

第4回 循環器

日紫喜 光良

講義項目

- ①心臓の位置と構造
- ②心臓の自律的収縮と心電図
- ③心臓のポンプ作用と心音・血圧
- ④血液循環
- ⑤全身の血管・リンパ管
- ⑥胎児循環
- ⑦循環器疾患

心臓の位置

- 胸腔内
 - 左右の肺にはさまれる
 - 心膜に包まれる
 - 横隔膜の上にある。
-
- 2/3は正中線より左にかたよる
 - 心臓は右上後部から左下前部に走る

心臓

- 血液を一定のリズムで、必要な圧力で、送り出す
- 心筋
 - 流れをおこす力
- 弁膜
 - 流れを一方向にする。一定の圧力を保つ
- 伝導系
 - リズムをつくる

心臓の構造：心室・心房

- 右心房
 - 上大静脈、下大静脈、
冠状静脈洞が入る
- 右心室
- 左心房
 - 左右2本、計4本の肺静脈が入る。
- 左心室
- 血液の流れ
 - 大静脈
 - 右心房
 - 右心室
 - 肺動脈
 - 肺
 - 肺静脈
 - 左心房
 - 左心室
 - 大動脈

心房中隔：左右の心房間
心室中隔：左右の心室間

心臓壁の構造

- 心内膜
- 心筋層
- 心外膜

心臓の弁膜

- 房室弁

- 尖弁：弁膜の縁より腱索が付着し、心室内にある乳頭筋に連結する。

- 右房室口：三尖弁

- 左房室口：僧帽弁（二尖弁）

- 動脈弁

- 半月弁

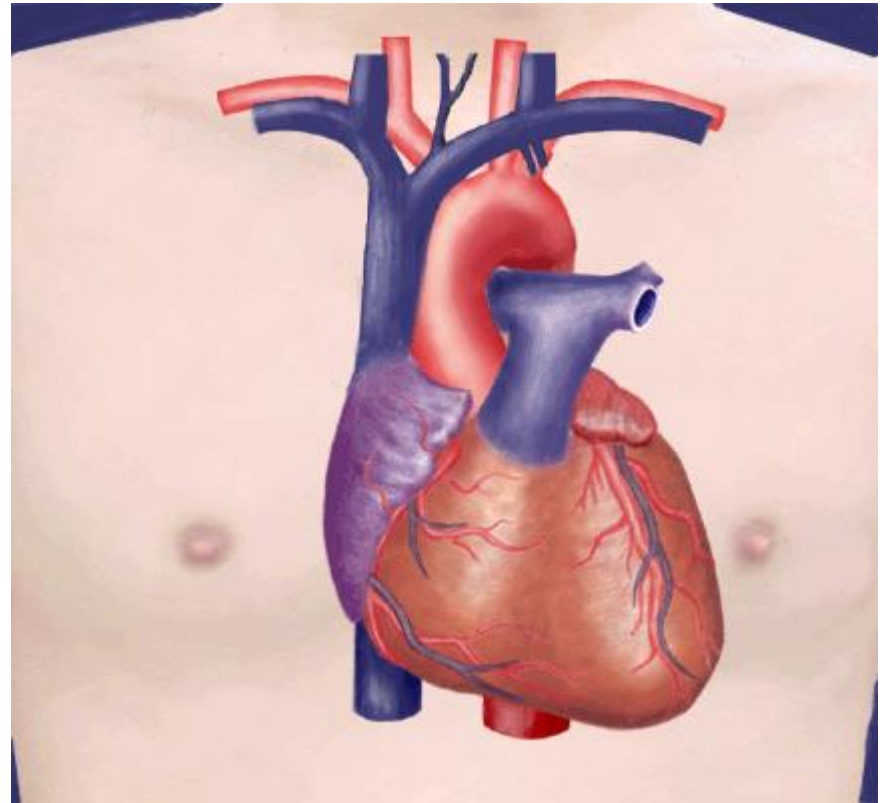
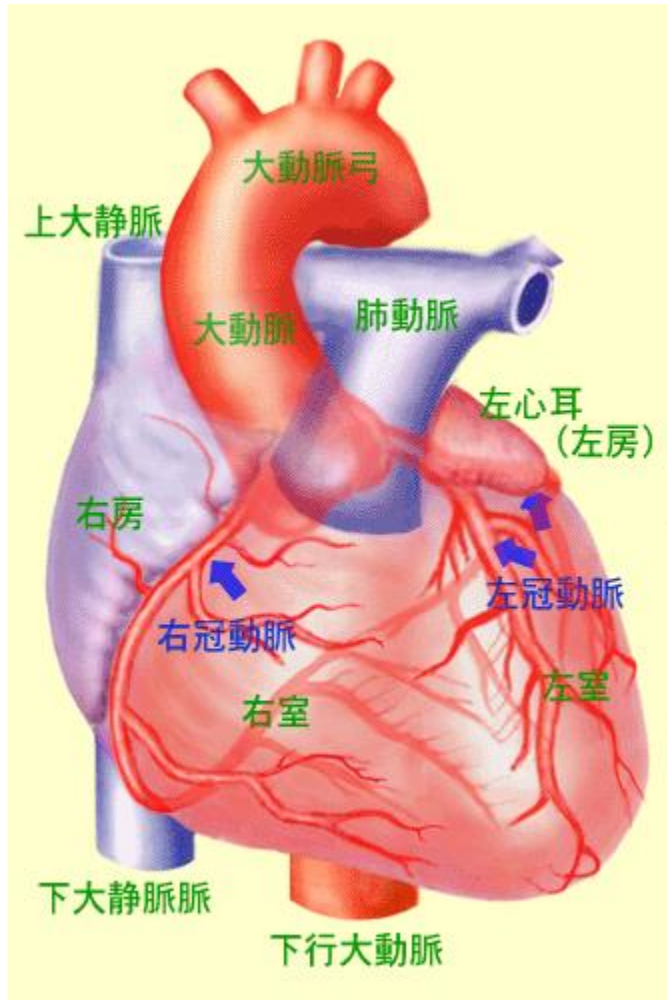
- 右心室：肺動脈弁

- 左心室：大動脈弁

心臓の栄養血管

- 冠状動脈
 - 右冠状動脈
 - 後室間枝
 - 左右心室→心尖
 - 左冠状動脈
 - 前枝: 前室間枝
 - 左右心室
 - 心室中隔
 - 後枝: 回旋枝
 - 左心房
 - 左室後部
- 静脈→冠状静脈洞に集められ右心房に注ぐ 9

心臓の外観(正面像)



以下5枚のスライドの図は

ようこそまえだ循環器内科へ
<http://www.m-junkanki.com/>

より

心臓の形

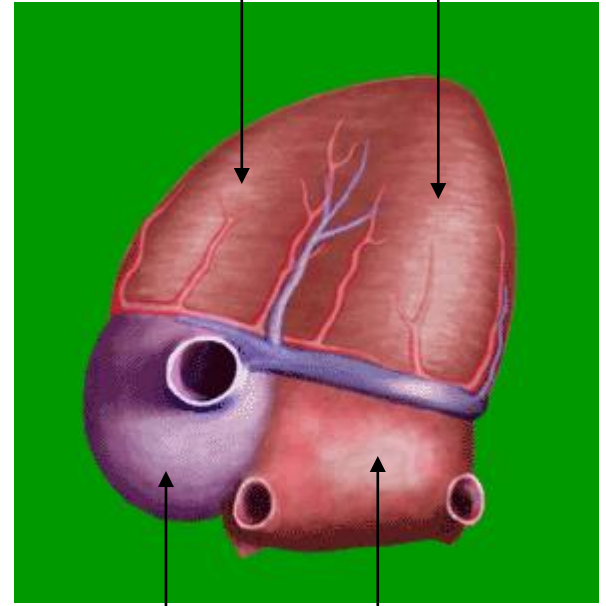
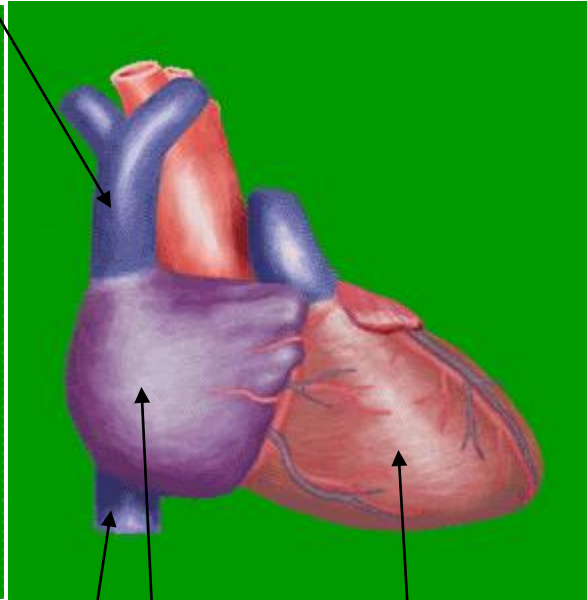
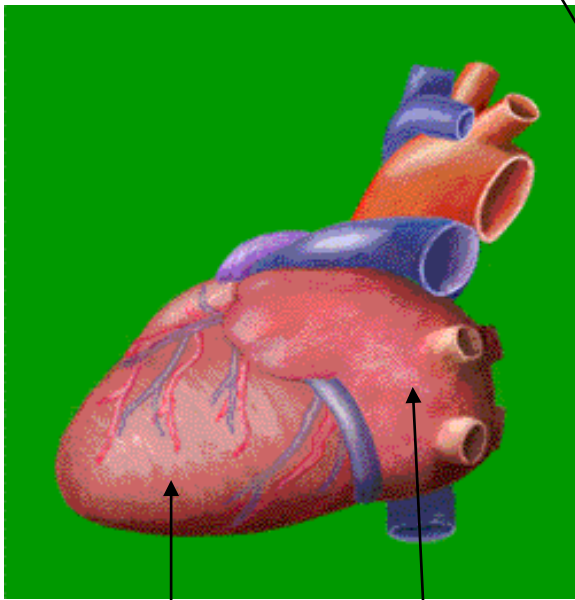
- 心底
 - 後上方で大血管の出入するところ
- 心尖
 - 下前方の左心室先端にあたる場所
- 心軸
 - 心底から心尖に至る心臓の長軸

