO_2 の上昇は呼吸中枢を刺激し、大気中への CO_2 排泄が増加する。 ・その結果、 H_2CO_3 濃度が低下するので pH はもとに戻る。		
代謝性アルカローシス + 呼吸性代償	(一次性変化) ・血液中の HCO_3^- 濃度が増加するので pH は上昇する。 (代償性変化) ・pH の上昇は呼吸を抑制するので CO_2 の排泄を抑制する。 ・その結果、 PaCO_2 は上昇し、 H_2CO_3 濃度が上昇するので pH はもとに戻る。 ・ PaCO_2 の上昇は呼吸を刺激するので代償は不完全であることが多い。		

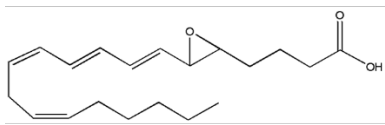
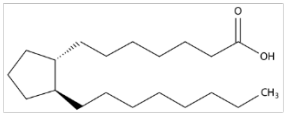
呼吸性アシドーシス ＋ 腎性代償	(一次性変化) ・肺からの CO_2 排泄が障害されると PaCO_2 が上昇して H_2CO_3 濃度が増加するので pH は低下する。 (代償性変化) ・pH が低下すると腎臓では H^+ の排泄、HCO_3^- の再吸収が亢進するので pH はもとに戻る。
呼吸性アルカローシス ＋ 腎性代償	(一次性変化) ・換気の亢進など肺からの CO_2 排泄が増加すると PaCO_2 が低下して H_2CO_3 濃度が低下するので pH は上昇する。 (代償性変化) ・pH が上昇すると腎臓では H^+ の排泄、HCO_3^- の再吸収が抑制されるので pH はもとに戻る。

5. 酸塩基障害の主な原因と病態

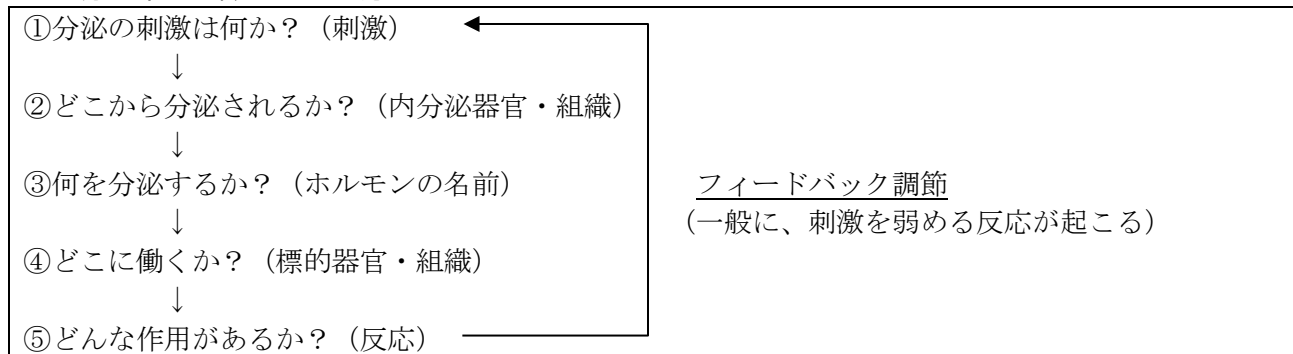
代謝性アシドーシス	HCO_3^- の体外への喪失増加	・下痢（腸液は HCO_3^- を含む）
	体内の酸の産生過剰	・乳酸アシドーシス、糖尿病性ケトアシドーシス、尿毒症、飢餓、敗血症など
	尿細管アシドーシス	・1型：遠位尿細管の H^+ 排泄が障害される。 ・2型：近位尿細管の HCO_3^- 再吸収が障害される。
代謝性アルカローシス	H^+ の体外への喪失増加	・嘔吐による胃酸の喪失（体内での HCO_3^- 産生増加）
	H^+ の尿中排泄増加	・原発性アルドステロン症、クッシング症候群、利尿薬（体液量減少による二次性高アルドステロン血症） ・アルドステロンは、尿細管での Na 再吸収と K 排泄に加えて、H^+ 排泄を促進する。
	ミルク・アルカリ症候群	・Ca 過剰摂取→副甲状腺ホルモン分泌低下→HCO_3^- 排泄減少→アルカローシス ・副甲状腺ホルモンは、尿細管での Ca 再吸収を促進し、リン酸と HCO_3^- の排泄を促進する。
呼吸性アシドーシス	呼吸中枢の抑制	・薬物、睡眠時無呼吸症候群など
	呼吸筋の異常	・重症筋無力症、脊髄損傷など
	肺のガス交換の障害	・慢性閉塞性肺疾患、重症の肺炎や喘息など
呼吸性アルカローシス	低酸素血症	・肺疾患（肺炎、肺線維症など）、心不全など ・低酸素血症になると呼吸が促進され PaCO_2 が低下する。（肺胞では O_2 に比べて CO_2 は拡散しやすい）
	過換気症候群	・呼吸の促進により CO_2 を過剰排泄

13. 内分泌

1. 用語の定義

内分泌	・内分泌組織で産生されたホルモンが、血液によって全身に運ばれ、離れた場所にある標的器官に作用して効果を現すこと
狭義	・古典的内分泌組織：視床下部、下垂体、甲状腺、上皮小体（副甲状腺）、副腎、精巣、卵巣、膵ランゲルハンス島（膵ラ氏島）、上部消化管の粘膜上皮
広義	・新たに内分泌機能が確認された組織：松果体（メラトニン）、心臓（Na 利尿ホルモン）、脂肪組織（レプチン、アジポネクチンなど）など
傍分泌	・特定の細胞から分泌された物質が、血流に入ることなく分泌した細胞の近傍のある標的細胞に働いて効果を現すこと
自己分泌	・特定の細胞から分泌された物質が、血流に入ることなく分泌した細胞自身に働いて効果を現すこと
神経内分泌	・神経細胞の軸索末端から放出される物質がシナプスではなく血液中に放出され、ホルモンとして作用すること（視床下部、下垂体後葉）
サイトカイン	・定義：多数の異なる細胞から産生され、多数の異なる細胞にきかけるたんぱく質 ・ホルモンとの違い：①主に局所で作用し、全身作用は強くないこと ②ペプチドの分子量（1 万以上）が大きいこと ・炎症性サイトカイン：主に免疫担当細胞から分泌され、近傍の細胞に作用して免疫応答や炎症を引き起こす。インターロイキン、インターフェロン、腫瘍壊死因子 α（TNF-α）、顆粒球コロニー刺激因子（G-CSF）など ・アディポサイトカイン：脂肪細胞から分泌されるサイトカイン アディポネクチン、レプチン、レジスチンなど ・エリスロポエチン：腎臓から分泌されるサイトカイン。ホルモンとサイトカインの性質を合わせ持つ。
エイコサノイド	・定義：アラキドン酸（炭素数 20 の多価不飽和脂肪酸）から合成される生理活性物質。 ・主に、傍分泌、自己分泌として作用する。 ・種類：プロスタグランジン、ロイコトリエン、トロンボキサンなど ・作用：発熱、痛覚伝達、局所の末梢血管拡張・収縮、血小板凝集促進・抑制、子宮平滑筋収縮、アレルギー反応、炎症反応などに関与  アラキドン酸 C20:4 リン脂質（細胞膜） ↓ ホスホリパーゼA₂ アラキドン酸 リポキシゲナーゼ ロイコトリエン (LT) LTA₄、LTB₄、LTC₄、LTD₄、LTE₄ アレルギー反応、炎症反応に関与  ロイコトリエンA₄ シクロオキシゲナーゼ プロスタグランジン (PG) PGH₂、PGD₂、PGE₂、 PGF₂、PGI₂、TxA₂ 発熱、痛覚伝達、局所の末梢血管拡張・収縮 血小板凝集促進・抑制、子宮平滑筋収縮  プロスタン酸骨格

2. 内分泌系の知識のまとめ方



3. ホルモンの分類・構造・作用機序

化学構造	前駆体	内分泌組織	可溶性	作用時間	作用機序
ペプチドホルモン	アミノ酸 数～数百個	視床下部 下垂体 上皮小体 膵ラ氏島 消化管	水溶性	早い 秒～分	- 細胞膜上に存在する受容体に結合する。 - シグナルは細胞内シグナル伝達系（セカンドメッセンジャー）に伝達され、標的たんぱく質の機能を調節する。
アミン型ホルモン	チロシン	副腎髄質	脂溶性	遅い 時～日	- 細胞膜を通過し、細胞質基質または核内の受容体と結合する。 - ホルモナー受容体複合体は転写因子として働き遺伝子の発現を調節する。
	チロシン ヨウ素	甲状腺			
ステロイドホルモン	コレステロール	副腎皮質 性腺			

4. 下垂体

由来	- 前葉：咽頭上皮の一部が伸びて嚢状になったラトケ嚢 - 後葉：視床下部の神経細胞の軸索が下垂体後葉まで伸びたもの
下垂体門脈系	・視床下部の毛細血管→下垂体門脈→下垂体前葉の毛細血管
神経内分泌	・視床下部ホルモンの分泌、下垂体後葉ホルモンの分泌

(1) 視床下部ホルモン

・視床下部ホルモンは下垂体門脈を介して下垂体前葉ホルモンの分泌を調節する。	
視床下部ホルモン	下垂体前葉ホルモン
ACTH 放出ホルモン (CRH)	ACTH 分泌促進
TSH 放出ホルモン (TRH)	TSH 分泌促進 PRL 分泌促進
GH 放出ホルモン (GRH、GHRH)	GH 分泌促進
GH 抑制ホルモン (ソマトスタチン)	GH 分泌抑制
ドーパミン	PRL 分泌抑制
ゴナドトロピン放出ホルモン (GnRH)	FSH、LH 分泌促進

(2) 下垂体前葉ホルモン

1) 成長ホルモン (GH)

分泌刺激	・ GH 放出ホルモン (GHRH)、睡眠 (夜間分泌増加)、血糖値低下、ストレス
分泌抑制	・ GH 抑制ホルモン (GHIH、ソマトスタチン)、血糖値上昇
主な作用	・ 同化促進作用：骨端軟骨の増殖促進、たんぱく質同化促進、体の成長促進 ・ エネルギー供給作用：肝臓のグリコーゲン分解と糖新生を促進→血糖値を上昇 脂肪組織のトリグリセリドの分解促進→遊離脂肪酸の放出促進 ・ 負のフィードバック調節作用：視床下部の GHRH の分泌を抑制

2) プロラクチン (PRL)

分泌刺激	・ TSH 放出ホルモン (TSH)、エストロゲン、妊娠、授乳、睡眠
分泌抑制	・ ドーパミン
主な作用	・ 乳腺の発育と乳汁の合成・分泌を促進 ・ 妊娠中：胎盤が産生するエストロゲンとプロゲステロンの作用で、乳汁の合成・分泌作用は抑制されている。 ・ 分娩後：エストロゲンとプロゲステロンの減少により乳汁の合成・分泌作用が顕在化 ・ 負のフィードバック調節：視床下部のドーパミン分泌を促進

3) 甲状腺刺激ホルモン (TSH)

分泌刺激	・ TSH 放出ホルモン (TRH)、日内変動 (夜間分泌増加)
分泌抑制	・ 甲状腺ホルモンの血中濃度の上昇
主な作用	・ <u>甲状腺ホルモン</u>分泌を促進 ・ 負のフィードバック調節：視床下部の TRH 分泌を抑制

4) 副腎皮質刺激ホルモン (ACTH)

分泌刺激	・ ACTH 放出ホルモン (CRH)、ストレス、日内変動 (早朝増加、夕方低下)
分泌抑制	・ 副腎皮質ホルモン (コルチゾール) の血中濃度の上昇
主な作用	・ <u>糖質コルチコイド</u> (コルチゾール) 分泌を促進 ・ 負のフィードバック調節：視床下部の ACTH 放出ホルモン (CRH) 分泌を抑制

5) 卵胞刺激ホルモン (FSH)

分泌刺激	・ ギナドトロピン放出ホルモン (GnRH) ・ 一定濃度以上のエストロゲン (正のフィードバック調節)
分泌抑制	・ エストロゲン、プロゲステロン、男性ホルモン (負のフィードバック調節)
主な作用	・ 女性：卵胞の成熟、<u>卵胞ホルモン</u> (エストロゲン) 分泌を促進 ・ 男性：精巣の精細管上皮の<u>セルトリ細胞</u>に作用して、精子形成を促進

6) 黄体形成ホルモン (LH)

分泌刺激	・ ギナドトロピン放出ホルモン (GnRH) ・ 一定濃度以上のエストロゲン (正のフィードバック調節)
分泌抑制	・ プロゲステロン、エストロゲン、男性ホルモン (負のフィードバック調節)
主な作用	・ 女性：黄体形成を促進し、<u>黄体ホルモン</u> (プロゲステロン) 分泌を促進 ・ <u>LH サージ</u> (急激な血中 LH 濃度の上昇)：排卵を誘発 ・ 男性：精巣間質の<u>ライディッヒ細胞</u>からの<u>男性ホルモン</u> (テストステロン) 分泌を促進

(3) 下垂体後葉ホルモン

1) バソプレシン (抗利尿ホルモン、ADH, antidiuretic hormone)

分泌刺激	・血漿浸透圧上昇、体液量減少、血圧低下、痛みや精神的なストレス、外傷など
分泌抑制	・血漿浸透圧低下、体液量増加、血圧上昇、飲酒
主な作用	・腎臓集合管の上皮細胞内にある <u>アクアポリン</u> を細胞膜上に移動させ、水の透過性を亢進(→水の再吸収を促進→尿を濃縮→尿量を減少)

2) オキシトシン

分泌刺激	・授乳、分娩
分泌抑制	・刺激となっている状況の解消
主な作用	・分娩が刺激となって分泌されたオキシトシンは子宮壁の平滑筋を収縮させる。 ・乳児が乳首を吸引することが刺激となって分泌されたオキシトシンは、乳腺周囲の平滑筋を収縮させて乳汁を排出させる。(射乳反射) ・男性：射精時に分泌され、精管の平滑筋を収縮させて精子の移動を促進 ・母性行動やパートナーシップの感情の発現や、幸福感・抗不安作用

5. 甲状腺

(1) 甲状腺ホルモン

構造	・咽頭上皮(内胚葉)から発生する器官で、多数の濾胞からできている。 ・濾胞：内部はサイログロブリンのコロイドで満たされ、甲状腺ホルモンを貯蔵
合成分泌	・材料：チロシンとヨウ素 ・甲状腺ホルモン：サイロキシン (T_4) とトリヨードサイロニン (T_3) ・大部分 T_4 の形で分泌される。作用は T_3 の方が強く、末梢組織で T_4 から T_3 に変換される。
運搬	・脂溶性ホルモンなので、血液中ではほとんどがたんぱく質と結合して運搬され、遊離のホルモンはわずか(遊離の甲状腺ホルモン： T_4 は 0.03%、 T_3 は 0.3%) ・甲状腺ホルモンと結合するたんぱく質：サイロキシン結合グロブリン (TBG)、サイロキシン結合プレアツブミン (TBPA)、アルブミン
作用機序	・標的細胞の核内に存在する甲状腺ホルモン受容体に結合し、特定の遺伝子の発現を促進あるいは抑制することにより作用を発揮する。
主な作用	・代謝亢進による熱産生量増加 ・身体の成長や知能の発育促進 ・腸管の糖吸収促進による血糖値上昇 ・肝臓での LDL 受容体発現増加によるコレステロール取り込み促進、血清コレステロール低下 ・交感神経活動の亢進 ・筋肉たんぱく質の分解促進 ・TRH と TSH の分泌を抑制する。(負のフィードバック)
分泌調節	・視床下部： <u>TSH 放出ホルモン</u> (TRH) ・下垂体： <u>甲状腺刺激ホルモン</u> (TSH) ・甲状腺： T_4 と T_3 ・負のフィードバック調節：TSH は TRH の分泌を抑制 T_3 と T_4 は TRH と TSH の分泌を抑制

(2) 主な甲状腺疾患

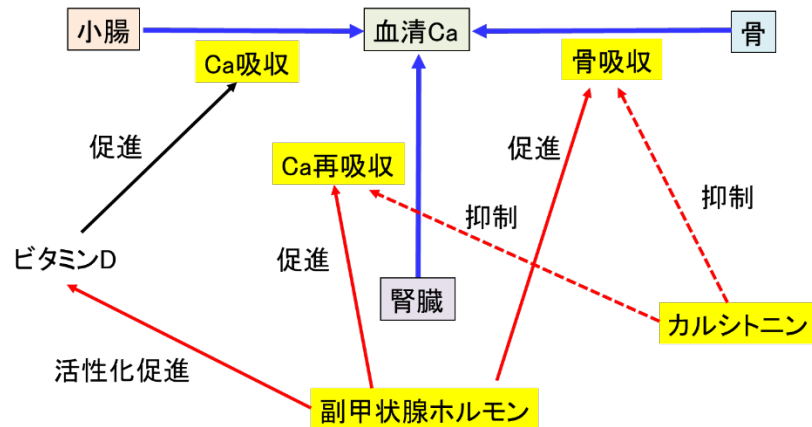
クレチン症	・先天性な異常により甲状腺機能が低下したものをといい、低身長や知能低下が起こる。
甲状腺機能亢進症	・甲状腺ホルモンが過剰に産生されるもの(バセドウ病またはグレイブス病)
甲状腺機能低下症	・甲状腺ホルモンの産生が減少して不足するもの

(3) カルシトニン

カルシトニン	・ 甲状腺の濾胞上皮の基底部や間質にある <u>傍濾胞細胞</u> から分泌
分泌刺激	・ 血中 Ca 濃度の上昇
分泌抑制	・ 血中 Ca 濃度の低下
主な作用	・ 骨形成を促進して骨への Ca 沈着を促進し、血清 Ca 濃度を低下させる。 ・ 破骨細胞の活動を抑制し、骨吸収を抑制する。 ・ 尿中への Ca 排泄を促進して、血中 Ca 濃度を低下させる。 ・ 血中 Ca 濃度が低下すると、カルシトニンの分泌は抑制される。

6. 副甲状腺（上皮小体）

副甲状腺	・ 甲状腺の後面に上下 1 対ずつ計 4 個ある米粒大の内分泌腺（内胚葉由来） ・ 副甲状腺ホルモン（PTH、parathyroid hormone、parathormone パラソルモン）を分泌
分泌刺激	・ 血中 Ca 濃度の低下
分泌抑制	・ 血中 Ca 濃度の上昇
主な作用	・ <u>骨吸収</u>（骨に沈着している Ca を溶かし出す）の促進 ・ 腎臓でのビタミン D の活性化を促進することにより、小腸での Ca 吸収を促進 ・ 尿細管の Ca 再吸収を促進 ・ 尿細管の P と HCO_3^- の排泄を促進



7. 膵ランゲルハンス島

A 細胞（α細胞）	・ グルカゴンを分泌する。 ・ 血糖値の低下が刺激となって分泌される。 ・ 肝臓のグリコーゲン分解・糖新生を促進して血糖値を上げる。
B 細胞（β細胞）	・ インスリンを分泌する。 ・ 血糖値の上昇が刺激となって分泌される。 ・ 筋肉・脂肪組織のグルコース取り込みを促進して血糖値を下げる。
D 細胞（δ細胞）	・ ソマトスタチンを分泌する。 ・ グルカゴンとインスリンの分泌を抑制する。 ・ 胆嚢を弛緩させる。
F 細胞（PP 細胞）	・ 膵ポリペプチドを分泌する。 ・ 作用は不明

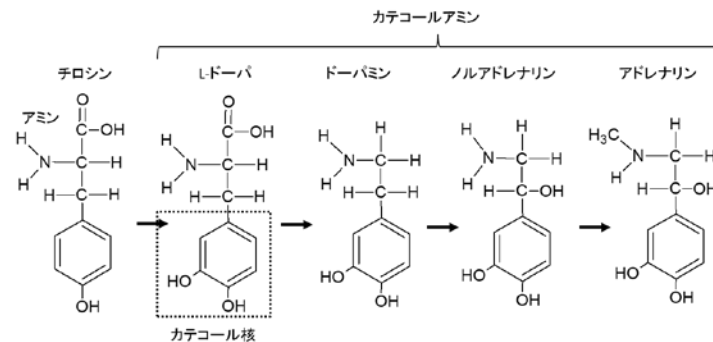
8. 副腎皮質

(1) 副腎皮質ホルモン

構造	・腎臓の上に乗っている三角形の内分泌腺（中胚葉由来） ・皮質と髄質に分けられ、皮質は外層から球状帯、索状帯、網状帯に分けられる。 ・<u>ステロイドホルモン</u>：副腎皮質から分泌されるホルモンはすべてコレステロールから合成される。	
糖質コルチコイド	・<u>束状帯</u>から分泌される。 ・<u>コルチゾール</u>の分泌量がもっとも多い。	
	分泌刺激	・ストレス→副腎皮質刺激ホルモン（ACTH） ・日内変動：早朝に最高になり、夕方最低になる。
	主な作用	・肝臓での糖新生の促進し、血糖値を上昇させる。 ・たんぱく質の合成を抑制し、糖新生の材料になる糖原性アミノ酸を肝臓に供給 ・四肢の脂肪組織のトリグリセリド分解を促進 ・抗炎症作用 ・抗ストレス作用 ・許容作用（カテコールアミン、インスリン、グルカゴンなどの作用を増強） ・腸管からのCa吸収を抑制し、血清Ca値を低下 ・骨吸収を促進 ・情動・認知など中枢神経系に影響 ・CRHとACTH分泌を抑制（負のフィードバック）
電解質コルチコイド	・<u>球状帯</u>から分泌される。 ・<u>アルドステロン</u>がもっとも多い。	
	分泌刺激	・血圧の低下→レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系 ・血中K濃度の上昇
	主な作用	・腎臓の皮質集合管に働いてNa再吸収とK排泄を促進 基底膜側のNa-Kポンプを活性化、管腔側のNaチャンネルとKチャンネルを増加 ・体内のNa量が増加すると浸透圧により細胞外液量が増加するので循環血液量も増加し、血圧が上昇 ・尿細管からのH⁺分泌を促進（過剰な場合は代謝性アルカローシスになる） 管腔側の水素イオン転移酵素を活性化
副腎アンドロゲン	・<u>網状帯</u>から分泌される。 ・デヒドロエピアンドロステロン（DHEA）とアンドロステンジオンがある。	
	分泌刺激	・副腎皮質刺激ホルモン（ACTH）
	主な作用	・DHEAの男性ホルモン作用は、テストステロンの約20%である。 ・アンドロステンジオンは末梢でエストロゲンに変換されるので、閉経後の女性では重要なエストロゲンの供給源になる。

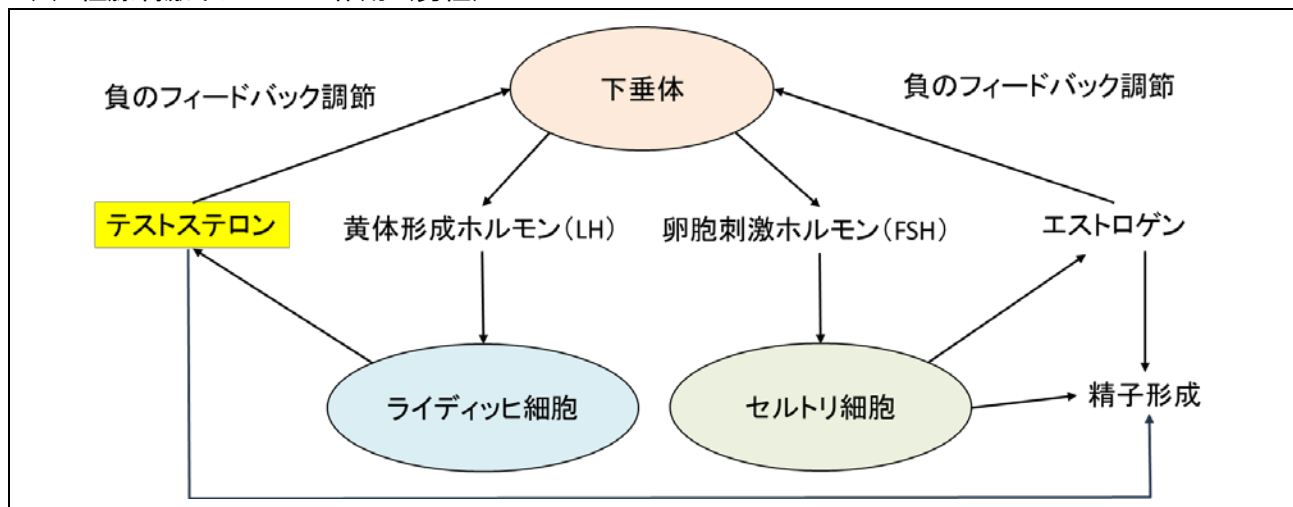
9. 副腎髄質

構造	・ 交感神経の節後神経細胞から発生（外胚葉由来）
合成	・ チロシン→ドーパ→ドーパミン→ノルアドレナリン→アドレナリン ・ <u>カテコールアミン</u>：カテコール核とアミンを持つものの総称（ドーパミン、ノルアドレナリン、アドレナリン） カテコール核：ベンゼン環に2つの水酸基がとなりあって結合したもの アミン：アンモニアの水素原子を炭化水素基で置換したもの（R-NH₂、R-NH-R など）
分泌	・ 交感神経の緊張により分泌が増加 ・ アドレナリン（85%）とノルアドレナリン（15%）を分泌
主 な 作 用	循環器系
	・ 心臓ではβ_1受容体を介して心筋の収縮力を増強させ、心拍数を増加させる。 ・ 骨格筋以外の血管ではα_1受容体を介して血管を収縮させる。 ・ 骨格筋の血管ではβ_2受容体を介して血管を拡張させる。 ・ 血圧を上昇させる。
	呼吸器系
	・ 気管支平滑筋では β_2 受容体を介して気管支を拡張させる。
	消化器系
	・ α_1受容体を介して消化管の平滑筋を弛緩させ、消化管の運動を抑制する。 ・ α_1受容体を介して消化管の括約筋を収縮させ、内容物の移動を抑制する。
エ ネ ル ギ ー 代 謝	エネルギー代謝
	・ 肝臓ではβ_2受容体を介してグリコーゲン分解を促進し、血糖値を上昇させる。 ・ 脂肪組織ではβ_3受容体を介してトリグリセリド（中性脂肪）分解を促進する。

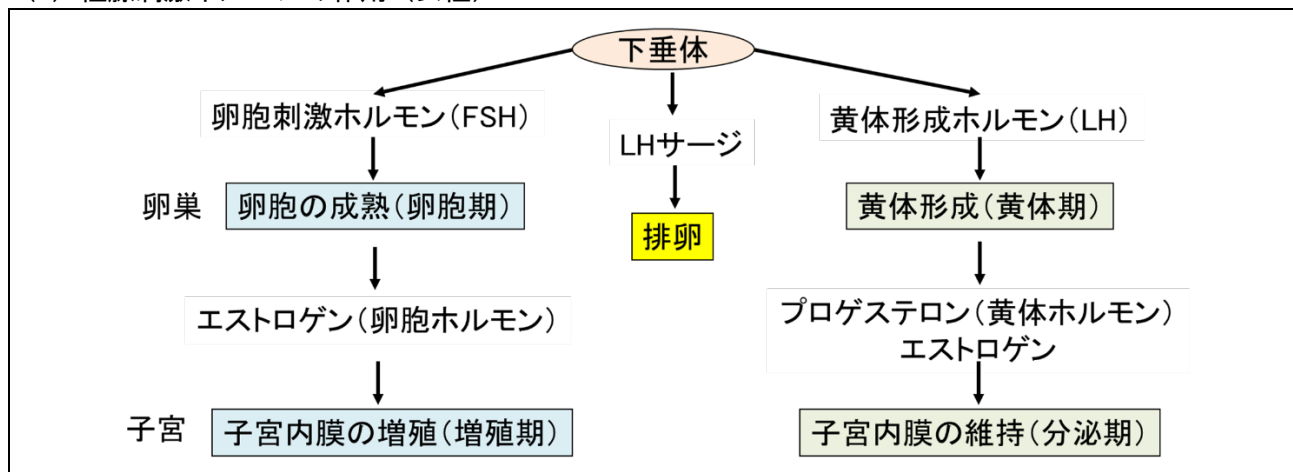


10. 性腺

(1) 性腺刺激ホルモンの作用（男性）



(2) 性腺刺激ホルモンの作用（女性）



11. その他の内分泌腺

消化管	・消化管ホルモン（ガストリン、セクレチン、コレシストキニン、ソマトスタチン、胃抑制ペプチド、腸管グルカゴンなど）を分泌
腎臓	・レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系 ・エリスロポエチン ・ビタミンD活性化
松果体	・メラトニンを分泌 ・夜間に分泌が促進する。 ・概日リズムを調節する。 ・下垂体に作用して性腺刺激ホルモン（FSH、LH）の分泌を抑制する。
心臓	・心房性Na利尿ペプチド、脳性Na利尿ペプチドを分泌 ・循環血液量の増加が刺激となって分泌が促進する。 ・アルドステロンの作用に拮抗して、Na排泄、K再吸収を促進
胎盤	・ヒト絨毛性ゴナドトロピン（HCG）、エストロゲン、プロゲステロンを分泌 ・妊娠黄体の維持

12. ホルモン分泌の調節

神経性調節	・神経内分泌：視床下部による下垂体機能の調節 ・松果体（メラトニン）：副交感神経により分泌促進、交感神経により分泌抑制 ・副腎髄質（アドレナリン）：交感神経により分泌促進 ・神経内分泌反射：射乳反射（乳首の吸引によるオキシトシンの分泌）
血中濃度	・血糖値：上昇→インスリン分泌促進 低下→グルカゴン分泌促進 ・血中Ca濃度：上昇→副甲状腺ホルモン分泌抑制、カルシトニン分泌促進 低下→副甲状腺ホルモン分泌促進、カルシトニン分泌抑制 ・血漿浸透圧：上昇→バソプレシン分泌促進
刺激ホルモン	・甲状腺刺激ホルモン（TSH）、副腎皮質刺激ホルモン（ACTH）、性腺刺激ホルモン（FSH、LH）
負のフィードバック	・甲状腺ホルモンによるTSHの分泌抑制 ・副腎皮質ホルモン（コルチゾール）によるACTHの分泌抑制 ・男性ホルモン、女性ホルモンによるFSH、LHの分泌抑制
正のフィードバック	・一定濃度以上のエストロゲンによるFSH、LH分泌促進 ・分娩によるオキシトシン分泌促進

