

心臓の形 構造 機能

CM03

循環器疾患の患者さんの代表的な症状

循環器疾患でみられる代表的な症状は、次のとおりです（図1）。

図1 循環器疾患の患者さんでよくみられる症状



循環器の検査・治療

循環器でよく行う検査は、心電図、心エコー、X線撮影、血液検査、冠動脈造影法(CAG)などです。

循環器の治療は、心臓カテーテル治療や低侵襲の治療の普及に伴い、救命率が向上しています。

循環器疾患の患者さんの退院後

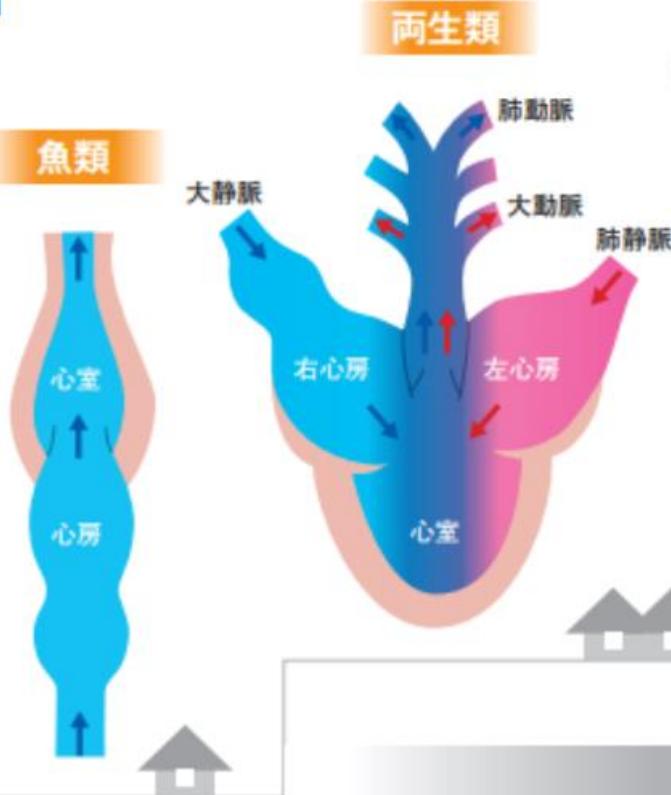
循環器疾患は再発を繰り返すこともあり、近年では、地域の関連施設で連携して患者さんをみる体制が推進されています。

とりあえず心臓・脈管の構造と機能を 復習

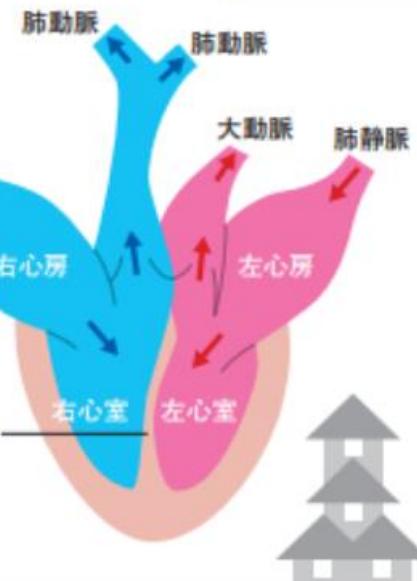
- <https://www.credentials.jp/2019-07/medical-diagram-201907/>

心臓の進化の法則

哺乳類



建て増し(add-on)型の進化



- 心房細動は、“建て増し型”的心臓の宿命か？
- 進化の過程で魚類が陸上に進出する際、**鰓呼吸から肺呼吸に適応する体づくり**が行われました。肺の発達はもちろん、心臓も進化させる必要が生じました1)。**魚類の心臓は1心房1心室**で、脊椎動物の中では最も単純なつくりをしています。二酸化炭素を多く含む静脈血は、心房から心室を経て鰓に送り出されます。**鰓で酸素を取り込んだ血液は心臓に戻らず、直接、全身に送られます。**
- 一方、**陸に上がった脊椎動物**は、重力に逆らって全身に酸素を含んだ血液を送り届けるため、**強力なポンプが必要**になります。幼生時代は鰓呼吸で水中生活をし、成熟すると変態して肺呼吸になり陸上生活を営む**両生類**では、**心房が2つに分かれて、2心房1心室**の心臓となりました。酸素を含んだ動脈血は肺を経由して左心房に入り、全身から戻ってきた静脈血は右心房に入ります。しかし、心室は1つですから、動脈血と静脈血が混じり合い、酸素と二酸化炭素の交換という点ではあまり効率がよくありません。そこで、**肺呼吸のほかに皮膚呼吸も行っています**。皮膚呼吸では体表面に生細胞を露出させて空気を出し入れしており、**生細胞が生きるために水分が必要なため、両生類は水場を離れることができません**。
- ×

- 爬虫類も2心房1心室ですが、心室を2つに分ける壁が不完全ながらも存在します。両生類よりも肺と心臓が強くなつたため、皮膚呼吸をする必要がなくなり、より陸上生活に適応しているといえます。鳥類と哺乳類は、左右の心房と左右の心室の4つの部屋に完全に分離された2心房2心室の心臓を持つようになり、動脈血と静脈血が混ざらないので、効率よく酸素と二酸化炭素の交換を行うことができます。

- この心臓の進化で注目すべき点は、元の魚類の心臓を一新させたものではないということです。東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科 器官システム制御学講座 分子細胞循環器学の古川哲史教授は、陸生化に伴い様々な器官が2つのパターンのいずれかで進化発生を遂げたと指摘しています²⁾。1つは、器官を一新させたもの(建て替え[scrap-and-build]型)で、肺(鰓が退化し、肺が発生)や腎臓(塩分排泄型の中腎が退化し、塩分保持型の後腎が発生)などが挙げられます。もう1つが、元の器官に新領域を付け加えたもの(建て増し[add-on]型)で、前述の心臓や脳などが該当します。
- そして、古川教授は「建て増した建物ではつなぎ目が雨漏りの原因となるように、建て増し型進化発生を遂げた器官でも、新旧領域の境界が様々な疾患の起源となる」と述べ、その代表的疾患として心房細動と不整脈原性右室心筋症を挙げています。もしかすると、心房や心室を隔てる壁に穴が開く中隔欠損症など、心臓の先天性疾患が多いのも、建て増し型の進化発生に遠因があるのかもしれません。このような発生学的視点を取り入れた疾患の理解は、薬物開発のアプローチの1つとして有効だと考えられます。
- 1) 大石正道: 比較内分泌学 2008; 34: 109-136
- 2) 古川哲史: JPN. J. ELECTROCARDIOLOGY 2015; 35: 65-71

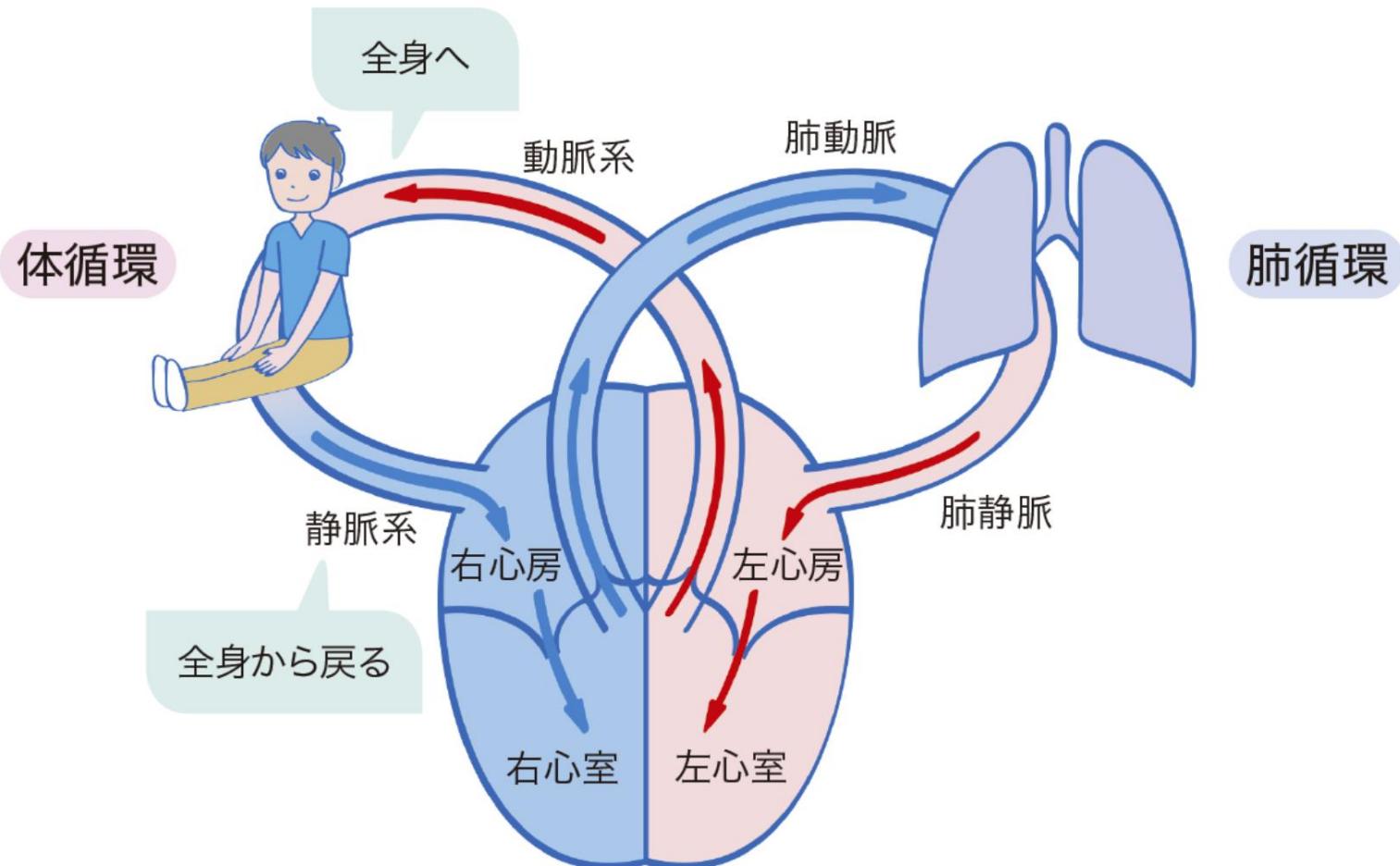
循環器系って何だろう？

- 循環器系とは、血液やリンパ液を体内で循環させることで、酸素や栄養素を運搬したり、老廃物の回収を行うシステムのことです。循環器系は外界から隔離された閉鎖回路となっています。
- 循環器系は、心臓、動脈、静脈、毛細血管、リンパ管で構成されています。
- 血液は成人では約5L(全体重の約8%)で、全血液は約1分間で体内を一巡します。よって心拍出量は約5L/分となります。