側面・下面像

上大静脈

右心室

左心室



左側面

左心房

左心室

右側面

右心房

右心室

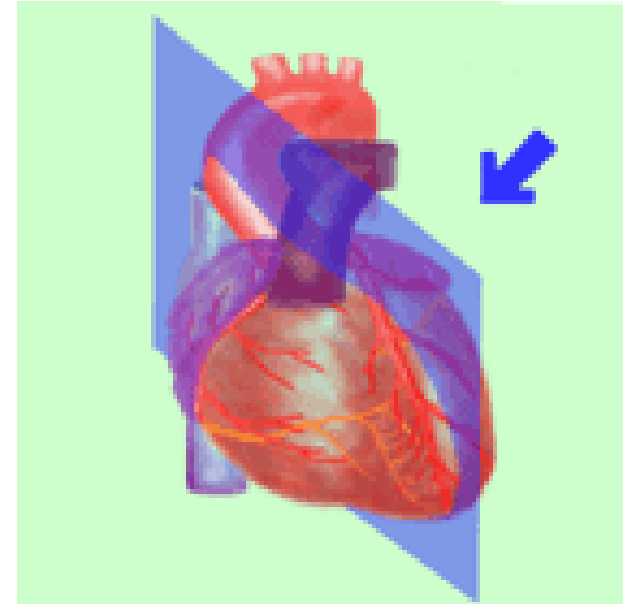
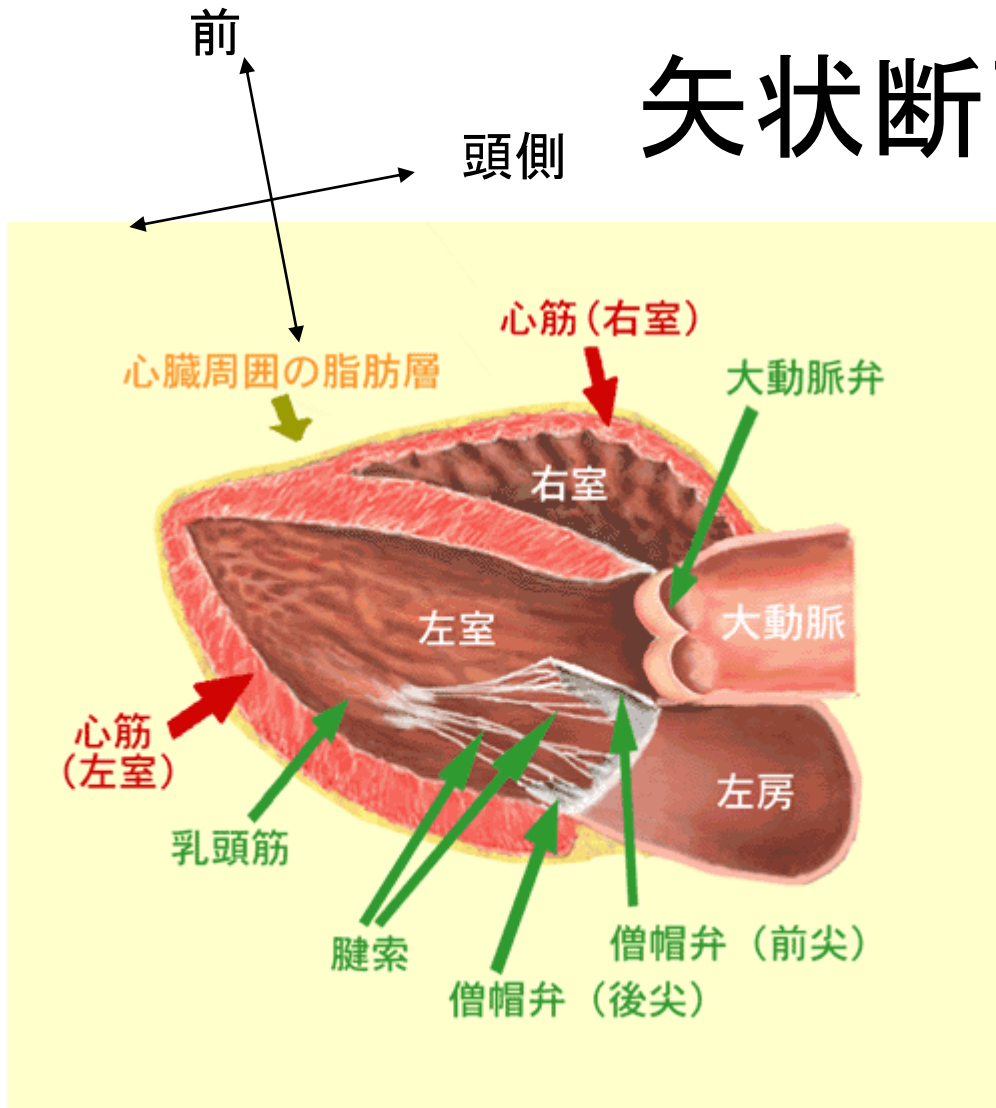
下大静脈

下面

右心房

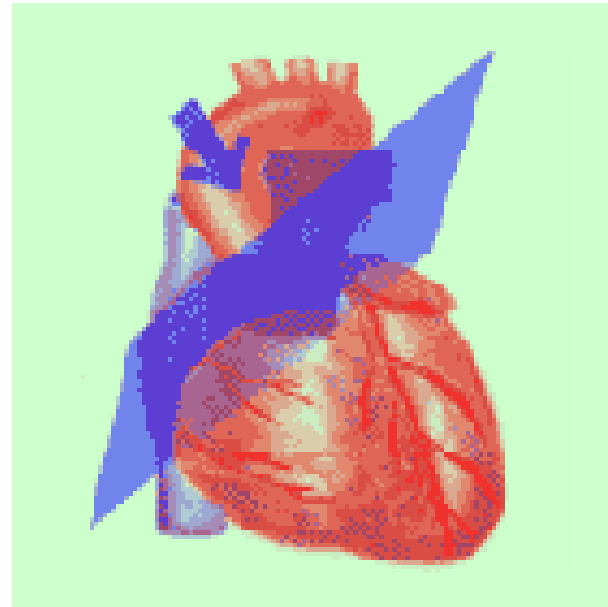
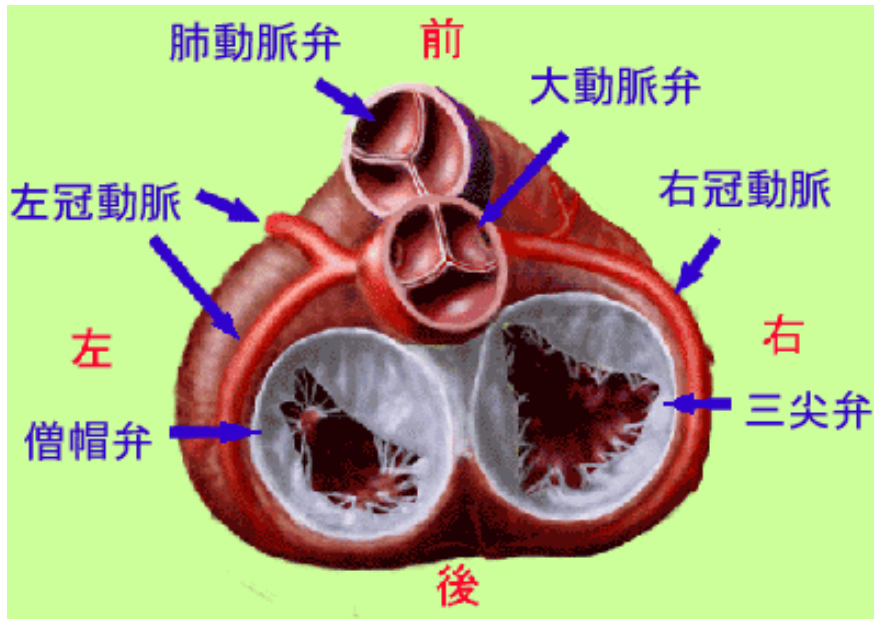
左心房

矢状断面



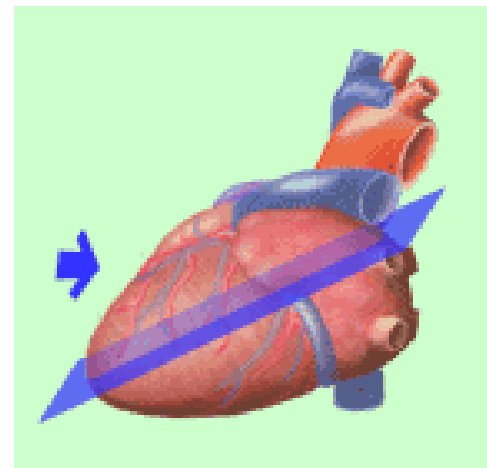
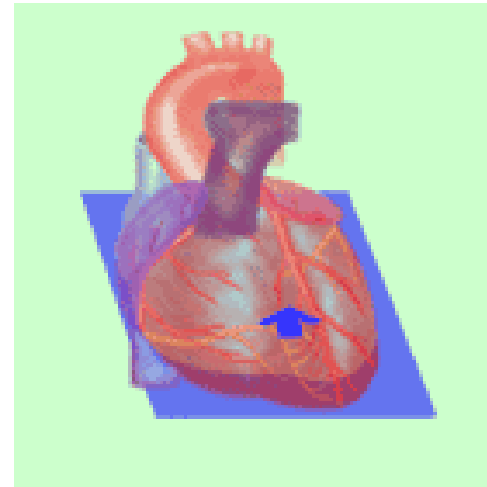
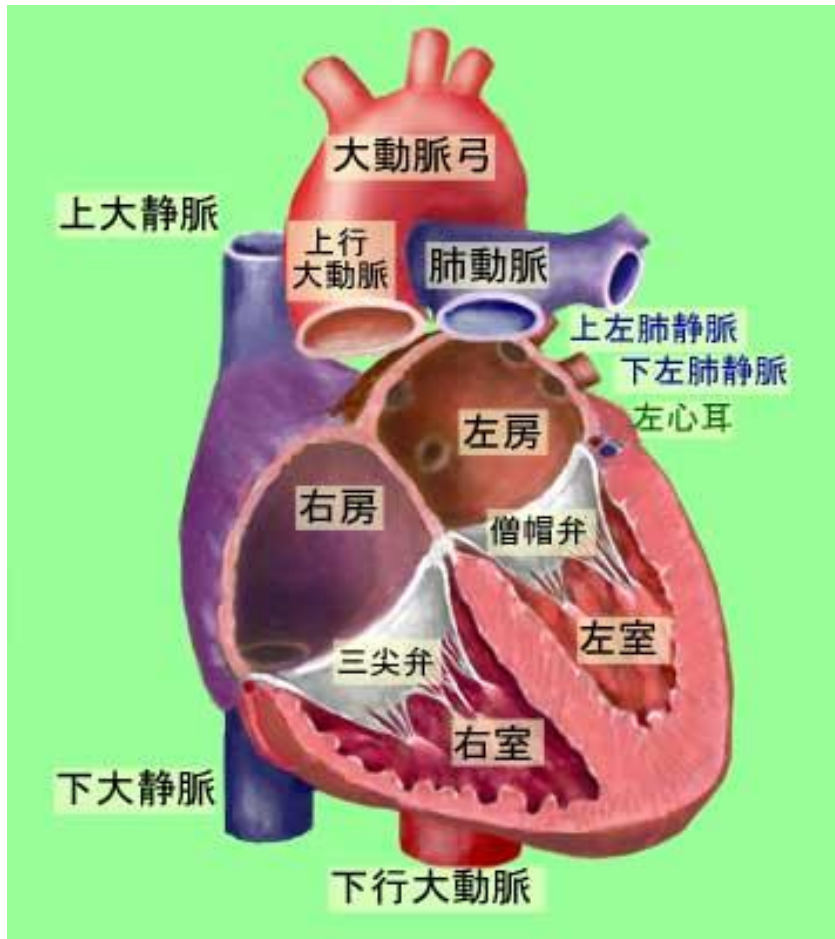
- 右心系(右心房、右心室)が前方、左心系(左心房、左心室)が後方
- 左心房は左心室の後ろ・頭側