13. ホルモンによる調節の実際

(1) 糖代謝の調節

肝臓	・インスリンは、グリコーゲン合成を促進することで、血糖値を低下させる。 ・グリコーゲン分解と糖新生を促進して血糖値を上昇させるホルモン グルカゴン、アドレナリン、成長ホルモン、糖質コルチコイド
筋肉組織	・インスリンは、グルコース取り込みとグリコーゲン合成を促進することで、血糖値を低下させる。 ・アドレナリンは、グリコーゲン分解を促進するが、筋肉細胞内でエネルギー源として利用されるので血液中に放出されない。(血糖値を上昇させない)
脂肪組織	・インスリンは、グルコース取り込みとトリグリセリド合成を促進することで、血糖値を低下させる。 ・甲状腺ホルモンと糖質コルチコイドは、トリグリセリド分解を促進する。
消化管	・甲状腺ホルモンは、グルコース吸収を促進するので、食後一過性に血糖値を上昇させる。

(2) カルシウム代謝の調節

骨	・カルシトニンは、骨へのCa沈着(骨形成)を促進して血中Ca濃度を低下させる。 ・副甲状腺ホルモンは、骨吸収(Caが溶け出す)を促進して血中Ca濃度を上昇させる。 ・活性型の1,25(OH)₂ビタミンDは、骨形成を促進して血中Ca濃度を低下させる。
小腸	・活性型の1,25(OH)₂ビタミンDは、Caの吸収を促進して血中Ca濃度を上昇させる。
腎臓	・カルシトニンは、尿細管でのCa再吸収を抑制して血中Ca濃度を低下させる。 ・副甲状腺ホルモンは、尿細管でのCa再吸収を促進して血中Ca濃度を上昇させる。 ・副甲状腺ホルモンは、ビタミンDの活性化を促進する。 ・25(OH)ビタミンDの1位の炭素を水酸化して活性型の1,25(OH)₂ビタミンDを生成する。
肝臓	・不活性なプレビタミンDの25位の炭素を水酸化して25(OH)ビタミンDを産生する。

(3) 汎適応症候群

警告反応期	・ストレスが加わった直後の反応 ・交感神経の緊張により「闘争と逃避」の準備状態をつくる。 ・アドレナリン分泌増加 ・ACTH、副腎皮質ホルモンの分泌増加
抵抗期	・副腎皮質ホルモンによりストレス状態へ適応する。
疲弊期	・強力なストレスの持続により副腎皮質ホルモンによる適応が破綻した状態であり、死に至る場合もある。

(4) 乳房の発達と乳汁分泌

思春期	・性周期によるエストロゲンとプロゲステロンの交互作用により発達する(二次性徴)。
妊娠中	・胎盤から分泌されるエストロゲン、プロゲステロンと下垂体前葉から分泌されるプロラクチンの共同作用により乳腺が発達する。 ・プロラクチンの乳汁産生・分泌作用は、エストロゲンとプロゲステロンにより抑制されている。
分娩後	・エストロゲンとプロゲステロン分泌が低下すると、プロラクチンの乳汁産生・分泌作用が顕在化する。 ・授乳は、プロラクチン分泌を促進し、乳汁の産生を増加させる。
射乳反射	・乳児による乳首の吸引は、下垂体後葉からオキシトシン分泌をひき起こし、オキシトシンは乳管周囲の平滑筋を収縮させて乳汁を排出させる。

(5) 高血圧をきたすホルモン

原発性アルドステロン症	・過剰なアルドステロンの作用で、細胞外液量が増加する。 ・循環血液量も増加するので心拍出量が増加し、血圧が上昇する。
クッシング症候群	・過剰なコルチゾールの作用で、細胞外液量が増加する。 ・循環血液量も増加するので心拍出量が増加し、血圧が上昇する。
甲状腺機能亢進症	・甲状腺ホルモンは、交感神経を緊張させ血圧が上昇する。
褐色細胞腫	・副腎髄質由来の腫瘍でアドレナリンを過剰分泌する。 ・アドレナリンの作用で血圧が上昇する。

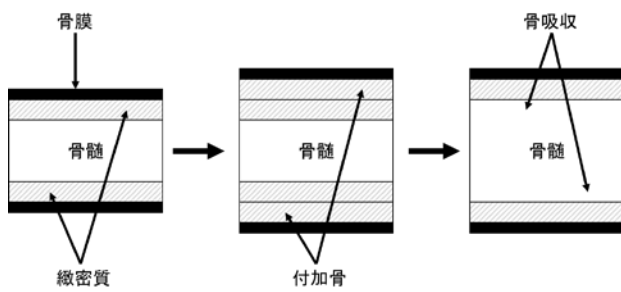
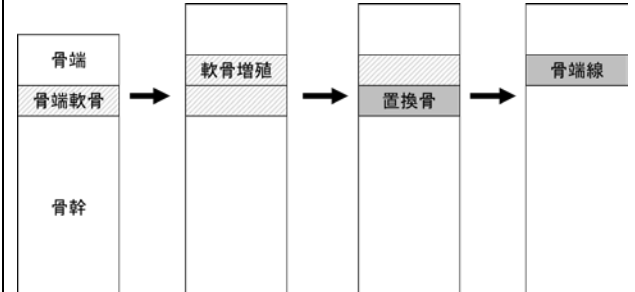
14. 骨・筋

1. 骨の構造

骨の数	・ 全身で 206 個：頭蓋（23）、脊柱（26）、肋骨（24）、胸骨（1）、上肢（64）、骨盤（2）、下肢（60）、耳小骨（6）
長骨	・ 上腕骨、大腿骨など ・ 長骨の中央部を <u>骨幹</u> 、両端部を <u>骨端</u> という。
短骨	・ 手根骨、足根骨など
扁平骨	・ 頭頂骨、前頭骨など
不規則骨	・ 椎骨、下顎骨など
緻密質	・ 骨の表面の骨質
海綿質	・ 骨の内部の骨質 ・ 海綿質の骨稜には規則的な方向性があり、骨の強度を保っている。 ・ 長骨の骨幹では骨稜が少なくなり <u>髓腔</u> を形成する。
骨膜	・ 関節面を除く骨の表面を覆う結合組織 ・ 豊富に血管が分布しており、フォルクマン管を通して緻密質に入り、ハバース管を通して骨質に栄養を送る。 ・ 感覚神経が分布しているが、骨質の内部には侵入しない。
骨母細胞	・ 骨膜に存在し、骨芽細胞に分化して骨組織をつくる。 ・ 骨折：骨母細胞から多数の骨芽細胞がつくられて骨組織を再生する。
栄養孔	・ 骨髓への血管が通る孔
骨髓	・ 骨の髓腔を満たしている細網組織で、 <u>造血</u> を行う場である。 ・ 赤色骨髓：活発に造血を営んでいる骨髓、体幹の骨 ・ 黄色骨髓：脂肪組織に置き換わり、造血を行っていない骨髓、四肢の長骨

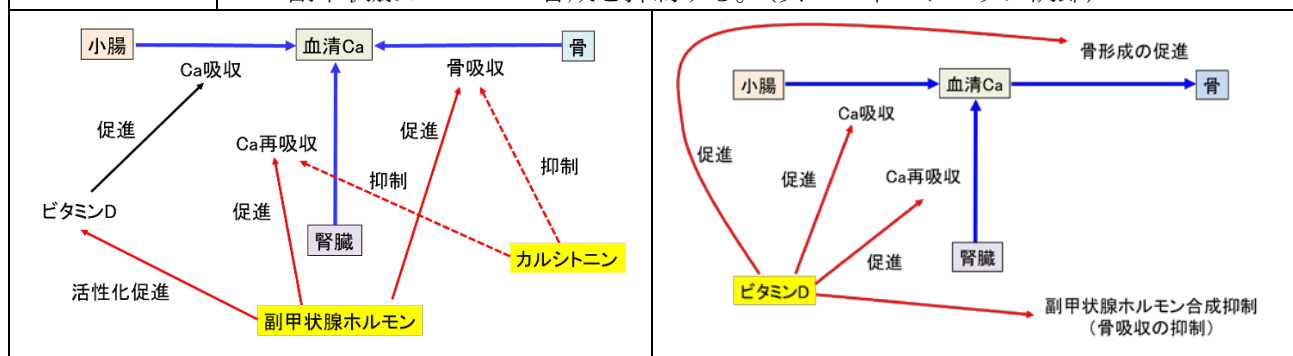
2. 骨の成長

膜内骨化	・ 骨膜にある骨母細胞が分化した骨芽細胞によって作られる骨の成長である。 ・ 形成された骨を<u>付加骨</u>という。 ・ 骨の外面に緻密質を付加し、内面の骨を吸収することにより成長する。 ・ 扁平骨、短骨、不規則骨、長骨の太さの成長など
軟骨内骨化	・ まず骨端軟骨において硝子軟骨がつくられて、次第に軟骨が骨に置き換わることによって作られる骨の成長である。 ・ 形成された骨を置換骨という。 ・ 長骨の長さの成長を起こす。 ・ 成人に達すると骨端軟骨は骨化して、骨端線となる。

3. 骨とCa代謝

骨形成	・骨芽細胞により血中Caを骨に沈着させて骨を形成すること
骨吸収	・破骨細胞により骨に沈着しているCaを血液中に溶出すること
骨再構築	・骨の形態を維持しつつ、骨吸収と骨形成により新しい骨組織に置き換わること ・体内では、常に骨の再構築が起こっている。 ・骨の再構築において骨吸収が骨形成を上回ると全身の骨量が減少し、骨粗鬆症や骨軟化症になる。
副甲状腺ホルモン (PTH、パラソルモン)	・血中Ca濃度の低下が刺激となって副甲状腺から分泌される。 ・主な作用 - 破骨細胞を活性化して骨吸収を促進する。 - 腎臓の尿細管でのCaの再吸収を促進し、とHCO_3^-の排泄を促進する。 - 腎臓のビタミンDの水酸化酵素を促進してビタミンDの活性化を促進する。 - 以上の結果として血中Ca濃度が上昇する。
カルシトニン	・血中Ca濃度の上昇が刺激となって甲状腺の傍濾胞細胞から分泌される。 ・主な作用 - 破骨細胞の機能を抑制して骨吸収を抑制する。 - 腎臓の尿細管でCaとPの再吸収を抑制する。 ・以上の結果として、Caの骨への沈着を促進して血中Ca濃度を低下させる。
エストロゲン	・破骨細胞の活動を抑制して、骨の吸収を抑制する。 ・閉経後にエストロゲンの分泌が減少すると急速に骨吸収が進む。(閉経後骨粗鬆症)
ビタミンD	・食物中のビタミンD₃は、肝臓で25(OH)D₃に、腎臓で1α, 25(OH)D₃に水酸化されて活性化する。 ・主な作用 - 小腸でのCaとPの吸収を促進する。 - 腎臓の尿細管でのCaとPの再吸収を促進する。 - 以上の結果として、血中Ca濃度が上昇する。 - 骨芽細胞の活性を促進し、Caの骨への沈着を促進して骨形成を促進する。 - 大量のビタミンDでは、破骨細胞を活性化して骨吸収を促進する。 - 副甲状腺ホルモンの合成を抑制する。(負のフィードバック調節)

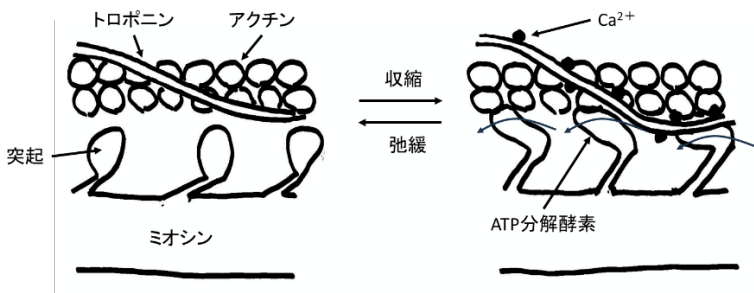
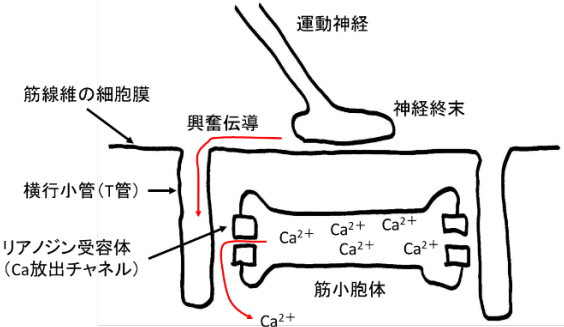


4. 骨代謝に影響する栄養因子

エネルギー	・低エネルギー下では、十分なCa摂取があっても成長期の骨量増加が抑制される。 ・思春期の過剰なダイエットは、骨量増加を抑制する。
たんぱく質	・骨の20%がコラーゲンでできている。 ・たんぱく質の不足は、Ca吸収を減少させる。 ・過剰なたんぱく質は、Caの尿中排泄を促進する。
ビタミンD	・紫外線的作用により皮膚で合成され、肝臓、腎臓で活性型となる。
ビタミンK	・骨芽細胞のオステオカルシン産生・石灰化を促進、骨吸収を抑制 ・<u>オステオカルシン</u>：骨の非コラーゲン性たんぱく質の25%を占め、骨の石灰化に関与

カルシウム	・成人のカルシウム (Ca) 吸収率は低い。(吸収率：小児 75%、成人 30～40%)
リン	・リン (P) の過剰摂取は、Ca の吸収障害を引き起こす。 ・適正な Ca/P 比は、0.5～2.0 である。
マグネシウム	・マグネシウム (Mg) 欠乏では、骨の脆弱化、骨形成マーカーの減少が現れる。
その他	・ビタミン C、ビタミン A、大豆イソフラボン (女性ホルモン様作用)、ミルク塩基性たんぱく質 (MBP, milk basic protein) などが骨形成を促進 ・MBP の成分：ラクトフェリン (約 50% を占める)、ラクトペルオキシダーゼ、アンジオジェニン、シスタチン C など ・MBP の作用：骨形成の促進と骨吸収の抑制 (シスタチン C が破骨細胞を抑制)

5. 骨格筋の収縮機構

滑走説	・骨格筋が弛緩している時は、<u>トロポニン</u>や<u>トロポミオシン</u>がアクチンとミオシンの結合を抑制している。 ・骨格筋が刺激されると筋小胞体に蓄えていた Ca^{2+} が細胞質基質中に放出される。 ・①細胞質基質中の Ca^{2+} 濃度が上昇して、Ca^{2+} がトロポニンに結合すると、抑制がとれてアクチンとミオシンの突起が連絡橋を形成する。 ・②続いてミオシンの突起に結合している ATP が加水分解して ADP になるときに突起が動いてアクチンがミオシンの上を滑走する。(ミオシンの頭部に ATP 分解酵素が存在する) ・③その後 Ca^{2+} がトロポニンから離れてアクチンとミオシンは離れる。 ・①、②、③が繰り返し起こることにより筋肉は収縮する。 
興奮収縮連関	・運動神経は筋膜を貫いて筋の内部に侵入する。 ・運動神経の神経終末 (<u>運動終板</u>) は筋線維の筋鞘 (細胞膜) とシナプスを形成する。 ・1 本の軸索は枝分かれして複数 (数～200 個) の筋線維とシナプスを形成する。(運動単位) ・神経終末から放出される <u>アセチルコリン</u> が筋線維の細胞膜に興奮 (活動電位) を起こす。 ・活動電位は横行小管 (T 管) を介して筋線維内へ伝導する。 ・T 管の興奮は筋小胞体のリアノジン受容体を開口させて Ca^{2+} を細胞質基質中に放出する。 ・細胞質基質に放出された Ca^{2+} は筋線維を収縮させる。 ・興奮が消失すると Ca^{2+} は筋小胞体に回収される。 

収縮の種類	単収縮	・一回の興奮によって起こる一過性の収縮・収縮する筋線維の数が増えると骨格筋全体の収縮力は強くなる。
	加重	・連続する興奮により単収縮より大きな収縮が起こる。
	強縮	・高頻度の連続する興奮によってスムーズでより大きな収縮が起こる。
	拘縮	・筋細胞膜の長時間の脱分極や筋小胞体への Ca^{2+} 取り込み抑制による長時間の収縮
	硬直	・ATP の枯渇によりアクチンとミオシンの連結橋が離れなくなった状態(死後硬直など)
	等尺性収縮	・筋長が一定のまま収縮すること
	等張性収縮	・一定の張力で収縮すること
活動張力と筋長	・逆U字型となる。 ・アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの重なりが最適な時に最大活動張力となる。	

6. 白筋と赤筋

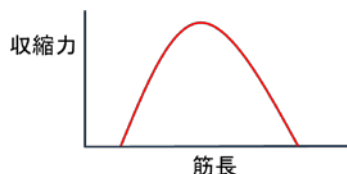
赤筋線維(遅筋線維、タイプ I)	・ミオグロビンを多く含むため赤みが強い。 ・ミオグロビンは筋細胞内に酸素を貯蔵する。 ・細くてミトコンドリアが豊富で、遅い持続的な収縮に適している。 ・疲れにくいので姿勢の保持に関する筋肉に多い。
白筋線維(速筋線維、タイプ II)	・ミオグロビンが少ないので白っぽく見える。 ・太くてミトコンドリアが少なく、すばやい収縮に適している。 ・疲れやすい。

7. 骨格筋の肥大と萎縮

肥大	・筋線維数は変化しないが、筋原線維数が増加する。 ・原因：収縮の負荷(等尺性収縮の効果が大きい)、男性ホルモン、筋肉増強剤
萎縮	・筋原性筋萎縮(近位筋が主)と神経原性筋萎縮(遠位筋が主)がある。 ・原因：筋疾患、神経疾患、廃用性筋萎縮、低栄養など

8. 心筋の収縮

収縮の特徴	・心筋細胞同士は 介在版 で互いに密着している。 ・ ギャップ結合 により細胞間で電氣的、機能的に連結されているので、1 個の心筋細胞が興奮すると、心臓全体が興奮する。 ・1 回の刺激による収縮時間は細胞外から流入する Ca^{2+} により持続時間が長い。 ・不応期が長いので連続する刺激による強縮を起こしにくい。
収縮性	・心筋の収縮力は細胞内 Ca^{2+} 濃度が上昇すると増強する。 ・ノルアドレナリンは心筋内 Ca^{2+} 濃度を上昇させる。
長さ-張力関係	・静止張力が大きく最大張力が発生する筋長を超えて伸展することはできない。 ・フランク-スターリングの心臓の法則：心臓に流入する血液量が多いほど、収縮力が強くなる。



9. 平滑筋の収縮

滑走説	・横紋構造は認められないが、収縮はアクチンとミオシンの連結により行われる。
不随意筋	・自律神経、ホルモンにより収縮が調節される。
収縮	・収縮速度は緩やかで、長時間の収縮が可能。 ・平滑筋の細胞間は、 <u>ギャップ結合</u> により連結され、1 個の平滑筋が興奮すると、周囲の平滑筋に興奮が伝わる。

10. 運動とエネルギー

(1) 運動時の循環・呼吸の変化

循環器系	・交感神経の緊張 →心臓：心拍出量増加（5L→20L まで増加可能） →骨格筋：β_2受容体→血管拡張、血流増加 →内臓：α_1受容体→血管収縮、血流低下 →皮膚：初期は血流低下→体温上昇に伴い増加
呼吸器系	・動脈血酸素分圧低下→呼吸促進 ・筋・腱の伸展刺激→<u>中枢性フィードフォワード機構</u>→呼吸促進（酸素分圧が低下する前に、酸素不足が予想される状態に備えて呼吸を促進するしくみ）

(2) 酸素負債

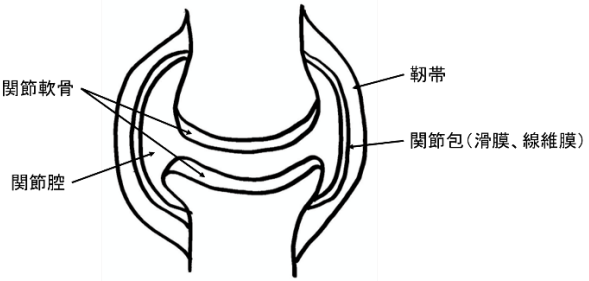
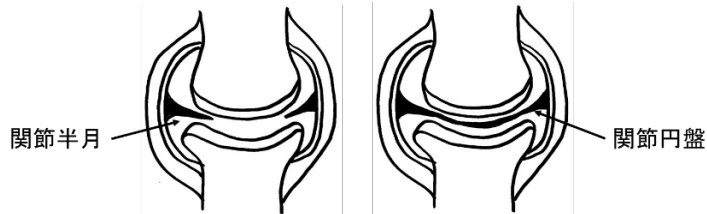
フィードフォワード機構	・運動を開始すると酸素必要量が増加する状況を予測して呼吸を促進することで酸素摂取量を増加させる。
オールアウト	・酸素摂取量と酸素必要量が釣り合っていれば運動を継続できるが、酸素必要量が上回る運動は継続できない。
酸素負債	・運動開始時の酸素不足は運動終了後の呼吸で返還する。

(3) ATP の供給源

クレアチンリン酸	・アルギニン、メチオニン、グリシンの3つのアミノ酸から合成される化合物 ・ATP が十分あるとき：クレアチンリン酸としてエネルギーを貯蔵する。 ・ATP が必要とき：クレアチンリン酸を分解して、ADP から ATP を生成する。 ・運動により細胞内に蓄えていたクレアチンリン酸は10秒程度で枯渇する。 クレアチン クレアチン・キナーゼ クレアチンリン酸 The diagram shows the chemical structures of creatine and creatine phosphate. Creatine (left) has a guanidino group (H2N-C(=NH2)-N(CH3)-CH2-COOH). Creatine phosphate (right) has a phosphate group attached to the nitrogen (HO-P(=O)(OH)-N(CH3)-CH2-COOH). A double-headed arrow between them is labeled 'クレアチン・キナーゼ'. Below the arrow, 'ATP' is written with an arrow pointing to the right, and 'ADP' is written with an arrow pointing to the left, indicating the coupled reaction.
嫌氣的解糖	・無酸素運動では、血液中のグルコースおよび筋肉内のグリコーゲンを分解して嫌氣的解糖系により ATP を産生する。 ・嫌氣的条件下の運動では、約30秒で乳酸が蓄積して十分なATPを産生できなくなる。
有酸素運動	・有酸素運動ではクエン酸回路と電子伝達系により、血液中のグルコースおよび脂肪酸を材料にして、持続的にATPを供給することができる。

11. 骨の連結

(1) 関節の構造

関節軟骨	・骨の関節面をおおう硝子軟骨
関節包	・関節をおおう強靱な結合組織の線維膜
関節腔	・関節包の内腔
滑膜	・関節包はとその内面をおおう疎性結合組織 
滑液	・滑膜の表面に存在する滑膜細胞が分泌する関節液（主成分はヒアルロン酸）
関節半月 関節円板	・滑膜から関節腔に向かって輪状の線維軟骨 - 関節半月をもつ関節：膝関節など - 関節円板をもつ関節：顎関節など 
靱帯	・関節を補強する紐状または帯状の結合組織

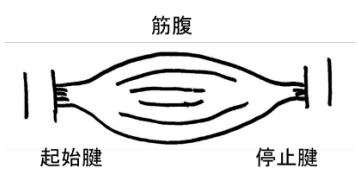
(2) 関節の可動性

区分	分類	具体例
多軸性	球関節	・肩関節、股関節
二軸性	橈円関節	・橈骨手根関節
	鞍関節	・母指の手根中手関節
一軸性	蝶番関節	・腕尺関節、指節間関節、膝関節
	車軸関節	・上・下橈尺関節
その他	平面関節	・椎間関節
	顆状関節	・中手指節関節、顎関節
	半関節	・仙腸関節、手根間関節

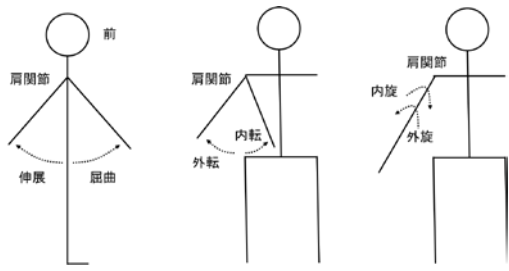
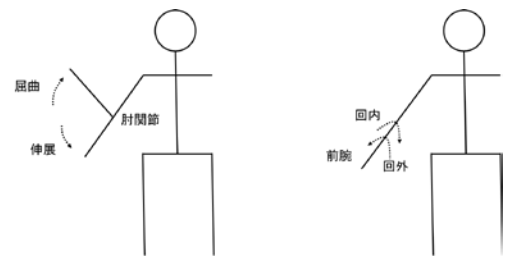
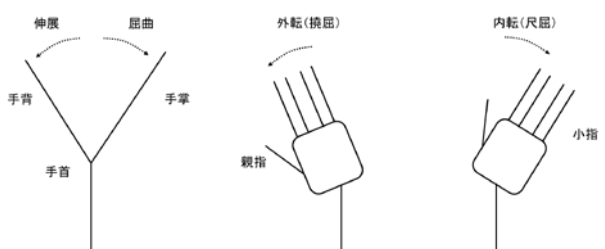
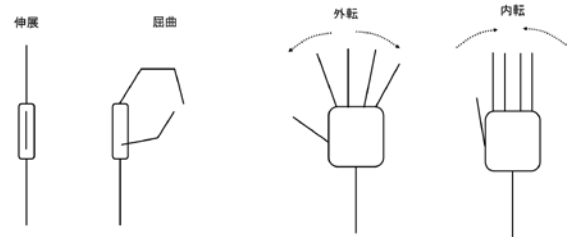
(3) 不動性の連結（不動間接）

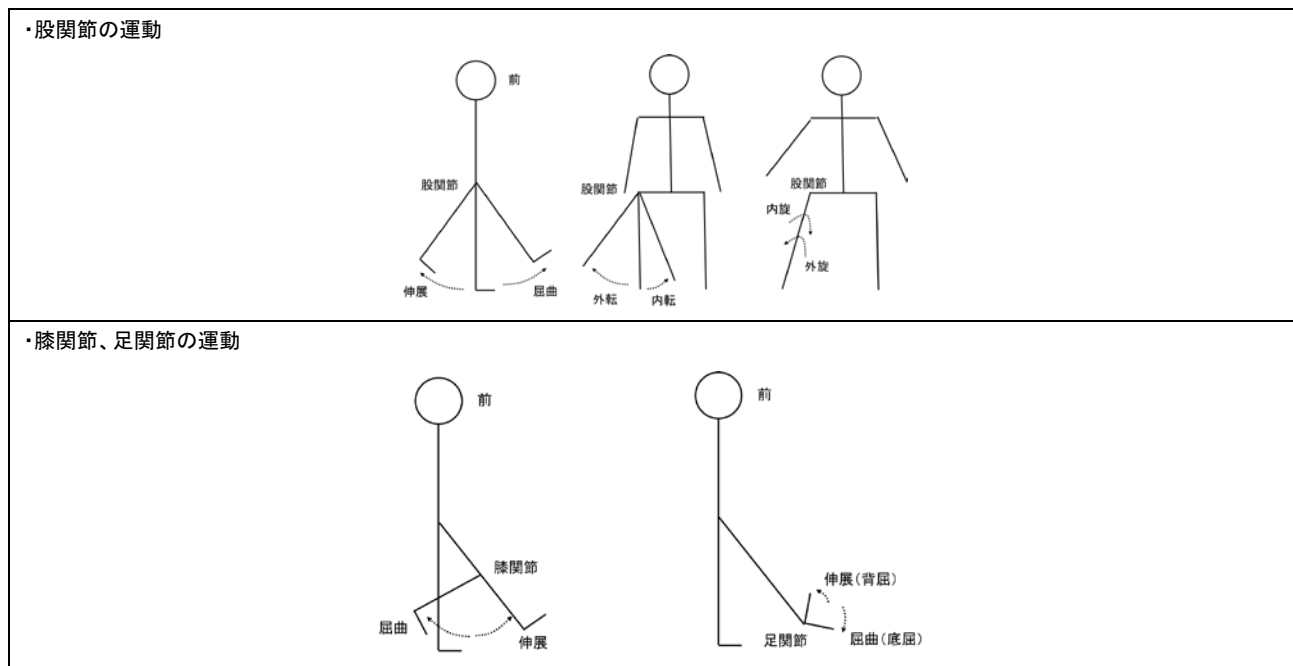
線維性結合	・頭蓋骨など扁平骨が縫い合わされたように結合組織で結合（縫合）されるもの ・強靱な線維性結合組織（靱帯）で結合されるもの
軟骨性結合	・骨が、軟骨（硝子軟骨・線維軟骨）で結合されるもの ・脊柱の椎骨の連結（椎間円板）や恥骨結合など
骨性結合	・骨が骨質によって結合されるもの（軟骨結合であったものが骨化したもの） ・寛骨（腸骨＋坐骨＋恥骨）、仙骨（仙椎）、尾骨（尾椎）など

2. 筋の形状

骨格筋	・関節をはさんだ骨と骨をつなぐ。 
腱	・骨格筋の両端は、<u>腱</u>（結合組織）となって骨膜に付着する。
起始・停止	・両端のうち移動性が少ない方を<u>起始</u>、移動性が少ない方を<u>停止</u>という。
筋頭・筋腹・筋尾	・起始に近い部分を<u>筋頭</u>、中間部を<u>筋腹</u>、停止に近い部分を<u>筋尾</u>という。
作用	・同じ方向に働く筋を<u>協力筋</u>、反対方向に働く筋を<u>拮抗筋</u>という。

12. 骨格筋の作用

屈曲・伸展	・骨どうしの角度を小さく（屈曲）・大きく（伸展）する。
外転・内転	・骨を体の中心軸から遠ざける（外転）・近づける（内転）。
外旋・内旋	・上腕、大腿を長軸に対して外に旋回する（外旋）・内に旋回する（内旋）。
回内・回外	・前腕を外にねじる（回外）・内にねじる（回内）。
・肩関節の運動 	
・肘関節、前腕の運動 	
・手関節の運動 	
・指の運動 	



