



2

循環器系



心臓血管系の概略

循環とは

◇ 循環とは

【解剖学】

体内にある水分の約1/3をしめる細胞外液^[p.25]はとどまることなく、つねに移動している。すなわち細胞外液を構成するものには、血管内の細胞外液である血漿、リンパ管内の細胞外液であるリンパ液^{けっしょう}、脈管外の細胞外液である間質液^{みやつかん}（組織液）^{かんしつ}であり、これらは血液とリンパ液に乗ってつねに流れている。

この血液とリンパ液の流れを循環^{じゅんかん}という。身体において循環に関与する器官を循環器（循環系）といい、これには心臓^[p.94]、血管^[p.110]、リンパ管^[p.172]がある。循環器のうち心臓は体液を循環させるポンプとして、血管とリンパ管は体液を系統的に流すチューブとしてはたらく。

◇ 脈管

【解剖学】

循環器のうち体液が流れるチューブ状の臓器^{みやつかん}を脈管という。脈管のうち体内で血液を流すものを血管といい、リンパ液を流すものをリンパ管という。これは以下のように構成される。

1. 動脈

心臓から末梢に向かって遠心性に血液を送り出す血管を動脈という。ただしその内腔を流れる血液が動脈血か静脈血か^[p.64]は血管の種類によってことなる。

2. 毛細血管

こまかく枝分かれした動脈（細動脈）の遠位にあり、とくに物質透過性の高い血管を毛細血管という。毛細血管ではその高い透過性によって、血管内の血液と、血管外にある細胞外液（間質液または組織液）との物質交換をおこなう。なお毛細血管は動脈と静脈の間に位置する。

3. 静脈

末梢の毛細血管から、血液を心臓に向かって求心性に送りかえす血管を静脈¹⁾という。ただしその内腔を流れる血液が動脈血か静脈血かは問わない。

4. リンパ管

リンパ管の末梢部は、組織に開口する毛細リンパ管である。毛細リンパ管は集まりながらリンパ管となり、途中でいくつかのリンパ節を経て静脈に流入する。

◇◇ 循環の分類

◇ 循環の分類

【生理学】

循環器は血液を駆出するポンプとしてはたらく心臓を中心に構成され、体循環・肺循環・リンパ循環とよばれる三種類の循環を構成している。

◇ 体循環

【生理学】

心臓からは、酸素に富む血液(動脈血)が全身の各組織にむかう動脈(大動脈)に駆出される。動脈血_[p.64]は全身組織の毛細血管にいたり、ここで血管外の組織に酸素と栄養分を供給する。また全身の血管外の組織で生じた二酸化炭素や老廃物などの一部は、毛細血管にはいり静脈血_[p.64]となる。静脈血は静脈にはいり、これは次第に合して太くなって大静脈となって心臓に還流する。これを体循環または大循環とよぶ。

◇ リンパ循環

【生理学】

全身の血管外の組織で生じた二酸化炭素や老廃物などのうち、体循環の静脈に回収されなかったものは、組織に分布しているリンパ管に入る。リンパ管は次第に合して太くなり、最終的に静脈に合流して、リンパ管内を流れる体液は血液循環にもどる。これをリンパ循環とよぶ。

1) 静脈：血管系では、心臓から動脈としてでた血液が静脈から心臓にかえるとき、通常では一箇所の毛細血管を通過する。ただし例外的に、動脈がいったん毛細血管網に分かれた後、集合して静脈となったものが再び毛細血管網に分かれる部位があり、このときふたつの毛細血管網をつなぐ静脈を門脈とよぶ。門脈がある部位としては消化管と肝臓の間と、視床下部と下垂体前葉の間の区間である。

◇ 肺循環

【生理学】

全身の組織から心臓にもどった静脈血は、ふたたび心臓から肺にむかう動脈(肺動脈)に駆出される。肺動脈をながれる静脈血は、肺にある毛細血管に入り、ここで肺胞内に二酸化炭素を放出する。さらに肺胞内にある酸素を血中のヘモグロビンに結合させて、ここで血液は動脈血(酸素に富む血液)となる。この動脈血は肺胞毛細血管から心臓にむかう静脈(肺静脈)を流れて心臓に還流する。これを肺循環または小循環という。

◇◇ 動脈血と静脈血

◇ 動脈血と静脈血

【生理学】

血管系のうち心臓から末梢に向かって遠心性に血液を送り出す血管を動脈といい、血液を末梢の毛細血管から心臓に向かって求心性に送りかえす血管を静脈という。

ただし動脈血は、酸素を多くふくんだ血液のことをいう。すなわち肺の毛細血管において、空気中の酸素は血液中に取りこまれ、多くの酸素が赤血球中のヘモグロビン^[p.68]に結合する。この酸素化ヘモグロビンを多くふくむ血液を動脈血という。

いっぽう静脈血は、全身組織の毛細血管において酸素を血管外の細胞に供給した後に酸素含有量が少なくなった血液のことをいう。すなわち赤血球中の酸素化ヘモグロビンは、体循環系の毛細血管において酸素を遊離し血管外に放出する。これにより酸素化ヘモグロビンが減少した血液を静脈血という。

体液の循環成分

体液の循環成分

◇ 血液

【生理学】

循環系のうち心臓と血管内を循環する液体を血液という。血液は、赤血球、白血球、血小板の細胞成分が、^{けっしょう}血漿という液性成分の中に浮遊しながら存在する。

健常成人の総血液量²⁾は体重の約1/13を占め、体重65Kgの場合、総血液量は約5Lとなる。

1. 細胞成分

血液中にある細胞成分には、赤血球^[p.68]、白血球^[p.77]、血小板^[p.86]の3系統の血液細胞がある。

2. 液性成分

血液の液性成分^[p.87]である血漿は、血漿蛋白質、グルコース(血糖)、脂質、電解質などをふくむ水溶液³⁾である。血漿は、血液中の細胞成分以外の液体のことであるため、血液中の細胞外液ということもできる。

3. 血液の機能

血液は、それにふくまれる細胞成分や液性成分によって以下のような機能をこなす。

- 各組織への酸素の運搬と各組織からの二酸化炭素の運搬・排出
- 各組織へのグルコース(血糖)などの栄養素の輸送
- 各組織からの老廃物の運搬・排出
- 体内の酸塩基平衡(pH)の維持
- 体内の水分量の調節
- 外来の異物などからの生体防御

2) 血液量： 健常成人の体重1Kgあたりの血液量は、男性75mL/kg、女性65mL/kgとなる。

3) 水溶液： 血液はさまざまな物質が溶けている水溶液であるため、その比重は男性約1.057、女性約1.053で、浸透圧は約280mOsmである。

- 止血作用
- 体温の調節
- ホルモンなどの生理活性物質の運搬とその代謝調節

◇ リンパ液

【生理学】

リンパ循環 [p.172] を流れる液性成分をリンパ液(リンパ)⁴⁾という。リンパ液は透明な液体で、その組成は間質液(組織間液)⁵⁾とほぼ同じである。

リンパ液には細胞成分として、おもに免疫をになうリンパ球⁶⁾や単球(マクロファージ)がふくまれる。

◇◇ 造血

◇ 造血とは

【生理学】

血液中にふくまれる赤血球、白血球、血小板の血球成分の産生を、造血^{造血}という。

胎生期の造血は肝臓、脾臓⁷⁾などでもおこなわれるが、妊娠20週頃から骨髄でもおこなわれるようになり、出生後はおもに骨髄が造血機能をはたす。

◇ 骨髄

【生理学】

骨髄⁸⁾は、骨 [p.44] 内部にある骨髄腔 [p.47] や海綿質腔にあり、血管に富

-
- 4) リンパ液(リンパ;lymph): リンパ液には血小板がふくまれないため、血液にくらべ凝固しにくい。また消化管からのリンパ液には小腸で吸収された脂質を運搬する脂肪球がふくまれ、乳白色を呈するために乳糜とよばれる。
 - 5) 間質液(組織間液): 体内にある水は細胞の内側にある細胞内液と、外側にある細胞外液とに分けられる。この細胞外液のうち脈管系と心臓の外側にある液体を間質液(組織間液)という。つまり細胞外液は、①心臓と血管内にある血漿と、②リンパ管内にあるリンパ液と、③心臓、血管、リンパ管の内腔以外にある間質液(組織間液)の三者からなる。
 - 6) リンパ球(lymphocyte): リンパ球は白血球の一種で、白血球の30-40%程度(1500-4000/ μ L)をしめる。これはB細胞、T細胞、ナチュラルキラー細胞(NK細胞)に分類される。リンパ液中のリンパ球は、末梢のリンパ管にはほとんどふくまれず、リンパ節を経るほどその量は増加していく。
 - 7) 肝臓、脾臓: 出生後、肝臓、脾臓における造血は休眠状態となるが、白血病などの骨髄の疾患では、これらの臓器における造血が復活し、高度な血球産生亢進とともに、これらの臓器の腫大(肝腫大、脾腫)がおこる。このような状態を髄外造血という。ただし髄外造血では正常な動きをする成熟血球を作り出すことができないことが多い。
 - 8) 骨髄(bone marrow): 成人の骨髄の重量は1.6-3.7kgに達し、その総容積は肝臓に匹敵する。

んだ**造血にあずかるゼリー状の組織⁹⁾**である。

1. 赤色骨髄

骨髄のうち造血が盛んな状態のものを赤色骨髄¹⁰⁾(赤色髄)という。赤色骨髄には豊富な**造血幹細胞(骨髄幹細胞)**がある。赤色骨髄は、さまざまな組織の中でも**高い再生能力をもつが、放射線¹¹⁾被曝^{ひばく}によって障害¹²⁾をきたしやすい。**

ビタミンB12¹³⁾や葉酸¹⁴⁾は、DNAの生合成に補酵素として重要な役割をはたす。このため葉酸や**ビタミンB12が欠乏¹⁵⁾**すると、細胞分裂のさかんな骨髄でのDNA生合成が低下するため、**すべての血液細胞数の減少(汎血球減少症¹⁶⁾)**をきたす。

2. 黄色骨髄

赤色骨髄は年齢とともに脂肪細胞が増加して黄色味を帯びた脂肪組織になる。これを黄色骨髄(黄色髄)といい、成人では四肢骨の骨髄は黄色骨髄になっている。

◇ 造血幹細胞の分化

【解剖学】

中胚葉から発生する造血幹細胞(骨髄幹細胞)は多能性幹細胞¹⁷⁾の一種

-
- 9) ゼリー状の組織： 骨髄移植は、血液細胞をつくる骨髄に種々の原因で異常や欠損がある場合に、正常な骨髄を移植することで造血機能の正常化をめざす治療法である。これは腸骨などの骨髄腔に注射針をいれて、骨髄のゼリー状の組織を採取し、これを移植する。
 - 10) 赤色骨髄： 赤色骨髄には赤血球(ヘモグロビン)が大量にふくまれるため、赤く見える。赤色骨髄は幼児期には全身の骨に存在するが、加齢とともに四肢骨の造血機能は失われ、黄色骨髄になる。成人ではほとんどの体幹部の骨に赤色骨髄があるが、これはとくに腸骨と胸骨に多くある。
 - 11) 放射線： 放射線は細胞のDNAを切断する作用をもつ。このため走者浅腓爆は身体のあらゆる組織を傷害するが、その影響はリンパ組織、骨髄、生殖器などの再生能が高い組織に現れやすい。
 - 12) 放射線被曝によって障害： 放射線被曝によって造血幹細胞が死滅すると、すべての血液細胞(白血球、赤血球、血小板)が産生できなくなる。このように造血幹細胞が障害された状態を再生不良性貧血といい、汎血球減少症をきたす。
 - 13) ビタミンB12(vitamin B12)： ビタミンB12は、シアノコバラミン(cyanocobalamin)など、コバラミン(cobalamin)とよばれる物質群である。肝臓に多量にふくまれ、骨髄のDNA合成低下に拮抗する作用(抗貧血因子)をもつほか、水素移動をともなう酵素反応などに関与している。食品ではウシの肝臓、卵黄、魚肉中に多くふくまれる。
 - 14) 葉酸： 葉酸はビタミンB複合体のひとつである。葉酸は生体の組織細胞の発育および機能を正常にたもつために必要で、ことに赤血球の正常な形成に関与する。このため葉酸が欠乏すると巨赤芽球性貧血となる。また妊娠中に葉酸が欠乏すると胎児の神経管欠損(二分脊椎)が引き起こされる。
 - 15) ビタミンB12が欠乏： ビタミンB12は胃壁細胞から分泌される内因子と結合していなければ、小腸から吸収されない。このため胃の全摘手術後などでは内因子が欠如して、ビタミンB12欠乏による巨赤芽球性貧血(悪性貧血)とそれによる汎血球減少症がみられる。
 - 16) 汎血球減少症： 汎血球減少症は、白血球、赤血球、血小板がともに減少した状態をいう。これを見る場合としては、放射線被曝による再生不良性貧血、ビタミンB12欠乏による巨赤芽球性貧血(悪性貧血)などがある。
 - 17) 多能性幹細胞： 細胞は一般に同種の細胞に分裂する能力を備えているが、多能性幹細胞は生体のさまざまな組織の細胞に分化する能力をもつ細胞である。

である。すなわち、あらゆる血液細胞に分化する能力をもつ**造血幹細胞¹⁸⁾**(**骨髓幹細胞**)は、骨髓においてまず**骨髓系幹細胞¹⁹⁾**と**リンパ系幹細胞²⁰⁾**に分化し、その後**赤血球**、**白血球**、**血小板**へ分化していく。

このため**赤血球**、**白血球**、**血小板**からなる血液中の細胞成分は、**すべて中胚葉**に由来する。

血液中の細胞成分

赤血球

赤血球

◇ 赤血球とは

【生理学】

赤血球は**血液中を流れる細胞成分**のひとつで、おもに血液中の**酸素の運搬**^[p.204]にあずかる。

◇ 赤血球の新生

【生理学】

赤血球は骨髓で**造血幹細胞(骨髓幹細胞)**^[p.67]から分化し、赤血球のもととなる**前赤芽球**となる。その後、前赤芽球は赤芽球となって**鉄とアミノ酸を原料として細胞内に取り込んでヘモグロビン合成**をおこないながら、**分裂・増殖**をくり返す。成熟の最終段階で**赤血球は脱核²¹⁾**し、無核の**幼弱赤血球**である**網赤血球(網状赤血球)**^{もうせつけっきゅう}²²⁾となり、これが末梢血液に出る。

18) 造血幹細胞： 造血幹細胞からは、破骨細胞、肥満細胞、樹状細胞なども分化する。

19) 骨髓系幹細胞： 骨髓系幹細胞は、赤血球や顆粒球(好中球、好酸球、好塩基球)、単球(マクロファージ)、血小板に分化する。

20) リンパ系幹細胞： リンパ系幹細胞は骨髓中で、まずB細胞の前駆細胞と、T細胞とナチュラルキラー細胞(NK細胞)の前駆細胞に分化する。これらの前駆細胞は、さらにB細胞やT細胞、NK細胞へと分化する。

21) 脱核： 赤血球は骨髓における産生の最終段階で脱核するのみならず、細胞内のミトコンドリア、リボソーム、ゴルジ体、小胞体などの細胞内小器官も遺棄される。このため末梢血中の赤血球の内部のほとんどはヘモグロビンと水となっている。

22) 網赤血球(網状赤血球)： 網赤血球は骨髓および末梢血液にある無核の幼若赤血球である。骨髓から末梢血液中にでた後、1-2日で成熟赤血球となる。

このように赤血球の新生には鉄が不可欠であるため、体内の鉄分が不足すると赤血球が産生できなくなり鉄欠乏性貧血²³⁾をきたす。また骨髄における赤血球の分化、分裂の過程には、ビタミンB12が必要である。このためビタミンB12欠乏では、巨赤芽球性貧血²⁴⁾をきたす。

◇ エリスロポエチン

【生理学】

エリスロポエチン²⁵⁾は赤血球産生促進因子(造血促進因子)としてはたらく。エリスロポエチンは、腎臓 [p.578] の皮質と髄質との境界部にある結合組織で産生される。またその分泌量は、貧血、心肺疾患、高地生活などによって動脈血の酸素分圧が低下したときに亢進して、赤血球の新生を促進し、末梢血中の赤血球数増多²⁶⁾にはたらく。

◇◇ ヘモグロビン

◇ ヘモグロビンとは

【生理学】

ヘモグロビン²⁷⁾(血色素)は赤血球中にあり、鉄イオン(Fe^{2+})をふくむ蛋白質であり、成熟赤血球内では、そのほとんどをヘモグロビンがしめる²⁸⁾。

なおヘモグロビンの一部は、血中グルコースと結合してヘモグロビン $\text{A}_{1\text{C}}$ ²⁹⁾という形で赤血球内に存在する。ヘモグロビン $\text{A}_{1\text{C}}$ (Hb $\text{A}_{1\text{C}}$)は過去1-2ヶ月

-
- 23) 鉄欠乏性貧血： 鉄欠乏性貧血は、体内の鉄の不足によりヘモグロビン合成が障害されておこる貧血である。さまざまな貧血の中でもっとも多く、鉄の摂取不足、鉄の需要量の増加、慢性出血による鉄喪失などでおこる。思春期以降から閉経前の女性に多くみられる。
- 24) 巨赤芽球性貧血： 巨赤芽球性貧血は造血細胞のDNA合成障害によりひきおこされる巨赤芽球性造血を特徴とする貧血である。骨髄でのDNA合成障害のために核の成熟障害が生じるが、蛋白質合成は障害されないため赤芽球は巨大化し巨赤芽球となる。おもな原因は、ビタミンB12欠乏と葉酸欠乏である。
- 25) エリスロポエチン(erythropoietin; EPO)： エリスロポエチンは動脈血中の酸素分圧が下がったときに、おもに腎臓の糸球体や尿管管の細胞で産生・分泌され、骨髄の赤芽球の分化を促進する。このため慢性腎不全ではエリスロポエチン産生が低下し貧血をきたす。これを腎性貧血という。
- 26) 赤血球数増多： エリスロポエチンは骨格筋への酸素供給量を高める目的で、持久力を要するスポーツ(自転車競技、マラソンなど)のドーピングに使用されることがある。
- 27) ヘモグロビン(hemoglobin; Hb)： ヘモグロビンは、分子量約6万7000で4つのサブユニット(四量体)で構成される蛋白質である。ヘモグロビンはヘムと、グロビンとよばれるポリペプチドからなる。
- 28) ヘモグロビンがしめる： 赤血球は骨髄における産生の最終段階で細胞内の細胞核、ミトコンドリア、リソソーム、ゴルジ体、小胞体などの細胞内小器官を失うため末梢血中の赤血球はヘモグロビンを入れた袋であるといえる。
- 29) ヘモグロビン $\text{A}_{1\text{C}}$ (hemoglobin $\text{A}_{1\text{C}}$; Hb $\text{A}_{1\text{C}}$)： ヘモグロビン $\text{A}_{1\text{C}}$ はヘモグロビンを構成するポリペプチドの末端にグルコースが結合したものである。血中のヘモグロビン $\text{A}_{1\text{C}}$ の生成量は、赤血球が末梢血中を流れている間の血中グルコース濃度(血糖値)に比例する。このためヘモグロビン $\text{A}_{1\text{C}}$ の正常値は4.3-5.8%で、その値は赤血球の寿命から過去1~2ヶ月間の平均血糖値を反映すると考えられている。糖尿病の治療では、血糖値を低く抑えつづけることが合併症の予防に有効であることがわかっており、ヘモグロビン $\text{A}_{1\text{C}}$ は糖尿病患者の血糖コントロールの指標としてもちいられている。

の平均血糖値をあらわす指標となる。

◇ 酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビン

【生理学】

ヘモグロビンを構成するヘム分子には鉄イオン(Fe^{2+})がふくまれ、これが酸素分子など³⁰⁾と可逆的に結合する。ヘモグロビンは血中の酸素分圧が高いところでは酸素と結合し、酸素分圧が低く二酸化炭素分圧が高いところでは酸素を放出する性質をもつ。

1. 酸素化ヘモグロビン [p.204]

- 酸素と結合したヘモグロビンを、**酸素化ヘモグロビン**³¹⁾という。酸素化ヘモグロビンは鮮紅色を呈するため、動脈血 [p.64] はあざやかな赤色となる。
- ヘモグロビンは酸素が豊富にある肺毛細血管で酸素化ヘモグロビンとなる。**酸素化ヘモグロビン**は**動脈血**として血流中をながれ全身の末梢組織の毛細血管に至る。末梢組織の毛細血管は酸素分圧が低いいため、酸素化ヘモグロビンは、ここで結合していた酸素を遊離³²⁾する。

2. 脱酸素化ヘモグロビン [p.204]

- 酸素を遊離(脱酸素化)したヘモグロビンを**脱酸素化ヘモグロビン**³³⁾または**還元ヘモグロビン**という。脱酸素化ヘモグロビンは紫色を呈するため、静脈血 [p.64] は暗紫赤色となる。
- 全身の末梢組織の毛細血管で酸素を遊離した**脱酸素化ヘモグロビン**は、**静脈血**として血流中をながれて肺の毛細血管に至る。肺の毛細血管は酸素分圧が高いため、脱酸素化ヘモグロビンは、ここでふたたび酸素化ヘモグロビンとなる。

30) 酸素分子など：ヘモグロビンと結合する分子としては、酸素以外にも一酸化炭素や水素イオンなどがある。一酸化炭素(CO)のヘモグロビンとの結合能は、酸素の約250倍高いため、一酸化炭素をふくむ空気を取りこむと、ヘモグロビンによる酸素供給を低下させ、頭痛、めまい、嘔吐などの中毒症状(一酸化炭素中毒)をおこす。

31) 酸素化ヘモグロビン(oxyhemoglobin; O_2Hb)：ヘモグロビンを含まない血液100mlに物理的なメカニズムによって溶解することができる酸素の量は0.3mlにすぎないが、同量の血液中にあるヘモグロビンには20mlの酸素をふくむことができる。

32) 酸素を遊離：ヘモグロビンからの酸素の遊離は、赤血球内に二酸化炭素が入ることでおこる。このため末梢組織の毛細血管で遊離される酸素の量は、その組織で産生された二酸化炭素の量によってきまる。このため、活発な細胞活動によって二酸化炭素を多くだした組織ほど、多量の酸素が供給されるようになる。

33) 脱酸素化ヘモグロビン(deoxyhemoglobin)：毛細血管血液中の脱酸素化ヘモグロビンが5g/dL以上になることをチアノーゼという。チアノーゼは、心肺疾患などで動脈血の酸素飽和度が低下した場合や、心不全、動脈閉塞などの循環不全でおこり、体表部の毛細血管静脈叢の多い皮膚や粘膜(爪床、指先、口唇、耳朶など)が青紫色や暗赤色になる。

◇ 赤血球と二酸化炭素

【生理学】

全身の末梢組織で生じた二酸化炭素(CO₂)は、赤血球内³⁴⁾に入って重炭酸イオン(HCO₃⁻)となり、そのほとんどは赤血球から放出される。このため血液中で二酸化炭素のほとんどは重炭酸イオンとして運搬される。

◇ ヘモグロビンによる pH の緩衝作用

【生理学】

血液中に過剰な水素イオン(H⁺)があつて血液が酸性³⁵⁾に傾いてくると、重炭酸イオン(HCO₃⁻)は水素イオンと結合³⁶⁾して、酸を中和して血液をアルカリ性³⁷⁾に保とうとする。このように赤血球またはヘモグロビンは酸塩基平衡(pH) [p.26] ^{かんしょう}を緩衝する作用をもつ。

◇◇ 末梢血中の赤血球

◇ 末梢血中の赤血球

【生理学】

末梢血中の成熟赤血球は、中央部がくぼんだ^{へんぺい}扁平な直径7-8μm³⁸⁾の円盤状³⁹⁾をなす無核細胞として存在する。赤血球はサイズが大きいため、正常では毛細管壁から血管外に出ることはない。また末梢血中の赤血球の寿命は約120日⁴⁰⁾である。

34) 赤血球内： 赤血球内の二酸化炭素(CO₂)は炭酸脱水酵素によって水(H₂O)と反応して、重炭酸イオン(HCO₃⁻)と水素イオン(H⁺)になる。こうして生成された重炭酸イオンの多くは赤血球外に出るが、水素イオンはヘモグロビンに結合して赤血球内に残る。

35) 酸性： 水溶液中で水素イオン(H⁺)濃度が高い状態をいう。

36) 水素イオンと結合： 血中の重炭酸イオン(HCO₃⁻)は、水素イオン(H⁺)と結合して炭酸(H₂CO₃)になることで水素イオン濃度を下げる(pHを上げる)ように作用する。血液中の炭酸は肺毛細管で水(H₂O)と二酸化炭素(CO₂)に分解され、二酸化炭素は呼気から排出される。

37) アルカリ性： アルカリ性とは、水溶液の水素イオン濃度が少ない状態をいい、血液はつねに弱アルカリ性に保たれている。

38) 直径7-8μm： 赤血球は、毛細管(太さ8-20μm)では折り曲げられたり変形したりして通過する。このとき赤血球は扁平な円盤状であることで、細胞膜にかかるひずみの力に対応できると考えられている。

39) 円盤状： 赤血球は扁平な円盤状であることで、同じ体積の球にくらべて表面積が約1.3倍になっている。赤血球は大きな表面積をもつことで、細胞膜での酸素や二酸化炭素の交換が効率よくおこなわれる。

40) 約120日： 赤血球は120日の間に、循環系をおよそ20-30万回にわたって流れる。

◇ 赤血球数

【生理学】

正常赤血球数⁴¹⁾は女性で約450万/ μL (mm^3)、男性で約500万/ μL (mm^3)である。赤血球産生量は、エリスロポエチン^[p.69]によって調節されている。

赤血球数が増えてヘモグロビン濃度が増加した状態を赤血球增多症(多血症)⁴²⁾といい、赤血球数が減ってヘモグロビン濃度が減少した状態を貧血⁴³⁾という。

◇ ヘマトクリット値

【生理学】

血液中に占める赤血球の容積をパーセントで表したものをヘマトクリット値(赤血球容積比)という。成人におけるヘマトクリット値の正常値は女性で40%、男性で45%である。

ヘマトクリット値は、赤血球增多症(多血症)、脱水⁴⁴⁾などで上昇し、貧血では低下する。

◇ 赤血球沈降速度

【生理学】

赤血球沈降速度(赤沈、血沈)^{ちんこう せきちん けっちん}は、採取した血液に抗凝固剤をくわえ、垂直に立てたガラス管に入れて赤血球の自然沈降をまち、1時間経過したときに分離している血漿層の厚さをいう。男性で10mm/h以上、女性で15mm/h以上を亢進と判定する。

赤血球沈降速度は、赤血球数と血漿の粘性に左右される⁴⁵⁾。これのみによって特定の疾患を診断することはできないが、おもに炎症をともなう疾患

41) 赤血球数： 血液中の赤血球は、体内のすべての細胞に酸素を供給するために、総数はおよそ20兆個に達する。これは全身の細胞数約60兆個の1/3を占める

42) 赤血球增多症(多血症)： 赤血球增多症は血液中の赤血球数やヘモグロビンの量が増加する疾患である。赤血球增多症には、骨髄の造血幹細胞が腫瘍性に増殖する場合(真性多血症)や、エリスロポエチンの分泌過剰でおこる二次性多血症がある。

43) 貧血： 貧血は赤血球の減少により、単位容積の血液中のヘモグロビン濃度が絶対的に減少した状態をいう。WHO分類ではヘモグロビンが男性で13.0g/dL以下、女性で12.0g/dL以下のものを貧血とする。貧血では赤血球の減少により皮膚蒼白をきたし、ヘモグロビンの酸素運搬能の低下により微熱、頻脈、労作時の息切れ、倦怠感、頭痛、めまい、失神などをみる。

44) 脱水： 脱水とは体液量、すなわち細胞外液量が減少した状態をいう。脱水では、体液中の水とナトリウムイオンなどの電解質の両者の喪失をきたす。脱水では、血液中では血漿が減少するため、全血液量に占める赤血球の容積の割合は相対的に増加する。

45) 赤血球数と血漿の粘性に左右される： 赤血球沈降速度が亢進する原因としては、赤血球減少と血漿蛋白量の変化がある。このうち血漿蛋白量の変化によるものは、赤血球の表面は負の電荷をもつため、血漿中で正の電荷をもつガンマグロブリンやフィブリノゲンが増加したときに赤血球沈降速度は亢進する。いっぽう負の電荷をもつアルブミンについては、減少したときに沈降速度は亢進する。

の有無や程度がわかる。

◇ 赤血球の血液型

【生理学】

血液型は赤血球の細胞膜上にある抗原によってヒトの赤血球を分類する方法である。この分類方法⁴⁶⁾にはABO式、Rh式などがある。ABO式、Rh式いずれの場合も、体内で**血液型不適合がおこると免疫反応をおこして赤血球崩壊**がおこる。

1. ABO 式血液型

ABO式血液型は、**赤血球の細胞膜上にある抗原⁴⁷⁾(凝集原⁴⁸⁾)の種類**によってA型、B型、AB型、O型に分類される。またそれぞれの血漿中には、各抗原と結合しうる抗体⁴⁹⁾(**凝集素⁵⁰⁾**)が産生されている⁵¹⁾。

- **A型** ----- 赤血球の細胞膜表面に**凝集原としてのA抗原**があり、血漿中に**凝集素としての抗B抗体**がある。
- **B型** ----- 赤血球の細胞膜表面に**凝集原としてのB抗原**があり、血漿中に**凝集素としての抗A抗体**がある。
- **AB型** ----- 赤血球の細胞膜表面に**凝集原としてのA抗原とB抗原の両方**があり、血漿中に**凝集素としての抗A抗体も抗B抗体もない**。
- **O型** ----- 赤血球の細胞膜表面に**凝集原としてのA抗原もB抗原もなく**、血漿中に**凝集素としての抗A抗体と抗B抗体の両方**がある。

46) 分類方法: ヒト赤血球の血液型の分類方法には400種類以上のものがある。

47) 抗原: 抗原とは、免疫現象をおこさせる物質をいう。たとえば病原体などの膜表面にある物質が抗原となるが、抗原はかならずしも外来の異物とはかぎらず、自己を構成する物質であっても免疫反応をおこしうるものは抗原にふくまれる。

48) 凝集原: 凝集原は、凝集反応にあずかる抗原のことをいう。ABO型血液型不適合における反応は凝集反応によっておこるため、ABO型血液型不適合における抗原は、凝集素ともよばれる。

49) 抗体: 抗体は抗原を特異的に認識する能力をもつ蛋白質の総称であり、血漿やリンパ液中に遊離状態で存在する免疫グロブリン(γグロブリン)である。抗体はBリンパ球が成熟した形質細胞によって産生され、抗原と特異的に結合して抗原抗体反応をおこす。

50) 凝集素: 凝集素は、凝集反応にあずかる抗体のことをいう。

51) 抗体(凝集素)が産生されている: ヒト以外の多くの生物もABO型血液型の抗原と似かよった物質(抗原類似物質)を持っている。出生後に個体が接する細菌(腸内細菌など)、食物にふくまれる抗原類似物質は、生後数ヶ月の早い時期から個体にとって抗原としてはたつき、その体内で抗A抗体や抗B抗体が自然抗体として産生されていると考えられている。ただし抗体産生細胞は自己の構成成分に対しては抗体を産生しない(免疫寛容)という性質にしたがい、A抗原をもつA型の血液型のヒトに抗A抗体が作られることはなく、B抗原をもつB型の血液型のヒトに抗B抗体が作られることもない。しかしO型の血液型のヒトは、A抗原もB抗原ももたないため、自然抗体として抗A抗体と抗B抗体の両方が産生される。

2. Rh 式血液型

Rh式血液型は、赤血球の細胞膜上にある抗原のひとつであるRh抗原⁵²⁾によって分類される。すなわちRh抗原をもつものをRh陽性(Rh⁺)といい、もたないものをRh陰性(Rh⁻)という。

◇ 赤血球の崩壊

◇ 赤血球の崩壊

【生理学】

脊髄から出たての正常な赤血球の細胞膜は非常に柔軟なため高い変形能力をもつが、膜は次第に硬くなって変形能をうしない約120日の寿命の後、脾臓の赤脾髄^[p.177]などの細網内皮系(網内系)⁵³⁾で捕捉⁵⁴⁾されマクロファージに貪食されて崩壊する。この赤血球崩壊を溶血という。

◇ 異常な赤血球崩壊

【生理学】

正常な溶血は老朽化した赤血球が脾臓で捕捉⁵⁴⁾されることでおこるが、以下のような場合にも溶血がおこる。

1. 免疫反応によっておこる溶血

- ・ ABO式血液型においては、A抗原(凝集原)とA抗体(凝集素)、またはB抗原(凝集原)とB抗体(凝集素)が結合した場合に凝集反応⁵⁵⁾をおこして、赤血球は崩壊する。これは血液型不適合輸血⁵⁶⁾でおこる。
- ・ Rh型の血液型不適合は、Rh⁻の者にRh⁺の血液を輸血した場合や、Rh⁺の父親とRh⁻の母親の間にRh⁺児を受胎した場合(Rh式血液型不適合

52) Rh抗原(Rh antigen): 1940年に、ヒトとアカゲザルに共通する血液型抗原があることが発見されたことから、アカゲザル(Rhesus monkey)の頭二文字をとってRh式と命名された。現在Rh抗原には約50種の関連抗原が発見されているが、そのなかでもD因子の抗原性をもっとも強い。このためRh式血液型は、D因子をもつRh陽性と、もたないRh陰性に大別される。欧米人でRh陰性の者の頻度は15%であるが、日本人では0.5%とごく少ない。

53) 細網内皮系(網内系): 細網内皮系(網内系)は、中胚葉由来で異物の食べ込み能をもつ細胞群、すなわち細網細胞、血管内皮細胞、マクロファージが分布して、これらによる生体防御をになう組織をいう。ただし現在この概念が用いられることはない。

54) 捕捉: 赤脾髄にある細網線維は直径2-5μmの細孔をつくる。老朽化して変形能が低下した赤血球(直径7-8μm)は、赤脾髄にある細網線維を通り抜けることができなくなり、ここで捕捉される。

55) 凝集反応: 凝集反応とは、抗原とその抗原に特異的に結合する抗体が、抗原抗体反応をおこしたときに肉眼で判定可能な濁り(凝集)が観察される現象をいう。

56) 血液型不適合輸血: 現在、輸血をおこなう場合は、事前に受血者と供血者の血清中に相方の赤血球と反応する抗体(凝集素)があるかどうかを調べる検査、すなわち交差適合試験をおこなう。赤血球のABO式血液型不適合輸血がおこった場合の死亡率は10%前後といわれる。

妊娠⁵⁷⁾に溶血がおこることがある。この後者のケースでは、Rh⁺の父親とRh⁻の母親の間で、妊娠をくり返すにつれて母体の抗Rh抗体産生が起こりやすくなる。

2. 浸透圧の変化によっておこる溶血

- 赤血球は浸透圧の低下(血漿中の塩分濃度の低下⁵⁸⁾)によって溶血をおこす。このため水または低張液⁵⁹⁾が血液中にはいると浸透圧が低下して、赤血球の細胞膜内に水が流入する。これにより赤血球は球状化して破裂することで溶血がおこる。

◇ 赤血球の崩壊産物

【生理学】

赤血球崩壊にともない脾臓で貪食された赤血球内のヘモグロビンは、アミノ酸、鉄、ビリルビン(ヘマトイジン)などに分解される。

1. アミノ酸

ヘモグロビンから取り出されたアミノ酸は、体内で蛋白質合成の材料として再利用される。

2. 鉄

ヘモグロビンから取り出された鉄⁶⁰⁾は、以下のように体内で貯蔵または再利用される。

- 血漿蛋白のひとつであるトランスフェリン⁶¹⁾と結合して血液中を運ばれ、赤血球の産生に再利用される。このトランスフェリンに結合して血液中に

57) Rh式血液型不適合妊娠： 本来Rh⁻の母親の体内には抗Rh抗体がない。しかしRh⁺の父親との間にRh⁺の胎児を受胎した場合には、胎児の赤血球が何らかの原因で母体血中に入ると母体内に抗Rh抗体が産生される。その抗体が児の血液に入ると抗原抗体反応をおこし、胎児・新生児溶血性疾患を発生する。

