

【第7節 平衡感覚】

耳の構造

外耳：耳介と外耳道

中耳：鼓膜・鼓室・耳小骨

内耳：骨迷路（前庭、半規管、蝸牛）

膜迷路（卵形囊、球形囊、半規管、
蝸牛管）

骨迷路と膜迷路の間に、外リンパがあり、膜迷路の内部に、内リンパがある。

前庭感覚（平衡感覚）は、球形囊、卵形囊、半規管で感じられる。球形、卵形の両囊には、平衡斑という受容器がある。これは、有毛の感覚上皮で、その表面に平衡砂（耳石）を含む、膠質膜がのっている。

半規管は、前半規管、外側半規管、後半規管の3つがあり、各管の両端はいずれも卵形囊に開いているが、前及び後半規管の単脚は、融合して1つになっているから、5つの口をもって卵形囊と連絡している。各半規管の一端は膨れていてこれを膨大部という。ここに膨大部稜という受容器がある。

これは、有毛の感覚上皮で、膠質で固められた毛が筆の穂先のように出ている。

前庭器官（球形囊、卵形囊）：頭の空間的位置、直進運動の速度変化

半規管 : 回轉運動の速度変化

【平衡覚路】

- (1) 受容器 → 前庭神経 → 前庭神経核(延髄) → 小脳
- (2) 小脳 → (交叉) → 視床 → 大脳皮質
- (3) 前庭神経核(内側、上、下) → 内側縦束 → 眼球運動核(動眼、滑車、外転) → 脊髓前角 → 骨格筋
- (4) 前庭神経外側核 → 前庭脊髓路 → 脊髓前角 → 骨格筋

【第8節 聴覚】

空気伝導 普通音波は、外耳道の空気を伝わって中耳を経て内耳に達する。

骨伝導 音源が頭に触れているときは、頭骨の振動が直接内耳に伝わる。

【視覚器（眼）の構造】

眼は光を感じ、物を見分ける器官で、眼窩の中に1対ある。

構造は、眼球と副眼器（眼瞼、涙腺、眼筋）からできている。

眼球は眼窩の中にある球形の器官である。まわりの壁は、眼球線維膜、眼球血管膜、眼球内膜の3層からなり、内部に水晶体、硝子体、眼房水を入れている。

【眼球線維膜】 : 眼球の外層で、前面の透明な膜を角膜（くろ目の前に薄くある）といい、後ろの白い膜（しろ目の部分）を強膜と呼ぶ。

【眼球血管膜】 : 眼球壁の中層にあり、血管と色素の多い膜で、脈絡膜と網様体と虹彩からできている。

脈絡膜は、強膜の内側にある黒褐色の膜で眼球の内部を暗室にしている。

毛様体は、脈絡膜の前にある部分で、中に毛様体筋が入っている。また毛様体から、毛様体小体が出て水晶体の外側縁に輪状についている。

虹彩は、毛様体の前に続き水晶体の前方にある円形の膜（くろ目である）で、写真機の絞りに当たる。その中央に瞳孔がある（光が通る孔）。虹彩の内部には瞳孔の周囲を輪状に走る瞳孔括約筋（副交感神経支配：瞳孔を小さくする）と、

放射状に走る瞳孔散大筋（交感神経支配：瞳孔を大きくする）がある。

【眼球内膜】：眼球壁の最内層の膜で網膜と呼ぶ。写真機のフィルムに相当し、光を感じる視細胞（錐状体と杆状体）がある。

杆状体は、網膜の周囲に多く暗いところで光を感じ、色は感じない。

錐状体は、明るい場所で作用し、色を感じる。

【歩行運動】

歩行運動を映写して分析すれば、次の3期に分けることができる。

- (1) 支持期 全身を1脚に支えるまでの時期。
- (2) 押進期 地面を押して上体の前進を助ける時期。
すなわち、地面から踵が離れ始め、足先が地面を離れるまで。
- (3) 振動期 地面を離れて、前方に振り進む時期。
すなわち、脚があげられ再び踵が地面に着き始めるまで。

歩行に際しては、身体の重心は上下運動をなし、同時に左右に水平の振動を行う。

また、交互に足を前方に出すときには、体がよじれる。従って、歩行の際の機械的仕事は、身体に速度を与えるための運動エネルギーと上述の体の動揺に用いられるエネルギーとよりなる。そのうち、最も大きい部分は、体の上下運動に費やされるもので、この運動の振幅を32cm、体重を60kgとすれば、1000歩間のこの種の仕事は、 $1920 \text{ kg} \cdot \text{m}$ (4.5 Kcal)となる。