13. 骨格筋の神経支配

運動神経	・一つの運動ニューロンの軸索は、筋肉内で枝分かれし、それぞれの神経終末は1つの筋線維の中央付近に付着してシナプスを作る。 ・一つの運動ニューロンに支配される筋線維の束を<u>運動単位</u>という。
感覚神経	・筋、腱、関節からの刺激を中枢神経に送る。 ・<u>筋紡錘</u>（筋肉の感覚装置）は、骨格筋の張力を感知する。 ・骨格筋が引き延ばされることで発生する筋紡錘からの刺激は、<u>腱反射</u>によりその骨格筋を収縮させる。（腱受容器による反射ではない） ・腱受容器、ファーテルパチニ小体からの感覚（深部感覚）は、姿勢や運動の状態を感知する。

14. 体幹

(1) 脊柱の骨

椎骨	・<u>脊柱</u>は、<u>椎骨</u>（合計32～34個）が積み重なってできる。 ・椎骨は、<u>椎体</u>と<u>椎弓</u>からなる。 ・椎体と椎弓の間を、<u>椎孔</u>という。 ・椎弓には、側方に<u>横突起</u>、後方に<u>棘突起</u>、上下に<u>関節突起</u>がある。 ・椎骨が積み重なるとき、上下の椎体は<u>椎間円板</u>でつながる。 ・椎間円板の周辺部（<u>線維輪</u>）は線維軟骨でできており、中央部の寒天状の<u>髄核</u>を包んでいる。 ・関節突起は、上下の椎弓と<u>椎間関節</u>を作る。 ・椎孔が積み重なってできる空間を<u>脊柱管</u>という。 ・脊柱管の中には、<u>脊髄</u>が収められている。
頸椎	・7個の椎骨からなり、<u>前彎</u>している。 ・第1頸椎（椎体なし）は<u>環椎</u>、第2頸椎は<u>軸椎</u>、第7頸椎は<u>隆椎</u>と呼ばれる。 ・頸椎の横突起には孔が開いており、椎骨動脈が通る。
胸椎	・12個の椎骨からなり、<u>後彎</u>している。 ・肋骨と<u>肋椎関節</u>をつくる。
腰椎	・5個の椎骨からなり、<u>前彎</u>している。
仙骨	・5個の仙椎が癒合して1個の<u>仙骨</u>となったもので、<u>後彎</u>している。
尾骨	・3～5個の尾椎が癒合して1個の<u>尾骨</u>となったもの

(2) 胸郭の骨

胸郭	・ 12 個の <u>胸椎</u> 、左右 12 対の <u>肋骨</u> および 1 個の <u>胸骨</u> でつくられる。
肋骨	・ 胸椎と<u>肋椎関節</u>を形成する。 ・ 前端は、<u>肋軟骨</u>でできている。 ・ 第 1～7 肋骨は、胸骨と<u>胸肋関節</u>を形成する。 ・ 第 8～10 肋骨は、肋軟骨を介して上位の肋骨につながり、<u>肋骨弓</u>をつくる。 ・ 第 11、12 肋骨は遊離している。
胸骨	・ <u>胸骨柄</u>と<u>胸骨体</u>からなり下部に<u>剣状突起</u>が下垂する。 ・ 胸骨柄は、鎖骨、第 1 肋骨と関節をつくる。 ・ 胸骨柄と胸骨体の境界は隆起して<u>胸骨角</u>をつくり、その左右に第 2 肋骨が関節をつくる。

(3) 背部の筋

僧帽筋	・ 肩甲骨の上下、回転運動
広背筋	・ 上腕骨の内転・内旋、肩関節の伸展
肩甲挙筋・菱形筋	・ 肩甲骨を上内側方へ引く。(前鋸筋と拮抗)

(4) 胸部の筋

大胸筋	・ 上腕の内転、前方挙上 (肩関節の屈曲)、内旋
小胸筋	・ 肩甲骨を前下方へ引く
前鋸筋	・ 肩甲骨を下外側方へ引く (肩甲挙筋・菱形筋と拮抗)
外肋間筋	・ 肋骨を引き上げる。(胸郭を広げる呼吸運動)
内肋間筋	・ 肋骨を引き下げる。(胸郭を狭める呼吸運動)
横隔膜	・ 胸腔と腹腔の境にあるドーム状の骨格筋 ・ 食道裂孔、大動脈孔、大静脈孔がある。

(5) 腹部の筋

腹直筋	・ 筋腹の 3～4 か所に<u>腱画</u>が挟まっている。 ・ <u>腹直筋鞘</u> (腹直筋を包む筋膜)：中央部で合わさって<u>白線</u>となる。(臍の部位では臍輪となる) ・ 体幹の前屈 The diagram illustrates the rectus abdominis muscle, showing its characteristic segmented appearance with alternating muscle bellies (筋腹) and tendons (腱画). The central line where the muscle layers meet is labeled as the linea alba (白線). The tendons are labeled as '腱'.
外腹斜筋 (最表層)	・ 体幹部の回旋動作、前屈、側屈
内腹斜筋 (第 2 層)	・ 体幹部の回旋動作、前屈、側屈
腹横筋 (最深層)	・ 腹腔内圧を高める。
鼠径管	・ 鼠径靭帯の上方で腹腔から側腹部の筋肉を貫く通路。 ・ 男性では精索、女性では子宮円索が通る。

15. 上肢

(1) 上肢帯の骨

鎖骨	・内側で胸骨柄と <u>胸鎖関節</u> をつくり、外側で肩甲骨と <u>肩鎖関節</u> をつくる。
肩甲骨	・上腕骨と <u>肩関節</u> （肩甲上腕関節）をつくる。 ・背面には <u>肩甲棘</u> が隆起し、外側に <u>肩峰</u> が突出する。前面には <u>鳥口突起</u> が突出する。

(2) 自由上肢の骨

上腕	上腕骨	・上端： <u>上腕骨頭</u> （肩関節の関節面）、 <u>大結節</u> 、 <u>小結節</u> ・ <u>解剖頸</u> ：上腕骨頭と大結節・小結節の間 ・ <u>外科頸</u> ：上腕骨頭と骨幹の移行部 ・下端： <u>上腕骨小頭</u> （腕橈関節の関節面）、 <u>上腕骨滑車</u> （腕尺関節の関節面） ・上腕骨小頭の上には <u>外側上顆</u> が上腕骨滑車の上には <u>内側上顆</u> が突出する。
前腕	尺骨	・上端： <u>肘頭</u> （腕尺関節の関節面）が突出 ・肘頭の下： <u>鈎状突起</u> が突出 ・下端： <u>尺骨頭</u>
	橈骨	・上端： <u>橈骨頭</u> （腕頭関節の関節面） ・下端：橈骨手根関節の関節面 ・橈骨と尺骨は上端で <u>上橈尺関節</u> を、下端で <u>下橈尺関節</u> をつくる。
手	手根骨	・8個の骨が2列に並ぶ。
	中手骨	・5個の長骨からなる。 ・手根骨と手根中手関節（ <u>CM関節</u> ）をつくる。
	指骨	・母指は2個の指骨（基節骨、末節骨）、他の指は3個の指骨（基節骨、中節骨、末節骨）からなる。 ・中手骨と中手指節関節（ <u>MP関節</u> ）をつくる。 ・指骨どうしは指節間関節（ <u>IP関節</u> ）をつくる。（近位の関節をPIP関節、遠位の関節をDIP関節という）

(3) 上肢帯の筋

三角筋	・上腕骨の外転
肩甲下筋	・上腕骨の内旋
棘上筋	・上腕骨の外転
棘下筋	・上腕骨の外旋
小円筋	・上腕骨の外旋
大円筋	・上腕の内転、内旋、肩関節の伸展

(4) 上肢の筋

上腕二頭筋	・肘関節の屈曲、前腕の回外
上腕筋	・肘関節の屈曲
鳥口腕筋	・上腕の挙上（肩関節の屈曲）
上腕三頭筋	・肘関節の伸展
腕橈骨筋	・肘関節の屈曲
橈側・尺側手根屈筋	・手首の屈曲
長・短橈側手根伸筋	・手首の伸展
尺側手根伸筋	・手首の伸展
浅・深屈指筋	・指の屈曲
総指伸筋	・指の伸展
回外筋	・前腕の回外
円回内筋	・前腕の回内
屈指支帯・手根管	・屈筋腱の通路

(5) 手の筋

母指球の筋群	・母指の運動
小指球の筋群	・小指の運動
中手部の筋群 虫様筋 掌側・背側骨間筋	・MP 関節の屈曲、IP 関節の伸展 ・指の開閉

(6) 上肢の運動

肩関節	・屈曲：大胸筋、烏口腕筋 ・伸展：広背筋、大円筋 ・内転：大胸筋、広背筋 ・外転：三角筋、棘上筋 ・外旋：棘下筋、小円筋 ・内旋：大胸筋、肩甲下筋、大円筋、広背筋
肩甲骨	・僧帽筋、肩甲挙筋、菱形筋、前鋸筋
肘関節	・屈曲：上腕二頭筋、上腕筋、腕橈骨筋 ・伸展：上腕三頭筋
上・下橈尺関節	・回内：円回内筋、方形回内筋 ・回外：回外筋
橈骨手根関節	・屈曲：橈側手根屈筋、尺側手根屈筋 ・伸展：長橈側手根伸筋、短橈側手根伸筋、尺側手根伸筋 ・外転（橈屈）：橈側手根屈筋、長橈側手根伸筋、短橈側手根伸筋 ・内転（尺屈）：尺側手根屈筋、尺側手根伸筋
母指の対立	・他の 4 指と対立させることで、ものをつかむことができる。
第 2～5 指	・中手指節関節の屈曲、内転、外転：虫様筋、背側骨間筋、掌側骨間筋 ・指節間関節の屈曲：浅指屈筋、深指屈筋 ・伸展：総指伸筋、示指伸筋、小指伸筋

16. 下肢

(1) 骨盤の骨

骨盤	・骨盤は<u>仙骨</u>、<u>尾骨</u>と左右の<u>寛骨</u>でつくられる。 ・寛骨は<u>腸骨</u>、<u>恥骨</u>、<u>坐骨</u>が融合したものである。 ・腸骨と仙骨は<u>仙腸関節</u>でつながる。 ・左右の恥骨は<u>恥骨結合</u>でつながる。 ・骨盤腔の上部の広い部分を<u>大骨盤</u>、下の狭い部分を<u>小骨盤</u>、その境界を<u>骨盤上口</u>という。 ・骨盤の形態は性差が著しく、女性の骨盤は男性に比べて浅く広いのが特徴である。 骨盤上口：男性は前にとがり、女性は丸い。 恥骨下角：男性は狭く、女性は広い。
----	--

(2) 自由下肢の骨

大腿	大腿骨	・上端には<u>大腿骨頭</u>（股関節の関節面）、<u>大転子</u>、<u>小転子</u>がある。 ・大腿骨頭と大転子・小転子の間を<u>大腿骨頸</u>という。 ・下端には<u>外側顆</u>・<u>内側顆</u>（膝関節の関節面）がある。 ・外側顆と内側顆の間には<u>顆間窩</u>がある。 ・外側顆の上には<u>外側上顆</u>が、内側顆の上には<u>内側上顆</u>が突出する。
	膝蓋骨	・大腿四頭筋の中にできた<u>種子骨</u>（筋肉や腱の中に形成される骨） ・後面は膝関節腔の露出している。

下腿	脛骨	・上端は外側顆・内側顆があり、上面は膝関節の関節面となる。 ・外側顆と内側顆の間には顆間隆起がある。 ・下端の内側には内果（うちくるぶし）があり、下面は足関節の関節面となる。
	腓骨	・上端と下端で脛骨に接する。
足	足根骨	・距骨（脛骨と関節をつくる）、踵骨（かかと）、舟状骨、立方骨、内側楔状骨、中間楔状骨、外側楔状骨の7個の骨からなる。
	中足骨	・5個の長骨からなる。
	趾骨	・母指は2個の趾骨（基節骨、末節骨）、他の指は3個の趾骨（基節骨、中節骨、末節骨）からなる。
	足底弓	・足の骨は靭帯で補強されてアーチ状の足底弓をつくる。

(3) 下肢帯の筋

骨盤内	腸腰筋	・腸腰筋（大腰筋、小腰筋、腸骨筋）	・股関節を前方に屈曲
骨盤外	殿筋群	・大殿筋	・股関節の伸展
		・中殿筋・小殿筋	・股関節の外転
	外旋筋群	・梨状筋、内閉塞筋、上・下双子筋、大腿方形筋	・股関節を外旋

(4) 下肢の筋

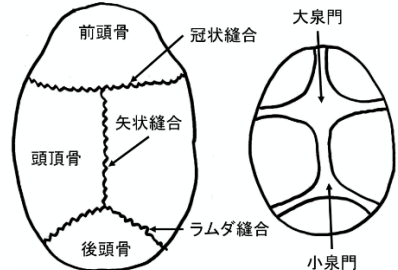
大腿	伸筋群（前方）	・大腿四頭筋、縫工筋	・膝関節の伸展
	内転筋群（内側）	・大内転筋、長内転筋、短内転筋	・大腿骨の内転
	屈筋群（後方）	・大腿二頭筋、半腱様筋・半膜様筋	・膝関節の屈曲
下腿	屈筋群	・下腿三頭筋（屈曲）	・足関節の底屈
	伸筋群	・前脛骨筋、長母趾伸筋、長趾伸筋、第三腓骨筋	・足関節の背屈（伸展）
	腓骨筋群	・長腓骨筋、短腓骨筋	・足首の外反
足	足背	・足背の筋群	
	足底	・母趾球の筋群 ・小趾球の筋群 ・中足部の筋群	

(5) 下肢の運動

股関節	・屈曲：腸腰筋、大腿直筋 ・伸展：大殿筋 ・外転：中殿筋、小殿筋 ・内転：内転筋群（大内転筋、長内転筋、短内転筋）
膝関節	・伸展：大腿四頭筋 ・屈曲：大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋
足関節	・背屈（伸展）：前脛骨筋、長母趾伸筋、長趾伸筋、第三腓骨筋 ・底屈（屈曲）：下腿三頭筋（腓腹筋、ヒラメ筋）

17. 頭頸部

(1) 頭部の骨

神経頭蓋 (脳頭蓋)	頭蓋冠	・構成：前頭骨、頭頂骨（左右）、後頭骨、側頭骨（左右） ・冠状縫合：前頭骨と頭頂骨 大泉門（15～18 か月で閉鎖） ・矢状縫合：左右の頭頂骨 ・ラムダ縫合：頭頂骨と後頭骨 小泉門（6～12 か月で閉鎖） 					
	内頭蓋底	<table><tr><td>前頭蓋窩</td><td> ・篩板（鼻腔への通路、嗅神経が通る） ・左右は眼窩に接する。 ・蝶形骨（中頭蓋窩との境界） </td></tr><tr><td>中頭蓋窩</td><td> ・トルコ鞍（下垂体を入れる） ・視神経管（視神経） ・上眼窩裂（動眼神経、滑車神経、外転神経） ・正円孔（上顎神経） ・卵円孔（下顎神経） ・頸動脈管（内頸動脈） </td></tr><tr><td>後頭蓋窩</td><td> ・大後頭孔（脊髄、椎骨動脈） ・内耳孔（内耳神経、顔面神経） ・頸静脈孔（内頸静脈、舌咽神経、迷走神経、副神経） ・舌下神経管（舌下神経） </td></tr></table>	前頭蓋窩	・篩板（鼻腔への通路、嗅神経が通る） ・左右は眼窩に接する。 ・蝶形骨（中頭蓋窩との境界）	中頭蓋窩	・トルコ鞍（下垂体を入れる） ・視神経管（視神経） ・上眼窩裂（動眼神経、滑車神経、外転神経） ・正円孔（上顎神経） ・卵円孔（下顎神経） ・頸動脈管（内頸動脈）	後頭蓋窩
前頭蓋窩	・篩板（鼻腔への通路、嗅神経が通る） ・左右は眼窩に接する。 ・蝶形骨（中頭蓋窩との境界）						
中頭蓋窩	・トルコ鞍（下垂体を入れる） ・視神経管（視神経） ・上眼窩裂（動眼神経、滑車神経、外転神経） ・正円孔（上顎神経） ・卵円孔（下顎神経） ・頸動脈管（内頸動脈）						
後頭蓋窩	・大後頭孔（脊髄、椎骨動脈） ・内耳孔（内耳神経、顔面神経） ・頸静脈孔（内頸静脈、舌咽神経、迷走神経、副神経） ・舌下神経管（舌下神経）						
内臓頭蓋 (顔面頭蓋)	眼窩	・上縁（前頭骨）、下縁（上顎骨、頬骨） ・視神経管、上眼窩裂、下眼窩裂、鼻涙管など					
	骨鼻腔	・鼻中隔 ・側壁（上・中・下鼻甲介） ・上壁（篩板）、下壁（口蓋）					
	副鼻腔	・上顎洞、前頭洞、蝶形骨洞、篩骨洞					
	顎関節	・下顎骨と側頭骨の関節					
	舌骨	・喉頭の上部にあり、舌の筋を支える。					

(2) 頭部の筋

咀嚼筋	・側頭筋、咬筋	
表情筋	眼輪筋	・眼の周囲を取り巻く。眼瞼を閉じる。
	口輪筋	・口の周囲を取り巻く。口唇を閉じる。
その他	外眼筋	・上直筋（上方回転）、下直筋（下方回転）、内側直筋（内方回転）、下斜筋（上外側回転）上斜筋（下外側回転）、外側直筋（外方回転）
	舌筋	・舌を動かす。

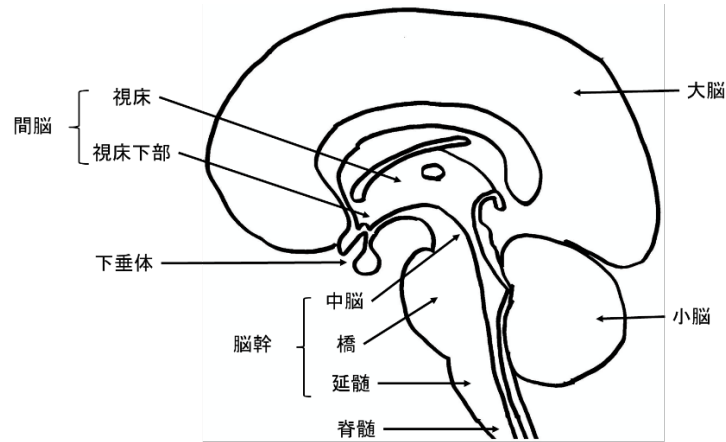
(3) 頸部の筋

浅層筋	胸鎖乳突筋	・ 頭部を前屈、横に回転
前頸部	舌骨上筋群	・ 顎舌骨筋、顎二腹筋、茎突舌骨筋 ・ 下顎骨を下方へ引く
	舌骨下筋群	・ 胸骨舌骨筋、肩甲舌骨筋、甲状舌骨筋 ・ 下顎骨を下方へ引く
後頭部	斜角筋群	・ 前斜角筋、中斜角筋、後斜角筋 ・ 頭部の前屈、肋骨の挙上
	椎前筋群	・ 頭長筋、頸長筋、前頭直筋、外側頭直筋 ・ 頭部の前屈

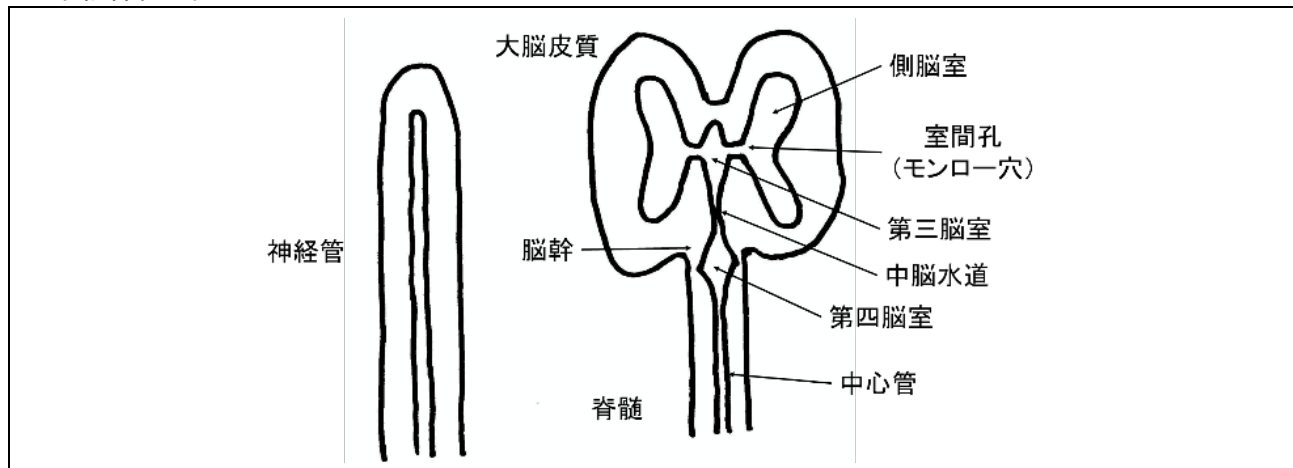
15. 脳・神経

1. 神経系の区分

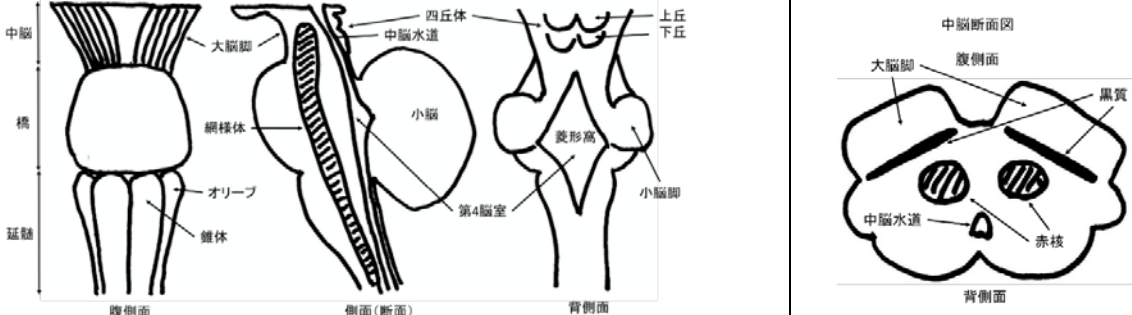
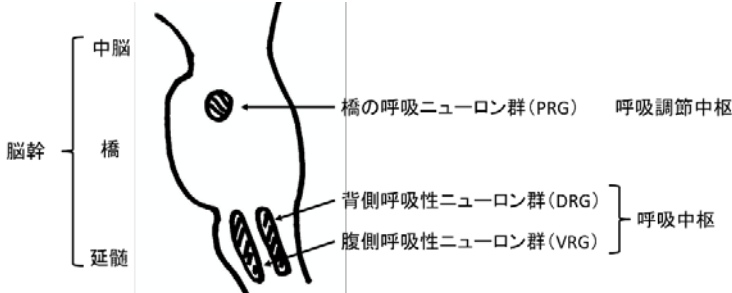
神経系 - 中枢神経 - 脳(大脳、間脳、小脳、中脳、橋、延髄) - 脊髄(頸髄、胸髄、腰髄、仙髄) - 末梢神経 - 体性神経 - 感覚神経 - 運動神経 - 自律神経 - 交感神経 - 副交感神経	・中枢神経：<u>大脳、小脳、間脳、脳幹（中脳・橋・延髄）</u>、<u>脊髄</u>に区分する。 ・<u>灰白質</u>：神経細胞体が密集している部位 ・<u>神経核</u>：灰白質のうち、ある機能を支配する中枢となる神経細胞体が集まった部位 ・<u>白質</u>：神経線維（軸索）が束になって集まっている部位
--	---



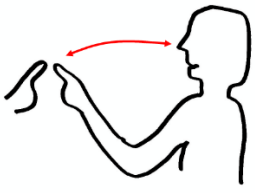
2. 中枢神経の発生



3. 脳幹

延髄	腹側面	・<u>錐体</u>：大脳皮質の運動野からの神経線維（錐体路）が通る。 ・<u>オリブ</u>：錐体外路のオリブ核がある。
	内部	・<u>循環中枢</u>：心臓促進中枢、心臓抑制中枢、血管運動中枢がある。 ・<u>呼吸中枢</u>：吸息と呼息のリズムを作り出す中枢がある。背側呼吸性ニューロン群（DRG）、腹側呼吸性ニューロン群（VRG） ・<u>消化に関する中枢</u>：嘔吐中枢、嚥下中枢、唾液分泌中枢、消化管の運動や消化液の分泌を調節する中枢などがある。 ・<u>排尿中枢</u>：仙髄の排尿中枢（一次中枢）を支配する上位中枢がある。 ・その他の反射中枢：咳、くしゃみ、涙液分泌、眼瞼反射などの中枢がある。
橋	腹側面	・ <u>錐体路</u> ：大脳皮質からの運動神経の線維が通る。
	背側面	・ <u>菱形窩</u> ：延髄上部と橋の背側面にあり、第四脳室の底部を構成する。
	内部	・<u>橋核群</u>：大脳皮質と小脳をつなぐ神経核が集合したもの ・<u>呼吸調節中枢</u>（橋の呼吸ニューロン群（PRG））：酸素分圧、二酸化炭素分圧、pH の変化に応じて呼吸のリズムの長さや深さを調節する中枢がある。
中脳	腹側面	・ <u>大脳脚</u> ：大脳皮質からの運動神経の線維（錐体路）が通る。
	背側面	・ <u>四丘体（上丘、下丘）</u> ：上丘には視覚の反射中枢、下丘には聴覚の反射中枢がある。
	内部	・<u>姿勢反射中枢</u>：姿勢を保持するための<u>錐体外路系</u>の中枢（赤核、黒質など）がある。 ・瞳孔反射（対光反射、輻輳反射）など眼球運動に関する脳神経核がある。
網様体		・ <u>網様体</u> は延髄、橋、中脳の内部に広がって存在し、意識状態を保つ。
		
		

4. 小脳

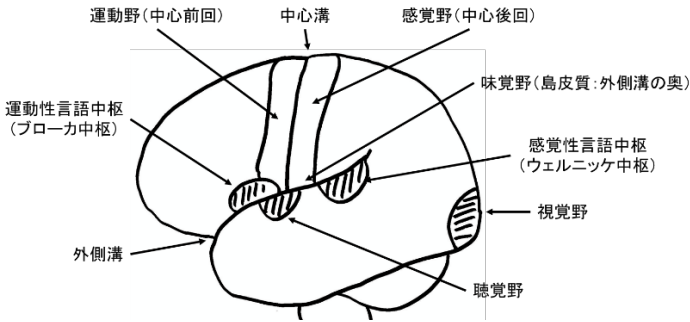
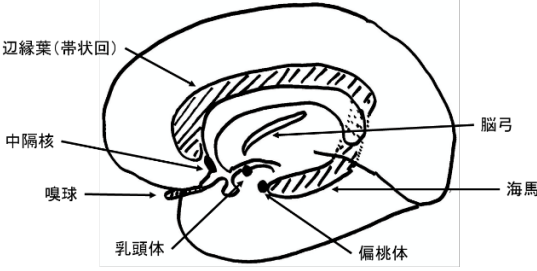
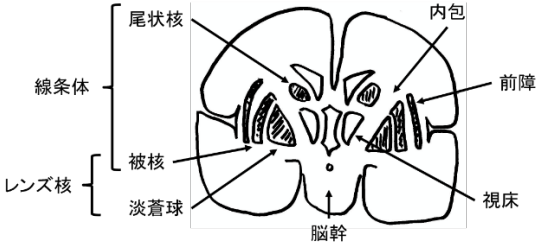
構成	・ 橋と延髄の背側にあり、左右の <u>小脳半球</u> と中間の <u>虫部</u> で構成される。
小脳脚	・ 上小脳脚で中脳と、中小脳脚で橋と、下小脳脚で延髄とつながっている。
機能	・ ①随意運動の協調・制御（指鼻試験、反復拮抗運動）、②平衡・姿勢の調節   指鼻試験 反復拮抗運動

5. 間脳

視床	・ 第三脳室の側壁をなし灰白質の核群からなる。 ・ 嗅覚を除く感覚神経は視床で中継されて大脳皮質のそれぞれの感覚野へ行く。 <u>視放線</u>：視床から視覚野へ行く経路、<u>聴放線</u>：聴覚野へ行く経路
視床下部	・ <u>体温調節中枢</u>、<u>満腹・摂食中枢</u>、<u>血液浸透圧調節中枢</u>、<u>飲水中枢</u>、<u>日内リズムの中枢</u>などがある。 ・ 怒り・悲しみ・喜びなどの感情を表情に出す<u>情動表出</u>や<u>性行動</u>を調節する中枢がある。 ・ <u>下垂体</u>の機能の調節する上位中枢（室傍核、視索上核など）がある。