58) 塩分濃度の低下： 正常な血漿の塩分濃度は0.9%であるが、赤血球は血漿の塩分濃度が0.5%以下になると溶血をおこす。

59) 低張液： 体液と等しいの浸透圧をもつ液体を等張液という。また体液よりも浸透圧が低い液体を低張液、浸透圧が高い液体を高張液という。

60) 鉄： 生体内にある鉄はヘモグロビンにもっとも多く(鉄総量の約2/3)ふくまれる。その他(鉄総量の約1/3)は、貯蔵鉄、ミオグロビンなどにある。

61) トランスフェリン(transferrin)： トランスフェリンは血清中でβグロブリンに含まれ、また細胞外液にも広く分布する蛋白質である。トランスフェリンは、鉄イオンと結合しやすい性質をもち、1分子あたり三価鉄イオンを2個結合できる。

存在する鉄分を血清鉄⁶²⁾という。

- フェリチン⁶³⁾あるいはヘモシデリン⁶⁴⁾となって細胞内に貯蔵される。

3. ビリルビン

ビリルビンはかつてヘマトイジン⁶⁵⁾ともよばれた物質で、ヘモグロビンの最終分解産物である。なお血中で異常にビリルビンが増加した状態(高ビリルビン血症)を黄疸⁶⁶⁾という。

- 脾臓 [p.176] ではヘモグロビンのうち再利用できないものが間接ビリルビン⁶⁷⁾(非抱合型ビリルビン)となり血中にだされる。
- 間接ビリルビンは脂溶性の物質であるため、血液中では血漿蛋白のひとつであるアルブミン [p.88] と結合した状態で流れて、肝臓に運ばれる。
- 肝臓で間接ビリルビンはアルブミンと離れて、肝細胞に取りこまれる。肝細胞内で間接ビリルビンはグルクロン酸と結合(グルクロン酸抱合⁶⁸⁾)して直接ビリルビン⁶⁹⁾(抱合型ビリルビン)となる。
- 直接ビリルビンは、肝細胞から胆汁成分のひとつとして毛細胆管にでて、その後胆道をとって十二指腸に排出される。
- 十二指腸に排出された直接ビリルビンは、消化管内で腸内細菌の作用に

-
- 62) 血清鉄： 健康成人の体内には、総量で3-4gの鉄がふくまれる。体内の鉄は蛋白質と結合して存在しており、総量の約2/3はヘモグロビンと結合して赤血球中にあり、約1/3はフェリチンやヘモジデリンと結合して貯蔵鉄としてさまざまな細胞内にふくまれている。その残りである約0.1%がトランスフェリンと結合した形をとって血漿中に存在する。健康人における血清鉄は男性60-200μg/dL、女性50-160μg/dLである。朝は高く、夕方に低い日内変動がある。血清鉄の低下は、鉄の喪失(出血)、需要の増大、貯蔵鉄を利用できないとき(感染症、膠原病など)にみられる。
- 63) フェリチン(ferritin)： フェリチンは内部に2,500個もの鉄イオンを収容することができる巨大な球状の蛋白質である。おもに肝臓、脾臓、心臓など各種臓器に分布するが、血中にも微量のフェリチンが存在し、体内鉄貯蔵量をよく反映して変動する。
- 64) ヘモシデリン(hemosiderin)： ヘモシデリンはヘモグロビンの分解過程で生じる色素で、鉄をふくんでいる。
- 65) ヘマトイジン(hematoidin)： ヘマトイジンは類血素ともよばれる。
- 66) 黄疸： 黄疸とは、血中ビリルビン量が増加した状態(高ビリルビン血症)をいう。血中総ビリルビンの正常値は1.0mg/dl以下であるが、2.0mg/dlをこえると、眼球結膜、皮膚、粘膜などの組織で肉眼的に黄疸がみられる。血中総ビリルビンは、直接ビリルビンと間接ビリルビンの和であり、黄疸では直接ビリルビンが増加(高直接ビリルビン血症)する場合と、間接ビリルビンが増加(高間接ビリルビン血症)する場合がある。
- 67) 間接ビリルビン(indirect bilirubin)： 間接ビリルビンは非抱合型ビリルビン(nonconjugated bilirubin)ともよばれる。間接ビリルビンが血中で増加(高間接ビリルビン血症)しても、これは脂溶性の物質であるため腎臓から尿中に出ることはない。このため高間接ビリルビン血症で尿ビリルビンが増加することはない。
- 68) グルクロン酸抱合(glucuronic acid conjugation)： グルクロン酸は水に溶けやすい物質であるため、グルクロン酸に抱合されたビリルビンは水溶性になる。
- 69) 直接ビリルビン(direct bilirubin)： 直接ビリルビンは抱合型ビリルビン(conjugated bilirubin)ともよばれる。肝細胞内でできた直接ビリルビンのほとんどは、胆汁の一部となって小腸に分泌される。直接ビリルビンは水溶性の物質であるため、高直接ビリルビン血症では尿中にビリルビンが出ることで、尿ビリルビンが増加し、褐色尿をみる。

よってウロビリノゲン⁷⁰⁾となる。その大部分はさらにウロビルン⁷¹⁾となって糞便中に排泄される。

◇◇ 白血球

◇◇ 白血球とは

◇ 白血球とは

【生理学】

白血球は血液中を流れる細胞成分のひとつで、血液中の細胞のなかで唯一細胞核をもつ細胞群であり、白色を呈する。白血球はおもに生体防御および免疫にあずかる。

1. 白血球の分類

白血球は形態および機能から、顆粒球^{かりゅう}、単球、リンパ球の3種類に大別され、顆粒球はさらに好中球、好酸球、好塩基球に分類される。

2. 白血球数

末梢血中の白血球数の正常値⁷²⁾は3500-9500/ μL (mm^3)である。

◇ 白血球の新生

【生理学】

白血球は、骨髄においてあらゆる血液細胞に分化する能力をもつ造血幹細胞⁷³⁾(骨髄幹細胞)から分化する。

造血幹細胞(骨髄幹細胞)は、骨髄においてまず骨髄系幹細胞とリンパ系幹細胞に分化する。このうち骨髄系幹細胞からは、顆粒球⁷⁴⁾(好中球、好酸球、

70) ウロビリノゲン(urobilinogen)： ウロビリノゲンは、腸内で直接ビリルビンからグルクロン酸がとれて、腸内細菌により還元されることで生成される物質である。血液中のウロビリノゲンの一部は腎臓を経て尿中にも排泄されるのでこの名がある。

71) ウロビルン(urobilin)： ウロビルンは、ウロビリノゲンが腸内細菌によって酸化されて生ずる黄褐色の物質である。便の色はこのウロビルンの黄褐色による。

72) 白血球数の正常値： 末梢血中の白血球数は個人差が大きく、また同一個人内でも短時間で変動する。また白血球数は細菌感染症、炎症性疾患、急性白血病など多様な疾患で増加をみる。いっぽうウイルス感染症、再生不良性貧血などでは白血球数の減少をみる。ただし個々の疾患で増減する白血球の種類が異なるため、白血球数の増加または減少のみでその原因疾患を鑑別することはできない。

73) 造血幹細胞： 造血幹細胞からは、肥満細胞、樹状細胞なども分化する。

74) 顆粒球： 骨髄において顆粒球は、造血幹細胞から骨髄系幹細胞、骨髄芽球、前骨髄球、骨髄球、後骨髄球を経て成熟する。

好塩基球)、単球が分化し、リンパ系幹細胞からはリンパ球⁷⁵⁾が分化する。

◇ サイトカイン

【生理学】

白血球がつかさどる生体防御および免疫は、さまざまな細胞間伝達物質によってコントロールされている。これらのうち白血球などの免疫担当細胞から放出され、生体防御機構にかかわる細胞間伝達物質としてはたらく蛋白質をサイトカイン⁷⁶⁾と総称する。

◇ 白血球の遊走性

【生理学】

血管内を流れる白血球は、毛細血管壁にある細胞接着因子(セレクトイン⁷⁷⁾やインテグリン⁷⁸⁾のはたらきによって内皮細胞に粘着し、血管内皮細胞間隙でアメーバ様運動⁷⁹⁾をおこなって毛細血管外にでる能力をもつ。また一部の白血球は、組織の細胞外液中に産生されるサイトカインの濃度勾配を感知して、その濃度勾配に応じて移動する能力をもつ。

このように白血球が血管外に浸潤する能力を遊走能(走化性)⁸⁰⁾といい、組織中で白血球を移動させることにはたらくサイトカインをケモカイン(白血球遊走因子)⁸¹⁾という。

75) リンパ球： 骨髄においてリンパ球は、リンパ系幹細胞から前T細胞、前B細胞を経て分化する。

76) サイトカイン(cytokine)： サイトカインは分子量8万以下の低分子量ポリペプチドである。一般に近くにある細胞に作用し、それぞれに特異的な細胞表面受容体に結合してシグナルを伝える。それぞれのサイトカインは多機能的で、単一のサイトカインが標的細胞の状態によって異なる効果をもたらすこともある。またサイトカインは他のサイトカインの産生や応答に影響を及ぼして、複雑な連鎖反応を起こすことが多い。

77) セレクトイン(selectin)： セレクトインは血管内皮細胞と白血球の間ではたらく細胞接着因子である。この細胞接着因子は、血管内皮細胞の血管内腔側に形づくられる。白血球はその膜表面にある受容体によって血管内皮細胞のセレクトインとゆるく結合し、血管内腔を内皮細胞にそって転がるようになる。

78) インテグリン(integrin)： インテグリンは血管内皮細胞と白血球の間ではたらく細胞接着因子である。これは白血球表面にあり、サイトカインの作用によって活性化される。活性化されたインテグリンは血管壁をゆっくりと移動する白血球を血管内皮細胞表面にしっかりと結合するはたらきをもつ。

79) アメーバ様運動： 細胞がアメーバが動くように、細胞内で細胞質を移動させて変形しながら移動する運動をアメーバ様運動という。

80) 遊走能(走化性)： 白血球の遊走はとくに組織の障害によって炎症がおきたときに活発になる。このとき血管外に浸潤する白血球としては、化膿性の炎症では好中球が多く、出血性の炎症では赤血球が多く、またアレルギー性の炎症では好酸球が多い。

81) ケモカイン(chemokine;白血球遊走因子)： ケモカイン(白血球遊走因子)は、白血球をその物質の濃度の高い方向または低い方向へと遊走させる物質の総称である。

◇ 顆粒球

◇ 顆粒球

【生理学】

白血球のうち、その細胞質に顆粒⁸²⁾(リソソームまたはライソソーム [p.14])をふくむ白血球を顆粒球と総称する。顆粒球⁸³⁾には、好中球、好酸球、好塩基球がふくまれる。すべての顆粒球は、骨髄において造血幹細胞(骨髄幹細胞)から分化⁸⁴⁾する。

◇ 好中球

【生理学】

好中球は直径約10~15 μm で、棒状または分葉^{ぶんよう}した細胞核をもつ顆粒球である。正常な好中球数⁸⁵⁾は2000~7500/ μL (mm^3)で、末梢血液中の白血球の50~70%を占め、好中球は白血球のうちもっとも多い。好中球の血管内滞在期間は1日以内⁸⁶⁾である。

1. 好中球の成熟

好中球は成熟の段階によって細胞核の形状が異なる。

- 骨髄で成熟の最終段階にいたるまでの好中球の核は球形である。
- 骨髄から末梢血にでた好中球の核は棒状となり、これを桿状核球^{かんじょうかくきゅう}という。
- 末梢血中で好中球の核は、数カ所のくびれを作り分葉状^{ぶん}になる。これを分葉核球^{ぶんようかくきゅう}⁸⁷⁾という。

-
- 82) 細胞質に顆粒: 顆粒球の細胞質にある顆粒は、細胞内小器官のひとつで、ゴルジ体で作られるリソソーム(ライソソーム; lysosome)である。顆粒(リソソーム)は、直径0.2-1 μm の小胞として細胞質に散在する。その内部には好中球、好酸球、好塩基球のそれぞれで異なる物質をふくむ。顆粒中にふくまれる物質は、蛋白質分解酵素、殺菌蛋白質、炎症のケミカルメディエーターなどで、それぞれがさまざまな場面で生体防御に作用する。
- 83) 顆粒球: 顆粒球は、ギムザ染色における顆粒の染色性によって好中球、好酸球、好塩基球に分類される。ギムザ染色(Giemsa stain)は、マラリア原虫の染色法として開発された血液標本染色法である。(Gustav von Giemsa, 1867-1948, はドイツの細菌学者)
- 84) 分化: 骨髄において顆粒球は、造血幹細胞から骨髄系幹細胞、骨髄芽球、前骨髄球、骨髄球、後骨髄球を経て成熟する。
- 85) 好中球数: 血中の好中球の総数は、たとえば体重50kgの場合でおおよそ80億-300億個ある。さらに好中球は脾臓・肝臓などにも末梢血内に匹敵する量が蓄えられており、骨髄では末梢血内の10-30倍もの好中球が分裂・分化しつづけている。このように好中球には多量の備蓄があるため、細菌に感染したとき、炎症がおきたときなどにはこれらの好中球が動員されて、末梢血内の好中球数は速やかに増加する。
- 86) 血管内滞在時間は1日以内: 末梢血中の好中球の滞在時間が短いのは、好中球が活発に血管外に遊走することによる。組織にでた好中球はその後、数日間生きつづける。このように活発に血管外にでる好中球を補うため、骨髄で分化した好中球は1日あたりおおよそ1000億個が末梢血中にでる。
- 87) 分葉核球: 白血球にしめる分葉核球の割合は38-59%で、桿状核球は2-13%である。このため末梢血中の好中球のほとんどは分葉核球がしめる。なお細菌感染や炎症がおこった場合には、末梢血中に幼弱な白血球が動員されて、桿状核球がしめる割合は増加する。

2. 好中球の作用

- 好中球は活発な遊走能(走化性)をもち、血管外に浸潤する。好中球の浸潤と遊走性は、ケモカイン(白血球遊走因子)⁸⁸⁾によってコントロールされ、炎症や細菌感染がおこったときに活発となる。このうち、とくにロイコトリエンB4⁸⁹⁾は、炎症がおこったときに、その組織での好中球の遊走性を高める作用が強い。
- 好中球は、その細胞質中にリソソーム(ライソソーム)顆粒を多くもつ。リソソーム顆粒には、細菌や真菌類などの病原体・異物などを加水分解する酵素(リゾチーム⁹⁰⁾)が多くふくまれる。
- 好中球は食細胞(貪食細胞)⁹¹⁾としてはたらく。とくに好中球⁹²⁾は生体内に侵入した比較的小さな異物(細菌や真菌類)を貪食することから小食細胞⁹³⁾ともよばれる。すなわち好中球は真菌類や細菌を貪食し、これをリソソーム(ライソソーム)顆粒にある加水分解酵素によって分解する作用(食作用)をもつ。

◇ 好酸球

【生理学】

好酸球は直径13~18 μ mの顆粒球であり、正常では末梢血中の白血球の2~5%を占める。

1. 好酸球の作用

- 好酸球も遊走能(走化性)をもち、血管外に浸潤する。

88) ケモカイン(chemokine;白血球遊走因子): ケモカイン(白血球遊走因子)は、白血球をその物質の濃度の高い方向または低い方向へと遊走させる物質の総称である。

89) ロイコトリエンB4(leukotriene B4): ロイコトリエンは、1979年に発見されたサイトカインである。ロイコトリエンは、アラキドン酸からリポキシゲナーゼの作用を受けて中間体のロイコトリエン(LT)A4を経た後に生成される不飽和脂肪酸であり、ロイコトリエンB4、ロイコトリエンC4、ロイコトリエンD4、ロイコトリエンE4などがある。

90) リゾチーム(lysozym): リゾチームはムラミダーゼともよばれ、1933年にフレミングによって発見された溶菌酵素である。グラム陽性菌の細胞壁の一部を加水分解する。(Sir Alexander Fleming;1881-1955;はイギリスの細菌学者)

91) 食細胞(貪食細胞): 細胞外液中にある病原体・異物などを消化してしまうことを食作用または貪食能といい、このような機能をもつ細胞群を食細胞(貪食細胞)とよぶ。ヒトにおける食細胞には好中球や、単球(マクロファージ、組織球)などがある。食細胞は、以下のようなプロセスで食作用を発揮する。①食細胞は、サイトカインに誘導されて、局所に集まってくる。②貪食粒子に近づいた食細胞は、オプソニンの助けをかりて貪食粒子を細胞膜表面に吸着する。③食細胞は細胞膜をくびれさせて小胞を形成し、貪食粒子を細胞質内に飲みこみ貪食空胞(ファゴソーム)を形成する。④細胞質のリソソーム(ライソソーム)顆粒が貪食空胞に融合し、加水分解酵素が貪食空胞内にて貪食粒子を殺菌・消化する。

92) 好中球: 好中球は組織で食作用を発揮した後、死滅・崩壊する。このとき組織に多量の好中球の死骸があると、膿を形成する。これを化膿といい、これは黄白色または黄緑色の不透明な粘稠性の液体となる。化膿は細菌感染でみられることが多い。

93) 小食細胞: 小食細胞(microphage;マイクロファージ)という概念は、マクロファージ(macrophage;大食細胞)に対する概念ともちいられていたが、現在この用語はあまりもちいられない。

- 好酸球にふくまれる顆粒⁹⁴⁾には、寄生虫に対して毒性を発揮する物質などがふくまれており、**寄生虫に対する生体防御をになう。**

2. 好酸球の特徴

- **末梢血中の好酸球は、I型アレルギー疾患⁹⁵⁾、寄生虫感染などで増加する。**

◇ 好塩基球

【生理学】

好塩基球は直径10~15 μm の**顆粒球**であり、正常では末梢血中の白血球の0.2~1.2%を占める。

好塩基球にふくまれる顆粒⁹⁶⁾には、ヒスタミン、ロイコトリエン、ヘパリンなどがふくまれる。

◇◇ 単球

◇ 単球

【生理学】

単球⁹⁷⁾は直径が12-20 μm の白血球で、成熟白血球のなかではもっともサイズが大きい。単球は、末梢血液中の白血球の2-10%程度を占める。**単球も骨髄において造血幹細胞(骨髄幹細胞)から分化⁹⁸⁾する。**

1. 単球の作用

- 単球の血管内滞在期間はおよそ12時間である。単球は活発な**遊走能(走化性)**をもち、**血管外に浸潤してマクロファージ⁹⁹⁾に分化して、食作用を発**

94) 好酸球にふくまれる顆粒： 好酸球にふくまれる顆粒としては、主要塩基性蛋白質(major basic protein; MBP)や好酸球カチオン性蛋白質(eosinophil cationic protein; ECP)などがある。これらはいずれも寄生虫や気道上皮粘膜などを強く傷害する作用をもつ。

95) I型アレルギー疾患： 代表的なI型アレルギー疾患としては、気管支喘息、花粉症(アレルギー性鼻炎やアレルギー性結膜炎)、蕁麻疹、アトピー性皮膚炎などがある。I型アレルギーは、アレルゲン(抗原)がIgE抗体と結合し、さらにこれが肥満細胞に結合することで起こる。I型アレルギーがおこっている場では肥満細胞から好酸球走化因子が放出されて、好酸球がここに集まってくる。ここで好酸球は、顆粒からさまざまな物質を放出し組織障害を生じさせる。

96) 好塩基球にふくまれる顆粒： 細胞質内に好塩基性顆粒をもつ細胞としては、好塩基球とマスト細胞(肥満細胞)のふたつがある。両者とも造血幹細胞に由来し、細胞膜表面上にIgE受容体をもちヒスタミンを放出するなど、I型アレルギー反応の中心的な役割を担っている。しかしその分化の過程は異なり、好塩基球はおもに末梢血中を循環し、マスト細胞は結合組織や粘膜に存在する。

97) 単球： 単球は類円形あるいは不整形をなし、核は大きく腎形または馬蹄形である。細胞質には、微細でアズール好性により薄紫色に染まる多数の顆粒が散在する。

98) 分化： 骨髄において単球は、造血幹細胞から骨髄系肝細胞、単球系前駆細胞、単芽球、前単球を経て成熟する。

99) マクロファージ(macrophage)： 血液中の単球は、マクロファージの前駆細胞と考えられている。

揮する食細胞(食細胞)としてはたらくとともに、T細胞に対する抗原提示細胞としてはたらく。

- 単球・マクロファージは、その細胞質中にリソソーム(ライソソーム) [p.14] を多くもち食細胞(食細胞)として、微生物および異物粒子を細胞質に取りこみ、その物質を消化し破壊する。
- 単球・マクロファージは、微生物や異物粒子の断片を輸送し細胞膜に表出する。この断片を抗原決定基(エピトープ)¹⁰⁰⁾という。細胞膜に提示された抗原決定基はT細胞に認識されることで、T細胞による免疫応答をひきおこす。この一連の過程を抗原提示¹⁰¹⁾という。

2. マクロファージ

- 血管内から組織へ浸潤した単球は全身臓器組織に広く分布して、マクロファージとよばれる。ただし一部のマクロファージは特定の組織に定住して組織マクロファージ(組織球)とよばれる。
- マクロファージは組織で比較的大きな壊死物を貪食することから大食細胞ともよばれる。
- 代表的な組織マクロファージ(組織球)には、腹腔マクロファージ¹⁰²⁾、クッパー細胞(クッパー星細胞)¹⁰³⁾、肺胞マクロファージ¹⁰⁴⁾、破骨細胞¹⁰⁵⁾などがある。また結核の病巣でみられる類上皮細胞¹⁰⁶⁾や動脈硬化病変でみられ

100) 抗原決定基(エピトープ;epitope): 免疫は抗原分子全体を認識して反応がおこなわれるのではなく、その特定の部位のみが認識される。このように免疫応答の開始あるいは認識に重要な抗原上の部位を抗原決定基またはエピトープという。多くの場合、抗原決定基はアミノ酸では6-10個、糖では単糖5-8個程度の大きさである。

101) 抗原提示: 免疫反応をおこしうる病原体や異物などの抗原が抗原提示細胞内で分解され、主要組織適合遺伝子複合体分子(MHC分子)に結合して細胞表面に提示され、T細胞に認識される過程を抗原提示という。主要組織適合遺伝子複合体(major histocompatibility complex;MHC)の分子は、細胞内のさまざまな蛋白質の断片を細胞表面に提示する働きをもつ糖タンパク分子である。MHCは個体によって非常に多様性に富むため、MHC分子T細胞が自己の構成成分とそうでないものを区別をする目印となる。このためT細胞は、自己のMHC分子を細胞膜状に表出している細胞からは抗原提示を受けるが、自己と異なるMHC分子は異物とみなし、免疫の攻撃対象となる。

102) 腹腔マクロファージ(peritoneal macrophage): 腹腔マクロファージは腹腔内でみられるマクロファージである。腹腔には全身のマクロファージの3%が存在する。

103) クッパー細胞(クッパー星細胞;Kupffer cell): クッパー細胞は、肝臓の洞様毛細血管の内皮細胞の上を動きまわって異物を細胞内に取りこみ、生体防御、免疫機構に関与している単球由来の細胞である。(Karl Wilhelm von Kupffer,1829-1902,はドイツの解剖学者)

104) 肺胞マクロファージ(alveolar macrophage): 肺胞マクロファージは肺胞内にみられるマクロファージである。これは肺胞上皮の表面に付着して、空気とともに入ってきた塵埃や異物を取りこんで処理する。

105) 破骨細胞: 破骨細胞は、骨のミネラルの溶解と骨基質の分解の作用(骨吸収能)をもつ多核の巨細胞で、単球が癒合してできる。

106) 類上皮細胞: 類上皮細胞は細胞の形態が上皮細胞に似ているためにこの名があるが、単球に由来する細胞である。結核菌感染巣にできる結核結節には単球が集まってきて、ここでマクロファージに活性化される。マクロファージは結核菌を貪食することはできるが、結核菌の増殖を押さえることはできないため、菌が増殖するとともにマクロファージが集積してできあがる細胞が類上皮細胞である。

ほうまつ
る泡沫細胞¹⁰⁷⁾も単球に由来する。

◇◇ リンパ球

◇ リンパ球とは

【生理学】

リンパ球¹⁰⁸⁾は直径が6~15 μm の白血球で、類円形の核をもつ細胞である。リンパ球は、末梢血液中の白血球の30~40%程度を占める。

リンパ球は機能的にB細胞、T細胞、ナチュラルキラー細胞(NK細胞)に分類され、いずれも造血幹細胞(骨髄幹細胞)からリンパ系幹細胞を経て分化する。またリンパ球が分泌するサイトカインを、リンホカイン¹⁰⁹⁾とよぶことがある。

◇ B細胞

B細胞¹¹⁰⁾(Bリンパ球)は、抗体産生細胞である形質細胞(プラズマ細胞)¹¹¹⁾へ分化するリンパ球である。B細胞は以下のように分化する。

- B細胞は造血幹細胞(骨髄幹細胞)からリンパ系幹細胞を経て骨髄で分化する。
- その後B細胞は脾臓やリンパ節などのリンパ組織^[p.175]に移動し、抗原に対する反応に備える。
- B細胞は、その細胞膜表面に抗原が結合¹¹²⁾したときに、これをT細胞に抗原提示する。

107) 泡沫細胞： 泡沫細胞は、単球由来のマクロファージが脂質成分を貪食することで生じる細胞で、細胞質に泡沫状の小胞が数多くみられる。動脈硬化症では、血管内皮細胞が傷害されることで、その部位に細胞接着分子が発現され、単球やTリンパ球が血管内皮下に侵入する。ここで単球はマクロファージに成熟・分化し、酸化したリポ蛋白質を貪食して泡沫細胞となる。

108) リンパ球(lymphocyte)： リンパ球は、リンパ液中で多くみられる細胞であることからこのように命名された。

109) リンホカイン(lymphokine)： リンパ球が分泌する生理活性物質をリンホカインという。しかし、そのいくつかは、線維芽細胞や上皮細胞などリンパ球以外の細胞からも産生されることが判明している。このことから、現在は免疫担当細胞から分泌される生理活性物質はサイトカインと総称される。

110) B細胞(B cell)： B細胞(Bリンパ球; B lymphocyte)は、鳥類ではファブリキウス嚢(Bursa Fabricii)で分化・成熟することから、この器官の頭文字を取ってB細胞と命名された。ところが哺乳類にファブリキウス嚢は存在せず、B細胞は骨髄(bone marrow)で分化・成熟することがわかっている。ただ偶然、ファブリキウス嚢と骨髄の頭文字が同じであることから、そのままB細胞という名称でよばれている。

111) 形質細胞(プラズマ細; plasma cell)： 形質細胞(プラズマ細胞)は、B細胞の最終分化段階の細胞である。

112) 抗原が結合： B細胞の細胞膜には、抗原が結合することができる受容体がある。この抗原受容体を細胞表面免疫グロブリン(surface immunoglobulin; sIg)という。

- 抗原提示をうけたT細胞からの刺激と種々のサイトカインの作用により、B細胞は**形質細胞(プラズマ細胞)に増殖・分化する**。
- **形質細胞は、抗原に特異的に結合する抗体(γ^{がんま}グロブリンまたは免疫グロブリン)を産生・分泌して、体液性免疫¹¹³⁾(液性免疫)がおこなわれる。**
- 抗原提示をおこなったB細胞の一部は、その**抗原情報を保持する記憶細胞**となり、抗原が再度侵入した時に反応して**二次免疫応答¹¹⁴⁾**を行う。

◇ T細胞

【生理学】

T細胞(Tリンパ球)¹¹⁵⁾は、骨髄中の造血幹細胞に由来するリンパ系幹細胞が胸腺 [p.178]へ移行し、胸腺中で分化・増殖するリンパ球である。すべてのT細胞(Tリンパ球)は、その細胞膜上にT細胞受容体¹¹⁶⁾をもち、これによって抗原を認識して、細胞レベルで免疫をおこなう。このためT細胞(Tリンパ球)による免疫は細胞性免疫**とよばれる。**

1. ヘルパー T細胞

ヘルパーT細胞¹¹⁷⁾は、樹状細胞、マクロファージ、B細胞などの抗原提示細胞からの抗原提示をうけ、これに応じてさまざまなサイトカイン(リンホカイン)を分泌する。これによってヘルパーT細胞は他の免疫担当細胞にさまざまなシグナルをおくり、免疫系の司令塔としてはたらく。

おもなヘルパーT細胞には、以下のように**Th1細胞とTh2細胞¹¹⁸⁾**がある。

- **Th1細胞¹¹⁹⁾ ----- マクロファージやキラーT細胞(細胞傷害性T**

113) 体液性免疫： 免疫のうち、抗原を特異的に認識して排除するために抗体が中心的役割を果たすものを体液性免疫という。これに対抗してT細胞が抗原の排除に主役を担うものを細胞性免疫という。

114) 二次免疫応答： 免疫反応には、一次免疫応答と二次免疫応答がある。一次免疫応答は、ある個体に初めて侵入または暴露された抗原によっておこる免疫応答で、抗原刺激を受けてから抗体が産生されるようになるまで数日の時間を要する。一次免疫応答がおこると、その抗原に対する記憶細胞がつくられ、これはその後体内で長期間生き続ける。この記憶細胞が体内にある期間に、次に同じ抗原にさらされた場合には、記憶細胞により迅速かつ大量に抗体が産生されて、抗原を排除する。この二度目以降の抗原の暴露によっておこる速くて強い免疫応答を二次免疫応答という。

115) T細胞(Tリンパ球; T cell, T lymphocyte)： T細胞は、胸腺(thymus)に由来することから、このように命名された。

116) T細胞受容体(T cell receptor; TCR)： T細胞受容体は、MHC分子と結合した抗原分子を認識し、T細胞の特異的抗原認識を担っている分子である。ひとつの個体内にあるT細胞はそれぞれ非常に多様なT細胞受容体をもち、これによって様々な抗原を認識することができる。

117) ヘルパーT細胞(helper T cell; Th)： ヘルパーT細胞は、その細胞膜上にCD4抗原をもつT細胞である。CD4抗原は細胞表面抗原のひとつで、4個のIg様領域をもつ分子量5.5万の糖蛋白質である。

118) Th1細胞とTh2細胞： 抗原提示細胞がサイトカインのうち、IL-12を産生した場合にはTh1細胞が、PGE₂を産生した場合にはTh2細胞が優位にはたらくようになる。

119) Th1細胞： Th1細胞による免疫応答では、おもに細胞性免疫が活発におこり、マクロファージなどを中心とする炎症反応がおこる。たとえば結核菌などの細胞内寄生細菌による感染症では、おもにTh1細胞が増殖して、細胞性免疫による免疫応答がおこなわれる。これには強固な肉芽腫が形成することで感染をその局所に封じこめるはたらきがある。

細胞)を活性化して、ウイルスや細胞内抗原の除去にはたらく。

- **Th2細胞¹²⁰⁾** -----好酸球や肥満細胞の活性化や、**B細胞や形質細胞の抗体応答の活性化**に関わる。またI型アレルギー反応の発症に関与する。

2. キラー T 細胞 (細胞傷害性 T 細胞)

キラーT細胞(細胞傷害性T細胞)¹²¹⁾は、細胞内の顆粒中に**細胞傷害活性をもつ蛋白質¹²²⁾**を産生し、直接ウイルス感染細胞などを**抗原特異的に破壊**する。また**臓器移植でみられる拒絶反応**に関与する。

3. 制御性 T 細胞 (レギュラトリー T 細胞)

制御性T細胞(レギュラトリーT細胞)¹²³⁾は、**免疫反応の抑制(免疫寛容)**に関わるT細胞である。かつてサプレッサーT細胞¹²⁴⁾とよばれていたものは、これに相当すると考えられている。

◇ ナチュラルキラー細胞

【生理学】

ナチュラルキラー細胞(NK細胞)¹²⁵⁾も細胞内に細胞傷害活性をもつ蛋白質をもち、腫瘍細胞やウイルス感染細胞を破壊するリンパ球である。**ナチュラルキラー細胞**は、T細胞と異なり細胞を殺すにあたって事前の感作を必要としない**自然免疫**をおこなう。

-
- 120) Th2細胞: Th2細胞による免疫応答では、おもに体液性免疫が活発におこる。これは細胞外液中で増殖する細菌に対して効力を発揮する。またTh2細胞による免疫応答が過度におこると、IgE抗体産生が亢進されて、I型アレルギー反応を誘発すると考えられている。
- 121) キラーT細胞(細胞傷害性T細胞; killer T cell; cytotoxic T cell): キラーT細胞は細胞傷害活性を示すCD8陽性T細胞である。胸腺から末梢へ移行したばかりのCD8陽性T細胞はそのままでは細胞傷害活性をもたない。特異的な抗原によって活性化されることによって初めて、細胞内に細胞傷害活性に機能する蛋白質をもつようになりキラーT細胞となる。
- 122) 細胞傷害活性をもつ蛋白質: キラーT細胞がもつ細胞傷害活性をもつ蛋白質としてはパーフォリンやグランザイムなどがある。このうちパーフォリンは標的細胞の膜に穴を開け、グランザイムは標的細胞中に侵入して蛋白質分解酵素を活性化することによって、標的細胞にアポトーシス(細胞死)をおこさせる。
- 123) 制御性T細胞(レギュラトリーT細胞; regulatory T cell): 制御性T細胞を生体から取りのぞくと、さまざまな自己免疫疾患が自然発症する。いっぽう癌患者では制御性T細胞が増加して腫瘍免疫などの有益な免疫反応を抑制していることが知られている。
- 124) サプレッサーT細胞(suppressor T cell): サプレッサーT細胞は1960年代に提唱された免疫反応を抑制するT細胞である。その後の研究で一部の制御性T細胞が免疫系のサプレッサーとして作用することが明らかになっている。
- 125) ナチュラルキラー細胞(NK細胞; natural killer cell): ナチュラルキラー細胞はMHCクラスI分子の発現レベルが低い細胞を認識すると考えられている。MHCクラスI分子は自己の構成成分であることを示す分子であり、自己のすべての体細胞表面に発現している。すなわち自己の体内でMHCクラスI分子がない細胞は、自己性を喪失した異常な細胞であるとみなされていると考えられる。

血小板

◇ 血小板

【生理学】

血小板は血液中を流れる細胞成分のひとつである。

1. 血小板の構造

血小板は流血中では無核¹²⁶⁾で直径2-3 μm の円盤状を呈する。

2. 血小板の産生と崩壊

血小板は、骨髄で骨髄幹細胞から分化し、正常人では血中に15万-25万/ μL 存在する。血管内寿命は8-10日間で、寿命がつきるとおもに脾臓で破壊^[p.177]される。

3. 血小板の作用

- 血小板は、生理的には出血時に血管の損傷部位に凝集・粘着して、凝血塊^{かい}を形成して、血管損傷部位を局所的に封じて止血^[p.90]する。
- 病的には血管内腔に血栓^{けっせん}¹²⁷⁾を形成して血管閉塞をもたらす。
- 血小板から分泌されるセロトニンは血管収縮にはたらく。

4. 血小板数の異常

- 血小板数の減少(血小板減少症¹²⁸⁾)がおこると出血しやすく止血しにくくなる。これを出血傾向という。
- 血小板数の増加(血小板増多症)がおこると血管内に血栓が形成されやすくなり、動脈硬化症の発症にかかわる。

126) 無核： 骨髄幹細胞から分化・成熟して血小板産生細胞として働くのは成熟巨核球である。骨髄の細静脈の血管壁には成熟巨核球の原形質が紐状の突起として出ている。血小板は血管内で成熟巨核球の紐状の突起がちぎれて形成されるため無核である。通常、骨髄では1個の巨核球から数千個の血小板が作られ、1日に約1億個が産生される。

127) 血栓： 血液が血管外にでると、その部位に血小板が凝集し、フィブリノゲンがフィブリンとなり、そのほかの血球成分が混在することで流動性を失い、血液凝固が起こる。血栓は、これと同様の変化が、血管腔内で生じることのできる血液の固まりのことをいう。血栓形成は種々の虚血性疾患(脳血栓症、狭心症、心筋梗塞など)の原因となる。

128) 血小板減少症： 血小板減少症は末梢血中の血小板数が10万/ μL 以下になった状態をいう。血小板数が5万-10万/ μL と軽度に減少している場合には自覚症状にとぼしいが、3万/ μL 以下になると皮膚、粘膜に出血斑(紫斑)があらわれたり、鼻出血、歯肉出血、血尿、女性では性器出血、月経過多がみられるようになる。さらに1万/ μL 以下に減少すると、頭蓋内出血、消化管出血などの致命的な出血をきたす危険がある。

血液中の液性成分

血漿と血清

◇ 血漿

【生理学】

血漿¹²⁹⁾は血液からその細胞成分である赤血球、白血球、血小板を除いた液性成分である。すなわち血漿は、血液における細胞外液^[p.25]である。血漿は、その約91%が水で、これにさまざまな血漿蛋白質、血中グルコース(血糖)、脂質(血中コレステロールなど)、電解質などがふくまれる水溶液である。

