

第4章 血液循環のしくみ

教科書

メヂカルフレンド社
新体系看護学全書
人体の構造と機能①
解剖生理学

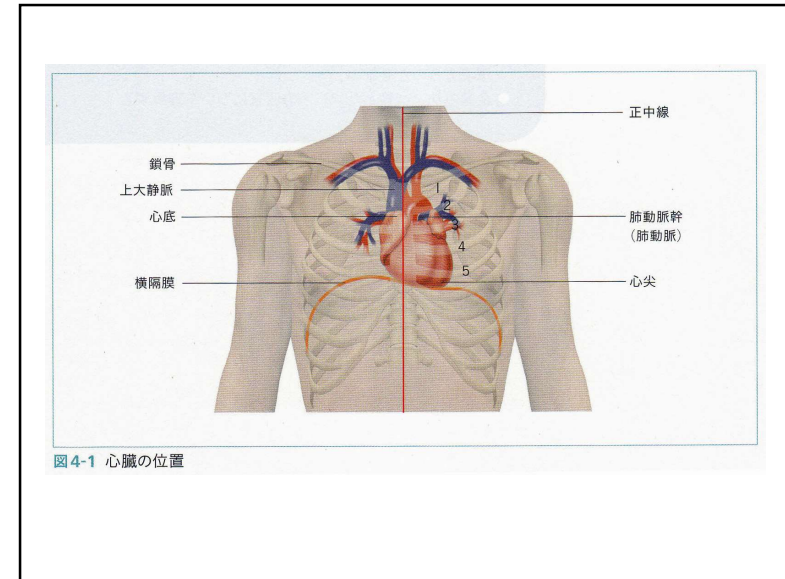


図4-1 心臓の位置

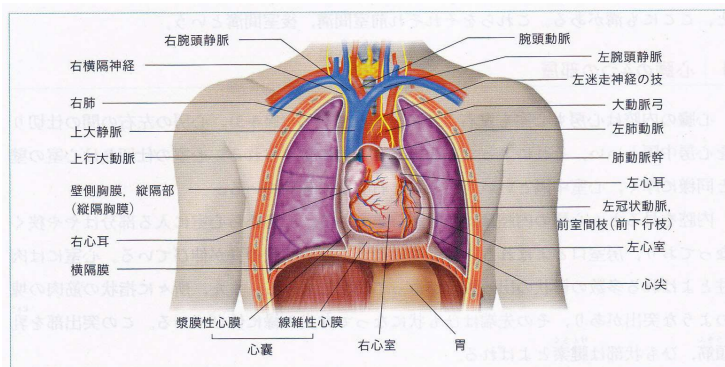


図4-2 心膜と心嚢(心膜を切り開いて心臓を見た図)

心臓は、心嚢内の少量の心嚢水の中に浮かんだ状態にあり、収縮・拡張の動きは妨げられない。

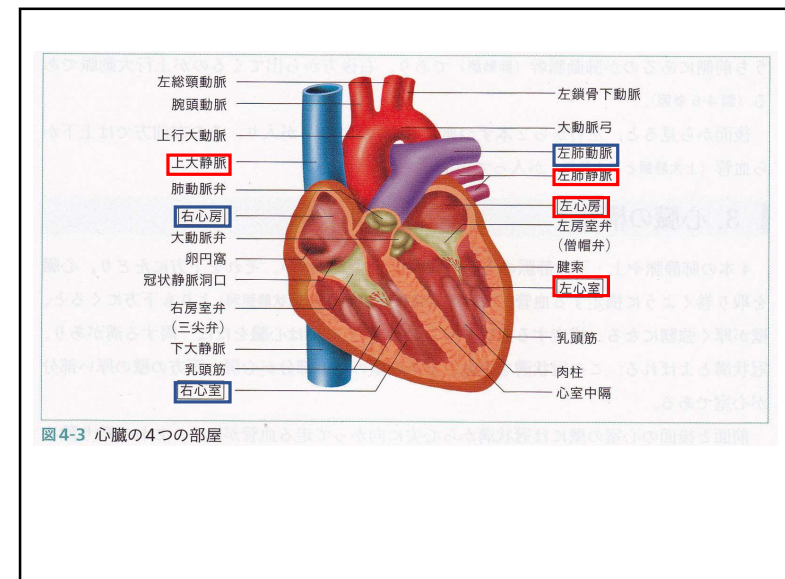
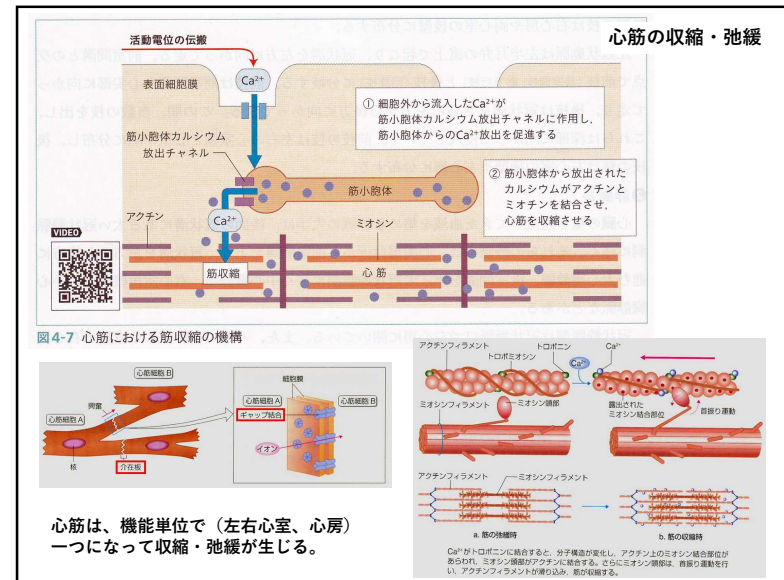
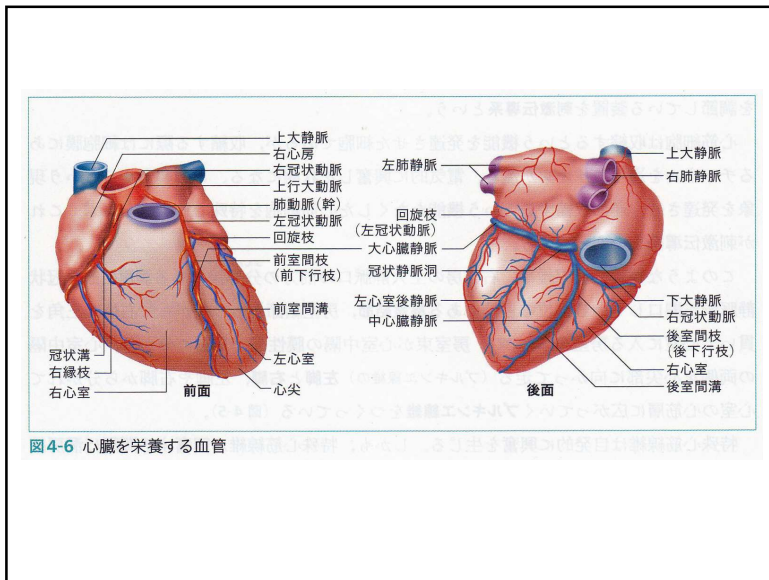
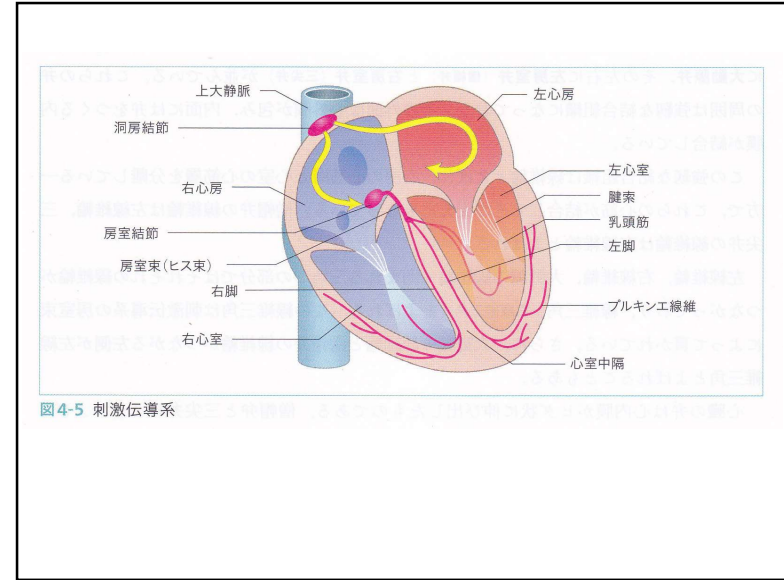
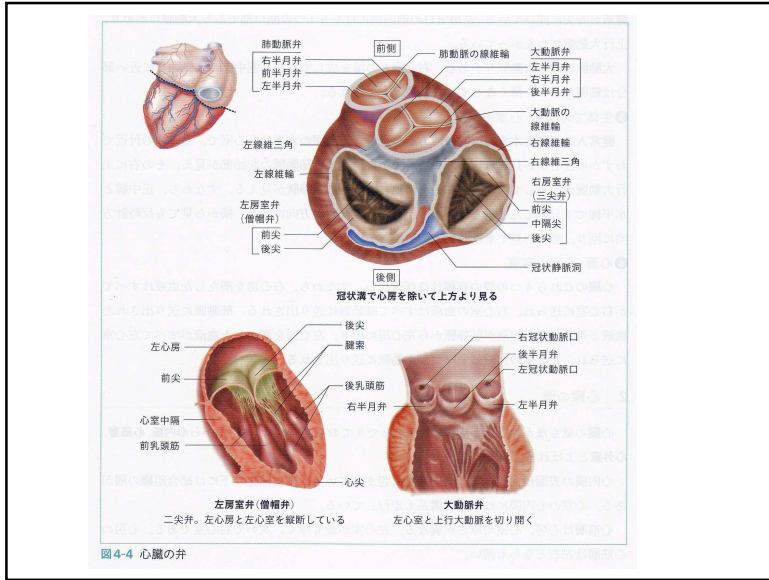
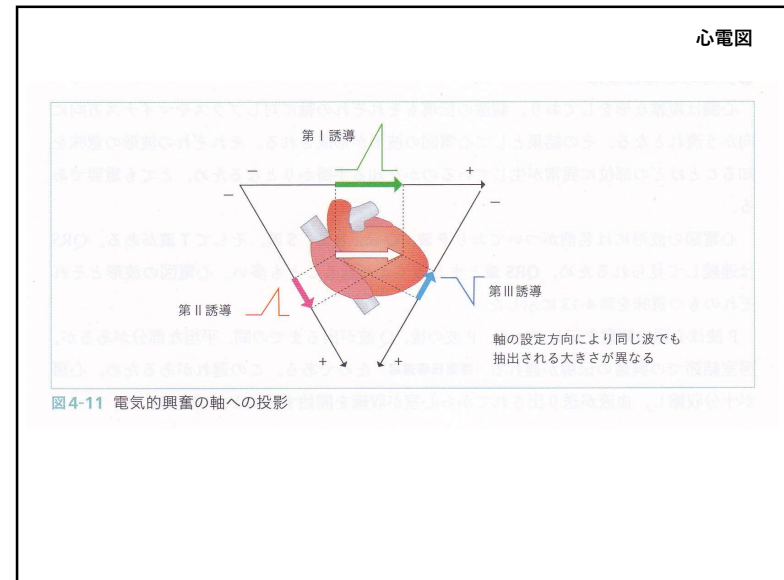
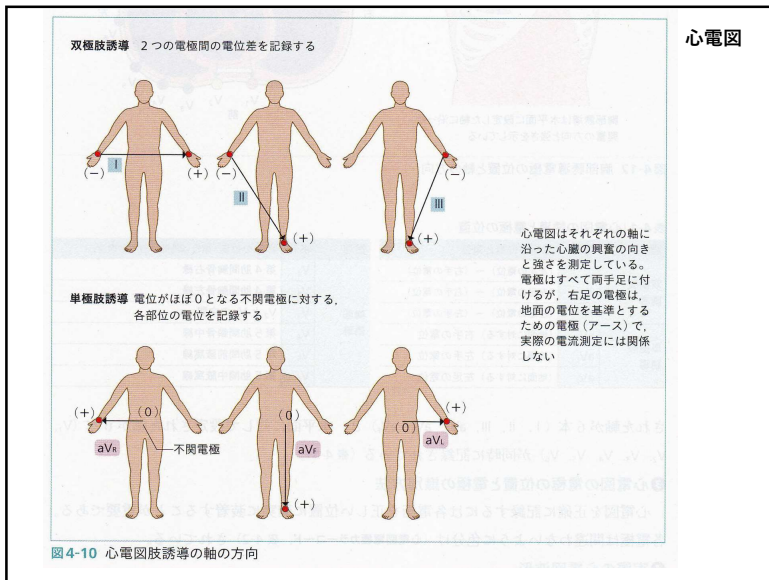
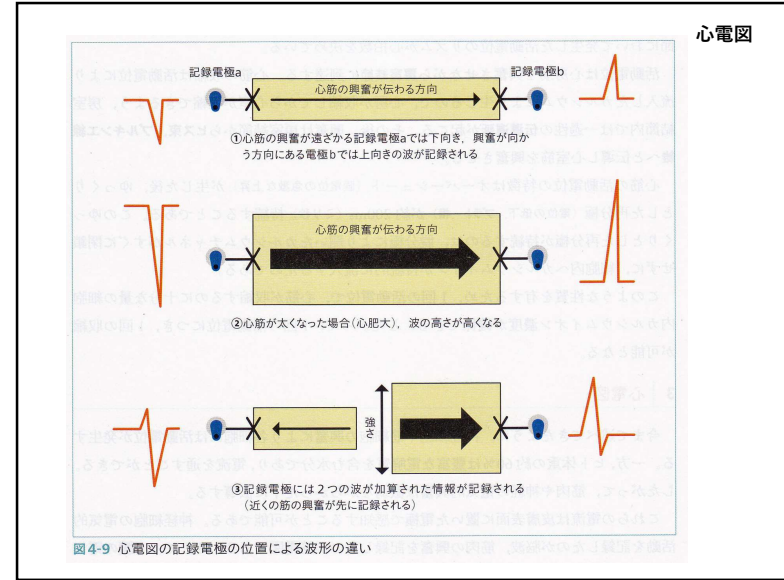
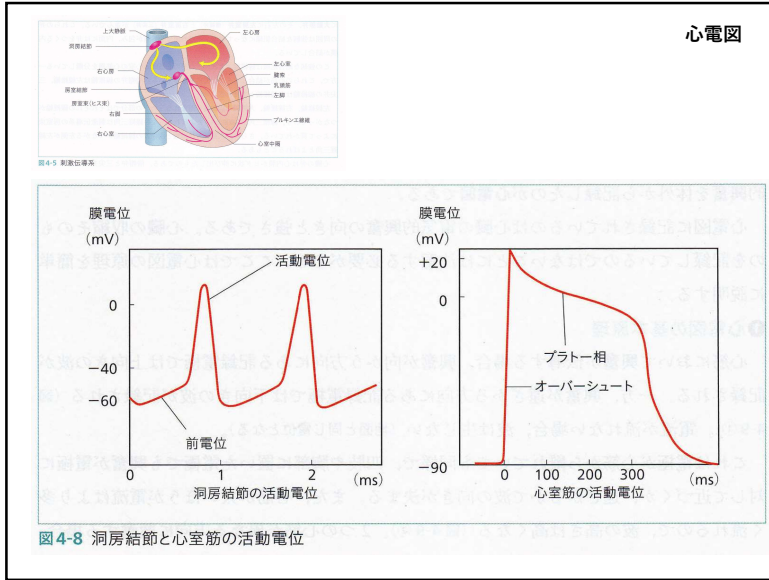