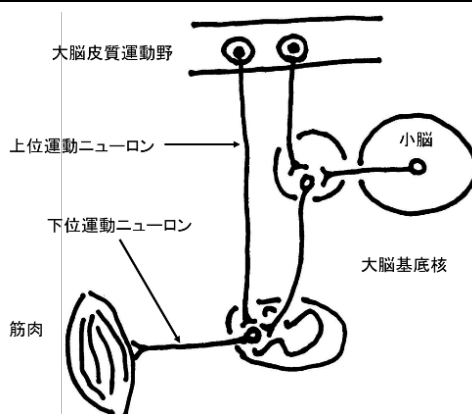
6. 大脳

大脳半球	・ 表面の<u>大脳皮質</u>、内部の<u>白質</u>、<u>大脳基底核</u>からなる。 ・ <u>前頭葉</u>、<u>頭頂葉</u>、<u>後頭葉</u>、<u>側頭葉</u>に区分される。 ・ <u>脳梁</u>：左右の大脳半球をつなぐ神経線維の束								
大脳皮質	・ 系統発生的・個体発生的に <u>古皮質</u> と <u>新皮質</u> に分けられる。								
新皮質	・ 新皮質は大脳皮質の90%を占める。 ・ <u>溝</u>：大脳表面の溝で、表面積を広げている。 <u>中心溝</u>（前頭葉と頭頂葉の間）、<u>外側溝</u>（シルビウス溝）（前頭葉と側頭葉の間） ・ <u>回</u>：溝にはさまれた膨隆 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">前頭葉</td><td> ・ <u>運動野</u>（中心前回）、<u>運動性言語中枢</u>（ブローカ中枢）、<u>嗅覚野</u>（眼窩前頭皮質） ・ <u>前頭連合野</u>（一連の意図的行動を起こすための意欲をひき出し、実行の手順・計画を立てる） ・ <u>運動性失語症</u>：言語を理解できるが、言語の構成、発語できない。言語の構成ができないので文字盤の使用は困難、「はい」「いいえ」で答える閉じた質問（closed question）をする。 </td></tr> <tr> <td>頭頂葉</td><td> ・ <u>感覚野</u>（中心後回）、<u>味覚野</u>（島皮質） ・ <u>頭頂連合野</u>（自己の空間的定位と周囲への注意を行う） </td></tr> <tr> <td>側頭葉</td><td> ・ <u>聴覚野</u>、<u>感覚性言語中枢</u>（ウェルニッケ中枢） ・ <u>側頭連合野</u>（聴覚や視覚情報の統合をする） ・ <u>感覚性失語症</u>：言語を理解できなくなり、発語はできるが錯誤（言い間違い）、ジャルゴン言語（意味不明で支離滅裂）が出現する。 </td></tr> <tr> <td>後頭葉</td><td> ・ <u>視覚野</u> </td></tr> </table>	前頭葉	・ <u>運動野</u>（中心前回）、<u>運動性言語中枢</u>（ブローカ中枢）、<u>嗅覚野</u>（眼窩前頭皮質） ・ <u>前頭連合野</u>（一連の意図的行動を起こすための意欲をひき出し、実行の手順・計画を立てる） ・ <u>運動性失語症</u>：言語を理解できるが、言語の構成、発語できない。言語の構成ができないので文字盤の使用は困難、「はい」「いいえ」で答える閉じた質問（closed question）をする。	頭頂葉	・ <u>感覚野</u>（中心後回）、<u>味覚野</u>（島皮質） ・ <u>頭頂連合野</u>（自己の空間的定位と周囲への注意を行う）	側頭葉	・ <u>聴覚野</u>、<u>感覚性言語中枢</u>（ウェルニッケ中枢） ・ <u>側頭連合野</u>（聴覚や視覚情報の統合をする） ・ <u>感覚性失語症</u>：言語を理解できなくなり、発語はできるが錯誤（言い間違い）、ジャルゴン言語（意味不明で支離滅裂）が出現する。	後頭葉	・ <u>視覚野</u>
前頭葉	・ <u>運動野</u>（中心前回）、<u>運動性言語中枢</u>（ブローカ中枢）、<u>嗅覚野</u>（眼窩前頭皮質） ・ <u>前頭連合野</u>（一連の意図的行動を起こすための意欲をひき出し、実行の手順・計画を立てる） ・ <u>運動性失語症</u>：言語を理解できるが、言語の構成、発語できない。言語の構成ができないので文字盤の使用は困難、「はい」「いいえ」で答える閉じた質問（closed question）をする。								
頭頂葉	・ <u>感覚野</u>（中心後回）、<u>味覚野</u>（島皮質） ・ <u>頭頂連合野</u>（自己の空間的定位と周囲への注意を行う）								
側頭葉	・ <u>聴覚野</u>、<u>感覚性言語中枢</u>（ウェルニッケ中枢） ・ <u>側頭連合野</u>（聴覚や視覚情報の統合をする） ・ <u>感覚性失語症</u>：言語を理解できなくなり、発語はできるが錯誤（言い間違い）、ジャルゴン言語（意味不明で支離滅裂）が出現する。								
後頭葉	・ <u>視覚野</u>								

	
古皮質	・ <u>大脳辺縁系</u>：辺縁葉（帯状回）、扁桃体、中隔核などを総括した領域 ・ <u>嗅覚野</u>、快・不快などの<u>情動の中枢</u>、<u>食欲や性欲など本能的欲望の中枢</u>がある。 
大脳基底核	・ <u>尾状核</u>、<u>レンズ核</u>、<u>扁桃体</u>の3群からなる。 <u>線条体</u>：尾状核＋被核、<u>レンズ核</u>：被核＋淡蒼球 ・ <u>錐体外路</u>に属し、無意識的な骨格筋の運動の調節を行う。 ・ <u>内包</u>：大脳基底核に囲まれた部位（大脳皮質と脳幹をつなぐ神経線維（運動性伝導路・感覚性伝導路）の通り道） 

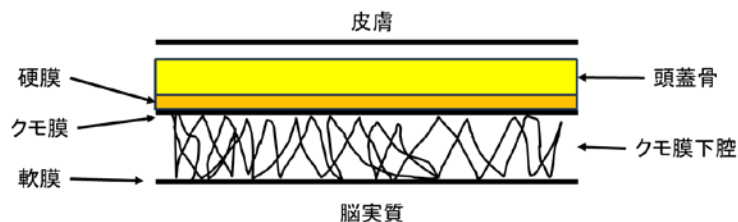
7. 錐体路と錐体外路

錐体路	- 骨格筋の意識的な<u>随意運動</u>を支配する運動性伝導路 <u>上位ニューロン</u>と<u>下位ニューロン</u>の2つのニューロンで構成される。 - 上位ニューロンは、運動野にある神経細胞から発した神経線維が内包、脳幹、脊髓を下り、脊髓前角に至る。 大部分の神経線維は延髄の錐体で交叉する。(外側皮質脊髓路) 一部は前角に至る直前の脊髓で交叉する。(前皮質脊髓路) 脳神経核に至る線維は錐体より上位で交叉する。(皮質核路) - 下位ニューロンは、脊髓前角から骨格筋に至る。 - 錐体路が障害されると<u>随意運動</u>が傷害される。
錐体外路	- 錐体路以外の運動性伝導路 - 錐体路による運動に伴う反射的、無意識的な骨格筋の運動を調節する。 - 錐体外路を構成するニューロンの多くは、<u>大脳基底核</u>で中継される。 - 錐体外路が傷害されると<u>筋緊張の異常</u>や<u>不随意運動</u>が出現する。



8. 脳室と髄膜

脳室	- 脳室：発生期の<u>神経管</u>に由来 左右の<u>側脳室</u>、左右の間脳に挟まれた正中部の<u>第三脳室</u>、橋と延髄の背面の<u>第四脳室</u> - 側脳室と第三脳室は<u>室間孔（モンロー孔）</u>で、第三脳室と第四脳室は<u>中脳水道（シルビウス管）</u>でつながる。 - 第四脳室は外側口（ルシュカ孔）と正中孔（マジャンディ孔）でクモ膜下腔とつながる。
髄膜	<u>髄膜</u>：頭蓋骨側から<u>硬膜</u>、<u>クモ膜</u>、<u>軟膜</u>の3層で構成 <u>硬膜</u>：強靱な線維性結合組織の膜であり、大脳半球の間には大脳鎌、大脳と小脳の間には小脳テントを形成する。 <u>クモ膜</u>：硬膜に接する薄い疎性結合組織の膜 <u>クモ膜下腔</u>：クモ膜と軟膜の間に腔で、<u>脳脊髄液</u>で満たされている。 <u>軟膜</u>：脳と脊髓の表層を覆う薄い結合組織の膜



脳脊髄液	- 脳室とクモ膜下腔は、<u>脳脊髄液</u>で満たされている。 - 側脳室の<u>脈絡叢</u>で血液をろ過して作られる。(血液髄液関門) - 側脳室→第3脳室→第4脳室→クモ膜下腔→クモ膜顆粒→硬膜静脈洞→内頸静脈
------	---

9. 脊髄

(1) 脊髄の構造

外観	・脊髄：脊柱管の中にある。 ・<u>頸髄</u>、<u>胸髄</u>、<u>腰髄</u>、<u>仙髄</u>、<u>尾髄</u>に区分される。 ・腹側面には<u>前正中裂</u>（深い）が、背側面には<u>後正中溝</u>（浅い）がある。 ・側面からは、末梢神経の<u>前根</u>と<u>後根</u>が出入りする。 ・<u>馬尾</u>：脊髄の長さは41～45cmで、<u>下端は第1～2腰椎の高さで終わり</u>、それより下位の脊髄神経は<u>馬尾</u>となって垂れ下がる。						
灰白質	・中央にH字形の灰白質がある。 ・灰白質の中央に中心管があり、脳脊髄液が流れている。 ・灰白質の前部を<u>前角</u>、後部を<u>後角</u>、胸髄と腰髄上部の前角と後角の中間部を<u>側角</u>という。 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">前角</td><td>・運動神経細胞がある。</td></tr> <tr> <td>側角</td><td>・自律神経細胞（交感神経）がある。</td></tr> <tr> <td>後角</td><td>・感覚を中継する神経細胞がある。</td></tr> </table>	前角	・運動神経細胞がある。	側角	・自律神経細胞（交感神経）がある。	後角	・感覚を中継する神経細胞がある。
前角	・運動神経細胞がある。						
側角	・自律神経細胞（交感神経）がある。						
後角	・感覚を中継する神経細胞がある。						
白質	・灰白質の周囲を<u>白質</u>がとり囲んでいる。 ・前索、側索、後索に区分され、神経伝導路となっている。						

(2) 脊髄反射

反射	・感覚刺激によって発生した求心性の興奮が、中枢神経を介して遠心性の興奮に変えられ、筋肉や腺などの支配器官に効果を発揮する現象
伸張反射 （伸展反射）	・骨格筋の<u>筋紡錘</u>が急激に引き伸ばされたときに発生した興奮が後根を通して脊髄に入り、前根に存在する同じ筋肉を支配する運動神経に伝達されて筋肉の収縮をひき起こす反射 ・単シナプス反射（例：膝蓋腱反射）
屈曲反射 （逃避反射）	・皮膚や粘膜が不意に刺激を受けたときの感覚が中枢神経に伝達され、触れた腕や足を屈曲させる反射 ・複数のシナプスが介在する多シナプス反射
内臓反射	・内臓からの感覚入力が自律神経を介して平滑筋の収縮・弛緩を引き起こす反射 ・排便反射、排尿反射など

(3) 上行伝導路と下行伝導路

上行伝導路	前索	・ <u>粗大な触覚</u> は、交叉した後、前索を上行して視床に至る。
	側索	・ <u>痛覚・温度覚</u> は、交叉した後、側索を上行して視床に至る。
	後索	・ <u>精細な触覚、深部感覚</u> は後索を上行し、延髄で交叉して視床に至る。
下行伝導路	前索	・錐体路のうち延髄で交叉しない神経線維：前索を下行した後、交叉して前角細胞に至る。
	側索	・錐体路のうち延髄で交叉する神経線維：側索を下行した後、前角細胞に至る。

10. 脊髄神経

脊髄神経	・ 頸髄から 8 対の頸神経が、胸髄から 12 対の胸神経が、腰髄から 5 対の腰神経が、仙髄から 5 対の仙骨神経が、尾髄から 1 対の尾骨神経が出る。(合計 31 対) ・ 第 1 頸神経 (C1) は、後頭骨と第 1 頸椎の間から、第 8 頸神経 (C8) は第 7 頸椎と第 1 胸椎の間から出る。 ・ 以下、脊髄神経の番号 (胸神経 Th1～12、腰神経 L1～5、仙骨神経 S1～5、尾骨神経 Co) は、すぐ上の椎骨の番号と一致する。
遠心性神経	・ 中枢神経の興奮を末梢の臓器に伝える。(運動神経、交感神経、副交感神経)
求心性神経	・ 末梢の感覚や情報を中枢神経に伝える。(感覚神経、自律神経の求心性線維)
ベルーマジャンディの法則	・ 前角には運動神経細胞があり、その軸索は前根から出る。 ・ 側角には自律神経細胞があり、その軸索は前根から出る。 ・ 後根の脊髄神経節には感覚神経の細胞体があり、その軸索は後根から入る。
神経叢	・ 脊髄神経は、互いに絡み合い複雑な神経叢をつくる。
頸神経叢	・ 頸部の皮膚と筋と横隔膜 (C ₃ ～C ₅) に分布
腕神経叢	・ 上肢の皮膚と筋に分布
腰神経叢	・ 下腹部、鼠径部、大腿の皮膚と筋に分布
仙骨神経叢	・ 下肢の皮膚と筋に分布

11. 脳神経

脳神経	・ 脳から出る末梢神経で、 <u>12 対</u> ある。
I 嗅神経	・ 嗅覚
II 視神経	・ 視覚
III 動眼神経	・ 眼球運動 (上直筋、内側直筋、下直筋、下斜筋)、 <u>副交感神経</u> (瞳孔の収縮)
IV 滑車神経	・ 眼球運動 (上斜筋)
V 三叉神経	・ 顔面の皮膚、鼻腔、口腔の知覚と下顎 (咀嚼筋) の運動
VI 外転神経	・ 眼球運動 (外側直筋)
VII 顔面神経	・ 顔面 (表情筋) の運動、味覚、 <u>副交感神経</u> (涙、唾液の分泌)
VIII 内耳神経	・ 聴覚、平衡覚
IX 舌咽神経	・ 味覚、 <u>副交感神経</u> (唾液の分泌)
X 迷走神経	・ 発声に関わる喉頭筋の運動、頸部・胸部・腹部の内臓に分布する <u>副交感神経</u> 、 <u>内臓求心性線維</u>
XI 副神経	・ 胸鎖乳突筋、僧帽筋の運動
XII 舌下神経	・ 舌筋の運動

・ 眼球運動に係る脳神経のまとめ

動眼神経 (III)	・ 眼球運動 (上直筋、内側直筋、下直筋、下斜筋)、 <u>副交感神経</u> (瞳孔の収縮)
滑車神経 (IV)	・ 眼球運動 (上斜筋)
外転神経 (VI)	・ 眼球運動 (外側直筋)

・ 三叉神経と顔面神経の機能のまとめ

	知覚神経	運動神経
三叉神経 (V)	顔面・鼻腔・口腔内	咀嚼筋 (咬筋、側頭筋)
顔面神経 (VII)	味覚	顔面 (表情) 筋

・ 副交感神経を含む脳神経のまとめ

動眼神経 (III)	・ 縮瞳
顔面神経 (VII)	・ 涙腺・唾液腺 (舌下腺・顎下腺) の分泌を促進
舌咽神経 (IX)	・ 唾液腺 (耳下腺) の分泌を促進
迷走神経 (X)	・ 頸部・胸部・腹部の内臓に分布する副交感神経、内臓求心性線維

12. 自律神経

(1) 特徴

自律性	・意思とは無関係に反射によって内臓機能を調節する。
二重支配	・自律神経には、交感神経と副交感神経の2種類があり、大部分の内臓は両方の神経が分布している。
単独支配	・血管、肝臓、副腎髄質、汗腺、立毛筋は、交感神経の単独支配である。
拮抗支配	・通常、交感神経と副交感神経の作用は互いに拮抗的で、一方が内臓の働きに対して促進的に働くときは、他方は抑制的に働く。
持続支配 (緊張支配)	・交感神経と副交感神経の両方から常時興奮が伝達されていて、そのバランスにより内臓の機能を調節する。
構成ニューロン	・自律神経は、節前ニューロンと節後ニューロンの2つのニューロンで構成される。節前ニューロンの神経細胞体は中枢神経にあり、その軸索は神経節で節後ニューロンとシナプスを形成する。節後ニューロンの軸索は効果器に分布する。

(2) 交感神経

節前ニューロン	・節前ニューロンの軸索は <u>胸髄と腰髄</u> （第1胸神経～第2または第3腰神経）の前根から出た後、脊椎の両側にある <u>交感神経幹</u> に入る。
分布	・多くの交感神経は<u>交感神経幹</u>でニューロンを換えて節後ニューロンとなって各臓器に分布する。 ・腹部内臓に分布する交感神経の中には、<u>腹腔神経節</u>、<u>上腸間膜神経節</u>、<u>下腸間膜神経節</u>でニューロンを換えるものもある。 ・頭頸部の交感神経（眼、涙腺、唾液腺に分布）は、交感神経幹が上方に伸びた<u>上頸神経節</u>から分布する。

(4) 副交感神経

節前ニューロン	・副交感神経の中樞：脳幹と仙髄にある。 ・脳幹：動眼神経、顔面神経、舌咽神経、迷走神経の4つの脳神経とともに中枢神経から出る。 ・仙髄：仙骨神経とともに脊髄を出て、<u>骨盤内蔵神経</u>として分枝する。
分布	・支配器官の神経叢内で節後ニューロンに換わる。

(5) 内臓求心性線維

- ・従来、自律神経はすべて遠心性線維で求心性線維はないと考えられていたが、現在では内臓求心性線維が存在することが明らかになっている。
- ・内臓求心性線維：交感神経・副交感神経の線維と一緒に走行して、血管や胸腔・腹腔の内臓に分布
血圧の調節や飢餓、渇き、悪心、便意、尿意などの内臓感覚の伝達に関与

(6) 神経伝達物質

	節前神経	節後神経
交感神経	・アセチルコリン	・ノルアドレナリン ・例外：汗腺ではアセチルコリン（<u>コリン作動性交感神経</u>）
副交感神経	・アセチルコリン	・アセチルコリン

(4) アドレナリン受容体の種類と分布

α_1 受容体	骨格筋以外の血管	血管収縮
α_2 受容体	交感神経節後線維、血小板	血圧低下、血小板凝集
β_1 受容体	心臓	心拍数増加、心臓の収縮力増強
β_2 受容体	骨格筋の血管、気管支、肝臓	血管拡張、気管支拡張、グリコーゲン分解
β_3 受容体	脂肪細胞	トリグリセリド分解

(5) 自律神経の作用のまとめ

効果器官	交感神経	副交感神経
瞳孔	散大（瞳孔散大筋の収縮）	縮小（瞳孔括約筋の収縮）
涙腺	分泌抑制	分泌促進
唾液腺	分泌促進、濃く粘い	分泌促進、薄い大量
心臓	心拍数増加、拍出量増加	心拍数減少、拍出量減少
血管（皮膚・内臓）	収縮	—
血管（骨格筋）	拡張	—
血管（冠状血管）	拡張	—
気管支	拡張	収縮
小腸・大腸	運動抑制	運動亢進
消化管の括約筋	収縮	弛緩
排便	直腸壁の弛緩、内肛門括約筋の収縮	直腸壁の収縮、内肛門括約筋の弛緩（排便反射）
肝臓（血糖値）	上昇	—
膵臓	分泌減少	分泌増加
胆嚢	弛緩	収縮
副腎髄質	分泌亢進	—
膀胱	膀胱壁の弛緩、内尿道括約筋の収縮（蓄尿反射）	膀胱壁の収縮、内尿道括約筋の弛緩（排尿反射）
子宮	収縮	弛緩
汗腺	分泌促進（コリン作動性）	—
立毛筋	収縮	—

* 自律神経の作用の覚え方

身体に危機が迫っているとき（交感神経が緊張）	・瞳孔：視覚の情報を多く集めるために散大する。 ・涙腺：泣いている暇はないので分泌を抑制する。 ・唾液腺：濃く粘い唾液を分泌し、口の中がネバネバする。 ・心臓：筋肉に血液を送るために心拍数と心拍出量を増やす。 ・血管：筋肉と心臓に多くの血液を送るために骨格筋と心臓の血管は拡張し、皮膚・内臓の血管は収縮する。 ・気管支：酸素を多く取り入れるために拡張する。 ・消化管：食物を消化している暇はないので消化管の運動は抑制され、食物の移動を抑制するために括約筋は収縮する。 ・肝臓：エネルギーを供給するために糖新生とグリコーゲン分解が亢進する。 ・膵臓：食物を消化している暇はないので消化酵素の分泌は減少する。 ・胆嚢：食物を消化している暇はないので弛緩する。 ・副腎髄質：交感神経由来の組織なのでアドレナリンの分泌は増加する。 ・膀胱：排尿している暇はないので蓄尿反射を促進する。 ・子宮：お産を促進するために収縮する。 ・汗腺：身体活動により上昇した体温を下げるために分泌が増加する。アドレナリンは皮膚の毛細血管を収縮させるので、汗を作るための血流が低下する。そのため、汗腺を支配する交感神経は、血管収縮作用のないアセチルコリンが神経伝達物質として働く。 ・立毛筋：寒い時に「サブいぼ（鳥肌）」ができるのは、立毛筋が収縮するから。
------------------------	--

リラックスしているとき (副交感神経が緊張)	・瞳孔：視覚の情報を遮断し、刺激を抑制するために縮瞳する。 ・涙腺：泣いても大丈夫なので分泌を促進する。 ・唾液腺：食物を消化するために薄くてさらさらした唾液を大量に分泌する。 ・心臓：筋肉に多量の血液を送る必要がないので、心拍出量は減少する。 ・気管支：酸素を多量に取り入れる必要がないので収縮する。 ・消化管：食物の消化を促進するために消化管の運動は促進し、食物の移動を促進するために括約筋は弛緩する。 ・膵臓：食物を消化するために消化酵素の分泌は増加する。 ・胆嚢：脂質の消化を促進するために収縮する。 ・膀胱：ゆっくり排尿する余裕があるので排尿反射を促進する。 ・子宮：お産を抑制するために弛緩する。
---------------------------	---

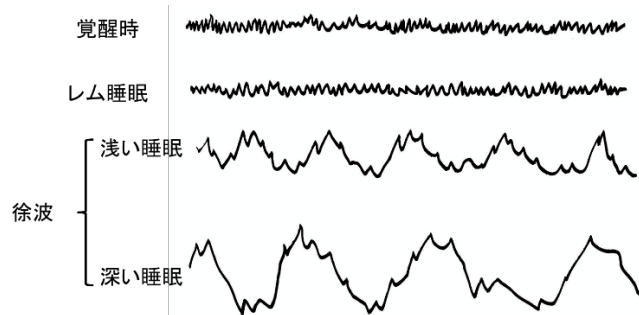
13. 脳の高次機能

(1) 脳波

脳波	・α波：安静覚醒時 ・β波：覚醒時で注意を集中しているとき ・γ波：知覚や意識に関係 ・δ波（徐波）：睡眠時 ・θ波：まどろみ状態 ・異常波：てんかんの診断
誘発電位	・感覚刺激を与えたときの脳波を記録：感覚機能障害の部位診断 ・聴性誘発電位：脳内の聴覚伝導路の脳波を記録

(2) 睡眠

意義	・身体と脳の休息、記憶の整理 ・組織の新陳代謝：成長ホルモンの分泌が増加し、たんぱく質同化作用により亢進
ノンレム睡眠 (脳の休息)	・徐波睡眠：脳波の種類によって睡眠の深さを第1～4期に分類 ・脳の活動は低下し、エネルギー消費量が低下する。→体温が低下する。 ・心拍数、呼吸数は安定している。
レム睡眠 (身体の休息)	・急速眼球運動 (REM, rapid eye movement) がみられる。 ・脳波上、覚醒しているように見え、夢を見ていることが多い。 ・全身の骨格筋は弛緩する。心拍数、呼吸数は増加し、大きく変動する。 ・1回目の持続時間は5～10分だが、早朝は30分程度になる。



睡眠周期	・ 周期の前半がノンレム睡眠、後半がレム睡眠 入眠→（ノンレム睡眠→レム睡眠）→（ノンレム睡眠→レム睡眠）→・・・ ・ 90 分周期で一晩に 3～6 回出現する。
加齢の影響	・ 睡眠導入時間が長くなる。睡眠時間が短くなる。睡眠深度が浅くなる。中途覚醒の頻度が増加する。 ・ 睡眠周期は維持されるが全睡眠時間に占めるレム睡眠の割合が減少する。
喫煙の影響	・ 覚醒作用により睡眠導入時間が長くなる。

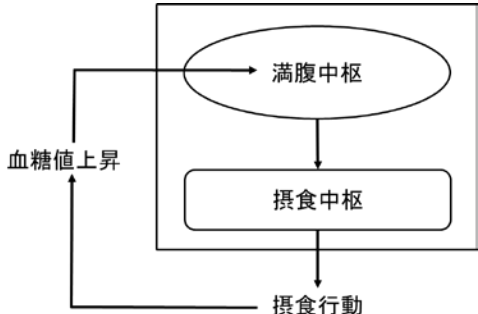
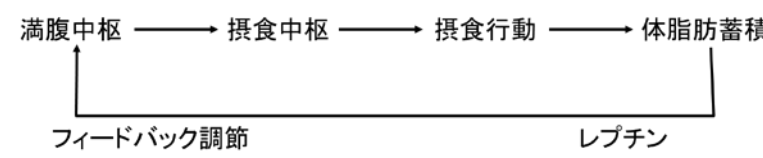
(3) 概日リズム

概日リズム	・ 24 時間周期で起こるリズム 例) 睡眠と覚醒 - 体温：昼間高く、夜間低い。 - ホルモン分泌：メラトニンや成長ホルモンは夜間分泌が増加 コルチゾールは朝分泌が増加 ・ 概日リズムの乱れは心身に不調を引き起こすことがある。
中枢	・ 視床交叉上核

(4) 記憶

記憶の要素	・ 記銘：受け取った情報を覚えること ・ 保持：情報を保存すること ・ 想起（再生）：保存した情報を思い出すこと				
感覚記憶	・ 感覚器を通して受けとった情報は脳皮質に 1～2 秒保持される。 ・ そのうち注意が向けられた情報は海馬に送られる。				
短期記憶	・ 海馬は注意が向けられた情報を数十秒保持する。（一次記憶） ・ 一度に保持できる情報量（作業記憶）は限られている。 ・ 重要な情報は長期記憶へ変換される。				
長期記憶	・ 数分から数年保持する記憶（二次記憶） ・ 半永久的に保持する記憶（三次記憶） ・ 長期保持のメカニズム：シナプスの長期増強、長期抑圧が関与 <table border="1" data-bbox="303 1518 1434 1825"> <tr> <td>陳述記憶</td><td> ・ イメージや言語として意識上に内容を想起でき、その内容を陳述できる記憶 ・ エピソード記憶：思い出など個人が経験した出来事に関する記憶 ・ 意味記憶：学習により身に付ける知識や技術（反復による記憶） ・ 側頭葉に保持される。 </td></tr> <tr> <td>非陳述記憶</td><td> ・ 意識上に内容を想起できない記憶 ・ 言語、自転車の乗り方、運動技能など ・ 小脳や大脳基底核に保持される。 </td></tr> </table>	陳述記憶	・ イメージや言語として意識上に内容を想起でき、その内容を陳述できる記憶 ・ エピソード記憶：思い出など個人が経験した出来事に関する記憶 ・ 意味記憶：学習により身に付ける知識や技術（反復による記憶） ・ 側頭葉に保持される。	非陳述記憶	・ 意識上に内容を想起できない記憶 ・ 言語、自転車の乗り方、運動技能など ・ 小脳や大脳基底核に保持される。
陳述記憶	・ イメージや言語として意識上に内容を想起でき、その内容を陳述できる記憶 ・ エピソード記憶：思い出など個人が経験した出来事に関する記憶 ・ 意味記憶：学習により身に付ける知識や技術（反復による記憶） ・ 側頭葉に保持される。				
非陳述記憶	・ 意識上に内容を想起できない記憶 ・ 言語、自転車の乗り方、運動技能など ・ 小脳や大脳基底核に保持される。				

(5) 本能行動

食欲中枢	・ 短期的なエネルギー摂取量の調節 ・ 摂食→血糖値上昇→<u>満腹中枢</u>の活性化（満腹感）→<u>摂食中枢</u>を抑制→摂食中止 ・ 絶食→血糖値低下→<u>満腹中枢</u>の抑制→<u>摂食中枢</u>の抑制解除（空腹感）→摂食行動 ・ 満腹中枢破壊→食べ続け肥満になる。 ・ 摂食中枢破壊→摂食せずやせる。 
レプチン	・ 長期的なエネルギー貯蔵量の調節 ・ 脂肪細胞から分泌されるアディポサイトカインの一種 ・ 脂肪組織の量に比例して分泌量が増加し、視床下部に働いて食欲を抑制する。 ・ 同時に代謝を亢進させ、エネルギー消費を促進する。 ・ 体脂肪量を一定に保つためのフィードバック調節 
飲水行動	・ 視床下部で血液浸透圧を検知 ・ 浸透圧上昇→<u>飲水中枢</u>の活性化（口渇感）→飲水行動
性行動	・ 視床下部：性腺刺激ホルモン放出ホルモン→下垂体から性腺刺激ホルモン（FSH、LH）→性ホルモン→性欲亢進 ・ <u>性中枢</u>（視床下部）：性行動を発現させる。 ・ 大脳辺縁系：性行動を抑制する。
母性行動	・ 下垂体前葉→プロラクチン→母性行動の誘発 ・ 下垂体後葉→オキシトシン→母性行動の誘発

(6) 情動

情動	・ 感覚刺激に対する好悪によって生じる短期的で強い反応 ・ 辺縁系（海馬、扁桃体、帯状回、中隔核、乳頭体など）が関与
嫌悪系	・ 不快感を生じさせる系で、扁桃体が関与 ・ 恐怖や怒りに対して、逃避行動や攻撃行動が出現する。
報酬系	・ 快感を生じさせる系で、ドーパミンの分泌増加が関与 ・ 報酬が得られる行動が強化される。依存症に関与する。

(7) 意識障害

意識	・中脳から視床下部にかけて存在する上行性網様体賦活系によって調節される脳の活動レベル
覚醒	・自分自身や周囲の状況を正確に把握し、適切に反応できている状態
意識障害	・清明：正常に覚醒している状態 ・無欲状態：無関心、自発性の低下 ・傾眠：眠り込んでいる状態。呼びかけや刺激により覚醒する。 ・昏眠（昏迷）：呼びかけに反応しないが、強い刺激に対して短時間覚醒する。 ・半昏睡：強い痛みの刺激に対して逃避反応を示す。 ・昏睡：強い刺激にも運動反応はない。
失神	・短時間で一過性の意識障害
見当識障害	・時間、場所、周囲の人を認識できないこと
せん妄	・幻覚、妄想を伴う軽度～中等度の意識障害
意識障害のスケール	・グラスゴー・コーマ・スケール（GCS） ・ジャパン・コーマ・スケール（JCS）（3-3-9 度方式）
・ジャパン・コーマ・スケール（JCS）（3-3-9 度方式） I. 覚醒している（1 桁の点数で表現） 0 意識清明 1 見当識（自分の時間的、空間的、社会的状況を正しく認識する能力）は保たれているが意識清明ではない 2 見当識障害がある 3 自分の名前・生年月日が言えない II. 刺激に応じて一時的に覚醒する（2 桁の点数で表現） 10 普通の呼びかけで開眼する 20 大声で呼びかけたり、強く揺するなど開眼する 30 痛み刺激を加えつつ、呼びかけを続けると辛うじて開眼する III. 刺激しても覚醒しない（3 桁の点数で表現） 100 痛みに対して払いのけるなどの動作をする 200 痛み刺激で手足を動かしたり、顔をしかめたりする 300 痛み刺激に対し全く反応しない この他、R（不穏）・I（糞便失禁）・A（自発性喪失）などの付加情報をつけて、JCS 200-I などと表す。	