◇ 血清

【生理学】

血清は、血液から血液凝固によって生じた成分と細胞成分を除いてえられる黄色透明な液体である。すなわち血清は血漿からさまざまな血液凝固因子を除いたものである。

血糖

◇ 血糖とは

【生理学】

血液中のグルコース(ブドウ糖)のことを血糖といい、その血液中の濃度を血糖値という。健康なヒトの血糖値は空腹時で70-110mg/dLである。

血液中のグルコース(血糖)は、全身の細胞内でATP(アデノシン三リン酸)^[p.19]を産生するエネルギー源としてもちいられる。このため食事から摂取された糖質は、グルコース(ブドウ糖)として循環血液中を流れて、各細胞に供給される。

129) 血漿： 血漿は採取した血液に抗凝固薬を加えた後、遠心分離することで血中にふくまれる細胞成分を取り除いて得られる。血漿は血液の約55%をしめる。

◇◇ 血漿蛋白質

◇ 血漿蛋白質とは

【生理学】

血漿蛋白質は、血漿にふくまれる蛋白質の総称である。**血漿蛋白質**には、おもに**アルブミン、フィブリノゲン、グロブリン**などがふくまれる。

◇ アルブミン

【生理学】

血漿アルブミン(血清アルブミン)は、**血漿中にもっとも多くふくまれる蛋白質¹³⁰⁾**である。

1. アルブミンの生成

血漿アルブミン¹³¹⁾は、食物中の蛋白質が消化管内で分解されてできるアミノ酸が小腸から吸収 [p.273]され、この**アミノ酸を原料として肝臓で生成¹³²⁾**され、血中にながれる。このため**血中のアルブミン量は、食事からの蛋白摂取量(栄養状態)をしめす指標**となる。

2. 血漿アルブミンの作用

血漿アルブミンの作用は、以下のとおりである。

a. 血漿膠質浸透圧の維持

血漿中に溶けている高分子物質によって、毛細血管壁を介して生ずる**浸透圧 [p.34]**を**血漿膠質¹³³⁾浸透圧(血液膠質浸透圧)**という。**血漿膠質浸透圧を維持する物質群¹³⁴⁾**のうち、その主たる役割をになうのは**血漿アルブミン**である。

血漿アルブミンは、血漿蛋白としてもっとも多く、かつ正常な状態では毛細血管壁から血管外にでることなく血管内に偏在する。このように血液中に

130) もっとも多くふくまれる蛋白質： 血漿蛋白質はすべてで100種類以上のものがあるが、このうち血漿アルブミンは血漿総蛋白の約60%をしめる。

131) アルブミン(albumin)： アルブミンは分子量6万7000の分子量の小さな蛋白質である。アルブミンの語源は、卵白(albumen)にある。

132) 肝臓で生成： アルブミンは肝細胞で1日あたり6-12g生成され、その約40%が血液中に流れている。

133) 膠質： 膠質(colloid; コロイド)とは、直径10-1000Åの粒子が溶媒(体液においては水)の中に分散している状態のものをいう。血漿アルブミンは、血液中に膠質(colloid; コロイド)として存在している。

134) 血漿膠質浸透圧を維持する物質群： 浸透圧の大きさは、水溶液中にとけている様々な物質濃度の総和によって決まる。アルブミンは、血漿タンパクのうちもっとも多くあるため、血漿膠質浸透圧の大きさに与える影響力ももっとも大きい。このため血漿膠質浸透圧の大きさの約80%は、アルブミンによって維持されている。

アルブミンがあることで、血液の浸透圧は間質液の浸透圧よりも高く維持されるため、**血漿膠質浸透圧は血漿アルブミンによって維持されている**といえる。

血漿膠質浸透圧は間質液中(血管外)の水分を血管内に引き込む力としてはたらく。さらに毛細血管内の血液と間質液との間でおこなわれる水の**出納**は、毛細血管における**血圧**(血管内の水分を血管外へ出そうとする**静水圧**)と**血漿膠質浸透圧**のバランスによっておこなわれる。[p.154]

b. 血液中の物質の運搬

- **血液中の不溶性の脂肪酸、間接ビリルビン** [p.76]などと結合して、これらを**輸送**する。
- **細胞へのアミノ酸の供給源**¹³⁵⁾となる。

c. その他

アルブミンは、血糖値に応じて血中グルコースと結合して**グリコアルブミン**となる。このため**血中グリコアルブミン値**は**過去約2週間の平均血糖値**を反映し、**ヘモグロビンA1c** [p.69]より**短期的な血糖管理指標**としてもちいられる。

3. 低アルブミン血症

血漿アルブミン量は、原料となるアミノ酸の摂取不足、肝臓におけるアルブミンの生成障害、血管外へのアルブミンの遺失などにより減少することがある。これを**低アルブミン血症**という。

低アルブミン血症では、血漿膠質浸透圧が低下することで血管外の水分(間質液の水分)を血管内に引きこむ力が弱まる。このため**低アルブミン血症では、間質液の水分量が増加して全身性浮腫をきたす**。

◇ フィブリノゲン

【生理学】

フィブリノゲン(フィブリノーゲン)は肝臓で生成される**血漿蛋白質**であり、**フィブリンの前駆物質**¹³⁶⁾である。フィブリノゲンは、**血管壁が破綻した時(出血時)**におこる**血液凝固** [p.91]において、**トロンビンの作用**をうけて**フィブリン**に変換されることで、**止血**にあずかる。このため**低フィブリノゲン血症**では、血

135) アミノ酸の供給源： 血漿アルブミンの約4%は筋肉、皮膚、肝臓、腎臓などの細胞に取りこまれ、ここでアミノ酸に分解されて、細胞内につくられる蛋白質の原材料となる。

136) 前駆物質： 前駆物質は一連の化学反応において特定の物質が生成されるとき、より前段階にある物質のことをいう。

液凝固の遅延や出血傾向をみる。

◇ グロブリン

【生理学】

血漿蛋白質であるグロブリン¹³⁷⁾には α 、 β 、 γ の三種類がある。

1. α グロブリンと β グロブリン

α グロブリンや β グロブリンには、トランスフェリン_[p.75]や血液凝固の第IX因子(クリスマス因子)_[p.91]などの血漿蛋白質がふくまれる。

2. γ グロブリン

γ グロブリンは、B細胞(Bリンパ球)から分化した形質細胞(プラズマ細胞)_[p.83]が産生する血漿蛋白質である。

- ・ γ グロブリンは免疫反応において抗原と特異的に反応して、体液性免疫¹³⁸⁾(液性免疫)にはたらく。このように γ グロブリンは、抗原に特異的に結合することから抗体または免疫グロブリンともよばれる。
- ・ γ グロブリン(抗体)には、IgA、IgE、IgM、IgG、IgDがある。
- ・ 血中 γ グロブリン量が低下(低 γ グロブリン血症)すると、免疫力が低下して易感染性をきたす。

止血と血液の凝固・線溶系

止血

◇ 止血とは

【生理学】

血管壁が破綻して出血がおこったとき、これを止める防御機構を止血という。止血機序は、血小板と血液凝固因子によっておこなわれている。また止血によってできた凝血塊は、線維素溶解(線溶系)によって溶解される。

137) グロブリン(globulin): グロブリンは水に溶けにくく、希薄な中性塩溶液に溶け、熱凝固性がある一群の蛋白質の総称である。グロブリンは、中性pHで電気泳動法で分画した時に、移動度の速い順に α グロブリン、 β グロブリン、 γ グロブリンに分類される。

138) 体液性免疫: 免疫のうち、抗原を特異的に認識して排除するために抗体が中心的役割を果たすものを体液性免疫という。これに対しとくにT細胞が抗原の排除に主役を担うものを細胞性免疫という。

血液凝固因子

血液凝固と血液凝固因子

【生理学】

血液中に流れる血液凝固にかかわる物質群を血液凝固因子という。この血液凝固因子が連続的に反応して、血中で可溶性のフィブリノゲンが不溶性のフィブリンに転換される過程を血液凝固という。

血液凝固機転は、出血時以外にも血栓¹³⁹⁾形成により亢進されることがある。また何らかの原因で血液凝固機転が亢進した場合にも、血栓が形成されやすくなる。

血液凝固因子

【生理学】

血液凝固因子には以下のようなものがある。

- トロンボプラスチン¹⁴⁰⁾ ----- プロトロンビンをトロンビンに変える作用をもつ物質で、トロンボキナーゼ¹⁴¹⁾ともよばれる。
- プロトロンビン¹⁴²⁾ ----- 肝臓で産生される物質で、トロンビンの前駆物質である。活性化されトロンビンとなる。プロトロンビンが関与する血液凝固時間をプロトロンビン時間¹⁴³⁾という。
- フィブリノゲン [p.89] ----- 肝臓で生成される水溶性の血漿蛋白であり、血液凝固に必須の物質である。
- トロンビン ----- 血漿蛋白質として血液中に溶解しているフィブリノーゲンを、水に不溶性の物質であるフィブリンへ変換

139) 血栓：血管内で血液が固まる機序は、内皮細胞が傷害されることが契機となって始まる。このため血管壁の破綻による出血がなくとも、何らかの原因で内皮細胞が傷つくことで血液凝固機転がおこることがある。この結果として血管内腔にできる血液の固まりのことを血栓という。

140) トロンボプラスチン(thromboplastin)： トロンボプラスチンは、かつて血液凝固促進物質(プロトロンビンをトロンビンに活性化する因子)とされていた物質の名称であるが、現在これらの物質名はあまり使われない。

141) トロンボキナーゼ(thrombokinase)： トロンボキナーゼは、血液凝固の古典的学説において、組織や血小板から放出されカルシウム存在下でプロトロンビンをトロンビンに活性化すると考えられていた物質である。トロンボプラスチンという名称も提唱されたが、これはその後の研究で直接組織や血小板などから放出される物質ではなく、血液凝固反応の中でいくつかの凝固因子の相互作用によるものであることが明らかとなり、現在この名称はほとんど用いられていない。

142) プロトロンビン(prothrombin)： プロトロンビンは第Ⅱ因子ともよばれ、ビタミンK依存性血液凝固第Ⅱ因子のことをいう。血液凝固反応によって生じたプロトロンビナーゼ複合体により活性化されてトロンビンとなる。

143) プロトロンビン時間(prothrombin time;PT)： プロトロンビン時間とは、血漿に組織トロンボプラスチンとカルシウムの混合液をくわえて凝固時間を測定し、プロトロンビンなどの血液凝固因子の異常を測定する検査法である。プロトロンビンは肝臓で生成されるため、肝硬変、急性肝炎、肝臓などではプロトロンビン時間延長がみられる。

する酵素である。

- **フィブリン**-----血液凝固において、血漿中のフィブリノーゲンは、トロンビンの作用をうけてフィブリンとなる。フィブリンは水に不溶性であるため、線維素ともよばれる。
- **カルシウムイオン(Ca²⁺)** -----フィブリンどうしを結合させてフィブリン塊を形成する。
- **ビタミンK¹⁴⁴⁾**-----**肝臓における血液凝固因子の産生に不可欠**である。
- **その他** -----その他の血液凝固因子としては、**第Ⅷ因子**や**第Ⅸ因子¹⁴⁵⁾**(クリスマス因子)がある。

◇◇ 止血のプロセス

◇ 止血のプロセス

【生理学】

血管が破綻したときには、以下のように止血のプロセスがはたらく。

- 止血のプロセスは血管の破綻などにより、**血管内皮細胞が傷害**されることが引き金となって始まる。
- **血小板が血管内皮の破綻部位に集合(凝集^{ぎょうしゅう})**して、血小板が破綻部位を応急的にふさぐ。これを血小板血栓(白色血栓)という。
- 血管破綻部位に凝集した**血小板からセロトニンが放出**され、**セロトニンの作用によって血管破綻部が収縮**し血管内をながれる**血液の流動性が低下**する。この血小板血栓の生成と血管の収縮によって**一次止血**が終わる。
- 破綻部位の血管内で**血液凝固因子による血液凝固機転がはたらき**、**フィブリンが生成**される。
- 凝集した血小板の周囲に、**水に不溶性のフィブリン(線維素)が結合して線維網(フィブリン塊)が形成**され、ここに血球が捕捉される。
- こうしてできる暗赤色の凝血塊を**血餅^{けっぺい}**といい、これが血管破綻部位を完

144) ビタミンK: ビタミンKは母乳中の含有量が少ないため、乳児は生後1-2ヵ月に乳児特発性ビタミンK欠乏性出血症(新生児出血傾向)をきたすことがある。

145) 第Ⅷ因子や第Ⅸ因子: 血液凝固の第Ⅷ因子や第Ⅸ因子は、先天的に欠乏することがある。これを血友病という。

全にふさぐ。血餅は、血小板を核としたフィブリン網に赤血球、白血球、血小板をふくむ。

- 時間経過とともに血餅からは内部の血清が押し出され、次第に強固になる。この過程を血餅の退縮^{たいしゅく}という。
- 血餅に囲まれた破綻部位の血管壁が、修復・再生される。

◇ 血液凝固抑制薬

【生理学】

血液凝固機転を阻害する薬物を血液凝固抑制薬(抗凝固薬)という。代表的な血液凝固抑制薬(抗凝固薬)には、ヘパリン¹⁴⁶⁾がある。

ヘパリンは肝臓で生成され、トロンボプラスチンに作用しプロトロンビンがトロンビンになるのを阻止するとともに、フィブリノーゲンからフィブリンの生成も阻害する強力な血液凝固抑制薬である。

◇◇ 線維素溶解系

◇ 線維素溶解(線溶)

【生理学】

血液凝固において血管内腔に形成されるフィブリン(線維素)塊や血餅が長期にわたって存在すると、血流障害をひきおこす原因となる。線維素溶解(線溶)とは、フィブリン塊や血餅が形成されて一定時間が経過した後、フィブリン(線維素)を溶解するメカニズムである。なお線維素溶解(線溶)の機能が低下すると、血管内では血栓が形成されやすくなる。

線維素溶解(線溶)には流血中のプラスミノゲンとプラスミンが重要な役割をはたす。

◇ プラスミン

【生理学】

プラスミン¹⁴⁷⁾は、生成されたフィブリン(線維素)を分解する酵素である。プ

146) ヘパリン(heparin)：ヘパリンは血液凝固阻止作用を有する酸性ムコ多糖類である。ヘパリンは播種性血管内凝固および血栓塞栓症の治療のほか、心房細動にともなう血栓形成の予防などにもちいられる。これを用いた治療法または予防法を抗凝固療法という。このように抗凝固療法は、各種の血栓症の予防・治療手段としてはすぐれているが、反面では出血傾向をきたしやすい。

147) プラスミン(plasmin)：プラスミンは、プラスミノゲンがプラスミノゲンアクチベーターにより活性化されてできる。フィブリンなどを分解する蛋白質分解酵素である。

ラスミンは血中で不活性のプラスミノゲン¹⁴⁸⁾として存在する。プラスミノゲンはフィブリンが形成されたときにフィブリンに吸着され、しばらくすると活性化されてプラスミンとなる。これによってフィブリン(線維素)は切断され溶解する。

心臓の構造と機能

心臓とは

心臓の構造の概略

◇ 心臓の大きさ

【解剖学】

心臓は血液循環の源となる^{ちゅうくう}中腔性の臓器で、その内腔には血液をいれる四つの空間がある。心臓の大きさは手のこぶしとほぼ同じであり、重さは成人で約300gある。

◇ 心臓の位置

【解剖学】

心臓は^{きょうかく}胸郭のほぼ中央部で、^{きょうこつ}胸骨および^{ろっこつ}第2～6肋骨の背面に位置する。すなわち心臓は^{じゅうかく}縦隔¹⁴⁹⁾の前下部で、^{おうかくまく}横隔膜の上であり、左右の肺に囲まれている。

◇ 心臓の各部位の名称

【解剖学】

心臓のうち、その上部を^{しんてい}心底部といい、ここには数本の大血管が出入りする

148) プラスミノゲン(plasminogen)： プラスミノゲンはプラスミンの前駆物質となる分子量約9万の糖蛋白質であり、酵素活性はもたない。肝臓で産生・分泌され、血液中を循環する

149) 縦隔： 縦隔は、左右の肺ならびに胸膜腔をへだてた胸腔中央部の空間をいう。前方は胸骨で、後方は胸椎体、側方は縦隔胸膜、下方は横隔膜で境され、上方は胸郭上口をへて頸部へつづく。縦隔上部には気管、食道、胸管、大動脈弓とその枝、腕頭静脈、上大静脈、迷走神経、横隔神経、反回神経、胸腺などがふくまれる。また中部には心臓、大血管起始部、気管分岐部と肺根、横隔神経、心臓神経などが、後部には下行大動脈、奇静脈、半奇静脈、迷走神経、食道、胸管などがふくまれる。

る。また下方は細くとがった形状をなし、その下端を心尖部^{しんせん}という。心底の中心から心尖にむかう軸は左前方にかたむいているため、心尖部は胸郭の左へ片寄っている。このため左第5肋間の乳線上では、心拍にともなって心尖が前胸壁をたたく振動を触れることができる。これを心尖拍動^{しんせんはくどう}という。

◇ 心臓壁の構造

【解剖学】

心臓の壁は心内膜^{しんないまく}、心筋層^{しんがいまく}、心外膜の三層からなる。

1. 心内膜

心臓の内腔表面をおおう膜を心内膜という。心内膜は単層扁平^{たんそうへんぺいじょう}上皮^ひ¹⁵⁰⁾ [p.38]の層からできており、これは血管内皮^[p.112]につらなる。

2. 心筋層

心筋層は心臓壁の厚さの大部分を占める。心筋層を構成するものは心筋とよばれる横紋筋^{おうもんきん}¹⁵¹⁾ [p.49]細胞である。すなわち心臓のほとんどは心筋細胞が占める。

3. 心外膜

心臓表面は、二枚の膜に囲まれている。この膜を心外膜(心膜¹⁵²⁾)という。二枚の心外膜(心膜)の間の空間を心膜腔^{しんのう}(心嚢)といい、ここは微量の心膜液とよばれる液体で満たされている。心膜液は漿液性^{しょうえき}の液体で、心拍によって心臓が他の臓器と直接こすれ合うことを防いでいる。

◇ 心臓の内部構造

【解剖学】【生理学】

心臓内部は、縦方向に心臓を仕切る隔壁^{かくへき}によって左心系と右心系にへだてられている。このため左心系と右心系の間で血液が交通することはな

150) 単層扁平上皮： 単層扁平上皮は上皮の中でもっとも薄く、心臓および血管の内皮はすべて単層扁平上皮でおおわれる。また心臓弁膜は、この単層扁平上皮が肥厚したものである。

151) 横紋筋： 筋組織は骨格筋・平滑筋・心筋の3種に分けられる。筋組織は顕微鏡で観察したときに、規則的にならぶ筋線維がつくる縞模様(横紋構造)がみえるものを横紋筋といい、そうでないものを平滑筋という。筋のうち骨格筋と心筋が横紋筋である。いっぽう筋のうち、骨格筋は体性運動神経の支配を受け随意的に収縮し、平滑筋は横紋構造がなく自律神経遠心路の支配を受け自律的に収縮する。これに対し心筋は横紋構造をもつ横紋筋でありながら、自律神経支配を受け自律的に収縮(不随意筋)する点が特徴的である。

152) 心膜： 二枚の心膜は、心臓に入る6本の静脈(上・下大静脈、4本の肺静脈)の周囲、および心臓から出る2本の動脈(大動脈、肺動脈)の周囲で折り返して、閉じられた袋構造である心膜腔をつくる。

い¹⁵³⁾。このうち左心系には動脈血が流れ、右心系には静脈血が流れる。

また心臓内部は横方向にある仕切りによって上下に区分され、上半部を心房^{しんぼう}とよび、下半分を心室とよぶ。しかし心臓を縦方向に仕切る隔壁と違い、心房と心室の間には弁膜^{べんまく}があり、これによって心房と心室は交通している。

このように心臓の内部には右心房、右心室、左心房、左心室の計四つの部屋(空間)が存在する。

◇ 心房中隔と心室中隔

【解剖学】

心臓内部を縦方向に仕切る隔壁^{かくへき}には、心房中隔と心室中隔とがある。

1. 心房中隔

左右の心房を縦方向に仕切る隔壁^{しんぼうちゅうかく}を心房中隔^{たいじ}という。胎児期の心房中隔には、卵円孔^{らんえんこう}とよばれる開口部があり、静脈系から動脈系に血液を流すルート(胎児循環)のひとつとなっている。卵円孔は出生後3か月までに閉鎖¹⁵⁴⁾し、その後は卵円窩^{らんえんか}¹⁵⁵⁾としてその痕跡^{こんせき}をのこす。

2. 心室中隔

左右の心室を縦方向に仕切る隔壁^{かくへき}を心室中隔という。

◇ 心臓の外観

【解剖学】

心臓内部の心房と心室の間に相当する心臓壁には冠状溝という溝があり、左心室と右心室の間には前後の室間溝がある。

また左右の心房には、前外側へ囊状^{のうじょう}に突き出した部分があり、これを心耳^{しんじ}という。しかしその機能はよくわかっていない。

153) 左心系と右心系の間で血液が交通することはない： ヒトの出生後に左心系と右心系の間で血液が交通することはないが、胎生期には心房中隔に開いた孔(卵円孔)をとおって、血液が右心房から左心房に流入している。

154) 卵円孔は出生後3か月までに閉鎖： 出生後も卵円孔が閉鎖しない先天性心奇形を心房中隔欠損症という。

155) 卵円窩： 卵円窩は心房中隔の右心房側に認められる卵円形の扁平な陥凹である。上大静脈開口部の下方に位置する。

◇◇ 心臓の機能の概略

◇ 心臓の機能

【生理学】

心臓の機能は血液を動脈に駆出するポンプ作用にある。心臓はこの機能をこなうために、以下のような基本構造をもつ。

1. 心筋

- 固有心筋-----心臓においてポンプ作用をこなう心筋細胞群を**固有心筋** [p.100]という。これは心臓を構成する細胞の大部分をしめる。
- 特殊心筋-----心筋がポンプ作用を発揮するときにおこる心筋群の収縮は電気的な活動によっておこなわれる。この**電氣的刺激**を伝える心筋群を**特殊心筋** [p.102]という。この**特殊心筋細胞**は、**電氣的刺激**を心臓の各所に伝えるためのルートを構成しており、これを**刺激伝導系** [p.102]という。

2. 冠状循環

心臓を構成する細胞群は、酸素やグルコース(ブドウ糖)の供給をつねに受けることで活動を維持している。この**心筋細胞**に**酸素と栄養**を供給する**血管群**を**冠状循環(冠循環)** [p.115]と総称する。

3. 心臓弁膜

ポンプとしてはたらく心臓では、その内部の血液は決められた方向にのみ流れる。このために**心臓内**には**四カ所**に**弁膜**があり、これによって**血液の流れ**を制御し、**逆流**を防止している。**心臓弁膜**には**二カ所**の**房室弁**と、**二カ所**の**動脈弁(半月弁)**とがある。

◇◇◇ 心臓内の血流

◇◇ 心臓弁膜

◇ 心臓弁膜の機能

【生理学】

心臓弁膜には**二カ所**の**房室弁**と、**二カ所**の**動脈弁(半月弁)**とがある。心

臓弁膜は、心臓内の血液の流れを制御し、逆流を防止するという重要な役割をはたす。

なお心臓弁膜に心筋細胞は存在しない。このため心臓弁膜の開閉は神経系によって制御されているのではなく、心臓内の血液がもつ圧力差によって受動的におこなわれる。

◇ 心臓弁膜の構造

【解剖学】

四つの心臓弁膜は、心房と心室の間をへだてる境界面にならび、結合組織でできた線維輪¹⁵⁶⁾に囲まれている。

大動脈弁は、心房と心室の間をへだてる面のほぼ中央に位置する。肺動脈弁は大動脈弁の左前方に位置する。また左右の房室弁は大動脈弁の後方にならぶ。

1. 房室弁

房室弁^{ぼうしつべん}は心臓の左右の心房・心室間にある弁膜で、これらの間の血液の逆流を防止している。

- 右房室弁は三つの弁で構成される¹⁵⁷⁾ことから三尖弁^{さんせんべん}とよばれる。
- 左房室弁は二つの弁で構成されることから二尖弁とよばれ、その形状から僧帽弁^{そうぼうべん}¹⁵⁸⁾ともよばれる。
- 左右の房室弁の先端は心室側にある。房室弁の先端部は細い索状物^{さくじょうぶつ}である腱索^{けんさく}となり、さらに心室壁からでている乳頭筋¹⁵⁹⁾につながる。これら心室にある腱索や乳頭筋は、房室弁が心房側に反転することを防止している。

2. 動脈弁

動脈弁は左右の心室から大動脈、肺動脈がでる部分にある弁膜である。動脈弁はいずれも半月状の形態をもつ三枚の弁尖よりなることから、半月弁ともよばれる。

156) 線維輪： 線維輪は、左右房室弁と大動脈・肺動脈弁の周囲を輪状に囲む結合組織である。

157) 右房室弁は三つの弁で構成される： 右房室弁は中隔尖、前尖、後尖の3つの弁から構成される。

158) 僧帽弁： 僧帽弁は、弁膜が前後の2部分(前尖と後尖)に分かれて心室内に帆布のように下がっている。僧帽は、キリスト教の司教がかぶる前後の二尖端をもった司教帽(mitra)のことである。

159) 乳頭筋： 乳頭筋は、心室内面に肉柱に混じってみられる円錐状に隆起する筋である。その先端からは細い腱索がでており、腱索は房室弁の縁に付着する。

◇ 心臓内の血流

◇ 心房と心室における血流

【解剖学】【生理学】

心臓の内部にある右心房、右心室、左心房、左心室には以下のように血液が流れる。

1. 右心房

- 肺以外の全身組織からの静脈血は大静脈にあつまり、大静脈から右心房に流入する。
- 右心房と右心室の間には右房室弁(三尖弁)がある。右心房にはいった静脈血は右房室弁(三尖弁)をとおって右心室へと流れこむ。

2. 右心室

- 右房室弁から右心室へと流入した血液は、右心室のポンプ作用により肺動脈に駆出され、肺循環(小循環)にはいる。
- 右心室から肺動脈がでる部位には肺動脈弁があり、ここから静脈血は肺動脈にでて、肺にいたる。

3. 左心房

- 右心室から肺動脈に出た静脈血は、肺胞の毛細血管で酸素を取りいれて動脈血となる。この動脈血は肺静脈を流れて、左心房に還流する。
- 左心房と左心室の間には左房室弁(僧帽弁)がある。左心房にはいった動脈血は、左房室弁(僧帽弁)をとおって左心室へと流れこむ。

4. 左心室

- 左房室弁から左心室へと流入した血液は、左心室のポンプ作用により体循環(大循環)に駆出され、体循環(大循環)にはいる。
- 左心室から大動脈がでる部位には半月状の形態をもつ大動脈弁があり、ここから動脈血は大動脈にでて、肺以外の全身組織にいたる。

◇ 動脈血と静脈血の流れ

【解剖学】【生理学】

心臓において静脈血および動脈血が流れる順序は、以下のとおりである。

1. 体循環からの静脈血

右心房→右房室弁(三尖弁)→右心室→肺動脈弁(肺動脈半月弁)→肺動脈

2. 肺循環からの動脈血

左心房→左房室弁(二尖弁・僧帽弁)→左心室→大動脈弁(大動脈半月弁)→大動脈

◇◇◇ 心筋細胞の特徴

◇◇◇ 固有心筋

◇ 固有心筋

【解剖学】

心臓においてポンプ作用をになう心筋細胞群を固有心筋という。これは心臓を構成する細胞の大部分をしめる。

1. 心房筋と心室筋の差異

心臓のうち左右の心房は静脈からの血液が流入する部位であるため、その壁は伸展性にとむ2層構造となっている。これに対し、左右の心室は動脈に血液をおくりだす部位であるため、その壁をつくる心筋は3層からなる。

また右心室は肺循環にのみ血液を駆出するのに対し、左心室は全身に動脈血を駆出するために、より大きな収縮力が必要となる。このため左心室の筋層は心筋の中でもっとも厚い。

2. 乳頭筋と腱索

心室の内面は平滑ではなく、多数の凹凸^{おうとつ}がある。この心室内面の凸部は肉柱^{にくちゅう}とよばれ、肉柱に混じって円錐状に隆起する乳頭筋^{にゅうとうきん}は腱索^{けんさく}を介して房室弁の先端部につながっている。

◇ 固有心筋細胞

【解剖学】

心筋細胞は、円柱状の細長い単核の横紋筋^[p.49]細胞である。ひとつひとつ

つの**心筋細胞**は電氣的に興奮して、機械的な収縮をおこす能力、すなわち**自動能**をもつ。この機械的な収縮は、細胞内にある**収縮蛋白質**である**ミオシン**と**アクチン**¹⁶⁰⁾の作用によっておこる。また心筋細胞内には**心筋トロポニン T**¹⁶¹⁾とよばれる蛋白質もふくまれる。

◇ 固有心筋細胞の連結

【解剖学】

心筋細胞は、隣接する細胞どうしがおたがいに連結しており、その連結部には**介在板**¹⁶²⁾ (光輝線または**横線**)とよばれる構造がみられる。

細胞間の機械的結合にはたらく介在板の部位の電気抵抗は、細胞膜で仕切られている他の部位にくらべ、いちじるしく低くなっている。このため一カ所の心筋細胞が電氣的に興奮して収縮をおこすと、その電氣的興奮は容易に隣接する細胞につぎつぎに伝導していき、心筋全体が協調して収縮することとなる。

心臓にはこの介在板による電氣的結合がある。これを**ギャップ結合**^[p.7]といい、これによって心筋は全体として¹⁶³⁾単一のユニットとして規則的な収縮・弛緩を繰り返し、血液を循環させるポンプとしての機能をはたすことができる。

形態学的には個々に独立した細胞でありながら、**隣接した細胞群があたかも一つの細胞と同様にその機能を発揮するものを機能的合胞体**^{ごうほうたい}という。**心臓は上記のように代表的な機能的合胞体として活動する臓器**である。

◇ スターリングの法則

【生理学】

心筋は伸展されると、心筋はその伸展度に応じた収縮力を発揮する。こ

160) ミオシンとアクチン： 筋細胞を縦走する直径約1 μ mの線維を筋原線維という。この筋原線維は、筋収縮をつかさどるミオシン(myosin)とアクチン(actin)とよばれる糸状の収縮蛋白質から構成される。筋原線維内でこれらの蛋白質は交互に規則正しく平行に配列しており、これら2種の細糸が滑り合うことによって筋収縮が生じると考えられている。

161) 心筋トロポニンT(troponin T)： 心筋トロポニンTは、横紋筋の筋原線維を構成するトロポニン複合体のひとつで、心筋細胞内に限局し他の細胞内には存在しない。このため、心筋細胞の破壊がおこる心筋梗塞では心筋トロポニンTが血中に逸脱して、血中心筋トロポニンTの値が上昇する。

162) 介在板： 介在板は隣接する心筋細胞間の機械的・電氣的結合を仲立ちし、心筋全体が単一のユニットとしてはたらくうえで必須の構造である。介在板には、デスモソーム(desmosome)とよばれる構造がある。デスモソームは、細胞どうしを強く接着するはたらきをもつ線維状ポリペプチドである。

163) 心筋は全体として： ただし心房と心筋の間は結合組織で仕切られているため、この部位での電氣的な興奮は刺激伝導系の働きによって伝えられている。

れをスターリングの法則¹⁶⁴⁾という。

これは大静脈から心臓(右心室)への還流量^{かんりゅう}が増大すると、心収縮力が大きくなる。または心臓の拡張期(充満期)^{じゅうまん}末期の容積と1回心拍出量^{しんはくしゅつりょう}が正比例するということもできる。ただし拡張期末期の容積が増大しても、心拍数はほとんど変化しない。

◇◇ 特殊心筋

◇ ペースメーカー細胞

【生理学】

心臓は、体外に取りだしても自動的に拍動^{はくどう}をつづける。この拍動リズム(調律)は、洞房結節(洞結節)^{どうぼうけっせつ どうけっせつ}にある一定のリズムで興奮する自動能をもつ細胞、すなわちペースメーカー細胞¹⁶⁵⁾(心臓の歩調とり)によって形づくられている。

◇ 特殊心筋

【生理学】

心筋がポンプ作用を発揮するときにおこる心筋群の協調的な収縮活動は通常、心臓の洞房結節(洞結節)にあるペースメーカー細胞がおこす電氣的興奮が一定のルートを通じて心臓全体に伝わることによっている。こうした心機能を維持するために、心臓内にはりめぐらされた特別な心筋細胞群を特殊心筋といい、これによってみちびかれる電氣的興奮のルートを刺激伝導系という。

◇ 刺激伝導系

【生理学】

刺激伝導系は、以下のように洞房結節(洞結節)と、房室結節、房室束(ヒス束)^{さききやくうきやく}、左脚、右脚、プルキンエ線維^{せんい}で構成される。

164) スターリングの法則(Starling law of heart): スターリングの法則は、それ以前にカエルの心室で研究したフランクの名も冠して、フランク・スターリングの法則とよばれることもある。(Ernest Henry Starling, 1866-1927, はイギリスの生理学者)

165) ペースメーカー細胞: 何らかの原因で洞房結節のペースメーカー細胞が機能しなくなったときには、房室結節など刺激伝導系を構成する他の細胞がペースメーカー細胞となる。

1. 洞房結節

- **洞房結節(洞結節)¹⁶⁶⁾**は右心房の上大静脈の開口部付近にある。
- **洞房結節にあるペースメーカー細胞におこった電氣的興奮は、隣接する細胞につきつぎに伝導していき心房の固有心筋群全体にひろがって、心房の収縮をおこす。**これによって心房内の血液は、房室弁を介して心室へと流入する。

2. 房室結節と房室束 (ヒス束)

- 心房の固有心筋の電氣的興奮は、**房室結節¹⁶⁷⁾**につたわる。**房室結節は右心房の下壁で、右心房と右心室をつなぐ三尖弁の付着部直上にある。**
- **心房と心室の境界面にある線維輪_[p.98]**は電氣をとおさない絶縁体としてはたらく。
- **房室束(ヒス束)¹⁶⁸⁾**は、心房側にある房室結節からこの絶縁体を**右線維三角¹⁶⁹⁾**の部位でつらぬいて電氣的興奮を心室側につたえる線維群である。
- 房室結節の興奮は、房室束(ヒス束)に伝導されて心室中隔にいたる。

3. 左脚・右脚とプルキンエ線維

- 心室中隔に達した**房室束(ヒス束)の線維は、心室中隔の上部で左脚と右脚に分岐する。**
- 左脚と右脚はさらに枝分かれし、左右の**心室内の内膜面にプルキンエ線維**として網状に広く分布する。
- プルキンエ線維によって心尖部にまで伝えられた電氣的興奮は、心尖部から上方に向かって心室筋全体にひろがっていき、これによって心室筋が収縮することにより心室内の血液が動脈弁から駆出される。

166) 洞房結節(洞結節)： 洞房結節は、長径10-15mmの楕円形の組織である。

167) 房室結節： 房室結節は、心房から心室への興奮伝導を約100ミリ秒遅らせている。これにより心房から心室への血液の充満を促進する役割をはたす。また房室結節の細胞も自動能をもち、心臓のペースメーカー細胞としてはたらくことができるが、房室結節がつくるリズム(調律)は洞房結節がつくるリズムより遅い。このため健康な人では通常、房室結節がつくるリズムが心臓全体の調律をおこなうことはない。

168) 房室束(ヒス束; His bundle)： 房室束は、心房と心室間をつなぐ唯一の特殊心筋線維で、発見者の名を冠してヒス束ともいう。(William His, 1863-1934, はドイツの医師)

169) 線維三角： 心臓の心房と心室の境界面において、とくに発達した三角形の板状をなす部位を線維三角という。線維三角は左右の2つがあり、右線維三角は大動脈口の後ろで左右の房室口に挟まれた領域にあって、ここを刺激伝導系の房室束が貫通する。また左線維三角は、大動脈口の左で房室口の前方にある。

心周期

心周期

◇ 心周期とは

【生理学】

心周期とは、心筋の一回の収縮・弛緩^{しかん}によっておこる心拍の一周期に要する経過時間をいう。たとえば心臓の拍動数(心拍数)が60回/分であるとき、心周期は約1.0秒であり、心臓の拍動数が75回/分であるとき、心周期は約0.8秒である。

心周期は、心筋が収縮する収縮期と、弛緩^{しかん}する拡張期とにわけられる。

◇ 収縮期

【生理学】

心周期のうち心室筋が収縮する期間を収縮期といい、これはさらに等容^{とうよう}性収縮期^{せいしゆくき}と駆出^{くしゅつ}期にわけられる。なお心周期でおこるそれぞれの現象は、心室を中心に考えると理解しやすい。