図4-3 心臓の4つの部屋





心電図

胸部誘導は水平面に設定した軸に沿った興奮の方向と強さを示している

図 4-12 胸部誘導電極の位置と軸の方向

表 4-1 心電図の誘導と電極の位置

誘導	名称	電極の位置と電位	誘導	名称	電極の位置 (電位は地面に対する電位)
双極肢誘導	I	(左手の電位) - (右手の電位)	胸部誘導	V ₁	第 4 肋間胸骨右縁
	II	(左足の電位) - (右手の電位)		V ₂	第 4 肋間胸骨左縁
	III	(左足の電位) - (左手の電位)		V ₃	V ₂ と V ₄ の中間
単極肢誘導	aV _R	(地面に対する) 右手の電位		V ₄	第 5 肋間鎖骨中線
	aV _L	(地面に対する) 左手の電位		V ₅	第 5 肋間前腋窩線
	aV _F	(地面に対する) 左足の電位		V ₆	第 5 肋間中腋窩線

心電図

表 4-1 心電図の誘導と電極の位置

誘導	名称	電極の位置と電位	誘導	名称	電極の位置 (電位は地面に対する電位)
双極肢誘導	I	(左手の電位) - (右手の電位)	胸部誘導	V ₁	第 4 肋間胸骨右縁
	II	(左足の電位) - (右手の電位)		V ₂	第 4 肋間胸骨左縁
	III	(左足の電位) - (左手の電位)		V ₃	V ₂ と V ₄ の中間
単極肢誘導	aV _R	(地面に対する) 右手の電位		V ₄	第 5 肋間鎖骨中線
	aV _L	(地面に対する) 左手の電位		V ₅	第 5 肋間前腋窩線
	aV _F	(地面に対する) 左足の電位		V ₆	第 5 肋間中腋窩線

表 4-2 心電図電極カラーコード

識別番号	カラーコード	電極位置
R	赤	右手
L	黄	左手
F	緑	左足
RF	黒	右足
C1	赤	第 4 肋間胸骨右縁
C2	黄	第 4 肋間胸骨左縁
C3	緑	C2 と C4 の中間
C4	茶	第 5 肋間鎖骨中線
C5	黒	第 5 肋間前腋窩線
C6	紫	第 5 肋間中腋窩線

心電図

図 4-13 心電図の波形 (第 I 誘導)

大動脈 (弾性動脈) ノッチの形成

右心房圧は、収縮期に陰圧となり、上下大静脈からの還流静脈血を吸い込む。

心音

- I音** 心室の収縮に伴った僧帽弁と三尖弁の閉鎖音
- II音** 心室の収縮の終わりの大動脈弁と肺動脈弁の閉鎖音
- III音** 等張性収縮の終わりに、房室弁の開放による心筋の振動 (聴取できない、心音図には記録できる)。

図 4-14 心周期

Column 不整脈

臨床現場で12誘導の心電図波形を実際に読まなければならない場面は限られるかもしれない。しかし、モニター心電図を読まなければならないことは多い。モニター心電図で最も重要なのは**不整脈**の発見である。ここでは代表的な不整脈を紹介する。

1) 頻脈、徐脈

QRS波1回につき心室は1回収縮する。したがって1分間のQRS波の回数を数えれば心拍数を測定することができる。安静状態で心拍数が60/分未満の場合を**徐脈**。

上室性期外収縮 (1)。R波の波形は同じだが、P波がなく、興奮の間隔が異なる。

心室性期外収縮 (1)。波形が正常の興奮とまったく異なる。

心房細動 (1)。P波に似た1波が多次し、基礎がぶれているように見える。心拍ごとにR波間の間隔が異なっている。

心室細動 (1)。心室筋がそれぞれ勝手に収縮しているため、逸脱とはまったく異なる波形となる。

100/分以上の場合を**頻脈**とよぶ。

2) 期外収縮

心筋には自動性があるため、刺激伝導系の機能の異常により制御が利かなくなると洞房結節以外の場所から刺激が生じ、興奮が伝導してしまうことがある。房室結節よりも上からそのような刺激が出て心室が収縮する場合を**上室性期外収縮**、心室から生じる場合を**心室性期外収縮**とよぶ。

上室性期外収縮では、心室伝導は通常どおりなので正常と変わらないQRS波が出る。ただし、P波は見えないことが多い。一方、心室性期外収縮は心室から刺激が生じるので、通常の伝導経路とは異なる経路となる。そのため、正常の心電図波形とはまったく異なる波形が生じる。

3) 心房細動、心室細動

期外収縮と異なり、心房から連続的に刺激が出る場合を**心房細動**とよぶ。心房の多くの部位から出ることが多く、P波の波形と似ている波(波)が1分間に300回以上生じる。そのため基礎が揺れているように見える。すべてが房室結節に伝わるわけではないが、不規則に伝わるため、頻拍になったり心室拍動リズムが乱れたりする。

一方、**心室細動**では、心室筋がそれぞれ勝手に収縮してしまうので、心臓は血液を拍出することができなくなる。この状態は死につながるため、速やかな**除細動**が必要になる。学校、スポーツ施設、ショッピングセンター、イベント会場など人が多く集まる所では**自動体外式除細動器 (AED)**の設置が推奨されている。

写真提供/フクダ電子株式会社

図 AED

大動脈弁領域

肺動脈弁領域

右動脈弁 (肺動脈弁)

左動脈弁 (大動脈弁)

左房室弁 (僧帽弁)

右房室弁 (三尖弁)

僧帽弁領域

三尖弁領域

図4-15 心音の聴取領域

前負荷 (静脈還流) による心筋の伸展度

心拍出量

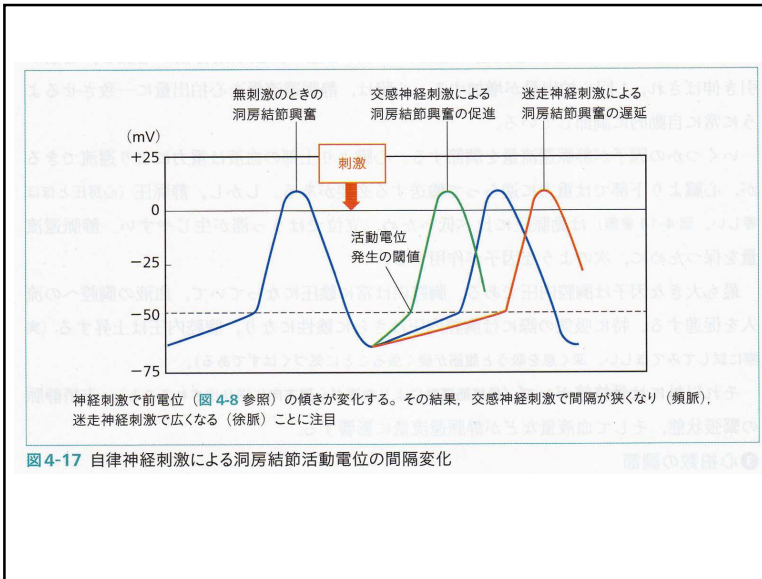
後負荷 (大動脈圧) による駆出への抵抗

心拍数

心筋の収縮力

図4-16 心拍出量を定める因子

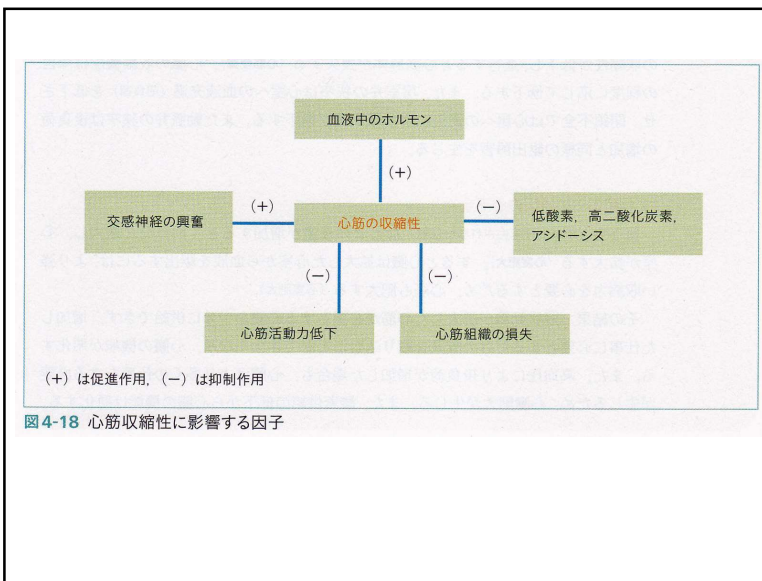
前負荷の調節	心拍数の調節	心筋収縮力の調整	後負荷の調節
<ul style="list-style-type: none"> ○静脈還流量 ○胸腔内圧 (陰圧) ○骨格筋ポンプ (静脈弁) を利用し、周囲骨格筋の収縮時に還流する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○陽性変時作用 (交感神経刺激) で心拍数が増加 ○陰性変時作用 (迷走神経刺激) で心拍数を低下 	<ul style="list-style-type: none"> ○交感神経は、収縮力を高める陽性変力作用を有する。 ○アドレナリンの強力な陽性変力作用 ○加齢、感染、狭心症では陰性変力作用。 	<ul style="list-style-type: none"> ○大動脈圧の変動 ○肺動脈圧に関して、肺動脈血栓症で肺動脈圧の上昇、肺呼吸の低下を生じる。



Column 心雑音

通常「ドキドキ」と聞こえる心音だが、心臓弁に異常が生じたり、心房中隔に欠損が生じたり、肺動脈と大動脈がつながっていたりすると、「ザーザー」という心雑音が聴取される。

各心臓弁では、十分に開放せず狭窄が生じる場合と、十分に閉じずに閉鎖不全が生じる場合に雑音が生じる。また、右心系は左心系に比べ内圧が低いので、心室中隔欠損があったり、胎児期に肺動脈と大動脈をつないでいる動脈管が出生後に閉鎖しなかったり（動脈管開存）すると、心室収縮期に左心系から右心系に血液が流入し、心雑音が生じる。