循環システム：体循環と肺循環

血液の循環には、体循環（大循環）と肺循環（小循環）があります（図1）。

図1 体循環と肺循環のしくみ

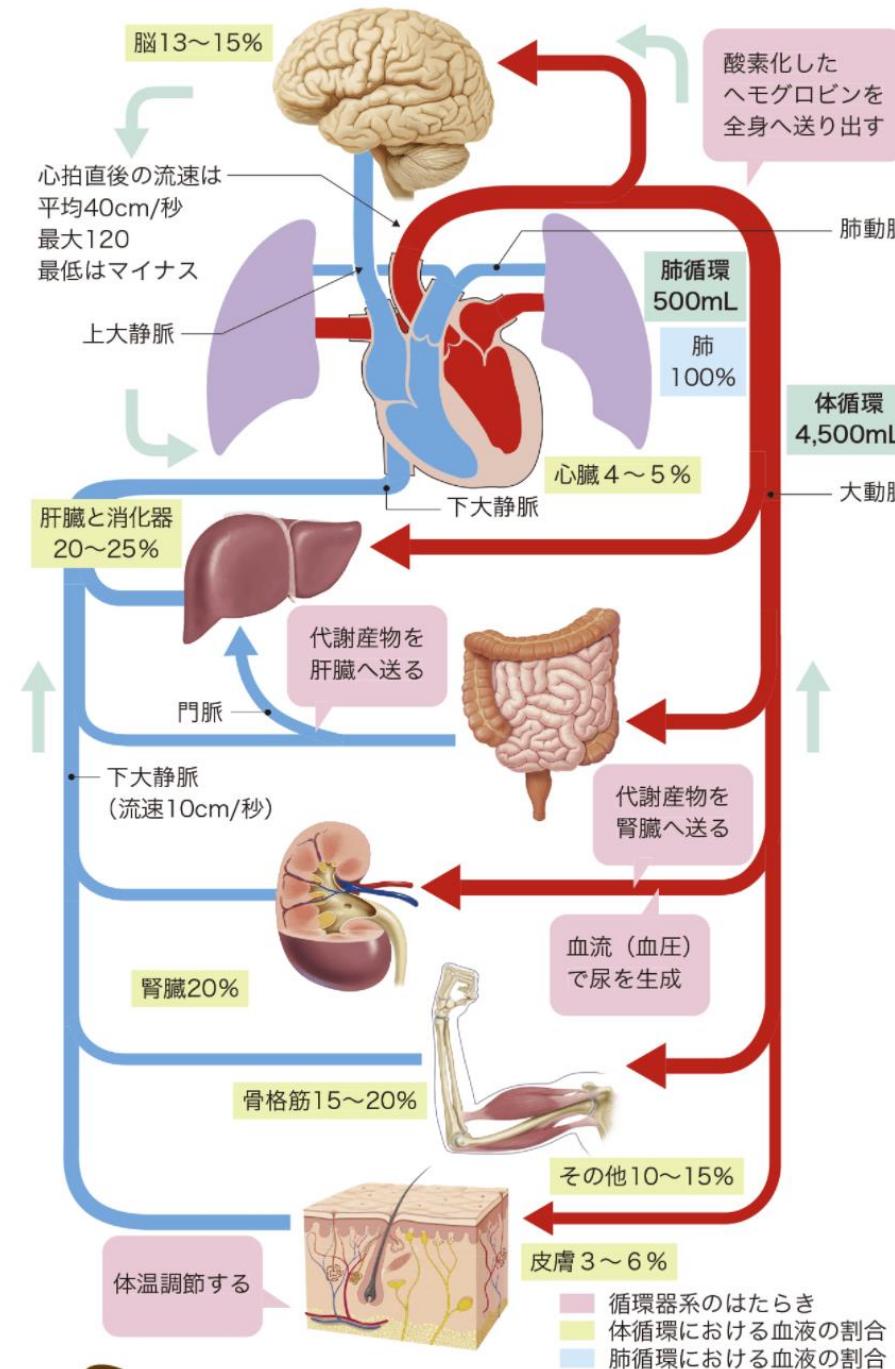


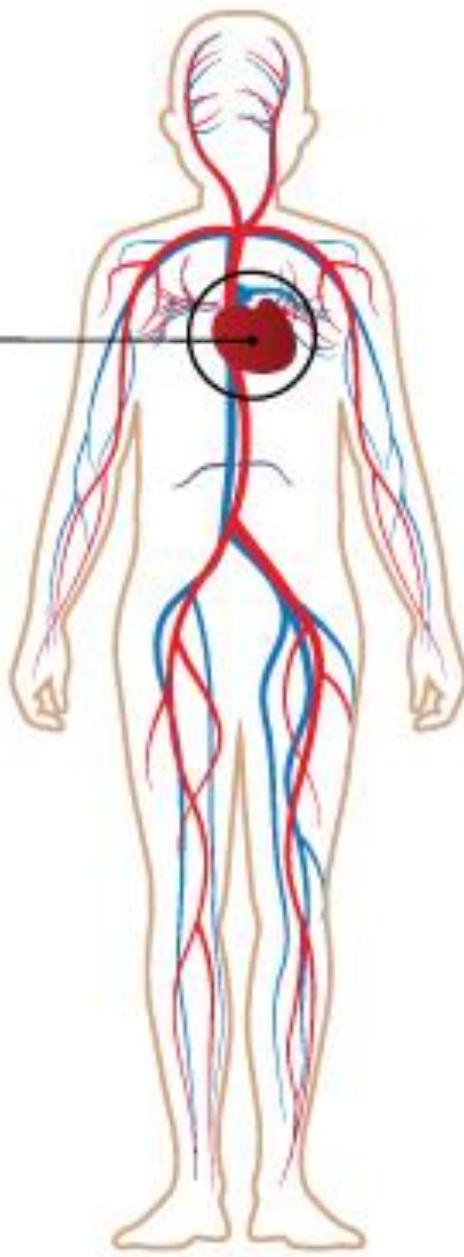
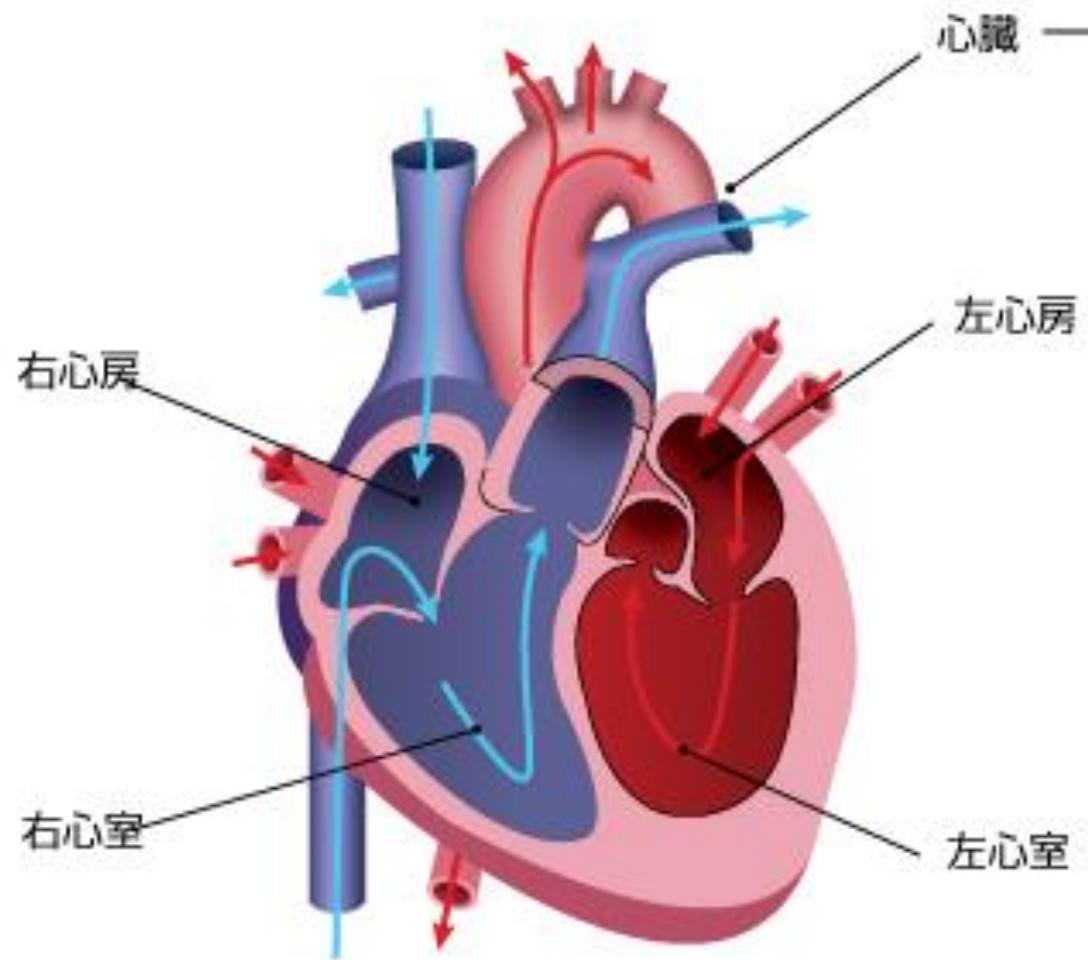
	はたらき	循環経路
体循環	酸素・栄養素の運搬	左心室⇒動脈系⇒全身の組織(毛細血管) ⇒静脈系⇒右心房
肺循環	ガス交換※1	右心室⇒肺動脈⇒肺⇒肺静脈⇒左心房

全身の血液分布

- 心臓が1分間で送り出す血液量を心拍出量といい、安静時に約5L/分を送り出しています(図2)
※2・※3。
- 運動時の心拍出量は約25L/分と5倍近く増加し、おもに骨格筋の血流が増加します。
- 組織の必要量に応じて、送り出す血液量を調節しています※4。

図2 循環器系の構成・はたらきと血液分布

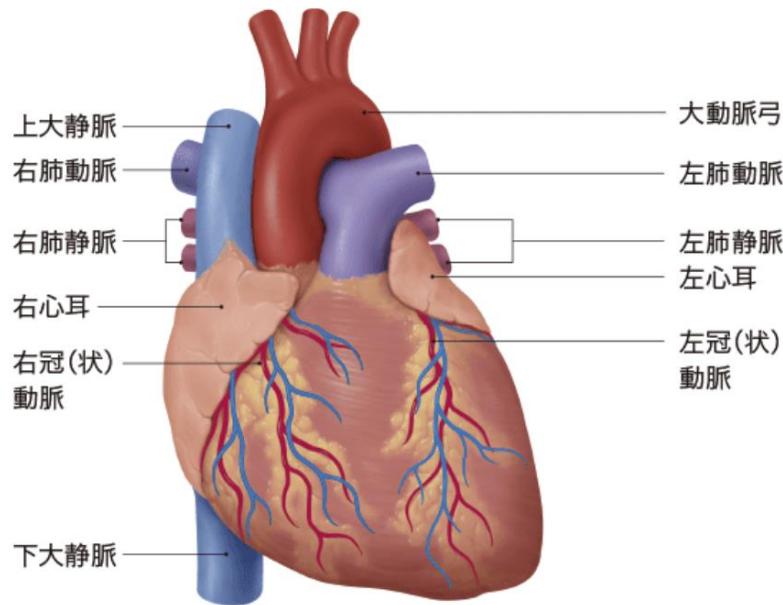




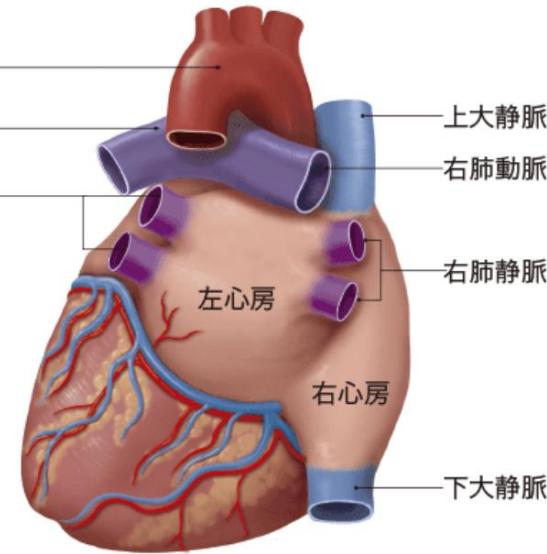
心臓の位置とみため

- ・ 心臓は、握りこぶし大の臓器で、重さは250～300gです。
- ・ 心耳(しんじ) は心房の一部をなす耳殻状の部分で、左心房に左心耳、右心房に右心耳があり、それぞれ肺動脈・大静脈の基部を両側から包む形となっています(図1)。