14. 心臓死、脳死、植物状態

死の三徴候	①呼吸の停止、②心拍動の停止、③瞳孔散大（中枢神経機能の停止）		
	呼吸機能	循環機能	中枢神経機能
心臓死	×	×	×
脳死	○（自発呼吸なし）	○	×
植物状態	○（自発呼吸あり）	○	△（意識なし）

16. 感覚器

1. 感覚の種類

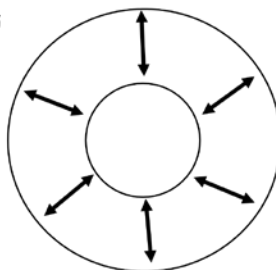
体性感覚	- 皮膚感覚（表在感覚）：触覚、温覚、冷覚、痛覚 - 深部感覚：筋や腱、関節などに起こる感覚
特殊感覚	視覚、聴覚、味覚、嗅覚、平衡覚
内臓感覚	- 臓器感覚：空腹、口渇、尿意、便意など - 内臓痛覚：内臓の炎症、管腔臓器（腸管、胆管、尿管など）の平滑筋の痙攣、拡張、過伸展などにより生じる痛覚
ウェーバーの法則	- 感覚の強さは、差ではなく、比で決まる。 - 例：感じることのできる重さの差（ΔW）と元の重さ（W）の比（$\Delta W/W$）は一定
順応	- 感覚刺激を続けると、感覚は弱くなる。 - 痛覚は順応を起こしにくい。（痛覚は身体に対する危害を認知する感覚なので順応して危機的状況を感じなくなると危険だから）

2. 視覚

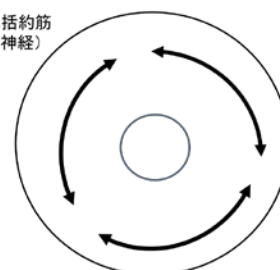
(1) 眼球の構造

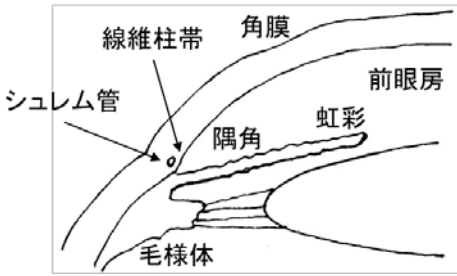
眼球線維膜 (外膜)	<u>強膜</u>：眼球壁の最外層である固い結合組織 <u>角膜</u>：眼球の前方では透明な角膜に移行する。 角膜の外表面は重層扁平上皮で、内面は1層の内皮細胞で覆われている。 角膜には感覚神経の終末が分布し、<u>角膜反射</u>（角膜に異物が触れると眼を閉じる）を起こす。 <u>強膜静脈洞（シュレム管）</u>：強膜と角膜の移行部にある眼房水の流出部
眼球血管膜 (ブドウ膜)	<u>ブドウ膜</u>：眼球壁の中層である血管に富む層 <u>脈絡膜</u>：強膜の内面をおおう部分 <u>毛様体</u>：脈絡膜の前方に突き出す肥厚部 毛様体から出る<u>毛様体小帯（チン小帯）</u>は水晶体を固定している。 毛様体の内部には毛様体筋があり、水晶体の屈折率を調節する。 毛様体表面の上皮細胞は<u>眼房水</u>を分泌する。 <u>虹彩</u>：毛様体の前方に突き出す膜で<u>瞳孔</u>を取り囲む。 <u>瞳孔</u>は、虹彩で囲まれた部位で、光が眼球内へ入る通り道である。 虹彩には、<u>瞳孔括約筋（副交感神経）</u>と<u>瞳孔散大筋（交感神経）</u>が存在し、瞳孔の大きさを変えることにより眼球内に入る光量を調節する。 <u>縮瞳</u>：瞳孔括約筋が収縮すると瞳孔は縮小する。 <u>散瞳</u>：瞳孔散大筋が収縮すると瞳孔は拡大（散大）する。

瞳孔散大筋
(交感神経)



瞳孔括約筋
(副交感神経)

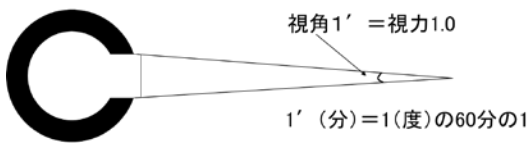


眼球内膜（網膜）	・眼球壁の最内層は<u>色素上皮</u>と<u>網膜</u>からなる。 色素上皮：脈絡膜に接する単層立方上皮 網膜：光刺激の受容する<u>視細胞</u>と興奮を伝達する神経細胞（双極細胞、神経節細胞）からなる。 ・視細胞には、<u>杆体</u>と<u>錐体</u>の2種類がある。 杆体：網膜の周辺部に多くあり、暗所での弱い光（明暗）を感じるが、視力は弱く、色を感じない。 錐体：網膜の中心部に多くあり、特に<u>黄斑部</u>（<u>中心窩</u>）では錐体だけが存在する。明るい場所でよく働き、視力が良く、色（青・緑・赤の光を受容する3種類の視物質がある）を感じる。 ・杆体と錐体で受容された光刺激は<u>双極細胞</u>を経て<u>神経節細胞</u>に伝達される。 ・神経節細胞の軸索は集まって<u>視神経乳頭</u>（<u>視神経円板</u>）から眼球外に出て<u>視神経</u>となる。 ・<u>盲点</u>：視神経乳頭には視細胞がない。
眼房水	・角膜と水晶体の間は<u>眼房水</u>で満たされている。 ・虹彩の前を<u>前眼房</u>、後ろを<u>後眼房</u>という。 ・眼房水は毛様体上皮で産生され、後眼房→瞳孔→前眼房→シュレム管と流れ、角膜、水晶体、硝子体に栄養素を送る。 ・<u>眼内圧</u>（<u>眼圧</u>）：眼房水の圧。シュレム管が閉塞すると眼圧が上昇し<u>緑内障</u>になる。 
水晶体	・<u>水晶体</u>：凸レンズ様の透明体 水晶体上皮と核を失った<u>水晶体線維</u>で構成される。 毛様体小帯（<u>チン小帯</u>）によって毛様体に固定されている。
硝子体	・水晶体の後ろの空間を満たすゼリー状の透明体

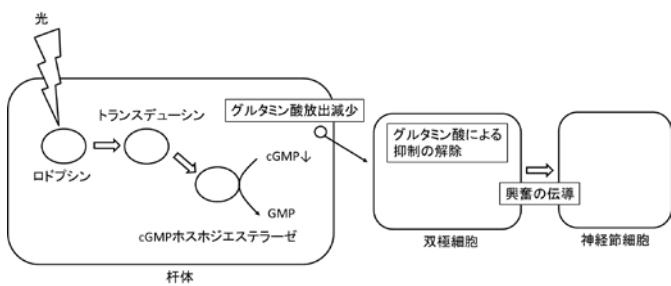
(2) 眼球付属器

眼瞼	・眼球の前にあり、眼球を保護している。 ・外面は皮膚、内面は粘膜（<u>眼瞼結膜</u>）で覆われている。 ・眼瞼には、<u>睫毛</u>、<u>マイボーム腺</u>（皮脂腺）がある。 ・<u>上眼瞼挙筋</u>（動眼神経）が収縮すると眼瞼裂が開く。 ・<u>眼輪筋</u>（顔面神経）が収縮すると眼瞼裂を閉じる。
結膜	・<u>眼球結膜</u>：眼球の外界に露出している面（角膜の部分を除く） ・上皮：<u>重層扁平上皮</u>
涙腺	・上眼瞼の外側にあつて<u>涙液</u>を分泌する。 ・涙液は結膜を潤したのち、眼瞼の内側に存在する<u>涙点</u>から<u>鼻涙管</u>を通過して下鼻道へ排出される。
外眼筋（眼筋）	・直筋：上直筋、下直筋、内側直筋、外側直筋 ・斜筋：上斜筋、下斜筋 ・外側直筋は<u>外転神経</u>、上斜筋は<u>滑車神経</u>、その他の眼筋は<u>動眼神経</u>が支配 ・<u>複視</u>：外眼筋の障害により物が二重に見えること

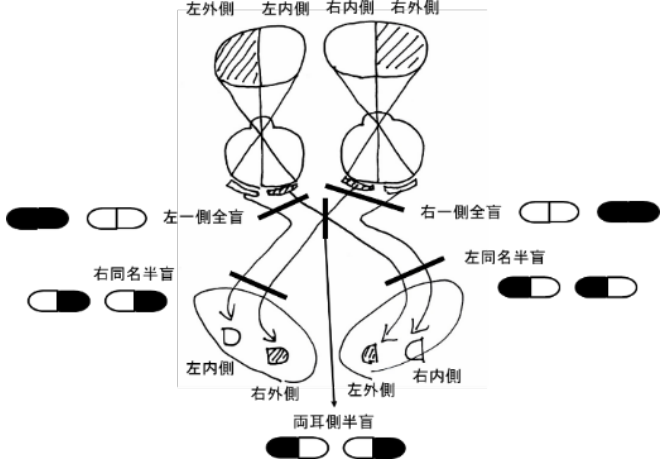
(3) 視覚

視野	・眼の前の1点を注視したときに見える範囲 ・白に対する視野より、色に対する視野が狭い。(白>青>赤>緑)
視力	・識別できる最小の視角の逆数 ・ランドルト環 
盲点	・視神経乳頭に対応する点 (注視した点から 15° 外側)
色覚	・色調、明度、飽和度を識別 ・色覚異常：青錐体、緑錐体、赤錐体の異常 赤または緑の色覚異常が多く、伴性劣性遺伝する。
遠近調節	・近くを見る→毛様体筋が収縮→水晶体は球形に近づく→屈折率が大きくなる。 ・遠くを見る→毛様体筋が弛緩→水晶体は細長い楕円→屈折率が小さくなる。
屈折異常	・<u>近視</u>：毛様体筋が弛緩し、水晶体を調節しない状態で、遠方の物体の像が網膜の手前に結像される。 ・<u>遠視</u>：毛様体筋が弛緩し、水晶体を調節しない状態で、遠方の物体の像が網膜の後ろに結像される。 ・<u>乱視</u>：毛様体筋が弛緩し、水晶体を調節しない状態で、どこにも結像されない。 ・<u>老視</u>：近くを見るときに、毛様体筋を収縮させても、水晶体の弾力性が乏しいために、十分に屈折率を大きくすることができない。

(4) 光刺激の受容

視物質	・光刺激は、視細胞に存在する視物質が受容する。 ・杆体の視物質はロドプシン (視紅)、錐体の視物質はイオドプシンという。
ロドプシン	・<u>レチナール</u> (ビタミンAの誘導体) とたんぱく質の<u>オプシン</u>が結合したもの ・ロドプシンが光を吸収すると、<u>トランスデューシン</u> (Gたんぱく質) を活性化する。 ・活性化したトランスデューシンは、cGMPホスホジエステラーゼを活性化し、cGMPを減少させる。 ・cGMPの減少により、cGMP依存性 Na⁺チャネルが閉じて、視細胞の過分極が起こる。(過分極性の応答) ・視細胞の過分極により視細胞からのグルタミン酸 (神経伝達物質) 放出が減少する。 ・グルタミン酸は<u>双極細胞</u>に対する抑制性の神経伝達物質なので、グルタミン酸放出の減少により双極細胞への抑制が解除されることで発生する興奮が<u>神経節細胞</u>に伝えられる。 
暗順応	・暗所では、ロドプシンの再生・貯蔵が起こり、暗いところでも見えるようになる。 ・<u>夜盲症</u>：ビタミンA欠乏ではロドプシンの合成が不足し、暗所での視力が低下する。
明順応	・明所では、ロドプシンの再生が減少し、まぶしさに慣れる。

(5) 視覚伝導路

視神経	・ <u>視神経交叉</u> 、 <u>視索</u> を経て <u>外側膝状体</u> に至りシナプスをつくる。
視放線	・ 外側膝状体からの軸索は <u>視放線</u> となって後頭葉にある <u>視覚野</u> （一次視覚野）に至る。 ・ 一次視覚野に入った情報は、さらに二次視覚野、三次視覚野、四次視覚野、五次視覚野と転送され、色、形、動きなど複雑な処理を受けて、画像として認知されるようになる。
視覚伝導路の障害	・ <u>一側全盲</u>：交叉前の障害、<u>両耳側半盲</u>：交叉部の障害、<u>同名半盲</u>：交叉後の障害 

(6) 眼球の反射

対光反射	・ 瞳孔から光が入ると縮瞳すること ・ <u>直接対光反射</u>：光を入れた眼の瞳孔が縮瞳すること ・ <u>間接対光反射</u>：光を入れた眼の反対側の瞳孔が縮瞳すること
輻輳反射	・ 近いものを注視することで両眼が内転したときに瞳孔が縮瞳すること
瞬目反射	・ 眼前に物が近づいたり眼の周囲に触れたりすると眼瞼を閉じること
角膜反射	・ 角膜に物が触れると眼瞼を閉じること

3. 聴覚

(1) 聴覚器の構造

外耳	・ <u>耳介</u> と <u>外耳道</u> からなり、奥は <u>鼓膜</u> で閉鎖されている。
中耳	・ <u>鼓室</u>：鼓膜と内耳の間にある空間。<u>耳管</u>により咽頭と通じている。 ・ 中耳と内耳は、<u>前庭窓</u>と<u>蝸牛窓</u>でつながっている。 ・ 鼓膜の振動は<u>ツチ骨</u>、<u>キヌタ骨</u>、<u>アブミ骨</u>の3つの<u>耳小骨</u>を介して<u>前庭窓</u>に伝えられる。 ・ 蝸牛窓は、<u>第2鼓膜</u>によってふさがれている。
内耳	・ <u>骨迷路</u>（側頭骨の中の洞窟）：前庭、骨半規管、蝸牛からなる。 ・ <u>膜迷路</u>：卵形囊、球形囊、膜半規管、蝸牛管からなる膜性の閉鎖した管系 ・ 蝸牛の内腔は、上方の<u>前庭階</u>と下方の<u>鼓室階</u>に分けられ、<u>蝸牛孔</u>により交通している。 ・ 前庭階と鼓室階は、<u>外リンパ</u>で満たされている。 ・ <u>蝸牛管</u>：前庭階と鼓室階の間にある細い管（膜迷路の一部）で、<u>内リンパ</u>で満たされている。 ・ <u>ラセン器</u>（<u>コルチ器</u>）：蝸牛管の鼓室階に接した壁にある音の受容器

(2) 音の伝導と聴覚受容器

空気伝導	・ 空気の振動が外耳を経て鼓膜、耳小骨を振動させて内耳に伝えること
骨伝導	・ 音源を直接頭蓋骨に接触させることで振動を内耳に伝えること
内耳内の伝導	・ 前庭窓に伝えられた振動は、前庭窓→前庭階→蝸牛孔→鼓室階→蝸牛窓と伝えられ、この振動にともなう蝸牛管のラセン器が振動する。
ラセン器	・ 有毛細胞があり、その上部には蓋膜が接している。 ・ 有毛細胞の毛がラセン器の振動によりたわむことによって有毛細胞に興奮（活動電位）が発生する。 ・ 高音は蝸牛の太い部分で、低音は細い部分で感知される。 ・ ヒトの可聴範囲：20～20,000Hz

(3) 聴覚伝導路

蝸牛神経	・ 有毛細胞の興奮は蝸牛神経に伝えられる。 ・ 蝸牛神経の細胞体は、蝸牛のなかの蝸牛神経節にある。 ・ 蝸牛神経の軸索は、<u>内耳神経</u>となって脳幹（橋と延髄の境界部）にある同側の蝸牛神経核に終わる。
聴放線	・ 蝸牛神経核からの軸索は交差して視床に達し、 <u>聴放線</u> となって <u>側頭葉</u> の聴覚野に終わる。

(4) 難聴

伝音性難聴	・ 外耳または中耳の障害による難聴
感音性難聴	・ 内耳の障害または聴覚伝導路の障害による難聴

4. 平衡覚

平衡覚	・ 身体の運動や身体各部の相対的位置に関する感覚 ・ 平衡感覚には、視覚器、筋・腱・関節などの深部感覚、皮膚感覚なども関与するが、最も重要な感覚受容器は内耳の<u>前庭器官</u>である。
前庭器官	・ <u>球形嚢</u>・<u>卵形嚢</u>・<u>半規管</u>からなる膜迷路で構成される。 ・ 膜迷路の内部は内リンパで、外部は外リンパで満たされている。
球形嚢 卵形嚢	・ <u>平衡斑</u>：球形嚢と卵形嚢の内壁の肥厚した部分 平衡斑には感覚上皮である<u>有毛細胞</u>が存在し、<u>平衡砂膜</u>（<u>耳石膜</u>）というゼラチン質の膜がかぶさっている。 平衡砂膜の中には<u>平衡砂</u>（<u>耳石</u>）の粒子が多数含まれている。 平衡砂の主成分は<u>炭酸Ca</u>と<u>リン酸Ca</u>である。 ・ 平衡斑は、<u>頭の位置</u>と<u>直進運動</u>の加速度を感知する。 ・ 頭が傾いたり、直進運動をしたりすると平衡砂が移動して有毛細胞に興奮を発生させる。 ・ 運動の速度が一定になると、平衡砂の圧力は一定になり興奮は発生しなくなる。
半規管	・ <u>回転運動</u>（<u>角加速度</u>）を感知する。 ・ 前半規管、外半規管、後半規管の3つからなり、互いに直交する平面内にある。 ・ 各半規管には、<u>膨大部</u>がある。 ・ 膨大部内面は隆起していて膨大部稜と呼ばれ、感覚上皮である有毛細胞が存在する。 ・ 有毛細胞の毛は、ゼラチン質の<u>膨大部頂</u>（<u>クプラ</u>）に包まれている。 ・ 各半規管は、<u>卵形嚢</u>につながっている。 ・ 頭が回転すると、内リンパの慣性により回転方向と逆方向に流れてクプラが曲げられ、有毛細胞に興奮が発生する。

5. 味覚

(1) 味蕾の構造

味蕾	・味覚を受容する味覚受容器 ・<u>茸状乳頭</u>、<u>葉状乳頭</u>、<u>有郭乳頭</u>に分布する。糸状乳頭には味蕾は存在しない。口蓋や咽頭の粘膜にも分布している。 ・<u>味細胞</u>（感覚細胞）、<u>支持細胞</u>、<u>基底細胞</u>の3種類の細胞から構成される。 ・味蕾の数は、全体で約5,000個あり、20歳で最高に達し、それ以後徐々に減少する。
味細胞	・味細胞の基底部は、味覚を伝達する感覚神経とシナプスを形成している。 ・味細胞の寿命は約10日で、基底細胞からつくられる新しい味細胞に置き換わる。

(2) 味覚刺激の受容

味覚	・水溶性の化学物質によって起こる化学覚
基本味	・4つの基本味：<u>酸味</u>、<u>塩味</u>、<u>甘味</u>、<u>苦味</u> ・5つの基本味：4つの基本味にグルタミン酸やイノシン酸による<u>うま味</u>を加えたもの ・すべての味覚は、5つの基本味の組み合わせによって生じる。 ・味細胞の先端の味毛には<u>受容体</u>があり、唾液や水に溶けた物質が受容体に結合することにより味細胞に興奮が発生する。 塩味と酸味はイオンチャネル型受容体によって受容される。 甘味、苦味、旨味は、Gたんぱく質共役型受容体により受容される。 ・1つの味細胞は、2種類以上の基本味を受容できるが、通常は特定の基本味に対して他の基本味より強く応答する。（詳細なメカニズムは不明）
辛味	・舌・口腔のバニロイド受容体（カプサイシン受容体）で感じる <u>痛覚</u> である。

(3) 味覚伝導路

脳神経	・味細胞からの求心性の興奮は、舌の後ろ1/3では <u>舌咽神経</u> が、前2/3では <u>顔面神経</u> が、舌以外の口蓋や咽頭では <u>迷走神経</u> が伝導する。
味覚野	・これらの求心性線維は延髄でニューロンを換えて視床に至り、視床で第3次ニューロンに乗り換えて大脳皮質 <u>味覚野</u> （島皮質）に終わる。

6. 嗅覚

嗅覚器	・嗅上皮：嗅細胞、支持細胞、基底細胞の3種類がある。 ・嗅細胞：嗅覚受容細胞（神経細胞）の粘膜面の<u>嗅毛</u>でにおい刺激を受容する。 ・嗅細胞の寿命は4～8週間である。
嗅覚伝導路	・嗅細胞から中枢側に伸びる軸索が束になったものが<u>嗅神経</u>（第1次ニューロン）であり、<u>嗅球</u>（嗅覚の一次中枢）で第2次ニューロンとシナプスを形成する。 ・第2次ニューロンは<u>嗅索</u>となって脳内に入り、<u>嗅覚野</u>（眼窩前頭皮質、扁桃体など）に終わる。

7. 痛覚

(1) 痛覚の分類

体性痛	表在痛	速い痛み (一次痛)	- 針で刺されたような持続の短い鋭い痛み - 侵害受容器（機械的受容器）で受容 - Aδ線維（有髄神経線維）によって伝導される。
		遅い痛み (二次痛)	- 鈍く、持続する痛み - 侵害受容器（ポリモーダル受容器）で受容 - C線維（無髄神経線維）によって伝導される。
		かゆみ	- 痛覚の受容器が長時間、弱く刺激されることにより生じると考えられている。 - ある種のかゆみは、ヒスタミンが自由神経終末を刺激して生じる。 - C線維によって伝導される。
	深部痛	筋、腱、関節、骨膜などに生じる鈍くうずくような痛みで、痛みの局在は不明瞭である。 - 頭痛も深部痛の1種である。	
内臓痛	- 平滑筋の強い収縮により痛みを生じることを内臓痛という。 - 内臓痛は、迷走神経と一緒に内臓の平滑筋に分布する内臓求心性線維（自律神経）によって伝導される。		
関連痛	- 内臓や深部組織に痛みがあるとき、その隣接部や離れた場所の皮膚が知覚過敏になり痛みを感じることをという。 - 内臓求心性線維が刺激されると、脊髄の同じ部位から入る皮膚の知覚神経の感覚刺激を通りやすくすることが原因である。		
放散痛	- 病変によって圧迫された神経の末梢で痛みを感じることをいう。 - 放散痛と関連痛は、厳密にいうと異なる病態だが、病変とは異なる場所に痛みが出現するという意味で関連痛＝放散痛として使われることが多い。		

脳の勘違い

同じ場所から脊髄に入る

内臓

病変

手の痛み

関連痛

病変とは離れた場所で痛みを感じる

脳の勘違い

病変による神経の圧迫

手の痛み

放散痛

病変によって圧迫された神経の末梢で痛みを感じる

(2) 疼痛の発生機序 (教科書 417 ページ)

カリクレイン-キニン系	- 組織の損傷は、カリクレインを活性化する。 - 活性化したカリクレインは、キニノーゲンからブラジキニンを生成する。 - ブラジキニンは自由神経終末の侵害受容体に結合して疼痛の興奮を発生させる。 - ブラジキニンは血管拡張、血管透過性亢進などの作用により局所の炎症反応を引き起こす。				
プロスタグランジン E ₂	- 組織の損傷は、ホスホリパーゼを活性化してアラキドン酸を生成する。 - アラキドン酸は、シクロオキシゲナーゼの作用でプロスタグランジン E₂ (PGE₂)になる。 - PGE₂はブラジキニンに対する感受性を上昇させて痛みを増強する。 - PGE₂は血管拡張、血管透過性亢進などの作用により局所の炎症反応を助長する。				
鎮痛薬	<table border="1"> <tr> <td>副腎皮質ステロイド薬</td><td>・ホスホリパーゼの抑制</td></tr> <tr> <td>非ステロイド性抗炎症薬</td><td>・シクロオキシゲナーゼの抑制 (アスピリンなど)</td></tr> </table>	副腎皮質ステロイド薬	・ホスホリパーゼの抑制	非ステロイド性抗炎症薬	・シクロオキシゲナーゼの抑制 (アスピリンなど)
副腎皮質ステロイド薬	・ホスホリパーゼの抑制				
非ステロイド性抗炎症薬	・シクロオキシゲナーゼの抑制 (アスピリンなど)				

(3) 疼痛の伝導路

外側脊髄視床路	- 一次ニューロン：Aδ線維（一次痛）、C線維（二次痛）→脊髄後角 - 二次ニューロン：脊髄後角→交差→脊髄側索→視床 脊髄で交感神経や運動神経ともシナプス形成→自律神経反応、屈曲反射などを起こす。 - 三次ニューロン：視床→大脳皮質体一次体性感覚野（中心後回） 大脳辺縁系ともシナプス形成→不快感、抑うつ状態を生じる。
下行性痛覚抑制系	・脳幹から下行性に痛みを抑制して痛みを和らげる。

(4) 内因性鎮痛物質 (教科書 420 ページ)

オピオイド	・オピオイド受容体に作用する物質（エンケファリン、エンドルフィンなど）	
オピオイド受容体	中枢神経	・下行性痛覚抑制系を活性化する。
	末梢組織	・サブスタンスPなどの痛覚を引き起こす神経伝達物質の放出を抑制する。

(5) 麻薬性鎮痛薬

モルヒネ	- 植物から生成されるオピオイド - 副作用：便秘、吐き気、眠気など
------	---

17. 皮膚

1. 皮膚の機能

①身体内部の保護	・機械的バリア
②外界の情報の受容	・知覚（痛覚、触覚、圧覚、冷覚、温覚など）
③体温調節	・皮膚血流、発汗
④水分の排泄	・不感蒸泄、発汗
⑤水分保持	・過剰な蒸発の防止
⑥紫外線防止	・メラニン合成
⑦経皮吸収	・軟膏など治療薬
⑧免疫	・ランゲルハンス細胞による抗原提示

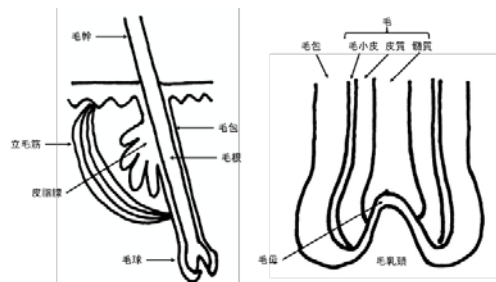
2. 皮膚の構造

表皮	・<u>重層扁平上皮</u> ・表皮細胞は基底層で増殖し、分化しながら次第に表層（有棘層→顆粒層→透明層→角質層）に移動し、約4週間で垢として剥離する。 ・角質層では表皮細胞は核を失って乾燥・<u>角化</u>（<u>ケラチン</u>を多量に含む、）する。 ・基底層には<u>メラニン細胞</u>（メラニン色素を合成）が存在する。 ・表皮には抗原提示を行う<u>樹状細胞</u>（ランゲルハンス細胞）が存在する。
真皮	・<u>線維性結合組織</u>であり、少量の弾性線維を含んでいる。 ・表皮に近い部位では乳頭が突き出し、毛細血管や自由神経終末が入り込んでいる。 ・自由神経終末は表皮に侵入するが、毛細血管は侵入しない。
皮下組織	・<u>疎性結合組織</u>であり、脂肪組織が存在する。 ・脂肪組織の役割 ①エネルギーの貯蔵：トリグリセリド ②外力に対するクッション：臓器の保護 ③断熱作用：体温の維持 ④内分泌作用：レプチン、アディポネクチンなどアディポサイトカインの分泌

3. 皮膚付属器

(1) 毛

毛	・口唇、手掌、足底以外の全身の皮膚に存在する。
毛包	・<u>毛包</u>は表皮が皮下組織まで落ち込んだものである。 ・毛包に包まれた部分を<u>毛根</u>、表皮から出ている部分を<u>毛幹</u>という。
毛幹	・毛幹の断面は皮質と髄質に分けられ、皮質の表面は鱗状の<u>毛小皮</u>で覆われている。 ・皮質にはメラニン顆粒が存在する。
毛根	・毛根の末端を<u>毛球</u>という。 ・毛球の下部には、<u>毛乳頭</u>（血管に富む結合組織）が侵入し、毛球に栄養を供給している。 ・毛球と毛乳頭を包む毛包を<u>毛母</u>（<u>毛母基</u>）といい、毛包と毛の細胞が新生する場所である。 ・<u>毛周期</u>では成長期、退行期、休止期を繰り返す。



(2) 爪

爪	・角化して死滅した表皮細胞の堆積物
爪甲 (ソウコウ)	・爪の露出している部分、 <u>爪体</u> (ソウタイ) ともいう。
爪床 (ソウショウ)	・爪甲の下層
爪根 (ソウコン)	・爪の基部で皮膚に埋まっている部分
爪母 (爪母基)	・爪根と爪甲の基部 (<u>爪半月</u>) で、爪の形成が行われる部位

(3) 皮脂腺 (脂腺)

毛包腺	・真皮に存在して毛包に開口し、脂肪性の分泌物によって皮膚を滑らかにする。 ・皮脂腺は、頭部、有毛部、顔、胸に多く分布する。 ・皮脂腺の多くは毛包に開口する<u>毛包腺</u>はであり、毛包がない手掌や足底には存在しない。
独立脂腺	・眼瞼、陰茎、小陰唇などには、毛包と無関係な <u>独立脂腺</u> が存在する。
立毛筋	・毛包と皮膚の間にある平滑筋で、毛を立たせると同時に間にある脂腺の内容物を押し出す。 ・立毛筋は<u>交感神経</u>の緊張で収縮する。

(4) 汗腺

エクリン汗腺 (小汗腺)	・全身の皮膚に分布 (皮膚表面に開口する) し、運動や発熱により水分の多い薄い汗を分泌する。 ・分泌される汗は酸性で、皮膚の細菌増殖を抑制する。 ・<u>温熱性発汗</u>: 高温環境で交感神経の緊張により全身のエクリン汗腺から汗が出ることで体温調節に関与する。 ・<u>精神性発汗</u>: 精神的に緊張したときに手掌や足底に分布するエクリン汗腺から汗が出る ・エクリン汗腺は、交感神経の単独支配であり、神経伝達物質は<u>アセチルコリン</u>である。(コリン作動性交感神経)
アポクリン汗腺 (大汗腺)	・腋窩、外陰部、乳輪、外耳道、肛門、眼瞼のまつげ付近、鼻などに分布し、皮膚表面に開くものと毛包に開くものがある。 ・細胞のエクソサイトーシスによって、脂質、たんぱく質などの有機物を多量に含む汗を分泌するが、体温調節には関与しない。 ・分泌物は、皮膚に存在する細菌が分解して特有なにおいを発生する。 ・思春期に分泌が増加する。 ・<u>乳腺</u>は、アポクリン汗腺が変形したものである。