1. 等容性収縮期

- 心室に血液が充満した後、心室の収縮(収縮期)が始まると、心室内部に圧が発生して房室弁は閉鎖する。これによって等容性収縮期が始まる。
- 等容性収縮期の開始時には、心室内圧よりも動脈圧のほうが高いため、動脈弁も閉鎖している。
- このように心室にあるすべての弁膜が閉じたままの状態、心室が収縮すると、心室の内容積は一定のまま、内圧のみが上昇していく。こうして心室内圧が上昇していき、動脈拡張期圧(最低血圧)^[p.159]をこえた時点で動脈弁が開放する。
- この房室弁が閉鎖してから動脈弁が開くまでの期間を等容性収縮期という。

2. 駆出期

- 心室圧が動脈拡張期圧(最低血圧)をこえると動脈弁が開く。このときも心室筋は収縮をつづけているため、心室内の血液は動脈へ駆出される。

ただしこのとき房室弁は閉じられたままである。

- ついで心室圧が動脈拡張期圧(最低血圧)よりも低くなると心室筋の収縮が終息して動脈弁が閉じる。
- この動脈弁が開いてから閉じるまでの期間を駆出期という。
- このとき動脈においても血圧は上昇し、最高血圧(収縮期圧) [p.159]を記録する。

◇ 拡張期

【生理学】

心周期のうち心筋が弛緩していく期間を拡張期といい、これはさらに、等容性弛緩期と充満期に区分される。

1. 等容性弛緩期

- 心室筋の弛緩によって動脈弁が閉じられることで等容性弛緩期が始まる。
- 等容性弛緩期の開始時には、心房内圧よりも心室内圧のほうが高いため、房室弁も閉じている。
- このように心室にあるすべての弁膜が閉じたままの状態、心室の弛緩がすすむと、心室の内容積は一定のまま、内圧のみが下降する。
- こうして心室内圧が十分に低下していき、心房内圧を下回ったときに房室弁が開放する。
- この動脈弁が閉鎖してから房室弁が開くまでの期間を等容性弛緩期という。

2. 充満期

- 心室内圧が心房内圧よりも低下すると、房室弁は開放される。このときも心室筋は弛緩しつづけているため、心房内の血液は心室内へと吸引される。なお、このとき動脈弁は閉じられたままである。
- ついで心室に血液が充満して心室内圧が心房内圧よりも高くなると、房室弁は閉鎖する。
- この房室弁が開いてから閉じるまでの期間を充満期という。
- このとき動脈における血圧は低下しつづけ、最低血圧(拡張期圧)を記録する。

◇ 心周期と心臓弁膜

【生理学】

心周期でおこっている事柄を心臓弁膜の動きを中心にまとめると、以下のようになる。

- 心周期のうち等容性収縮期と等容性弛緩期の期間は心臓にあるすべての弁膜(房室弁と動脈弁)が閉じており、これによって心室内圧を変化させている。
- 駆出期には動脈弁を開いて、血液を心室から動脈へと駆出している。
- 充満期には房室弁を開いて、血液を心房から心室へと吸引している。

◇◇ 心周期にみられるさまざまな指標

◇ 心音

【生理学】

胸壁に聴診器をあてると、心臓の拍動にともなって発生する音を聴取することができる。この心収縮にともなって生じる聴診音を心音¹⁷⁰⁾という。

1. 第I音

心音の第I音は心収縮期の開始、すなわち等容性収縮期の開始時にあたり、おもに房室弁(三尖弁、僧帽弁)の閉鎖によって生じる音である。

2. 第II音

第II音は心収縮期の終了時、等容性弛緩期(拡張期)の開始時にあたり、おもに動脈弁(大動脈弁、肺動脈弁)の閉鎖によって生じる音である。

◇ 心拍数

【生理学】

心臓の1分間あたりの拍動回数を心拍数という。健康成人の安静状態での心拍数は60-100回/分である。また60回/分よりも心拍数が少ない場合を^{じよみやく}徐脈といい、100回/分よりも多い場合を^{ひんみやく}頻脈とよぶ。

170) 心音： 心周期における心臓弁膜の閉鎖は、急激におこるため、明確な音として聴取できる。このため正常な心音は、おもに心臓にある弁膜の閉鎖によって生じる音である心臓弁膜は計四ヶ所にあるが、二カ所の房室弁の開閉のタイミングは同じであり、二カ所の動脈弁の開閉も同時におこる。このため、心音は一回の心周期に二回発生することになる。

◇ 心拍出量

【生理学】

心臓が1分間に拍出する血液量を心拍出量(毎分心拍出量)という。また心臓が1回の収縮で拍出する血液量を一回拍出量¹⁷¹⁾という。

健康成人の一回拍出量の正常値は、60-80mLである。心拍出量(毎分心拍出量)は、一回拍出量×心拍数で求められ、これは約5-6リットル/分となる。ただし心拍出量は、運動時には安静時の4-6倍にもなる。

◇◇◇ 心筋における電氣的活動

◇ 心電図

【生理学】

心臓の収縮活動は、心筋細胞群におこる電氣的興奮(活動電位)にもとづいておこる。心電図は、心臓の活動電位の時間的変化をグラフに記録したものである。心電図の計測では、一般に四肢や胸部など体表面の決められた部位に電極をつけ、これらの電極におこる電氣的变化を記録する。

心電図上にあらわれる波形はP、Q、R、S、T波とよばれ、正常ではこれらの波形が、心拍に同期してひとつずつ規則正しく繰り返される。これらの波形は、以下のように心筋の電氣的活動を反映している。このため心電図は、不整脈、狭心症、心筋梗塞など多くの心臓疾患の診断に役立つ。ただし心臓弁膜の開閉は、心筋細胞の電氣的興奮によらず、その前後の圧力差によっているため、心臓弁膜の異常(心臓弁膜症)で心電図に異常を呈することはない。

1. P 波

洞房結節のペースメーカー細胞が興奮すると、心房筋が収縮を開始してP波がおこる。このようにP波は心房の興奮をしめす。

2. QRS 波

P波が消退するときには心房筋をつたわる電氣的興奮が房室結節にいたり、ヒス束、右脚、左脚の興奮を介して心室中隔の心筋が収縮する。これによってQ波が発生し、ついでもっとも大きな波形であるR波がおこる。さらにプルキンエ線維を介して心室全体にひろがる興奮はS波をおこす。このように

171) 一回拍出量： 一般に一回拍出量は、左心室が1拍の収縮によって大動脈に駆出する血液量をいう。正常な心臓では、左右心室の一回拍出量の平均値はほぼ等しいと考えてよいが、正確には左心室の一回拍出量の方が気管支動脈血流分だけ数%多い。

QRS波は心室筋の興奮をしめす。

3. T波

心室筋の収縮の後、弛緩していく過程でT波がおこる。このように**T波は心室筋の興奮消退をしめす。**

◇ 心電図における各波の間隔

【生理学】

- **P-Q間隔(P-Q時間)**またはPR間隔(PR時間) ----- **心房から心室への興奮伝導時間**をあらわす。
- **Q-T間隔(Q-T時間)**----- QRS波の始まりからT波の終わりまでの時間である。
- **R-R間隔(R-R時間)**またはP-P間隔(P-P時間) ----- R波から次のR波までの時間であり、**1回の心周期の時間**をあらわす。これは心拍数の指標として用いられ、R-R間隔が1秒のとき心周期は1秒であり、心拍数は60回/分である。

◇ 心筋細胞におこる活動電位の特徴

【生理学】

心筋細胞の収縮は、細胞内にある収縮タンパク(ミオシンとアクチン)どうしが滑りあうことで生じる。このミオシンとアクチンの運動は、細胞膜に生じた活動電位によって細胞内におこる一連の連鎖反応によって生じる。

心筋細胞におこる活動電位には以下のような特徴がある。

- 心筋におこる活動電位は他の細胞(骨格筋細胞やニューロン)にくらべ、その持続時間が非常に長い¹⁷²⁾。
- 活動電位によって興奮する細胞において**活動電位が発生している間、新たな刺激をくわえてもその細胞に新たな活動電位がおこらない期間**のことを**絶対不応期**という。心筋細胞では、活動電位が生じている期間のほとんどが絶対不応期となる。
- 上記のように**心筋細胞は活動電位の持続時間が長く、かつ長い絶対不応期をもつ**ため、一回の収縮中に他の刺激がくわわったとしても、これによる

172) 持続時間が非常に長い: 骨格筋細胞におこる活動電位の持続時間は0.01秒であるのに対し、心筋細胞のそれは0.2秒程度である。

新たな収縮が重なっておこることはない。

- 単一の活動電位によっておこる1回だけの筋の収縮と弛緩を単収縮といい、心筋は単収縮のみで活動している。
- 心筋細胞では、ひとつの活動電位によって一回だけの収縮がおこり、ゆっくりとした弛緩がこれにつづく。ポンプとしてはたらく心臓では、このゆっくりとした弛緩によって、はじめて心臓に十分な量の血液が流入することができる。

◇◇◇ 心臓の神経支配

◇ 心臓の神経支配

【生理学】

心筋は、構造的には骨格筋と同じように横紋構造をもつ横紋筋である。しかし心筋は、骨格筋のように随意的な収縮をおこすことができず、自律的に収縮する不随意筋である。

心臓に対する神経支配は、自律神経遠心路である交感神経と副交感神経による拮抗支配¹⁷³⁾(二重支配¹⁷⁴⁾)となっている。すなわち胸髄からは、交感神経線維が心臓に分布し、脳幹部から出る副交感神経線維は迷走神経の中を走行(心臓迷走神経)して心臓に分布する。

これら交感神経と副交感神経は、両方とも心臓のペースメーカーである洞房結節に分布し、そのはたらきを自動的にコントロールしている^[p.482]。ただし心臓は自律神経遠心路による調節がなくとも、一定リズムで拍動する能力がある。

◇ 自律神経活動に対する心臓の応答

【生理学】

洞房結節におこる心臓のリズムおよび心筋の収縮力は、交感神経と副交感神経によって、以下のように調節される。なおこれらの調節は、延髄にある

173) 拮抗支配： 交感神経と副交感神経は、二重支配をうける器官に対し相反する作用をおよぼす。これを拮抗支配という。

174) 二重支配： 自律神経系の遠心性神経は、原則的に各器官に交感神経と副交感神経の両方が分布する。これを自律神経の二重支配という。

循環中枢¹⁷⁵⁾(じゆんかんちゆうすう心臓血管中枢)_[p.164]によってコントロールされている。

1. 交感神経

胸髄からの交感神経は、心拍数増加、心収縮力増強に作用する。

2. 副交感神経

迷走神経からの副交感神経(心臓迷走神経)は、心拍数減少、心収縮力低下に作用する。

血管の構造と機能

ささまざまな血管の分類

◇ 動脈と静脈

【解剖学】

血管は生体内で血液を流す脈管_[p.62]である。血管には、心臓から末梢にむかって遠心性に血液を送り出す動脈と、末梢から心臓に向かって求心性に血液をもどす静脈と、動脈から静脈の移行部にあつて、血液と組織液との物質交換をになう毛細血管とがある。

◇ 門脈

【解剖学】

心臓を中心とする血液循環では、心臓から出た動脈が静脈として心臓にもどるまで、途中一カ所の毛細血管網をもつ。しかし例外的に途中に二カ所の毛細血管網をもつことがある。このとき二カ所の毛細血管網にはさまれた静脈を門脈¹⁷⁶⁾という。門脈は、その壁の構造が静脈と同じであることから広義には静脈に属し、その中を流れる血液も静脈血である。

ヒトにおいて門脈は肝臓(門脈または肝門脈_[p.146])と下垂体^{かすいたい}(下垂体門脈)でみられる。

175) 中枢： 脳と脊髄(中枢神経系)は、身体のさまざまな機能をコントロールしている。このコントロールは、脳や脊髄を構成する各所で分業されており、それぞれの機能にとってのコントロールセンター、すなわちその機能を調節するときに中心的な役割をはたす部位を中枢という。

176) 門脈： 門脈の内腔には静脈血が流れる。このため門脈は静脈系に属する。

◇ 血管の吻合

【解剖学】

血管が走行途上で相互に連絡することを、血管の**吻合**^{ふんごう}という。血管の吻合は多くの部位で見られる。

動脈がある組織に分布していくとき、吻合が多くあれば、そのどこかで血流障害¹⁷⁷⁾がおこっても、その組織への血液供給はたもたれる。このようにある血行路が障害されたとき、吻合した血管をたどって血液が流れるルートを**側副循環路**(側副血行路)という。

いっぽう一部の臓器に分布する動脈では、吻合がほとんどない、またはまったくない場合がある。この場合は、一本の動脈がその臓器の活動を支えることになる。このように**側副循環路をもたない動脈を終動脈**¹⁷⁸⁾といい、ごくわずかな側副循環路をもつだけのものを**機能的終動脈**という。

終動脈は、肺、脾臓^{ひぞう}、腎臓などでみられる。また機能的終動脈をもつ代表的な臓器は**心臓と大脳皮質**^[p.168]である。

◇ 栄養血管と機能血管

【解剖学】

血管はその役割によって**栄養血管**と**機能血管**に分類される。

一般に血管は**組織の毛細血管から血管外の組織に酸素と栄養分を供給する**。このような機能をになう血管を**栄養血管**と総称する。いっぽうある種の血管は、組織への酸素と栄養分の供給に関与せず、ある**特定の臓器に血液を運び、その臓器の機能を果たすためのみに働いている**。このような血管を**機能血管**という。

1. 肺

肺において、その細胞に酸素と栄養分を供給している**肺の栄養血管は気管支動脈**^[p.116]であり、肺機能であるガス交換をおこなうために血液を運ぶ血管、すなわち**機能血管は肺動脈**^[p.112]である。

2. 肝臓

肝臓においてその細胞に酸素と栄養分を供給している**肝臓の栄養血管**

177) 血流障害: 動脈内腔が閉塞しその灌流域の組織・臓器が無酸素となり、壊死におちいった状態を梗塞という。動脈内腔が閉塞する原因としては、動脈硬化症による粥腫の形成、血栓、塞栓などがある。

178) 終動脈: 終動脈で梗塞がおこると、その灌流域にある臓器では血流がとだえ、淡い色調に変化する。これを貧血性梗塞という。

は固有肝動脈^[p.130]であり、肝機能である血液中を流れる物質の化学処理をおこなうために血液を運ぶ血管、すなわち機能血管は門脈である。

3. 心臓

心臓の細胞(心筋細胞)の栄養血管^[p.115]は、冠状動脈(冠動脈)である。

血管壁の構造

◇ 血管壁の構造

【解剖学】

血管のうち動脈および静脈の壁(毛細血管以外の血管壁)は、内膜、中膜、外膜の三層構造をなす。

- 血管外膜----- 膠原線維を主体とする結合組織により形成される。
- 血管中膜¹⁷⁹⁾ ----- 弾性線維と平滑筋からなる。
- 血管内膜----- 単層扁平^[p.38]の血管内皮細胞からなる。

◇ 毛細血管壁の構造

【解剖学】

物質交換をになう毛細血管の血管壁は内膜(血管内皮細胞とそれを取りかこむ基底膜)のみの一層構造である。

肺循環の動脈と静脈

◇ 肺動脈

【解剖学】

肺動脈は、右心室から肺動脈弁(肺動脈半月弁)を介してでて、左右の肺に向かう肺の機能血管である。なお肺の栄養血管は、体循環の胸大動脈からわかれる気管支動脈^[p.127]である。

肺動脈は、心臓に出入りする血管のうちもっとも前方にある。その初部を肺

179) 中膜: 一般に動脈壁は静脈壁にくらべてきわめて厚いのは、動脈壁で中膜が厚く発達していることによる。

動脈幹といい、これは左上方に向かい、大動脈弓の下で右肺動脈¹⁸⁰⁾と左肺動脈¹⁸¹⁾にわかれる¹⁸²⁾。左右肺動脈は、それぞれ左右の肺の内側面中央にある肺門¹⁸³⁾から肺の中にはいる。

◇ 肺毛細血管

【解剖学】

肺動脈は、肺の内部で枝分かれを繰り返して細くなっていき、肺胞¹⁸⁴⁾で毛細血管(肺毛細血管)となる。肺動脈中を流れる静脈血は、肺毛細血管¹⁸⁵⁾で肺胞気¹⁸⁶⁾とのガス交換¹⁸⁷⁾によって動脈血となり、肺静脈に流れる。

◇ 肺静脈

【解剖学】

肺毛細血管から動脈血を左心房に還流する静脈を肺静脈という。

左右の肺内を走行する肺静脈は合流して肺門に達する。肺門からでる肺静脈は、右肺と左肺からそれぞれ2本ずつある。計4本の肺静脈は、気管支¹⁸⁸⁾の前をとおって左心房に開口する。

-
- 180) 右肺動脈： 右肺動脈は上行大動脈と上大静脈の背側、右気管支の前をとおって気管支とともに肺門に入り、上・中・下葉の3大枝となる。また右肺動脈は、肺動脈幹が左右に分かれる位置が左にかたよることと、右肺が大きいことから、左肺動脈より太くて長い。
- 181) 左肺動脈： 左肺動脈は下行大動脈の前、左気管支の上をとおって左気管支とともに肺門に入り、上葉と下葉への2大枝となる。
- 182) 右肺動脈と左肺動脈にわかれる： 左右肺動脈の分岐部には、大動脈弓壁に付着する胎生期の名残である動脈管索が出ている。
- 183) 肺門： 肺門は、左右の肺の内側面中央にある部分で、第5-7胸椎の高さに相当する。肺門からは気管支、肺動脈、肺静脈、気管支動脈、気管支静脈、神経、リンパ管が出入りする。
- 184) 肺胞： 肺胞は、肺内で気管支の末端部がつくる0.2~0.4mmの小さな袋である。肺におけるガス交換の場である。その数は左右の肺をあわせて2~6億個あり、その表面積は40~120m²でテニスコート一面分の広さに匹敵する。
- 185) 肺毛細血管： 肺毛細血管は肺胞の周りに密な網状構造をつくり、体血管の毛細血管にくらべ太くて短い。毛細血管床面積は60~90m²と広大で、ガス交換に適した構造となっている。
- 186) 肺胞気： 鼻から気道を経て肺胞内に吸入された空気を肺胞気という。
- 187) ガス交換： 肺では肺胞と肺毛細血管の間でガス(酸素と二酸化炭素)が移動し、末梢組織では末梢毛細血管と組織との間でガスが移動する。これらふたつの組織の間に生ずるガスの移動をガス交換という。肺におけるガス交換は、酸素を血液中に取りこみ二酸化炭素を血液から放出する。末梢組織においても、毛細血管より組織内に酸素を取りこみ二酸化炭素を毛細血管へ放出する。
- 188) 気管支： 気管支は、呼吸において鼻から出入りする空気のとおり道(気道)の一部をなす。すなわち気管支は、第4胸椎ないし第6胸椎上縁の高さで、気管が左右に分岐した最初の枝である。左右ともに外下方に向かい、左右気管支は肺門から肺内に入る。気管支は左右対象ではなく、右気管支は左気管支より太くて短く、正中面とのなす角度が小さい。これは、心臓が体の正中より左に寄っていることにより、左肺は右肺にくらべて小さく、肺門の位置がより外側にあるからである。

◇ 肺循環の特徴

【生理学】

肺循環の血管は高い伸展性¹⁸⁹⁾をもち、肺動脈圧¹⁹⁰⁾は体循環にくらべ著しく低い。

 体循環の動脈

 大動脈の概略

◇ 大動脈の概略

【解剖学】

大動脈は、左心室の大動脈弁(大動脈半月弁)からでて、全身の体循環に血液を送り出す動脈の本幹である。

大動脈は走行部位により、上行大動脈^[p.114]、大動脈弓^[p.116]、胸大動脈^[p.127]、腹大動脈^[p.128]に区分される。このうち胸大動脈と腹大動脈を合わせて下行大動脈という。

 上行大動脈

◇ 上行大動脈

【解剖学】

1. 走行

上行大動脈は、肺動脈の後方から心臓をでて、右斜め上方に上行する。その下端は大動脈弁、上端は心膜(心外膜)におおわれた部分までの区間である。

2. 分岐

上行大動脈からは心臓の栄養血管である左右の冠状動脈^[p.115]がでる。

189) 高い伸展性： 肺循環の血管には高い伸展性があるため、肺血流量が2-3倍になっても肺動脈圧の上昇はごく軽度に留まる。

190) 肺動脈圧： 安静時の肺動脈圧の正常値は、収縮期圧15-35mmHg、拡張期圧8-12mmHgであり、体循環のおよそ1/5である。

◇◇ 冠状動脈

◇ 心臓の栄養血管

【解剖学】

心臓を構成する細胞群が活動するための酸素や栄養物は、心臓内腔にある血液から供給されているのではない。心臓を構成する心筋細胞群に酸素や栄養素をおくり、その活動を維持している血管(心臓の栄養血管)は、**冠状動脈(冠動脈)¹⁹¹⁾**である。

なお心臓は他臓器にくらべ酸素消費量が非常に多いため、豊富な毛細血管網をもつ¹⁹²⁾。

◇ 冠状動脈

【解剖学】

心臓の栄養血管である**冠状動脈(冠動脈)¹⁹³⁾**には左右の二本があり、これらはともに左心室の大動脈口から上行する**上行大動脈** [p.114]の**始部**(大動脈洞)から**分岐**する。さらに心臓の各所に枝を送ったあと、**冠状静脈洞**をへて**右心房**に戻る。

このように**心筋細胞**に**灌流**して**栄養**を供給する血管網を**冠循環(冠状循環)**という。

- **左冠状動脈**-----左半月弁上で**上行大動脈の始部**をでてしばらく走行したあと、**前室間枝**と**回旋枝**の二枝にわかれる¹⁹⁴⁾。二枝のうち**前室間枝**は、おもに**心臓前面**に分布し、**回旋枝**は**左心室後・側壁面**に分布する。
- **右冠状動脈**-----右半月弁上で**上行大動脈の始部**をでてしばらく走行したあと、いくつかの枝¹⁹⁵⁾にわかれる。これらのうち**後室間枝**は、おもに**心臓後面**に分布する。

191) 冠状動脈(冠動脈)： 冠動脈の血流は他の血管とことなり、収縮期よりも拡張期により多くの血流が流れる。これは心筋内をとる冠動脈が、収縮期には心筋収縮にともなう心筋内圧の上昇のために圧迫されて流れにくくなることによる。

192) 毛細血管網をもつ： 心臓の組織は100gあたりで毎分約8mLの酸素を必要とする。このため心臓における毛細血管の分布密度は、骨格筋の10倍以上である。

193) 冠状動脈(冠動脈)： 冠状動脈が動脈硬化などによって狭窄または閉塞することによっておこる病態を虚血性心疾患と総称する。このうち冠状動脈の狭窄によって心筋への酸素供給が低下したものを狭心症といい、冠状動脈閉塞によって心筋への酸素供給が絶たれ心筋細胞が壊死したものを心筋梗塞という。

194) 二枝にわかれる： 左冠状動脈は、肺動脈幹の左後部をとって冠状溝に入り、左に回って前室間溝部で前後の二枝に分かれる。

195) いくつかの枝： 右冠状動脈は、肺動脈と右心耳の間をとおり、冠状溝に入って動脈円錐枝、洞房結節枝、心房枝、右縁枝、中間心房枝などの枝をだす。

◇ 冠状循環の特徴

【解剖学】

安静時において冠循環(冠状循環)には、心拍出量の約5%¹⁹⁶⁾の血液が流れる。さらに身体運動時には、より多くの血液が流れるように調節されている。

◇◇ 大動脈弓

◇ 大動脈弓

【解剖学】

1. 走行

上行大動脈につづく大動脈弓は、縦隔^{じゅうかく}¹⁹⁷⁾上部でアーチ状に走行し、その方向を上方から下方にかえる。大動脈弓は心膜(心外膜)を出たところから、左上方に向かいながら気管支の前を横切って、その左側に回りこむ。大動脈の上方に凸のアーチは、第2胸椎の高さで最高点となったのち、左後下方に向かい第4胸椎の左前方(大動脈 峡部^{きょうぶ}¹⁹⁸⁾)で胸大動脈となる。

2. 分岐

大動脈弓の上方の凸面からは順番に腕頭動脈^{わんとう}、左総頸動脈^{そうけい}、左鎖骨下動脈^{さこつか}が分岐する。

3. その他

大動脈弓の血管壁には、血圧を感受する受容器である大動脈圧受容器^[p.165]や、血中の酸素、二酸化炭素、水素イオンなどの濃度を感受する大動脈小体^[p.167]などがある。

196) 心拍出量の約5%: 成人の心臓の重量は約0.3Kgであり、体重が60Kgである場合、心重量が体重に占める比率は0.5%となる。心臓は血液を循環させるポンプとして常時活動しているため、心臓の栄養血管である冠循環には体重比よりも多くの量の血液が流れている。

197) 縦隔: 縦隔は、左右の肺ならびに胸膜腔をへだてた胸腔中央部の空間をいう。前方は胸骨で、後方は胸椎体、側方は縦隔胸膜、下方は横隔膜で境され、上方は胸郭上口をへて頸部へつづく。縦隔上部には気管、食道、胸管、大動脈弓とその枝、腕頭静脈、上大静脈、迷走神経、横隔神経、反回神経、胸腺などがふくまれる。また中部には心臓、大血管起始部、気管分岐部と肺根、横隔神経、心臓神経などが、後部には下行大動脈、奇静脈、半奇静脈、迷走神経、食道、胸管などがふくまれる。

198) 大動脈峡部: 大動脈弓から左鎖骨下動脈との分岐部のすぐ末梢側で、大動脈弓は細くなる。この部位を大動脈峡部という。大動脈峡部の少し手前には胎生期の遺残である動脈管索が付着している。

大動脈弓からでる動脈

腕頭動脈

◇ 腕頭動脈

【解剖学】

腕頭動脈は^{わんとう}大動脈弓からでる動脈のうちもっとも太い。その長さは4～5cmであり、^{きょうこつ}胸骨の後側で^{きょうき}気管の前を右上方に走り、右胸鎖関節¹⁹⁹⁾のうしろで右総頸動脈と右鎖骨下動脈とにわかれる。

総頸動脈

◇ 総頸動脈

【解剖学】

1. 走行

左右一对の^{そうけい}総頸動脈は、頭部に血液をみちびく動脈の主幹である。右総頸動脈は右胸鎖関節の高さで腕頭動脈からおこり、左総頸動脈は大動脈弓から直接分岐して、その最高部からでる。

左右総頸動脈はともに気管および食道²⁰⁰⁾の外側を垂直に上行し、^{こうじょう}甲状軟骨²⁰¹⁾の上縁の高さの頸動脈三角²⁰²⁾で、^{がいけい}外頸動脈と^{ないけい}内頸動脈とにわかれる。総頸動脈の外側には^{ばんこう}内頸静脈が伴行²⁰³⁾する。

2. 動脈拍動部

頸動脈三角では総頸動脈の拍動を触れる²⁰⁴⁾ことができる。この部位は経

199) 胸鎖関節： 胸鎖関節は、胸骨柄上端の外側部の鎖骨切痕と、鎖骨の内側端である胸骨端とがつくる関節である。

200) 食道： 食道は咽頭下端と胃噴門との間にある長さ24-25cmの筋性の細長い管で、口腔内から送られてきた食物を咽頭から胃へ輸送する器官である。その上部は第6頸椎体の高さから始まり、気管の後ろで頸椎の前をまっすぐに下降し、次第に左方に寄る。その後、左気管支のほぼ後側をくだり、次いで心膜の後ろを下行する。胸大動脈は、はじめ食道の左側に位置するが、下方ではその後側に達する。

201) 甲状軟骨： 甲状軟骨は喉頭をつくる軟骨のなかで最大のものである。前頸部の正中で舌骨の下にある甲状軟骨の前部の突出部は、喉頭隆起とよばれ、これは一般にいう「喉仏(のどぼとけ)」である。

202) 頸動脈三角： 頸動脈三角とは頸部において、後ろが胸鎖乳突筋、前下が肩甲舌骨筋の上腹、上が頸二腹筋の後腹と茎突舌骨筋によって形成された三角形の領域である。この部位には、総頸動脈、内頸静脈、迷走神経がとる。

203) 伴行： 静脈の走行は、動脈に隣接している場合と、動脈とは別に単独で流れる場合とがある。このうち動脈に隣接して流れる静脈を伴行静脈という。

204) 総頸動脈の拍動を触れる： 触診で触れるのは主として内頸動脈である。

穴では人迎穴にあたる。

3. その他

総頸動脈の分岐部には、血中の酸素、二酸化炭素、水素イオンなどの濃度を感じる頸動脈小体 [p.167] と、血圧を感じる受容器である頸動脈洞 [p.165] がある。

◇ 外頸動脈

【解剖学】

1. 走行

外頸動脈は、甲状軟骨の上縁の高さで総頸動脈からでて、上頸部、顔面、頭部表層などに分布する。

2. 分岐

外頸動脈からでる枝には以下のようなものがある。

- 上甲状動脈-----甲状腺²⁰⁵⁾、副甲状腺(上皮小体)²⁰⁶⁾、喉頭²⁰⁷⁾に分布する。なお甲状腺と副甲状腺(上皮小体)に分布する下甲状動脈は鎖骨下動脈の枝である甲状頸動脈 [p.121] から分かれる
- 舌動脈-----舌、口蓋扁桃²⁰⁸⁾、舌下腺²⁰⁹⁾などに分布する。
- 顔面動脈-----顎下三角²¹⁰⁾をとおり、下顎骨の下縁を咬筋²¹¹⁾の前方で横切って顔面にでる。この下顎骨外下縁、咬筋の前縁で動脈拍動を触れる。この部位は経穴では大迎穴にあたる。顔面にでて、顎下腺、口蓋扁桃などに分布する。

205) 甲状腺： 甲状腺は、前頸部の喉頭下部から気管上部の高さにある内分泌腺である。

206) 副甲状腺(上皮小体)： 副甲状腺(上皮小体)は、甲状腺の左右両葉の後面にある内分泌腺である。

207) 喉頭： 喉頭は咽頭の奥にあり、軟骨で枠組みされて内部は円筒形をなす。喉頭は鼻腔、咽頭につづく部分であり、その下部で気道につながる。呼吸において重要な器官であるばかりでなく、発声、咳嗽、痰の喀出などに関与する。

208) 口蓋扁桃： 口蓋扁桃は咽頭の両側の側壁にあるリンパ器官である。

209) 舌下腺： 唾液を口腔内に分泌する腺を唾液腺と総称する。このうち大きなもの(大唾液腺)として、耳下腺、顎下腺、舌下腺がある。このうち舌下腺は長さ3-4cm、厚さと幅が約1cmで、口腔底粘膜下にある唾液腺である。

210) 顎下三角： 顎下三角は、顎二腹筋前腹、後腹と下顎の間の三角形の空間である。ここには顎下腺、顎下リンパ節、顔面動・静脈、舌下神経、舌神経がある。

211) 咬筋： 咬筋は口腔内で食物を噛みくだくこと(咀嚼)にあずかる筋(咀嚼筋群)のひとつである。浅部は頬骨弓の前2/3の下縁、深部は頬骨弓の下縁と内側面からおこり、下顎骨の下顎枝外側面と筋突起に停止する。その作用は下顎を挙上し、口を閉じることにある。

- 上行咽頭動脈^{いんとう}-----咽頭^{いんとう}²¹²、中耳²¹³、脳硬膜^{こうまく}²¹⁴に分布する。
- 胸鎖乳突筋枝^{きょうさきにゅうとつし}-----胸鎖乳突筋²¹⁵に分布する。
- 後頭動脈-----後頭部の皮膚などに分布する。なおこれは脳(頭蓋内腔)に血液を供給する血管ではない。
- 後耳介動脈^{こうじかい}-----耳介²¹⁶の後方に分布する。
- 浅側頭動脈^{せんそくとう}-----耳下腺^{じかせん}²¹⁷の内部におこり、上行して側頭部に分布する。耳珠^{じじゆ}²¹⁸の前方、経穴では耳門、聴宮、聴会穴で動脈拍動を触れる。また頬骨弓^{きょうこつきゅう}²¹⁹後端の上縁、経穴では和髎穴や、前額部にある頭維穴でも動脈拍動を触れる。
- 顎動脈^{がく}-----顎関節の下部に始まって顎の深層に進み、下歯槽動脈、中硬膜動脈、深側頭動脈、頬動脈などを分枝して、上顎、下顎、鼓室^{こしつ}²²⁰、脳硬膜、咀嚼筋^{そしゃく}²²¹、口蓋^{こうがい}²²²、鼻腔^{びくう}に分布する。

◇ 内頸動脈

【解剖学】

1. 走行

内頸動脈^{ないけい}は、甲状軟骨の上縁の高さで総頸動脈からおこり、内上方に向

-
- 212) 咽頭： 咽頭は鼻腔および口腔と、食道および喉頭との間にある筋肉により構成された囊状の管である。咽頭は上気道の一部として鼻腔および口腔と喉頭を連絡し、同時に消化管の一部として口腔と食道を連絡している。
- 213) 中耳： 中耳は外耳と内耳の間にあり、鼓室と耳管とからなる。
- 214) 硬膜： 脳と脊髄(中枢神経系)は、その外側を結合組織性の3枚の被膜によっておおわれている。3枚の被膜は内側から軟膜、クモ膜、硬膜の順にある。
- 215) 胸鎖乳突筋： 胸鎖乳突筋は頸部の外側の表層を斜走する筋である。起始部は胸骨頭と鎖骨頭の二頭であり、胸骨頭は胸骨の胸骨柄前面上部より、鎖骨頭は鎖骨の前1/3部の上面より起こる。停止部は側頭骨の乳様突起外面および後頭骨後頭鱗外面の上項線である。下顎を上方に上げる作用と頸部を回しかたむける作用がある。
- 216) 耳介： 耳介は外耳に属し、耳介軟骨で形づくられ外界の音を集める部分である。一般にいう「耳たぶ」の部をさす。
- 217) 耳下腺： 唾液を口腔内に分泌する腺を唾液腺と総称する。このうち大きなもの(大唾液腺)として、耳下腺、顎下腺、舌下腺がある。このうちでも耳下腺は最大で前後3-3.5cm、上下4-5cm、厚さ2-2.5cmで、外耳道の前方で下顎骨下顎枝と咬筋の上にある唾液腺である。
- 218) 耳珠： 耳珠は、耳の前方で外耳道の入り口にある突起である。
- 219) 頬骨弓： 眼窩の外側方から、眼鏡のつるのように耳の方に向かう骨のアーチを頬骨弓という。頬骨弓の前方部は頬骨の側頭突起、後方部は側頭骨の頬骨突起からなる。
- 220) 鼓室： 鼓室は中耳の一部をなし、側頭骨中に高さ10-20mm、左右径2-3mm、前後径10-15mmの扁平な空間である。その内部には耳小骨があり、耳介で集められ、外耳道を伝わってきた音波を増幅ここで増幅している。
- 221) 咀嚼筋： 咀嚼筋群は下顎骨の下顎枝内面および外面に広がる筋肉群で、頭蓋骨を起始部とし下顎枝に停止する。咬筋、側頭筋、内側翼突筋、外側翼突筋の筋がふくまれ、これらの収縮により、下顎骨を上方、前方および側方へ動かし、咀嚼運動をおこなう。
- 222) 口蓋： 口蓋は口腔の上壁で鼻腔との境界をつくる板状の部分である。その前方で中に骨がある部分を硬口蓋といい、後方の骨を欠如する部分を軟口蓋とよぶ。

かい上行して頭蓋底²²³⁾にいたる。その後、側頭骨²²⁴⁾の頸動脈管から頭蓋腔²²⁵⁾に入り、おもに脳と視覚器に分布する。なお内頸動脈は頸部で枝を出さずに頭蓋腔にはいる。

2. 分岐

頭蓋腔内で内頸動脈からでる枝には、以下のようなものがある。

a. 眼窩に分布する動脈

- 眼動脈^{がん}-----眼、視神経²²⁶⁾、外眼筋²²⁷⁾など眼窩内を広く栄養するばかりでなく、涙腺^{るいせん²²⁸⁾}、眼瞼^{がんけん²²⁹⁾}などにも分布する。

b. 脳に分布する動脈 [p.122]