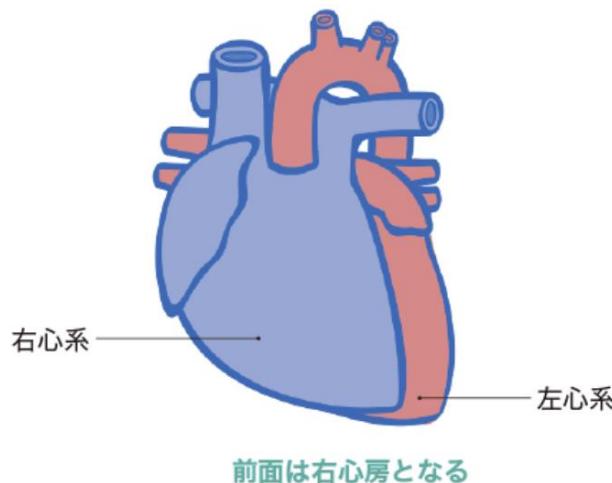
前から見た図



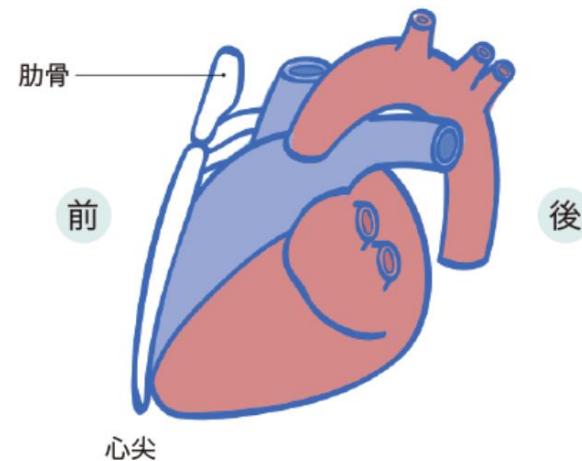
後ろから見た図



正面から見た図

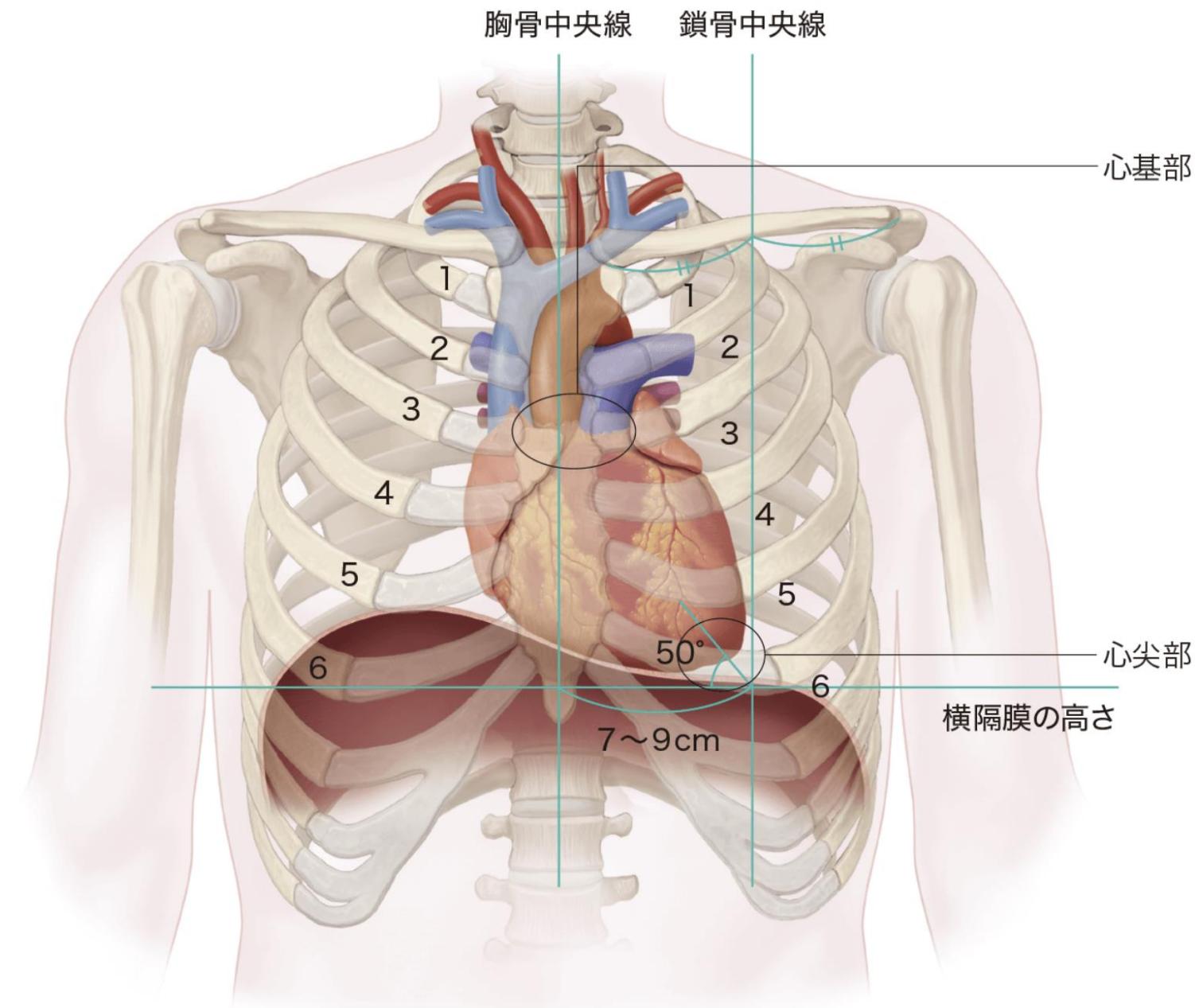


側面から見た図



- ・ 心臓は第2～5肋間の高さで、縦隔(じゅうかく)の大半を占めています(図2)。
- ・ 心基部は第2肋間の高さ、心臓の上端後部で肺動脈と大動脈が出る場所です。
- ・ 心尖(しんせん)部は第5肋間後方、正中線から7～9cmのところにあります。

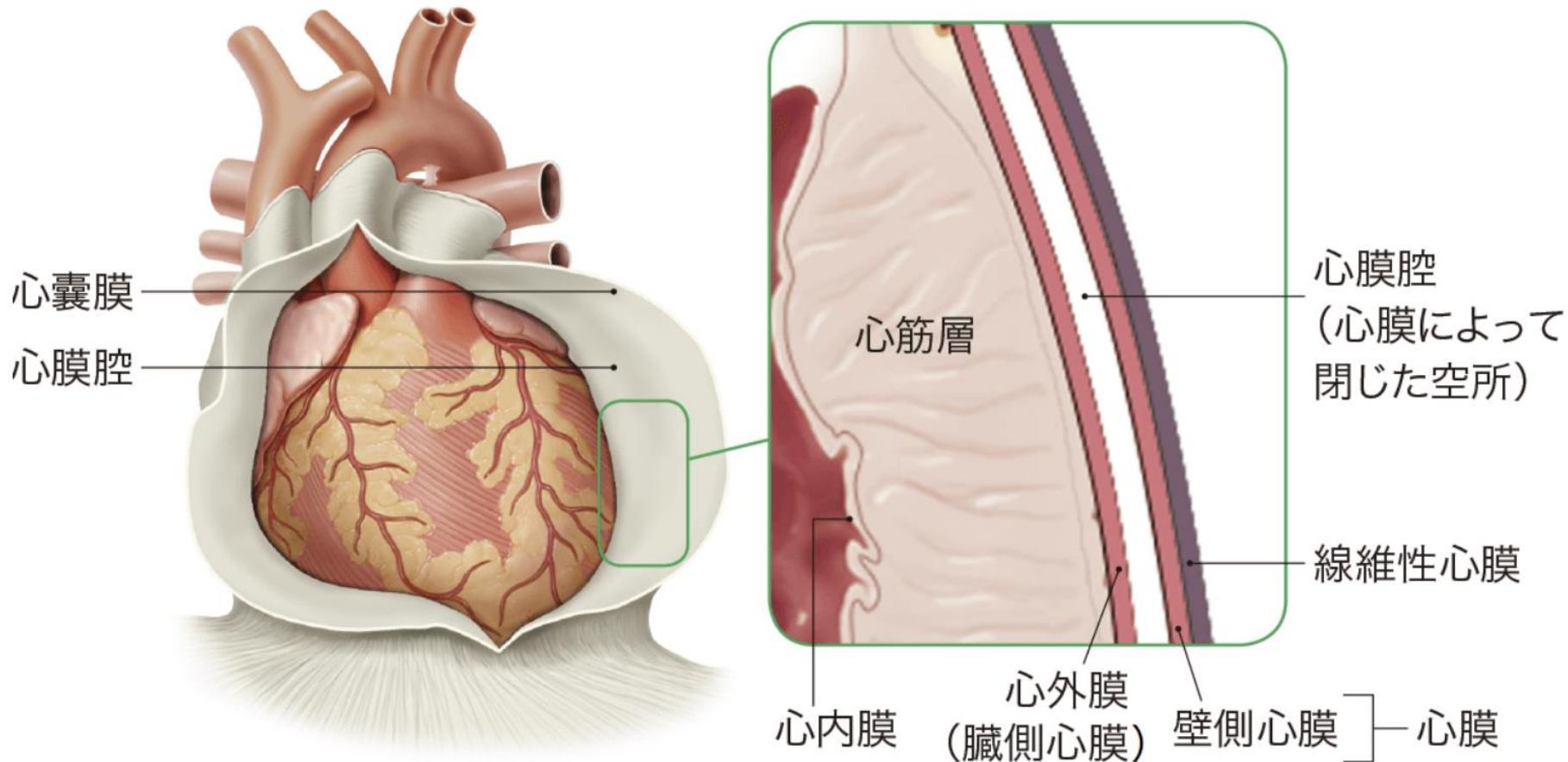
図2 心臓の位置



心膜と心膜腔

- 心臓は心膜(しんまく)という漿膜(しょうまく)で覆われています(図3)。
- 心臓の心内腔⇒心内膜⇒心筋層⇒心外膜(臓側[ぞうそく]心膜)⇒心膜腔⇒壁側(へきそく)心膜⇒線維性心膜の順に並んでいます。心膜腔には心膜液(漿液)があり、膜と膜の摩擦を防いでいます。
- ★心膜のしくみとはたらき
- 心嚢(しんのう)とは、心膜腔をつくる心膜の袋状構造です。