歩行の場合には、両足とも地面に着いている時期があるが、歩行速度を速めて疾走に移りかけるときには、一足が地面に着けば、他足が離れるようになり、疾走に移ってしまえば、両足同時に地面を離れる時期がある。これによって、歩行と疾走とを区別することができる。

上体の動揺に費やされるエネルギーは、速度が遅いほど大きい。速度が大きいときには、重心が安定であるから、身体の平衡を保つために費やされるエネルギー

ーが、少なくてすむのに、速度が小さいときには、この種のエネルギーが多く必要になるのである。

【エネルギー代謝率】RMR ; relative metabolic rate

運動や仕事の必要とするエネルギーは、基礎代謝 + 安静代謝 + 仕事に要するエネルギーである。

RMRは、この運動や仕事に要する代謝の指標として用いられるもので、ある仕事为基础代謝に対して何%の代謝亢進をきたさせるかを知ろうとするものである。

$$RMR = \frac{\begin{array}{c} \text{作業時の消費} \\ \text{エネルギー量} \end{array} - \begin{array}{c} \text{安静時の消費} \\ \text{エネルギー量} \end{array}}{\text{基礎代謝量 (作業時間当り)}} \times 100$$

RMRは、体格などに関係なく作業の強度を示すもので、仕事の種類に対して一定の値となる。静的労作にはうまく当てはまらない。

《M e t s 法》

metabolite (代謝産物) から生まれた運動強度の単位で、安静状態を維持するために必要な酸素の量 (安静時酸素需要量 3.5 ml/kg/分) を1単位、すなわち1METとし (生きていない場合の酸素需要は、0である。)

いろいろな運動・動作をそれぞれに必要な酸素需要量によって、その倍数で表示する方法である。

【喉頭軟骨】

- (1) 甲状軟骨 喉頭軟骨のうちで最も大きく、喉頭の前壁と側壁の基礎となっている。上方からみると、V状を呈する。靭帯および膜で舌骨と結合している。
- (2) 輪状軟骨 甲状軟骨の下方にある指輪状の軟骨で、舌骨の下角と関節を作っている。ほぼ第6頸椎の高さに当たり、体表から触れることができる。下縁は、気管の上端、食道の起始部の高さに当たる。
- (3) 披裂軟骨 輪状軟骨の上に乗る左右1対の小さな三角錐体状の軟骨。
- (4) 喉頭蓋軟骨 舌根の後方にある木の葉形の弾性軟骨。茎は、甲状軟骨の後面に靭帯で結合されている。
- (5) 小角軟骨 披裂軟骨の尖の上に乗る小さな円錐形の軟骨。
- (6) 楔状軟骨 小角軟骨の前にある小さな軟骨。

【声の性質】

声には、高さ、強さ、音色がある。

- (1) 声の高低は、声帯の振動数すなわちその緊張度によるが、緊張が高くなるにつれ呼気圧も強くしなければならない。子供と大人の声の高さの差は、主と

して、声帯の長さの差による。男女の差は、声帯の緊張の差である。

(2) 声の強弱(大小)は、音の振動の振幅呼気圧(140~200 mm H₂O)の大小による。ささやきの時は、30 mm H₂O程度である。

(3) 音色は、音の波形による違いで特徴づけられる。これは、声帯の振動様式よりは、共鳴腔の形によっている。

【発声の種類】

- ◆ 胸 声 (地 声) : 普通の音声で声帯はほとんど接触するまで近づき、声門は長く狭く、従って喉頭、胸腔内の空気も共鳴する。音声の調子は低く、発声に際して努力を要しない。
- ◆ 頭 声 (裏 声) : 声帯は、強く緊張し、声門の前2/3は、少し開き、声帯の内縁のみが振動する。努力を要し、長く継続して発することはできない。音の調子は高く、附属管腔に共鳴する。
- ◆ 囁 き : 声門がかなり開き、その内縁がわずかに揺らぎ、微かな音声を発する。