- 後交通動脈
- 前脈絡叢動脈^{みやくらくそう}
- 前大脳動脈
- 中大脳動脈

◇◇ 鎖骨下動脈

◇ 鎖骨下動脈

【解剖学】

1. 走行

左右一対の鎖骨下動脈のうち、右鎖骨下動脈は腕頭動脈から、左鎖骨下動脈は大動脈弓から分岐²³⁰⁾し、おもに上肢に分布する

鎖骨下動脈は、肺尖部^{はいせん²³¹⁾}に接しながら外側方に弓状に走り、頸部で腕神

223) 頭蓋底： 頭蓋底は、頭蓋骨の底面をいう。

224) 側頭骨： 側頭骨は頭蓋骨のひとつで、頭蓋冠と頭蓋底の側方を構成する骨である。

225) 頭蓋腔： 頭蓋腔は頭蓋骨の内部で脳をいれる空間をいう。

226) 視神経： 視神経は、眼球内で受容された視覚情報を、脳に送る神経線維束である。

227) 外眼筋： 外眼筋は眼球の外側に付着し、眼窩内部で眼球を上下左右に回転させる運動をになう筋である。これには内直筋、上直筋、下直筋、外直筋、上斜筋、下斜筋がある。

228) 涙腺： 涙腺は眼窩の上下外側にあり、涙を眼球前面に分泌する外分泌腺である。

229) 眼瞼： 眼瞼は眼球の前方にあって、これを保護するもので、一般にいう「まぶた」とよばれる部位である。

230) 左鎖骨下動脈は大動脈弓から分岐： 左鎖骨下動脈は大動脈弓から分岐するため、右鎖骨下動脈に比べはるかに長い。

231) 肺尖部： 肺尖は肺の上端の突出部であり、その高さは鎖骨の上2-3cmにまで達する。

経叢とともに斜角筋隙²³²⁾をとおし、側方へすすんで鎖骨²³³⁾の下と第1肋骨の間をとおしぬけ、第1肋骨の外側縁で腋窩動脈に移行する。

2. 動脈拍動部

鎖骨下動脈の拍動は、大鎖骨上窩²³⁴⁾の鎖骨上縁で触れる。これは缺盆穴^{けつぽん}の部位にあたる。

◇ 鎖骨下動脈の枝

【解剖学】

鎖骨下動脈はその経過中に椎骨動脈、内胸動脈、甲状腺動脈などの枝をだす。

1. 椎骨動脈

椎骨動脈は鎖骨下動脈からおこり、第6頸椎以上の頸椎横突孔²³⁵⁾の中をとおって上行し頭蓋底にいたる。頭蓋底で後頭骨²³⁶⁾がつくる大後頭孔²³⁷⁾をとおって頭蓋腔に入り、頭蓋内で一本の脳底動脈^[p.122]となる。

2. 内胸動脈

内胸動脈は鎖骨下動脈からおこり、前胸壁の後面を下行し、前胸壁、心膜、横隔膜に分布する。

3. 甲状腺動脈

甲状腺動脈は鎖骨下動脈から分かれる動脈で、下甲状腺動脈、頸横動脈などに分かれる。

- 下甲状腺動脈-----甲状腺および副甲状腺(上皮小体)に分布する動脈は、上甲状腺動脈と下甲状腺動脈である。このうち上甲状腺動脈は外

232) 斜角筋隙： 斜角筋隙は前斜角筋、中斜角筋と第1肋骨の間のできる間隙である。斜角筋群は、頸椎横突起よにおこり、上位肋骨に付着するもので、前斜角筋、中斜角筋、後斜角筋、最小斜角筋からなる。斜角筋隙には鎖骨下動脈と腕神経叢が通過する。このためここが狭くなると鎖骨下動脈や腕神経叢が圧迫され、上肢のしびれや運動障害など(胸郭出口症候群)をおこすことがある。

233) 鎖骨： 鎖骨は胸骨と肩甲骨をつなぐ左右一対の骨である。

234) 大鎖骨上窩： 大鎖骨上窩は肩甲骨鎖骨三角ともよばれ、胸鎖乳突筋の鎖骨頭(起始部)と肩甲骨舌筋の下腹および鎖骨との間にはさまれるくぼんだ領域をいう。この部位で鎖骨下動脈を第一肋骨にむかって圧迫するとその血流を止めることができるので、この部位は上肢の止血点としてもちいられる。またこの部位の深部には、鎖骨上リンパ節(ウィルヒョウリンパ節)があり、ここは胃癌などの転移の際に腫大して触診される。

235) 横突孔： 横突孔は頸椎の横突起に開いた孔で、椎骨動脈・静脈がとおる。これは椎骨の本来の横突起に、肋骨が癒着して生じた孔である。椎骨動脈は第6胸椎より上位の頸椎の横突孔をとおるが、第7頸椎の横突孔に椎骨動脈はとおらない。

236) 後頭骨： 後頭骨は、頭蓋骨のひとつで、頭蓋冠と頭蓋底の後部をつくる板状の骨である。

237) 大後頭孔： 大後頭孔は、後頭骨に開いている前後に長い卵円形の大きな孔である。これは頭蓋腔と脊柱管を結ぶ孔で、ここを中枢神経系(延髄下部)や椎骨動静脈などがとおる。

頸動脈の枝で、下甲状腺動脈は鎖骨下動脈の枝の甲状頸動脈から分かれる。

- **頸横動脈**-----頸横動脈は鎖骨下動脈もしくはその枝の甲状頸動脈から分かれて、**後頸三角²³⁸⁾**をとおって背側に向かい、脊柱と肩甲骨の間に分布する。その枝は**僧帽筋^{そうぼうきん}**や**菱形筋^{りょうけいきん}**に分布する。

◇◇ 脳の動脈

◇ 脳の動脈

【解剖学】

脳は**内頸動脈²³⁹⁾**と**椎骨動脈²⁴⁰⁾**の二系統、左右合計四本の動脈によって栄養される。これらの動脈から分枝する脳の主幹動脈からは二種類の枝、すなわち中心枝と皮質枝²⁴¹⁾がでる。中心枝は主要な大脳動脈の近位部からでて脳の実質内に入りこみ、脳の深部の組織に血液を供給する。中心枝は他の動脈とほとんど吻合しないため、**機能的終動脈²⁴²⁾**のひとつとされる。

1. 内頸動脈

左右二本の内頸動脈は、側頭骨の頸動脈管から頭蓋内にはいり、脳底部の中央で**前大脳動脈**と**後交通動脈**を分岐したのち**ウイリスの大脳動脈輪**に流れこみ、**中大脳動脈**となる。

内頸動脈とその分枝は、大脳に**灌流^{かんりゅう}**しここを栄養する。

- **前脈絡叢動脈^{みやくらくそう}**-----大脳の深部などに分布する。

238) 後頸三角： 後頸三角は僧帽筋前縁、胸鎖乳突筋後縁、鎖骨上縁に囲まれた領域で、ここには外頸静脈、頸横動脈、頸神経叢、腕神経叢、副神経などがとおる。

239) 内頸動脈： 内頸動脈の起始部はアテローム硬化(粥状硬化)の好発部位であり、一過性脳虚血発作(TIA)や脳塞栓の原発巣として重要である。

240) 椎骨動脈： 椎骨動脈は左右対をなして、鎖骨下動脈より分岐する。一般に左側が優位であり太い。ほとんどが第6横突起孔から頭側に各横突起孔を通過して、第1頸椎の上面の椎骨動脈孔を経て硬膜を貫通し頭蓋内に入る。

241) 皮質枝： 皮質枝は主要な大脳動脈から分岐して、軟膜内をとおり大脳皮質の広い領域に多数の枝をだしながら、脳表面で多数吻合して動脈叢を形成する。

242) 終動脈： 終動脈は他の動脈との吻合のない動脈をいう。したがって終動脈の内腔が血栓、塞栓などにより閉塞した場合、支配領域の組織は壊死におちいる。終動脈は心臓、腎臓などにあり、これらの部位の動脈が閉塞すると支配領域に心筋梗塞、腎梗塞をおこす。いっぽうわずかの吻合があつて側副路をとおしてわずかに血流がたもたれているものを機能的終動脈とよぶ。ヒトの脳に終動脈は存在しないが、脳の実質内に入りこむ中心枝は機能的終動脈であるといわれ、ここに突然閉塞がおこると、その灌流域に必要な血液供給を十分に維持することができず、脳梗塞をきたす。ただし皮質枝は豊富な吻合をもつため、これが閉塞しても脳梗塞となることはない。

- **前大脳動脈²⁴³⁾** -----前頭葉²⁴⁴⁾と頭頂葉²⁴⁵⁾の内側面に分布する。
また左右の前大脳動脈は前交通動脈で連結される。
- **中大脳動脈²⁴⁶⁾** -----おもに前頭葉、頭頂葉、側頭葉²⁴⁷⁾の表面(外側面)や内包²⁴⁸⁾に分布し、大脳半球の大部分を灌流する。すなわち前・中・後大脳動脈のなかでもっとも太く、分布する領域(灌流域)が広い。なお中大脳動脈とその分岐は、脳血管障害(脳卒中)²⁴⁹⁾の好発部位²⁴⁹⁾である。
- **後交通動脈**-----後交通動脈は内頸動脈から出て、後大脳動脈につながることでウィリス動脈輪の一部をなす。

2. 椎骨動脈と脳底動脈

左右二本の椎骨動脈は、後頭骨の大後頭孔から頭蓋内にはいり、橋と延髄との境界付近の前面で一本の脳底動脈²⁵⁰⁾となる。脳底動脈は脳の下面中央で左右の後大脳動脈に分枝して、ウィリスの大脳動脈輪に流れこむ。

椎骨動脈、脳底動脈とその分岐は、おもに小脳、脳幹²⁵¹⁾、大脳皮質後頭葉²⁵²⁾に灌流しこころを栄養する。

- **後大脳動脈**-----大脳皮質側頭葉の一部、後頭葉²⁵²⁾などに分

-
- 243) 前大脳動脈： 前大脳動脈は頭蓋底部で内頸動脈から分岐し、当初ほぼ水平に正中部に向かって走行し、視神経交叉の直上に至る。この間数本の動脈を分岐する。
- 244) 前頭葉： 前頭葉は大脳皮質で中心溝の前方をしめる領域である。ヒトでは大脳半球全表面積の1/3以上をしめ、骨格筋の随意運動をつかさどる運動野や運動性言語中枢がある。
- 245) 頭頂葉： 頭頂葉は大脳皮質で頭頂部に存在する領域で、前方を前頭葉、後方を後頭葉、下方を側頭葉にかこまれる。ここには体性感覚(痛覚、触圧覚、温覚、冷覚など)をつかさどる体性感覚野がある。
- 246) 中大脳動脈： 中大脳動脈は、内頸動脈の延長と考えられる脳の主幹動脈である。中大脳動脈は、脳底部で内頸動脈が前大脳動脈を分岐した後、5-8本の枝に分かれ扇状に広がりながら大脳の外側溝に沿って後外上方に走行し、外側溝深部で島皮質全域に分布する。外側溝から出る中大脳動脈の皮質枝は、一次運動野、前運動野、体性感覚野、聴覚投射野、頭頂葉の連合野などに分布する。脳底部における中大脳動脈の中心枝は、被殻や外包に分布する。
- 247) 側頭葉： 側頭葉は大脳皮質で大脳半球の両側にある領域である。ここには聴覚野や感覚性言語中枢がある。
- 248) 内包： 白質は大脳の深部である大脳髓質(白質)の一部で、前方では尾状核と被殻の間に、後方では被殻あるいは淡蒼球と視床の間にある部位で、ここには大脳皮質と下位中枢とを連絡する多くの神経線維がとおる。内包をとる神経線維群には、①大脳皮質運動野から反対側の脊髄前角細胞へ骨格筋の随意運動の命令を伝える錐体路(皮質脊髄路、皮質延髄路)や、②反対側半身の脊髄後角に入った体性感覚情報を伝える感覚伝導路がとおる。このため内包で脳血管障害がおこると、①錐体路が障害されることで反対側半身の片麻痺、②感覚伝導路が障害されることで反対側半身の感覚障害をきたす。
- 249) 脳血管障害(脳卒中)の好発部位： 中大脳動脈は脳卒中動脈ともよばれ、全脳梗塞の70-80%は中大脳動脈領域におこる。とくに中大脳動脈の分岐である外側線条体動脈はシャルコー脳出血動脈などとよばれ、高血圧性脳出血の発生部位の約半数をしめる被殻あるいはレンズ核に分布して、その原因血管となる。脳血管障害における動脈閉塞は、内頸動脈から分岐した部分でおこることが多い。突然の閉塞により意識障害、反対側の運動・感覚障害、同名半盲などが出現する。優位半球の脳梗塞では運動性および感覚性失語、ゲルストマン症候群などを、劣位半球では失行、病識失認をとまなう。
- 250) 脳底動脈となる： 頭蓋内で左右二本の椎骨動脈が一本椎骨動脈に合わさる部位は、橋と延髄との境界付近の前面である。
- 251) 脳幹： 脳幹は、脳のうち大脳半球と小脳をのぞく部分である。脳の深部にあり、間脳、中脳、橋、延髄からなる。
- 252) 後頭葉： 後頭葉には視覚野がある。このため後大脳動脈のおこる脳血管障害では、視床から視覚情報をつたえる神経線維(視放線)や視覚野を障害して、視野異常や視覚失認をきたす。

布する。

3. ウイルスの大脳動脈輪

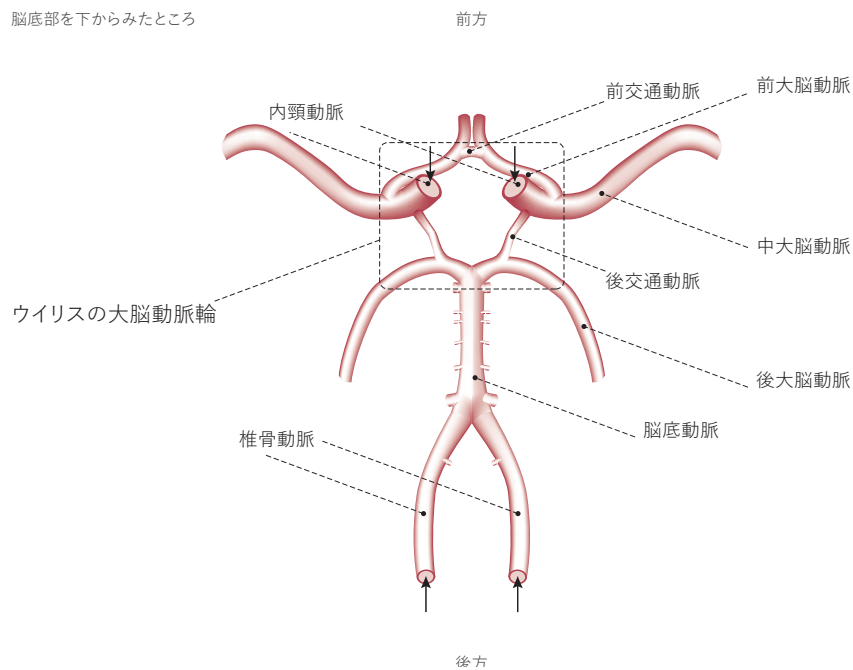
ウイルスの大脳動脈輪²⁵³⁾は、内頸動脈と脳底動脈の枝が大脳に分布する前に脳底部で吻合しあって形成する動脈輪である。

左右の内頸動脈は脳底部において、後方に後交通動脈を分枝し、ついで前方に前大脳動脈を分枝して中大脳動脈となる。また前大脳動脈は、前交通動脈を分枝して反対側の同名動脈と吻合している。

いっぽう一本の脳底動脈は橋の上端で分岐して左右の後大脳動脈となる。後大脳動脈には、内頸動脈から分枝した後交通動脈が吻合する。

こうして脳底ではほぼ六角形の動脈輪が形成され、前大脳動脈、中大脳動脈、後大脳動脈がこの動脈輪からでるかたちとなっている。

■ ウイルスの大脳動脈輪



253) ウイルスの大脳動脈輪 (arterial circle of Willis): ウイルスの大脳動脈輪の各部の発達には個人差があり、完全な輪が形成されないこともある。しかしここから出る各大脳動脈の太さや分布範囲には、個人差があまりない。またウイルスの大脳動脈輪は、脳の各部に血流を均等に配分する側副循環と考えられるが、臨床的にみると、内頸動脈とその分岐でおこる循環障害と、椎骨動脈、脳底動脈とその分岐でおこる循環障害とがたがいに代償することや、右側と左側の循環障害とがたがいに代償することはほとんどない。さらに大脳動脈輪をつくる動脈の分岐部では、その血管壁が比較的弱く、動脈瘤の好発部位となる。とくに動脈輪の前部で後交通動脈、前交通動脈、中大脳動脈に好発する。(Thomas Willis, 1621-1675, はイギリスの解剖学者)

◇ 上肢の動脈

◇ 腋窩動脈

【解剖学】

1. 走行

腋窩動脈²⁵⁴⁾は、第1肋骨の外側縁で鎖骨下動脈につづき、腋窩²⁵⁵⁾上縁を正中神経²⁵⁶⁾と併走し、大円筋²⁵⁷⁾と広背筋²⁵⁸⁾の外側縁で上腕動脈に移行する。

2. 動脈拍動部

腋窩動脈の拍動は、腋窩中央で触れる。これは極泉穴^{きょくせん}の部位にあたる。また腋窩動脈は鎖骨下縁で烏口突起^{うこう}²⁵⁹⁾内側でも触れることができ、これは雲門穴^{うんもん}の部位にあたる。

◇ 上腕動脈

【解剖学】

1. 走行

上腕動脈²⁶⁰⁾は腋窩動脈につづき、上腕二頭筋²⁶¹⁾の内側で内側二頭筋溝²⁶²⁾の深部を正中神経とともに走行する。上腕部において上腕動脈の走行

254) 腋窩動脈： 腋窩動脈からは、最上胸動脈、胸肩峰動脈、外側胸動脈、肩甲下動脈、後上腕回旋動脈などがでる。

255) 腋窩： 腋窩は上肢と体幹の境で下方の窪んでいる箇所、一般にいう「わきのした」の部位である。腋窩前壁は大胸筋、小胸筋で構成され、後壁は大円筋、広背筋、肩甲下筋で、外壁は上腕二頭筋、烏口腕筋を含めた上腕骨で、内壁は前鋸筋で構成される。この部位には腋窩動静脈、腕神経叢をふくみ、多数のリンパ節がある。

256) 正中神経： 正中神経は第5頸神経から第1胸神経までの神経線維をふくみ、腕神経叢からおこる神経線維束である。腋窩から上腕内側を走行し、前腕回内筋、長指屈筋、母指の外転筋と対立筋の運動を支配し、手掌橈側からの感覚神経線維をふくむ。

257) 大円筋： 大円筋は上肢帯筋のひとつで、その断面が円形をなすことからこの名称がある。大円筋は肩甲骨背面下半の外側縁隣接部と下角からおこり、上腕骨小結節稜に停止する。その作用は、肩関節(上腕)の内転と内旋である。

258) 広背筋： 広背筋は背部浅層にある平面上の広大な筋である。広背筋は第7-12胸椎の棘突起、胸腰筋膜、腸骨稜の後部、第10-12肋骨などからおこり、前上方に走って上腕骨の上部で小結節稜に停止する。その作用は、上腕骨の内転、内旋である。

259) 烏口突起： 烏口突起は、肩甲骨上縁の外側端から上前外側方にむかって突出する鉤状の突起である。

260) 上腕動脈： 上腕動脈からは、上腕深動脈、上・下尺側側副動脈などがでる。

261) 上腕二頭筋： 上腕二頭筋は、上腕屈筋群の浅層にある筋である。前腕を屈曲したときに、上腕前面で浮きでる通称「力こぶ」とよばれる筋である。

262) 内側二頭筋溝： 内側二頭筋溝は、上腕二頭筋と上腕筋の間の境となる上腕内側の縦溝である。

上にある経穴としては、天泉²⁶³⁾穴や青靈²⁶⁴⁾穴がある。

上腕動脈は肘窩²⁶⁵⁾において橈骨動脈と尺骨動脈にわかれる。

2. 動脈拍動部

上腕動脈の拍動は、肘窩において上腕二頭筋腱と円回内筋²⁶⁶⁾の間で触れる。これは曲沢穴の部位にあたる。

◇ 橈骨動脈

【解剖学】

1. 走行

橈骨動脈²⁶⁷⁾は、肘窩で上腕動脈からわかれる枝であり、橈骨と平行して橈側手根屈筋の外側をくだり、手掌で主たる枝が深掌動脈弓に、一部が浅掌動脈弓に移行する。

2. 動脈拍動部

橈骨動脈の拍動は、手関節掌側で長母指外転筋と橈側手根屈筋の間で触れる。これは太淵、経渠、列缺穴の部位にあたる。

◇ 尺骨動脈

【解剖学】

1. 走行

尺骨動脈は、肘窩で上腕動脈が分岐してできる2本の動脈の尺側のものである。尺骨にそってくだり、尺側手根屈筋の腱と浅指屈筋腱の間をとおりギヨン管²⁶⁸⁾(尺骨神経管)を抜け、豆状骨の外側から手掌に達して、そのおもな枝は浅掌動脈弓をつくる。

263) 天泉：天泉穴は腋窩横紋の前端の下方2寸(腋窩横紋の前端から曲沢を結ぶ線上の7/9の距離の部位)にある。

264) 青靈：青靈穴は少海穴から極泉穴に向かって上3寸(少海穴から極泉穴に向かう線上の3/9の距離の部位)にある。

265) 肘窩：肘窩は肘の前にある浅いくぼみである。

266) 円回内筋：円回内筋は前腕屈筋群の浅層にある筋で、肘関節の屈曲と、前腕の回内をおこなう。上腕骨内側上顆と内側上腕筋間中隔からおこる上腕頭と尺骨粗面内側縁から起こる尺骨頭からなり、橈骨中央部外側面の回内筋粗面に停止する。

267) 橈骨動脈：橈骨動脈からは橈側反回動脈や、多くの筋枝がでる。

268) ギヨン管(Guyon canal)：ギヨン管は尺骨神経管ともよばれ、手関節部掌尺側で尺骨神経が尺骨動脈静脈とともに通過するトンネルをいう。これは豆状骨と有鉤骨間にあり、その基底部は横手根靭帯、蓋部は掌側手根靭帯などで構成される。この部位で外傷などがおこると尺骨神経麻痺を生じる。(Felix Guyon, 1831-1920, はフランスの泌尿器科医)

2. 動脈拍動部

尺骨動脈の拍動は、手関節掌側で浅指屈筋と尺側手根屈筋の間で触れる。これは神門、通里、靈道穴の部位にあたる。

◇ 浅掌動脈弓

【解剖学】

浅掌動脈弓は、尺骨動脈の大きな枝と橈骨動脈の小さな枝とが吻合してつくる。手掌の比較的浅い部分を弓状をなして走行する。

◇ 深掌動脈弓

【解剖学】

深掌動脈弓は、橈骨動脈の大きな枝と尺骨動脈の小さな枝とが吻合してつくる。手掌の比較的深い部分を弓状をなして走行する。

 胸大動脈

◇ 胸大動脈

【解剖学】

1. 走行

胸大動脈は大動脈弓 [p.116] につづき、第4胸椎の高さで胸大動脈となる。上部は胸椎の左側にあるが、次第に正中に向かい胸椎の椎体²⁶⁹⁾の前を下行するようになる。胸大動脈は後縦隔を下行して、横隔膜²⁷⁰⁾の大動脈裂孔²⁷¹⁾をとおり腹大動脈 [p.128] につづく。

2. 分岐

胸大動脈からは、肋間動脈、肋下動脈、気管支動脈、食道動脈などがでる。

269) 椎体： 椎体は、脊柱を構成する頸椎、胸椎、腰椎の椎骨の本体をなす低円柱形の骨部で、後方に椎弓が附着する。隣接する椎体の間には椎間円板が挟まれており、これが積みかさなることで脊柱をなす。

270) 横隔膜： 横隔膜は、胸部と腹部内臓をへだてるドーム状の骨格筋である。胸骨剣状突起、下位肋骨、第1-3腰椎からおこり、ドームの頂点に近いところの膈中心に附着する。吸息時に収縮し、呼吸筋として重要な役割をはたす。

271) 大動脈裂孔： 大動脈裂孔は、横隔膜に開く3つの孔のひとつである。これは第1腰椎の前、正中にあり、ここを下行大動脈と胸管と交感神経叢がおとる。なお横隔膜にある残りの孔である大静脈孔には下大静脈が、食道裂孔には食道と左右の迷走神経がおとる。

胸大動脈からでる動脈

◇ 肋間動脈と肋下動脈

【解剖学】

胸大動脈からでる肋間動脈は、第3-11肋間隙^{ろっかんげき}に分布する9対の血管である。また第12肋骨下縁には肋下動脈^{ろくか}がでる。

◇ 気管支動脈

【解剖学】

肺の栄養血管である気管支動脈^[p.111]は、胸大動脈からでる。気管支動脈は、気管支にそって肺門から肺^[p.190]に進入し、肺内の気管支および肺胸膜に分布する。

腹大動脈

◇ 腹大動脈

【解剖学】

1. 走行

腹大動脈²⁷²⁾は下行大動脈の腹腔内にある部で、胸大動脈のつづきとして横隔膜の大動脈裂孔に始まり、脊椎前面を下行し、第4腰椎の高さで左右の総腸骨動脈に移行する。

2. 分岐

腹大動脈の枝は、腹壁に分布する壁側枝と、腹部内臓に分布する臓側枝とに区別される。

a. 壁側枝

腹大動脈の壁側枝には下横隔動脈²⁷³⁾、腰動脈²⁷⁴⁾、正中仙骨動脈²⁷⁵⁾がある。

272) 腹大動脈： 腹大動脈の右側には下大静脈があり、前方には臍臓、十二指腸下部、腸間膜根がある。

273) 下横隔動脈： 下横隔動脈は、左右対称性にあつて横隔膜の下面に分布し、また副腎に上副腎動脈をあたえる。

274) 腰動脈： 腰動脈は通常4対あつて、脊髄および被膜、腰筋、腹筋に分布する。

275) 正中仙骨動脈： 腹大動脈は、総腸骨動脈分岐部の後壁から細い正中仙骨動脈となる。これは仙骨前面正中を下行し、尾骨小体にいたる。

b. 臓側枝

臓側枝には以下のように左右一対のものと、対をなさないものがある。

- 有対枝-----腎動脈、中副腎動脈²⁷⁶⁾、精巣動脈または卵巣動脈
- 不對枝-----^{ふくくう}腹腔動脈、^{ちようかんまく}上腸間膜動脈、^{ちようかんまく}下腸間膜動脈

◇◇ 腹大動脈からでる動脈

◇◇ 腎動脈

◇ 腎動脈

【解剖学】

腎動脈²⁷⁷⁾は、第2腰椎の高さで腹大動脈から左右一対でおこり、両側方へ走り、腎門²⁷⁸⁾から腎実質に入り左右の腎臓²⁷⁹⁾に分布する。

◇◇ 精巣動脈と卵巣動脈

◇ 精巣動脈

【解剖学】

男性にある精巣動脈^{せいそう}は、腎動脈の下で腹大動脈から左右一対でおこる。大腰筋^{だいうきん}²⁸⁰⁾の前を下外側方に進み、鼠径管^{そけいかん}²⁸¹⁾をとおり精巣²⁸²⁾に分布する。

276) 中副腎動脈： 中副腎動脈は副腎に分布する。副腎中では下横隔動脈および腎動脈からくる上副腎動脈および下副腎動脈と交通する。

277) 腎動脈： 腎主幹動脈やその分岐動脈の硬化病変を腎動脈硬化症という。腎動脈における動脈硬化病変が進行すると、腎血流が低下しレニン分泌が亢進するため、腎血管性高血圧症をきたす。

278) 腎門： 腎門は、腎臓の内側縁の中央部にある腎臓内部への陥凹部の入り口のことである。この部位をとって動静脈、リンパ管、尿管が腎臓から出入りする。

279) 腎臓： 腎臓は尿を産生する臓器で、脊柱の両側の後腹膜で、第12胸椎から第3腰椎の高さに位置する。その重さは約100g、形はソラマメ型を呈する。

280) 大腰筋： 大腰筋は股関節の主要な屈筋で、浅深の二頭がある。浅頭は第12胸椎-第5腰椎の体部と椎間板からおこり、深頭は第12肋骨と第1-5の肋骨突起からおこる。小腰筋とともに大きな盛り上がりをつくりながら斜め外側に下行し、筋裂孔の内側部を通過して小転子に終わる。

281) 鼠径管： 鼠径管は、腹部の下縁で鼠径部の内側半にある指1本が入るほどの隙間である。これは筋肉や腱膜によって構成され、その内腔を男性では精索が、女性では子宮円索がとおる。精索は、精管が精巣上体を離れた後、精巣動脈や蔓状静脈叢、神経叢および平滑筋束とともに疎性結合組織で結合されてつくる索状物である。

282) 精巣： 精巣は男性生殖器であり、左右陰嚢内にある重さ10-15gの楕円球体の臓器である。

◇ 卵巣動脈

【解剖学】

女性にある^{らんそう}卵巣動脈も、腹大動脈から左右一対でおこる。骨盤に入ると内方に向かい、鼠径管をとおることなく卵巣²⁸³⁾などに分布する。

◇◇ 腹腔動脈

◇ 腹腔動脈

【解剖学】

腹腔動脈²⁸⁴⁾は、腹大動脈からでて腹部消化器にむかう短い動脈幹である。腹腔動脈は第12胸椎の高さでおこり、左胃動脈、総肝動脈、脾動脈の三枝にわかれる。

◇ 腹腔動脈の枝

【解剖学】

腹腔動脈の枝には、以下のようなものがある。

1. 左胃動脈

左胃動脈は腹腔動脈から分岐して、胃²⁸⁵⁾_[p.233]および食道_[p.232]の一部に分布する。

2. 総肝動脈

総肝動脈は腹腔動脈から分岐して、固有肝動脈および胃十二指腸動脈²⁸⁶⁾の二枝にわかれる。このうち固有肝動脈²⁸⁷⁾は肝臓_[p.244]の栄養血管_[p.111]であり、総肝動脈から分岐して肝門_[p.243]から肝臓に入る。また固有肝動脈からは右胃動脈もでる。

283) 卵巣： 卵巣は女性生殖器のひとつで、骨盤腔の外側壁近くにあする左右一対の母指頭大の臓器である。

284) 腹腔動脈： 腹腔動脈は、腹大動脈からでて腹部消化器に向かう3本の枝の最上位のもので、その長さ1-2cmである。

285) 胃： 胃に分布する動脈(胃動脈)には右胃動脈と左胃動脈がある。このうち左胃動脈は腹腔動脈から分岐し、噴門部で小網内に入り食道枝を出した後、胃の小彎側を走行する。いっぽう右胃動脈は固有肝動脈から分かれて幽門の上縁に達し胃の小彎に沿って左方に走る。左胃動脈と右胃動脈は小彎部でたがいに吻合して胃冠状動脈を形成する。

286) 胃十二指腸動脈： 胃十二指腸動脈は、十二指腸上部のうしろを下方に進み、胃の幽門部の下縁で上脘十二指腸動脈と右胃大網動脈に分かれる。

287) 固有肝動脈： 固有肝動脈は、総肝動脈からでて右上方にまがり、門脈の前、総胆管の左にそって走行して肝門にいたる。さらに肝門部で分岐して右枝と左枝となり、肝臓の両葉にいたる。右枝の枝である胆嚢動脈は胆嚢に達する。

3. 脾動脈

脾動脈²⁸⁸⁾は腹腔動脈から分岐して、脾臓^[p.177]、^{すいぞう}膵臓^[p.257]などに分布する。

上腸間膜動脈

上腸間膜動脈

【解剖学】

1. 走行

上腸間膜動脈²⁸⁹⁾は第1腰椎の高さで腹大動脈からおこり、腸間膜内を走行して十二指腸^[p.263]、空腸^[p.266]、回腸^[p.266]、盲腸^[p.282]、上行結腸、横行結腸^[p.281]などに分布する。

2. 分岐

上腸間膜動脈からは、空腸動脈²⁹⁰⁾、回腸動脈、回結腸動脈²⁹¹⁾、右結腸動脈²⁹²⁾、中結腸動脈²⁹³⁾が分岐する。

下腸間膜動脈

下腸間膜動脈

【解剖学】

1. 走行

下腸間膜動脈は第3腰椎の高さで腹大動脈からおこり、下行結腸、S状結腸^[p.281]、直腸^[p.284]に分布する。

288) 脾動脈： 脾動脈は腹腔動脈の3枝の中でもっとも太い枝である。胃のうしろで膵臓の上縁にそってうねりながら水平に左方に進み、脾門にいたる。その間、多数の小枝を膵臓におくる。

289) 上腸間膜動脈： 上腸間膜動脈は、腹腔動脈よりもやや下方の第1腰椎の高さで腹大動脈からおこり、脾頭と脾体の移行部の後ろを下行し、右腸骨窩にいたる。

290) 空腸動脈： 空腸動脈と回腸動脈は、合わせて10-20本あり、これらは上腸間膜動脈の左凸側からおこり空腸および回腸に分布する。

291) 回結腸動脈： 回結腸動脈は上腸間膜の右凹側からおこり、回腸の末端、盲腸および上行結腸の初部を栄養する。また虫垂動脈をだして虫垂に分布する。

292) 右結腸動脈： 右結腸動脈は回結腸動脈の上方で右側からでて、右方に横走り、上行結腸にいたる。

293) 中結腸動脈： 中結腸動脈は膵臓の下縁の高さでおこり、横行結腸を栄養する。

2. 分岐

下腸間膜動脈は左結腸動脈²⁹⁴⁾、S状結腸動脈²⁹⁵⁾、上直腸動脈²⁹⁶⁾の三枝にわかれる。

 総腸骨動脈

 総腸骨動脈

◇ 総腸骨動脈

【解剖学】

左右一对の総腸骨動脈²⁹⁷⁾は、第4腰椎の下端で腹大動脈^[p.128]からおこり、仙腸関節²⁹⁸⁾の高さで内腸骨動脈と外腸骨動脈にわかれる。総腸骨動脈は途中分枝をださない。

総腸骨動脈は、その前方で尿管²⁹⁹⁾と交叉するため、尿管はこの部分で狭窄部をつくる。

 内腸骨動脈と外腸骨動脈

◇ 内腸骨動脈

【解剖学】

1. 走行

内腸骨動脈は総腸骨動脈からわかれる2本の枝のうちの1本であり、骨盤

294) 左結腸動脈： 左結腸動脈は下行結腸にいたり、まもなく上行および下行の二枝にわかれる。
295) S状結腸動脈： S状結腸動脈は左下方へ進み、S状結腸間膜に入り、S状結腸に分布する。
296) 直腸動脈： 上直腸動脈は下腸間膜動脈の終枝で、S状結腸間膜の二葉間を下降し、直腸上端の後方で二枝に分かれ、直腸の両側方に沿って下行し直腸に分布する。上直腸動脈以外に直腸に分布する動脈には中・下直腸動脈があるが、これらはいずれも内腸骨動脈からでる。
297) 総腸骨動脈： 総腸骨動脈は大腰筋の内側縁にそって外側方に下行し、仙腸関節の前にいたる。
298) 仙腸関節： 仙腸関節は仙骨の耳状面と腸骨の耳状面との間の関節である。この関節は強い靭帯で補強されており、可動性はほとんどない。
299) 尿管： 尿管は、腎臓で生成された尿を腎臓から膀胱まで運ぶ全長約30cmの管であり、後腹壁にある。尿管には狭窄している部分が3か所(①腎盤からの移行部位、②総腸骨動脈と交叉して骨盤内に侵入する部位、③膀胱壁内を貫通する部位)ある。これらの部位では腎臓でできた結石などが尿管に流れたときに詰まりやすく、これがおこると強い痛みをともなう。これを尿管結石という。