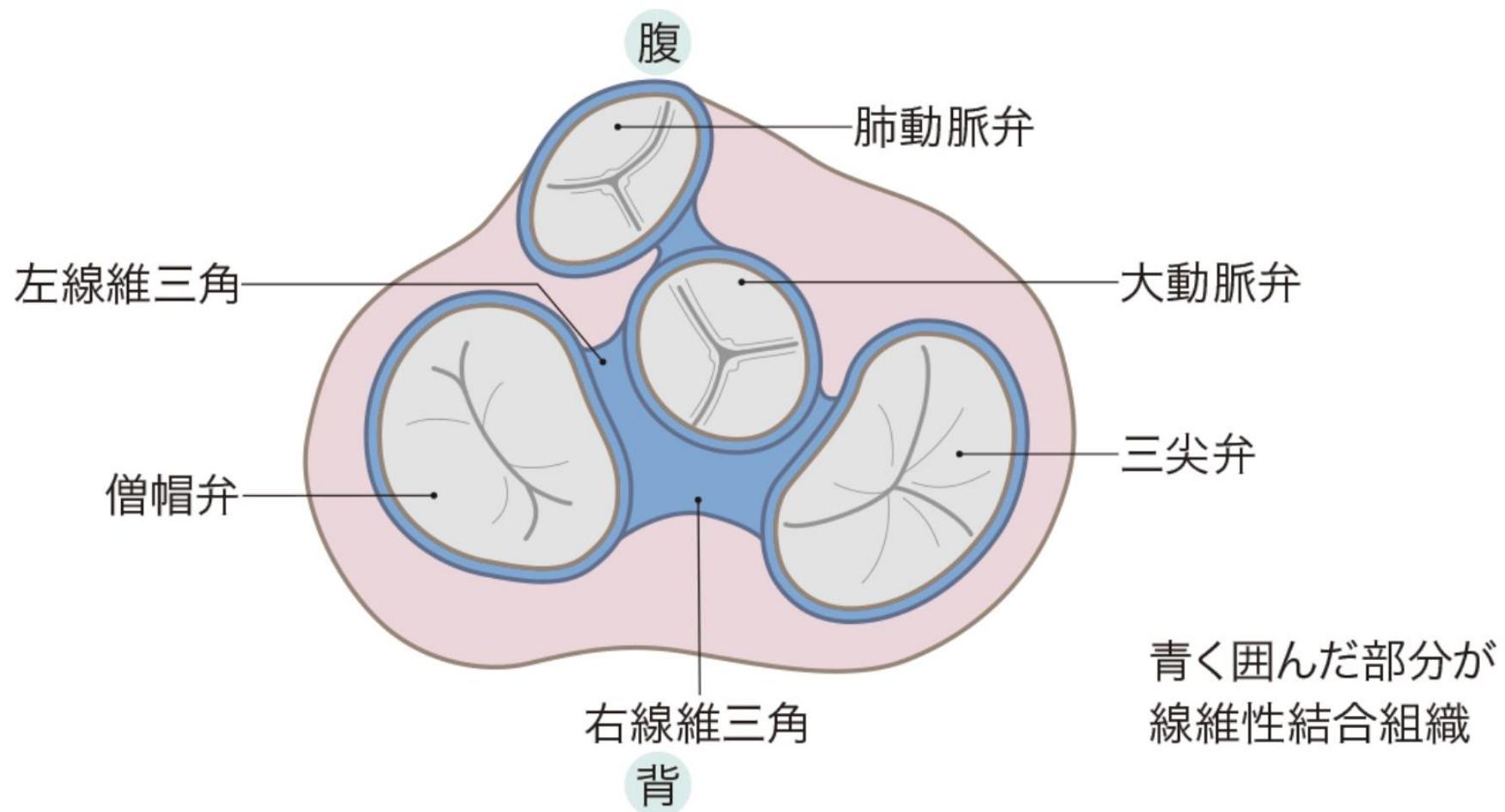
図3 心膜の構造としくみ



心臓の骨

- 心臓には、心臓骨格と呼ばれる輪状の線維性結合組織(線維輪)があります(図4)。
- 心臓骨格は弁の周囲にあり、弁と弁を付着させ、心房、心室のすべての心筋線維が固定されています。
- 心臓骨格には、心房と心室を電気的に絶縁する役割もあります。

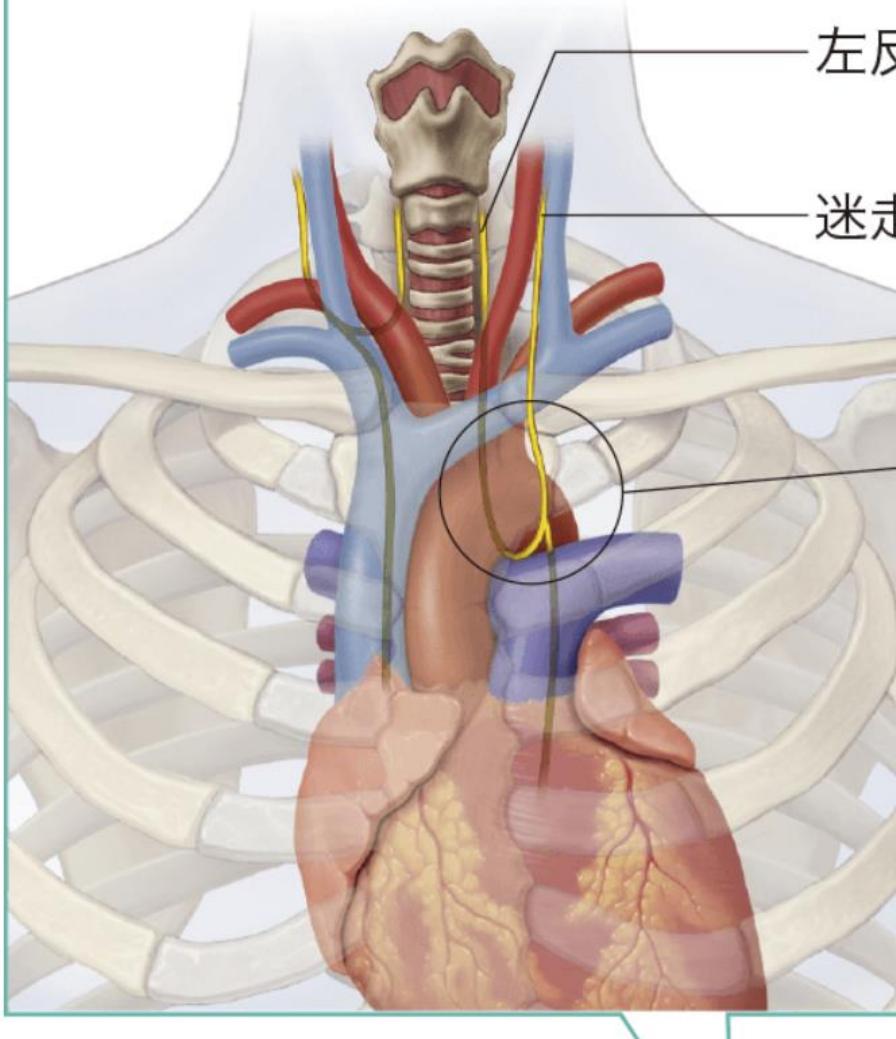
図4 心臓骨格の構造としくみ



心臓の周辺臓器

- 心臓は左右に肺、下方を横隔膜(おうかくまく)、心膜に包まれ位置しています。
- 縦隔は心臓のほかにも、さまざまな構造物(気管、気管支、食道、リンパ節、神経など)が存在します(図5)。