横断面、房室境界レベル



三尖弁の左は僧帽弁
肺動脈弁の右後方に大動脈弁

前額断面



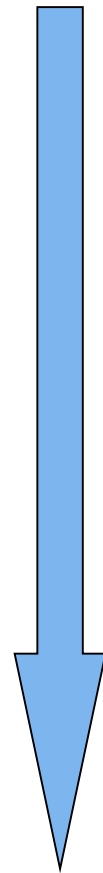
弁膜の役割

- 逆流防止。整流作用。
 - 心房→心室
 - 心室→動脈 の一方通行
- 閉じていた動脈弁が開くのは、
 - 動脈の圧 < 心室の圧になったとき
 - 大動脈: 80mmHg, 肺動脈: 8mmHg
- 開いていた動脈弁が閉じるのは、
 - 動脈の圧 > 心室の圧
 - (ただし、動脈の圧が心室の圧を少し上回っても、心室から流出しようとする血液の流れの勢いがなくなるまで開いている)
- 房室弁が開いているのは
 - 心室の圧 < 心房の圧 のとき
 - 心房の圧: 0-15mmHg程度

刺激伝導系

- 洞房結節
- 左右心房
- 房室結節

- ヒス束
- 右脚・左脚
- プルキンエ線維

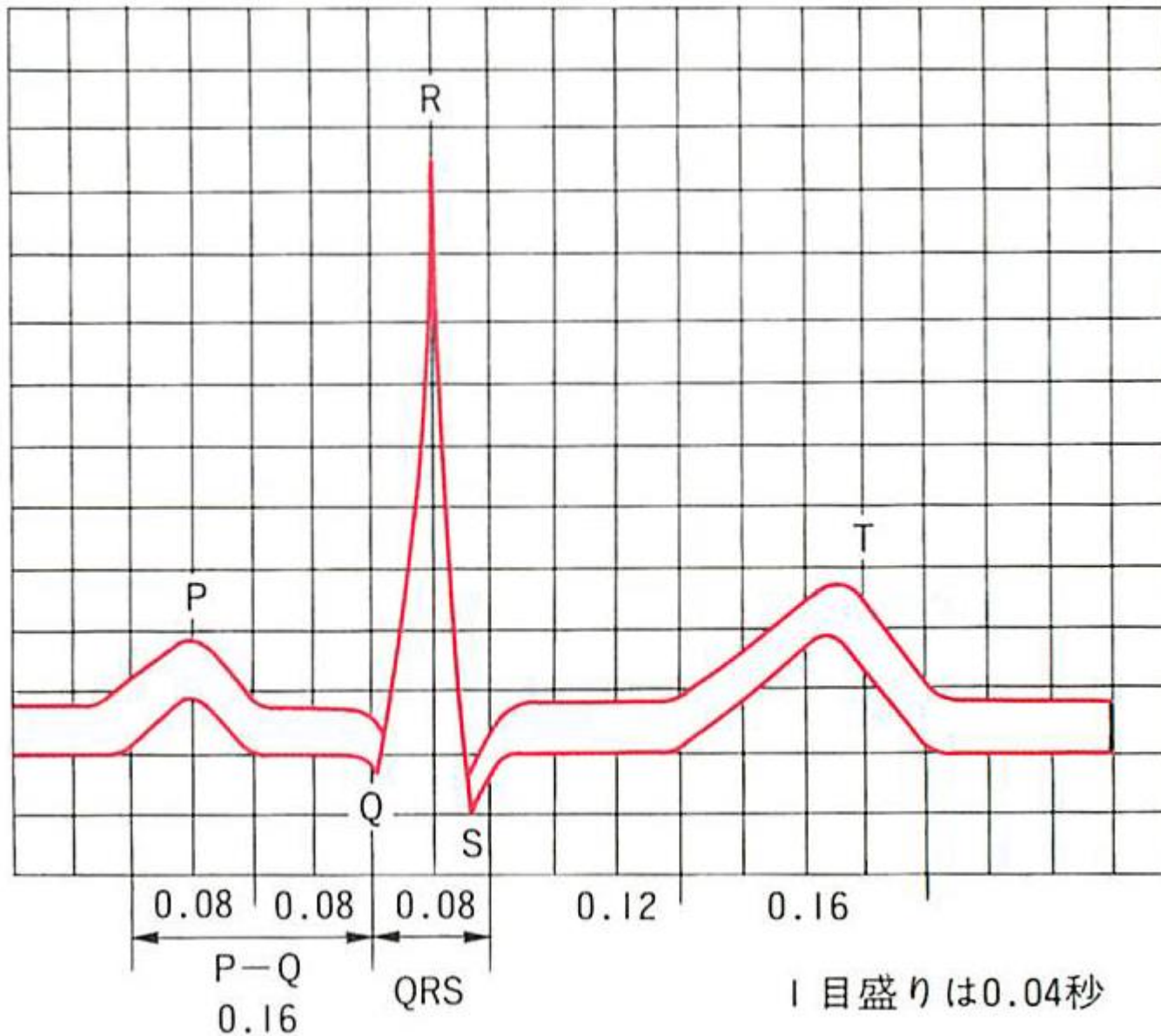


刺激伝導の方向



遅延 (~0.1sec)

心電図の波形



心電図

- P波
 - 心房での「脱分極」(刺激伝導)
 - 心房の収縮に先立つ
- QRS波
 - P波開始からおよそ0.16秒後
 - 心筋での刺激伝導
 - 心筋の収縮に先立つ
- T波
 - 心筋の「再分極」(初期化)

異常心電図

- 心筋の異常
 - 左室肥大→Rの増大
 - 狭心症→STの低下
 - 心筋梗塞→STの上昇や異常なQ波
- 電解質異常
 - 高カリウム血症
 - 低カリウム血症
 - 高カルシウム血症

不整脈

- 期外収縮
 - 本来の周期から外れた収縮
- 伝導ブロック
 - 伝導系の障害
- 頻拍
 - 心房粗動
 - 心房細動

教科書131頁参照

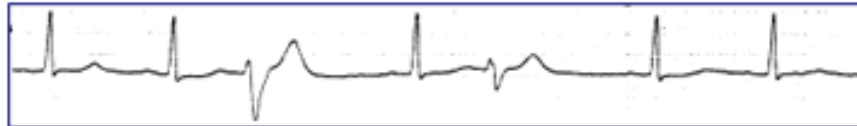
心室細動、心室粗動→心臓のポンプ機能が失われる→死

不整脈の波形

正常リズム
正常洞調律



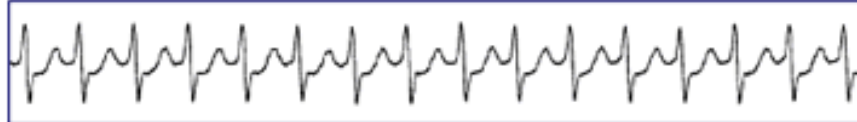
不整脈のいろいろ
期外収縮



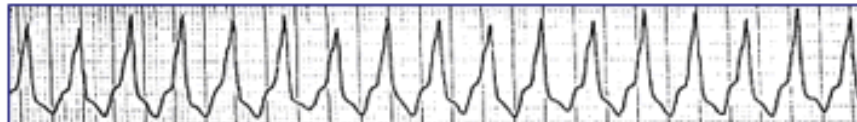
心房細動



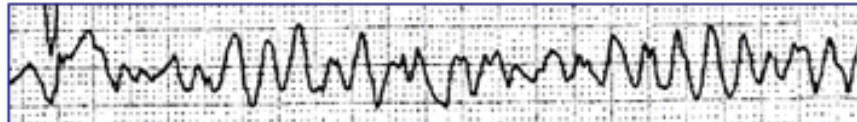
上室性頻拍



心室頻拍



心室細動



房室ブロック



日本心臓財団HPより

http://www.jhf.or.jp/senmoni/q&a/fuseimyaku_sindenzu.html

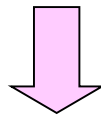
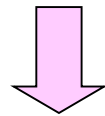
心周期

- 心室・心房の容積・圧力の周期的変化
 - 右心系と左心系で同時に起こる。
- 拡張期：心室が弛緩している期間
 - 動脈弁が閉まり、動脈に血液が出て行かない
 - 房室弁を通過して心室に血液がはいっていく
 - 動脈の圧力 $>$ 心室の圧力
- 収縮期：心室が収縮している期間
 - 房室弁が閉まり、心室に血液が入らない
 - 動脈弁を通過して心室から血液が出て行く
 - 心室はぎゅっと収縮している
 - 心室の圧力 $>$ 動脈の圧力