腔³⁰⁰⁾から大坐骨孔³⁰¹⁾にいたる太くて短い血管である。

2. 分布域

内腸骨動脈は、卵巣・精巣以外の骨盤内臓器³⁰²⁾に分布する。卵巣・精巣に分布する卵巣動脈と精巣動脈は、腹大動脈からである。

3. 分岐

内腸骨動脈の枝には以下のようなものがある。

a. 壁側枝

- 閉鎖動脈-----骨盤腔がつくる閉鎖孔³⁰³⁾から閉鎖管³⁰⁴⁾をとおって骨盤をでて、大腿内側にいたり、大腿内転筋群および股関節を分布する。
- 上殿動脈-----大坐骨孔の梨状筋上孔³⁰⁵⁾をとおってでて、中殿筋³⁰⁶⁾、小殿筋³⁰⁷⁾に分布する。
- 下殿動脈-----梨状筋下孔³⁰⁸⁾をとおって大坐骨孔をでて、大殿筋³⁰⁹⁾などに分布する。

b. 臓側枝

- 内陰部動脈-----下殿動脈などとともに梨状筋下孔をとおり骨盤外にでたあと、小坐骨孔をとおって再び骨盤中に入る。その後、肛門、会陰および外生殖器に分布する。

-
- 300) 骨盤腔： 骨盤腔は小骨盤ともよばれ、前方を恥骨、後方を仙骨前面、両側を癒合した腸骨と坐骨の四角い骨盤面で囲まれた腔所をいう。小骨盤は骨盤内臓をいれ、うしろに直腸、前に膀胱、女性では中間に子宮がある。
- 301) 大坐骨孔： 大坐骨孔は骨盤の後外側にある大坐骨切痕と、仙棘靭帯、仙結節靭帯でできる孔である。後面を横走する梨状筋により、梨状筋上孔と梨状筋下孔にわけられる。
- 302) 骨盤内臓器： 骨盤内臓器は骨盤内にある臓器をいい、これには消化管の下部(直腸)、泌尿系(尿管、膀胱、尿道)、生殖器(男性では精管、精囊、射精管、前立腺、尿道球腺、女性では膣、子宮、卵管、卵巣)がふくまれる。
- 303) 閉鎖孔： 閉鎖孔は骨盤の寛骨の下部に開いた大きな孔であり、その前縁は恥骨、後縁は坐骨からなる。閉鎖孔の大部分は、閉鎖管がある部位以外では閉鎖膜によって閉じられている。
- 304) 閉鎖管： 閉鎖管は、閉鎖孔にある閉鎖膜が一部欠損する部位であり、ここを骨盤内腔から閉鎖動脈、閉鎖静脈、閉鎖神経がとおって大腿部にでる。
- 305) 梨状筋上孔： 骨盤の後外側にある大坐骨切痕と仙棘靭帯、仙結節靭帯にかこまれた大坐骨孔において、その後面を横走する梨状筋の上方を梨状筋上孔という。梨状筋上孔には、上殿神経、上殿動静脈などがとおる。
- 306) 中殿筋： 中殿筋は腸骨外側面に起こって、前下方に走り大転子の外側面に停止する。股関節を外転する筋であり、また片足立ちしたときに、立脚側の中殿筋が収縮することで、反対側の骨盤が下降しないように作用する。上殿神経の支配を受ける。
- 307) 小殿筋： 小殿筋は中殿筋の深層にあって、腸骨の前下殿筋線と下殿筋線の間などから起こり、前方に走行して大転子の前面に停止する。おもに股関節を外転させる。上殿神経の支配を受ける。
- 308) 梨状筋下孔： 大坐骨孔のうち、その後面を横走する梨状筋の下方を梨状筋下孔という。梨状筋下孔には坐骨神経、陰部神経、下殿神経、下殿動静脈などがとおる。
- 309) 大殿筋： 大殿筋は殿部の後方への盛り上がりをつくる筋で、後殿筋線よりも後方の腸骨外側面、仙骨下部背側面、尾骨および仙結節靭帯から起こり、外下方に走って一部は大転子に、大部分は腸腰靭帯に停止する。下殿神経支配の支配を受ける。

- 上膀胱動脈(胎生期の臍動脈³¹⁰)、下膀胱動脈³¹¹
- 中直腸動脈、下直腸動脈³¹²
- 子宮動脈³¹³

◇ 外腸骨動脈

【解剖学】

1. 走行

外腸骨動脈は総腸骨動脈からわかれる2本の枝のうちの1本で、下肢に動脈血を送る。外腸骨動脈は、鼠径靭帯³¹⁴の中央部でその深層をとって血管裂孔³¹⁴をでて大腿動脈となる。

2. 分岐

外腸骨動脈は鼠径靭帯の上方で下腹壁動脈³¹⁵と深腸骨回旋動脈³¹⁶に分岐する。

◇◇ 下肢の動脈

◇ 大腿動脈

【解剖学】

1. 走行

外腸骨動脈につづく大腿動脈は、下肢に血液を送る動脈幹である。大腿動脈は、鼠径靭帯の下をくぐって血管裂孔から大腿前面にでる。その後、大

310) 上膀胱動脈(臍動脈): 臍動脈は、内腸骨動脈からおこり内下方に進み、末端は閉鎖して、臍動脈索となる。ただその始部のみが上膀胱動脈として膀胱の上部および中部に分布する。

311) 下膀胱動脈: 下膀胱動脈は臍動脈のやや下方からでて、正中方向に進み膀胱底、前立腺および精囊にいたる。女では膣の上部に走る。

312) 下直腸動脈: 下直腸動脈は細い枝で直腸の末端に分布する。男性では精囊および前立腺に枝を送り、女性では膣に枝を送る。

313) 子宮動脈: 子宮動脈は子宮広間膜のなかを正中前方に進み、子宮頸の外側2cmの所で尿管の前面をとって子宮にいたる。子宮頸で膣動脈をだし、膣にいたる。本幹は強くうねった多数の枝にわかれて子宮、卵管、卵巣に分布する。

314) 血管裂孔: 鼠径靭帯と腸骨、恥骨との間には空間がある。この空間は腸恥筋膜弓(大・小腰筋と腸骨筋をおおう筋膜)で二分され、その内側部分を血管裂孔といい、外側部分を筋裂孔という。血管裂孔には大腿動脈、大腿静脈、リンパ管、シパ節がある。

315) 下腹壁動脈: 下腹壁動脈は前腹壁の後面で深単径輪の内側を通過して、内上方へ走り、腹直筋鞘の中に入って腹直筋に分布する。

316) 深腸骨回旋動脈: 深腸骨回旋動脈は腸骨稜の内下方を後進し、腸骨筋と腸骨に分布する。

腿動脈³¹⁷⁾は、大腿前面で大腿三角³¹⁸⁾をとって大腿神経³¹⁹⁾、伏在神経³²⁰⁾とともに内下方に向かい縫工筋³²¹⁾の深部で内転筋管³²²⁾に入る。大腿動脈は膝窩³²³⁾で内転筋裂孔^{れっこう}をでて膝窩動脈^{しつか}につづく。

2. 動脈拍動部

大腿動脈の拍動は、大腿三角の鼠径下部で触れる。これは衝門^{しょうもん}、足五里^{あしごり}、陰廉穴^{いんれん}の部位にあたる。

3. 分岐

大腿動脈からは単径靭帯の2～5cm下方で大腿深動脈がでる。

a. 大腿深動脈

大腿深動脈は、内側・外側大腿回旋動脈³²⁴⁾および貫通動脈^{かんつう}³²⁵⁾に分かれる。

◇ 膝窩動脈

【解剖学】

1. 走行

膝窩動脈^{しつか}は膝窩で内転筋裂孔^{れっこう}をでて大腿動脈につづき、膝窩正中^{けい}を脛

-
- 317) 大腿動脈： 大腿動脈は大腿上部では大腿三角の腸恥窩にあり、大腿筋膜におおわれるのみで容易に拍動を触れる。内側に大腿静脈、外側に大腿神経がある。中部では縫工筋におおわれ、下部では線維性の内転筋管中を走行する。
- 318) 大腿三角： 大腿三角(スカルパ三角; Scarpa triangle)は、大腿上部前面にあるくぼんだ部位で、上を鼠径靭帯に、外側を縫工筋、内側を長内転筋に囲まれた三角形の領域である。この部位には内側から大腿静脈、大腿動脈、大腿神経の順で存在し、また大伏在静脈が伏在裂孔をとり大腿静脈に開口する。
- 319) 大腿神経： 大腿神経は第2～4腰神経にふくまれる神経線維群で構成され、腰神経叢からおこり腸腰筋の表面に沿って下行する。寛骨と鼠径靭帯の隙間(筋裂孔)を通過して大腿三角に至るといくつかの枝をだして伏在神経となる。
- 320) 伏在神経： 伏在神経は大腿神経の終枝で、内転筋管を途中でつらぬいて表層にでて縫工筋と薄筋の間から皮下にあらわれ、大伏在静脈に沿って下行する。
- 321) 縫工筋： 縫工筋は上前腸骨棘から起り、大腿前面を内側に下行して膝関節の内側に達して薄い腱膜となり脛骨内側面に広く停止する。半腱様筋と半膜様筋の停止腱膜とともに内側鷲足をつくる。大腿神経の支配をうける。
- 322) 内転筋管： 大腿前面の中1/3には、長さ約10cmの腱膜性の管状構造がある。これを内転筋管といい、その上端は大腿三角につながり、下端を内転筋裂孔という。内転筋裂孔は大内転筋の停止腱にある。内転筋管の中には大腿動・静脈、内側広筋への神経と伏在神経が走る。
- 323) 膝窩： 膝窩は膝の後方にあるくぼみである。その上方外側は大腿二頭筋の腱で、内側は半膜様筋と半腱様筋の腱で、下方外側と内側はそれぞれ腓腹筋の外側頭と内側頭で仕切られている。膝窩には膝窩動脈、総腓骨神経、脛骨神経がおとる。
- 324) 内側・外側大腿回旋動脈： 内側・外側大腿回旋動脈は、閉鎖動脈とともに大腿骨頭への血液供給をおこなう血管として重要である。とくに内側大腿回旋動脈の血行が途絶えると大腿骨頭壊死がおこる。
- 325) 貫通動脈： 貫通動脈は通常三本の動脈からなる。これらの動脈は順次に大腿内転筋腱を貫通して、大腿の後側に達し、大腿内側および外側の筋群、大腿骨を栄養する。

こつ
骨神経³²⁶⁾とともに下行し、ヒラメ筋³²⁷⁾腱弓の下に達する。

2. 動脈拍動部

膝窩動脈の拍動は、膝窩中央部で触れる。これは**い**委中**ちゅう**穴の部位にあたる。

3. 分岐

しつか
膝窩動脈は、前脛骨動脈と後脛骨動脈とに分かれる。

◇ 後脛骨動脈

【解剖学】

1. 走行

後脛骨動脈は膝窩動脈の2終枝のひとつで、脛骨後面を下行して、内果³²⁸⁾の後方から足根管³²⁹⁾をとおって足底にでて、足底の大部分に動脈血を送る。足底で外側足底動脈と内側足底動脈につづく。

2. 動脈拍動部

後脛骨動脈の拍動は、脛骨下端のつくる内果後方、アキレス腱の前方で触れる。これは**たいけい**太谿穴の部位にあたる。

3. 分岐

後脛骨動脈はつぎの枝をだす。

- **腓骨動脈**-----後脛骨動脈の上部からおこり、腓骨の内側に沿って下行する。

◇ 足底動脈

【解剖学】

足底動脈には、**外側足底動脈**と**内側足底動脈**があり、どちらも**後脛骨動脈**の終枝である

326) 脛骨神経： 脛骨神経は第4腰神経-第3仙骨神経の神経線維をふくみ、総腓骨神経と合して坐骨神経として仙骨神経叢からおこる。臀部後面で梨状筋下孔を通過して大腿後面に至り、膝窩上方で総腓骨神経と分離して膝窩のほぼ中央部を下行する。

327) ヒラメ筋： ヒラメ筋は腓腹筋の直下に位置するヒラメの形をした扁平な筋である。腓骨頭と同体部(上3/4)およびヒラメ筋線より遠位の脛骨後面ならびに骨間膜からおこった後、踵骨腱(アキレス腱)に収斂し、踵骨隆起に停止する。上端部はヒラメ筋腱弓をなし、脛骨神経と後脛骨動脈が通過する。

328) 内果： 内果は脛骨遠位端内側のふくらみで、皮下に触れる。その外側面は平滑で、距骨と関節する。

329) 足根管： 足根管は脛骨内果、距骨、踵骨と屈筋支帯にかこまれた骨線維性のトンネル構造である。ここを通過するものは、後脛骨筋、長趾屈筋、長母趾屈筋腱、後脛骨動脈、脛骨神経である。

1. 内側足底動脈

内側足底動脈は足底内側縁に分布する。

2. 外側足底動脈

外側足底動脈は足底外側縁と各趾に分布するとともに、足底動脈弓³³⁰⁾をつくる。

◇ 前脛骨動脈

【解剖学】

前脛骨動脈は膝窩動脈の2終枝のひとつで、下脛前側の筋を栄養する。

前脛骨動脈は下脛骨間膜³³¹⁾の上縁をつらぬいて前方にでて、前脛骨筋³³²⁾の外側を骨間膜前にそって下行して足背部で足背動脈³³³⁾につづく。

◇ 足背動脈

【解剖学】

1. 走行

足背動脈は、前脛骨動脈のつづきで足背部をとおり、深腓骨神経³³³⁾と伴行して第1中足骨間隙の基部に達する。

2. 動脈拍動部

足背動脈の拍動は、足背の伸筋支帯³³⁴⁾の下方で、長母趾伸筋腱³³⁵⁾の外側で触れる。これは太衝、衝陽穴の部位にあたる。

330) 足底動脈弓： 足底動脈弓は足底を横切る動脈弓で、長趾屈筋腱の深層をとおり、これは外側足底動脈の終枝からなる。

331) 骨間膜： 下脛の骨間膜は脛骨と腓骨の骨幹部間をつなぐ薄い強靱な線維性結合組織膜である。

332) 前脛骨筋： 前脛骨筋は下脛骨間膜の前面と、脛骨の外顆と体部の外側面上2/3、長指伸筋との筋間中隔と下脛筋膜から起こって下脛前面を垂直に下行する。下脛1/3の高さで腱となり、前脛骨動脈と深腓骨神経の表層を横切った後、上・下伸筋支帯の内側部の下を経て第1中足骨底に停止する。前脛骨筋は足を背屈・内転させる作用をもつ。

333) 深腓骨神経： 深腓骨神経は、総腓骨神経の枝で浅腓骨神経と分かれ長母趾伸筋と前脛骨筋の間を前脛骨動脈とともに下行して足背に至る。下脛の長母趾伸筋、前脛骨筋長指伸筋、第3腓骨筋を支配し、足背の短母趾伸筋、短趾伸筋を支配する。

334) 足背の伸筋支帯： 伸筋支帯は、足関節下部にあるY字状の支帯である。踵骨の上面からおこって、第3腓骨筋、長指伸筋の腱と前脛骨筋の腱をおおいながら内側に走り二分する。上部は脛骨の内果に、下部は足底腱膜に停止する。これは足の伸筋群の腱を足関節に固定し、テコの支点の働きをする。

335) 長母趾伸筋腱： 長母趾伸筋は腓骨前面の中程からおこり、前脛骨筋と長趾伸筋の間にはさまれて下行し、足関節の高さで伸筋支帯の下を通過して前脛骨動・静脈の背側を横切り、母趾の末節骨底に停止する。

体循環の静脈

体循環の静脈の特徴

◇ 体循環の静脈の本幹

【解剖学】

体循環の本幹である大動脈は一本であるが、体循環の静脈は以下の三系統からなり、これらはいずれも右心房に流入する。

- 冠状静脈洞-----冠状循環の静脈を集める。
- 上大静脈-----上半身の静脈を集める。
- 下大静脈-----下半身の静脈を集める。

◇ 浅静脈と深静脈

【解剖学】

体循環の静脈は浅静脈と深静脈に分かれる。

1. 浅静脈

浅静脈は皮下すなわち皮膚と筋膜との間を走行するため、皮静脈ともよばれる。浅静脈は動脈とはまったく関係なく走り、深静脈と多数の吻合によって結合する。

2. 深静脈

深静脈は一般に同名動脈に伴行する。このような静脈を伴行静脈という。伴行静脈は、通常同名動脈よりも太く、1本の動脈に対して2本ある。

冠循環の静脈

◇ 心臓の静脈

【解剖学】

心臓壁を巡っていた血液を集める静脈には以下のようなものがある。

- 大心臓静脈-----心尖より前室間溝_[p.96]を前室間枝_[p.115]と伴行しながら上行して冠状溝に入り、冠状静脈洞に流れ込む。

- 左心室後静脈-----左心室鈍角縁より起始し、冠状静脈洞の遠位部に流入する。
- 左心房斜静脈-----左大静脈ヒダにおこり、左心耳と左肺静脈の間を斜走する。
- 前心臓静脈-----右心室前壁を進み、右心房前縁に注ぐ。
- **中心臓静脈**-----後室間溝 [p.96]を**後室間枝** [p.115]に伴行して上方へと進み冠状静脈洞に注ぐ。
- 小心臓静脈-----右心室後面から冠状静脈洞または直接右心房に入る。

◇ 冠状静脈洞

【解剖学】

冠状静脈洞³³⁶⁾は、心臓の後面で心房と心室の間にある大きな静脈である。

冠状静脈洞は、心臓壁の静脈血をすべて集めて、右心房に開口する。

◇◇ 上大静脈系

◇◇ 上大静脈

◇ 上大静脈

【解剖学】

上大静脈は頭部、頸部、上肢、胸壁および胸腔内臓の一部からの静脈血を集める。上大静脈は右第1肋軟骨の後方で左右の腕頭静脈の結合によっておこり、右肺に接しながら胸骨の右縁にそって下行し、右第3肋軟骨の高さで右心房に開口する。

なお、上大静脈には奇静脈 [p.142]が開口する。

336) 冠状静脈洞： 冠状静脈洞は、心臓の後面で心房と心室の間の冠状溝に存在する大きな静脈である。表面は心筋層によっておおわれている。心臓壁の静脈血をすべて集めて、右心房に開口する。

腕頭静脈

腕頭静脈

【解剖学】

左右の腕頭静脈³³⁷⁾は、それぞれ左右胸鎖関節の後方で、鎖骨下静脈と内頸静脈との結合によっておこる。この鎖骨下静脈と内頸静脈との合流点を静脈角とよび、ここには左右のリンパ本幹_[p.173]が開き、全身からのリンパ液が血液中に流入する。

内頸静脈

【解剖学】

内頸静脈は、頭蓋腔内の静脈を集めた硬膜静脈洞³³⁸⁾のつづきとして、頭蓋底の頸静脈孔³³⁹⁾から始まる。内頸静脈は上方では内頸動脈と、下方では総頸動脈_[p.117]と伴行してくだり、胸鎖関節の後で鎖骨下静脈と合流して腕頭静脈となる。

内頸静脈には、脳(頭蓋内)の静脈血の大部分を集めるS状静脈洞³⁴⁰⁾のほか、顔面部の静脈血をうける顔面静脈³⁴¹⁾、下顎後静脈³⁴²⁾が開口する。

鎖骨下静脈

【解剖学】

鎖骨下静脈は第1肋骨の外側縁で腋窩静脈につづき内側方へ走り、胸鎖関節の後で、内頸静脈と合流して腕頭静脈となる。

鎖骨下静脈には、外頸静脈³⁴³⁾が開口する。

337) 腕頭静脈： 腕頭静脈に合流する静脈は、内頸静脈、鎖骨下静脈の主幹のほか、椎骨静脈、内胸静脈および下甲狀腺静脈がある。なお腕頭動脈は右側のみにあるが、腕頭静脈は左右2本ある。

338) 硬膜静脈洞： 硬膜静脈洞は、大脳と小脳からの静脈血の大部分をうける静脈系である。ただし硬膜静脈洞は静脈としてチューブ状の血管壁をもたず、硬膜を血管壁とする静脈洞である。すなわち硬膜の骨膜層と髄膜層の間が拡張して、その内腔は血管内皮細胞によりおおわれている。大脳鎌や小脳テントの附着部を主とした頭蓋の正中部や、頭蓋底部にみられる。ここからの静脈血はほとんどが内頸静脈へ注いで頭蓋腔をでる。

339) 頸静脈孔： 頸静脈孔は頭蓋骨にあく孔のひとつであり、後頭骨外側部と側頭骨錐体のそれぞれの頸静脈切痕がたがいに向きあって生じる孔である。頸静脈孔には、舌咽神経、迷走神経、副神経、内頸静脈がとおる。

340) S状静脈洞： S状静脈洞は硬膜静脈洞のひとつで、横静脈洞のつづきとして始まり、S状洞溝に沿って頸静脈孔から頭蓋腔をでて内頸静脈へ注ぐ。

341) 顔面静脈： 顔面静脈は内眼角の辺で眼角静脈につづき、顔面動脈に伴行して、顔面を斜め後下方に走って下顎角の後側で下顎後静脈と合流して、内頸静脈に注ぐ。

342) 下顎後静脈： 下顎後静脈は下顎関節の後下側で浅側頭静脈と上顎静脈とが合してでき、耳下腺におおわれながら下行し、耳下腺の下縁で前枝と後枝とに分かれる。前枝は顔面静脈に入るが、後枝は後耳介静脈および後頭静脈と合流して、外頸静脈を形成する。

343) 外頸静脈： 外頸静脈は浅静脈で、下顎後静脈の後枝と後耳介静脈が合して作られる。胸鎖乳突筋の表面にそって下行し、その後縁で鎖骨下静脈に流入する。

◇◇ 脳の静脈

◇ 脳の静脈

【解剖学】

脳の静脈は動脈とはまったくことなる経路をとる。動脈をとおして脳に供給された血液は、脳の表面にある静脈に流れ、これらは硬膜と頭蓋骨内側の骨膜の間にある**硬膜静脈洞**にそそぐ。また脳室とクモ膜下腔を循環した脳脊髄液も、硬膜静脈洞にもどる。**硬膜静脈洞**にあつまった静脈血は、後頭骨と側頭骨がつくる左右一对の頸静脈孔から頭蓋外へ抜け、**左右の内頸静脈**となる。脳からでる静脈血がとおるのは**内頸静脈のみ**である。左右内頸静脈をながれる静脈血は、**左右鎖骨下静脈**にそそぐ。

◇◇ 上肢の静脈

◇ 上肢の静脈

【解剖学】

1. 伴行静脈

上腕・前腕および手を走行する動脈^[p.125]は、いずれも2本の伴行静脈をもつ。すなわち上肢の伴行静脈には、**上腕静脈³⁴⁴⁾**、**橈骨静脈³⁴⁵⁾**、**尺骨静脈³⁴⁶⁾**、**深・浅掌静脈弓**がある。上腕静脈は大胸筋の下縁で腋窩静脈に移行する。

腋窩静脈は上肢のすべての静脈を受け、第1肋骨の外側縁で鎖骨下静脈に移行する。

2. 浅静脈

- **橈側皮静脈³⁴⁷⁾** ----- 手背部の静脈網の橈側におこり、前腕前面から肘部をとおり、**三角筋胸筋溝³⁴⁸⁾**(三角筋大胸筋三角)をとおり**腋窩静脈に流入する。**

344) 上腕静脈： 上腕静脈は橈骨静脈と尺骨静脈が合流してできる上肢の深静脈であり、上腕動脈の両側に二本伴行あうる。大胸筋下縁で腋窩静脈へつづく。

345) 橈骨静脈： 橈骨静脈は橈骨動脈に伴行する前腕の深静脈であり、尺骨静脈と合流して上腕静脈に注ぐ。

346) 尺骨静脈： 尺骨静脈は尺骨動脈に伴行する前腕の深静脈で、橈骨静脈と合流して上腕静脈に注ぐ。

347) 橈側皮静脈： 橈側皮静脈は手および前腕橈側の浅静脈血を集める。

348) 三角筋胸筋溝： 三角筋胸筋溝は三角筋大胸筋三角ともよばれ、三角筋と大胸筋の間隙をいう。橈側皮静脈がその表層を走ることから三角筋と大胸筋の間隙の指標となる。

- 尺側皮静脈³⁴⁹⁾ ----- 手背部の静脈網の尺側におこり、尺側手根屈筋および上腕骨内側上顆³⁵⁰⁾の前をとおり、上腕の下1/3の部で上腕静脈に流入する。
- 前腕正中皮静脈----- 橈側および尺側皮静脈を肘窩^{ちゅうか}³⁵¹⁾でななめに連絡する皮静脈である。

◇◇ 奇静脈と半奇静脈

◇ 奇静脈

【解剖学】

奇静脈は、右腹部の上行腰静脈に始まり**横隔膜の大動脈裂孔**をとって胸腔に入る。さらに胸椎の右側にそって上行し、第3胸椎の高さで**上大静脈**に注ぐ。奇静脈は上大静脈と下大静脈の間の主要な交通路である。

奇静脈に入る静脈としては、**食道静脈**³⁵²⁾、気管支静脈、心膜静脈、縦隔静脈、上横隔静脈などがある。

◇ 半奇静脈

【解剖学】

半奇静脈は左側の上行腰静脈につづいて、胸椎の左側を上行し、中位胸椎の前で右に折れて、奇静脈に入る。

349) 尺側皮静脈： 尺側皮静脈は手および前腕尺側の浅静脈血を集める。

350) 上腕骨内側上顆： 上腕骨内側上顆は、上腕骨遠位端にある内側への隆起部である。

351) 肘窩： 肘窩は肘の前のくぼみで、上腕骨の内側上顆と外側上顆を結んだラインと腕橈骨筋の内側縁と円回内筋の外縁で囲まれた三角形の領域である。

352) 食道静脈： 下部食道の静脈は左胃静脈などを介して門脈へ流入し、上部食道の静脈は奇静脈、半奇静脈などを介して上大静脈に流入する。ただし肝硬変などによって門脈系の循環障害(門脈圧亢進症)が発生すると、門脈内の静脈血の一部は、左胃静脈から食道静脈網に逆流して、奇静脈、半奇静脈などを介して上大静脈にバイパスするようになる。これによって大量の静脈血が食道静脈網に流入すると、静脈の薄い血管壁は拡張し食道静脈瘤が形成される。

◇◇ 下大静脈系

◇◇ 下大静脈

◇ 下大静脈

【解剖学】

下大静脈は人体で最大の静脈で、横隔膜以下の下半身の静脈を集める。下大静脈は第5腰椎の高さで、**両側の総腸骨静脈が合流して始まる**。さらに脊柱の前面にそって腹大動脈の右側を上行し、**肝臓後面の大静脈溝に接する**。横隔膜の大静脈孔をとって胸腔内に入り、右心房に注ぐ。

下大静脈に流入する静脈は、以下のように壁側根と臓側根に分けられる。

- 壁側根----- 下横隔静脈³⁵³⁾、腰静脈³⁵⁴⁾
- 臓側根----- 肝静脈、左右腎静脈、左右副腎静脈、右精巣静脈
または右卵巣静脈など

◇◇ 下大静脈に流入する静脈

◇ 肝静脈

【解剖学】

肝静脈は肝臓 [p.245] の実質内の静脈が3～4本にあつまつたものである。3～4本の肝静脈は、**肝門をとらず肝臓後縁**³⁵⁵⁾の大静脈溝で下大静脈に開口する。

肝臓には門脈 [p.146] および固有肝動脈 [p.130] から血液が流入し、肝実質内の毛細血管をへて3-4本の肝静脈となって肝臓をでる。

◇ 腎静脈

【解剖学】

左右腎静脈は腎門からでて腎動脈の前を横走し下大静脈に入る。左腎静脈は右にくらべ著しく長い。

353) 下横隔静脈： 下横隔静脈は下横隔動脈に伴行する。

354) 腰静脈： 腰静脈は4対あって、直接に下大静脈に注ぎ、たがいに交通する。

355) 肝臓後縁： 肝静脈は肝門をとらない。肝門から出入りするものは、門脈、固有肝動脈、肝管、神経、リンパ管である。

左腎静脈には、左副腎静脈、左精巣静脈または左卵巣静脈が入る。また左腎静脈は腹大動脈の前方をとって下大静脈にそそぐ。

◇ 副腎静脈

【解剖学】

副腎静脈は副腎³⁵⁶⁾からでて、右副腎静脈は下大静脈に入るが、左副腎静脈は左腎静脈にはいる。

◇ 精巣静脈・卵巣静脈

【解剖学】

左右精巣静脈は精巣と精巣上体からおこり、左右卵巣静脈は卵巣内におこる。

右精巣静脈または右卵巣静脈は下大静脈に直接入る。ただし左精巣静脈または左卵巣静脈は、左腎静脈に入る。

◇◇ 総腸骨静脈

◇ 総腸骨静脈

【解剖学】

左右総腸骨静脈は仙腸関節の前で内腸骨静脈および外腸骨静脈が合流して始まる。斜め正中上方に走り、第5腰椎の高さで合流して下大静脈となる。

1. 内腸骨静脈

内腸骨静脈は内腸骨動脈 [p.132] の分布区域すなわち骨盤壁および骨盤内諸臓器からの血液を集める静脈である。

その壁側根は内腸骨動脈に伴行する。また臓側根には、下直腸静脈、内陰部静脈および子宮静脈などがある。

2. 外腸骨静脈

外腸骨静脈は外腸骨動脈 [p.134] に伴行して、全下肢からの静脈血を集め

356) 副腎： 副腎は腎臓の上内側に接して存在する一対の内分泌器官である。1個の重量は約7gで長さ5cm、幅3cm、厚さ0.5cmの扁平な三角形をなす。内部は中央部を占める髄質と、その周りを囲む皮質とからなる。副腎皮質からは副腎皮質ホルモン(コルチコイド)や男性ホルモンが、副腎髄質からはアドレナリンなどが分泌される。副腎は皮質・髄質とも身体にストレスがくわわったとき、体内の状態を正常に維持するのに重要な役割を演じる。

る。

◇ 下肢の静脈

【解剖学】

下肢の静脈は静脈弁に富む血管である。これらの浅静脈と深静脈の間には交通枝が多く走行する。

1. 深静脈

足部および下腿部を流れる深静脈は、すべて同名動脈に伴行する。すなわち前・後の脛骨静脈は合流して膝窩静脈をつくり、**膝窩静脈**は内転筋裂孔をとって**大腿静脈**につづく。

大腿静脈は大腿動脈 [p.134] に伴行して上行し、^{そけいじんたい}鼠径靭帯の深面で**外腸骨静脈**につづく。大腿静脈には、その経過中に伴行静脈および**大伏在静脈**が流入する。

2. 浅静脈

- 足背静脈弓-----中足骨の遠位端の皮下にある。外側は足の外側縁に沿って上行し、小伏在静脈につづく。また内側のものは大伏在静脈につづく。
- 小伏在静脈-----足背静脈弓につづいて**外果**³⁵⁷⁾の後方でおこり、下腿の後側を上行して、膝窩で**膝窩静脈**に注ぐ。下腿の浅静脈の血液を集める。
- 大伏在静脈-----足背静脈弓につづいて**内果**³⁵⁸⁾の前方でおこり、下腿の内側を上行する。膝関節の内側を経て大腿に達し、その内側部を走って**伏在裂孔**³⁵⁹⁾で**大腿静脈**に注ぐ。大伏在静脈は大腿と下腿の内側部からの静脈血を受ける。

357) 外果： 外果は、腓骨の遠位端で後下方に突出する部位である。

358) 内果： 内果は、脛骨遠位端にある内側に突出する部位である。

359) 伏在裂孔： 伏在裂孔は、恥骨結節の外下方約3cmのところ(下腿三角の中)にあり、篩状筋膜によっておおわれる部位である。

◇ 門脈系

◇ 肝門脈

【解剖学】

肝門脈は腹部にある長さ約8cmの血管であり、その血管壁は静脈と同じ構造をもち、ここを流れる血液も静脈血である。なお単に門脈という場合は肝門脈をさす。

門脈はほかの静脈とはちがって、細い静脈が合流して次第に太い静脈となっていくものではない。門脈は腹腔内臓とくに胃腸、膵臓、脾臓、胆嚢の毛細血管から静脈血を集め³⁶⁰⁾、肝臓の機能³⁶¹⁾血管としてはたらく。

門脈は膵臓の後方で、脾静脈、上腸間膜静脈、下腸間膜静脈などが合流してでき、十二指腸上部の後方を斜めに右上方に向い、肝門から肝臓に入る^[p.244]。

◇ 門脈にはいる静脈

【解剖学】

門脈にはいるおもな静脈は、脾静脈、上腸間膜静脈、下腸間膜静脈であり、これは門脈の三主根といわれる。

1. 門脈の三主根

- 上腸間膜静脈-----上腸間膜動脈^[p.131]に伴行し、その分布域から静脈血をあつめる。
- 脾静脈-----脾臓の静脈血は脾門からでて脾体上縁にそって右方に走り、門脈に合する。
- 下腸間膜静脈-----同名動脈^[p.131]に伴行し、脾静脈あるいは上腸間膜静脈に注ぐ。

2. その他の門脈にはいる静脈

- 左胃静脈-----同名動脈に伴行し、門脈に注ぐ。また胃の噴門³⁶²⁾部で食道静脈と吻合する。

360) 静脈血を集め： 門脈には消化器系の広い領域から静脈血が流入するため、消化器系の癌では癌細胞が門脈を介して肝臓に流入し癌転移をおこしやすい。このため転移性肝癌の発生頻度は、原発性肝癌の約20倍に達する。

361) 肝臓の機能： 肝臓では、消化管において吸収された栄養素を体内で利用するための化学処理をおこなっている。

362) 噴門： 噴門は胃の入り口で、食道との移行部となる。ほぼ第12胸椎の高さにある。

- 右胃静脈-----同名動脈に伴行し、門脈に注ぐ。また左胃静脈と吻合する。
- 胆嚢静脈-----胆嚢³⁶³⁾壁から血液をうけ、門脈に入る。
- 臍傍静脈-----腹壁の臍の周囲からおこり、門脈に入る。

◇ 門脈と体循環系静脈の吻合

【解剖学】

門脈は上大静脈および下大静脈との間に複数の側副循環路を形成しており、これを門脈-体循環吻合という。

肝硬変、肝癌など肝臓の病変で肝臓内の血流にうっ滞が生じた場合には、門脈内圧が上昇(門脈圧亢進症³⁶⁴⁾)し、腹腔内臓の静脈血は門脈から肝臓に流入しにくくなる。このとき腹腔内臓の静脈血は側副循環路をとって心臓に還流するため、側副循環路となる静脈では血流量の増加によりさまざまな症状が引き起こされる。

門脈系の側副循環路には、以下のようなものがある。

- 食道壁下方の静脈血の一部は**食道静脈**³⁶⁵⁾を経て、奇静脈に流れて上大静脈に、一部は左・右胃静脈を介して、門脈に流れる。
- **直腸静脈叢**³⁶⁶⁾の一部は、内腸骨静脈に流れて下大静脈に、一部は下腸間膜静脈を介して門脈に流れる。
- 臍周辺からの**臍傍静脈**³⁶⁷⁾は臍の周辺で**腹壁静脈**にでて、下大静脈に流れる。

363) 胆嚢： 胆嚢は肝臓の下面の浅い陥凹に付着している嚢状の臓器である。ナスのような形をなし、大きさは10cm×4cmくらいで内容量は40-70mLある。胆嚢は肝臓でつくられ分泌された胆汁を一時的に貯蔵して、胆嚢管、総胆管を経て十二指腸へと分泌する。

364) 門脈圧亢進症： 門脈圧亢進症は門脈血流路のどこかに狭窄や閉塞がおこり、門脈内圧が持続的に高くなった病態をいう。門脈圧亢進症の原因疾患としては肝硬変がもっとも多く、全体の過半数をしめる。肝硬変では、肝細胞が壊死して線維化したものが肝内門脈を狭窄・閉塞させ、門脈系の内圧が持続的に上昇する。

365) 食道静脈： 門脈圧亢進症では側副血行路である食道静脈が拡張して、下部食道の粘膜下層に静脈瘤を形成する。これを食道静脈瘤という。これが破裂(静脈瘤破裂)すると大量出血をきたすことが多い。

366) 直腸静脈叢： 門脈圧亢進症で側副血行路である直腸静脈叢が拡張すると内痔核を呈する。

367) 臍傍静脈： 門脈圧亢進症で側副血行路である臍傍静脈が拡張すると、腹壁で臍を中心とした放射状の静脈の怒張をみる。これをメドゥーサの頭(メズサの頭;caput medusae)という。メドゥーサはギリシア神話に登場する怪物ゴルゴンの3姉妹のひとり、黄金の翼をもち、頭髪は蛇である。腹壁で放射状に怒張した静脈が、メドゥーサの頭髪のようにみえることから命名された。

胎児循環

胎児循環とは

胎児循環とは

【解剖学】

胎児は母体の子宮内にあるため、肺は呼吸機能を果たしておらず、胎盤³⁶⁸⁾が酸素供給などのガス交換の場となっている。このため胎内では誕生後とまったくことなる血液循環がおこわれている。この胎児期の血液循環を胎児循環という。

胎盤

胎盤

【解剖学】

胎盤は妊娠4か月ころまでに子宮体部³⁶⁹⁾に形成され、分娩時に胎児とともに体外に排出³⁷⁰⁾される。

胎盤のうち子宮内膜に付着する面を母体面といい、反対側は胎児面とよばれる。胎盤の胎児面は平滑な羊膜^{ようまく}でおおわれ、そのほぼ中央部に胎児の臍からのびる臍帯^{さいたい}³⁷¹⁾が付着する。胎児面の羊膜につく臍帯の内部には、2本の臍帯動脈と1本の臍帯静脈³⁷²⁾がおとる。