4. 皮膚の血管

動静脈吻合	・動脈と静脈が毛細血管を経ることなくつながること。 ・動静脈吻合の血管が収縮すると、皮膚表層の血流が増加する。 ・動静脈吻合の血管が拡張すると、皮膚表層の血流が減少する。

5. 皮膚の感覚

(1) 受容器

触覚受容器	マイスネル小体、メルケル盤	触覚
	ファーテル-パチニ小体	圧覚
	ルフィニ小体	伸長
温度受容器	自由神経終末	冷覚、温覚、
侵害受容器	自由神経終末	痛覚

(2) 感覚点

感覚点	・触点、温点、冷点、痛点
2点識別閾値	・感覚点の分布を表す。
受容野	・1つの感覚ニューロンが反応しえる生体の刺激部位を大脳皮質の空間的な広がりとして表したもの ・受容野が狭いと、触点の2点識別閾値は大きくなる。
側方抑制	・1つの経路の興奮が隣接する経路の興奮を抑制すること
二点識別閾値 狭い 広い 皮膚の感覚点 大脳皮質の受容野 受容野が広い 受容野が狭い	

(3) 皮膚感覚伝導路

後索-内側毛帯路	・精細な触覚 ・一次ニューロン：受容器→脊髄神経節→同側の脊髄後索を上行→延髄後索核 ・二次ニューロン：延髄後索核→脳幹内側毛帯→反対側の視床 ・三次ニューロン：視床→大脳皮質
前脊髄視床路	・粗大な触覚 ・一次ニューロン：受容器→脊髄神経節→脊髄後角 ・二次ニューロン：脊髄後角→反対側の脊髄前索を上行→視床 ・三次ニューロン：視床→大脳皮質
外側脊髄視床路	・痛覚、温度覚 ・一次ニューロン：受容器→脊髄神経節→脊髄後角 ・二次ニューロン：脊髄後角→反対側の脊髄側索を上行→視床 ・三次ニューロン：視床→大脳皮質

18. 体温調節

1. 体温調節

(1) 熱の出納

熱産生	・安静時：胸腹腔臓器 55%、骨格筋 20%、脳 15% ・身体活動：骨格筋の運動による熱産生 ・特異動的作用（<u>食事誘発性熱産生</u>）：食物摂取による熱産生 ・<u>ふるえ産熱</u>：筋肉のふるえによる熱産生 ・<u>非ふるえ産熱</u>：<u>褐色脂肪細胞</u>による熱産生 ・<u>寒冷順化</u>：寒冷刺激に対しふるえ産熱が減少し、非ふるえ産熱が増加すること ・ホルモン：甲状腺ホルモン、副腎髄質ホルモンは熱産生を増加させる。
熱放散	・安静時の熱放散 - 輻射（放射）：温度が高い物質から低い物質へ熱が電磁波として移動すること（60%） - 蒸発：皮膚、呼吸からの水の蒸発（不感蒸泄）や発汗による気化熱（25%） - 対流：体に触れている空気の流れによる熱が放散すること（12%） - 伝導：体に直接触れている物質への伝導（3%） ・<u>不感蒸泄</u>（不感蒸散）：皮膚表面からの蒸発と呼吸による水蒸気の排泄を合わせたもの 約 900mL/日（300mL は呼吸による蒸発、600mL は皮膚からの蒸発） ・運動時に産生させる熱の増大は、発汗による蒸発によって放散する。 大量の発汗（温熱性発汗）により、蒸発する前に流れ落ちてしまう汗は熱の放散に貢献しない。 ・皮膚からの熱放散は、立毛筋の収縮・弛緩や皮膚表層を走行する血管の収縮・弛緩により、皮膚の表面温度を上下させることにより調節される。

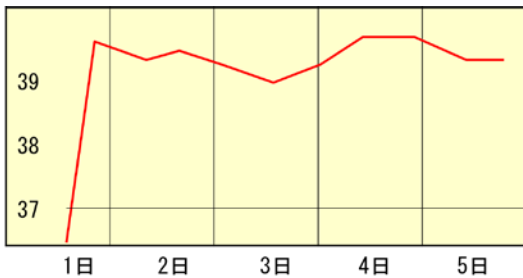
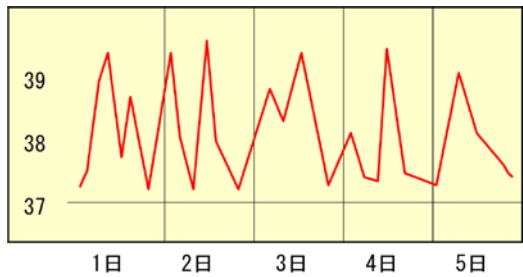
(2) 体温に影響する生理的要因

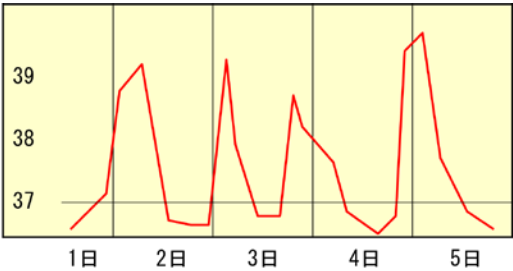
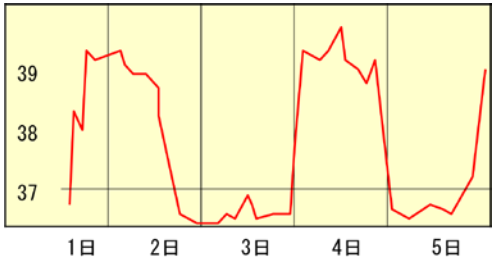
体温	・身体の表面（殻）の温度（外殻温度）は環境温に影響され、30～37℃で変化するが、身体の深部（芯）の温度（核心温度）は環境温の影響を受けにくい。 ・体温とは、芯の温度をいい、通常 37℃であるが種々の要因で変化する。 ・体温は、腋窩温（平均 36.6℃）、口腔温、鼓膜温（腋窩温より 0.2～0.5℃高い）、直腸温（腋窩温より 0.5～1.0℃高い）で測定する。（直腸温＞口腔温＝鼓膜温＞腋窩温）
日内変動	・1日のうち午前 3～6 時ころ最低となり、午後 3～6 時ころ最高となる。 ・最高体温と最低体温の差は 1℃以内である。
年齢	・小児で高く、加齢とともに低下する。 ・新生児の体温は環境温に影響されやすい。
性周期	・女性では、黄体から分泌されるプロゲステロンの作用により、排卵後 2 週間の分泌期の体温は、増殖期より 0.2～0.4℃高い。 ・排卵日には一過性の体温低下が起こる。
運動	・運動により、40℃まで上昇することがある。
食事	・食事により体温は上昇する。食事誘発性熱産生（diet-induced thermogenesis, DIT） DIT に利用されるエネルギー量は栄養素により異なり、たんぱく質のみでは約 30%、糖質のみでは約 6%、脂質のみでは約 4%である。通常の食事では約 10%である。 ・飢餓では体温は低下する。

(3) 体温の調節

温度受容器	・ 体温は、皮膚温度受容器と深部温度受容器（腹部内蔵、骨、視床下部）で感知され、 <u>視床下部に存在する体温調節中枢</u> に伝達される。
体温調節中枢	・ 視床下部の体温調節中枢には、 <u>発熱中枢</u> と <u>放熱中枢</u> があり、それぞれ自律神経系、内分泌系、体性神経系を介して熱の産生と放散を調節することにより正常体温を維持する。 ・ 体温は、熱産生と熱放散のバランスにより調節される
フィードバック機構	・ 寒冷環境など体温に影響を与える可能性が高い環境に暴露されたとき、実際に体温が変化する前に体温の恒常性を維持する方向の反応が起こること
行動性体温調節	・ 環境温度の変化に対応して行動（厚着、薄着など）を変化させること

(4) 発熱

発熱	・ 体温が正常以上に上昇すること ・ 微熱（37.0～37.9℃）、中等度熱（38.0～38.9℃）、高熱（39.0℃以上）	
発熱物質	・ 外因性発熱物質：細菌毒素、組織の破壊産物 ・ 内因性発熱物質：白血球から分泌されるサイトカイン	
体温調節中枢	・ <u>プロスタグランジン E₂（PGE₂）</u>：発熱物質が前視床下部に作用して産生される。 ・ PGE₂が視床下部の体温調節中枢に作用して体温の<u>セットポイント</u>を上昇させる。	
悪寒・戦慄	・ 悪寒：寒気により皮膚の血流を減少させ、熱放散を抑制する。 ・ 戦慄：筋肉のふるえにより熱産生を増やす。	
熱型	稽留熱	・ 日内変動 1℃以内で発熱が持続；肺炎、腸チフスなど 
	弛張熱	・ 日内変動 1℃以上で変動する発熱（最低でも 37℃以上）：敗血症、化膿性疾患、ウイルス感染症など 
	間欠熱	・ 日内変動 1℃以上で変動する発熱（37℃未満の期間がある）：膿瘍、粟粒結核など

		
	波状熱	・有熱期と無熱期が不規則に繰り返す：ホジキン病（Pel-Ebstein 熱）など 
解熱	・発熱物質の消失により体温のセットポイントが低下する。 ・解熱薬：PGE₂を産生する酵素シクロオキシゲナーゼを阻害することで体温を下げる。（インドメタシン、アスピリンなど）	
高体温（うつ熱）	・悪性高熱症：麻酔薬や筋弛緩薬に誘発されて筋小胞体から Ca イオンが放出され、筋の異常収縮の持続、代謝の亢進が起こって体温が 40℃以上上昇する。 ・熱射病：熱中症（日射病、熱痙攣、熱疲労、熱射病）の一つ。体温調節機構が破綻し、40℃以上の高体温になり、意識障害（昏睡、けいれんなど）、発汗異常、低血圧などが出現する。	
低体温	・寒冷環境下で熱の放散に産生が追いつかず核心温度が 35℃以下になる状態 ・心臓手術などでは意図的に低体温にすることがある。	

*参考：熱中症

分類	日射病	熱痙攣	熱疲労	熱射病
誘因	高温環境（特に頭、頸部）	高温環境下で水分のみ摂取	高温環境下で発汗	高温環境あるいは運動負荷
病態	起立性低血圧の一種	発汗による Na 欠乏性脱水と筋の興奮性亢進	発汗による脱水末梢循環不全	自己温度調節機構の破綻により生じる全身臓器の熱性障害
症状	めまい、数秒間の意識消失	大量の発汗、失神、筋痙攣、筋肉痛、筋硬直	全身虚脱感、倦怠感、頭痛、嘔吐、循環不全（低血圧、頻脈、尿量減少）、集中力や判断力の低下	意識障害（昏睡、けいれんなど）、発汗異常、低血圧、頻脈、不整脈、頻呼吸
体温	上昇しない	上昇しない	軽度～中等度上昇	一般に 40℃以上
対処法	入院を必要としない 安静 水分と Na 補給		入院治療が必要 体温管理、安静 水分と Na 補給	集中治療が必要 冷却 呼吸、循環管理

19. 免疫

1. 免疫の定義の変遷

獲得免疫	・一度ある病気にかかると、二度と同じ病気にかからない。
Immunity (免疫)	・Immunitas (税金, 兵役の免除を意味するラテン語) → 疾病を免れる。
自然免疫	・「免疫」はもともと生体が持っている非特異的防御機構の意味も含む。
抗原抗体反応	・病原体がもつ抗原と結合する抗体を産生することで病気を防ぐ。
受動免疫	・ジフテリアや破傷風の抗毒素療法 (北里柴三郎が確立)
アレルギー	・血清病の出現→免疫は両刃の刃
現在の免疫の定義	・自己と異なるもの (非自己) を認識して、排除すること

2. 非特異的防御機構

(1) 皮膚・粘膜

皮膚	・機械的バリア：角質層を含む重層扁平上皮 ・皮脂腺：酸性の皮脂を分泌して微生物の繁殖を抑制 ・常在細菌：常在細菌以外の微生物の定着、増殖を抑制										
粘膜	<table border="1"> <tr> <td>粘液</td><td> ・機械的バリア：粘膜上皮 ・リゾチーム：細菌細胞壁を構成するペプチドグリカン分解する酵素で、細菌を溶菌する。涙液、鼻汁、唾液、乳汁などに多く含まれる。 ・分泌型抗体 IgA：涙液、唾液、腸液、乳汁などに多く含まれる抗体 </td></tr> <tr> <td>消化管</td><td> ・胃酸：pH1～2 の強酸による殺菌作用 ・腸内細菌叢：外来の微生物の定着、増殖を抑制 </td></tr> <tr> <td>気道</td><td> ・線毛：粘液に付着した微生物を排出 </td></tr> <tr> <td>尿路</td><td> ・尿の排泄による洗浄効果 </td></tr> <tr> <td>膣</td><td> ・デーデルライン桿菌 (乳酸桿菌)：剥離した膣粘膜上皮に含まれるグリコーゲンを分解して乳酸を産生することにより膣内を酸性に保ち、他の微生物の定着、増殖を抑制する。女性ホルモンは膣上皮の増殖とグリコーゲン蓄積を促進する。 </td></tr> </table>	粘液	・機械的バリア：粘膜上皮 ・リゾチーム：細菌細胞壁を構成するペプチドグリカン分解する酵素で、細菌を溶菌する。涙液、鼻汁、唾液、乳汁などに多く含まれる。 ・分泌型抗体 IgA：涙液、唾液、腸液、乳汁などに多く含まれる抗体	消化管	・胃酸：pH1～2 の強酸による殺菌作用 ・腸内細菌叢：外来の微生物の定着、増殖を抑制	気道	・線毛：粘液に付着した微生物を排出	尿路	・尿の排泄による洗浄効果	膣	・デーデルライン桿菌 (乳酸桿菌)：剥離した膣粘膜上皮に含まれるグリコーゲンを分解して乳酸を産生することにより膣内を酸性に保ち、他の微生物の定着、増殖を抑制する。女性ホルモンは膣上皮の増殖とグリコーゲン蓄積を促進する。
粘液	・機械的バリア：粘膜上皮 ・リゾチーム：細菌細胞壁を構成するペプチドグリカン分解する酵素で、細菌を溶菌する。涙液、鼻汁、唾液、乳汁などに多く含まれる。 ・分泌型抗体 IgA：涙液、唾液、腸液、乳汁などに多く含まれる抗体										
消化管	・胃酸：pH1～2 の強酸による殺菌作用 ・腸内細菌叢：外来の微生物の定着、増殖を抑制										
気道	・線毛：粘液に付着した微生物を排出										
尿路	・尿の排泄による洗浄効果										
膣	・デーデルライン桿菌 (乳酸桿菌)：剥離した膣粘膜上皮に含まれるグリコーゲンを分解して乳酸を産生することにより膣内を酸性に保ち、他の微生物の定着、増殖を抑制する。女性ホルモンは膣上皮の増殖とグリコーゲン蓄積を促進する。										

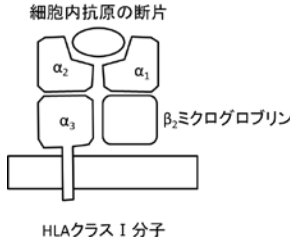
(2) 炎症反応

炎症	・組織の損傷：肥満細胞からヒスタミンやブラジキニンを放出 ・炎症の五徴候 - 発赤：毛細血管の拡張により、局所の血液量が多くなった状態 - 腫脹：毛細血管の透過性が亢進して、滲出液が増加し、間質に浮腫が起こった状態 - 熱感：血流増加による局所の皮膚温が上昇した状態 - 疼痛：痛覚を伝達する神経が物理的または化学的に刺激され痛みを知覚している状態 - 機能障害：炎症を起こしている局所で機能障害が起こっている状態
貪食能	・炎症を起こした組織から分泌されたサイトカインにより貪食能をもつ好中球、マクロファージなどが集まり、体内に侵入した微生物を細胞内に取り込み消化する。
NK 細胞	・ナチュラルキラー細胞 (NK 細胞)：自然免疫で細胞傷害性リンパ球として働く ・非特異的抗原の認識は、NK 細胞表面の <u>トル様受容体</u> (TLR) によって行われる。 ・NK 細胞は腫瘍細胞や感染細胞を非特異的に攻撃することができる。 ・NK 細胞が分泌する主な細胞傷害物質 - パーフォリン：細胞膜に穴を開けてグランザイムが細胞内に入れる。 - グランザイム：標的細胞内に入りアポトーシスを誘導するセリンプロテアーゼ

3. 特異的防御機構

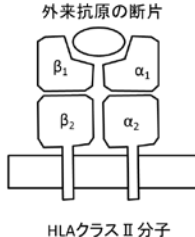
(1) 抗原提示

抗原提示細胞	・樹状細胞、マクロファージ、B細胞など ・微生物を貪食、消化し、一部を抗原として提示する。
MHC	・主要組織適合遺伝子複合体 (MHC, major histocompatibility complex) は、抗原提示細胞が抗原を細胞表面に提示する分子をコードする遺伝子群である。
HLA	・ヒトの MHC は、HLA (human leukocyte antigen ヒト白血球抗原) である。 ・HLA 遺伝子は、第 6 染色体短腕にある。 ・HLA 分子には、クラス I 分子とクラス II 分子の 2 種類があり、それぞれのクラスに 3 種類のタイプがあり、さらにそれぞれのタイプに十数種類があるので、組み合わせは数万通りになる。
クラス I 分子	・HLA-A、HLA-B、HLA-C の 3 種類のタイプがある。 ・すべての有核細胞の表面に存在する。 ・ウイルス感染細胞や癌細胞の細胞内で合成された細胞内抗原の断片を提示する。 ・抗原ペプチドの断片化は、プロテアソームで行われる。 ・細胞傷害性 T 細胞 (CD8 陽性細胞) によって認識される。
クラス II 分子	・HLA-DR、HLA-DP、HLA-DQ の 3 種類のタイプが存在する。 ・抗原提示細胞 (樹状細胞、マクロファージ) に存在する。 ・細菌やウイルスなどエンドサイトーシスによって取り込まれた外来抗原を提示する。 ・抗原ペプチドの断片化は、リソソームで行われる。 ・ヘルパー T 細胞 (CD4 陽性細胞) によって認識される。



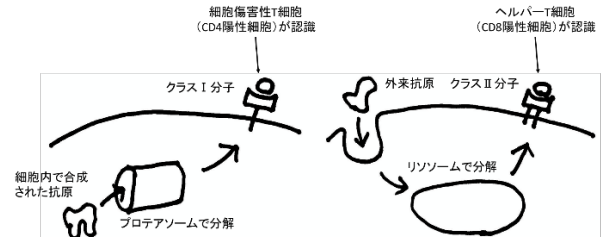
細胞内抗原の断片

HLAクラス I 分子



外来抗原の断片

HLAクラス II 分子



細胞傷害性 T 細胞 (CD4 陽性細胞) が認識

ヘルパー T 細胞 (CD8 陽性細胞) が認識

クラス I 分子

クラス II 分子

細胞内で合成された抗原

プロテアソームで分解

リソソームで分解

外来抗原

(2) T 細胞

胸腺	・T 細胞 (T リンパ球) は、<u>胸腺</u>で成熟する。 ・胸腺は心臓と胸骨の間にあって小児期には重さ約 25g に達するが、思春期以後しだいに退縮して脂肪組織に置き換わる。 ・未熟な T 細胞が胸腺に入り、胸腺内で分裂・増殖・成熟するが、自己と反応するクローンは除かれ、非自己と反応する成熟した T 細胞だけが血液中に入る。(T 細胞の学校) ・T 細胞は、細胞表面に抗原提示細胞が提示する抗原を認識する <u>T 細胞受容体</u> (TCR) を持つ。				
中枢トレランス	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">負の選択</td><td> ・自己抗原と強く結合する T 細胞は自己を攻撃するので排除される。 ・自己抗原と全く結合しない T 細胞は HLA 分子との親和性が低いので、外来抗原を提示する HLA 分子とも結合できないので除かれる。 </td></tr> <tr> <td>正の選択</td><td> ・自己と弱く結合するものが残る。(自己抗原とは反応しないが外来抗原と強く反応する可能性がある T 細胞が生き残る) </td></tr> </table>	負の選択	・自己抗原と強く結合する T 細胞は自己を攻撃するので排除される。 ・自己抗原と全く結合しない T 細胞は HLA 分子との親和性が低いので、外来抗原を提示する HLA 分子とも結合できないので除かれる。	正の選択	・自己と弱く結合するものが残る。(自己抗原とは反応しないが外来抗原と強く反応する可能性がある T 細胞が生き残る)
負の選択	・自己抗原と強く結合する T 細胞は自己を攻撃するので排除される。 ・自己抗原と全く結合しない T 細胞は HLA 分子との親和性が低いので、外来抗原を提示する HLA 分子とも結合できないので除かれる。				
正の選択	・自己と弱く結合するものが残る。(自己抗原とは反応しないが外来抗原と強く反応する可能性がある T 細胞が生き残る)				
末梢トレランス	・末梢組織で胸腺にない自己抗原と結合した T 細胞は、<u>機能的な不活性化</u> (アナジー) または自己反応性 T 細胞になる。 ・自己反応性 T 細胞は、<u>制御性 T 細胞</u>により抑制される。				

ナイーブ T 細胞	・抗原刺激を受けていない T 細胞
ヘルパー T 細胞 (CD4 陽性細胞)	・抗原提示細胞のクラス II 分子が提示する抗原を認識し、種々のサイトカインを分泌して、免疫応答を促進する。 ・Th1 は細胞性免疫を促進し、Th2 は液性免疫を促進する。
制御性 T 細胞	・ヘルパー T 細胞の活動を抑制する。 ・制御性 T 細胞が過剰に働くと免疫能が低下し、過小に働くとアレルギーが出現する。
メモリー T 細胞	・一部はメモリー T 細胞として長く残り、次の病原体の侵入に備える。
細胞傷害性 T 細胞 (CD8 陽性細胞)	・CTL (cytotoxic T cell)、キラー T 細胞 (killer T cell) ともいう。 ・抗原提示細胞のクラス I 分子が提示する抗原を認識し、パーフォリン、グランザイムなどを分泌してウイルスに感染した細胞や腫瘍細胞を攻撃する。

(3) 液性免疫

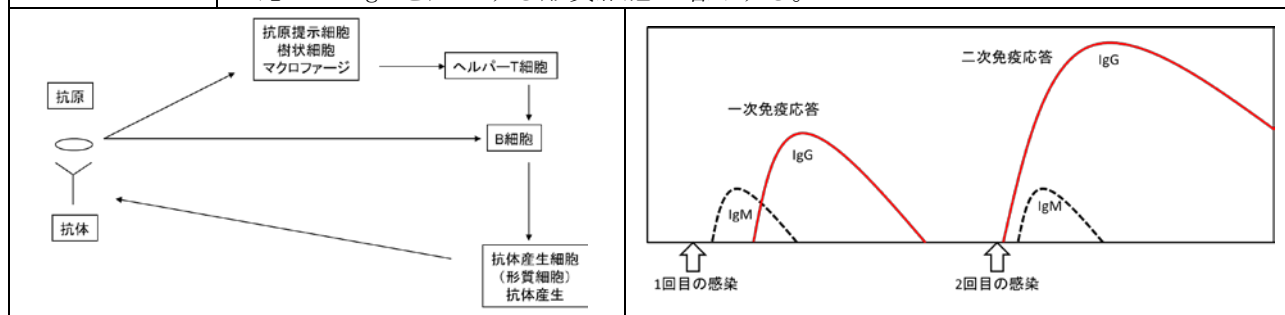
液性免疫	・B 細胞が分化した形質細胞が産生する抗体が抗原に結合することにより抗原を排除する。 ・B 細胞は細胞表面に免疫グロブリン (IgD) (抗原受容体) を持つリンパ球である。 ・IgD に抗原が結合すると、ヘルパー T 細胞 (Th1) の助けを借りて増殖し、抗体産生細胞である形質細胞に分化する。 ・一部はメモリー B 細胞として長く残り、次の病原体の侵入に備える。	
抗体の産生	・B 細胞は抗原提示細胞のクラス II 分子に結合したヘルパー T 細胞から分泌されるインターロイキンにより活性化し、抗体産生細胞 (形質細胞) へと分化する。 ・抗体の基本形は 2 本の H 鎖と 2 本 L 鎖からなる Y の字に似た形である。 ・抗体遺伝子の再編成により多様な (10^8 種類) の抗体を産生できる。	
種類	IgG	・血漿中で最も多い抗体 (一量体) ・胎盤を通過するので、出生時の IgG は母親由来。 ・5～6 歳頃に成人と同レベルに達する。
	IgM	・抗原が侵入したとき、最初に作られる抗体 (五量体) ・凝集・細胞溶解の効率が高い。 ・1 歳頃に成人と同レベルに達する。
	IgA	・分泌液 (涙、唾液、腸液、乳汁 (特に初乳) など) の中に多く含まれる抗体 (二量体) ・10 歳頃に成人と同レベルに達する。
	IgE	・肥満細胞に付着し、即時型アレルギーに関与する抗体 (一量体)
	IgD	・B 細胞表面の抗原受容体 (一量体)
	The graph shows the percentage of adult levels for three types of antibodies over time. The x-axis represents age from fetal period to 10 years. The y-axis represents the percentage of adult levels (0 to 100%). IgG (solid line) peaks at birth at 100%, drops to about 50% by 1 year, and then rises back to 100% by 10 years. IgM (dashed line) rises from birth, reaching about 50% by 1 year, and then rises to 100% by 10 years. IgA (dotted line) rises from birth, reaching about 50% by 1 year, and then rises to 100% by 10 years.	
機能	中和抗体	・ウイルス表面の抗原に抗体が結合し、宿主の細胞への結合・侵入を阻止する。
	オプソニン作用	・微生物の表面に抗体や補体が結合することにより、好中球やマクロファージによる食食を促進する。
	補体の活性化	・補体は肝臓で合成される約 20 種類の血漿たんぱく質である。 ・補体は微生物の成分や抗体により活性化され、一連の反応により溶菌作用、オプソニン作用、炎症反応を引き起こす。

(5) 細胞性免疫

細胞傷害性 T 細胞	・クラス I 分子が提示する抗原を認識して活性化する。
ヘルパー T 細胞 (Th2)	・クラス II 分子が提示する抗原を認識してインターロイキンを分泌し、マクロファージや細胞障害性 T 細胞の活性化を促進する。
機能	・ウイルス感染細胞の排除、移植に対する拒絶反応、腫瘍免疫などに関与する。

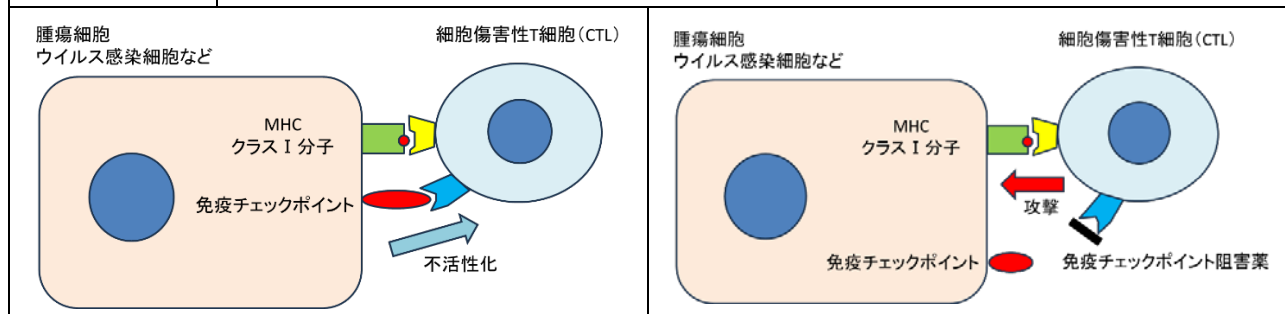
4. 免疫応答

抗原提示	・体内に異物が侵入すると、まず樹状細胞やマクロファージが異物を貪食する。(自然免疫) ・樹状細胞やマクロファージはリンパの流れにのって、リンパ節に移動する。 ・リンパ節でヘルパー T 細胞に抗原提示して、ヘルパー T 細胞を活性化する。 ・活性化されたヘルパー T 細胞は種々のサイトカインを分泌する。
一次免疫応答	・抗原刺激を受けた B 細胞は、ヘルパー T 細胞が分泌したサイトカインの作用により増殖し、抗体産生細胞である形質細胞に分化する。 ・産生された抗体は、抗原抗体反応などにより、異物を排除する。(獲得免疫) ・はじめて異物が侵入したとき、まず B 細胞は IgM を分泌する形質細胞に分化し、少し遅れて IgG を分泌する形質細胞が増加する。(クラス・スイッチ) ・一次応答を起こした T 細胞と B 細胞の一部はメモリー細胞として長く体内に残る。
二次免疫応答	・異物が再び侵入したときは、メモリー T 細胞とメモリー B 細胞が迅速かつ強力に反応して IgG を産生する形質細胞が増加する。



5. 免疫チェックポイント

免疫チェックポイント	・過剰な免疫を抑制する「ブレーキ」の仕組み ・細胞障害性 T 細胞 (CTL) 上に発現する分子: PD-1、CTLA-4 など ・癌細胞上に発現する分子: PD-L1、B7 など ・PD-L1、B7 がそれぞれ PD-1、CTLA-4 に結合すると CTL を不活性化する。
免疫チェックポイント阻害薬	・抗 PD-1 抗体: ニボルマブ、ペムブロリズマブ ・抗 PD-L1 抗体: アテゾリズマブ、アベルマブ、デュルバルマブ ・抗 CTLA-4 抗体: イピリムマブ



6. 予防接種（ワクチン）

生ワクチン	・生きた病原体を弱毒化したものを接種する方法 ・病気と似た症状が出ることがある。 ・麻疹、風疹、水痘、結核（BCG）、ロタウイルス、おたふくかぜ
不活化ワクチン	・病原体の感染力、病原性をなくしたものを接種する方法 ・インフルエンザ、ポリオ、日本脳炎、百日咳、肺炎球菌、ヘモフィルス・インフルエンザ B 型菌（Hib ワクチン）、ヒトパピローマウイルス（HPV ワクチン、子宮頸癌予防）、B 型肝炎、髄膜炎菌など
トキソイド	・病原体が産生する毒素を不活性化したものを接種する方法 ・ジフテリア、破傷風など
組換えたんぱく質ワクチン	・病原体の構造の一部を遺伝子組み換え技術を使って生産したたんぱく質を接種する方法 ・新型コロナウイルス
mRNA ワクチン	・抗原となるたんぱく質の mRNA を脂質ナノ粒子で包んだものを摂取する方法 ・新型コロナウイルス
自己増幅型 mRNA ワクチン	・宿主細胞内で自己複製する mRNA を摂取することで抗原たんぱく質の合成量を増やして免疫応答を高める方法 ・新型コロナウイルス
ウイルスベクターワクチン	・抗原となるウイルスたんぱく質の遺伝子を無害なベクターウイルス（DNA ウィルス）に組み込んだものを接種する方法 ・新型コロナウイルス