心周期と心音

房室弁が閉じる=I音

動脈弁が閉じる=II音



拡張期

収縮期

拡張期

収縮期

血液を心室から動脈へ送り出す

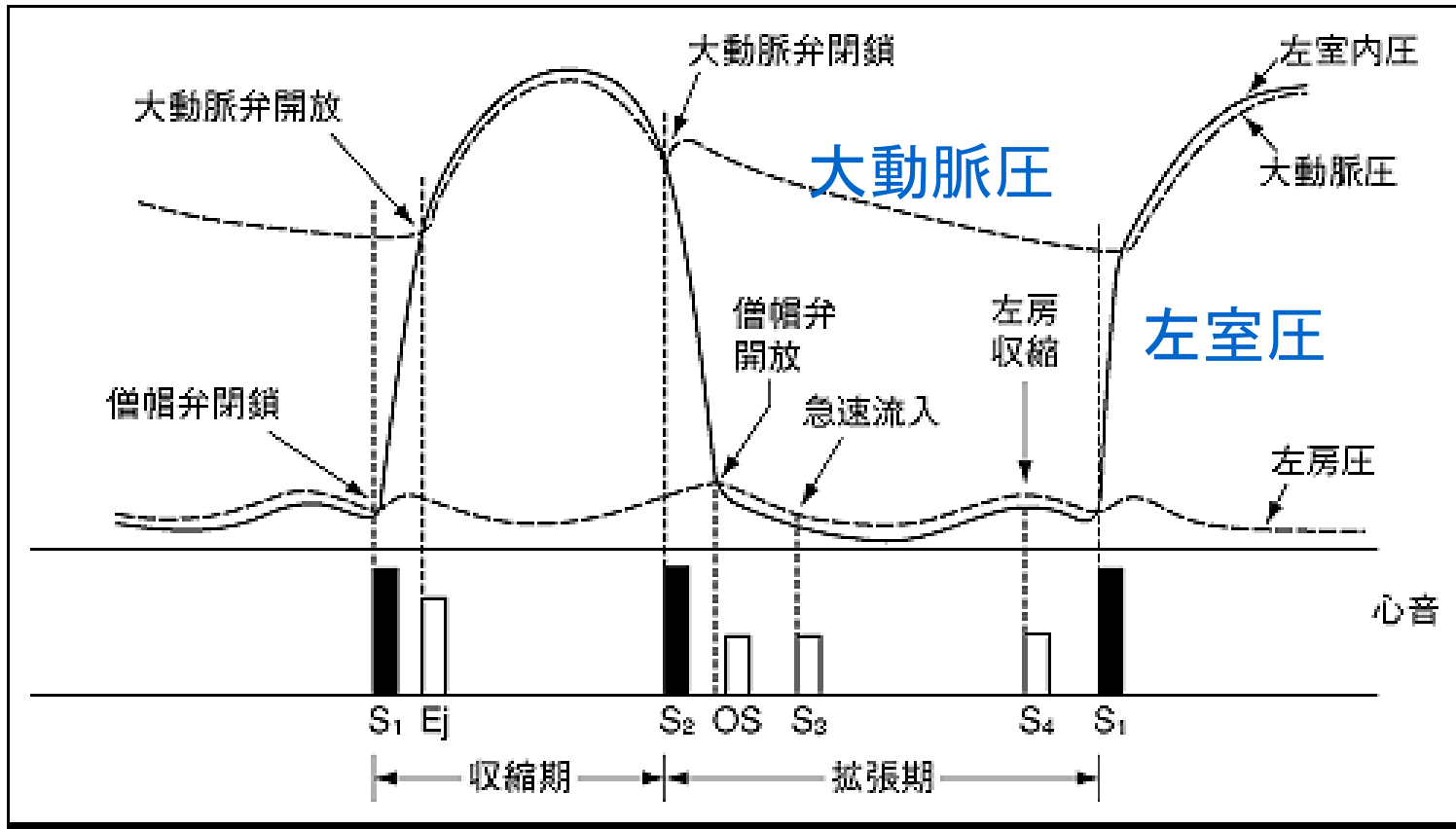
血液が心房から心室に流入する

I音: 低く、やや長い

II音: 高く、短い

心周期

各部位の圧力と容積の関係

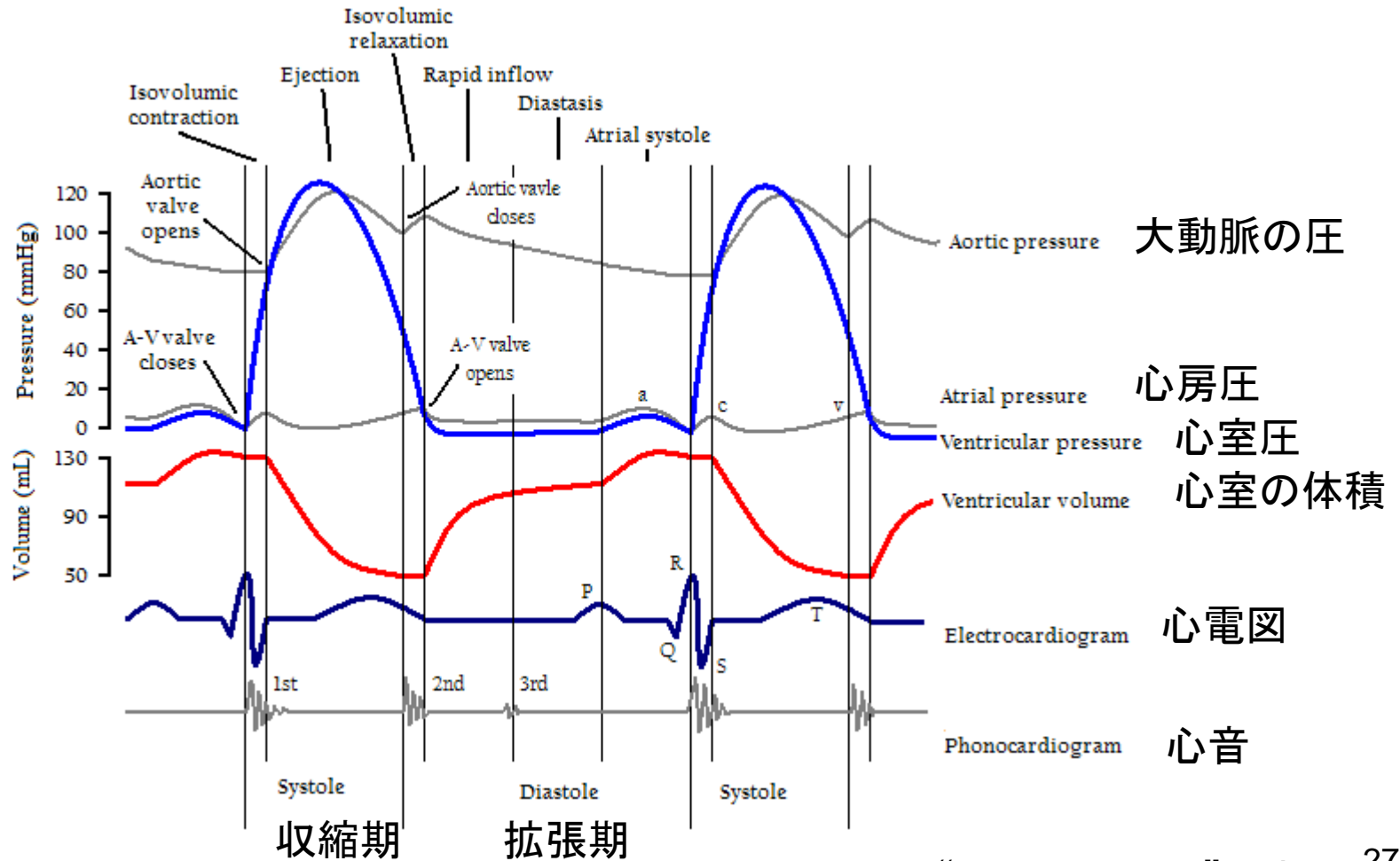


心周期の区分

- 収縮期
 - 等容性収縮期：心室収縮開始～動脈弁開放
 - 駆出期：動脈弁開放～動脈弁閉鎖
- 拡張期
 - 等容性弛緩期：動脈弁閉鎖～房室弁開放
 - 充満期：房室弁開放～心房収縮開始
 - 心房収縮期：心房収縮～心室収縮開始

心周期

各部位の圧力と容積の関係に加えて心電図を表示



Wikipedia “cardiac cycle”より

心拍出量

- 1回拍出量: 成人で約70mL
 - 心室の1回の収縮と弁の開閉によって、大動脈と肺動脈に拍出される血液量
- 心拍出量: 約4, 900mL/分 (心拍数を約70/分として)
 - 1分間の拍出量
- 心拍出係数
 - 心拍出量 (mL/分) / 体表面積 (m²)
 - 体表面積: 身長 (cm)^{0.725} × 体重 (kg)^{0.425} × 0.007184 (Du Boisの式(1916))

聴診の部位

右第2肋間

大動脈弁領域

Aortic

肺動脈弁領域

Pulmonary

左第2肋間

II音は第2肋間
間でよく聞こえる

第4肋間

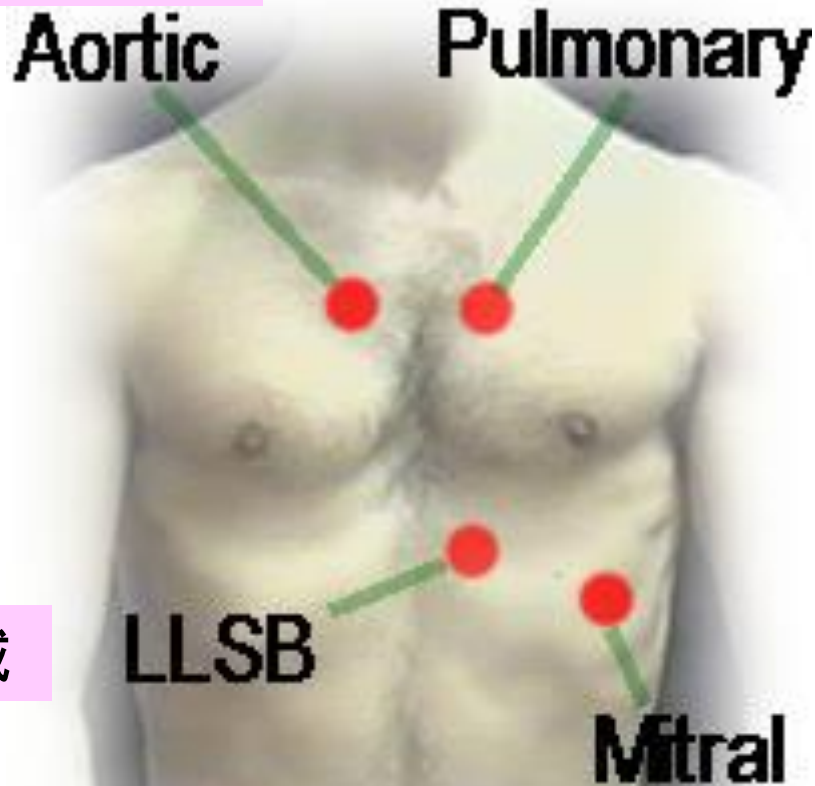
三尖弁領域

LLSB

Mitral

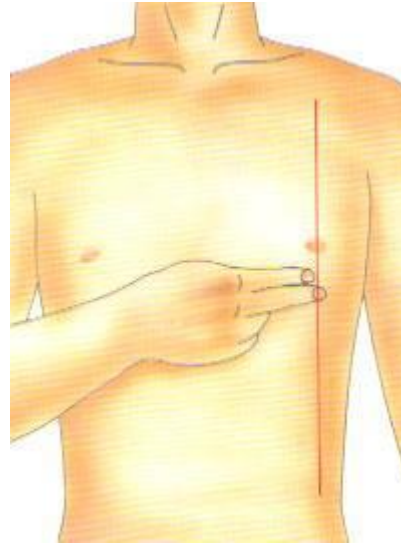
I音は心尖部で
よく聞こえる

心尖部
僧帽弁領域



心尖拍動を触れるには

- 左第5肋骨間隙
- 乳頭線よりやや内側



弁膜症と心音

- 弁膜の障害
 - 開放が障害： 狭窄症
 - 閉鎖が障害： 逆流症（閉鎖不全症）
- 左心に多い（僧帽弁、大動脈弁）
- リウマチ性心内膜炎が原因となることが多い
 - 心筋と心内膜の炎症
 - 細菌感染ならびに細菌感染後の免疫反応による
- 僧房弁閉鎖不全症
 - I音減弱、全収縮期逆流性雑音 など
- 大動脈弁狭窄症
 - 収縮期駆出性雑音 など

心不全

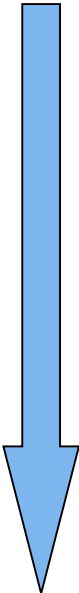
- 心臓の機能が不十分な結果、起きた状態
- 原因はさまざま
 - 心筋梗塞
 - 高血圧
 - 弁膜症
 - アルコール
 - 感染症
- 増悪因子
 - 過労
 - ストレス
 - 風邪 など