胎盤における物質交換

【解剖学】

胎児からの臍帯動脈は羊膜に入ったあと細分化して毛細血管網となる。こ

368) 胎盤： 胎盤とは、有胎盤類に属する動物(ヒトをふくむ)の雌において、その妊娠時に子宮内に形成される器官である。胎盤は母体と胎児を連絡して酸素や二酸化炭素のガス交換や、栄養物の供給などの役割をはたすほか、胎児の免疫学的保護、妊娠を継続するための各種ホルモンの分泌などをおこなう。

369) 子宮体部： 子宮は女性の骨盤腔のほぼ中央にあり、妊娠時には胎児を養育する中空性の内生殖器である。子宮は子宮体と子宮頸に区別され、子宮体は上部2/3で最上部の子宮底と子宮峡部からなる。子宮頸は下部1/3部で、膣上部と膣部からなる。

370) 体外に排出： 満期産時に娩出される胎盤は、直径22cm、厚さ2.5cmほどの扁平円盤状をなし、重量は約470gある。

371) 臍帯： 臍帯は胎児の臍輪と、胎盤の胎児面をつなぐ乳白色でらせん状に捻転した紐状組織である。その長さは約58cm、直径は約1.7cmである。分娩時に母親と新生児を結ぶ臍の緒から採取する血液を臍帯血といい、これには血液細胞をつくる幹細胞(造血幹細胞)が豊富にふくまれる。

372) 臍帯静脈： 臍帯静脈は、臍帯動脈にくらべ約2倍の太さがある。

の毛細血管網は胎盤内腔で絨毛³⁷³⁾を形成する。いっぽう母体の子宮動脈から供給された動脈血は、胎盤内の絨毛の間隙(絨毛間腔³⁷⁴⁾)を満たす。

このようにヒトの胎盤では、母体の動脈血と、胎児の毛細血管網がつくる絨毛は接しており、ここで活発な物質交換³⁷⁵⁾がおこなわれる。

◇◇ 胎児循環の経路

◇ 胎児循環の経路

【解剖学】

胎児循環は以下のように構成される。

- 胎盤腔をでた胎児の動脈血は、臍帯をとる1本の臍静脈で臍から胎児の体内にはいり、肝臓の下面で2本となる。なお胎児循環において動脈血だけが流れるのは、臍静脈のみである。
- このうちの1本は門脈と合して肝臓に入り、肝静脈を経て下大静脈にいたる。もう1本は静脈管(アランチウス管)³⁷⁶⁾で、これは下大静脈に入る。
- 下大静脈は下半身からの静脈血と、静脈管(アランチウス管)からの動脈血、肝静脈血をあわせて右心房に運ぶ。
- 右心房の血液の一部は右心室に入るが、大部分は心房中隔の卵円孔をとおり左心房に入る。
- 左心房に入った血液は、左心室を経て上行大動脈にでる。この血液は大動脈弓からでる分枝をとおって頭部、頸部、上肢に送られ、残りは下行大動脈に流れて腸、腎、肝、下半身に分布する。
- 右心房から右心室に入る一部の血液は、右心室から肺動脈に駆出され、肺動脈と大動脈を結ぶ動脈管(ボタロー管)³⁷⁷⁾をとおって大動脈弓末端部に入る。これは下行大動脈から全身に流れていく。
- 下行大動脈に流れる血液の一部は、内腸骨動脈から、前腹壁を上行して

373) 絨毛： 妊娠末期の胎盤容量約500mLの約60%は絨毛でしめられ、その表面積は14-15m²に達し、消化管の全吸収面積にほぼ等しい。

374) 絨毛間腔： 絨毛間腔の容積は170-250mLで、分時血流量は500-600mLといわれる。

375) 物質交換： 胎児は母体血から胎盤を介して酸素の供給をうけ、二酸化炭素を排出する。また母体血中のブドウ糖、遊離脂肪酸、アミノ酸も胎盤を介して胎児の血液中に移動する。

376) 静脈管(アランチウス管; Arantius ductus)： アランチウス管の名称は、Guilio Cesare Aranzi(1530-1589)に由来する。

377) 動脈管(ボタロー管; Botallo's duct)： ボタロー管の名称は、Leonardo Botallo(1530-1571)に由来する。

臍帯動脈に入り胎盤に達する³⁷⁸⁾。

- 胎盤内では絨毛内に毛細血管となって入りこみ、絨毛間腔を流れる母体血との間で物質交換をおこなう。

◇ 胎児循環の切り替わり

【解剖学】

ヒトは出生と同時に肺呼吸を開始する。これによって肺血流が増加し、それまでの胎児循環が劇的に変化し、**静脈管(アランチウス管)、卵円孔、動脈管(ボタロー管)が閉鎖**する。この胎児循環からの変化は、出生から約1週間でおこなわれる。

なお胎児循環でみられた血管系の構造物は出生後、**索状の結合組織に変化する**。すなわち臍動脈は臍動脈索に、臍静脈は肝円索に、**静脈管(アランチウス管)は静脈管索に、動脈管(ボタロー管)は動脈管索になる**。また**心房中隔の卵円孔**は出生後閉鎖し、**卵円窩**となる。

◇◇ 血管壁のもつ特徴による血管の分類

◇ 弾性血管

【生理学】

大動脈、総頸動脈、鎖骨下動脈など太い動脈の壁では中膜の弾性線維³⁷⁹⁾がよく発達しており、**弾力性に富んでいる**。このことから**太い動脈は弾性血管**ともよばれる。

太い動脈の壁は、心収縮時に心臓から駆出された血液によって高い圧力がかかって大きく伸展・拡張される。いっぽう心拡張時には伸展された血管壁がもとにもどろうとする力で、血液を下流域に送る。これによって弾性血管は、**血流を整流して一定にたもつ補助ポンプとしての役割を**になう。

◇ 抵抗血管

【生理学】

心臓からでた太い動脈(大動脈)は、何回も分岐を繰り返して、直径の細

378) 臍帯動脈に入り胎盤に達する：胎盤への血流量は胎児の心拍出量の50-60%をしめ、低酸素環境下にある胎児の酸素需要を確保している。

379) 弾性線維：血管の中膜の最外層には弾性線維がとくに発達した層があり、これを外弾性板という。外弾性板は、高い血圧に耐えて血管構造を保持する太い動脈でよく発達する。

い動脈(小動脈)となる。さらに毛細血管に分かれる前の領域になると、動脈の直径は0.03-0.3mmとなる。このような毛細血管に分かれる前の領域にある動脈を、とくに細動脈という。

細動脈の部分は、血管中膜の平滑筋細胞がよく発達している。血管平滑筋の収縮は血管内腔の径を小さくして血管収縮に、平滑筋の弛緩は径を大きくして血管拡張に作用する。この平滑筋細胞の収縮・弛緩は、自律神経の働きによってコントロールされており、ここには数多くの交感神経線維が血管運動神経として分布し、細動脈は血流の神経性調節が活発におこなわれる場となっている。^[p.157]

血液が血管内腔で流れる力に対する抵抗力、すなわち血液が血管内を流れるときの通りづらさを血管抵抗という。血管抵抗はおもに細動脈で生じ、その大きさは血管平滑筋の収縮・弛緩の程度により調節されている。

細動脈の領域では、動脈が繰り返しかえし分岐した結果、その総断面積が大動脈に比べて数百倍になっている。このため細動脈の平滑筋が完全に弛緩してしまうと、血圧が低下して血流を維持することができなくなる。このため細動脈では、血管運動神経(交感神経)がつねに弱く興奮を送りつづけることにより、血管平滑筋の弱い持続的収縮(トーンス)³⁸⁰⁾を維持³⁸¹⁾している。このように細動脈では、平滑筋の弱い持続的収縮(トーンス)が、血管内腔を締めつける力としてはたらいて血管抵抗を維持している。このことから細動脈は抵抗血管とよばれる。

また細動脈の収縮は、上流の動脈圧すなわち血圧を上昇させ、逆に細動脈の拡張は血圧の下降に作用する。このため細動脈の収縮がつくる血管抵抗は、血圧を決める因子として重要である。

◇ 容量血管

【生理学】

静脈壁は動脈と同様に三層からなるが、動脈よりいちじるしく薄い。この薄い静脈壁は伸展性に富むため、静脈血液量が増加しても内圧をほとんど

380) 持続的収縮(トーンス;tonus): 骨格筋の収縮は神経系による随意的な調節をうけ、平滑筋の収縮は神経系による自律的な調節をうけている。いずれの場合も、筋を支配する神経(ニューロン)は、安静時においてもつねに低頻度のインパルスを送っていて、これによって筋はつねに弱い緊張状態にある。このような筋の弱い緊張状態をトーンスという。なお筋収縮は、上記のインパルスの頻度を増加させることによって行っている。

381) 持続的収縮を維持: 皮膚・粘膜の細動脈において血管のトーンスを維持しているのは、交感神経アドレナリン作動性血管収縮神経である。

変えずに、多量の血液を貯留³⁸²⁾することができる。このことから**静脈は容量血管**ともよばれる。

血流と脈拍

◇ 血流

【生理学】

単位時間(一般的には1分間)あたりに血管を流れる血液量を血流量(血液流量)という。また、ある部位の血管において、その内腔を血液が流れる速度を血流速度という。

◇ 脈拍

【生理学】

心臓の拍動とともに駆出された血液は、血管壁を伸展させて振動波(脈波)を発生させる。これは血流とともに末梢動脈に伝わって、**動脈が皮下の浅い部分をとおる部位(動脈拍動部)**で、**脈拍として触知することができる**。脈拍の触診によって、脈拍数、調律、動脈壁の硬軟、緊張状態、脈拍の遅速、左右差などをみることができる。

毛細血管の機能

毛細血管とは

◇ 毛細血管

【生理学】

毛細血管は、枝分かれした**動脈と静脈の間**をつなぐきわめて細い血管である。毛細血管の太さ³⁸³⁾は0.003~0.03mm程度であり、その**血管壁は内膜(単層扁平の血管内皮細胞とそれを取りかこむ基底膜)のみの一層構造**である。

382) 多量の血液を貯留: 安静時には循環血液量の約70%が静脈内にある。静脈が収縮すると心臓への静脈還流量が増加し、スターリングの法則がはたらいて心拍出量は増大する。このようにして静脈系は有効循環血液量を調節している。

383) 毛細血管の太さ: 毛細血管0.007mm程度の太さものが多いが、とくに太い毛細血管は洞様毛細血管とよばれる。

毛細血管は身体のあらゆる組織に網目状に分布し、その中にはつねに血液が流れている血管(優先路)と、組織の活動に応じて血流量が調節される血管(真毛細血管)とがある。

◇◇ 毛細血管における物質交換

◇ 毛細血管の機能

【生理学】

毛細血管は、血液と間質液(組織間液)との間の物質交換がおこなわれる場となる。毛細血管における物質交換では、組織に分布する細胞が活動するために必要となる物質を毛細血管内から間質液側へと移動させ、細胞活動の結果生じた代謝産物(老廃物)を間質液側から毛細血管内へと移動させている。このため代謝がさかんな組織ほど、毛細血管の分布密度が高い。

また物質交換を効率よくおこなうために、毛細血管内腔は広い総断面積³⁸⁴⁾をもち、血管壁はきわめて薄く³⁸⁵⁾、血流速度も非常に遅い³⁸⁶⁾。

◇ 毛細血管の構造

【生理学】

毛細血管壁を構成する内皮細胞には、細胞膜に特定の物質の輸送体やイオンチャネルをもつもの、細胞体に小さな孔をもつものがある。また血管壁に一層でならぶ内皮細胞と内皮細胞との間にはわずかなすきまがある。これを内皮細胞間隙^{かんげき}という。

毛細血管壁では、これらの構造物をかいして濾過^{ろか}や拡散などの受動輸送によってさまざまな物質が移動する。このように毛細血管壁を介して物質が移動することを、血管透過性^{とうか}とよぶ。

ただし血液中の成分のうち、生理的な状態で血管透過性をもつ(毛細血管壁を透過できる)ものは、原則的に水溶性の低分子物質だけであり、細胞成分(赤血球、血小板)や血漿タンパクが血管外にでることはない。

384) 毛細血管内腔は広い総断面積： 毛細血管内腔の断面積の総和は血管中最大で3000cm²に達する。

385) 血管壁はきわめて薄く： 毛細血管壁の厚さは0.1-0.5μm(1μm=1/1000mm)と非常に薄い。

386) 血流速度も非常に遅い： 毛細血管での血流速度は血管中でもっとも遅く大動脈の1/1000程度の速度(0.5-1.0mm/s)である。

◇ 毛細血管における水分の移動

◇ 毛細血管における水分移動にはたらく力

【生理学】

毛細血管壁を介して水分が出入りする際の力としては、血管外に出るときは主に血圧による濾過^{ろか}圧と、血管内に入るときはおもに血漿膠質浸透^{こうしつ}圧による浸透圧がはたらく。

1. 血圧

血圧は、血管内腔において血液が血管壁を押し出す圧力である。このため物質透過性の高い毛細血管壁において血圧は、血管内の水分を血管外に押し出す力（濾過^{ろか}圧^[p.33]）としてはたらく。毛細血管網のうち、動脈に近い領域の血圧は約35mmHg、静脈に近い領域の血圧は約15mmHgである。

2. 血漿膠質浸透圧

毛細血管壁は水などの低分子物質は透過³⁸⁷⁾させるが、高分子物質は通過しにくいという選択的透過性をもつ。このように毛細血管壁は半透膜であるため、血管内の血液と血管外にある間質液（組織間液）の間には浸透圧^[p.33]が発生する。これを血漿膠質浸透圧^[p.88]という。

毛細血管壁内外にはたらく血漿膠質浸透圧を維持しているのはアルブミン^[p.88]などの分子量の大きな血漿タンパクである。血漿膠質浸透圧は血管外の水分を血管内に引き込む力³⁸⁸⁾として作用し、約25mmHgの圧力をもつ。

◇ 毛細血管における水分の移動

【生理学】

毛細血管壁を介する水分の移動は、血圧による濾過と血漿膠質浸透圧による浸透によって以下のようにおこなわれる。

1. 水分が血管外に出るメカニズム

毛細血管網の動脈側では、血管内から外向きの圧力として約35mmHgの血圧がかかり、血管内への内向きの圧力として約25mmHgの血漿膠質浸

387) 水などの低分子物質は透過： ナトリウムイオンなどの電解質は低分子であるため、毛細血管壁を自由に通過することができる。このためナトリウムイオンは血管内外の浸透圧の維持には関与しない。

388) 水分を血管内に引き込む力： たとえば血中のアルブミン量が低下（低アルブミン血症）すると、血漿膠質浸透圧は低下して毛細血管内から血中の水分が流出し、浮腫が生じる。

透圧がかかる。

したがってこの領域では、 $35\text{mmHg}-25\text{mmHg}=10\text{mmHg}$ の圧力で血管内の水分は血管外へ押し出される。

2. 水分が血管内に入るメカニズム

毛細血管網の静脈側では、血管内から外向きの圧力として約 15mmHg の血圧がかかる。毛細血管網の静脈側で外向きにかかる血圧は、**静水圧**³⁸⁹⁾ともよばれる。

いっぽう血漿膠質浸透圧の大きさは血管内にあって血管外に出ることができないアルブミンの量によって決まる。このアルブミンの量は、毛細血管網の動脈側と静脈側とで変化しない。このため静脈側でも血管内への内向きの圧力として約 25mmHg の血漿膠質浸透圧がかかる。

したがってこの領域での圧力は $15\text{mmHg}-25\text{mmHg}=-10\text{mmHg}$ となり、血管外の水分は血管内へと吸いこまれる。

静脈の機能

◇ 静脈の特徴

【生理学】

静脈は毛細血管から心臓に血液をみちびく血管である。その特徴は以下のとおりである。

- 対応する動脈よりも太いか本数が多く、内腔の断面積の総和は動脈より広い。
- 静水圧は動水圧にくらべ非常に低く、心臓に還流する直前の部分ではほぼゼロとなる。
- 静水壁は動水と同様に三層からなるが、動水にくらべ平滑筋も結合組織も発達しておらず、いちじるしく薄い。
- 静水血液量が増加しても内水をほとんど変えずに、多量の血液を貯留することができる。このことから静水は容量血管^[p.151]ともよばれる。

389) 静水圧： 静水圧は、液体の重量により生じる水圧をいう。立位で心臓より下方に位置する静水での水圧は、心臓のポンプ作用により生じる駆動水圧と静水圧の和となる。

- 四肢など、とくに下肢の静脈には逆流を防ぐ静脈弁³⁹⁰⁾がある。

◇ 静脈還流

【生理学】

血液が静脈系から右心系に戻ってくることを静脈還流という。静脈還流量の増減は心室筋の伸展度を左右する。心室筋の伸展度は、**スターリングの法則** [p.101]のとおり心拍出量を決める。

このため**静脈還流量は、左室からの心拍出量を決める要素のひとつとして重要**である。

ただし静脈の血圧は非常に低いため、血圧は静脈還流にほとんど役立っていない。このため**静脈還流をおこす要因**としては、以下のような要素が重要である。

- **心房内圧低下時におこる心房内への吸引**----- 心周期において充満期に房室弁が開いて心室内に血液が流入すると、心房内圧は低下する。この心房内圧の低下により、大静脈内の血液が心房内に吸引される。
- **静脈弁による逆流防止作用**----- 四肢など、とくに下肢の静脈には逆流を防ぐ静脈弁がある。
- **骨格筋収縮によるポンプ作用**³⁹¹⁾----- 骨格筋の収縮は、その部位に分布する静脈に圧をかけて押しつぶすように作用する。これを筋ポンプといい、これによって静脈血は心臓に向かって還流する。
- **吸息時の胸腔内圧低下**----- 吸息時におこる**胸郭**をふくらます運動(肋骨の挙上と横隔膜の沈下)は、**胸腔内圧**を低下させる。心臓も肺と同様に胸郭内にあり、胸腔内圧の低下は心臓内圧を低下させるため、吸息時の胸腔内圧低下は大静脈から血液を吸引する力として作用する。

390) 静脈弁： 静脈弁は体肢、とくに下肢の静脈に多くみられる。しかし、上・下大静脈や肝静脈・腎静脈・子宮静脈・臍静脈・門脈系の諸静脈、頭部静脈のほとんど全部、髄膜および脳の静脈、頭蓋および脊柱管の静脈、骨静脈、肺静脈などには弁を欠く。

391) 骨格筋収縮によるポンプ作用： 骨格筋収縮があまりおこらない状態、たとえば長期臥床や長時間同じ姿勢でいる状態では、とくに下肢からの静脈還流がとどこおり、下肢にうっ滞した血液が血管内にかたまり(血栓)を形成することがある。このような状態を深部静脈血栓症といい、いわゆるエコノミークラス症候群もこれに属する病態である。

血管運動

◇ 血管運動とは

【生理学】

血管壁を構成する血管中膜には血管平滑筋があり、その収縮により血管内径は細くなり、弛緩するとその内径は太くなる。このような血管平滑筋³⁹²⁾の収縮と弛緩を血管運動という。

◇ 血管の自律神経支配

【生理学】

血管運動は以下のように自律神経遠心路によって調節される。なお血管運動中枢(心臓血管中枢、循環中枢、循環調節中枢)^[p.164]は延髄³⁹³⁾にある。

1. 皮膚・粘膜などの血管

皮膚・粘膜などに分布する大部分の血管は、自律神経系による二重支配³⁹⁴⁾によらず交感神経系のみで支配される。この交感神経³⁹⁵⁾線維はノルアドレナリンを神経伝達物質とする。

血管運動にあずかる交感神経の興奮は、血管平滑筋を収縮させて血管内径をせばめることで、血管収縮にはたらく。この血管収縮にはたらく交感神経線維には以下のような特徴がある。

- 交感神経による血管運動は大動脈や毛細血管ではあまりおこらず、血管中膜の平滑筋層が発達している細動脈において活発におこなわれ、血管抵抗を調節している。このため、細動脈は抵抗血管^[p.150]とよばれる。
- 細動脈における血管運動は、その上流部にあたる動脈の血圧を調節する。
- この交感神経は血管(細動脈)のトーンスを維持する神経として重要である。

392) 血管平滑筋： 内皮細胞だけからなる毛細血管に血管平滑筋はない。毛細血管も拡張や収縮をおこなうが、これは平滑筋によらず、組織液内の化学物質によって調節されている。

393) 延髄： 頭蓋骨の内部にある脳は、大脳・間脳・小脳・脳幹に分類される。延髄は脳幹部の最下部に位置し、その下方は脊髄につながる。

394) 自律神経系による二重支配： 自律神経遠心路は支配するひとつの器官に対し、交感神経系と副交感神経系の双方が分布して調節をおこなっている。これを二重支配という。ただし例外的に瞳孔散大筋(散瞳筋)、瞳孔括約筋(縮瞳筋)、副腎髄質、脾臓、立毛筋、汗腺、大部分の血管などは、二重支配をうけず、片方のみが分布してこれらを支配する。

395) 交感神経： 交感神経と副交感神経による二重支配によって各器官にあらわれる活動パターンに厳密な法則性はない。しかしあえてこれを一般化するならば、副交感神経系は日常生活における植物機能を亢進させる方向、すなわち食物の消化・吸収を促進するようにはたらく。いっぽう交感神経系は、身体的な運動をともなう活動に対処するための機能を亢進させる方向にはたらく。また一般に日中は交感神経活動が優位となり、夜間には副交感神経活動が優位になる傾向がある。

2. 骨格筋の血管

骨格筋に分布する血管も自律神経系による二重支配によらず交感神経系のみ支配される。ただし骨格筋の血管平滑筋に分布する交感神経線維はアセチルコリンを神経伝達物質とする。

骨格筋に分布する交感神経の興奮は、血管平滑筋を弛緩させて血管内径を広げることにより、血管拡張にはたらく。この交感神経は、筋活動時(身体運動時)に興奮して骨格筋血流を増加させる役割をになう。



血圧



血圧とその測定方法

◇ 血圧とは

【生理学】

血圧とは、血液が血管壁におよぼす圧力をいい、一般に水銀柱の高さ³⁹⁶⁾ (mmHg)であらわす。なおたんに血圧というとき、これは動脈圧をさし、静脈や毛細血管の血圧については、静脈圧、毛細血管内圧などと表現する。

◇ 血圧測定

【生理学】

通常、血圧測定では、血圧計のマンシェット³⁹⁷⁾を右上腕部に巻きつけて、右上腕動脈の血圧³⁹⁸⁾を間接的に計測する³⁹⁹⁾。

血圧は日内変動、季節変動のほか食事・運動・興奮などさまざまな要因に

396) 水銀柱の高さ： 圧力を表現するためには、その圧力によって支えられる流体の柱の高さであらわす方法がある。この流体としてよく使われるのが水銀(Hg)である。海拔0mでの標準的な気圧(標準大気圧)は、水銀柱を約760mmの高さに支えることができる。したがって水銀柱1mmを支える圧力は、標準大気圧の1/760であり、これを1mmHgとあらわす。

397) マンシェット(manchette)： マンシェットは、フランス語で『袖口、カフス』の意味をもち、鶏肉料理などで骨付き肉の一方の端を巻く紙製の飾りのことである。血圧計のマンシェットは血圧計の計器とゴムチューブでつながり、風船状のゴムを入れた細長い布製の帯である。

398) 上腕動脈の血圧： 血圧は重力の影響をうけ、心臓より上方では低く下方では高い。このため血圧測定は心臓とほぼ同じ高さでおこなう必要があり、一般的には上腕動脈圧で測定する。上腕動脈圧は、大動脈の血圧をよく反映し、測定時に仰臥位、坐位、立位のいずれであっても、測定部位がほぼ心臓の高さにあるため誤差が生じにくい。

399) 間接的に計測する： 血圧測定には血管内にカテーテルを挿入しておこなう直接法(観血的)と、血圧計をもちいる間接法(非観血的)がある。臨床の間接法では水銀血圧計やアネロイド血圧計をもちいる間接法がおこなわれる。

より変動するため、厳密には早朝空腹時、排尿後に安静臥床して計測することが望ましい。このような条件下で測定された血圧を基礎血圧という。しかし臨床の場合において、実際にこのような条件下で測定することは困難であり、診察時に測定⁴⁰⁰⁾することとなる。このようにして得られたものを**随時血圧⁴⁰¹⁾**という。なお随時血圧は、できれば2-3回繰り返して測定する。

血圧測定を身体各所でおこない、これを比較すると以下のような特徴がある。

- 下肢の血圧は、正常でも上肢にくらべやや高い(20mmHg以内)。
- 正常では血圧に左右差はない。
- 個々の測定部位について、臥位と立位での血圧の差はほとんどない。

血圧の指標

◇ 最高血圧と最低血圧

【生理学】

動脈血圧は心拍動をエネルギー源とする圧力である。このため**血圧が最大になるのは、心臓の収縮期のうちの駆出期**であり、これを**収縮期血圧(最高血圧)**という。いっぽう**血圧が最小となるのは、心臓の拡張期の充満期**であり、これを**拡張期血圧(最低血圧)**という。

◇ 脈圧

【生理学】

血圧の振幅、すなわち**収縮期血圧(最高血圧)と拡張期血圧(最低血圧)の差を脈圧**という。

◇ 平均血圧

【生理学】

動脈圧は心臓の拍動にともない変化しているが、**心周期全体の血圧の平**

400) 診察時に測定： 一般に医療機関における血圧測定値は、精神的緊張により、家庭で計測した値よりも高い値をしめすことが多い。これを白衣高血圧とよぶ。

401) 随時血圧： 随時血圧は、臨床の場合で測定された血圧値であり、WHOの基準では坐位で測定した血圧値と規定されている。また随時血圧は、患者自身が簡易血圧計をもちいて家庭で測定した家庭血圧値とは区別する。

均値を平均血圧⁴⁰²⁾という。平均血圧は、拡張期血圧に脈圧の1/3を加えることにより概算することができる。

◇ 循環部位による血圧の差異

【生理学】

体循環においては収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧はいずれをとっても左心室からでる大動脈でもっとも高く⁴⁰³⁾、以降血流にそって低下し、心臓にもどったときにはほぼゼロとなる。

ただし肺循環の血圧は体循環に比べて著しく低く、右心室からでる肺動脈圧⁴⁰⁴⁾は、その起始部でも体循環の動脈のいずれの部位よりも小さい [p.114]^o

◇ 高血圧と低血圧

【生理学】

血圧の正常域は年齢や性別によりことなるが、高血圧の判定には世界保健機関(WHO)が1999年に定めた基準がもちいられる。これによると高血圧は、随時血圧が持続的に収縮期血圧(最高血圧)140mmHg以上、または拡張期血圧(最低血圧)90mmHg以上としている。

いっぽう血圧が正常よりも低い状態を低血圧という。しかし低血圧について、血圧値による厳密な診断基準は設定されていない。一般的には収縮期血圧が100mmHg未満とすることが多く、拡張期血圧は考慮にいけない。

◇◇ 血圧の変動

◇ 血圧の変動要因

【生理学】

血圧はさまざまな要因によって変動するが、血圧を決めているものは心拍出量と体循環における血管抵抗 [p.150] の総和(総末梢血管抵抗)である。

402) 平均血圧： 平均血圧は、心臓の1周期全体をとおしての血圧の平均値である。これが最高血圧と最低血圧の和の1/2にならないのは、心周期において血圧が高い収縮期が時間的に短く、血圧が低い拡張期が長いためである。実際の平均血圧を測定するには、血管内にカテーテルを挿入して変化する圧を直接記録し、これによってえられる曲線を積分して求める。

403) 平均血圧は大動脈でもっとも高く： 平均血圧は大動脈で100mmHg、毛細血管の入口で30mmHg、出口で10mmHg、以後は静脈圧となり、もとの心臓右心房にもどったときにはほぼ0mmHgとなる。

404) 肺動脈圧： 肺動脈圧は、体循環における毛細血管起始部の血圧よりも低い。

動脈血圧の上昇要因となるものには、以下のようなものがある。

1. 血液に関する要因

- 血液量の増加
- 心拍出量の増加
- 血液粘度⁴⁰⁵⁾の上昇

2. 血管抵抗を上昇させる要因

- 血管平滑筋収縮による細動脈(抵抗血管)の狭小化(血管断面積低下)
- 血管壁の弾力性低下(動脈硬化)

3. 神経性の要因

交感神経活動の亢進または副交感神経(迷走神経)活動の低下は血圧を上昇させる。

- 頸動脈洞などにある圧受容器^[p.165]の興奮低下は、交感神経活動亢進、副交感神経活動低下に作用し、血圧を上昇させる。
- 痛み刺激による痛覚受容器(侵害受容器)の興奮は、交感神経活動亢進、副交感神経活動低下に作用し、血圧を上昇させる。
- 高度のストレスや生存の危機をもたらすような刺激にさらされたときにおこる緊急反応⁴⁰⁶⁾は、交感神経活動亢進に作用し、血圧を上昇させる。
- 冷水などによる寒冷刺激や外気温の低下は、交感神経活動を亢進し皮膚血管を収縮させて、血圧を上昇させる。いっぽう適度の温熱刺激は交感神経活動を抑制し皮膚血管を拡張させて、血圧を低下させる。

4. 内分泌性の要因

- 副腎髄質から分泌されるホルモン⁴⁰⁷⁾であるアドレナリンは細動脈の収縮、心筋収縮力増強、心拍数上昇に作用し、血圧を上昇させる。

405) 血液粘度： 血液には、各種の血球成分、血漿蛋白質などをふくむため、ある程度の粘性をもつ。このため、血液中で赤血球や血漿タンパクの量が増加すると、血液の粘性度は上昇する。

406) 緊急反応： 緊急反応は、高度のストレスや生存の危機をもたらすような刺激にさらされたときにおこる反応であり、危機的状況に積極的に立ちむかい、または全面的に退避するための行動をとりやすくするように作用する。緊急反応では、まず交感神経系が興奮してさまざまな効果器に即座にその応答があらわれる。これについて交感神経の支配をうける副腎髄質からアドレナリンなどのホルモン分泌が亢進する。緊急反応による効果器の応答としては、瞳孔散大、骨格筋への血液供給量の増加、腹部内臓器への血液供給量の減少、唾液・消化液の減少、消化管運動の抑制、気管支拡張、心拍数増大、心拍出量増加、血圧上昇、手掌・足底などの多汗、立毛筋収縮、血糖値上昇などがある。これらの反応の多くは、危機的状況に対処することに有利に作用する。

407) ホルモン(hormone)： 細胞では生体機能を調節するためにさまざまな化学物質が産生されている。このような物質のうち、産生細胞から血液中に分泌され、これが血流中を運搬されて作用を発揮するものをホルモンという。またホルモンを分泌する細胞を内分泌細胞といい、これが属する器官を内分泌腺と総称する。

- 腎臓における循環血液量の低下によって、腎臓から分泌されるレニン [p.163] は、血中にあるアンジオテンシンを活性化する。活性化されたアンジオテンシンは細動脈を収縮させて血圧上昇に作用する。さらにアンジオテンシンは副腎皮質から出るホルモンであるアルドステロンの分泌を亢進させる。アルドステロンは腎臓に作用してナトリウムイオン(Na⁺)の再吸収を促進する。体内のナトリウムイオン量の増加は、高血圧をひきおこす。この一連のメカニズムをレニン-アンジオテンシン-アルドステロン系という。
- 下垂体後葉から分泌されるホルモンであるバソプレシン⁴⁰⁸⁾ (抗利尿ホルモン) 分泌亢進は、体内の水分量を増加させることにより、血圧を上昇させる。



循環調節



循環調節とは

◇ 循環調節とは

【生理学】

生体内の各臓器が必要とする血液量は、身体がおかれている状況によって大きく変化する。たとえばスポーツなどで身体の運動をするときには、骨格筋で多量の血液が必要となり、また食事後には胃腸管で多量の血液が必要となる。

このように身体の状態に応じて、各臓器に適切な血液量(心拍出量)を分配するシステムを循環調節という。

408) バソプレシン(vasopressin): バソプレシンはその生理作用から抗利尿ホルモン(antidiuretic hormone; ADH)ともよばれる。これは間脳の視床下部で合成され下垂体後葉に輸送された後、ここから血中へ分泌されるホルモンである。バソプレシンは体液浸透圧の上昇(体内の塩分濃度の上昇など)によって分泌され、また血圧低下時や、循環血漿量の低下時にも分泌が増加する。血中に分泌されたバソプレシンは腎臓に作用して、水の再吸収を促進し、体内の水分が尿から体外へ流出することを防いでいる(抗利尿作用)。

◇ 循環の調節メカニズム

【生理学】

循環調節は心拍出量、動脈血圧、末梢血管抵抗を調節することによっておこなわれる。これら三つの要素を決定するのは心臓および血管の機能である。このような循環における心臓・血管の調節機構には、以下のようなものがある。

1. 自律神経系による循環調節

- 交感神経活動の亢進は、心臓については心拍数増加、心収縮力亢進にはたらき、血管については細動脈の収縮に作用する。これらの結果、血圧は上昇する。
- 副交感神経(迷走神経)活動の亢進は、心臓については心拍数減少、心収縮力低下に作用して、血圧を低下させる。ただし血管の大部分は交感神経のみによって調節され、副交感神経はほとんど分布していない。[p.157]

2. ホルモンによる循環調節

- 副腎髄質から分泌されるホルモンであるアドレナリンは、細動脈収縮、心筋収縮力増強、心拍数上昇に作用する。
- 腎臓から分泌されるレニンは、血中にあるアンジオテンシンを活性化する。活性化されたアンジオテンシンは細動脈を収縮させる。さらにアンジオテンシンは副腎皮質からでるアルドステロンの分泌を亢進させる。アルドステロンは腎臓などにおいてナトリウムイオンの再吸収を促進する。体内のナトリウムイオン量の増加は、高血圧をひきおこす。この一連のメカニズムをレニン-アンジオテンシン-アルドステロン系という。
- 下垂体後葉から分泌されるホルモンであるバソプレシン(抗利尿ホルモン)分泌亢進は、体内の水分量を増加させることにより、血圧を上昇させる。
- 心房から分泌される心房性ナトリウム利尿ペプチド [p.166]は、おもに腎臓・血管に作用し、利尿、血管拡張、血圧低下にはたらいて心臓の負荷を軽減する働きをになう。

3. 心臓における局所性の循環調節

大静脈から心臓(右心室)への還流量が増大して心筋が伸展されると、心筋はその伸展度に応じた収縮力を発揮して、心拍出量(毎回心拍出量)が

増加する。これをスターリングの法則^[p.101]という。

4. 毛細血管における局所性の循環調節

局所の組織細胞は、さまざまな化学物質を細胞外液中に分泌している。このうちの一部の物質は、その部位に分布する毛細血管の内皮細胞に対して作用をおよぼして、毛細血管⁴⁰⁹⁾の拡張または弛緩にはたらく。このような作用をもつ物質群を血管収縮物質、血管拡張物質とよぶ。

- 血管収縮物質-----セロトニン、アドレナリン、ノルアドレナリン、アンジオテンシンII、エンドセリンなど
- 血管拡張物質-----水素イオン(H⁺、局所pHの低下)、カリウムイオン(K⁺)、一酸化窒素(NO)、二酸化炭素(CO₂)、アデノシン、サブスタンスP、CGRP、ヒスタミン、ブラジキニン、血管作動腸管ペプチド(VIP)、乳酸など

循環中枢と循環反射

循環中枢

循環中枢

【生理学】

脳幹の延髄^{えんずい}には、心臓と血管(平滑筋)の活動を、身体の状況に応じて自動的に調節するはたらきをもつ神経細胞群がある。これを**循環中枢**または**循環調節中枢**⁴¹⁰⁾という。循環中枢は、交感神経や副交感神経を介して心臓や血管(平滑筋)を調節しているため、**心臓血管中枢**、**血管運動中枢**ともよばれる。またこれは血圧の調節にあずかる**圧受容器反射の反射**⁴¹¹⁾**中枢**としてもはたらくことから、**圧受容器反射中枢**(**頸動脈洞反射中枢**)ともよばれる。

409) 毛細血管： 毛細血管は平滑筋層を欠くため、血管運動による血管収縮がおこることはない。

410) 循環中枢または循環調節中枢： 一般に延髄の循環中枢は、心臓中枢と、血管運動中枢の総称としてもちいられる。このうち心臓中枢としては、心臓迷走神経の起始核である疑核、心機能抑制にはたらく迷走神経背側核、心機能促進にはたらく延髄吻側腹外側部などがある。また血管運動中枢としては、吻側・尾側の腹外側網様体、動脈圧受容器や末梢化学受容器線維が終止する孤束核などがある。

411) 反射： 反射とは、生体にくわえられた刺激に対して、適切に対応するための神経系の基本的な反応様式である。反射は生まれつき備わっている神経回路によっておこるものであり、反射ごとに一定の神経回路が活動することによって定型的な反応が引きおこされる。このとき反応を引きおこすために活動する神経回路を反射弓という。