7. アレルギー

（1）アレルギー発見の歴史

アナフィラキシーの発見	・イソギンチャク毒素の研究（ポワチエとリシェ、1902） 毒素犬に注射すると、1 回目の注射では何も起きないが、2 回目の注射直後、嘔吐、下痢、けいれんを起こして死亡したことから、この現象をアナフィラキシー（anaphylaxis=no protection）と名づけた。当初は 1 回目の毒素が抵抗力を奪い、2 度目に毒素の効果が現れると考えられた。 ・その後、無害なたんぱく質でもアナフィラキシーが起こることを発見 ・アナフィラキシーは抗原特異的に起こることから免疫反応の一種であると考えられた。allors（異なった）+ergon（反応）=allergy：アレルギー ・アナフィラキシーは受身移入（PK 反応）できることから、血清中に因子があることが推定された。 ・PK（Prausnitz と Küstner）反応（魚の抽出液を皮内注射） 魚アレルギーのない人は変化なし 魚アレルギーのある人は発疹、かゆみ、呼吸困難 魚アレルギーのない人に魚アレルギーのある人の血清を皮膚に注射して魚の抽出液を皮内注射すると、発疹、かゆみ、呼吸困難が出現
IgE 抗体の発見	・1930 年代～60 年代（30 年間）に、IgG、IgM、IgA、IgD の 4 種類が発見 ・1960 年代前半、アレルギーを起こす抗体は IgA であると考えられていたが、IgA 欠損の花粉症患者が見つかったことから、第 5 の抗体の存在が推定された。 ・1966 年、石坂公成がアレルギー患者の血清から分離・精製した物質と花粉を皮下に注射して皮膚の発赤を見ることにより IgE を発見した。 ・E は紅斑（erythema）と 5 番目のアルファベット E を表す。

(2) アレルギーの病態

アナフィラキシーが起こるしくみ	・アレルギーに初めて暴露して IgE 抗体を産生する。この段階では無害。 ・繰り返しアレルギーに暴露することにより血清中 IgE 濃度が上昇する。 ・IgE が皮膚・粘膜に存在するマスト細胞（好塩基球由来の肥満細胞）と結合する。 ・マスト細胞に結合した IgE にアレルギーが結合すると、マスト細胞からヒスタミン、ロイコトリエンなど化学伝達物質が放出されて、末梢血管の拡張、血管透過性の亢進、浮腫、発疹、血圧低下、気管支平滑筋の痙攣、呼吸困難などの症状が出現する。
IgE 産生が増加するしくみ	・ヘルパーT 細胞（Th）：Th1 と Th2 の 2 種類ある。Th1 は細胞性免疫を促進し、Th2 は液性免疫を促進する。 ・Th1 と Th2 は互いに相手の活動を抑制する。 ・Th1/Th2 バランスが Th2 優位になると IgG から IgE へのクラス・スイッチが促進して IgE 産生が増加し、I 型アレルギーを起こしやすくなる。 ・遺伝因子（アトピー体質など）、環境因子（ディーゼルエンジンが排出する浮遊粒子物質など大気汚染など）が個人の Th1/Th2 バランスを Th2 優位にする要因となる。

(3) アレルギーの種類

I 型アレルギー （アナフィラキシー型反応）	・IgE による過敏症 ・花粉症、アレルギー性鼻炎気管支喘息、蕁麻疹、ペニシリンショック、食物アレルギー、蜂アレルギー、ラテックスアレルギーなど
II 型アレルギー （細胞傷害型反応）	・自己抗体による組織傷害 ・自己免疫性溶血性貧血、1 型糖尿病（ウイルス感染や食餌抗原によって産生された抗体が類似の立体構造をもつ自己抗原を攻撃する）、膠原病など
III 型アレルギー （アルサス型反応）	・抗原-抗体複合体（免疫複合体）による組織傷害 ・血清病、糸球体腎炎、膠原病など
IV 型アレルギー （ツベルクリン型反応、遅延型過敏症）	・細胞性免疫による組織傷害 例）ツベルクリン反応：結核菌抽出物の皮下注射→発赤、浮腫、かゆみ 36 時間から 48 時間でピークに達し、数日続く。 ・食物アレルギー、ウイルス脳炎、ウイルス肝炎、接触皮膚炎、1 型糖尿病、膠原病など
V 型アレルギー（II 型アレルギーの特殊型）	・細胞表面の受容体に対する自己抗体による組織傷害 - バセドウ病：甲状腺の TSH 受容体に対する抗体が産生され、甲状腺ホルモン分泌が異常亢進する。 - 重症筋無力症：神経筋接合部のアセチルコリン受容体に対する抗体が産生され、受容体を破壊することで興奮の伝導を傷害する。

8. 生体防御の関連臓器（教科書 447 ページ）

リンパ節	・リンパ管に入ってきた異物のフィルターとして働く。 ・多数の T 細胞と B 細胞が存在し、樹状細胞が抗原提示を行う。
粘膜付属リンパ組織	・扁桃（咽頭扁桃、口蓋扁桃、舌扁桃） ・腸管：リンパ小節（リンパ球が集合したもの）、パイエル板（小腸、リンパ小節が集合したもの）、虫垂（集合リンパ小節）
胸腺	・乳幼児で発達し、加齢とともに退化する。 ・T 細胞の成熟、分化
脾臓	・赤脾髄：古い赤血球の分解や異物の処理を行う。 ・白脾髄：豊富なリンパ組織を含み、免疫応答に関わっている。

20. 生殖器

1. 男性生殖器

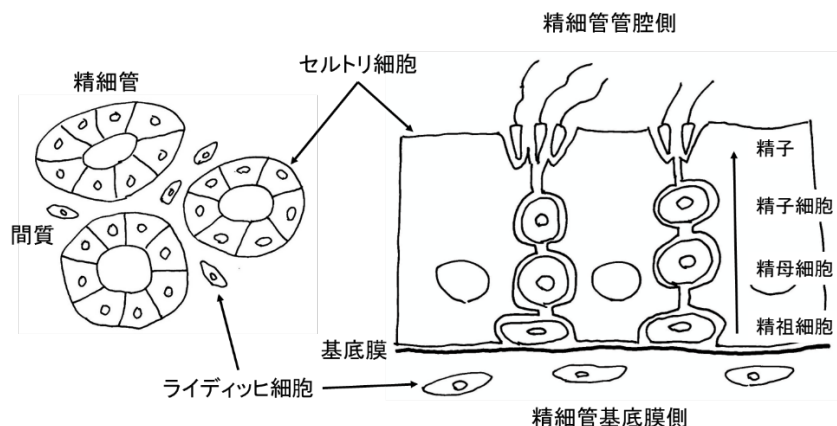
(1) 構成

性腺	・精巣
精路	・精巣上体（精巣輸出管、精巣上体管）、精管、射精管、尿道、外尿道口
付属生殖腺	・精嚢、前立腺、尿道球腺
外陰部	・陰茎、陰嚢

(2) 精巣

- ・精巣の表面は漿膜でおおわれている。
- ・漿膜の下には強靱な結合組織からなる白膜がある。
- ・内部には精細管がある。曲精細管（ループ状）→直精細管→精巣網→精巣輸出管

精細管	精細胞	・精祖細胞→一次精母細胞→二次精母細胞→精子細胞→精子
	セルトリ細胞	・精細管の上皮である<u>セルトリ細胞</u>は、多くの精細胞を抱えるように存在している。 ・<u>卵胞刺激ホルモン（FSH）</u>は、セルトリ細胞を刺激して、精細胞の保持、保護、精子形成を促進する。 ・セルトリ細胞は、FSHの刺激によりエストロゲンを分泌する。 ・エストロゲンは、下垂体に働いてFSH分泌を抑制する。（負のフィードバック作用）
	ライディッヒ細胞	・精細管の間を満たす間質には、<u>ライディッヒ細胞</u>が存在する ・<u>黄体形成ホルモン（LH）</u>は、ライディッヒ細胞を刺激して、テストステロンを分泌させる。 ・<u>テストステロンの作用のまとめ</u> ①下垂体に働いてLH分泌を抑制する。（負のフィードバック作用） ②胎生期における男性の<u>第一性徴（生殖器の分化）</u>を起こす。 ③精子形成を促進する。 ④たんぱく質同化作用 ⑤思春期における男性二次性徴（副生殖器の発達、体毛発生、頭髮の生え際後退、皮脂腺発育、変声など）を起こす。



(3) 精路

精巣上体	・精巣輸出管→精巣上体管→精管 ・精子の成熟、運動性の獲得、貯蔵
精管	・精巣上体→鼠径管を通して腹腔内に入り→精囊の導管と合流して<u>射精管</u>となり→前立腺を貫いて→尿道に開口する。 ・<u>精丘</u>：射精管が尿道に開口する場所
精索	・精管、動脈、静脈、リンパ管、神経が束になったもの

(4) 付属生殖腺

精囊	・膀胱の背後に存在し、導管は精管と合流して射精管となる。 ・<u>アルカリ性</u>の粘液を分泌する。 ・精子のエネルギー源になるフルクトースを含む。						
前立腺	・尿道、射精管を取り囲むように存在し、多数の導管により<u>尿道に開口</u>する。 ・精液特有の臭いを持つ乳白色の粘液（<u>アルカリ性</u>）を分泌する。 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">中心領域</td><td>・射精管と尿道の合流部を取り囲む。</td></tr> <tr> <td>移行領域</td><td>・尿道起始部から射精管と合流する部位までの尿道を取り囲む。（前立腺肥大症の好発部位）</td></tr> <tr> <td>辺縁領域</td><td>・中心領域と移行領域を取り囲む。（前立腺癌の好発部位）</td></tr> </table>	中心領域	・射精管と尿道の合流部を取り囲む。	移行領域	・尿道起始部から射精管と合流する部位までの尿道を取り囲む。（前立腺肥大症の好発部位）	辺縁領域	・中心領域と移行領域を取り囲む。（前立腺癌の好発部位）
中心領域	・射精管と尿道の合流部を取り囲む。						
移行領域	・尿道起始部から射精管と合流する部位までの尿道を取り囲む。（前立腺肥大症の好発部位）						
辺縁領域	・中心領域と移行領域を取り囲む。（前立腺癌の好発部位）						
尿道球腺 （カウパー腺）	・前立腺の直下、尿生殖隔膜（骨盤底の前方をふさいでいる筋肉）に埋まって存在し、尿道に開口する。 ・アルカリ性で無色透明な粘液を分泌し、射精に先立って尿道内に残る酸性の尿を中和する。						

5. 外陰部

陰茎	構造	・周囲は厚い結合組織（<u>白膜</u>）でおおわれ、内部に<u>海綿体</u>（陰茎海綿体、尿道海綿体）を含んでいる。 ・海綿体の内部は発達した<u>静脈洞</u>がある。
	勃起	・性的な刺激や陰茎に対する機械的な刺激による<u>副交感神経</u>の緊張は、海綿体に流入する<u>動脈を拡張</u>し、海綿体を血液の充満により膨張（<u>勃起</u>）させる。（交感神経による血管平滑筋の単独支配の例外） ・海綿体の膨張は海綿体から流出する<u>陰茎背静脈を圧迫</u>して勃起を維持する。
	射精	・射精は精液を前立腺部まで排出する第1段階（射出 emission、精管と精囊の平滑筋の収縮による）と、尿道を通過して外尿道口より射出する第2段階（射精 ejaculation、尿道を取り巻く球海綿体筋の収縮による）に分けられる。 ・第1段階は<u>交感神経</u>の緊張により起こり、第2段階は交感神経、副交感神経の両方の緊張により起こる。 ・1回の射精で射出される精液は、2.5～3.5 mlで、1 mlあたり1億個の精子が含まれている。 ・精子は女性生殖器内で24～48時間生存できる。
尿道	前立腺部	・前立腺に包まれた部位
	隔膜部	・尿生殖隔膜を貫く部位
	海綿体部	・尿道海綿体に包まれた部位
陰囊	・精巣、精巣上部、精索を入れる袋	

2. 女性生殖器

(1) 構成

性腺	・ 卵巣
生殖路	・ 卵管、子宮、膣
付属生殖腺	・ 大前庭腺
外陰部	・ 恥丘、陰核、大陰唇、小陰唇、膣前庭
補助器官	・ 乳腺

(2) 卵巣

構造	・ 卵子を蓄え、成熟させる器官 ・ 表面は腹膜でおおわれている。	
	卵巣門	・ 動脈、静脈、リンパ管、神経が出入りする。
	髄質	・ 血管、リンパ管、神経に富む結合組織である。
	皮質	・ 種々の成熟段階の <u>卵胞</u> 、 <u>黄体</u> 、 <u>白体</u> が存在する。
卵胞	・ 卵胞は1個の卵子（ <u>卵母細胞</u> ）とそれを包む <u>卵胞上皮細胞</u> からなる。	
	<u>原始卵胞</u>	・ 胎生期につくられ、思春期までは成熟することなく卵巣内で静止している。
	卵胞の成熟	・ 月経周期のはじめに15～20個の卵胞が発育を始めるが、そのうち1つの卵胞だけが成熟卵胞になり、その他は萎縮する。 ・ 一次卵胞：単層であった卵胞上皮細胞は増殖して多層となる。 ・ 二次卵胞：内部に液腔をもつ。 ・ 成熟卵胞（ <u>グラーフ卵胞</u> ）：大型の液腔をもつ。 ・ <u>卵丘</u> ：卵母細胞を透明体と卵胞上皮で包む。 ・ 卵胞膜：卵胞を包む結合組織で、卵胞膜の細胞から <u>エストロゲン</u> が分泌される。
排卵	・ グラーフ卵胞が破れて卵母細胞が卵丘と共に腹腔内へ放出される。 ・ 卵母細胞は卵管采に包まれて卵管内に入る。 ・ 排卵後の卵母細胞の寿命は、受精が起これなければ <u>12～24時間</u> である。	
黄体 白体	・ 排卵後の卵胞でルテイン細胞が増殖し <u>黄体</u> となる。 ・ 妊娠が成立すると黄体はさらに大きくなり、 <u>妊娠黄体</u> となる。 ・ 妊娠が成立しないと退縮し（ <u>月経黄体</u> ）、瘢痕化して <u>白体</u> となる。 ・ 黄体は <u>プロゲステロン</u> と <u>エストロゲン</u> を分泌する。	

(3) 生殖路

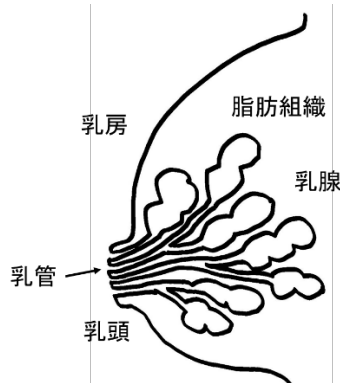
卵管	・卵管腹腔口→卵管采→卵管漏斗→卵管膨大部→卵管峡部→子宮 ・受精は<u>卵管膨大部</u>で起こる。 ・卵管上皮は<u>線毛</u>をもつ単層円柱上皮である。
子宮	・膀胱と直腸にはさまれて存在し、<u>前傾前屈</u>している。 ・子宮底→子宮体→子宮峡部→子宮頸→子宮腔部 ・内腔：卵管→子宮腔→子宮頸管→膣 ・子宮と直腸の間を<u>ダグラス窩</u>といい、腹腔で最も低い位置にあることから穿刺や切開により腹腔内の貯留物を採取することが可能
内膜	・上皮は<u>単層円柱上皮</u>である。 ・固有層には子宮腺がある。 ・<u>機能層</u>：増殖・分泌・剥離（月経）を繰り返す。 ・<u>基底層</u>：剥離しない深層部で、月経後の粘膜を再生する。
筋層	・平滑筋からなる。 ・分娩時にはオキシトシンの作用で収縮する。
外膜	・腹膜（漿膜）からなる。
支持組織	・子宮広間膜：腹膜でおおわれ、子宮、卵管、卵巣を固定する。 ・固有卵巣索：卵巣と子宮をつなぐ。 ・子宮円索：鼠径管を通して子宮と外陰部をつなぐ。
膣	・膀胱・尿道と直腸にはさまれて存在し、尿生殖化隔膜を貫き外陰部（膣口）に開く。 ・膣円蓋：子宮腔部の周囲のくぼみ ・上皮は角化しない重層扁平上皮である。

(4) 外陰部

恥丘	・恥骨結合の前の膨らんだ部分
大陰唇	・恥丘と肛門の間のヒダで、皮下脂肪に富む。
小陰唇	・大陰唇の内側のヒダ
膣前庭	・左右の小陰唇に囲まれた部分で、外尿道口と膣口が開く。
大前庭腺 (バルトリン腺)	・導管は、膣前庭の膣口の両側に開口する。 ・アルカリ性の粘液を分泌する。 ・男性生殖器の尿道球腺（カウパー腺）に相当する。
陰核	・男性生殖器の陰茎に相当するもので陰核包皮、陰核亀頭、陰核小体からなる。
会陰	・恥骨結合から尾骨にいたる部分で骨盤の出口をふさぐ筋肉、筋膜、皮膚からなる。 ・尿生殖隔膜：前方部分ふさぐ筋肉からなり、尿道と膣が通る。 ・骨盤隔膜：後方部分をふさぐ筋肉からなり、肛門が通る。

(5) 乳腺

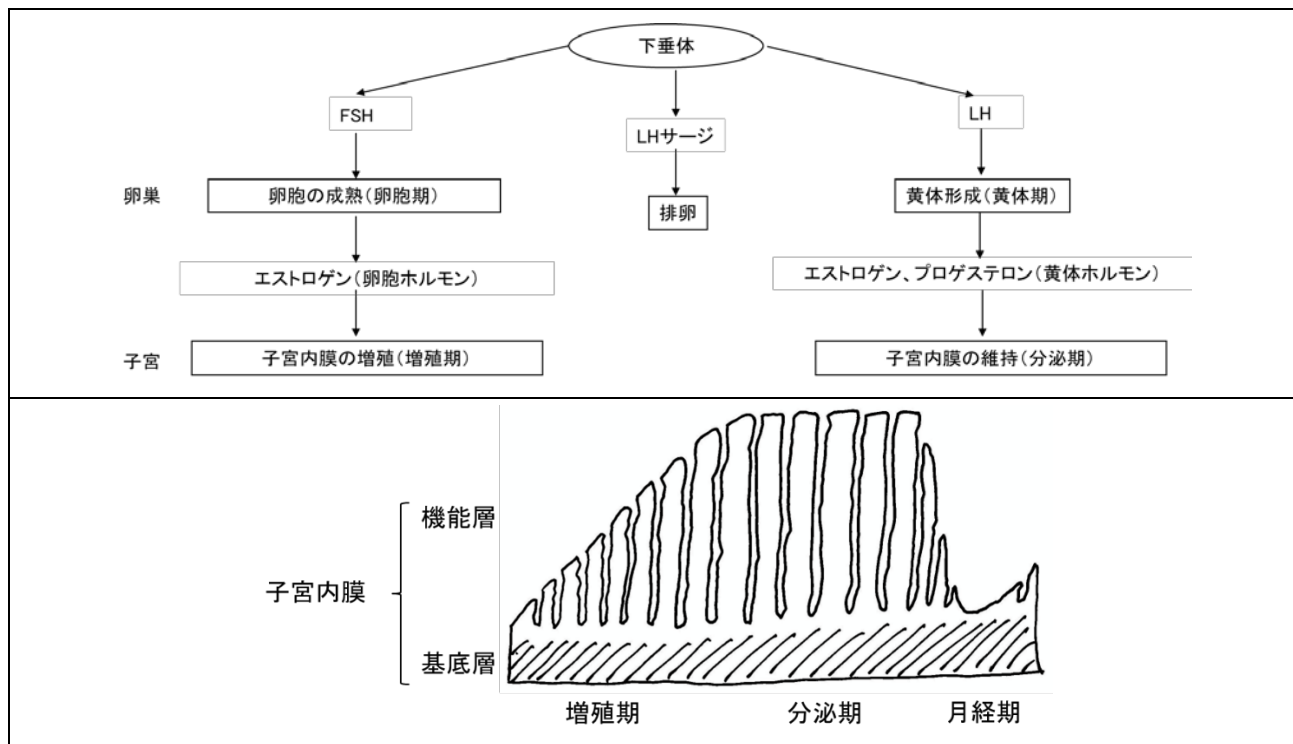
- ・乳腺はアポクリン汗腺が変形したものである。
- ・乳腺の導管は十数本の乳管となって乳頭に開口する。
- ・乳腺の周囲の皮下組織には白色脂肪組織がある。



思春期	・エストロゲンとプロゲステロンの交互作用（性周期）により発達する。（二次性徴）
妊娠中	・胎盤から分泌されるエストロゲン（主に乳管に作用）、プロゲステロン（主に乳腺細胞に作用）と下垂体前葉から分泌されるプロラクチンの共同作用により発達する。 ・プロラクチンの乳汁産生・分泌作用はエストロゲンとプロゲステロンにより抑制されている。
授乳中	・分娩後、エストロゲンとプロゲステロン分泌が低下すると、プロラクチンの乳汁産生・分泌作用が顕在化する。 ・授乳は、プロラクチン分泌を促進し、乳汁の産生を増加させる。 ・乳児による乳首の吸引は、下垂体後葉からオキシトシン分泌をひき起こし、オキシトシンは乳管周囲の平滑筋を収縮させて乳汁を排出させる。（射乳反射）

(6) 性周期（教科書 472 ページ）

卵胞期（卵巢） 増殖期（子宮）	・月経終了から約 2 週間は、<u>卵胞刺激ホルモン（FSH）</u> の作用で卵胞が成熟する。 ・卵胞からは<u>エストロゲン</u>（卵胞ホルモン）が分泌され、子宮内膜を増殖・肥厚させる。 ・<u>低温相</u>：基礎体温は黄体期より 0.2～0.4℃低い。
排卵	・月経終了後 14 日目頃エストロゲン分泌がピークに達すると、エストロゲンの正のフィードバック作用により<u>黄体形成ホルモン（LH）</u> の急激な分泌増加（<u>LH サージ</u>）が起こる。 ・LH サージは排卵を誘発する。 ・排卵は約 4 週間に 1 度起こる。 ・基礎体温：一過性に低下する。
黄体期（卵巢） 分泌期（子宮）	・排卵後の卵胞は黄体を形成する。 ・黄体から分泌される<u>エストロゲン</u>と<u>プロゲステロン</u>（黄体ホルモン）は、肥厚した子宮内膜を維持し、受精卵が着床するのに適した状態を作り出す。 ・増殖期の日数は変動が大きいのにに対して、分泌期の日数は 14 日で変動が少ない。 ・<u>高温相</u>：基礎体温は卵胞期より 0.2～0.4℃上昇する。
月経期	・妊娠が起これないときは、約 2 週間後に黄体が退化し、エストロゲンとプロゲステロンの分泌が減少して子宮内膜を維持できなくなり、機能層の脱落が起こって<u>月経（消退出血）</u>となる。 ・月経血は子宮内膜から放出される<u>フィブリノリジン</u>の作用で凝固しない。
閉経	・卵巢が FSH、LH の刺激に反応しなくなり、性周期が消失することを<u>閉経</u>という。 ・閉経後はエストロゲン分泌が減少するために、視床下部・下垂体への負のフィードバック作用が低下して FSH、LH の分泌は増加する。 ・FSH、LH の分泌増加が更年期障害の症状に関連している。



(7) 女性ホルモンの作用のまとめ

エストロゲン (卵胞ホルモン)	・子宮内膜を増殖・肥厚させる。 ・子宮頸管の粘液腺から薄い粘液を多量に分泌させる。 ・卵胞を発育・成熟させる ・女性の二次性徴を促進する。 ・低～中濃度のエストロゲンは、LH、FSH の分泌を抑制する。(負のフィードバック作用) ・高濃度のエストロゲンは、LH、FSH の分泌を促進する。(正のフィードバック作用) ・破骨細胞の活動を抑制して、骨の吸収を抑制する。
プロゲステロン (黄体ホルモン)	・肥厚した子宮内膜を維持する。 ・子宮頸管の粘液腺から濃い粘液を分泌する。 ・妊娠を維持する。 ・妊娠中に乳腺組織を増殖させる。(エストロゲン、プロラクチンとともに授乳のための準備状態を作る) ・LH、FSH の分泌を抑制する。(負のフィードバック作用) ・LH、FSH の分泌抑制を介して、排卵を抑制する。 ・体温を上昇させる。(基礎体温は、排卵後に高温期となる)

3. 妊娠・分娩

(1) 減数分裂

染色体数	- ヒトの染色体 (23 対 46 本) を「$2n$」と表す。 ($n=23$) - 生殖細胞は、<u>減数分裂</u>により染色体の数が $2n$ (46 本) から n (23 本) に半減する。
第 1 減数分裂	- DNA の複製 ($2n$ が 2 組できる) が行われた後、相同染色体が 2 つに分かれる。 <u>染色体数は半減</u> ($2n \rightarrow n$) するが、DNA 量は変わらない。
第 2 減数分裂	- DNA の複製を行わずに 2 つに分かれる。 - 染色体数は変わらないが、<u>DNA 量は半減</u>する。

The diagram illustrates the process of meiosis. It starts with a single chromosome labeled '相同染色体' (homologous chromosomes) with a value of $(2n)$. An arrow labeled 'DNAの複製' (DNA replication) leads to two stacked chromosomes, also labeled $(2n)$. From there, an arrow labeled '体細胞分裂' (mitosis) leads to two separate chromosomes, still labeled $(2n)$. Below this, another '相同染色体' $(2n)$ is shown. An arrow labeled 'DNAの複製' leads to two stacked chromosomes $(2n)$. An arrow labeled '一次減数分裂' (meiosis I) leads to two single chromosomes labeled (n) . Finally, an arrow labeled '二次減数分裂' (meiosis II) leads to four single chromosomes labeled (n) .