第 6 章 血液とリンパ

【血液】

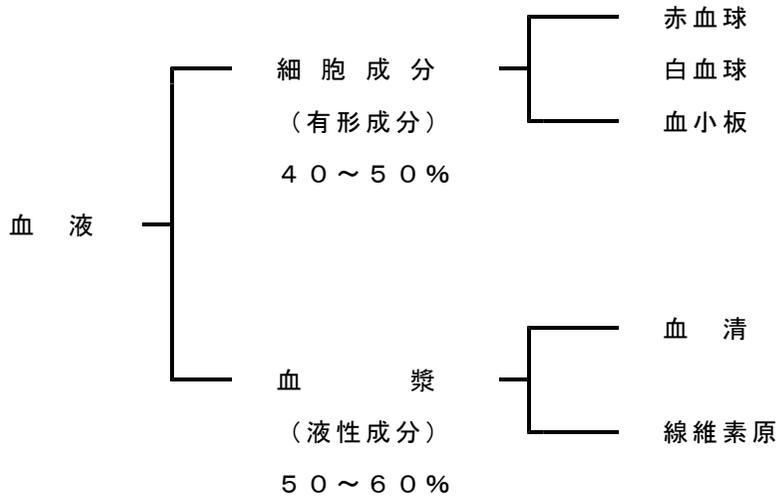
血液は、赤色のやや粘稠性のある液体で、その量は体重の約 13 分の 1 あり、その 3 分の 1 を一時に失うと生命に危険である。血液の pH は、弱アルカリ性（pH 7.3～7.4）で、比重は約 1.055～1.066 である。

【血液の生理作用】

血液は、循環によって酸素、栄養分、ホルモンを運んで全身の組織に与え、代謝の結果生じた不要な炭酸ガス、老廃物を運び排泄する。また、白血球や免疫により細菌や毒素を処理し体を防御する。筋および肝臓などで生産された熱も血液によって運ばれ平均化される。

- ① 酸素、栄養素、ホルモンの運搬
- ② 炭酸ガスの運搬
- ③ 血液凝固作用
- ④ 体温調節作用
- ⑤ 食菌作用
- ⑥ 免疫作用

【血液の成分】



【赤血球】

直径7~8 μ の両面の中央がやや凹んだ円盤状をなし、核がない。
中に鉄を含んだ血色素（ヘモグロビン）を持っている。

赤血球の数は、血液1 mm^3 中に、男子約500万個、女子約450万個である。

《赤血球の働き》

ヘモグロビン（血色素）によって酸素を全身の組織に運ぶ。

ヘモグロビンの量（血色素量）は、男子 16 g / d l、女子 14 g / d l である。

【赤血球の破壊】

赤血球の平均寿命は、120日くらいで、古くなったものは肝臓や脾臓で破壊される。また、骨髄で赤血球の新生が行われる。

ヘモグロビンは、ヘムと鉄とグロビンに分解されるが、そのうちヘムは還元されてビリルビンとなる。このビリルビンは水に溶けず、アルブミンと結合しているため尿には出ない。これを間接ビリルビンという。

間接ビリルビンは、肝臓に運ばれ、グルクロン酸と抱合して水に溶けるようになり肝管を経て胆嚢に排泄される。

胆嚢から腸管に出た直接ビリルビンは、しだいに還元されウロビリノーゲンとなりさらに自動酸化し、ステルコビリンとなって大便の中に混じって出るが、ウロビリノーゲンの一部は吸収され血中に入る。ウロビリノーゲンの一部は、再び肝臓から排泄されるが、一部は腎臓から尿に排泄される。

鉄は、一日約 27 mg が、Hb の分解によって生ずるが、このうち 20 mg は骨髄に運ばれて再び赤血球新生に用いられ、7 mg は貯蔵鉄となって細胞内に蓄えられる。排泄される鉄は、1 mg 以下である。

【赤血球新生に必要な因子】

（1）タンパク質

特にトリプトファン、ヒスチジンなどのアミノ酸が重要といわれている。

(2) 鉄

鉄はHb材料である。2価形で吸収されるので胃の酸度が足りないと吸収されない。1日の鉄必要量は約1mgに過ぎないが、吸収率は1/10程度であるから、食物としては10mg以上必要である。女子は月経によって失われる分があるので1日約2mgといわれる。