◇◇ 循環反射

◇ 循環反射とは

【生理学】

循環反射は、心臓や血管を効果器とする反射⁴¹²⁾の総称である。これにふくまれる反射としては、**圧受容器反射**、**動脈の化学受容器反射**など、さまざまな反射がある。これらの**反射中枢は延髄の循環中枢**にある。

◇ 圧受容器反射

【生理学】

圧受容器反射は**血圧(動脈圧)の上昇によって心拍数減少(徐脈)、心収縮力の抑制、心拍出量の低下、血圧の低下をきたす反射**である。これは**血圧を数秒以内に調節するメカニズム**⁴¹³⁾として重要である。

なお**頸動脈洞部への体表面からの圧迫刺激によっても徐脈、血圧の低下などの同様の反応が生じるが、これをとくに頸動脈洞反射(ツェルマーク反射)**⁴¹⁴⁾という。これは人為的に圧受容器反射をおこすことでおこる反応である。

圧受容器反射の反射弓⁴¹⁵⁾は、以下のように構成される。

1. 受容器と求心路⁴¹⁶⁾

- **心臓・血管壁において血圧(血管内圧)を感受している伸長受容器⁴¹⁷⁾を圧受容器**という。

412) 反射： 生体の内外に生じる刺激は、意志や思考と無関係に一定の反応を引き起こすことがある。このように、ある刺激が感覚受容器を興奮させ、これがニューロン回路を経て何らかの定型的な応答をあらわす現象を反射という。反射は生体にくわえられた刺激に対し、すばやく適切に対応するための反応であり、行動の基本的要素として重要である。

413) 血圧を秒または分の時間内に調節するメカニズム： たとえば臥位から急に起立すると、頭部の血液は重力により頭部から、体幹・下肢へ落ちていく。このとき頸動脈洞の部分では急激に血圧が低下して、圧受容器反射が引き起こされる。これによって下肢の細動脈が収縮することで、頭部からの血液の落下がくい止められ、起立性低血圧(失神)がおこることを防いでいる。

414) 頸動脈洞反射(ツェルマーク反射; Czermak reflex)： 頸動脈洞反射は、人為的に起こす圧受容器反射であるといえる。(Johann Nepomuk Czermak, 1828-1873, はオーストリア人の生理学者)

415) 反射弓： 反射において、刺激によって感覚受容器に発生したインパルスは、中枢神経系を経て効果器につたえられる。このように反射においてインパルスがつたわる経路を反射弓といい、受容器、求心路、反射中枢、遠心路、効果器から構成される。反射においてインパルスがとおる経路、すなわち反射弓は、それぞれの反射ごとに一定である。

416) 受容器と求心路： 反射において、生体に対する刺激を最初に感知する細胞(感覚受容器)を受容器といい、受容器からの情報を中枢神経系におくる神経線維がとおるルートを求心路という。

417) 伸張受容器： 大きさや長さに変化する器官において、その壁が伸張されるとインパルスを生じる感覚受容器度を伸張受容器という。心臓・血管・肺・気管・胃・腸・膀胱などの臓器の壁には伸展度を感知する伸張受容器が分布する。

- 圧受容器反射の受容器は、頸動脈洞⁴¹⁸⁾と大動脈弓 [p.116]の動脈壁内に分布する圧受容器⁴¹⁹⁾である。これらの部位における血圧の上昇は、圧受容器の活動を亢進する。
- これらの情報は、求心路である舌咽神経^{ぜついん}や迷走神経^{めいそう}をとって反射中枢に送られる。

2. 反射中枢⁴²⁰⁾

- 圧受容器反射の反射中枢は延髄にある。このため循環中枢は、圧受容器反射中枢ともよばれる。
- 血圧上昇により頸動脈洞などにある圧受容器の活動が亢進すると、副交感神経活動は促進され、交感神経活動とカテコラミン分泌(アドレナリン分泌)は抑制される。

3. 遠心路と効果器⁴²¹⁾

- 副交感神経活動の亢進と交感神経活動とカテコラミン分泌の抑制は、心臓に対して心拍数減少(徐脈)、心収縮力の抑制、心拍出量の低下にはたらき、細動脈では血管拡張(末梢血管抵抗減弱)に作用して、血圧の低下をきたす。

◇ 心肺部圧受容器反射

【生理学】

心臓への静脈還流量(細胞外液量)の変化に応じて尿量を調節することで循環血液量を調節する反射を、心肺部圧受容器反射という。

1. 心肺部圧受容器

血圧を感知する受容器(圧受容器)のうち、小さな血圧変化を感知するものを低圧受容器という。心房および肺静脈の壁にある低圧受容器を心肺部圧受容器という。心肺部にある低圧受容器(心肺部圧受容器)は、おもに心臓への静脈還流量(細胞外液量)の増加を感受している。

418) 頸動脈洞： 頸動脈洞は内・外頸動脈分岐点の直前にある総頸動脈の軽いふくらみである。この部位の圧受容器は、動脈圧(血圧)を感受するとともに、ここからの求心性情報は、失神発作または起立性低血圧をふせぐ役割をはたす。

419) 圧受容器： この部位の圧受容器は、60mmHg以上の動脈圧で興奮するほか、内圧の時間的変化をも感知している。

420) 反射中枢： 反射の求心路が、中枢神経系内で遠心路にシナプスをつくる部位を反射中枢という。

421) 遠心路と効果器： 反射中枢と反射の応答をおこす細胞をつなぐ神経線維がとおるルートを求心路といい、その応答をおこす細胞を効果器という。

2. 心肺部圧受容器反射

心臓への静脈還流量(細胞外液量)が増加すると、バソプレシン分泌が抑制され、腎臓に分布する交感神経活動も抑制される。これによって尿量は増加し、循環血液量が減少することで心臓への負荷が軽減される。

この反射は逆に心臓への静脈還流量(細胞外液量)が減少した場合にもはたらく。この場合はバソプレシン分泌が促進され、腎臓に分布する交感神経活動も促進されて、尿量が減少することで循環血液量が維持される。たとえば出血などにより循環血液量が減少したときは、心肺部圧受容器活動が低下し、これによって尿量を減少させて、減少した循環血液量を補完するように作用する。

◇ ナトリウム利尿ペプチド

【生理学】

心臓への静脈還流量が増加したときは、心肺部圧受容器反射がはたらくとともに、心臓からはナトリウム利尿ペプチドとよばれるホルモンも分泌される。

心臓への静脈還流量が増加し心房壁が伸展されたときには心房から心房性ナトリウム利尿ペプチド⁴²²⁾が、心室壁が伸展されたときには心室から脳性ナトリウム利尿ペプチド⁴²³⁾が分泌される。これらは腎臓からの尿の排泄量を増加させることで循環血液量を減少させ、心臓への負荷を軽減することにはたらく。

◇ 動脈の化学受容器反射

【生理学】

動脈の化学受容器⁴²⁴⁾反射は、動脈血中を流れる酸素、二酸化炭素、水素イオンの濃度変化に応じて心拍数や血圧を調節する反射である。

422) 心房性ナトリウム利尿ペプチド： 心房性ナトリウム利尿ペプチドは、1983年に哺乳類の心房組織より発見されたホルモンである。これはおもに心房で合成され、体液量増加などによる心房壁の伸展が分泌刺激となり、腎臓、血管などに作用して強力な利尿、血管拡張、降圧作用をしめす。

423) 脳性ナトリウム利尿ペプチド： 脳性ナトリウム利尿ペプチドは、32個のアミノ酸からなるホルモンである。最初に発見されたのがブタの脳からであったためこのように呼ばれるが、これはおもに心室において合成され、分泌される心臓ホルモンである。左心室の拡張期における内圧上昇または容積増大などで分泌され、ナトリウム利尿作用、血管平滑筋弛緩作用および交感神経・レニン-アンギオテンシン-アルドステロン系の抑制作用などを発揮する。これは心不全などで分泌量が増加するため、血中脳性ナトリウム利尿ペプチド濃度の測定はその重症度を測る指標としてもちいられる。

424) 化学受容器： 化学受容器は、血液などの体液中の化学物質の濃度変化を感知してインパルスを生ずる感覚受容器である。

1. 受容器

- 動脈の化学受容器反射の受容器は、総頸動脈の分岐部にある頸動脈小体⁴²⁵⁾や、大動脈弓にある大動脈小体⁴²⁶⁾である。
- これらの化学受容器は、動脈血中の酸素分圧の低下または二酸化炭素分圧の上昇、水素イオン濃度の上昇(pHの低下)によって興奮する。

2. 反射中枢

- 動脈の化学受容器反射の反射中枢は延髄の循環中枢にある。
- 頸動脈小体や大動脈小体の興奮は、交感神経活動を亢進し、副交感神経活動を抑制する。

3. 効果器

交感神経活動の亢進と副交感神経活動の抑制は、心臓においては心拍数増加(頻脈)、心拍出量の増大にはたらき、細動脈においては血管収縮(末梢血管抵抗増大)に作用して血圧上昇をきたす。

特殊な部位の循環

◇ 脳循環

【生理学】

脳の機能をささえるエネルギー源は、グルコース(ブドウ糖)と酸素である。しかし脳には、グリコーゲン⁴²⁷⁾などによるグルコースの貯蔵はほとんどなく、ミオグロビン⁴²⁸⁾のような酸素の貯蔵もおこなっていない。このため脳には豊富な血流により、つねにグルコースと酸素が安定的に供給⁴²⁹⁾される必要が

425) 頸動脈小体： 頸動脈小体は、総頸動脈が内頸動脈と外頸動脈に分岐する部の後面にある米粒大の小体である。血中の酸素分圧、炭酸ガス分圧やpHを感知し、呼吸・循環調節に関与する化学受容器として働く。

426) 大動脈小体： 大動脈小体は、大動脈弓周辺に分布する末梢性化学受容器である。生理的機能は頸動脈小体と同じく、動脈血の炭酸ガス分圧の増加、pHの減少および酸素分圧低下を感知する。

427) グリコーゲン(glycogen)： グリコーゲンは、単糖類のひとつであるグルコースが多数結合した糖類の貯蔵型である。グルコースの貯蔵には、動物ではグリコーゲンがもちいられ、植物ではデンプンがもちいられる。肝細胞や骨格筋細胞は、グリコーゲンをつくりグルコースを貯蔵することができるが、脳細胞の場合その能力は低い。

428) ミオグロビン(myoglobin)： ミオグロビンは、酸素貯蔵にはたらく筋細胞内のヘムタンパクである。心筋や骨格筋(赤筋)に多く存在する。

429) 安定的に供給： 脳への血液供給が途絶えると、数分間であっても大きな脳障害が生じる。ただしこのことにはニューロンが一度死滅すると、再生しないことも関係する。

ある。

脳への血液供給には以下のような特徴がある。

- 脳実質の重量は体重の2%にすぎないが、**脳循環には安静時において心拍出量の約20%が供給⁴³⁰⁾**されている。
- **生理的な範囲での血圧の変動⁴³¹⁾に対して、脳への血液供給量は一定にたもたれる。**これを**自動調節**とよぶ。ただしこの自動調節域をこえて血圧が上昇すると脳血流はふえ⁴³²⁾、下降すると減少する。
- **動脈血中の二酸化炭素分圧が異常に上昇し、または酸素が異常に減少すると、脳の細動脈は拡張し、脳への血液供給量が増加する。**
- 脳代謝が低下するような意識障害、または脳血管障害にともなう脳組織の壊死、加齢にともなう脳機能の減退により、脳への血液供給量は減少する。
- **脳において、毛細血管⁴³³⁾と神経細胞(ニューロン)とは星状膠細胞⁴³⁴⁾によりへだてられている。**血液から神経細胞への物質移動は、これにより**選択的⁴³⁵⁾**におこなわれている。これを**血液脳関門(脳血液関門)⁴³⁶⁾**という。
- 脳の実質内に入りこみ脳の深部の組織に血液を供給する血管⁴³⁷⁾は、他の

430) 心拍出量の20%が供給：健康成人の脳100gあたりの血流量は毎分平均50-60mlである。したがって脳重を1,400gとした場合、毎分700-840mlの血液が脳に流れこんでくることになり、これは毎分の心拍出量の1/6-1/7に相当する。脳の重さは体重の約1/36であることから、脳が血流とそれによって運ばれてくる酸素やグルコース(ブドウ糖)をいかに多量に必要としているかがわかる。

431) 血圧の変動：平均血圧60-150mmHgの範囲内で脳の循環血液量は自動的に一定にたもたれる。この自動調節があるために、多少の血圧変化や臥位から立位になったとき、立ちくらみ(いわゆる脳貧血)、失神をきたすことはない。ただしこの自動調節域をこえて血圧が上昇すると脳血流はふえ、脳出血など脳血管が障害される危険性が高まる。いっぽう血圧が大きく下降すると脳血流が減少して、立ちくらみ、失神、意識レベルの低下などをきたす。

432) 血圧が上昇すると脳血流はふえ：脳血管障害の危険因子としてもっとも重要なのは高血圧である。高血圧患者では、たとえば高温の風呂などで血圧が自動調節の上限を超えて上昇することで脳出血が起こりやすい。このため高度の高血圧に対する降圧療法は、脳血管障害の発症率を低下させる。

433) 毛細血管：脳に分布する毛細血管の内皮細胞は、通常のものよりも物質の透過性が非常に低い。また脳の毛細血管の内皮細胞には、星状膠細胞の突起がまきつき、これを介して神経細胞へ栄養を供給していると考えられている。

434) 星状膠細胞：脳などをつくる神経組織は、神経細胞(ニューロン)と、非ニューロン性細胞(グリア細胞)とからなる。このうち非ニューロン性細胞(グリア細胞)は、神経組織において、支持・栄養供給をになう細胞群の総称である。星状膠細胞はアストログリア細胞(astroglial cell)ともよばれ、神経細胞と血管との間に介在する。星状膠細胞の突起は毛細血管壁に達して、その部位で物質を選択的に透過させていると考えられている。

435) 選択的：血液脳関門において血中を流れる酸素やグルコース(ブドウ糖)など分子量の小さい物質は、容易に脳細胞に移行するが、高分子タンパクなどはほとんど移行しない。ただしインスリンなど大きな分子でも、通過できるものがある。このように血液脳関門は血液中の物質の変動や有毒物質の混入が、脳の機能に影響をおよぼすことを防いでいる。

436) 血液脳関門(脳血液関門)：血液脳関門は、脳腫瘍・脳出血(高血圧性脳内出血)・脳梗塞・炎症・中毒などで破壊され、正常では通過しない物質が通過するようになる。

437) 脳の深部の組織に血液を供給する血管：脳動脈は分岐して脳の表面に分布した後、脳の実質内に入りこみ、脳の深部の組織に血液を供給する。動脈から分岐する脳の主幹動脈からは二種類の枝、すなわち中心枝と皮質枝がでる。中心枝は主要な大脳動脈の近位部からでて脳の実質内に入りこみ、脳の深部の組織に血液を供給する。

動脈とほとんど吻合しないため**機能的終動脈**^[p.111]のひとつとされる。

◇ 肝循環

【生理学】

肝臓^[p.244]に流入する血管には固有肝動脈と門脈があり、これらは**肝静脈**となって肝臓から流出する。

肝循環⁴³⁸⁾には、**安静時**において心拍出量の約20～30%の血液が流れる。このうちの約30%は固有肝動脈から肝臓に流入し、約70%は門脈から流入する。

肝循環の特徴は以下のとおりである。

- 肝循環の血流量(肝血流量)⁴³⁹⁾は、立位や運動時には減少する。
- 全身を流れる血液の約10%は、**安静時には肝臓などに貯蔵**されて、全身の血流からは隔離されている。このため**安静時にもっとも血液量が多いのは肝臓である**。この貯蔵血は、大量出血などの緊急時に動員されて、循環血液量が補充される。

◇ 腎循環

【生理学】

腎臓では、その内部にある糸球体とよばれる装置によって腎臓に流れこむ血液を濾過し、その一部を尿として体外に排泄している。すなわち腎臓は、血液中にふくまれる老廃物や不要となった物質を尿中に排泄するとともに、体内の水分量、電解質の量、酸塩基平衡などを調節するという機能をになっている。

安静時において腎臓には**全血流量の20～25%の血液が流入**する。

腎循環の特徴は以下のとおりである。

- **安静時に腎臓に流入する血液量(腎血流量)**は3歳くらいでほぼ成人なみとなるが、30歳以後は徐々に減少して、**高齢になると大きく減少**⁴⁴⁰⁾する。

438) 肝循環： 肝臓はそれ自体の大きさ、豊富な血流量、固有肝動脈と門脈の血流二重支配のため、悪性腫瘍の転移がおこりやすい。肝臓への癌転移をおこしやすい臓器としては、大腸、肺、乳腺、腎、膵臓、卵巣、子宮、胃などである。

439) 肝循環の血流量(肝血流量)： 肝血流量は肝疾患、とくに進行した肝硬変ではいちじるしく減少する。

440) 高齢になると大きく減少： 腎血流量は、20歳のときとくらべ90歳では約半分になる。

- 腎臓には尿を排泄する機能があるため、**血圧が多少変動⁴⁴¹⁾しても腎臓の血流量(腎血流量)は自動的に一定にたもたれる。**これを**腎血流量の自動調節**という。

◇ 脾循環

【生理学】

脾臓 [p.176]には**脾動脈から動脈血が流入し、脾静脈からでた静脈血は門脈から肝臓に流れる。**

脾臓の実質は、赤脾髄と白脾髄からなる。このうちの大部分をしめる赤脾髄は血液をゆっくり流し、**寿命のつきた赤血球を処理(溶血)** [p.74]するとともに、**血液を貯蔵**する。また赤脾髄の中に島状に散在する白脾髄にはリンパ球が多くあり、**免疫反応の場**となる。

◇ 筋循環

【生理学】

骨格筋は全体重の約50%をしめている。ここに流れる血流量は**安静時には全心拍出量の約20%**であるが、**激しい運動時には全心拍出量の約80%**(15-20L/分)を占めるようになる。**身体運動時にみられる骨格筋血流量の増加⁴⁴²⁾は、交感神経活動の亢進**などによる。

◇ 皮膚循環

【生理学】

皮膚に分布する血管は、体温調節に重要な役割をはたす。すなわち**外気温が上昇したり体温が上昇すると、皮膚血管は拡張して体熱の放散(熱放散)が促進され、外気温や体温の低下時には皮膚血管は収縮して体熱の放散は抑制される。**

安静時において皮膚循環には、心拍出量の約5%の血液が流れる。しかし**骨格筋運動時には皮膚血管が収縮し、その血液を骨格筋にまわしている。**これは**骨格筋運動時に交感神経の活動が亢進し、皮膚血管が収縮** [p.157]することによっている。

441) 血圧が多少変動: 腎血流量の自動調節がはたらくのは、血圧がおよそ80-200mmHgの範囲である。たとえば左心不全となると、左心室のポンプ機能が低下して、血圧が自動調節の下限以下に低下することがある。腎血流量が減少すると、尿量も減少するため、左心不全では尿量の低下(乏尿)をみる。

442) 運動時にみられる骨格筋血流量の増加: 骨格筋血流量が増加するメカニズムとしては、交感神経活動による骨格筋に分布する血管の拡張や、活動時の骨格筋細胞から放出されるアデノシン、二酸化炭素などによる毛細血管拡張作用がある。

リンパ系

リンパ循環

リンパ循環とは

◇ リンパ循環とは

【解剖学】【生理学】

血管外にある多くの細胞からでた代謝産物(老廃物)は間質液中にはいり、これらは水とともに循環系に戻っていく。

この間質液中にある代謝産物と水分が循環系に戻っていくルートにはふたつのものがある。そのひとつは毛細血管の壁から血管内に再吸収されて血液に入るルートであり、もうひとつは毛細リンパ管に入り、リンパ系をとって血流に戻るルートである。このうち後者のルート、すなわち間質液にある体液がリンパ系をとって血流に戻っていく循環経路をリンパ循環という。

リンパ管

◇ リンパ管

【解剖学】

リンパ循環の流れは組織中の毛細リンパ管に端を発し、リンパ管、集合リンパ管、リンパ節、リンパ本幹(主幹リンパ管)をへて静脈角⁴⁴³⁾から静脈系に注ぎこむ。

リンパ管や集合リンパ管の合流部などには、多くのリンパ節がある。

1. 毛細リンパ管

リンパ循環のもっとも末梢部は毛細リンパ管とよばれ、これらは全身の組織中に網目状に分布する。

- ・ 毛細リンパ管の末端部は盲端^{もうたん}になっており、毛細リンパ管壁にならぶ細胞と細胞の間には、比較的大きな孔(細胞間隙)がある。

443) 静脈角： 静脈角とは、内頸静脈と鎖骨下静脈の合流点をいう。ここで全身からのリンパ液をあつめた主幹リンパ管(リンパ本幹)が、血流中に流入する。この部位にあるリンパ節には、腹部臓器に原発した癌のリンパ行性転移がおこりやすい。

- ・ 間質液は毛細リンパ管末端部の孔からリンパ管に入るが、このとき間質液中にある大きな物質粒子や病原体、悪性腫瘍細胞などもここをとってリンパ循環内に入る。

2. リンパ管・集合リンパ管・リンパ本幹

末梢の毛細リンパ管は、静脈角に近づくにつれて合流し、リンパ管となる。これらが合して太くなったものを集合リンパ管という。さらにリンパ管が、体幹部にはいり、最後に静脈に注ぐ前段階にある太いリンパ管をリンパ本幹(主幹リンパ管)という。

リンパ管・集合リンパ管・リンパ本幹の内腔には多数の弁があり、リンパ液が静脈角に向かう一方向の流れをつくっている。

◇◇ リンパ流

◇ リンパ流

【解剖学】

全身のリンパ循環は以下のようになっている。

1. 下半身と左上半身

下肢・腹部(下半身)からのすべてのリンパと、左胸部・左上肢・左頭頸部(左上半身)からのリンパは、胸管に入り、左内頸・鎖骨下静脈の接合部にそそぎこむ。この左内頸静脈と鎖骨下静脈の接合部を左静脈角という。なお左静脈角にあるリンパ節を鎖骨上窩リンパ節(ウィルヒョウリンパ節)⁴⁴⁴⁾という。

2. 右上半身

右上肢・右頭頸部・右胸腔など(右上半身)からのリンパは、右リンパ本幹に入り、右内頸と鎖骨下静脈の接合部(右静脈角)から静脈系にそそぎこむ。したがって右上半身からのリンパは胸管に入らない。

444) 鎖骨上窩リンパ節(ウィルヒョウリンパ節;Virchow lymph node): 鎖骨上窩リンパ節は、左静脈角の部位にあるリンパ節である。腹部、左胸部のリンパは集合して鎖骨下リンパ本幹となり、鎖骨下静脈にそそぐ。このため腹部腫瘍、とくに胃癌において、その癌細胞がリンパ流に入ると、癌細胞はこのリンパ節に引っかかり増殖して体表より触知可能となる。このリンパ行性転移をウィルヒョウ・リンパ節転移という。(Rudolf Ludwig Karl Virchow,1821-1902,はドイツ人の病理学者で白血病の発見者)

◇ 胸管

【解剖学】

胸管は人体で最大のリンパ本幹であり、^{にゅうびそう}乳糜槽の上端から始まり、横隔膜の大動脈裂孔をとって縦隔内の胸椎前面を上行し、左静脈角にそそぐ。

^{にゅうびそう}乳糜槽は第12胸椎下縁の前で腰リンパ本幹⁴⁴⁵⁾と腸リンパ本幹⁴⁴⁶⁾の合流部にあり、リンパ管が袋状に拡大したものである。

◇◇◇ リンパ系の機能

◇ リンパ系の機能

【生理学】

リンパ系の機能は以下のとおりである。

- 過剰な間質液(組織間液)を吸収⁴⁴⁷⁾する。
- 間質液中の余分な蛋白質⁴⁴⁸⁾を吸収し、血漿膠質浸透圧を維持する。
- リンパ管系のところどころにあるリンパ節がもつフィルター作用とリンパ球による免疫反応により、間質液中の有害物質や病原体などの異物を捕捉し排除する。
- 癌などの悪性腫瘍の転移においてはリンパ行性転移⁴⁴⁹⁾のルートとなる。
- 消化管内の中性脂肪などの脂質は、小腸の腸絨毛にある中心リンパ管(中心^{にゅうびかん}乳糜管)に吸収され、^{にゅうびそう}乳糜槽を経て胸管にはいる。

445) 腰リンパ本幹： 腰リンパ本幹は下肢、骨盤、骨盤内臓器、腹壁、腎臓、副腎、尿管などの後腹膜臓器からのリンパを集める左右2本の太いリンパ管である。腰椎の左側と右側を上行し、乳糜槽へそそぐ。

446) 腸リンパ本幹： 腸リンパ本幹は、胃、小腸、大腸、膵臓、脾臓などの臓器からのリンパ管が膵臓の後ろで合流したもので、乳糜槽に流入する。

447) 過剰な間質液(組織間液)を吸収： リンパ管の閉塞やリンパ節の切除手術などによってリンパ管の流れが絶たれると、その下流域のリンパ管では間質液を回収できなくなる。これによっておこる間質液の増派は、その組織に局所的な浮腫(むくみ)を引きおこす。

448) 蛋白質： 生理的な状態では、蛋白質は間質液中にほとんど存在しない。いっぽう血液中にはアルブミンなどの血漿タンパクが多くあるため、半透膜としてはたらく毛細血管壁を介して、血液側の膠質浸透圧(血漿膠質浸透圧)は間質液側よりも高く維持されている。血漿膠質浸透圧は、間質液中の水分を血管内に引き込む力として作用するため、間質液側に多量の蛋白質があると血漿膠質浸透圧が低下し、間質液中に水分が貯留して浮腫(水腫)をきたす。このような浮腫がおこった場合、間質液中の蛋白質は血管内にははいらないため、リンパ管はこれを回収するルートとして重要である。

449) リンパ行性転移： リンパ節がもつフィルター作用は、有害物質や病原体の除去に役立つが、ある臓器に発生した悪性腫瘍細胞がリンパ管に入った場合には、悪性腫瘍細胞もリンパ節で捕捉され、ここで増殖することが多い。これが悪性腫瘍のリンパ行性転移である。

◇◇ リンパ組織

◇ リンパ組織とは

【解剖学】

リンパ組織は、リンパ球を豊富に含む組織をいい、これには胸腺、脾臓、リンパ節、扁桃、パイエル板などがふくまれる。

◇◇ リンパ小節とリンパ節

◇ リンパ小節

【解剖学】

リンパ系には、Bリンパ球⁴⁵⁰⁾と樹状細胞⁴⁵¹⁾が球状に集合している部位がある。これをリンパ小節(リンパ濾胞^{ろほう})という。リンパ小節は以下のような部位にみられる。

- リンパ節
- 脾臓^{ひぞう} [p.176]
- 扁桃^{へんとう} [p.178] ----- 咽頭扁桃、口蓋扁桃、舌扁桃の上皮下にはリンパ小節が並んでいる。
- 消化管 ----- 小腸には多くの孤立リンパ小節⁴⁵²⁾がみられる。とくに回腸ではパイエル板^[p.267]とよばれる集合リンパ小節⁴⁵³⁾がおおくみられる。また虫垂にもリンパ小節がみられる。

◇ リンパ節

【解剖学】

リンパ節は、リンパ管や集合リンパ管の合流部など、その走行途中にあるリンパ性器官である。なお、ある末梢組織からのリンパ液が流入するリンパ節を、その部位の所属リンパ節という。

450) Bリンパ球(B細胞;B cell): Bリンパ球は白血球に属する細胞で、抗体をつくるリンパ球をいう。Bリンパ球は抗原刺激に反応して抗体を産生分泌する抗体産生細胞へ分化する。

451) 樹状細胞: 樹状細胞は細長い細胞突起を多数もつ細胞で、強力な抗原提示能をもつ。体内の組織・器官に広く分布し、各種のリンパ球に対して抗原情報を伝える(抗原提示)。

452) 孤立リンパ小節: 孤立リンパ小節は、器官内にリンパ小節が単独で分布しているものである。

453) 集合リンパ小節: 集合リンパ小節は、多数のリンパ小節が集まっているものをいう。

1. リンパ節の構造

リンパ節は直径1～3cmのソラマメ形を呈し、成人では全身に300～600個が散在している。リンパ節は皮質と髄質に分けられ、**皮質には数本の輸入リンパ管がはいる**。また髄質からは1～2本の輸出リンパ管が出る。この**輸出リンパ管が出る部位を門**といい、ここには血管が出入りしている。

2. リンパ節の特徴

リンパ節の内部構造には以下のような特徴がある。

- リンパ節の内部は、**細網組織**が網目状に張りめぐらされ、その間隙には**多くのリンパ球**があり、**リンパ小節**(リンパ濾胞)を形成する。
- リンパ節内部の**細網組織**は、**有害な物質や細胞が血液循環系に入ること**を防止する**フィルター作用**を発揮し、またリンパ球はこれらに対する**免疫反応**をになっている⁴⁵⁴⁾。
- **細網組織と免疫担当細胞に富み生体防御をになう細胞集団を細網内皮系(網内系)**とよぶことがある。**リンパ節は細網内皮系(網内系)**⁴⁵⁵⁾のひとつである。

◇◇ 脾臓

◇ 脾臓

【解剖学】

脾臓⁴⁵⁶⁾は腹腔の左上部にあり、ほぼ左第10肋骨の高さで胃底の左後方にあるやや扁平な楕円体状の赤色の臓器である。その上部は**横隔膜**に接し、内側は左の**腎臓**に接している。

454) 免疫反応をになっている： 全身性のウイルス感染症や自己免疫疾患などでは、免疫応答に関与するリンパ球やマクロファージがリンパ節で増殖し、リンパ節が腫大する。また感染症で、感染局所で病原体が毛細リンパ管からリンパ管に侵入したときには、その近位にあるリンパ節が腫脹する。

455) 細網内皮系(網内系; reticuloendothelial system) 細網内皮系とは、1924年にアショッフによって提唱された概念で、異物貪食能と生体染色所見を指標に機能的な同一性をしめす間葉系の細胞群を一つの系統と考えたものである。間葉系の細胞群として、アショッフは細網細胞とマクロファージをあげた。これにはリンパ節、脾臓、骨髓、肝臓(クッパー星細胞)、副腎皮質、下垂体にある細胞群がふくまれる。しかし今日では細網細胞は内皮細胞の一種で、マクロファージとは起源を異にすることが明らかにされている。(Ludwig Aschoffはドイツの病理学者; 1866～1942)

456) 脾臓： 脾臓は長さ約10cm、幅約7cm、厚さ約3cm、重さ80-150gで、柔らかく赤紫色を呈する。

◇ 脾臓の構造と機能

【解剖学】

1. 脾臓の表面の構造

脾臓の表面は腹膜につつまれ、その下の線維膜は脾臓の内部に入りこんで脾柱をつくる。

脾臓の右側には脾門があり、ここから脾動脈と脾静脈が出入りする。脾臓に分布する脾動脈は腹腔動脈^[p.130]の枝で、脾静脈は胃腸からの静脈と合流して門脈^[p.146]となり、肝臓に入る。

2. 脾臓の実質の構造と機能

脾臓の実質は赤脾髄と白脾髄からなる。

- 脾臓の実質の大部分は赤脾髄⁴⁵⁷⁾からなる。赤脾髄は脾洞とよばれる静脈洞で構成され、脾洞は血液で満たされている。脾洞では、寿命のつきた老朽赤血球や血小板が捕捉⁴⁵⁸⁾され、処理されている。なお赤血球が破壊されることを溶血^[p.74]といい、上記のように溶血はおもに脾臓の赤脾髄でおこなわれている。
- 白脾髄は赤脾髄の中に島状に散在するリンパ小節(リンパ濾胞)である。白脾髄は白色を呈し、白血球の一種であるリンパ球が集合してその増殖・分化がおこなわれるほか免疫反応の場となる。

◇◇ 胸腺

◇ 胸腺

【解剖学】

胸腺は胸部前方、縦隔前面上部で、心膜の前方、胸骨柄の後方に位置するリンパ性器官である。胸腺は皮質と髄質からなる。

胸腺は成長とともに大きくなり、思春期に最大⁴⁵⁹⁾となる。思春期を過ぎると、加齢とともに脂肪組織に置きかえられて小さくなる。

457) 赤脾髄： 赤脾髄は脾洞の中にある血液によって赤色にみえる。

458) 寿命のつきた赤血球が捕捉： 健康成人の赤血球の寿命は約120日であり、末梢血中の赤血球は1日に1/120ずつ脾臓で処理されている。通常の赤血球はその柔らかい膜によって高い変形能を有するが、変形能が低下した老化赤血球は赤脾髄にある細網組織で捕捉され、マクロファージによって貪食される。なお貪食処理された赤血球中のヘモグロビンは、間接型ビリルビンとフェリチンに分解される。このうち間接型ビリルビンは肝臓に送られて、ここから胆道を経て十二指腸内に排泄される。またフェリチンは鉄分を貯蔵する蛋白質であり、この鉄分はふたたび骨髄で赤血球の新生につかわれる。

459) 思春期に最大： 胸腺は新生児では約15gで、思春期に最大の約30gとなり、その後60歳では約10gとなる。

◇ 胸腺の機能

【生理学】

胸腺は、幼弱なリンパ球がT細胞^[p.84]に分化する場である。すなわち骨髄から移動してきた幼弱なリンパ球は、胸腺皮質で分裂するが、多くはここで死滅し、選抜された一部のリンパ球⁴⁶⁰⁾のみが髄質に移動してTリンパ球に分化して血中にでる。

なお強いストレス刺激は、胸腺の萎縮⁴⁶¹⁾とそれによる免疫機能の低下を引き起こす。

◇◇ 扁桃

◇ 扁桃

【解剖学】

口腔^{こうくう}から咽頭^{いんとう}への移行部^{こうきょう}を口峽^[p.218]といい、この部位の粘膜にあるリンパ組織^{へんとう}を扁桃と総称する。扁桃は上から咽頭扁桃^{いんとうへんとう}、耳管扁桃^{じかん}、口蓋扁桃^{こうがい}、舌扁桃^{ぜつ}の順に口峽を取りまいて配置されているので、リンパ咽頭輪^{いんとうりん}(ワルダイエルの扁桃輪⁴⁶²⁾)という。

これらは咽頭粘膜下にあり、リンパ小節からなり、消化管および気道の入口部において感染防御にあずかる。

1. 咽頭扁桃

咽頭扁桃^{いんとうへんとう}はアデノイド⁴⁶³⁾ともよばれ、咽頭上部^{びいんくうこうへき}で鼻咽腔後壁より隆起する扁桃である。生後徐々に増殖し4～5歳時に発育のピークに達し、その後加齢とともに退縮する。

2. 耳管扁桃

耳管扁桃^{じかん}は、耳管の咽頭口の後方にある扁桃である。

460) 選抜された一部のリンパ球： 骨髄から移動してきた幼弱なリンパ球のうち、成熟してTリンパ球となるものは約5%といわれている。Tリンパ球は、体内で自分の身体を構成する分子とそうでないものを厳密に識別する能力をもつ。胸腺における分化の過程で、この能力を身につけられなかったリンパ球はすべて死滅する。

461) 胸腺の萎縮： 身体にストレス刺激がくわると、副腎皮質からはコルチゾールなどの糖質コルチコイドが分泌される。糖質コルチコイドは身体へのストレスに対する抵抗性を高めるはたらきがあるが、同時に胸腺の皮質にあるリンパ球を破壊する作用がある。このため重篤な病気など強いストレス刺激がかかったとき、または長期におよぶストレス刺激では、胸腺の萎縮が生じる。

462) ワルダイエルの扁桃輪(Waldeyer tonsillar ring)： 扁桃輪は、ワルダイエルによって咽頭部にある扁桃の総称として命名された。(Wilhelm von Waldeyer;1836-1921,はドイツの解剖学者)

463) 咽頭扁桃(アデノイド;adenoid)： 咽頭扁桃の増殖肥大(アデノイド増殖症)は、3-7歳の小児に多発する。その肥大が高度になると、気道狭小化により鼻閉、口呼吸、夜間のいびきや睡眠時無呼吸などの症状があらわれる。通常は10歳に達するころには萎縮してしまうことが多いが、ときに20歳くらいまで肥大している場合もある。

3. 口蓋扁桃

^{こうがい}口蓋扁桃は、中咽頭の口峽の側壁にある左右一对の楕円形の扁桃である。
一般に扁桃腺といわれている。

4. 舌扁桃

^{ぜつ}舌扁桃は舌根部で、^{ぶんかいこう}分界溝の後方にならんで隆起する扁桃である。