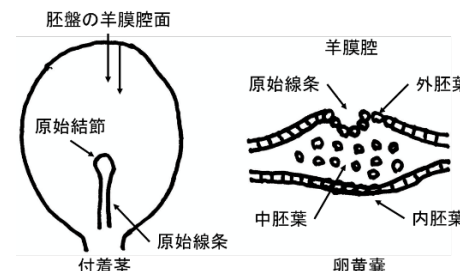
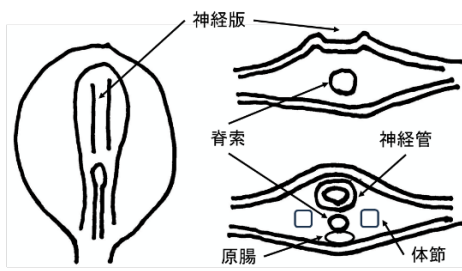
(2) 生殖細胞

生殖細胞は胎生 4 週末以降に<u>性腺原基</u>に侵入する。	
精祖細胞	- 精巣に入った生殖細胞は<u>精祖細胞</u>になる。 - 精祖細胞は、思春期以降分裂を繰り返して精子を産生する。
第一減数分裂	1 個の一次精母細胞 ($2n+2n$) から、2 個の二次精母細胞 ($n+n$) ができる。
第二減数分裂	2 個の二次精母細胞 ($n+n$) から、<u>4 個の精子細胞</u> (n) ができる。
卵母細胞	- 卵巣に入った生殖細胞は<u>卵母細胞</u>になる。 - 卵母細胞は卵胞の中におさまる。 - 卵胞の数は出生直後 100 万個あるが、思春期には 30~50 万個になり、更年期には 0 になる。このうち排卵されるものは約 500 個である。 - 卵母細胞は第一減数分裂の前期で<u>停止</u>しており、排卵直前に分裂を再開する。 - 排卵は第二減数分裂のはじめ頃に起こる。 - 第二次減数分裂が完了するには<u>受精後</u>であるが、受精されないときは第二減数分裂は完了せず 24 時間以内に体外に排泄される。
第一減数分裂	1 個の一次卵母細胞 ($2n+2n$) から、1 個の二次卵母細胞 (卵娘細胞) ($n+n$) と 1 個の一次極体 ($n+n$) ができる。
第二減数分裂	1 個の二次卵母細胞 ($n+n$) から、1 個の卵子 (n) と 1 個の二次極体 (n) ができる。 - 極体 (一次極体 1 個と二次極体 1 個) は消失する。

(3) 受精

排卵	・排卵された卵子は卵管に取り込まれる。 ・卵子は卵管上皮の線毛運動により卵管内を進む。 ・卵子の生存期間は 24 時間以内である。
射精	・腔内に射精された精子は鞭毛運動によって子宮を通過して卵管に入る。 ・精子の生存期間は 24～48 時間である。
受精	・<u>卵管膨大部</u>で起こる。 ・卵子に接触した精子は尖体から酵素を放出して、<u>透明帯</u>を消化して侵入する。 ・受精が成立すると、卵子の細胞膜が<u>脱分極</u>し、他の精子が侵入するのを防ぐ。 ・卵子から放出される<u>顆粒</u>により<u>透明帯</u>を変性させ、他の精子が侵入するのを防ぐ。
受精卵	・受精により染色体の数が $2n$ になったものを<u>受精卵</u>という。 ・受精卵は細胞分裂しながら卵管の律動収縮と線毛運動により子宮に運ばれる。
性の決定	・精子は X 染色体または Y 性染色体をもつ。 ・卵子は X 染色体をもつ。 ・受精卵は XY (男性) または XX (女性) 染色体をもつ。

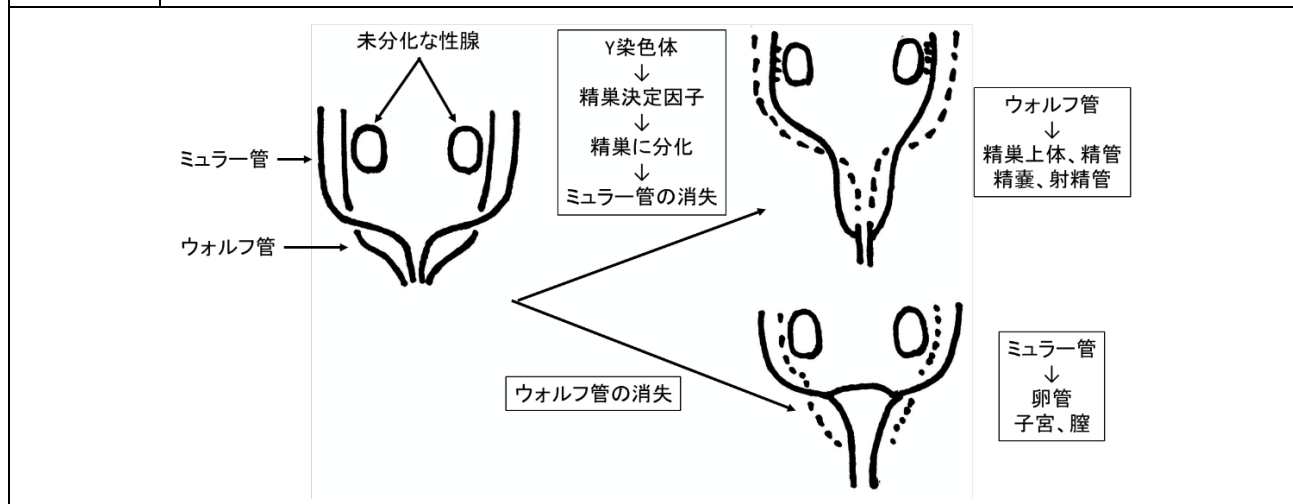
(4) 発生

卵割	・初期の細胞分裂を卵割という。 ・卵割では個々の細胞は小さくなり、受精卵全体の大きさは変わらない。
桑実胚	・32 細胞期、<u>集塊状</u>の受精卵
胞胚	・32～64 細胞期、内部に液腔（<u>胞胚腔</u>）ができる。 ・胞胚の表面は 1 層の細胞（<u>栄養膜</u>）でおおわれている。 ・内部には、<u>内細胞塊</u>（着床後、<u>胚子</u>となる）が出現する。 ・胞胚は、受精後 3～5 日で子宮内腔に到達する。
着床	・胞胚が子宮内膜に付着し、粘膜下に侵入することを<u>着床</u>という。（受精後約 6 日） ・着床後、栄養膜が増殖して<u>絨毛膜</u>となる。 ・絨毛膜の一部は、母体側の脱落膜と協力して<u>胎盤</u>を形成する。
妊娠	・着床から分娩までの期間 ・妊娠週数：最終月経第 1 日を起点（0 週 0 日）に、40 週 0 日を分娩予定日とする。
胚子	・受精後 2 週目、内細胞塊の内部に<u>羊膜腔</u>と<u>卵黄囊</u>ができる。 ・2 つの腔を隔てる細胞層を<u>胚盤</u>といい、<u>胚子</u>を形成する。 ・羊膜腔に面する細胞層から<u>外胚葉</u>が生じ、卵黄囊に面する細胞層から<u>内胚葉</u>が生じる。 ・羊膜腔の内部は<u>羊水</u>で満たされ、<u>付着茎</u>で栄養膜につながっている。
胚葉の分化	・受精後第 3 週目には、羊膜腔に面する細胞の一部（原始結節と原始線条）が胚盤の内胚葉と外胚葉の間に侵入して中胚葉が生じる。 ・次に、中胚葉の細胞が集まって円柱状の<u>脊索</u>ができる。 ・脊索の上の外胚葉の細胞から<u>神経板</u>ができ、それが陥入して管状の<u>神経管</u>（神経系の原基）ができる。 ・卵黄囊をおおう内胚葉（脊索の下）から<u>原腸</u>（消化器と呼吸器の原基）ができる。 ・脊索の側面には<u>体節</u>（脊柱、骨格筋、真皮の原基）ができる。 ・受精後 5 週目には、四肢原基ができる。  

組織発生	外胚葉	中枢神経、末梢神経、耳・鼻・眼の感覚上皮、表皮（毛と爪を含む）、乳腺、下垂体、皮脂腺、唾液腺、副腎髄質
	中胚葉	結合組織、軟骨、骨、骨格筋、平滑筋、心臓、血管、リンパ管、血球、腎臓、生殖腺、心膜腔・胸膜腔・腹膜腔を被う漿膜、脾臓、副腎皮質
	内胚葉	消化管と気道の上皮、扁桃、甲状腺、上皮小体、胸腺、肝臓、膵臓、ランゲルハンス島、膀胱、尿道上皮
胎児期	・受精後 8 週以降 ・2 ヶ月後半：ヒトの胎児としての形態を示すようになる。 ・3 ヶ月：外陰部が形成され、男女の区別が可能になる。 ・4 ヶ月：鼻と口が開き、母親は時々胎動を感じるようになる。 ・5 ヶ月：全身に産毛が生え、胎動を明瞭に感じるようになる。 ・6 ヶ月：皮下脂肪の形成がはじまる。 ・7 ヶ月：頭毛が明瞭になり眼瞼裂が開く。皮膚はしわが多く老人様顔貌を呈する。 ・8 ヶ月：脱落した上皮と皮脂腺の分泌物の混合物である胎脂で被われるようになる。 ・9 ヶ月：皮下脂肪の増加により皮膚のしわは消えて丸みを帯びてくる。 ・10 ヶ月：体長約 50cm、体重約 3kg に達する。	

(5) 生殖器の発生

未分化期	・妊娠 6～7 週までは、未分化な性腺、 <u>ウォルフ管</u> 、 <u>ミュラー管</u> が存在し、男女差はない。	
男性	精巣決定因子	・Y 染色体上の遺伝子 <i>SRY</i> (sex determining region Y) の発現により産生され、未分化な性腺は精巣に分化させる。
	精巣	・ライディッヒ細胞が <u>テストステロン</u> を分泌し、セルトリ細胞が <u>ミュラー管抑制因子</u> を分泌する。
	精路の分化	・テストステロンは<u>ウォルフ管</u>を精巣上体、精管、精囊、射精管に分化させる。 ・ミュラー管抑制因子はミュラー管を退化、消失させる。
	精巣の下降	・胎生早期に腹腔内でつくられた精巣は鼠径管を通して陰嚢内に下降する。
女性	・Y 染色体がなければウォルフ管が消失し、ミュラー管の下方は癒合して子宮と膈となり、癒合しない部分は卵管となる。	

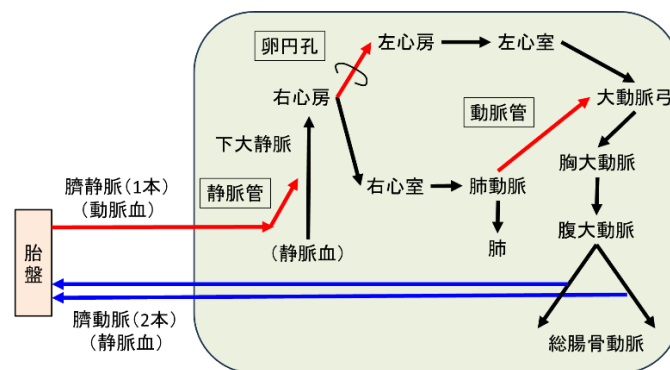


(6) 胎盤

胎盤	・胎盤は受精卵が着床した後、子宮内膜由来の<u>脱落膜</u>と胎児由来の<u>絨毛膜</u>によって形成される。 ・胎盤の形成は受精後5週目に始まり、受精後13週頃に完成する。 ・胎児の絨毛膜には多数の絨毛が形成され、毛細血管が分布している。 ・脱落膜と絨毛膜の間を<u>絨毛間腔</u>といい、母体の血液で満たされている。 ・脱落膜からは母体の血液が噴出し、絨毛の表面に吹き付けられ、絨毛内に分布する胎児の血液との間で拡散による物質交換が行われる。 ・母体の血液と胎児の血液が混じり合うことはない。 ・胎盤は<u>絨毛性性腺刺激ホルモン</u> (HCG, human chorionic gonadotropin) を分泌する。 ・HCG は LH 様作用を示し、黄体 (妊娠黄体) を維持する。 ・HCG は胎盤にも作用してエストロゲンやプロゲステロンを分泌させる。
----	---

(7) 胎児の血液循環

血管	・胎児と胎盤は <u>臍帯</u> でつながっており、 <u>1本の臍静脈</u> と <u>2本の臍動脈</u> が通っている。
静脈血の流れ	・全身からの静脈血→ <u>臍動脈</u> →胎盤
動脈血の流れ	・胎盤→<u>臍静脈</u>→<u>静脈管</u> (アランチウス管) →下大静脈→右心房→卵円孔→左心房→左心室→上行大動脈→大動脈弓→全身 ・右心房→右心室→肺動脈→<u>動脈管</u> (ボタロ管) →大動脈弓→全身
生後循環	・第一吸息 (産声) →肺の拡大→肺循環増加→左心房への血流増加→卵円孔閉鎖 (卵円窩) ・動脈管、静脈管、臍動脈、臍静脈の閉鎖



(8) 妊娠中の母体の変化

体重	・生理的体重増加 8~10kg 増加
循環器系	・循環血液量増加 (1.5 倍、28~32 週に最大になり末期まで持続) ・心拍出量増加 ・赤血球容積、総ヘモグロビン量は増加するが、循環血液量の増加による希釈により、赤血球数、ヘモグロビン濃度、ヘマトクリット値は低下 ・仰臥位低血圧症候群: 増大した子宮による下大静脈圧迫→静脈還流減少→心拍出量減少→血圧低下 ・下肢静脈の圧迫: 下肢浮腫、静脈瘤
血液系	・血液凝固促進、線溶抑制、フィブリノゲン増加
呼吸器系	・横隔膜の挙上: 腹式呼吸→胸式呼吸 ・1 回換気量増加

内分泌系	下垂体：プロラクチン分泌増加、LH・FSH 分泌低下 プロラクチンは、乳腺の発育と乳汁の合成・分泌を促進する。 妊娠中は、胎盤が産生するエストロゲンとプロゲステロンの作用で、乳汁の合成・分泌作用は抑制されている。 分娩後、エストロゲンとプロゲステロンの抑制が取れると、乳汁の合成・分泌作用が顕在化する。 初乳（カゼインを含まない）→真乳
代謝系	- インスリン抵抗性：血糖値上昇（妊娠糖尿病） - 脂質代謝異常：血中トリグリセリド値上昇
泌尿器系	尿管、膀胱の圧迫：尿意頻数
消化器系	- 味覚、嗅覚の変化：食べ物の嗜好の変化 - 胃酸分泌低下、蠕動運動低下→悪心、嘔吐（悪阻（つわり）） 妊娠初期（8～11 週頃）に強く、以後軽快する。 - 便秘（子宮による圧迫、蠕動運動低下、運動不足など関与）

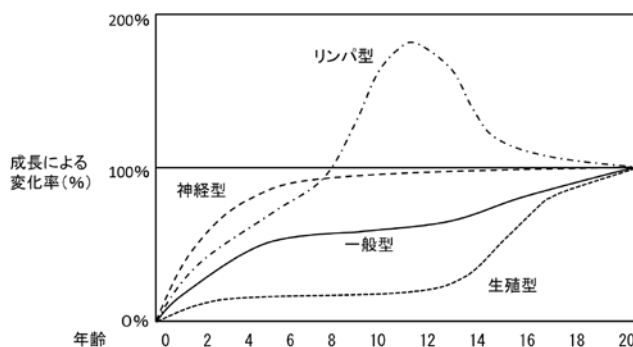
(9) 分娩・産褥

妊娠継続期間	- 正期産：妊娠 37 週 0 日から妊娠 41 週 6 日までの出産 - 流産：妊娠 22 週未満 - 早産：妊娠 22 週 0 日以降から妊娠 37 週未満（妊娠 22 週 0 日～妊娠 36 週 6 日） - 過期産：妊娠 42 週以降
第 1 期（開口期）	- 子宮筋の周期的な収縮（陣痛） - 外子宮口の開大 - オキシトシンの反射性分泌増加→子宮筋収縮 - 破水：分娩に先立って羊膜が破れ羊水が流出すること
第 2 期（娩出期）	陣痛が強くなると、胎児は頭を下にして回転しながら膣を経て娩出される。
第 3 期（後産期）	胎盤など胎児の付属物の排泄
産褥期	- 妊娠・分娩による母体や生殖器の変化が妊娠前の状態に戻るまでの期間 - 尿量の増加：増加した循環血液量を排泄するための生理的利尿 - エストロゲン・プロゲステロン分泌の減少 - 子宮復古：子宮がもとの大きさに戻る。（4～6 週間） - 射乳反射：乳児の吸啜によるオキシトシン分泌促進

21. 成長と発達

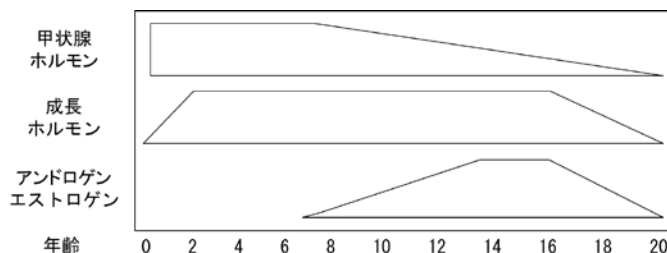
1. 成長と発達

成長	- 生物の容積・重量が増加すること - 全身の組織・臓器の成長の総和として、<u>身長・体重</u>が増加する。
発達	未熟な状態や機能が向上・成熟し、高度な状態・機能に変化すること
発育	小児期に成長と発達が同時に起こること
組織・臓器の成長	- 組織・臓器の成長は、細胞数の増加（DNA 含量の増加）とたんぱく質の増加（それぞれの細胞の増大）によって起こる。 - 成長の初期は細胞数の増加が主体であり、後期はたんぱく質の増加が主体になる。 脳の神経細胞：細胞数は出生時が最大、その後シナプスの増加により脳の容積・重量が増加 - スキヤモンの成長曲線：脳など神経型で早く、生殖型で遅い。



2. 成長に影響を与える因子

遺伝因子	身長：人種差、家系など複数の遺伝子が関与
内部要因	- 成長に関与するホルモン：成長ホルモン、甲状腺ホルモン、性ホルモン、副腎皮質ホルモンなど - 骨の成長に関与するホルモン
外部要因	- 栄養：成長に必要な材料を供給 - 睡眠：成長ホルモンの分泌増加 - 運動：成長ホルモンの分泌増加、過激な運動は成長を抑制 - 気候：体内の恒常性を維持するために各種ホルモンの分泌の変動（内部要因の変化）→成長に影響 - 愛情：愛情遮断症候群（精神的抑圧→視床下部-下垂体系の抑制→成長ホルモンの分泌低下） - 社会的・経済的因子：栄養、睡眠、運動などの要因に影響 - 疾病：慢性疾患→栄養、睡眠、運動などの要因に影響



3. 身長と体重の変化

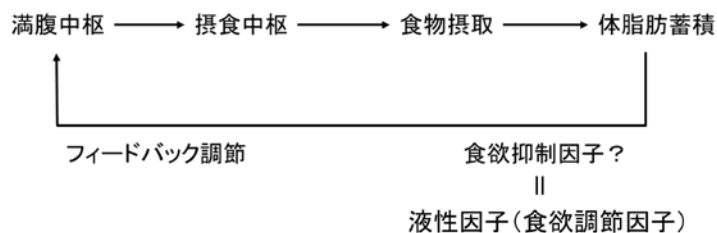
体重	身長	頭身
出生時 3 kg	出生時 50 cm	出生時 4 頭身
3 ヶ月 6 kg (2 倍)	1 歳 75 cm (1.5 倍)	2 歳 5 頭身
1 歳 9 kg (3 倍)	4 歳 100 cm (2 倍)	6 歳 6 頭身
2 歳半 12 kg (4 倍)	13 歳 150 cm (3 倍)	12 歳 7 頭身
4 歳半 15 kg (5 倍)		

4. 思春期の成長

思春期	・二次性徴が出現し、完成するまでの期間（2～5 年） ・女子：9～12 歳で出現し、14～16 歳で完成する。 ・男子：10～13 歳で出現し、15～18 歳で完成する。 ・個人差が大きい。	
二次性徴	女子	乳房発育→陰毛発生→第二次発育急進→初経（12 歳）→骨盤発達、皮下脂肪増加
	男子	睪丸・陰茎発達→陰毛発生→精通（12～15 歳）→変声→骨格・筋肉発達
精神的変化	・異性への興味の増加 ・性欲の亢進 ・精神的に不安定、反抗的、闘争的になる。	
二次性徴の発生機序	・体重の増加 →脂肪細胞からのレプチン分泌増加（教科書 299 ページ） →視床下部から性腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRH）分泌開始（抑制の解除） →下垂体からの卵胞刺激ホルモン（FSH）、黄体形成ホルモン（LH）分泌開始 →男性ホルモン、女性ホルモンの分泌開始 →二次性徴の開始 ・メラトニンの減少 メラトニンは松果体から分泌されるホルモンで、夜間に分泌が増加する。 メラトニンには性成熟を抑制する作用があり、睡眠時間の短縮によりメラトニン分泌が低下すると抑制が解除されて思春期が出現する。	
性成熟の異常	・性腺機能不全：二次性徴があらわれない。（二次性徴の発生機序のいずれかの障害） ・思春期早発症：二次性徴が異常に早く出現する。 ・思春期遅発症：二次性徴が異常に遅く出現する。 ・異性化現象：性分化の異常による遺伝子と外性器の形態の不一致 女子の男性化現象、男子の女性化現象 ・性同一性障害：遺伝子で決まる性と自己意識の性が一致しない状態	

(参考) レプチンの発見

ホメオスタティックモデル



体重を調節する液性因子の発見

	液性因子	
	分泌	反応
obマウス	—	+
dbマウス	+	—

パラビオシスの実験

obマウスは肥満にならない
→正常マウスの液性成分が
obマウスの食欲を抑えている

dbマウスは肥満になり、正常マウスは餓死する
→dbマウスが分泌する多量の液性成分が
正常マウスの食欲を抑えている

dbマウスは肥満になり、obマウスは餓死する
→dbマウスが分泌する多量の液性成分が
obマウスの食欲を抑えている

レプチン (Leptin、Leptos＝やせている、ギリシャ語) の発見 (1994)

- ・脂肪細胞から分泌されるアディポサイトカインの1種である。
- ・脂肪組織の量に比例して、分泌量が増加する。
- ・視床下部においてニューロペプチドY (NPY) の合成・分泌を抑制することにより食欲を抑制する。
- ・代謝を亢進させ、エネルギー消費を増加させる。
- ・レプチン欠損による肥満は、まれである。
- ・肥満者の多くは、レプチン抵抗性 (レプチンの分泌が増えても食欲が抑制されない) がある。

5. 出生時体重と生活習慣病

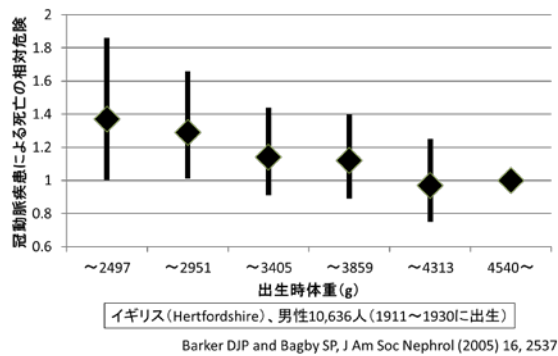
出生時の体重	・成人後の生活習慣病や動脈硬化症の発症と関連している。
生活習慣病を発症する5つの要因	・①遺伝要因、②肥満、運動不足など環境要因、③胎内環境、④腸内細菌、⑤ストレス

(参考) 出生時体重と生活習慣病

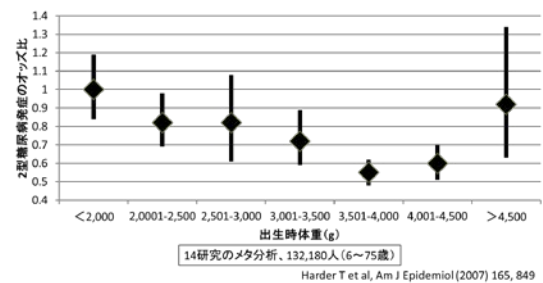
飢餓の冬

- ・1940年5月、オランダをドイツが占領
- ・1944年6月、ノルマンディー上陸作戦
- ・1944年9月、連合軍がオランダ南部を解放
- ・1944年10月、ドイツがオランダ西部への食糧供給を遮断
- ・1944年11月～1945年4月、1日のエネルギー摂取量が400～800kcalに低下（1万人が餓死）
- ・1945年5月、オランダ解放、食糧事情回復
- ・この時妊娠していた母親（4万人）から生まれた子供は、成人になって肥満、糖尿病、脂質異常症、冠動脈疾患を高率に発症

出生時体重と冠動脈疾患による脂肪

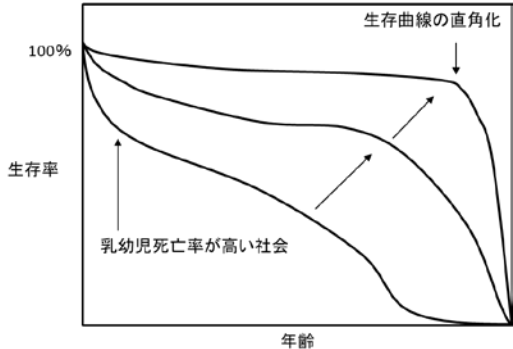


出生時体重と2型糖尿病の発症



22. 老化

1. 老化

定義	・老化とは、成熟期・生殖期以後、加齢とともに不可逆的に進む形態的、生理的、分子的な<u>衰退現象</u>（老衰）をいう。
生存曲線	・若年の死亡が多い社会では、生存曲線は年齢とともに徐々に低下するが、現在の日本のように平均寿命が延長すると、生存曲線は85歳前後から急速に低下する形になることを「<u>生存曲線の直角化</u>」という。 ・老化期では恒常性が崩壊し、死亡率増加させることにより<u>種の寿命</u>を制限している。 ・ヒトの寿命の最長は <u>120 歳</u> 
平均寿命	・栄養や環境の変化により平均寿命は変化するが、最大寿命は変化しない。

2. 老化が起こる仮説

プログラム説	・寿命により次世代が生き残るための空間と食料を確保 ・世代交代が活発化し、種の存続には有利となる。
エラー蓄積説	・生殖に不利な遺伝子は自然淘汰で排除されるが、生殖後の有害な遺伝子には自然淘汰が働かず排除されず蓄積する。
ホメオスタシス説	・自然のエントロピー増大の法則が、老化へ向かうプレッシャーとして働く。 ・生物はプレッシャーによるエラーを修復しようとするが、完全ではなくエラーが蓄積する。
体細胞廃棄説	・エラー修復能高い生物は、生殖効率が低下して、少産・長寿となる。 ・エラー修復能低い生物は、生殖効率が増加して、多産・短命となる。 ・体は子孫を残すための手段にすぎない考える。

3. 個体レベルの老化

外見	・身長、体重、皮下脂肪厚、毛髪量、白髪量、顔面のしわ、色素沈着、歯牙の脱落数など
生理機能	・血圧、聴力、近視力、呼吸機能検査、腎機能検査、骨密度、血管の硬化度、基礎代謝量、皮膚二点識別など
運動機能	・腕立て伏せ、握力、垂直とび、反復横とび、閉眼片足立ち、立位体前屈、踏台昇降など

4. 器官レベルの老化

循環器系	・動脈硬化、高血圧、心筋萎縮など→循環不全→他臓器の障害促進	
呼吸器系	・呼吸筋力低下、胸壁の弾性低下→肺活量減少、残気量増加	
消化器系	・嚥下反射、咳嗽反射の低下による誤嚥の増加 ・消化管運動機能低下による便秘	
泌尿器系	・腎臓の萎縮（糸球体数の減少）、腎血流低下→腎機能（糸球体濾過値）の低下 ・前立腺肥大	
内分泌系	・ホルモンに対する反応性の低下 ・ホルモン分泌の乱れ（過剰分泌と分泌不足） ・メラトニン分泌は低下する。 ・ACTH-コルチゾールの分泌は変化しない。 ・卵巣機能低下→エストロゲンの分泌が低下→下垂体へのフィードバック低下→黄体形成ホルモン（LH）と卵胞刺激ホルモン（FSH）の分泌が増加 エストロゲンの減少と LH・FSH の過剰分泌→更年期障害の症状に関与	
生殖系	精巣	・精子の産生低下 ・男性ホルモン分泌低下
	卵巣	・卵母細胞は、出生直後数十万個あるが、10 歳で 50 万個、15 歳 30 万個、20 歳 12 万個、30 歳で 6 万個、40 歳で 2 万個となり、閉経（50 歳）で消失する。
筋・骨系	・骨量の減少→骨粗鬆症 ・骨格筋の萎縮→サルコペニア	
造血・免疫系	・赤血球の造血能の低下→貧血 ・胸腺の萎縮→T 細胞の減少→免疫応答の低下 ・自然免疫系（顆粒球、マクロファージ）は保たれるが、獲得免疫系（T 細胞、B 細胞）が低下する。 ・二次免疫反応は比較的保たれるが、一次免疫反応は加齢とともに低下するので新しい感染症に弱くなる。 ・免疫能低下による持続感染への反応により炎症性サイトカインの産生は増加する。	
中枢神経系	・ニューロン数の減少（特に前頭部）→脳萎縮 ・有髄線維の脱髄化→神経伝導速度の低下 ・神経伝達物質の減少→意識、記憶、学習の機能低下に関与 ・脳の血流と代謝の減少：脳にはエネルギー貯蔵の仕組みがなく、常に血流による酸素とグルコースの供給が必要である。脳の血流と代謝は加齢とともに低下する。 ・体温調節機能の低下	
感覚器系	・老視（水晶体の弾性低下）、白内障 ・嗅覚の低下（嗅覚閾値の上昇） ・味覚の低下（味覚閾値の上昇） ・難聴（特に高音）、言語理解低下（早口、子音が聞き取りにくい）	
更年期障害	・閉経年齢：平均 49～51 歳 ・診断：12 か月（1 年）の無月経 ・症状：顔のほてり、肩こり、腰痛、頭痛、不安、苛立ちなど血管運動症状 ・原因：エストロゲン・プロゲステロンの減少、FSH・LH の増加 ・身体の変化：骨塩量の減少による骨粗鬆症、骨折の増加 内臓脂肪の増加 脂質異常症（LDL-C の増加、HDL-C の低下） 脳血流の減少 アルツハイマー病の増加	

5. 組織レベルの老化

消耗色素の沈着	- 代謝終末産物（リポフスチン）の経年的蓄積 - 寿命の長い細胞（神経細胞、心筋細胞など）で増加する。
萎縮	- 細胞の再生能、増殖能の低下 - 組織の萎縮

6. 細胞レベルの老化

分裂寿命	- ヘイフリック（Hayflick）の実験 - ヒト線維芽細胞を体外で培養すると、50～60代で培養できなくなる。 - 若い人の線維芽細胞の分裂寿命は高齢者のより長い。
活性酸素	ミトコンドリアの電子伝達系における活性酸素の発生

7. 分子レベルの老化

DNA	<u>変異の蓄積</u> 1時間日光に当たると5万個の塩基に損傷が起こるといわれているが、大部分は修復される。早老症ではDNAの修復能が低下している。 <u>エピジェネティクス</u> シトシンのメチル化（DNA修復の傷跡） <u>癌抑制遺伝子</u> 細胞の増殖を抑制する遺伝子。老化した細胞では活性が高い。癌細胞では逆に活性が低下していることが多い。 <u>テロメア</u> DNA末端の反復配列で細胞分裂のときに複製されない部分をいう。 染色体の安定性に関与している。 DNAを複製する毎に短くなる（<u>寿命の回数券</u>）。 - テロメラーゼにより修復されるが、体細胞ではテロメラーゼ活性はない。 - 生殖細胞、癌細胞ではテロメラーゼ活性がある。
たんぱく質	- たんぱく質合成能の低下 - ストレスたんぱく質誘導の低下 - 異常たんぱく質合成（エラーカタストロフィ説） - 酸化的ストレスによる異常たんぱく質の生成 - 異常たんぱく質分解能の低下 - アミロイドの蓄積（アルツハイマー病）

脂質	・過酸化脂質の生成：酸化ストレスの増加 ・リポフスチンの蓄積：過酸化脂質とたんぱく質の非酵素的複合体の蓄積 ・細胞膜の変化：コレステロール／リン脂質比の増大（細胞膜の流動性低下）、レシチンやビタミンEの減少、糖たんぱく質、糖脂質の糖鎖の変化など。
----	---

8. 代謝と老化

インスリン様成長因子／インスリン経路	・代謝の亢進は、活性酸素の発生を促進することにより老化を進める可能性がある。 ・線虫では、インスリン様成長因子／インスリン経路（IGF/insulin pathway）の減弱は、過剰な代謝を抑制し、長寿効果をもたらす。 ・飢餓の時代においては、インスリンが働きにくいこと（インスリン抵抗性）がエネルギーの節約、生存に有利であったが、飽食の時代になると、インスリン作用不足が糖尿病の原因となるなど生存に有害な効果があらわれると考えられる。	
カロリー制限	マッケイらの実験（1935）	・自由摂食群のラットはすべて965日までに死亡したが、エネルギー制限食群のラットは最長1320日まで生存した。 ・解釈 ①エネルギー制限が加齢に伴う病気の発症を予防した。 ②エネルギー制限が生理的老化の過程による衰退を遅延または軽減した。 ・仮説 ①過剰体脂肪の減少、②DNA エラーの減少、③下垂体ホルモン分泌の低下、④活性酸素発生低下、⑥遺伝子発現の抑制などが考えられている。
	コールマンらの実験（2009）	・自由摂食量の30%にカロリー制限したサルを20年間飼育した。 ・対照群が50%死亡した時点で、カロリー制限群は80%生存していた。 ・カロリー制限群は、糖尿病、癌、心血管病、脳萎縮の頻度も少なかった。
サーチュイン仮説	・カロリー制限は、サーチュインの発現を増加させる。 ・サーチュインは、脱アセチル化酵素活性を有するたんぱく質である。 ・サーチュインは、転写因子FOXOを活性化し、酸化ストレス耐性、細胞死抑制などをもたらす。 ・ポリフェノールの1種であるレベラトロールは、サーチュインを活性化する。 ・サーチュインの役割について、否定的な報告もある。（Nature（2011）477, 482-485）	

以上