図5 心臓の周辺臓器と影響



左反回神経

迷走神経

反回神経

左反回神経は、迷走神経から大動脈の下をくぐるように走行している。圧迫や損傷(胸部大動脈瘤/★1参照、大動脈解離、手術)などで嗄声が生じる



食道

気管

左心房

左心房が拡大すると気管支分岐部は圧迫される

食道

食道は左心房の背側を通っている。経食道心エコー (★2 参照) では、左心房がよく見える

横隔膜神経

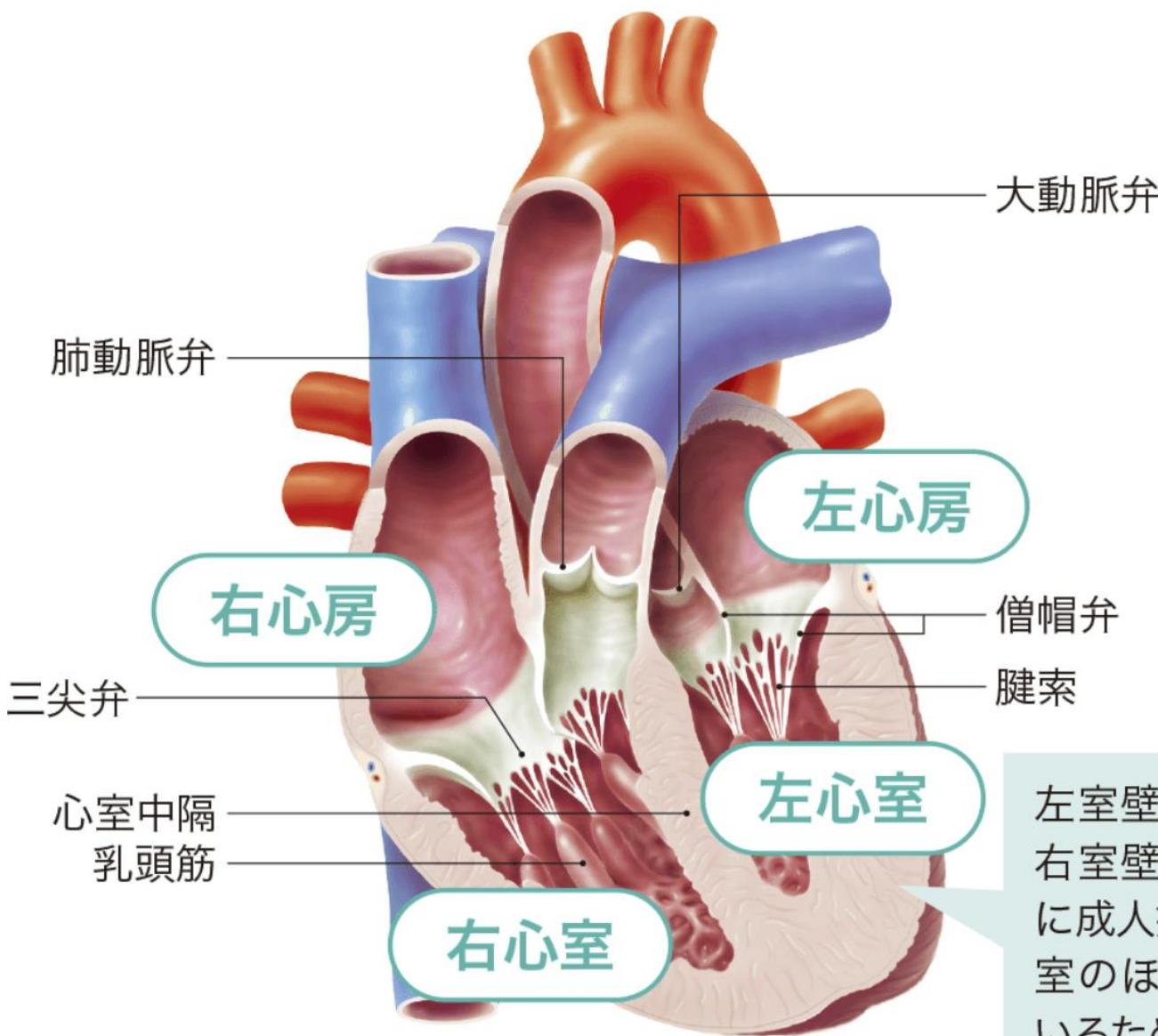
頸神経から分岐し、縦隔内を下降して横隔膜へ至る

横隔膜

心臓の断面図と各部の名称

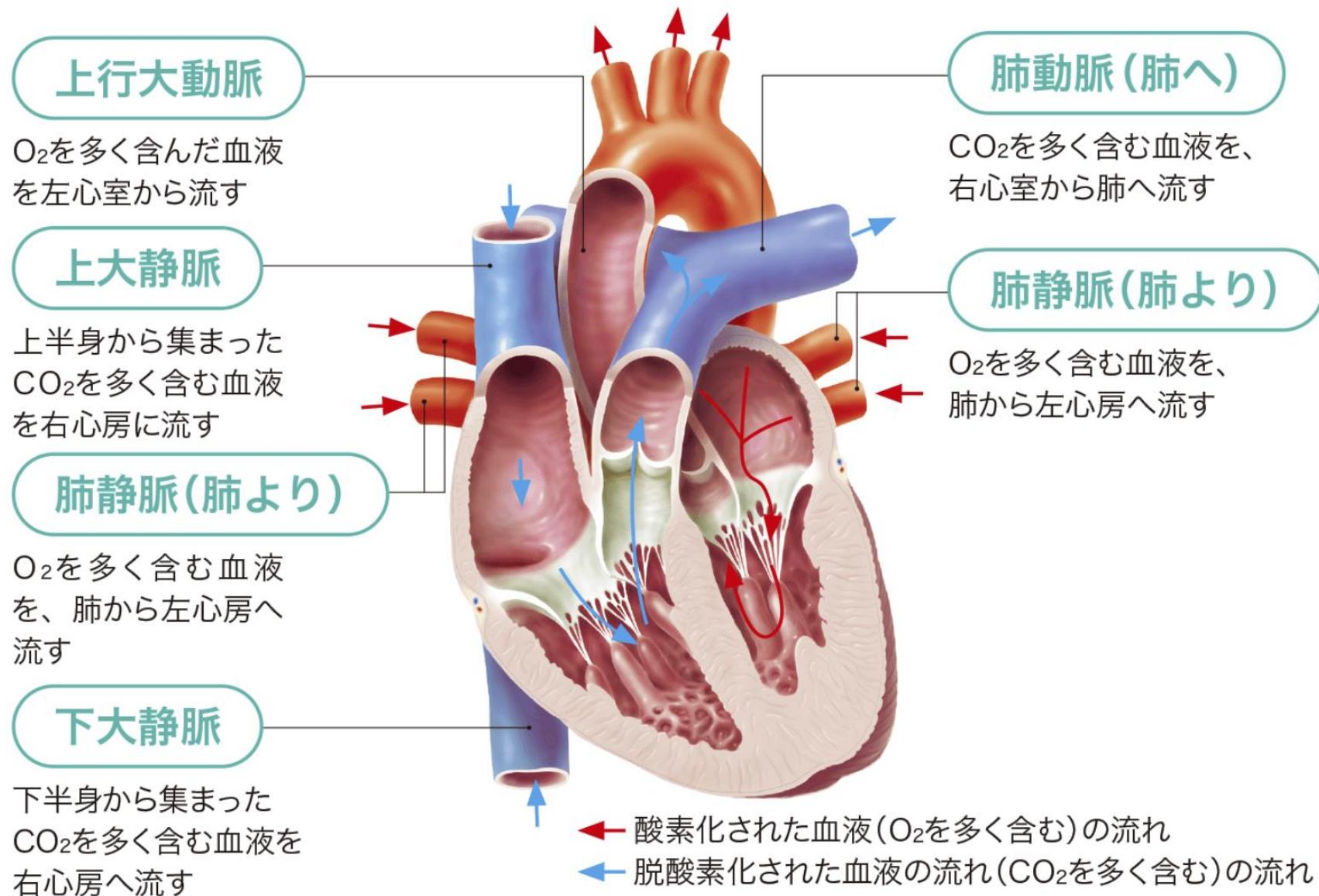
- 心臓は、右心房(うしんぼう)、右心室(うしんしつ)、左心房(さしんぼう)、左心室(さしんしつ)という4つの部屋に分けられ、「右心房—右心室」の右心系と、「左心房—左心室」の左心系という2つの系列からできています(図6)。
- 心室の内部では乳頭筋が発達し、腱索(けんさく)によって房室弁(三尖弁[さんせんべん]、僧帽弁[そうぼうべん])と連絡し、血液を効率よく送り出すために機能しています

図6 心臓の各部の名称



左室壁厚はおよそ10mm、右室壁厚は2~3mm(とともに成人拡張期の値)です。左心室のほうが筋肉が発達しているため、厚くなっています

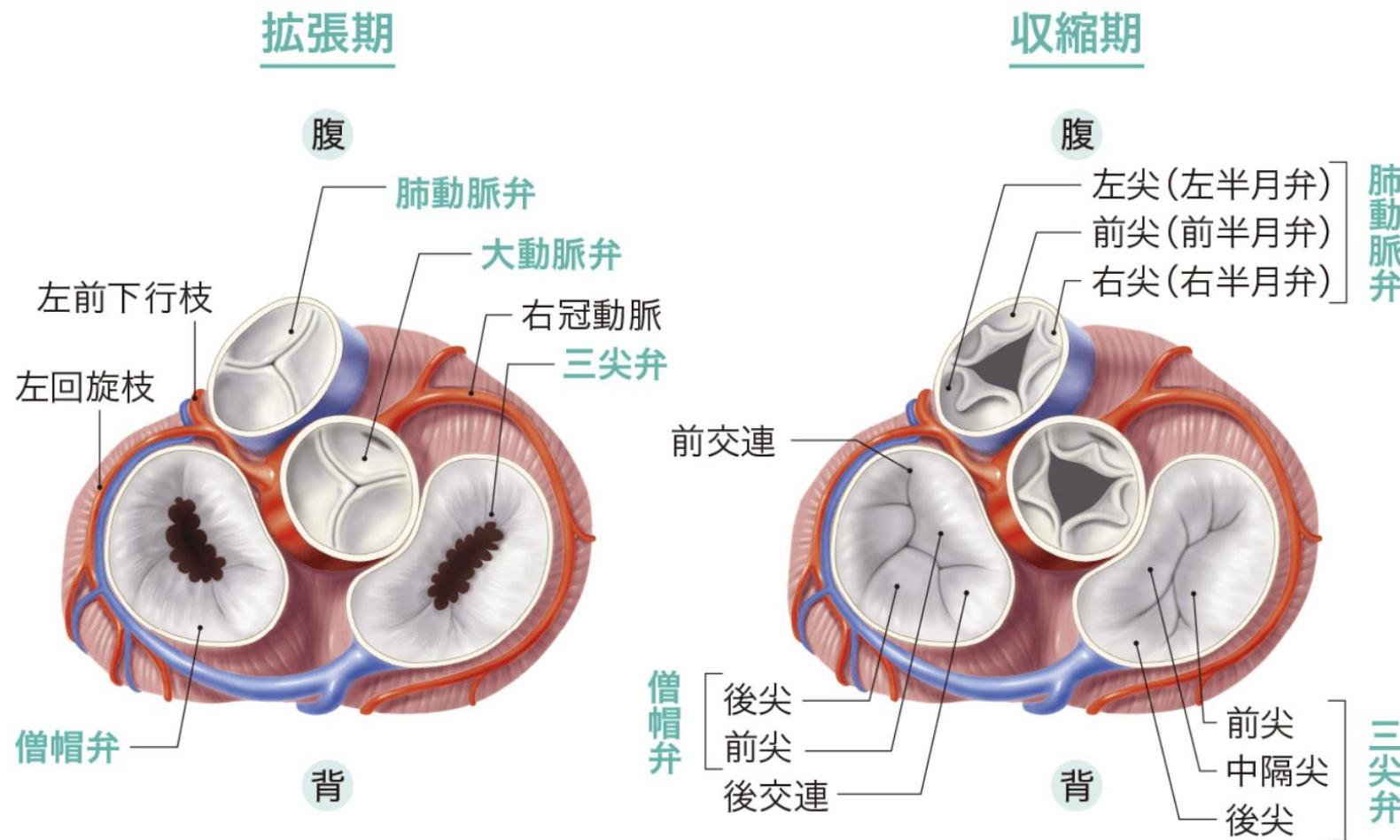
図7 心臓の中の血液の流れ



心臓の弁

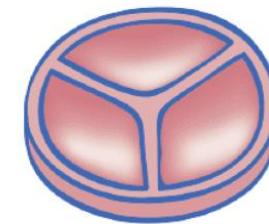
- 心臓には血液の流れを一方向に維持する(逆流を防ぐ)ために、4つの弁があります(図8)。
- 4つの弁は、右心房と右心室の間の三尖弁、右心室と肺動脈の間の肺動脈弁、左心房と左心室の間の僧帽弁、左心室と大動脈の間の大動脈弁です。心房と心室の間の弁(つまり三尖弁と僧帽弁)を房室弁、心室と動脈の間の弁(つまり肺動脈弁と大動脈弁)を半月弁とも呼びます。
- 肺動脈弁は大動脈弁よりも高い位置にあります。弁の位置を知っておくと、心音を聴くときに役立ちます。