Column 心不全

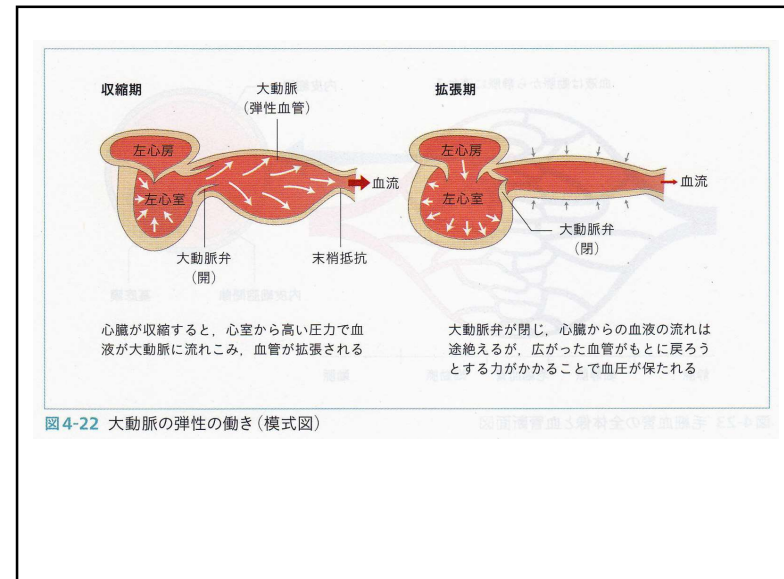
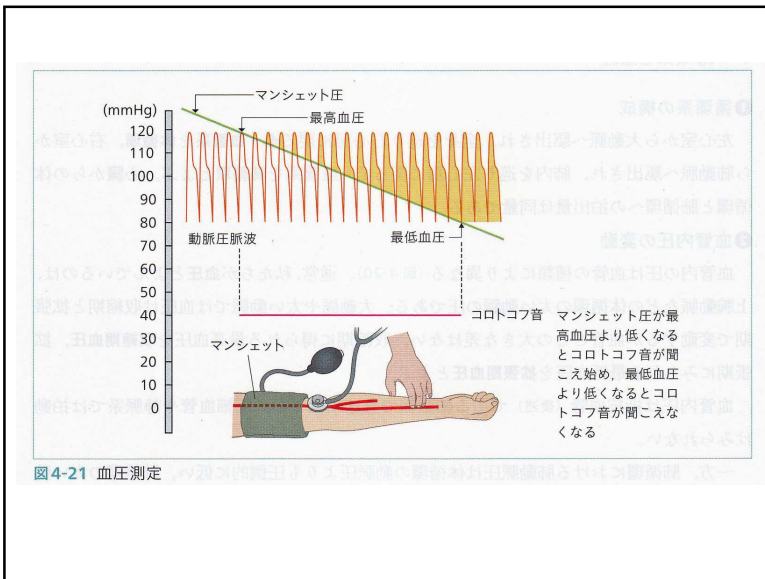
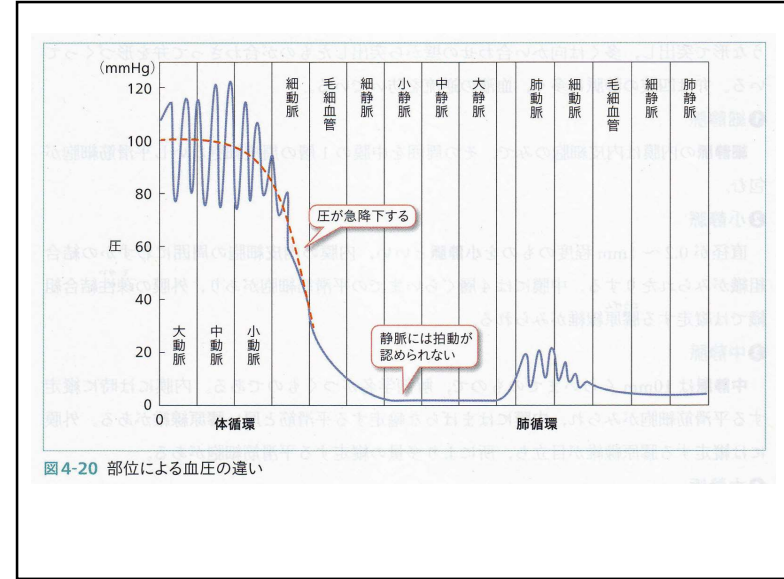
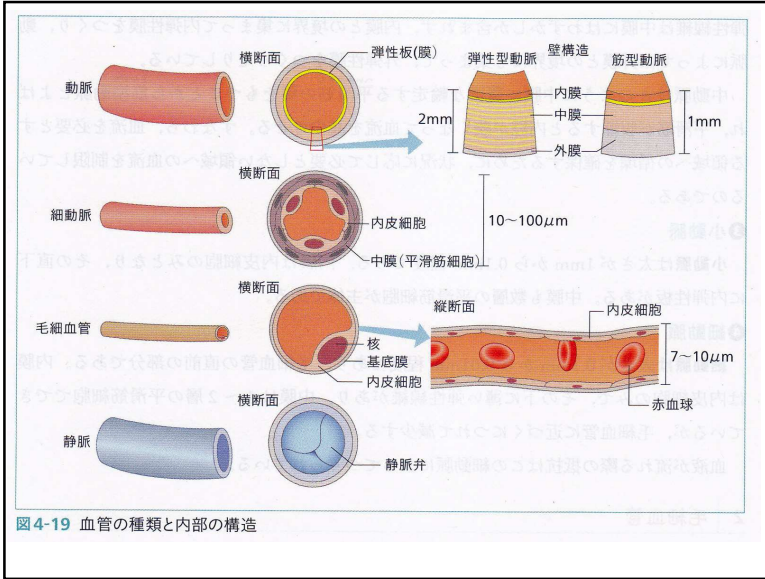
心不全とは、生体の代謝に必要な血液の駆出ができなくなった状態のことである。心不全になると、行動量に比例した心拍出量の増加ができなくなるので、動作時に過剰な疲労や息切れ、脳への酸素供給低下による頭痛などを訴えるようになる。心不全は心臓に原因がある場合とそれ以外の2つに分かれる。

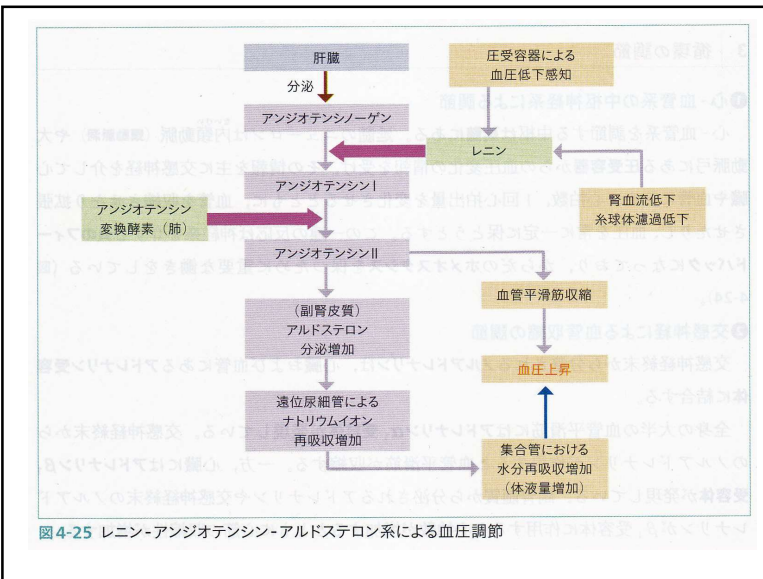
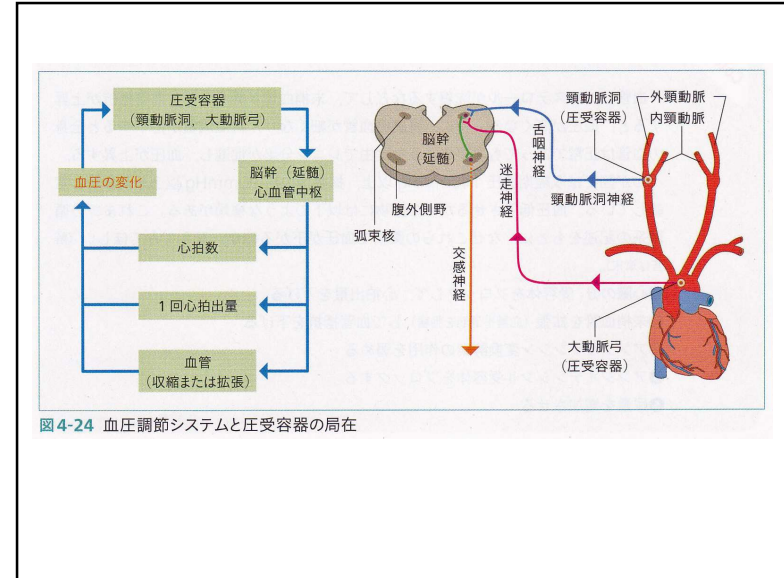
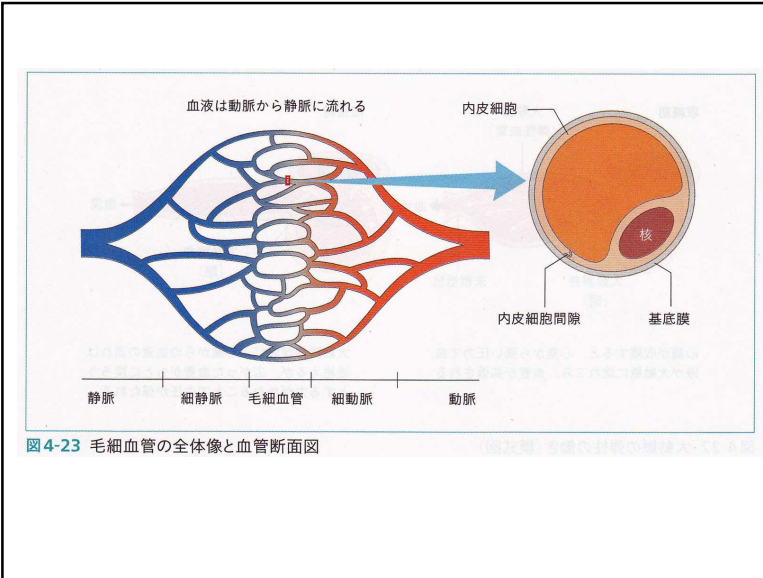
- 1) 心臓自体が原因の心不全

冠動脈循環からの血液供給の低下や遮断で心筋が低酸素や虚血状態に陥ると、心筋の収縮性が低下し、進行すると心筋自体が喪失する（心筋梗塞）。心臓の収縮機能は障害の程度に応じて低下する。また、房室弁の狭窄は心室への血液充満（前負荷）を低下させ、閉鎖不全では心房への逆流により駆出量が低下する。また動脈弁の狭窄は後負荷の増加と同様の駆出障害を生じる。
- 2) 心臓以外の原因の心不全

腎不全（尿が十分産生されない状態）などで体液量が増加すると、前負荷が増大し、心室が拡大する（心室肥大）。すると心臓は拡大した心室から血液を駆出するには、より強い収縮力を必要とするため、心筋も肥大する（心室肥大）。

その結果、冠動脈が肥大した心筋が必要とする血液を十分に供給できず、増加した仕事に必要なだけの酸素を取り込むことができなくなり、心臓の機能が悪化する。また、高血圧により後負荷が増加した場合も、心臓はより多くの仕事をする必要が生じるため、心臓肥大が生じる。また、酸素供給の低下から心臓の機能は悪化する。