宮武 邦夫、安村 良男 *心不全—その症状と治し方*

—

http://www.ncvc.go.jp/cvdinfo/pamph/pamph_07/pamph_07_01.html

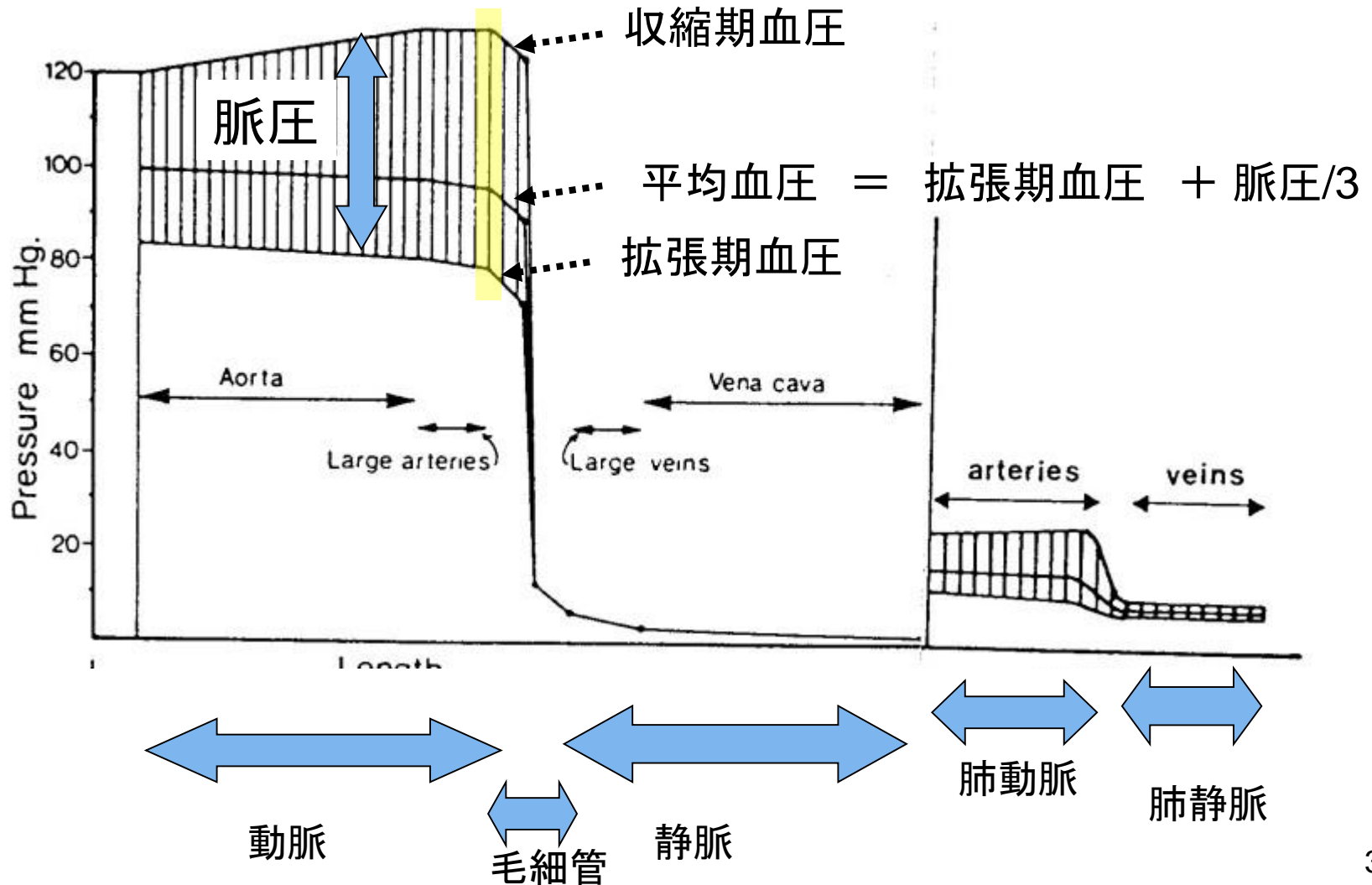
心不全の状態と症状

- 拍出量の減少
 - けん怠感
 - 動悸
 - 血液の停滞
 - むくみ
 - 息苦しさ(肺への血液の停滞)
 - 心不全の進行の程度
 - 階段で息切れがする
 - 仰向けになって寝ると息苦しい。咳が出る。上体を起こすと楽。
 - 夜息苦しくなって目が覚める
 - ひゅうひゅういう
- 

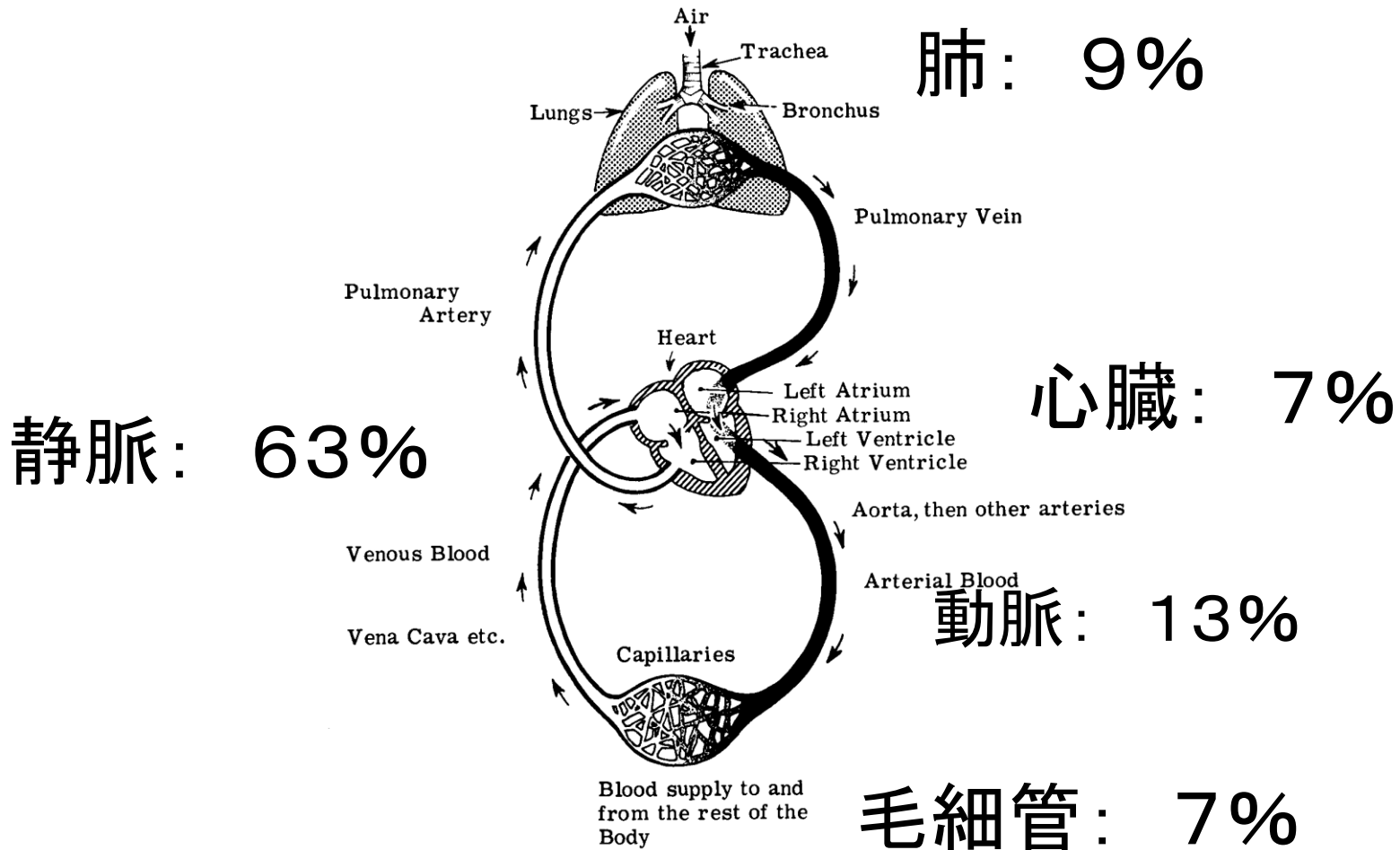
血圧

- 血液が血管内で示す圧力
- 収縮期血圧：110～120mmHg
 - 最高血圧ともいう
- 弛緩期（拡張期）血圧：70～80mmHg
 - 最低血圧ともいう
- 脈圧：最高血圧－最低血圧
- 血圧の測定（間接法）
 - コロトコフ音

血圧：循環系の各部分で



血液の分布



血圧調節の要因

- 末梢血管の抵抗：重要な臓器（脳、腎臓等）の血流の確保のために
- 組織の総血流量＝心臓に返ってくる血液量
 - － 総血流量の増加→心拍出量の増加→血圧の上昇
- 神経やホルモンによる、心拍出量の調節
 - － 心拍数
 - － 一回拍出量

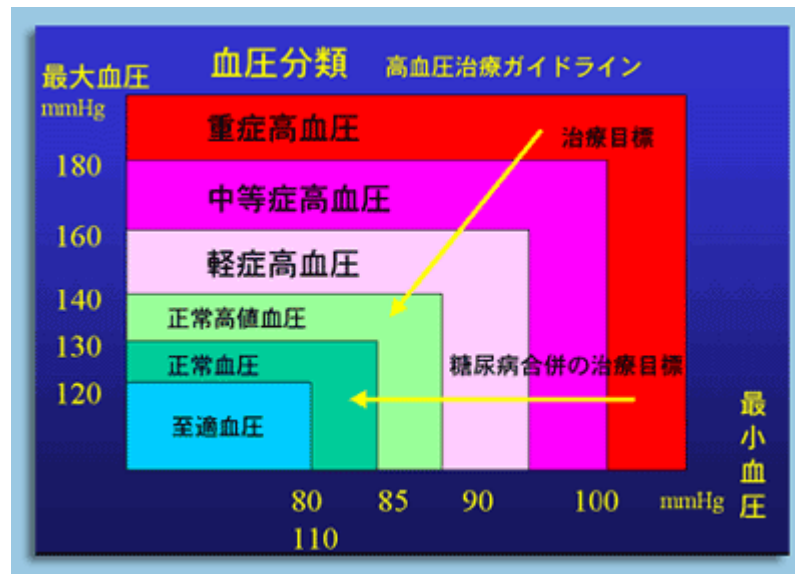
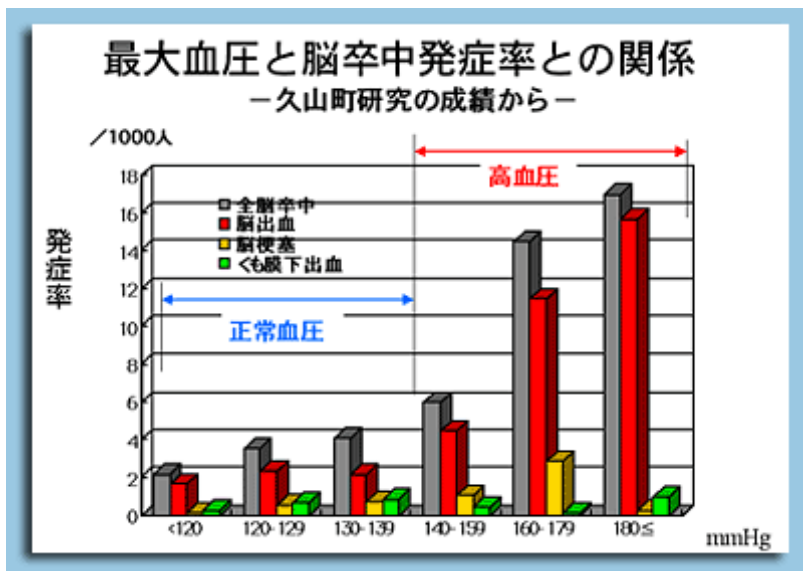
長期的な血圧調節の要因

- 体液量: 体全体に分布している水分の量
 - 塩分の摂取量・蓄積量で決まる
- 塩分排出能力
 - 血圧で決まる
 - 腎臓の機能で決まる
- 加齢によって血圧は上昇する

高血圧

- 収縮期血圧が140mmHg以上、または弛緩期血圧が90mmHg以上
- 原因
 - 本態性(原因不明):95%
 - 二次性:5%
 - 腎性高血圧症
 - 心血管性高血圧症
 - 内分泌性高血圧症
 - その他
- 高血圧は心血管障害(心筋梗塞、脳卒中など)のリスクとなる。