図8 心臓弁の種類



※弁尖

僧帽弁のみ2つの弁尖から形成され、その他の弁はすべて3つの弁から形成される。動脈弁は袋状の3つの弁がくっついている構造をしている。



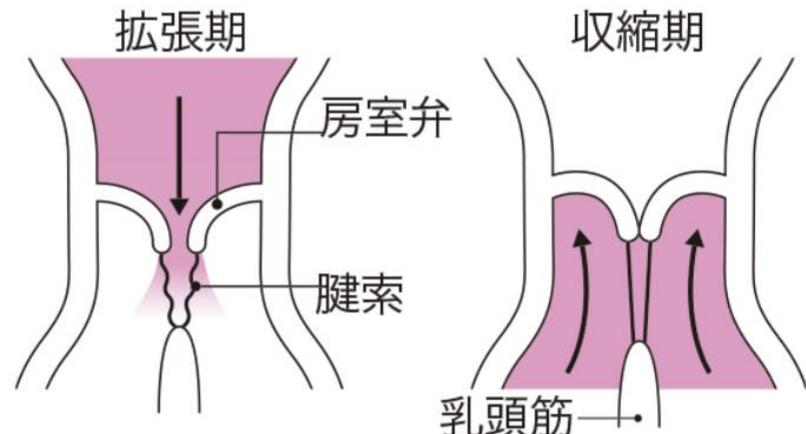
弁のはたらき

- ・ 弁は心筋には含まれません。弁は腱索により心筋(乳頭筋)と連結して、心収縮に連動した受動的な開閉を行います(図9)。

図9 弁のはたらき

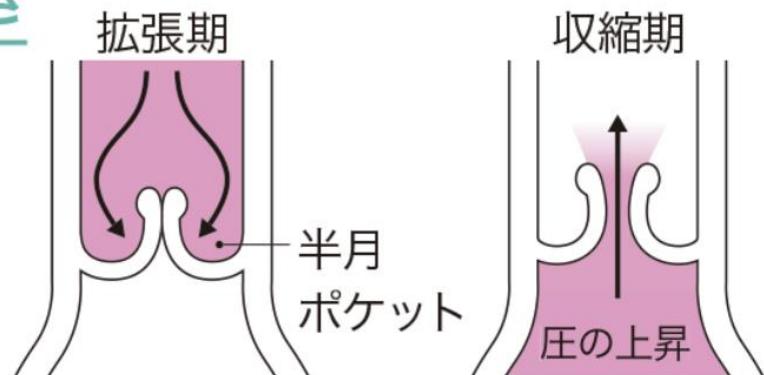
房室弁(三尖弁・僧帽弁)のはたらき

- ▶ 拡張期：心房内圧の上昇→弁が開く→乳頭筋・心筋が弛緩→心房から左心室の血液が流れ込む
- ▶ 収縮期：心室が収縮→弁が閉じる→乳頭筋が縮み、弁が反転しないように支える→心房に血液をためる



半月弁(大動脈弁・肺動脈弁)のはたらき

- ▶ 拡張期：心室が拡張し心室内圧が下がる→大動脈・肺動脈の血液が逆流の流れ→半月ポケットに血液が満たされる→弁が閉じる
- ▶ 収縮期：心室が収縮し、心室内圧が上がる→弁が開く



《循環器の理解に役立つ生理学》心筋の興奮と収縮のしくみ

- 心臓の生理学で大切なのは、心臓の筋肉が細胞レベルでどのように動いているのかを理解しておくことです。これらの知識は、循環変動のしくみ、不整脈、薬理作用の理解につながります。
- 心筋は固有心筋と特殊心筋に分けられ、固有心筋がペースメーカー、特殊心筋が心臓ポンプの役割を果たします

心筋の組織構造

- 心筋は骨格筋と同様の横紋を有する横紋筋（おうもんきん）ですが、不随意筋です。骨格筋と異なり、筋線維どうしが枝分かれ・融合しています（図1）。

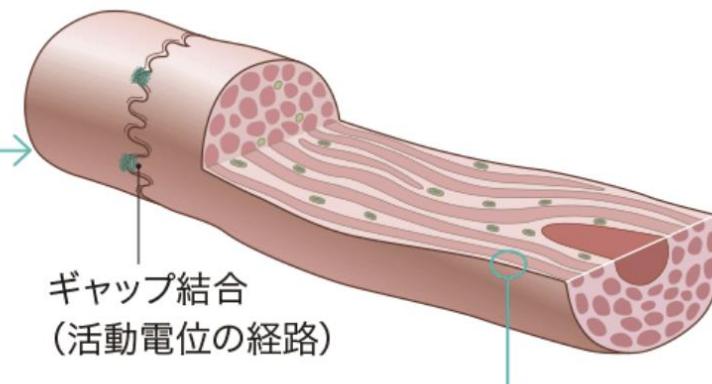
筋線維

筋線維は筋細胞の集まりで、介在板で接合している



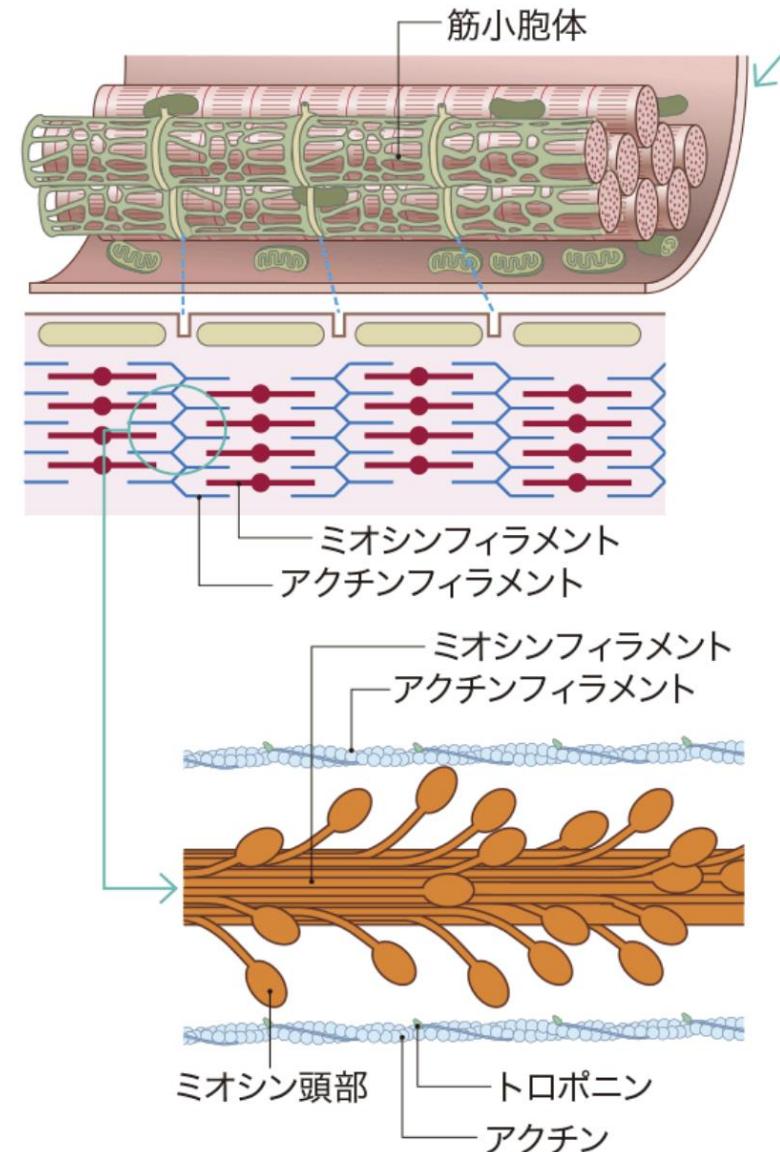
心筋細胞

心筋細胞は数千におよぶ筋原線維の束である。隣り合う心筋細胞はギャップ結合で結ばれている



筋原線維と筋フィラメント

ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントが結合したものを筋原線維という

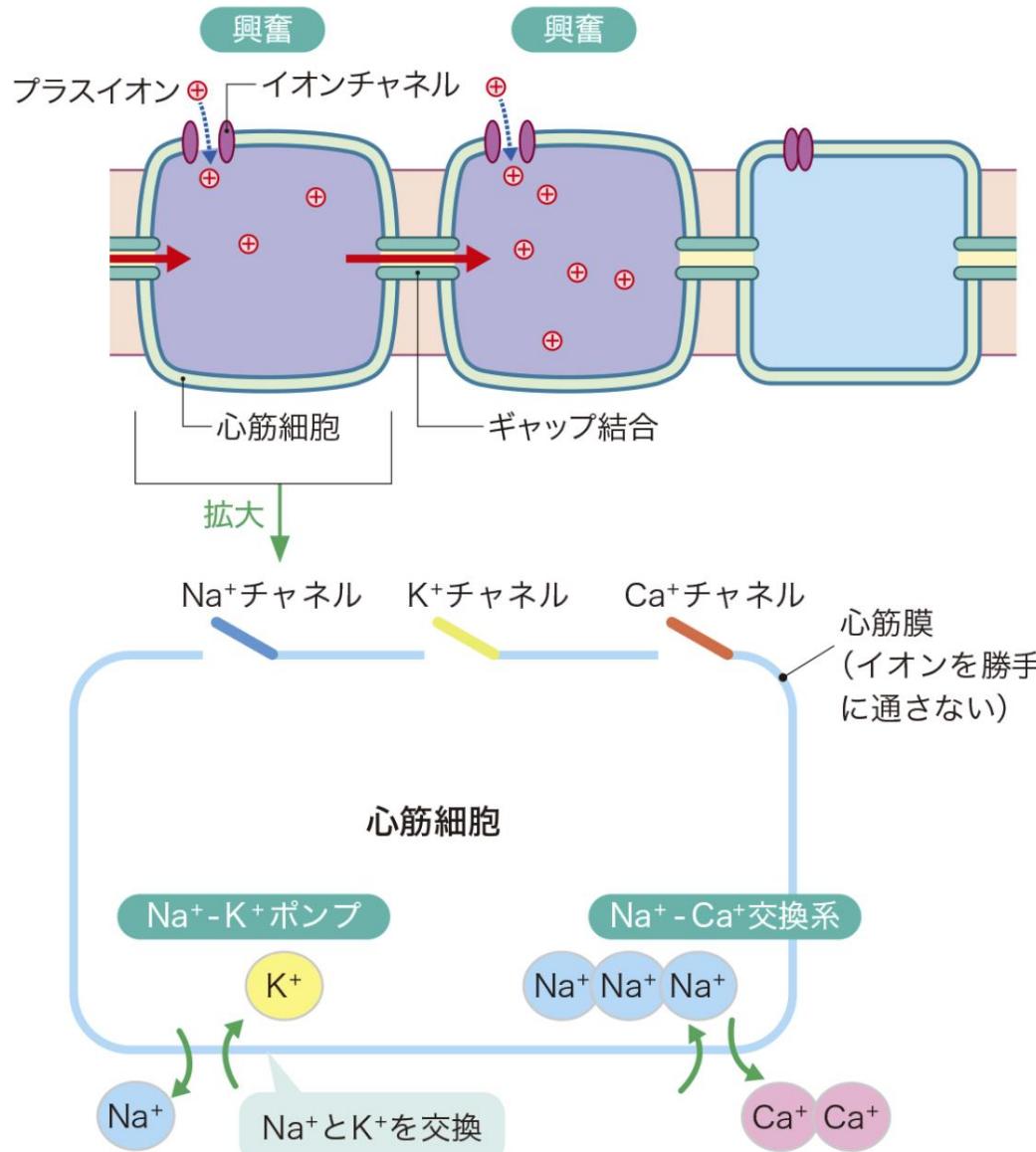


心筋細胞からみる興奮のしくみ

- 正常の心筋では、洞結節からの興奮(自動能:自発的な活動電位)発生→刺激伝導系→興奮→収縮が生じます。これらを興奮収縮関連といいます(図2)。
- 生体の細胞外にはナトリウムイオン(Na^+)が多く、細胞内にはカリウムイオン(K^+)が多くなっています。細胞内にある K^+ の一部は、カリウムチャネルを通って細胞外に出ていきます。プラスに帯電した K^+ が細胞外に出ることにより、細胞膜の外側がプラス(+)になり、細胞膜の内側がマイナス(−)となります。
- 細胞内と細胞外の電位差を膜電位といい、静止時の細胞膜内外の電位差を静止電位といいます