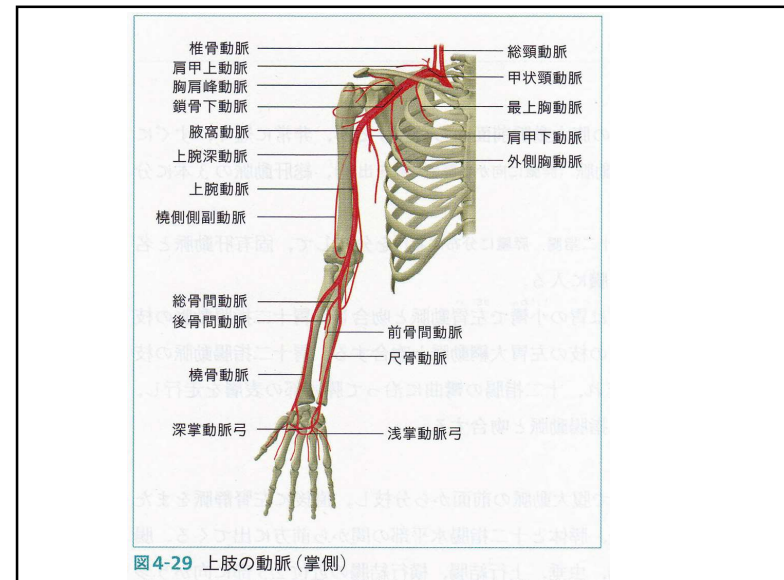
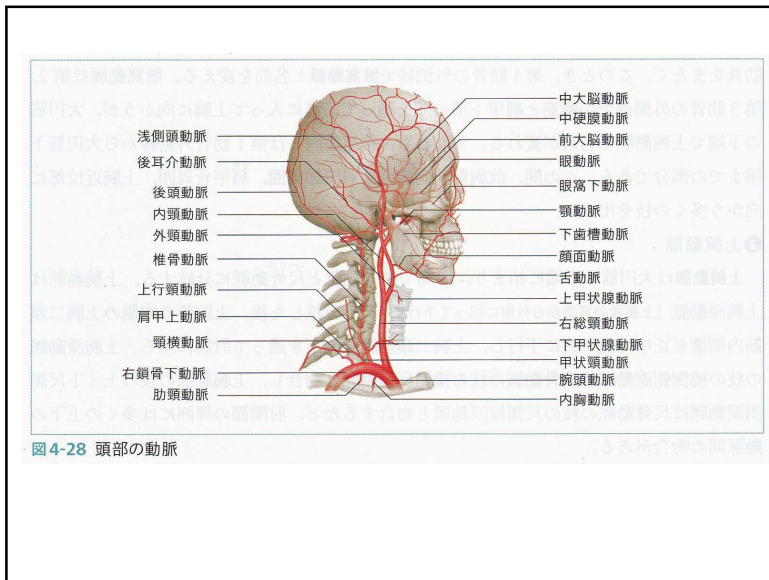
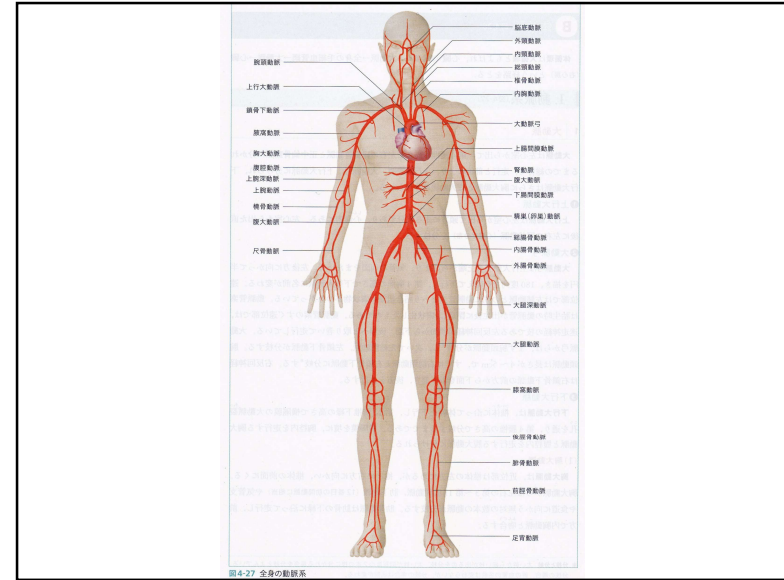
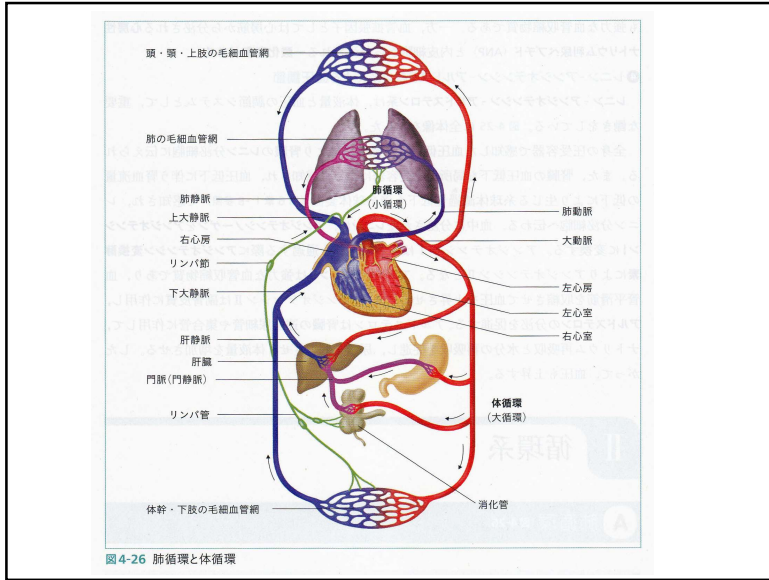


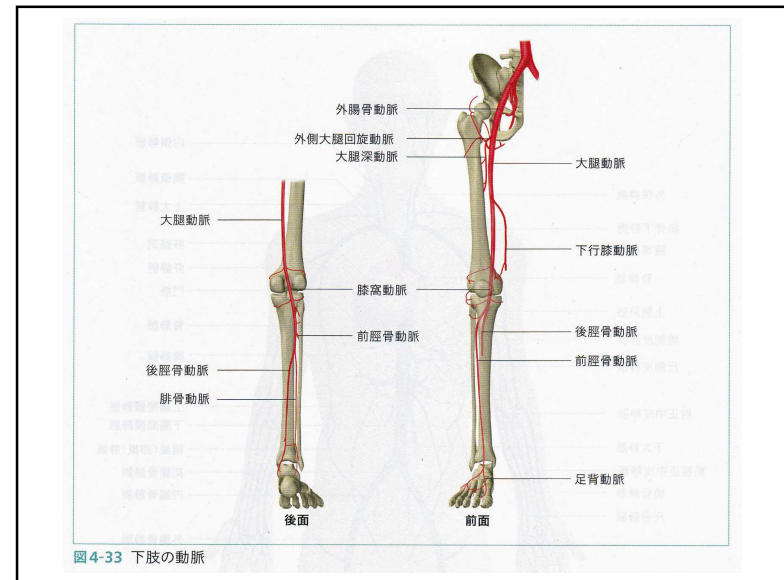
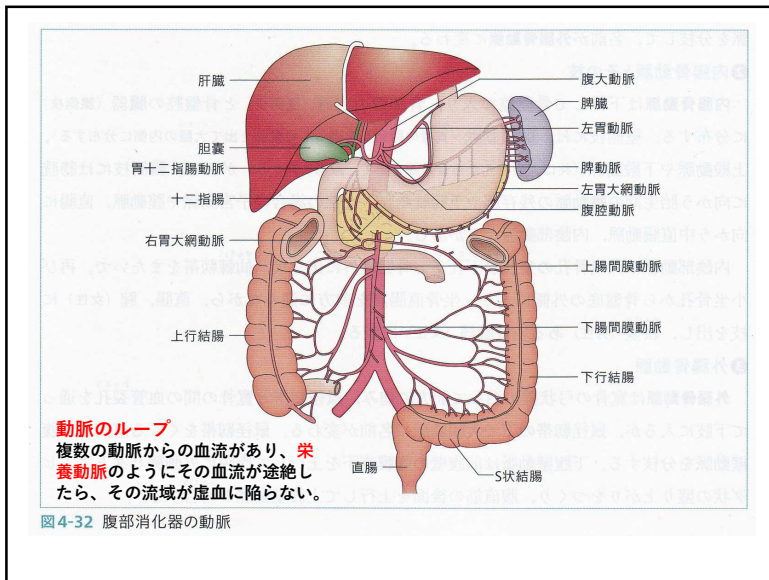
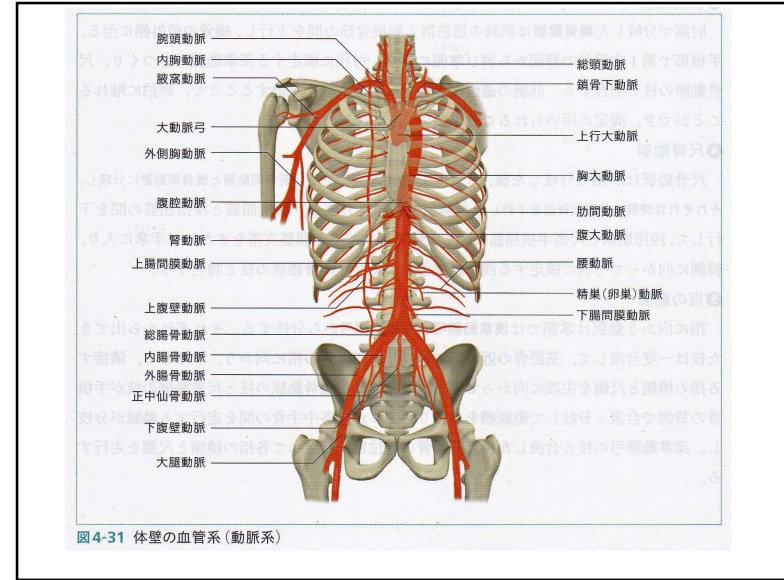
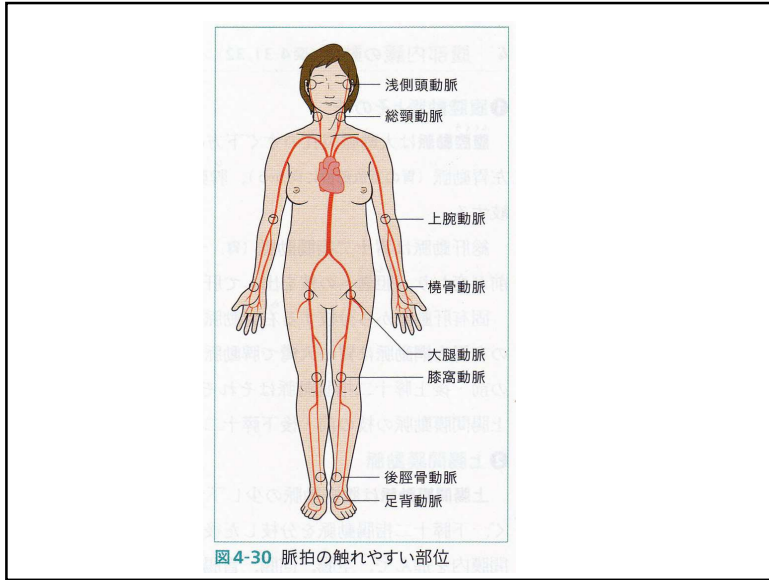
Column 高血圧治療薬が効くしくみを考えよう

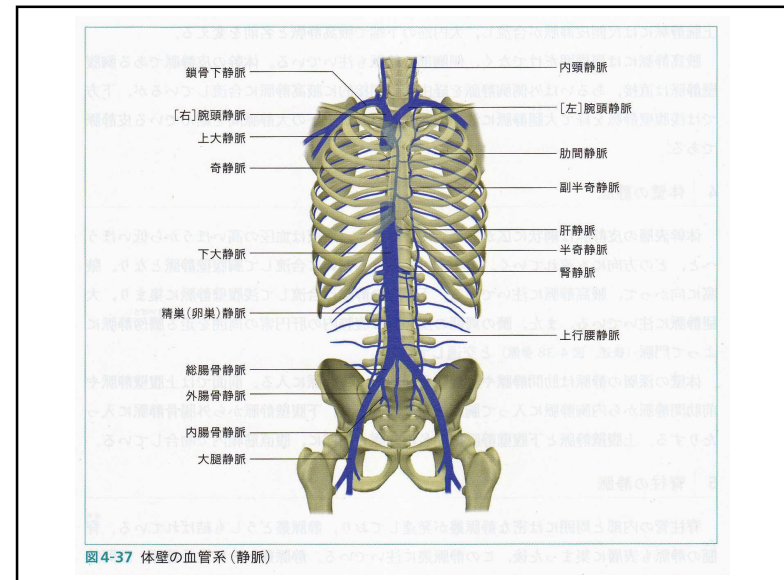
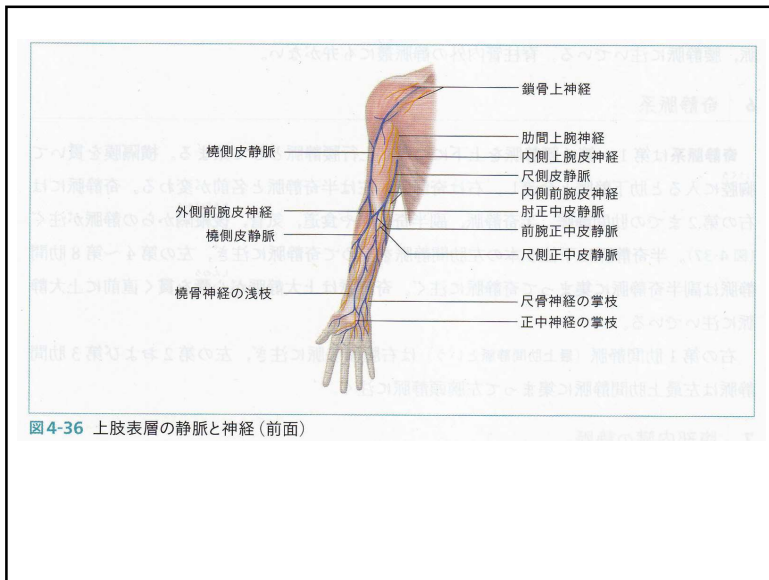
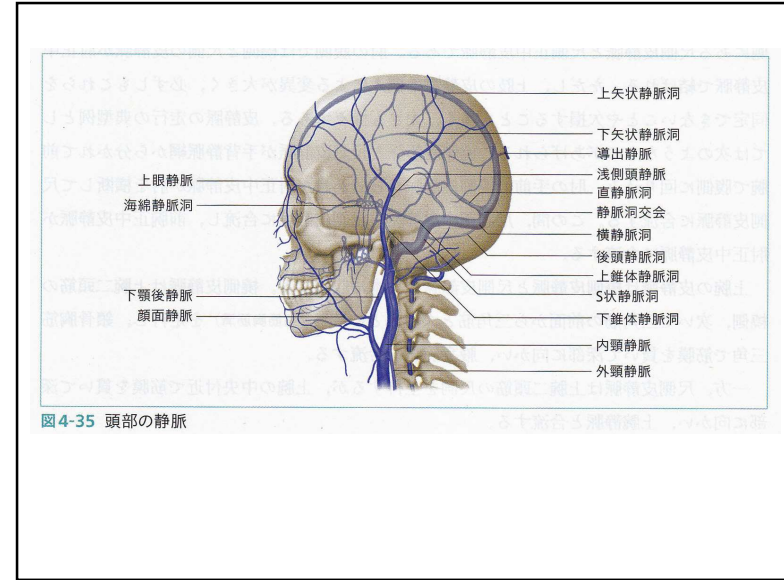
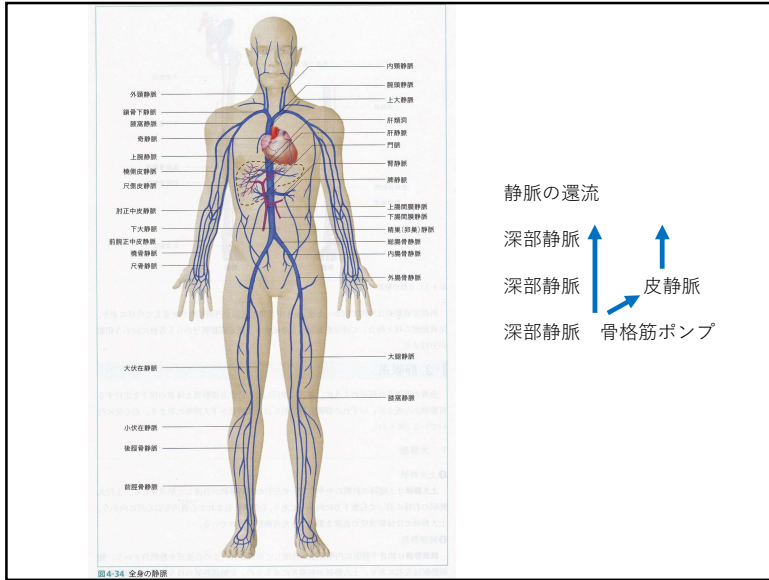
血管にコレステロールが沈着するなどして、末梢血管が細くなり、血管抵抗が上昇すると、血圧が高くなる。特に、腎臓の血管が細くなり、腎血流量が低下すると全身の血管は正常であっても次頁のような理由でレニン分泌が促進し、血圧が上昇する。