高血圧と脳卒中との関係



秋田県立脳血管研究センター疫学研究部
http://www.akita-epid.net/p1/5_1.htm

血圧分類と治療目標: 糖尿病が合併すると脳卒中のリスクはさらに増加→降圧目標をさらに下げる

その他の図表も参照のこと。

血管系

- 動脈系
- 靜脈系
- 胎兒循環

血管の構造

- 内膜
 - 血管内皮細胞
 - 結合組織
- 中膜
 - 平滑筋
 - 弾性線維
- 外膜
 - 結合組織
- 中膜の厚さ
 - 動脈 >> 静脈

動脈・静脈・毛細血管

- 動脈
 - 心臓→末梢
- 静脈
 - 末梢→心臓
 - 静脈弁
- 毛細血管
 - 細動脈→毛細血管→細静脈
 - 直径5～20 μm
 - 単層の内皮細胞
 - 血液 \leftrightarrow 組織の物質交換
- 動脈血と静脈血
 - 酸素を多く/少なく含む
 - 肺動脈: 静脈血
 - 肺静脈: 動脈血

肺循環と体循環

- 肺循環
- 体循環

肺循環と体循環

- 肺循環：右心室→肺動脈→肺→肺静脈→左心房
- 体循環：左心室→大動脈→全身の器官、組織→上・下大静脈→右心房

動脈系（体循環）

大動脈の
走行

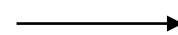
大動脈口（左心室）



上行大動脈



大動脈弓



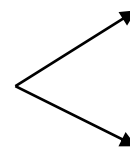
頭頸部・上肢への枝



胸部大動脈



腹部大動脈



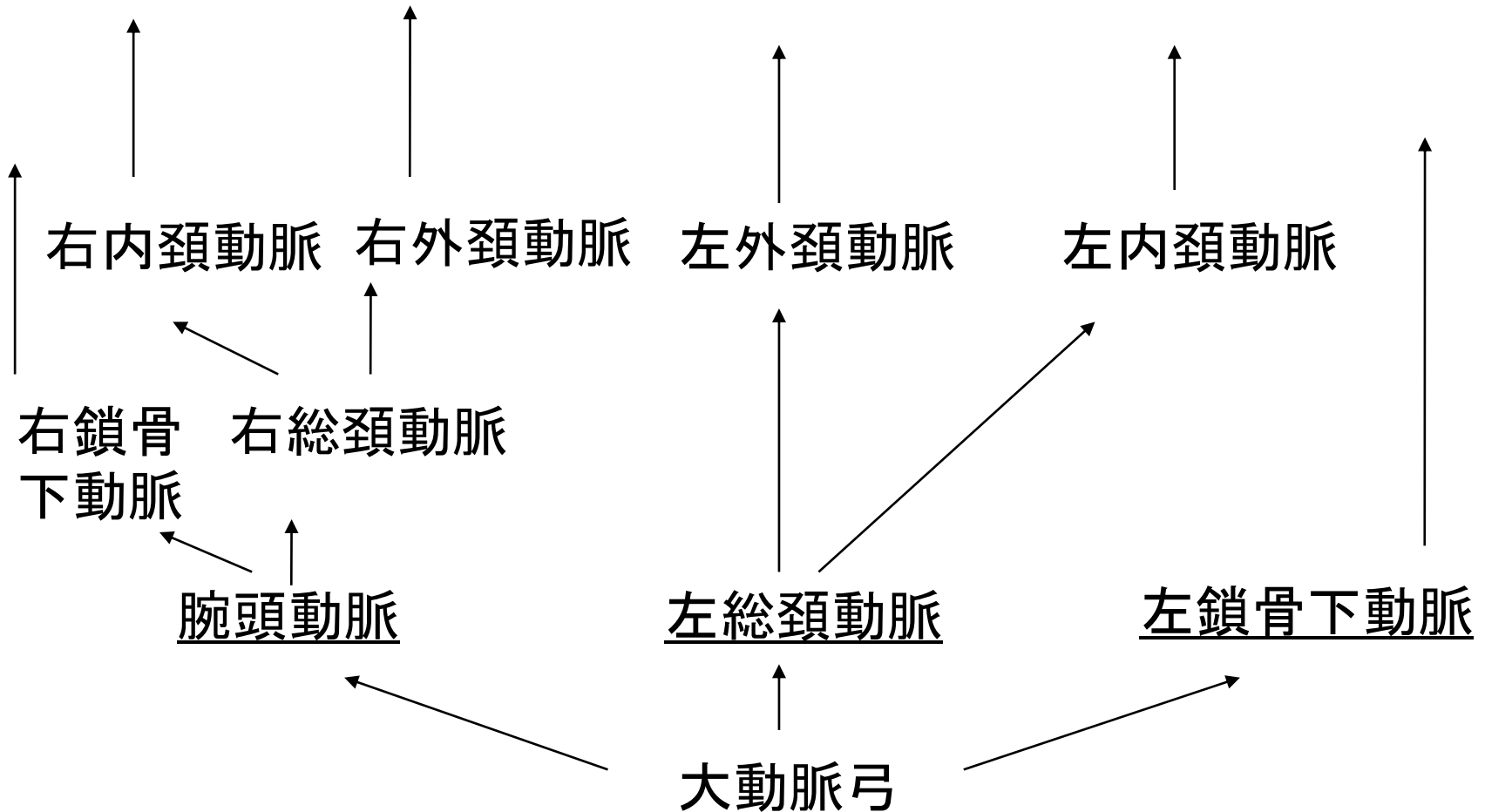
左総腸骨動脈

右総腸骨動脈

大動脈弓の枝

- 腕頭動脈
- 左総頸動脈
- 左鎖骨下動脈

大動脈弓の枝(2)



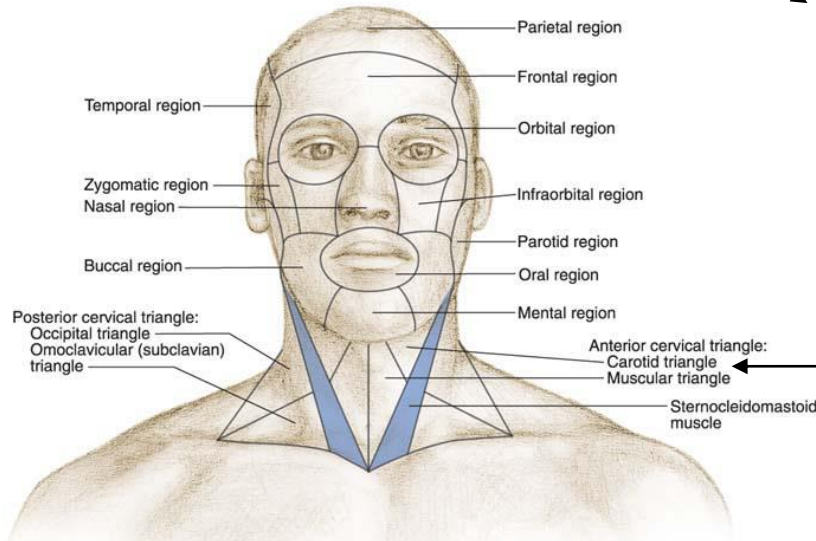
腕頭動脈の枝

- 右総頸動脈
- 右鎖骨下動脈

頸動脈三角

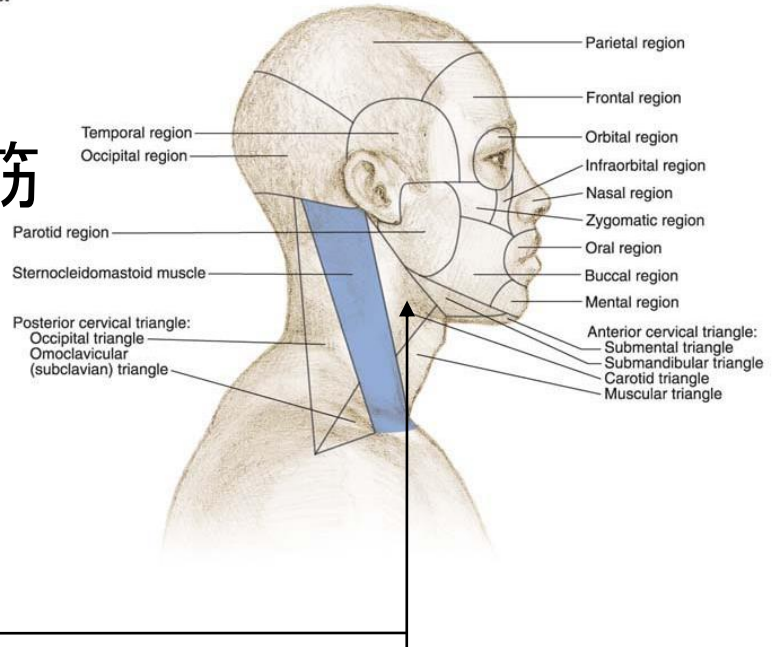
総頸動脈を触知できる場所

A. Anterior view



B. Lateral view

胸鎖乳突筋



"Carotid triangle"

頸動脈三角

総頸動脈の枝

- 外頸動脈
- 内頸動脈

第6頸椎の高さ、喉頭隆起の高さ

鎖骨下動脈の枝

- 椎骨動脈：脳へ
- 甲状頸動脈：頸部へ
- 内胸動脈：胸壁へ

- など

- 鎖骨下動脈→腋窩動脈

外頸動脈と内頸動脈

- 外頸動脈：おもに頭蓋腔外、頭皮、顔面。頸部などに枝を出す
 - 上甲状腺動脈、舌動脈、後頭動脈、顎動脈、など
- 内頸動脈：頭蓋腔内に入り、主に脳に分布する。
 - 前大脳動脈、中大脳動脈、眼動脈など

脳への動脈

椎骨動脈、内頸動脈の分枝が合流

- 椎骨動脈→後大脳動脈
- 内頸動脈→前大脳動脈、中大脳動脈、(眼動脈)
- 前交通動脈(1本): 左右の前大脳動脈の間
- 後交通動脈(2本): 内頸動脈と後大脳動脈の間