図2 心筋細胞と興奮伝導のしくみ

▷ プラスイオンが細胞内に入ると心筋細胞は興奮(筋収縮)する。心筋細胞はギャップ結合をとおして、隣の細胞を刺激する。これを「興奮伝導」という。

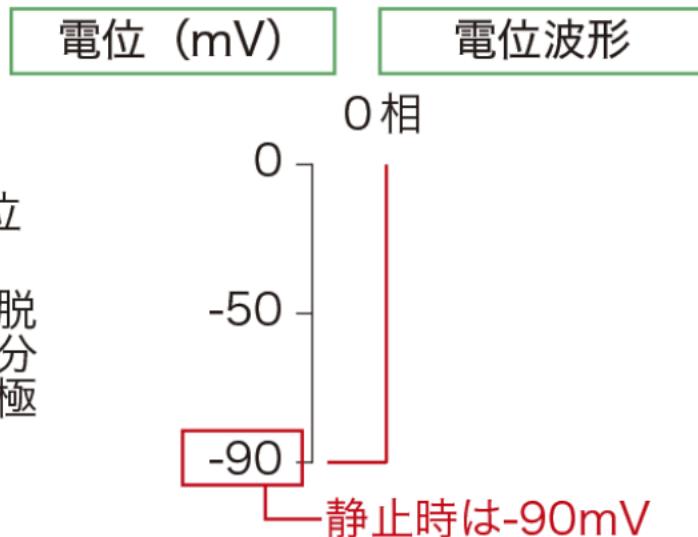
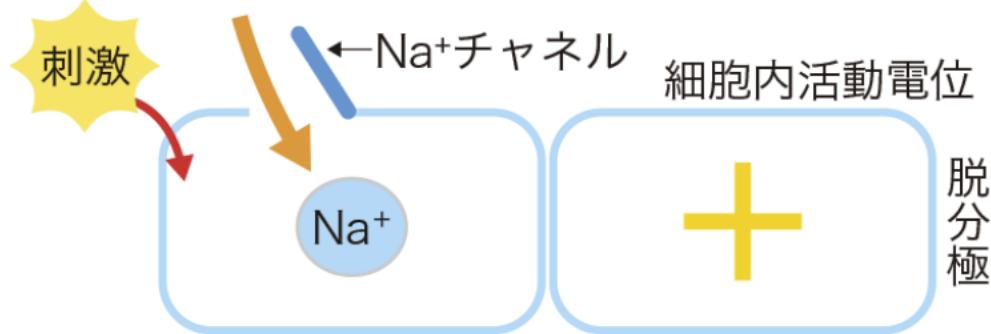


固有心筋細胞の活動電位

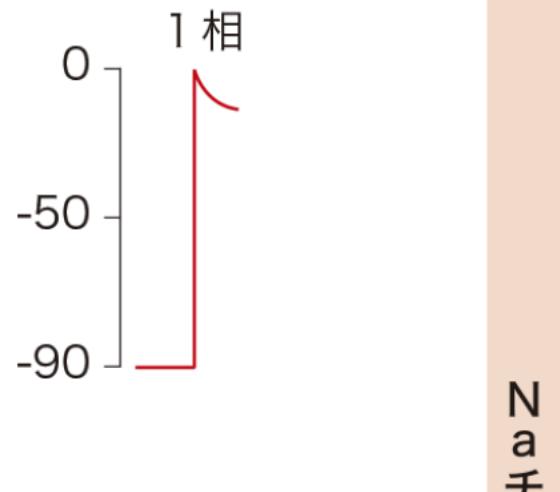
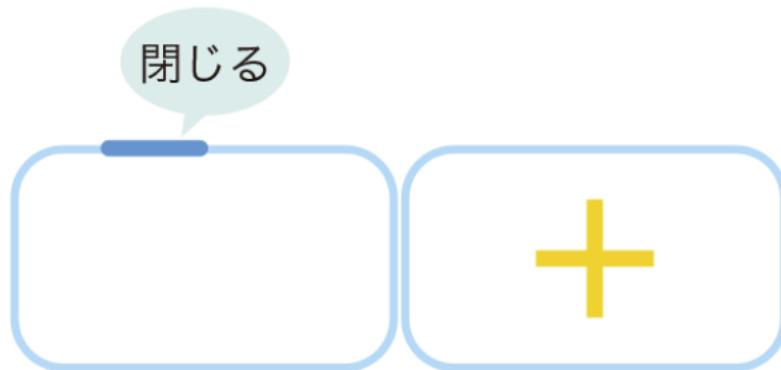
- 固有心筋細胞では、隣接する細胞からのNa⁺の流入によって膜電位が脱分極し、活動電位が発生します。その後、再分極し、静止状態に戻ります。
- これらは0相から4相に分けられます(図3)。

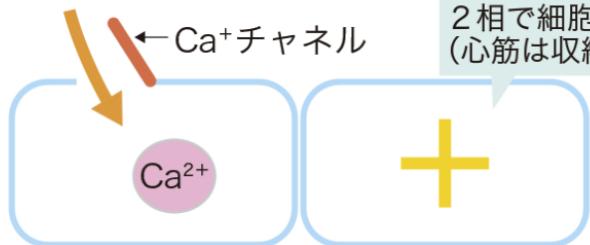
図3 固有心筋細胞の活動電位の流れ

0相 Na^+ 流入による急速な脱分極

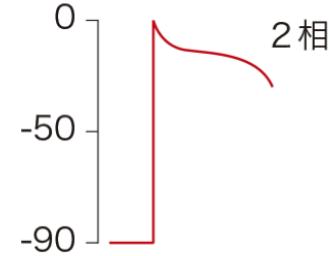
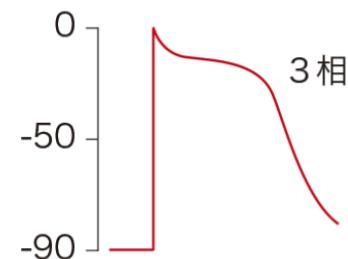


1相 Na^+ チャネル閉鎖による入り戻し（早期急速再分極）

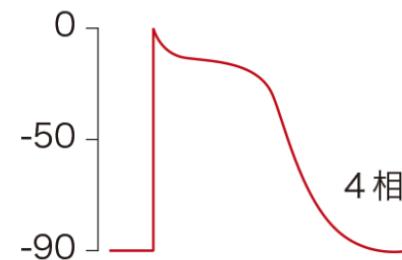
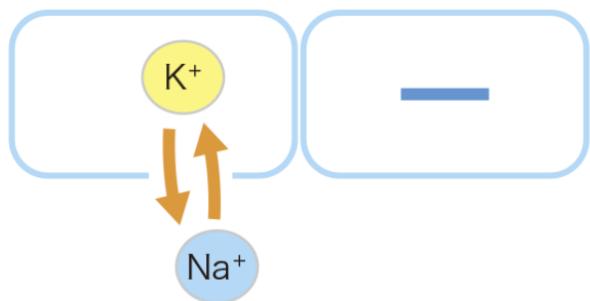