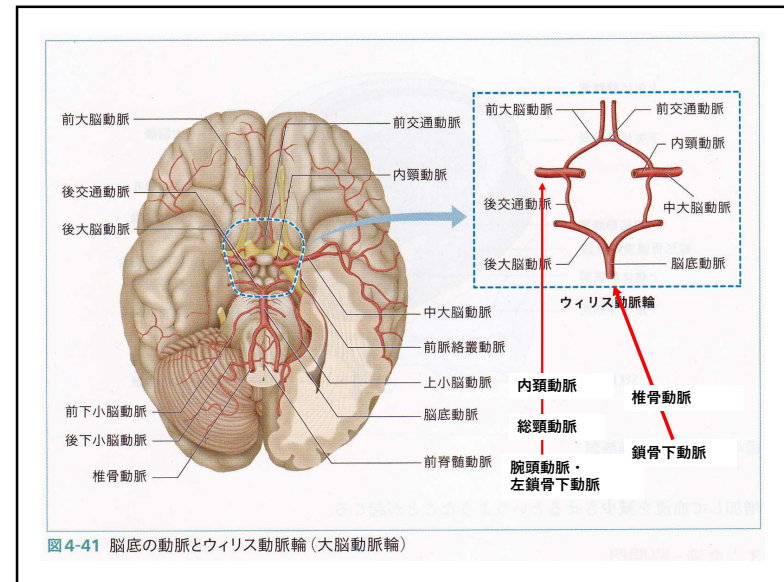
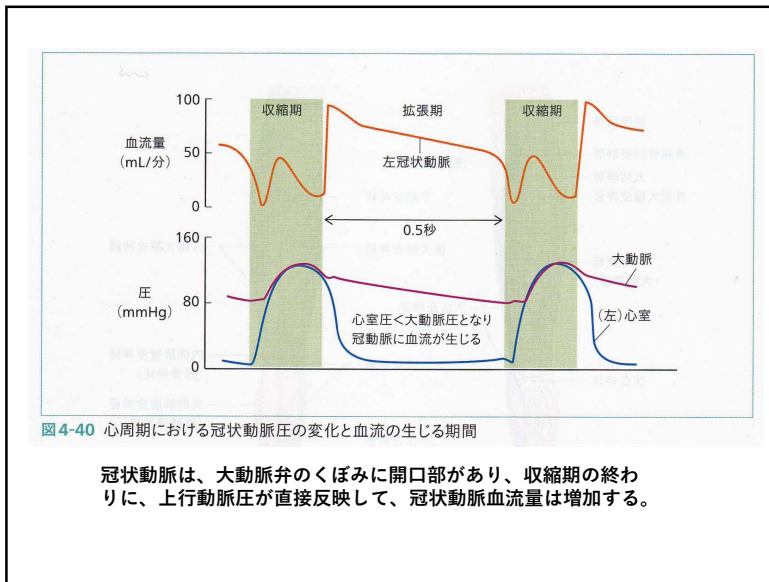
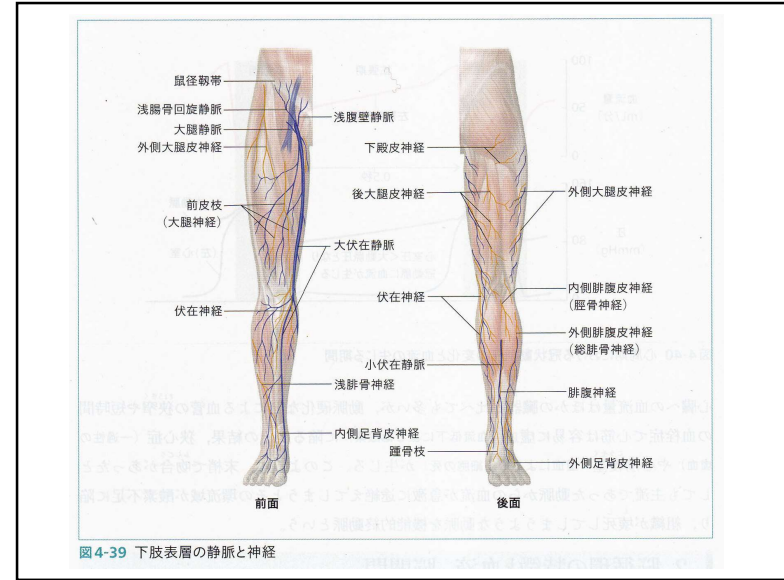
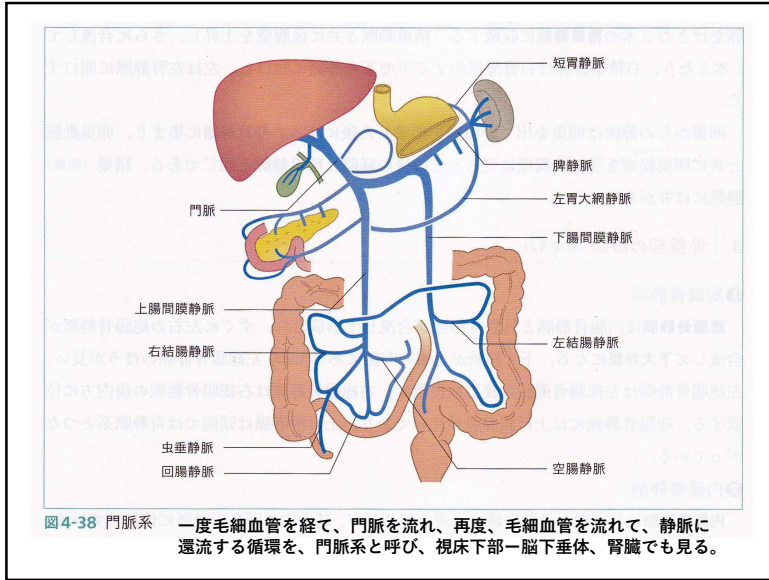
わが国では収縮期血圧 140mmHg 以上、拡張期血圧 90mmHg 以上を高血圧と定義している。血圧低下させるための薬物には以下のような種類がある。これまでの循環系の記述をもとに、なぜこれらの薬物で血圧が下がるのか、考えてみてほしい(解答は章末)。

- ① 心臓の β_1 受容体をブロックして、心拍出量を下げる
- ② 末梢血管を拡張(血管平滑筋を弛緩)して血管抵抗を下げる
- ③ アンジオテンシン変換酵素の作用を弱める
- ④ アンジオテンシン II 受容体をブロックする
- ⑤ 尿量を増加させる









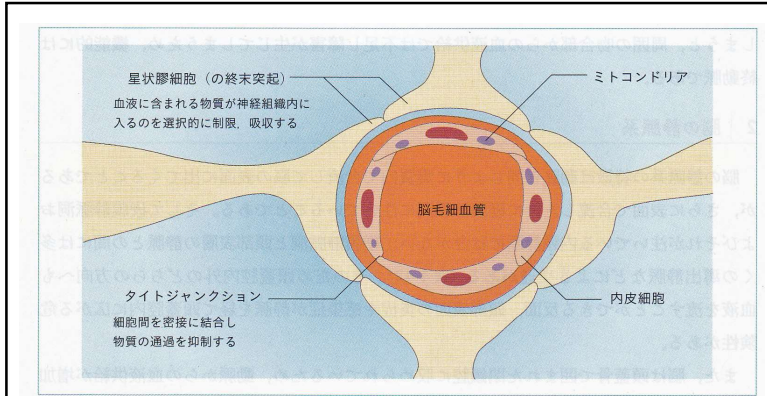


図4-43 脳血管の組織図 血管脳関門

脳内の動脈は、他の場所の動脈と比較して、血管壁が薄く、血圧の影響を直接受けて、微小動脈瘤等を生じる。
この部位（微小動脈瘤）での血管壁の破綻は脳内の大きな出血となる。