【白血球】

無色で赤血球よりも大きく、核を有する。数は、男女とも血液1mm³中に約6000~8000個である。

白血球には、顆粒を持つ顆粒白血球〔中性好性白血球（一番多い）、酸好性白血球、塩基好性白血球、〕、無顆粒白血球（リンパ球、単球）などの種類がある。

【白血球の働き】

白血球の生理的作用の特徴は、食作用と遊走性にある。

- (1) 好中球 : 小食細胞ともいわれ、食作用が盛んで、感染部に集まり細菌を食う。食菌の後、死滅して膿となる。
- (2) 好酸球 : タンパク性の毒素を食作用により取り込み、解毒する。アレルギー、ある種の寄生虫症のとき増加し、ストレスのとき減少する。
- (3) 好塩基球 : 肝臓の肥満細胞に似ていて、ヘパリンを分泌し、血管内血液凝固を防止している。

- (4) リンパ球 : 免疫細胞で、T細胞（胸腺由来）とB細胞（ブルザ由来）とがある。抗原情報刺激を受けると、T細胞は分裂増殖してリンフォキンを分泌し抗原（細菌）を攻撃する。これが細胞性免疫である。
- B細胞も大型リンパ球に若返って分裂増殖し、形質細胞に転化して抗体を産生する。これが体液性免疫である。
- (5) 単球 : 大食細胞ともいわれ、食作用盛んで、血漿中に入った抗原物質を取り込み、その抗体を産生するのに必要な物質（抗原情報）を分泌してリンパ球に与えているといわれる。

白血球は、骨髄、リンパ節で新生され、肝臓及び脾臓で破壊される。

【血小板】

有形成分中一番小さく（ $2 \sim 3 \mu$ ）、核がない。その数は、血液 1 mm^3 中に、約 $13 \sim 35$ 万である。

【血小板の働き】

出血した時、血漿中トロンビンをつくり血液凝固に重要な働きをする。
骨髄で新生され、脾臓で破壊される。

(1) 止血作用

血管壁が損傷されると血小板は、傷面に集まり粘着凝集して血小板血栓

を形成する。次いで血小板因子（凝固因子）の放出によりトロンボプラスチンが生成され、血液凝固が始まり止血は完全となる。

（２）セロトニンの作用

血小板は血液中のセロトニンを食作用により取り込んでいる。血小板が破壊されるとセロトニンが放出され、血管収縮作用により止血を助ける。また、その発痛作用により痛覚が起こる。

【血 漿】

血液の液体成分で、約90%が水分で、ほかに血漿タンパク質（フィブリノーゲン、グロブリン、アルブミン）、糖、無機塩類、酸素、炭酸ガス、ホルモンなどを含んでいる。グロブリンの中には、免疫抗体が含まれ、免疫作用を有する。また、フィブリノーゲンは血液凝固作用に重要な役割を果たす。

【各成分の正常値】

（１）赤血球に関するもの

- ① 赤血球数 : 男子 500万/mm³ ; 女子 450万/mm³
- ② 血色素量 : 男子 16g/dl ; 女子 14g/dl
- ③ ヘマトクリット : 男子 45% ; 女子 40%
- ④ 直径 : 7.7μ

⑤ 厚 さ : 2μ

⑥ 表面積 : $120 \mu^2$

⑦ 容 積 : $90 \mu^3$

⑧ 比 重 : 1.097

⑨ 寿 命 : 約120日

⑩ 浸透圧的抵抗 : 食塩水濃度で、最小抵抗 $0.42 \sim 0.48\%$
最大抵抗 $0.32 \sim 0.36\%$

⑪ 網状赤血球数 : 赤血球数のうち $0.3 \sim 1\%$

(2) 白血球に関するもの

① 白血球数 : $6000 \sim 8000 / \text{mm}^3$

② 百 分 比 : 好中球 $60 \sim 70\%$
好酸球 $1 \sim 4\%$
好塩基球 0.5%
リンパ球 $20 \sim 25\%$
単 球 $4 \sim 8\%$

③ 寿 命 : 約4週間

(3) 血小板に関するもの

① 血小板数 : 13 ~ 35万/mm³

② 寿命 : 約4日

(4) 血漿に関するもの

① 血漿蛋白量 : 7% (A/G比 1.5 ~ 2.3)

② 血糖値 : 0.1% (100~160mg/dl)

③ 比重 : 1.030

④ pH : 7.4

⑤ 浸透圧 : 0.9% NaCl 水と等圧

(約6000mmHg)