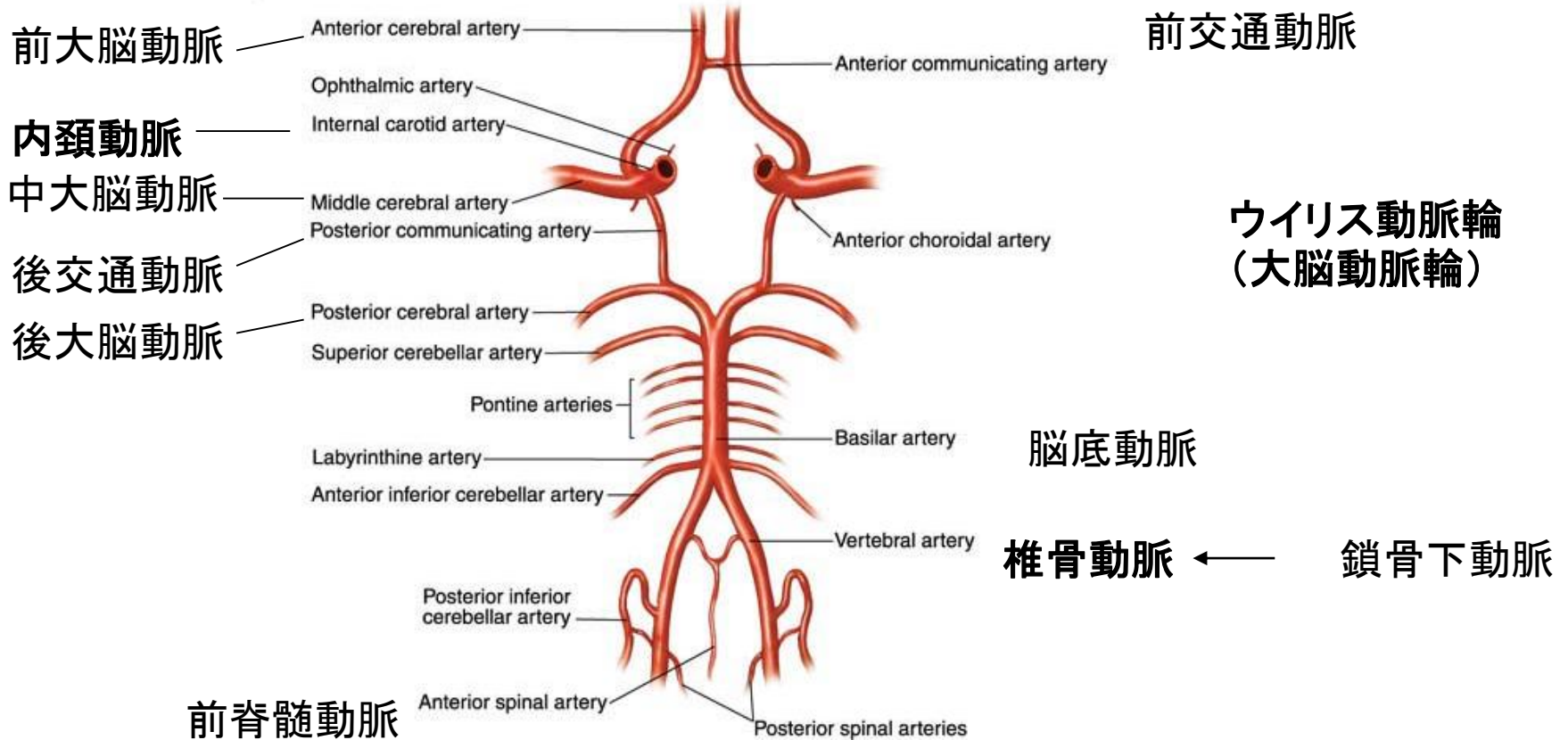
ウィリス動脈輪

- 外頸動脈→顎動脈→中硬膜動脈

脳底部の血管

下から見た像

B. Schematic, inferior view

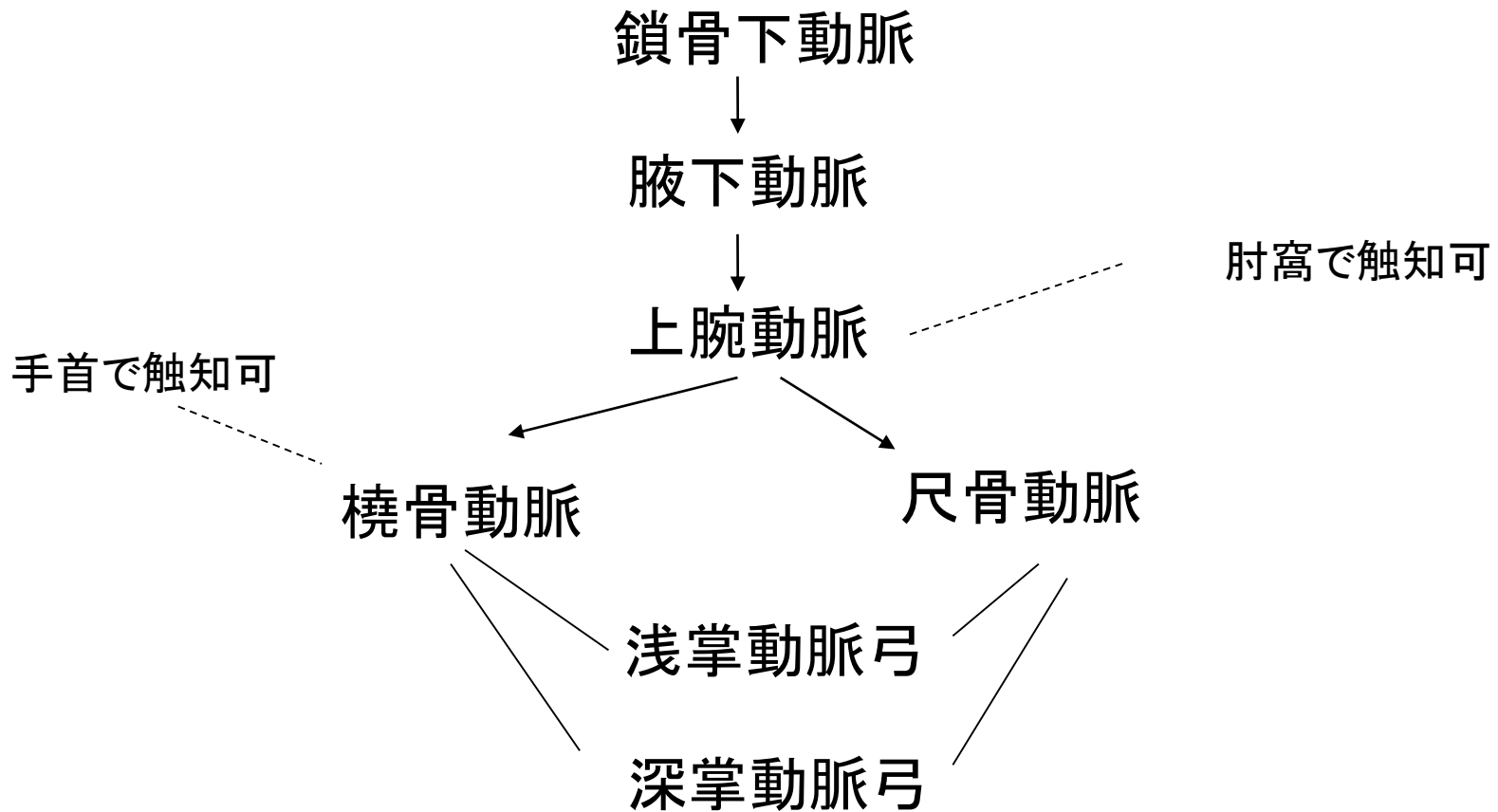


Lippincot Williams and Wilkins Atlas of Anatomy Plate 7-56より

上肢の動脈

- 鎖骨下動脈→腋窩動脈→上腕動脈
- 上腕動脈→尺骨動脈、撓骨動脈

上肢の動脈



胸部大動脈の枝

- 肋間動脈(第3～11肋間に、計10対)
- 食道動脈: 食道へ
- 気管支動脈: 肺へ

肺への動脈

- 肺動脈
- 気管支動脈: 肺の栄養血管

腹部大動脈の枝

- 壁側枝
 - 下横隔動脈
 - 腰動脈
- 臓側枝
 - 腹腔動脈
 - 上腸間膜動脈
 - 腎動脈
 - 精巢(卵巣)動脈
 - 下腸間膜動脈

腹部大動脈臓側枝の分岐のしかた

- 有対枝
 - 腎動脈
 - 精巣(卵巣)動脈
- 無対枝
 - 腹腔動脈
 - 上腸間膜動脈
 - 下腸間膜動脈

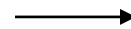
腹腔動脈の枝

- 左胃動脈

- 胃
- 食道下部

- 総肝動脈

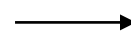
- 固有肝動脈
- 胃十二指腸動脈
 - 上十二指腸動脈、その他



肝臓、胆嚢、胃、十二指腸、
膵臓(頭部)

- 脾動脈

- 脾枝
- 左胃大網動脈
- 短胃動脈
- 脾枝



脾臓、胃、膵臓(体、尾部)、大網

総肝動脈の枝

- 固有肝動脈
 - 右胃動脈
 - 固有肝動脈右枝
 - 固有肝動脈左枝
- 胃十二指腸動脈
 - 上臍十二指腸動脈
 - 十二指腸後動脈
 - 右胃大網動脈

脾動脈の枝

- 膈枝
- 左胃大網動脈
- 短胃動脈
- 脾枝

上腸間膜動脈と下腸間膜動脈の分布域

- 上腸間膜動脈
 - 膵臓
 - 十二指腸
 - 空腸、回腸
 - 虫垂
 - 盲腸
 - 上行結腸
 - 横行結腸の中央付近まで
- 下腸間膜動脈
 - 横行結腸の後半
 - 下行結腸
 - S状結腸
 - 直腸上部

直腸への動脈

- 上直腸動脈: ← 下腸間膜動脈
- 中直腸動脈: ← 内腸骨動脈
- 下直腸動脈: ← 内陰部動脈 ← 内腸骨動脈

動脈系（体循環）

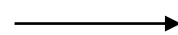
大動脈口（左心室）



上行大動脈



大動脈弓



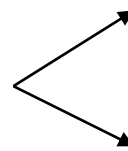
頭頸部・上肢への枝



胸部大動脈



腹部大動脈



左総腸骨動脈

右総腸骨動脈

第4腰椎の前で分岐

総腸骨動脈の枝

- 内腸骨動脈
 - 臓側枝：骨盤内臓器へ
 - 壁側枝：外陰部、殿部へ
- 外腸骨動脈：下肢の動脈へ

内腸骨動脈の枝

- 臓側枝
 - 臍動脈
 - 下膀胱動脈
 - 精管動脈
 - 子宮動脈
 - 中直腸動脈
 - 内陰部動脈など
- 壁側枝
 - 閉鎖動脈、上殿動脈、下殿動脈、など

静脈

- 一般には動脈と併走し、動脈と同じ名前で呼ばれる(伴走静脈)
- 動脈と異なる点
 - 静脈の本幹: 2本(上大静脈、下大静脈)
 - 頭蓋腔内の静脈: 硬膜静脈洞に注ぐ
 - 腹腔内消化器系などの静脈: 門脈に集合し肝臓へ
 - 胸腹壁の静脈: 奇静脈
 - 皮下組織内の静脈: 皮静脈