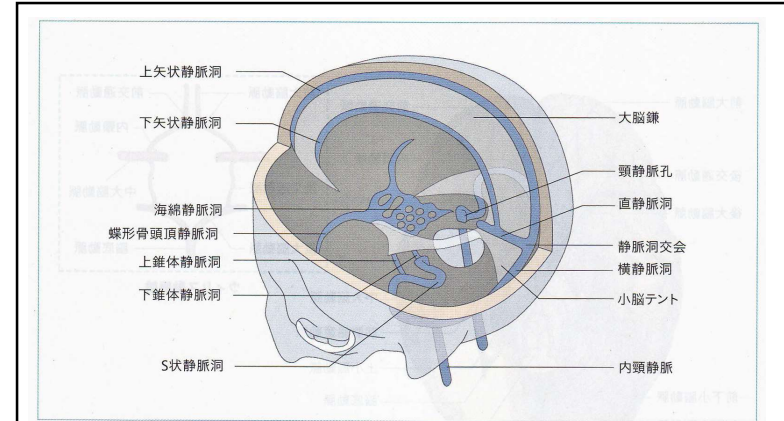


図4-42 主な硬膜静脈洞

硬膜顆粒：脳脊髄液が、この部位で、静脈洞に還流する。

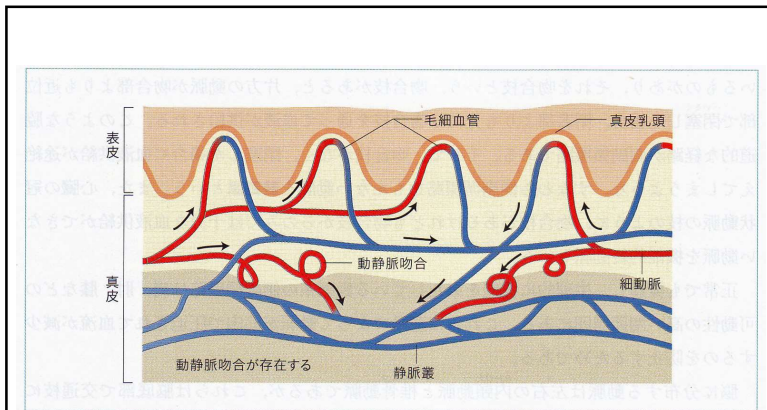


図4-44 皮膚の循環系

血液は、内部の熱を皮膚に運び、放熱する。

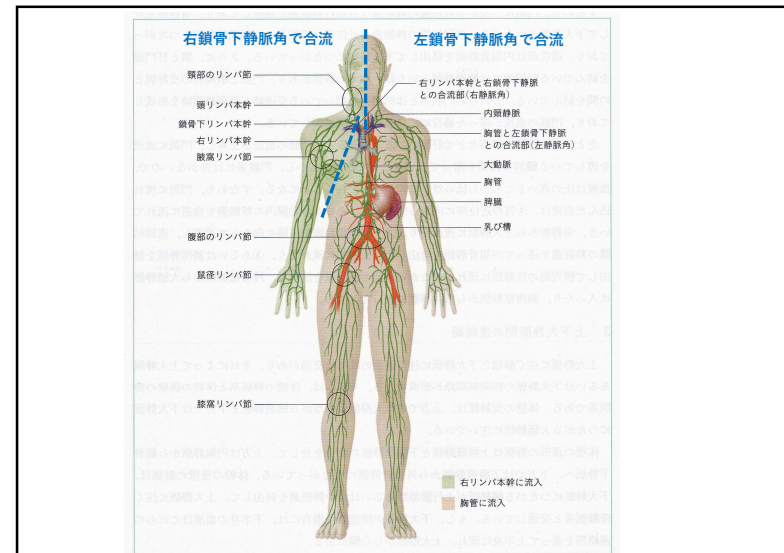


図4-45 全身のリンパ管系

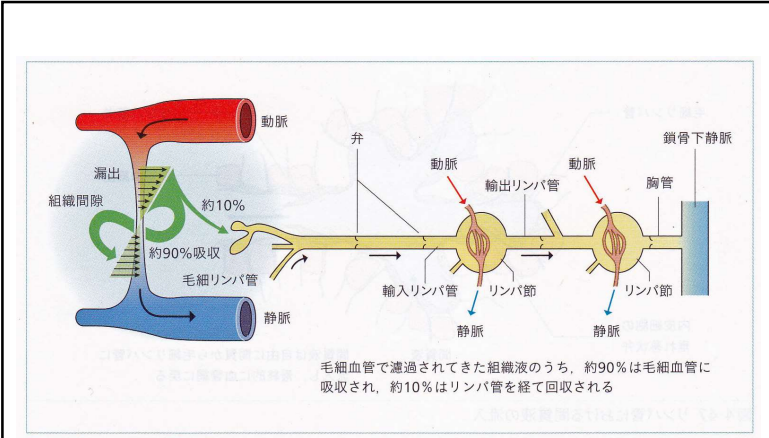


図4-46 リンパ系の模式図

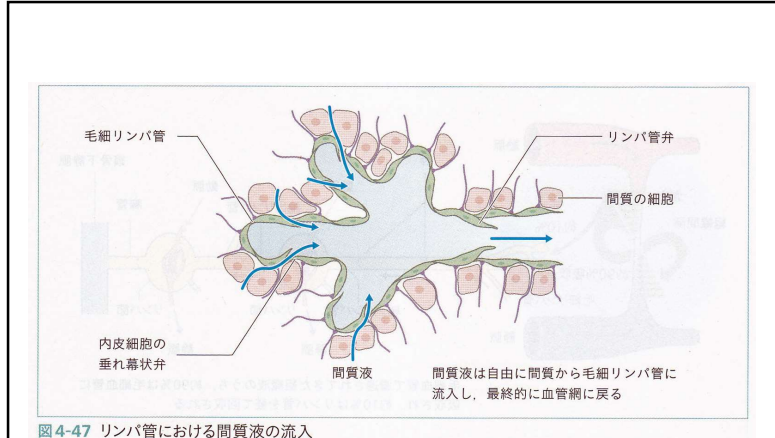


図4-47 リンパ管における間質液の流入

リンパとリンパ管
 器官内の毛細リンパ管に始まる。毛細リンパ管は、毛細血管と似た内皮細胞と不完全な基底膜を有し、組織間隙に開口している。

左静脈角の鎖骨下静脈
 ↑
 胸管
 ↑
 胸管 + 左頸リンパ本管 + 鎖骨下リンパ本管 + 気管支縦隔リンパ本管
 ↑
 胸管
 ↑
 乳び槽
 ↑
 左右腰リンパ本管 + 腸リンパ本管

リンパ系を構成するリンパ管は、動脈や静脈に沿って分布する。右上半身のリンパ管は右リンパ体幹に、左上半身と下半身のリンパ管は胸管に集まり、静脈内に注ぐ。

図4-45 リンパ系の概観

リンパ節
 リンパ管の分布に従ってリンパ節が後天的に形成される。

扁桃：ワルダイエル扁桃輪
 口蓋扁桃、咽頭扁桃、舌扁桃

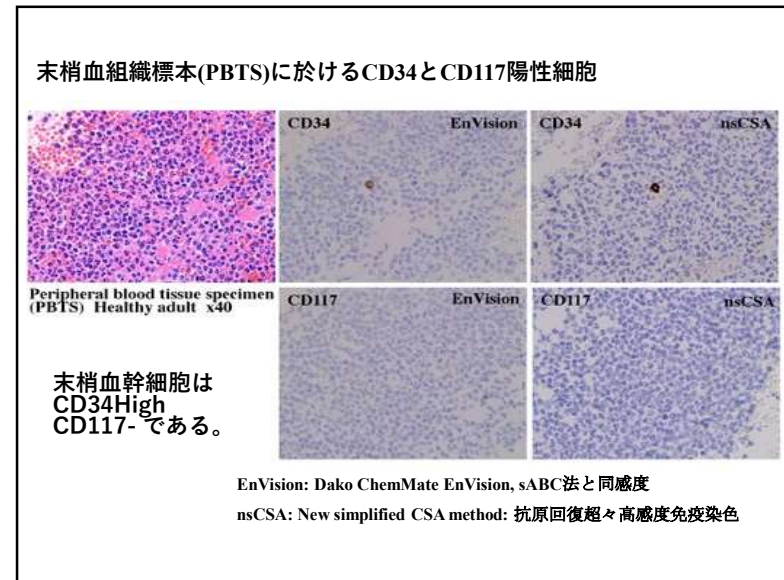
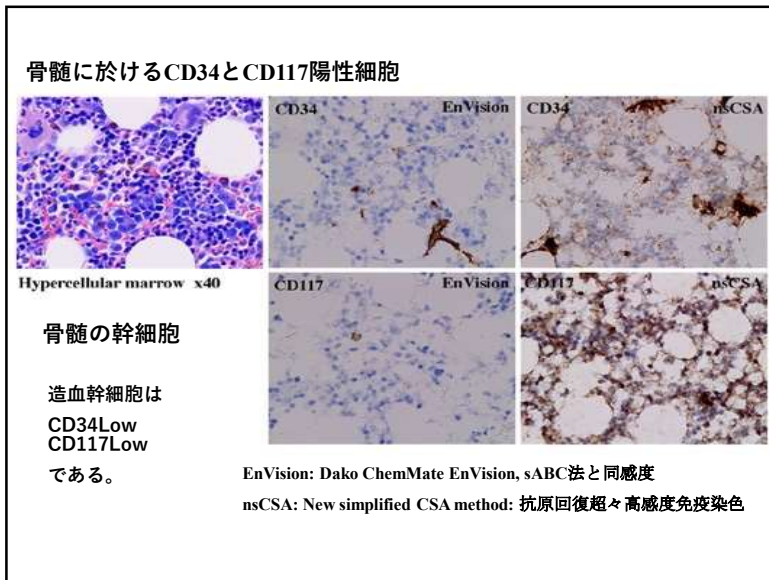
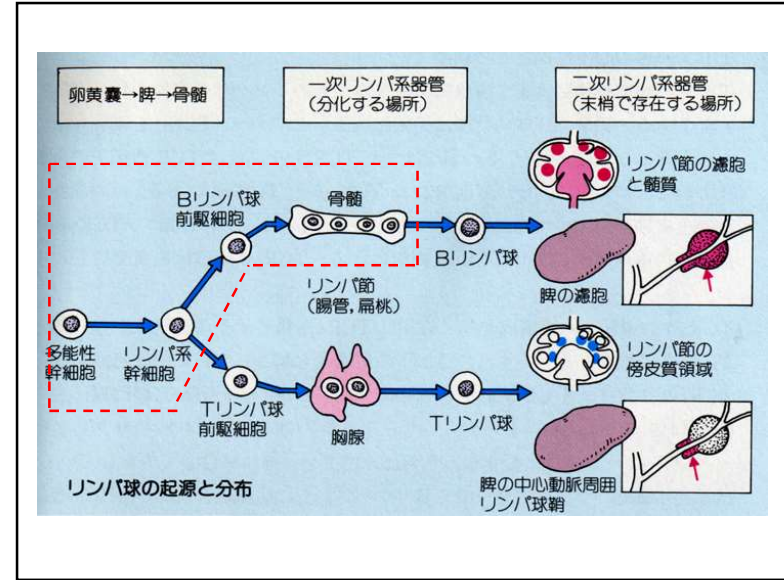
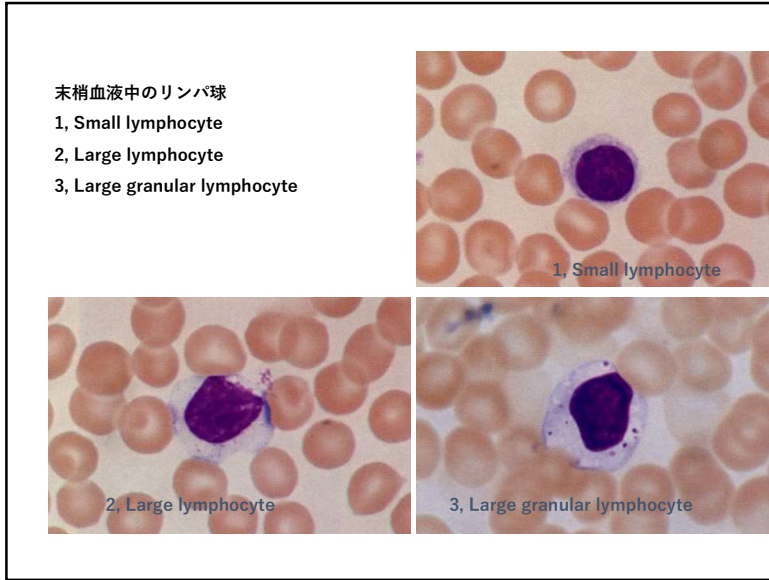
粘膜附属リンパ装置
 (Mucosa-associated lymph tissue: MALT)
 GALT, BALT

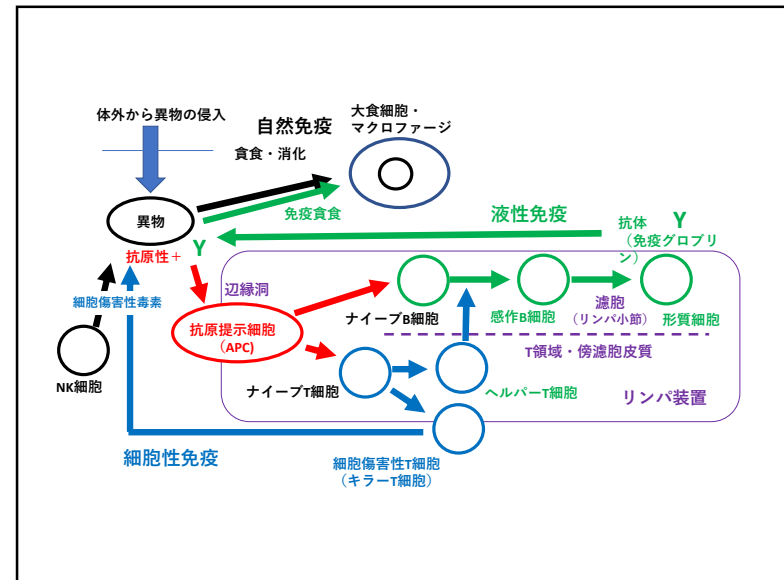
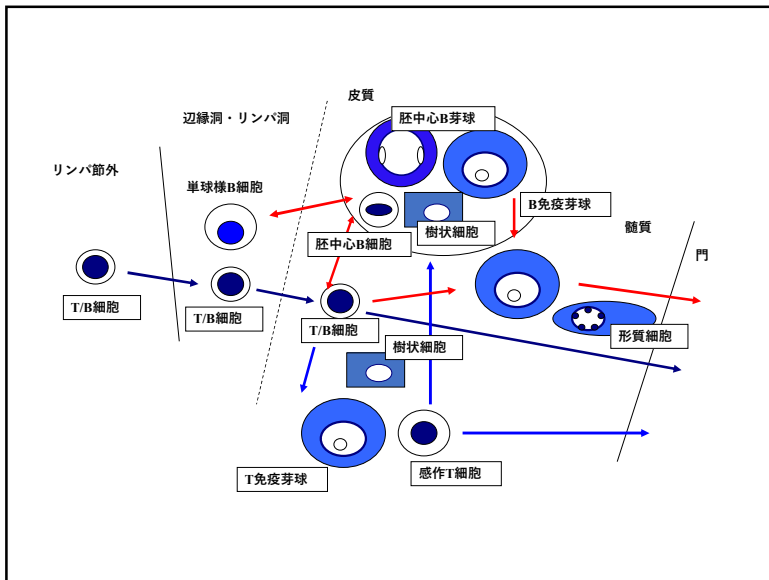
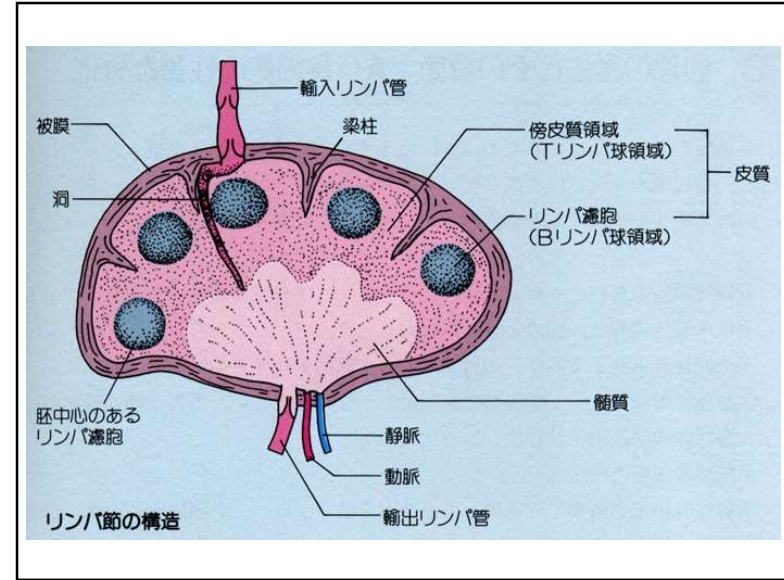
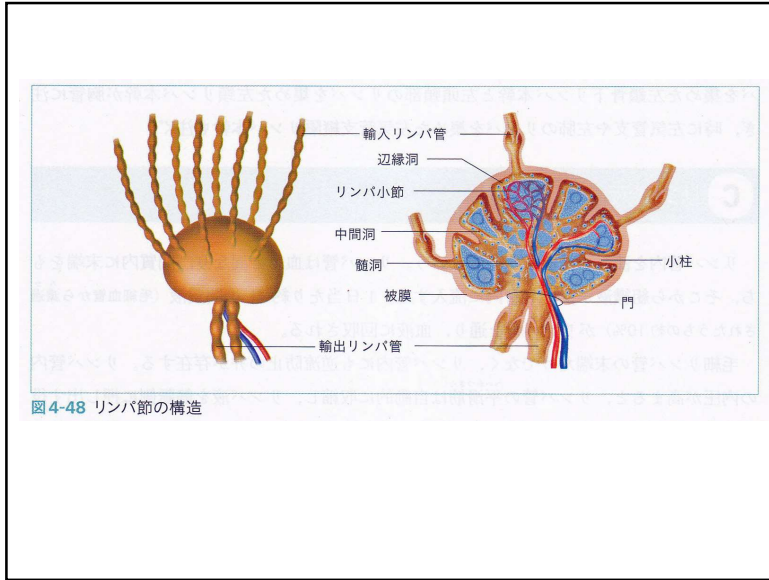
胸腺：T細胞の成熟器官