このうちコロイド浸透圧は、30~40mmHg

(5) その他

① 赤血球沈降速度 : 男子 1 ~ 5mm/h : 女子 4 ~ 10mm/h

② 凝固時間 : 開始 5 ~ 10分 : 完了 10 ~ 20分

③ 出血時間 : 1 ~ 3分

【血球の起源】

（１）骨髄性起源

◆ 正常赤芽球 → 網状赤血球 → 正状赤血球

◆ 骨髄芽球 → 前骨芽球 → 骨芽球 → 後骨芽球 → 顆粒白血球 →

（好中球、好酸球、好塩基球）

◆ 単芽球 → 単球

（２）リンパ性起源

◆ リンパ芽球 → リンパ球

リンパ球の幹細胞は骨髄性であるが、これが流出して胸腺（Ｔ細胞）または、その他のリンパ組織（Ｂ細胞）で分化成熟する。これらの細胞がリンパ節に移ってリンパ芽球となる。

【血液凝固】

まず血液が空気に触れると、血小板が破壊してトロンボプラスチンができる。これは、血漿中のプロトロンビンをトロンビンに変える。この反応は血漿中の

Ca^{2+} によって促進される。できたトロンビンは、血漿中のフィブリノーゲン（線維素源）をフィブリン（線維素）に変える。

プロトロンビン

↓ ← Ca^{2+} 、 トロンボプラスチン

トロンビン

↓

フィブリノーゲン → フィブリン

【血液型と輸血】

輸血法には、いくつかの方法がある。また、出血の際の外科的救急処置の一つとしてだけでなく、慢性貧血、ショック、急性伝染病、低タンパク症、中毒などに適応される。

人間の血液は、一定の凝集素と凝集原を有しているため、異型のものを輸血すると受血者の体内で血液が凝集し、死に至ることがある。従って、血液の型を検査する必要がある。

血液型は、ランドスタイナー（1901年）によって、4型に分類された。この方法が一般に用いられている。

血液型は、終生変わることはない。このため、親子間の遺伝とか人種間の相違など種々の方面の研究に応用されている。

血清中には、 α と β の2種の凝集素があり、赤血球中にはこれによって凝集させられる因子（凝集原）、A、Bがある。これにより血液が、O型、A型、B型、

A B型の4種に分けられる。

O型 : 血清中に凝集素 α 、 β がある。赤血球に凝集原を持たない。

A型 : 血清中に凝集素 β がある。赤血球中に凝集原 Aを有する。

B型 : 血清中に凝集素 α がある。赤血球中に凝集原 Bを有する。

A B型 : 血清中に凝集素がなく、赤血球に凝集原 A、Bを有する。

O型の血清は、どの型の血液も凝集する凝集素 α 、 β を持つが、O型の赤血球には、どの型の血清によっても凝集する凝集原 (A、B)を持たない。

従って、O型の人赤血球は、凝集現象は起こらないので万能給血者という。

A B型は、これと反対にいずれの人から受血しても凝集することがないので万能受血者という。しかし、大量輸血の場合は安全でなく、同型のものが理想的である。

【リンパ】

リンパは、組織液の一部が毛細リンパ管に吸入され、リンパとなり、リンパ管を流れて最後には静脈に注ぐ。

リンパは、赤血球を含んでいない無色透明の液体である。しかし、腸壁からくるリンパは消化管で吸収された脂肪を含んでいるため乳白色をしており乳びという。

【リンパ管】

リンパ管は血管と同じく全身にくまなく分布している。管壁は静脈に似て薄く所々に弁がある。

リンパは、全身の組織間の毛細リンパ管に始まり、次第に集合しながら途中でリンパ節を通過し太くなり、最後は、左側の胸管と右側の右リンパ本管となり、それぞれ左右の静脈角で静脈に合流する。

《胸 管》

左上半身と下半身のリンパを集める本管で、第2腰椎の前で左右の腰リンパ本管と腸リンパ本管の合流に始まり（合流部に乳びを入れる乳び槽があり、胸管に続く）、上行して左静脈角に入る。（左胸鎖関節の後ろ）

《右リンパ本管》

右上半身のリンパを集める本管で、長さ2.5cmくらいで右静脈角に入る。

【リンパ節】

リンパ管の所々に1つまたは、集団をなして存在する。大きさは小豆大から大豆大ぐらいのものが多い。（主なリンパ節は、頸リンパ節、腋窩リンパ節、鼠径リンパ節、気管支肺リンパ節など）

【リンパ節の作用】

リンパ節は、リンパ球、免疫を産生し、細菌、毒素、異物などを処理し全身に広がるのを防ぐ防御装置である。

◎ リンパ球の生産・免疫体の生産・細菌、毒素の処理