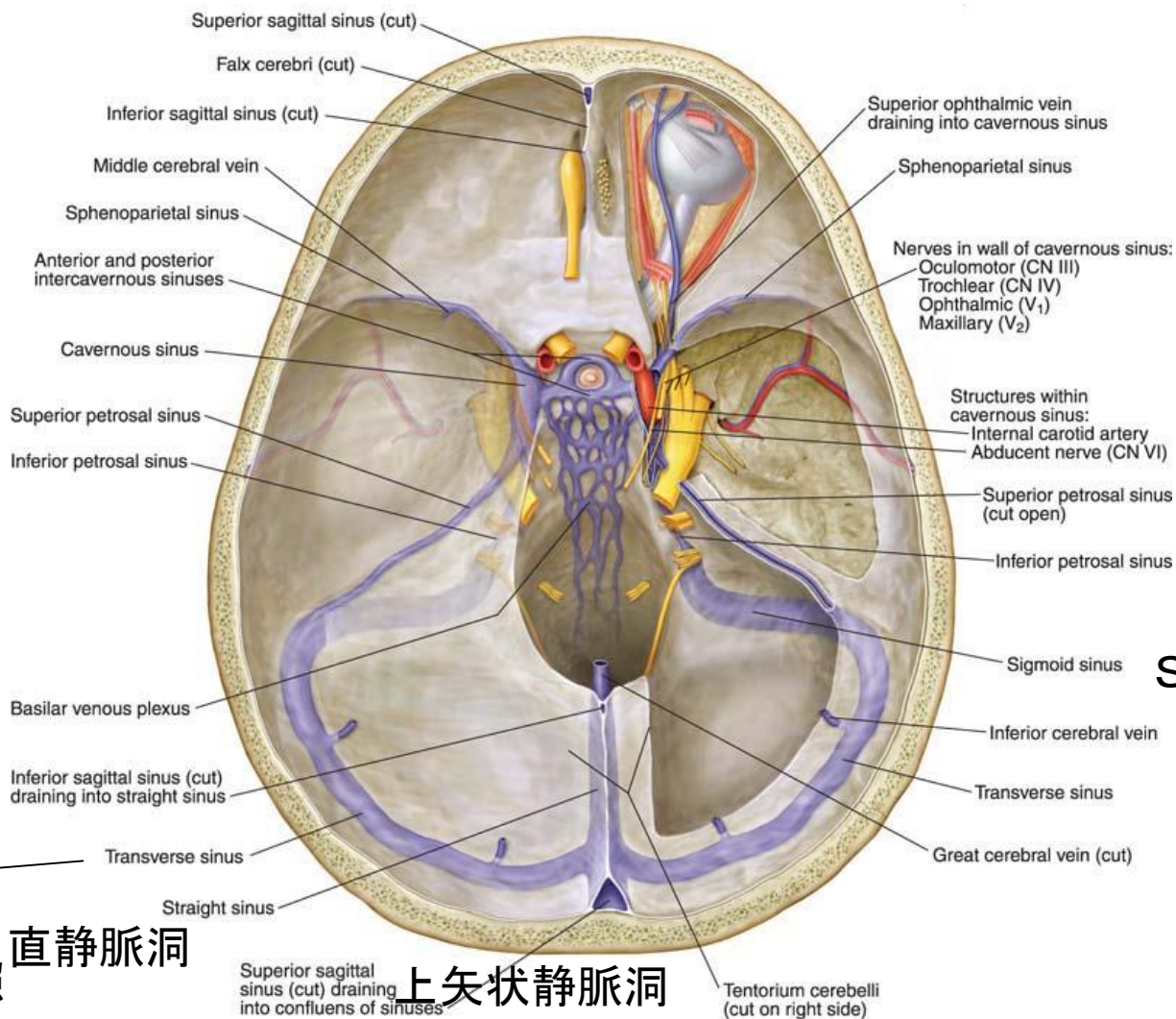
上大静脈と下大静脈

- 上大静脈
 - 上半身からの血液が集まる。
 - (奇静脈も流入する)
- 下大静脈
 - 下半身からの血液が集まる。
 - (腎静脈や肝静脈も流入する)

硬膜静脈洞

- 脳硬膜2葉間にあつて、固有の静脈壁をもたない静脈
- 脳から返る血液が集まる。
- 上矢状静脈洞や直静脈洞は後頭部で合流し、左右の横静脈洞に分かれ、頸静脈洞から頭蓋腔を出て、内頸静脈に注ぐ。

静脈洞



S状静脈洞

横静脈洞

直静脈洞

図4-25も参照

上矢状静脈洞

門脈

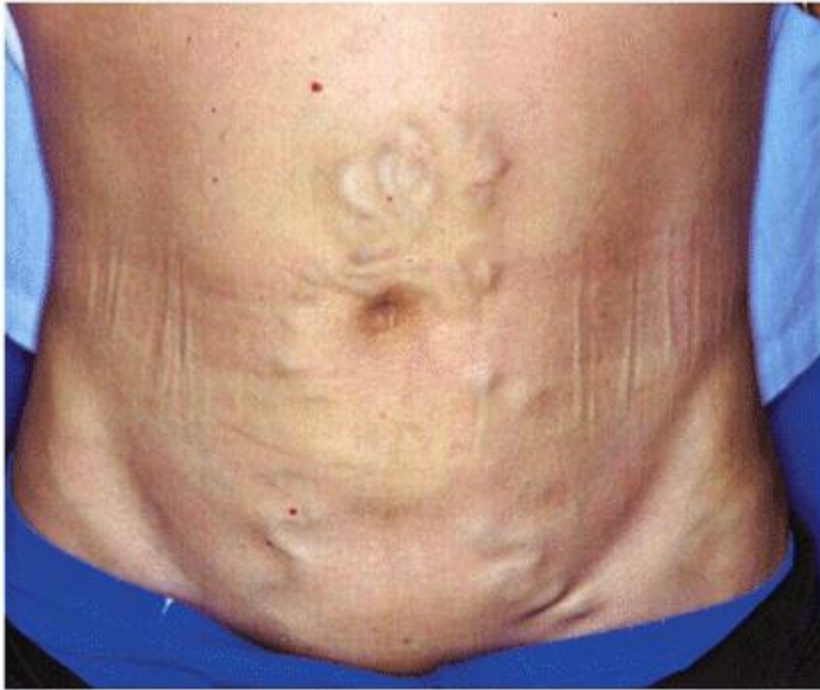
- 腹腔内の胃や腸などの消化管、膵臓、脾臓からの血液を集めて一本となり。肝門から肝臓に運ぶ
 - 上腸間膜静脈
 - 下腸間膜静脈
 - 脾静脈
- 長さ6～8cm程度
- 肝臓内を流れる血液の4/5は門脈血

- 肝臓内で毛細管網をつくり、中心静脈を経て肝静脈となり、肝臓を出て下大静脈に注ぐ。

(門脈に関連して) 静脈瘤

- 門脈系の血流障害が生じた場合、側副路として体静脈系が用いられ、静脈瘤が形成される。
 - 食道静脈瘤(食道下部)
 - 痔核(直腸下部)
 - 「メズサの頭」caput Medusae(腹壁表面)

Caput Medusae



47歳男性、慢性B型肝炎感染による肝硬変。代償性肝硬変。硬い肝と軽度の脾腫を触知できる。

臍の周囲に静脈拡張を認める。

From NEJM "Images in Clinical Medicine"

Volume 353:e19, November 24, 2005

<http://content.nejm.org/cgi/content/full/353/21/e19>

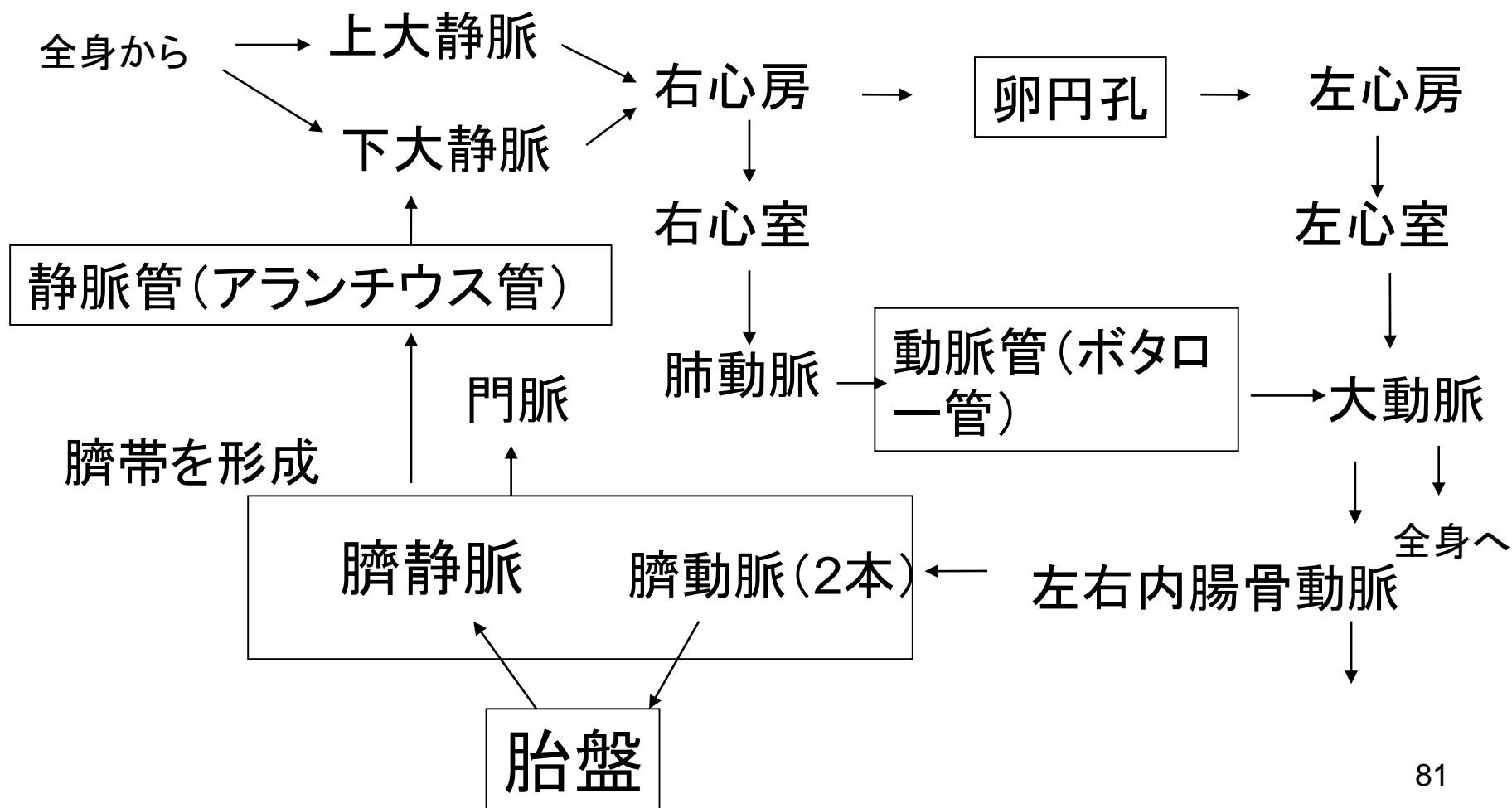
奇静脈系

- 主に胸腹壁の血液を集めて脊柱の両側を上行する静脈。上大静脈に注ぐ
 - 奇静脈
 - 胸椎の右側を上行し上大静脈に入る
 - 半奇静脈
 - 胸椎の左側を上行し、奇静脈に合流する。

皮静脈

- 皮下組織内の静脈網
- 皮下を長く走ったあと、深部の静脈に注ぐ。
- 上肢の皮静脈
 - 手背静脈網
 - 橈側皮静脈
 - 尺側皮静脈
 - 肘正中皮静脈
 - 採血・静脈内注射にもっともよく用いられる
 - 前腕正中皮静脈 など
- 下肢の皮静脈
 - 足背静脈網
 - 大伏在静脈
 - 大腿静脈に注ぐ
 - 小伏在静脈
 - 膝窩静脈に注ぐ

胎児循環



リンパ系

- 細胞と細胞の間：組織液
- 組織液→毛細血管→静脈
 - 組織液の約10%→毛細リンパ管→リンパ管→静脈
- リンパ系：リンパ液の循環系
 - 毛細リンパ管→リンパ管→リンパ本幹→静脈
 - リンパ節：多くのリンパ管が合流（輸入リンパ管、輸出リンパ管）

リンパ節

- 免疫抗体を産生
- ろ過装置として細菌や異物をとらえ食作用で処理する。
- 顎下リンパ節は歯やその周辺組織の炎症などが波及して、しばしば腫脹する。

脾臓

- 腹腔内の左上部
- 横隔膜と胃底部に接する。長軸は第10肋骨に並行になるように前下方に傾く。
- リンパ球の産生、赤血球の破壊、血中の細菌や異物の処理。

胸腺

- 胸骨柄のすぐ後ろ、心臓の前上方。
- 小児期によく発達。
- 免疫系の器官
- T細胞 (Tリンパ球、胸腺由来リンパ球) を産出