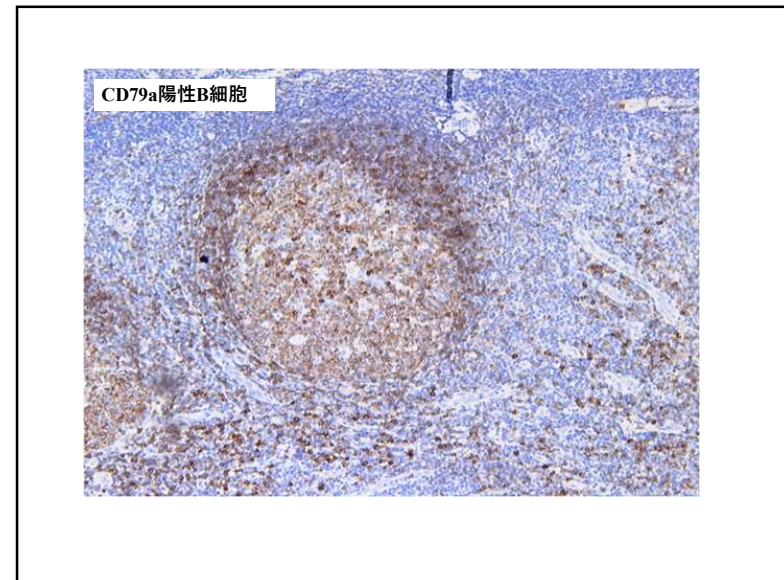
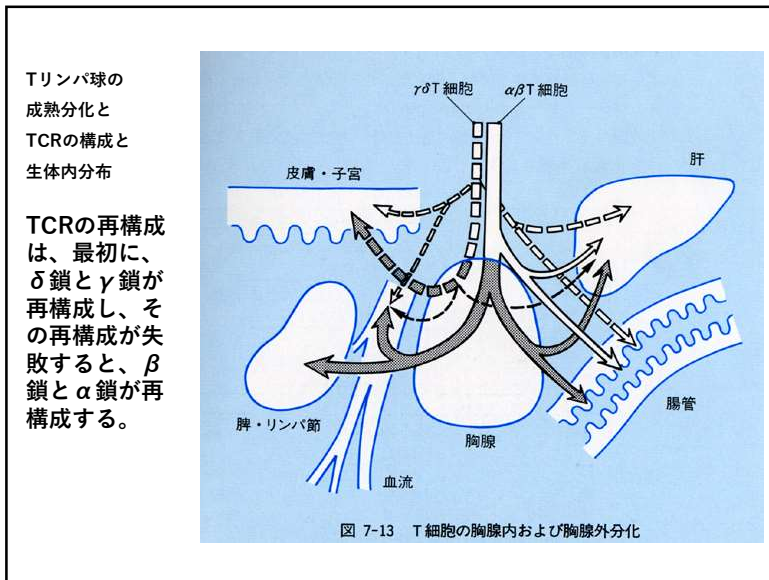
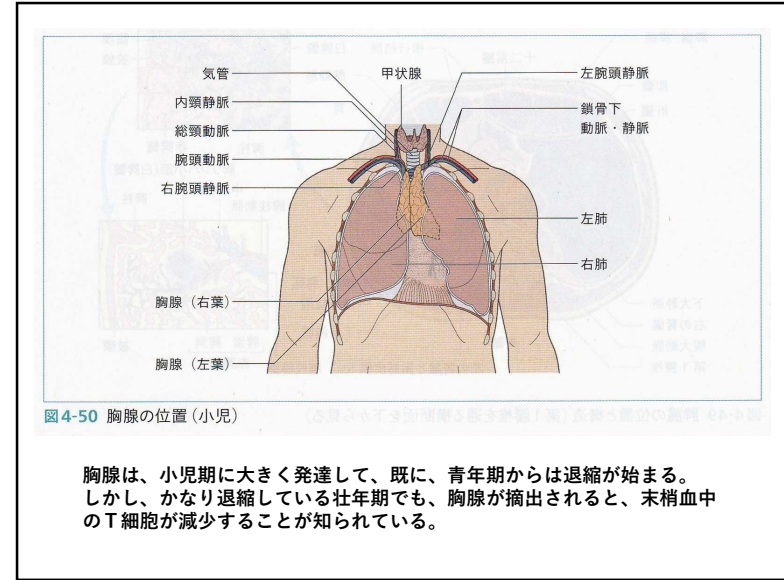
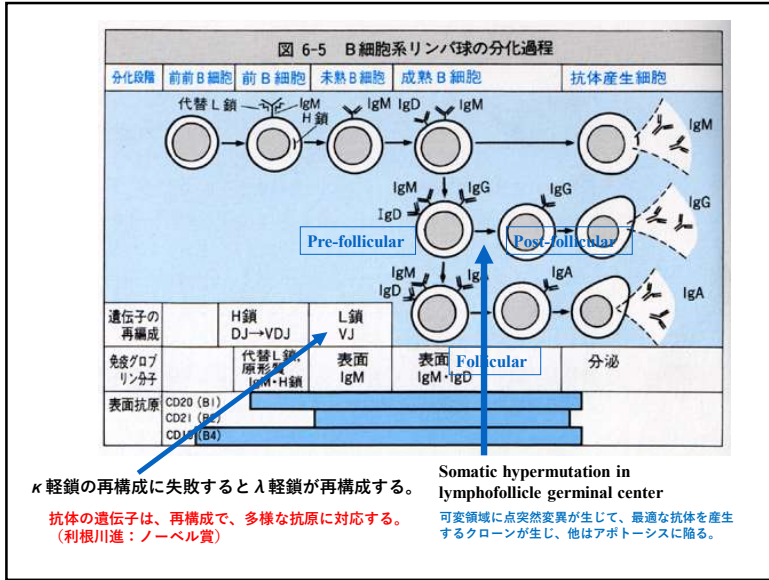
脾臓：血中の種々の抗原を除去
 老化赤血球の処理

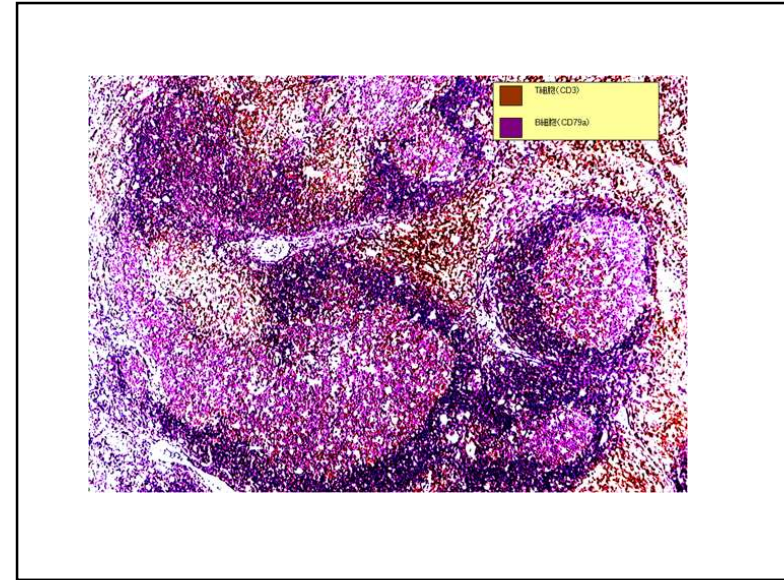
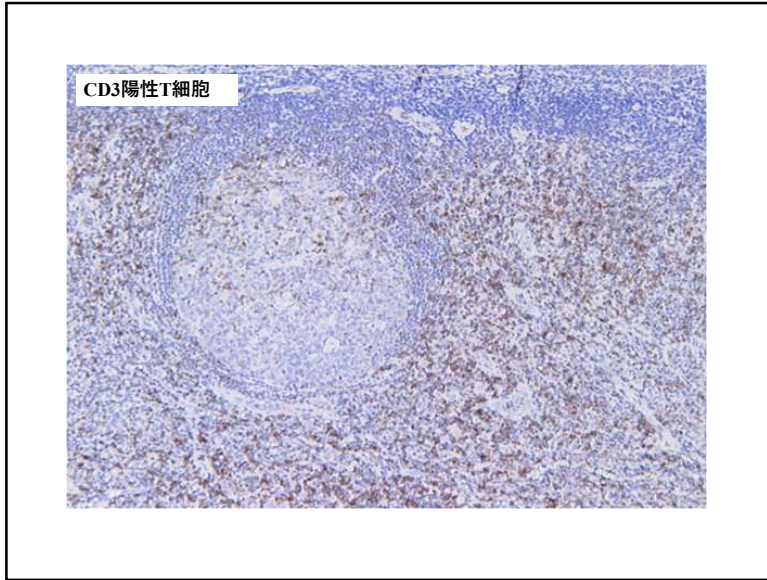
リンパ節は、リンパ管に入ってきた異物が血液に入るのを防ぐためのフィルターの役割をもつ。扁桃、胸腺、脾臓は、胸腺の隣りや、大腸の粘膜に分布している。

図9-10、リンパ節









リンパ濾胞胚中心でのアポトーシス

ssDNA (Fuchsin) - CD68 (DAB)

ssDNA (Fuchsin) - Caspase-3 (DAB)

アポトーシス細胞の核DNAは短鎖DNAとなり、更に一本(単)鎖DNAとなる。その単鎖DNA(ssDNA)は赤く標識され、CD68陽性の茶色に標識されたマクロファージ(Tingible macrophage)に貪食されている。

アポトーシスに入る細胞はcleaved caspase-3陽性で茶色に標識されており、単鎖DNAが赤く標識されている。それぞれに陽性の細胞は重なっていない。Cleaved caspase-3は前期アポトーシスのマーカーであり、単鎖DNAは後期アポトーシスのマーカーである。

Figure 16-12. Peyer's patch: Cellular immune surveillance system of the intestinal tract

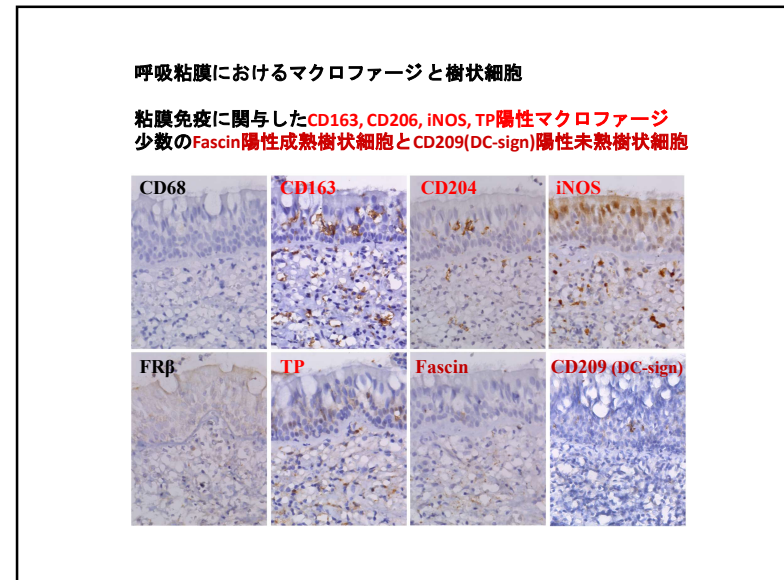
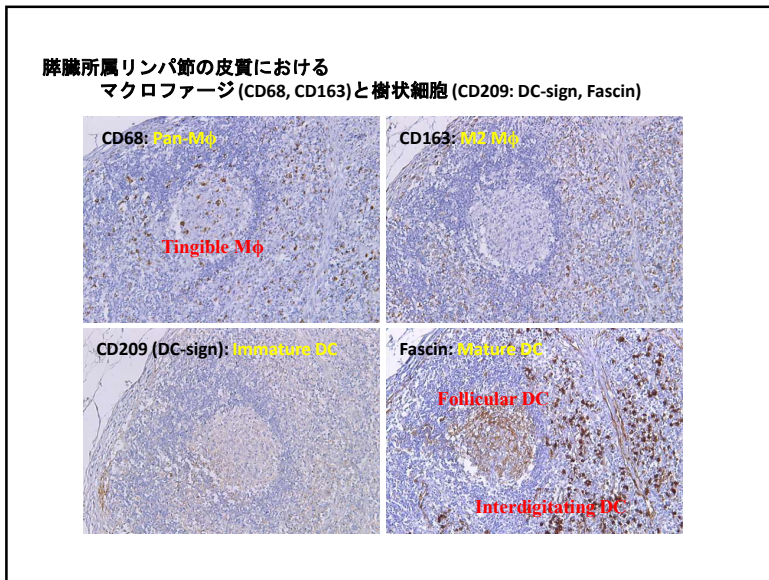
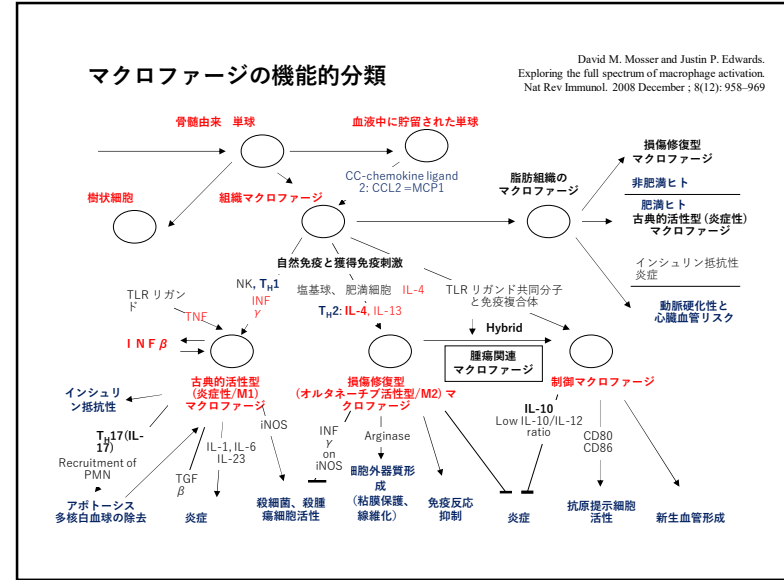
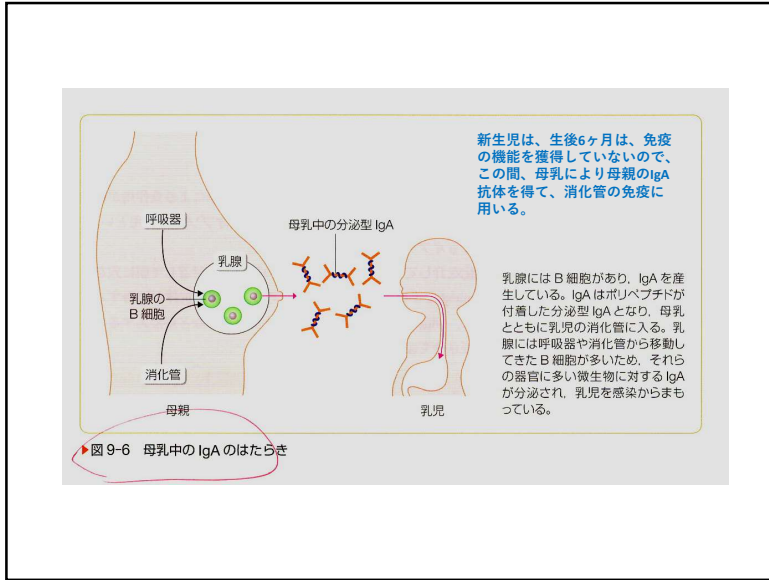
Enterocyte

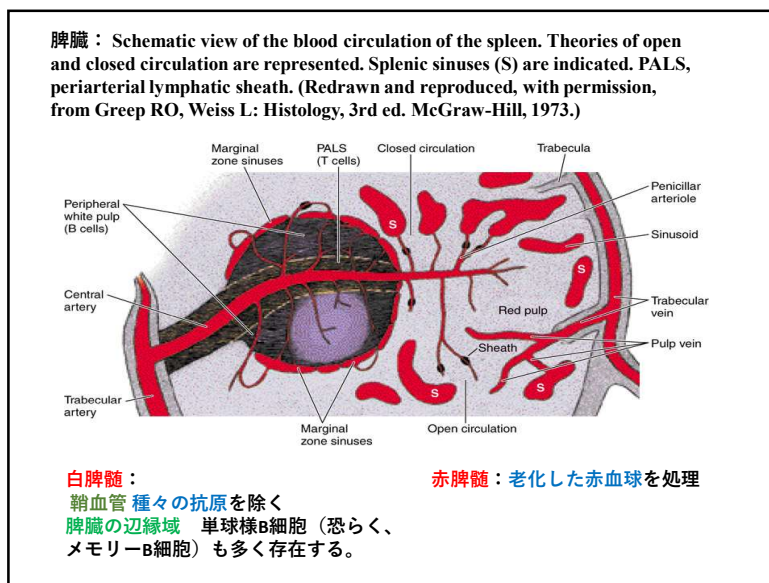
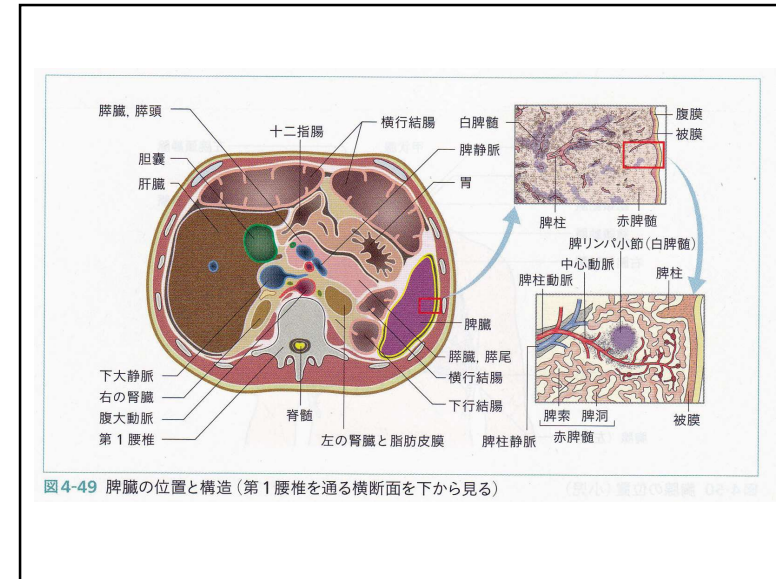
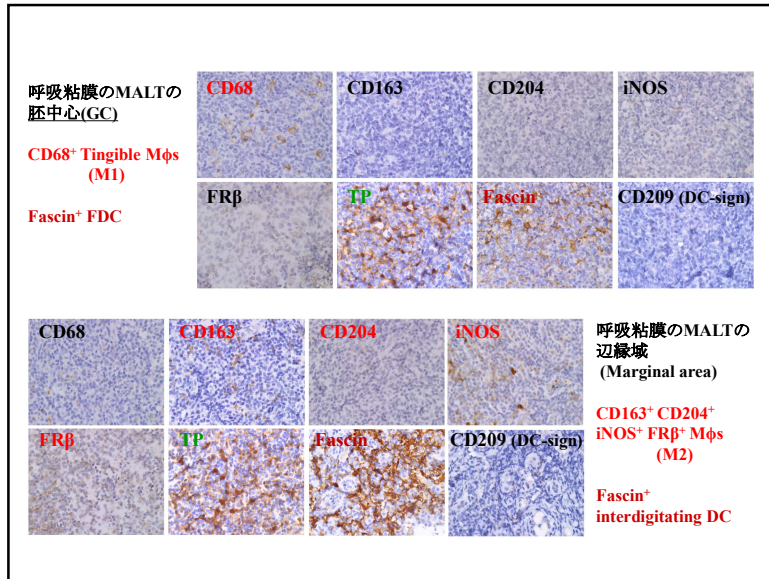
An enterocyte takes up the antigen by endocytosis which is then degraded by lysosomes. Lysosomes are not abundant in M cells.

Follicle-associated epithelium

A layer of M cells displays nucleated cells—presumably representing B cells within the intercellular pockets—with surface immunoglobulin (Ig) receptors with binding affinity to antigens.

MALT (粘膜附属リンパ装置) は、獲得性に、粘膜に発達し、反応性リンパ過形成 (RLH)と呼ばれる。そこで、抗原提示されたB細胞は、免疫グロブリン重鎖がM型からA型にクラススイッチが生じ、産生されたIgAは腺上皮に取り込まれ、分泌成分を含むIgA二量体となり、分泌されて、その腺管内の溶液中に安定して存在して、外来性の抗原を補足して、処理される。





「高血圧治療薬が効く仕組みを考えよう」
(130頁コラム)の答え

- β遮断薬は、心臓のアドレナリンβ₁受容体をブロックする。β遮断薬は洞房結節の興奮を抑制して、心拍数を下げるとともに、心筋の収縮性を低下させ、1回心拍出量を下げる。
- カルシウム拮抗薬は、細胞内のカルシウム濃度上昇を抑える薬物。平滑筋や心筋の収縮には細胞内のカルシウム濃度上昇が必要である。また、α遮断薬は、アドレナリンα₁受容体の作用を抑える。そのため、動脈においてノルアドレナリンによる末梢血管の収縮が抑制される。
- アンジオテンシン変換酵素阻害薬は、アンジオテンシン変換酵素の作用を弱め、アンジオテンシンⅠからアンジオテンシンⅡへの変換を抑制する。そしてアンジオテンシンⅡによる血管収縮とアルドステロン分泌促進を抑制する。
- アンジオテンシンⅡ受容体拮抗薬は、アンジオテンシンⅡ受容体をブロックして、アンジオテンシン受容体の作用を抑制する。結果はアンジオテンシン変換酵素阻害薬と同様。
- 利尿薬は尿量を増加させ、体液量を低下させて血圧を下げる。

看護の観点

本章に関連するおもな看護技術

バイタルサインのアセスメントとの関連性 / 脈拍・血圧測定 / 心電図計測 / 末梢循環促進

①バイタルサイン（脈拍と血圧）のアセスメントとの関連

バイタルサイン (vital signs) は、vital が「生命にかかわる」「生命の維持に必要な」、signs は客観的な「徴候」、すなわち「生命にかかわる徴候」「生命の維持に必要な徴候」という意味である。そのため、患者のバイタルサインの異常を見落とさず、問題点を見だし、対応することが、患者の状態を悪化させず、回復に導くことになる。特に、循環反応を示す心拍（脈拍）と血圧の変化は自律神経系の反応や血管の状況などをとらえる指標となる。

②脈拍のアセスメント

心拍数は心臓が拍動した数であり、心臓が押

し出した血流によって血管が拍動した数を脈拍数という。心拍は心電図から算出したり、聴診器で直接心音を聞いたりしてとらえることができる。正常であれば心拍数＝脈拍数であるため、バイタルサインでは脈拍測定が行われることが多い。そのため、脈拍が測定できる血管（図4-30参照）がどこにあるかを知っておく必要がある。正確に脈拍をとることができれば、脈拍数、リズム、大きさ、そして緊張度などから、通常の状態との違いを見極めることができる。

③血圧のアセスメント

血圧は血圧計で測定するが、カテーテルを血管内に留置して動脈内圧を測る直接法と、一般に用いられている間接法がある。間接法には聴診法と触診法があり、通常、聴診器を用いる聴診法で測定する。血圧の測定時には、マンシエットの大きさ、巻き方、そして、マンシエットの高さで心臓の位置などに注意が必要となる。こ

の血圧測定の方法では循環の知識が基本となる。

④生体検査のための心電図

心電図計測は診療過程の援助における生体検査の一つであるが、心電図の結果から心臓の状態を判断できるため、重要な検査である。心電図が正確に測れるように援助するには、各電極の位置や電極を装着する際のクリームの塗布など、留意事項を確認しながら行う必要がある。また、測定された心電図の波形について、正常時の波形や波形の意味をしっかり把握しておくことで、すぐに異常に気づき迅速に対応することができる。ここでも、循環の基本知識が必要となる。

⑤浮腫（むくみ）や血栓予防のケア：末梢循環促進の援助

心臓から出た血液は動脈から細い動脈を通過して毛細血管に行き、そこで組織と物質交換を行い静脈に入り、右心房に戻り、右心室から肺へ向かう。末梢血管である毛細血管では、血管壁を通して物質や水分の交換が行われている。この部分でのやりとりがうまくいかず、血管内か

ら組織へ体液が移動したままの状態になると、浮腫を生じることになる。

これは、血中のたんぱく質濃度にも関係するが、循環が良くない場合も静脈圧（静水圧）が上昇することで浮腫が生じる場合がある。そのような場合は、循環を良くするケアが必要で、下肢を挙上すること、末梢を温めること、マッサージや末梢を動かす運動などを行うこと、弾性ストッキングを利用した圧迫などがある。圧迫を行う際には、病状にあった圧で行う必要がある。

循環が滞ると浮腫だけでなく、血栓が生じることもある。循環が悪いことで生じた血栓が肺循環を詰まらせると肺塞栓となる。術後安静や寝たきりの状態では、下肢の筋肉がポンプとして作用せず、血液を心臓へ押し戻すことができなくなる。そのため静脈での循環が滞り、血栓が生じやすくなるので、特に注意が必要である。循環を促すケアは浮腫（むくみ）の程度や罹患している疾患の程度などを把握したうえで、行う。