2相 Ca^{2+} チャネル開口、 Ca^{2+} 流入による活動電位の維持（プラトー）

*洞結節、房室結節は Ca^{2+} チャネル
依存性の活動電位

3相 K^{+} 流出による電位の下行（最終急速再分極）

4相 静止電位（静止期）

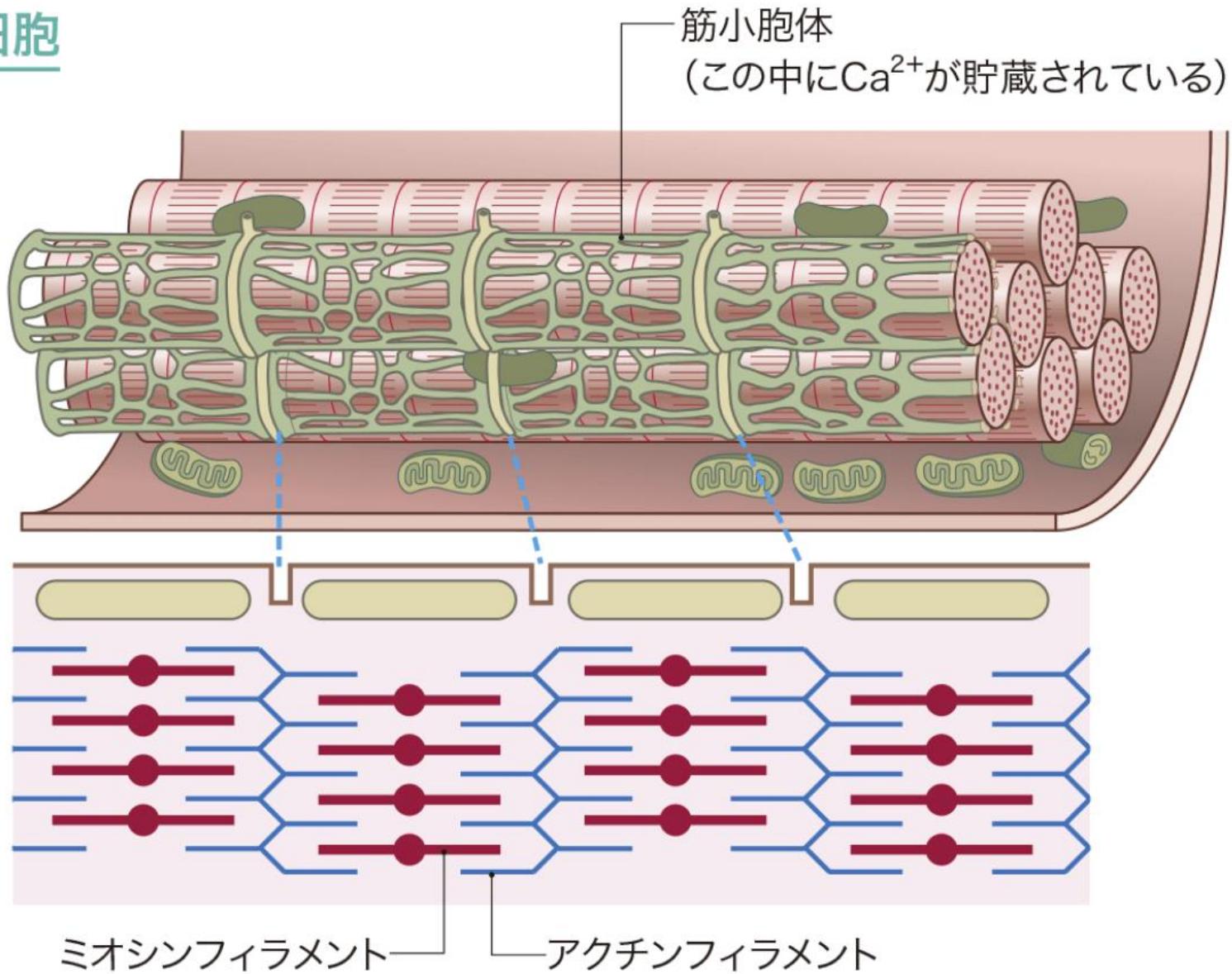


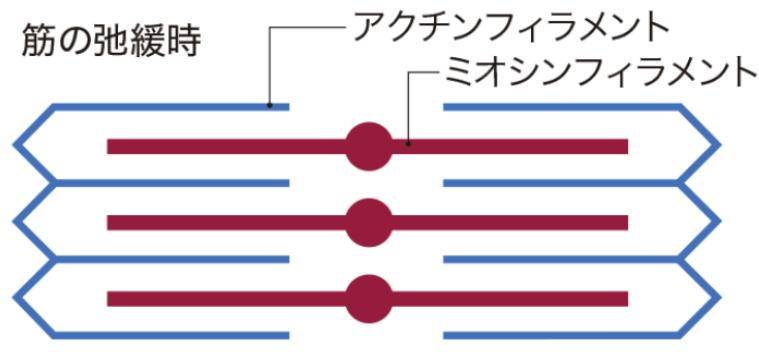
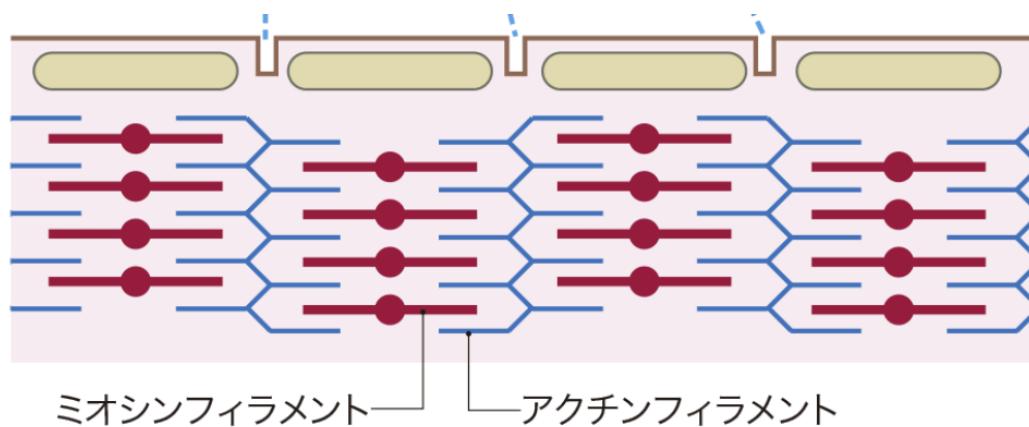
心筋細胞内の組織でみる興奮と収縮

- 心筋細胞ではアクチンフィラメントにCa²⁺がくっつくと、アクチンフィラメントがミオシンフィラメントに重なるようにスライドして細胞の長さを縮めます。これが(筋)収縮です(図4)。
- たくさんの筋細胞の収縮にはたくさんのCa²⁺が必要です。そのため細胞外からの流入に加え、筋原線維の筋小胞体で貯蔵されているCa²⁺を使用します。
- 細胞内のCa²⁺濃度の上昇を合図に、筋小胞体からCa²⁺が放出されます。

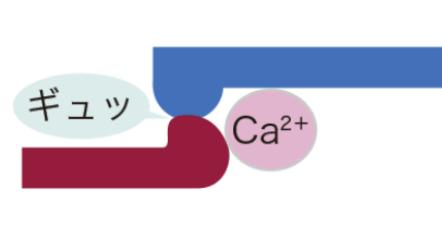
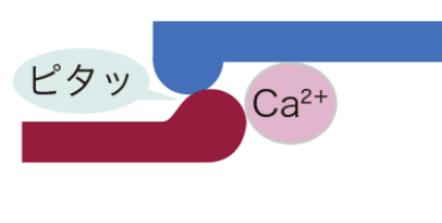
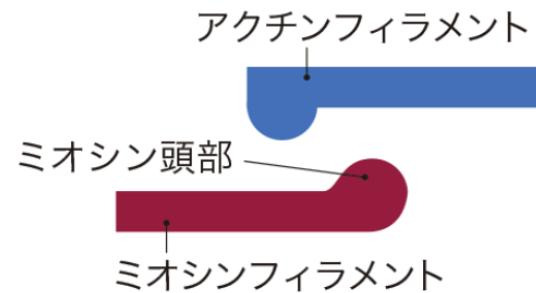
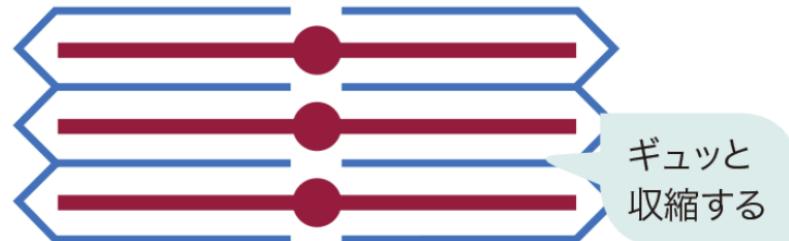
図4 筋収縮のしくみ

心筋細胞





筋の収縮時



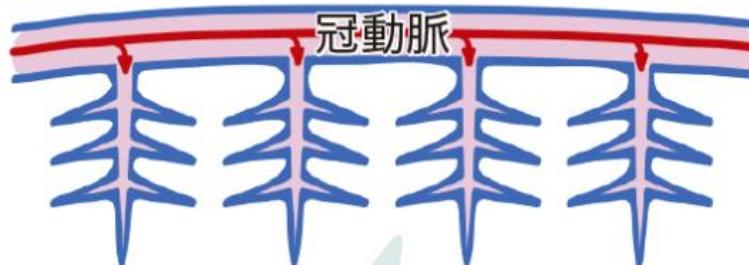
心筋内の冠動脈

- 冠動脈は、心臓の内側に向かって根をはるよう走っています。
- 心筋が発達した左心室に走行する左冠動脈は、心臓の拡張期に血流が増加します。右冠動脈は心筋があまり発達していないので、収縮期・拡張期ともに血流は保たれています（図2）。

図2 左冠動脈と心筋の内部のイメージ

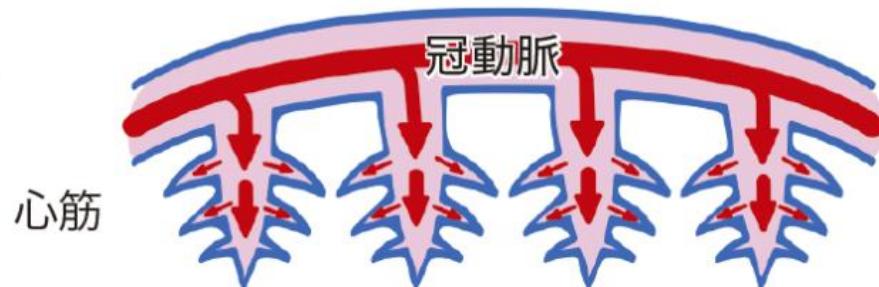
収縮期

心筋が収縮すると冠動脈
は圧迫されて縮む



拡張期

圧迫が解除されて
血流が増加する

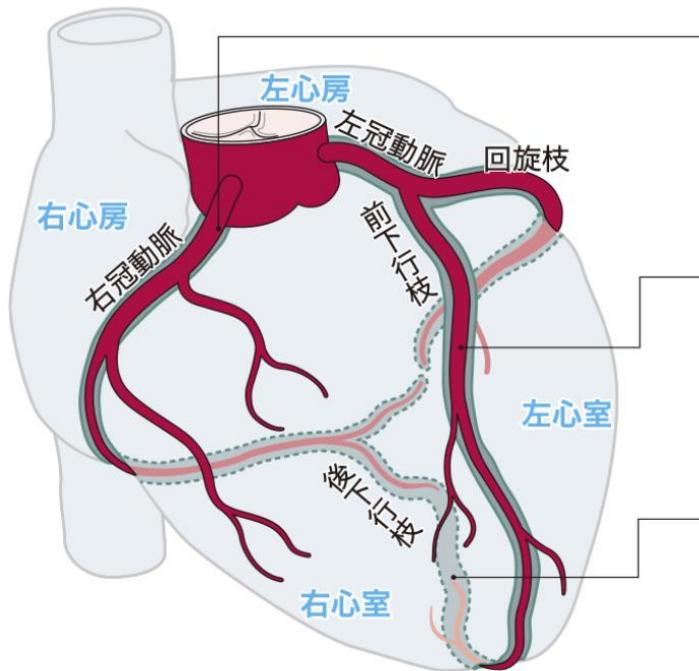


冠動脈の血流は外から内
へ流れています。虚血は
内側から起こります

心臓の溝

心臓の表面には、心房・心室の4つの部屋の境界に一致して溝があります（図3）。

図3 心臓の3つの溝



冠状溝 (心臓の上下を分ける)

- 心房と心室の境界
- 右冠動脈、左冠動脈回旋枝が走る

前室間溝 (前の溝)

- 左心室と右心室を前方で分ける
- 左冠動脈前下行枝が走る

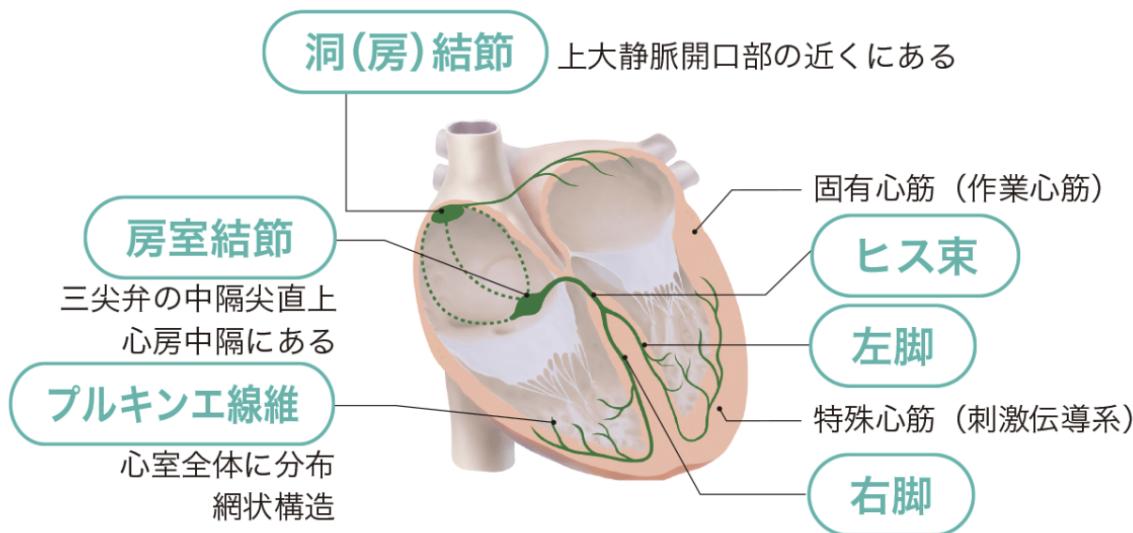
後室間溝 (後ろの溝)

- 左心室と右心室を後方で分ける
- 右冠動脈後下行枝が走る

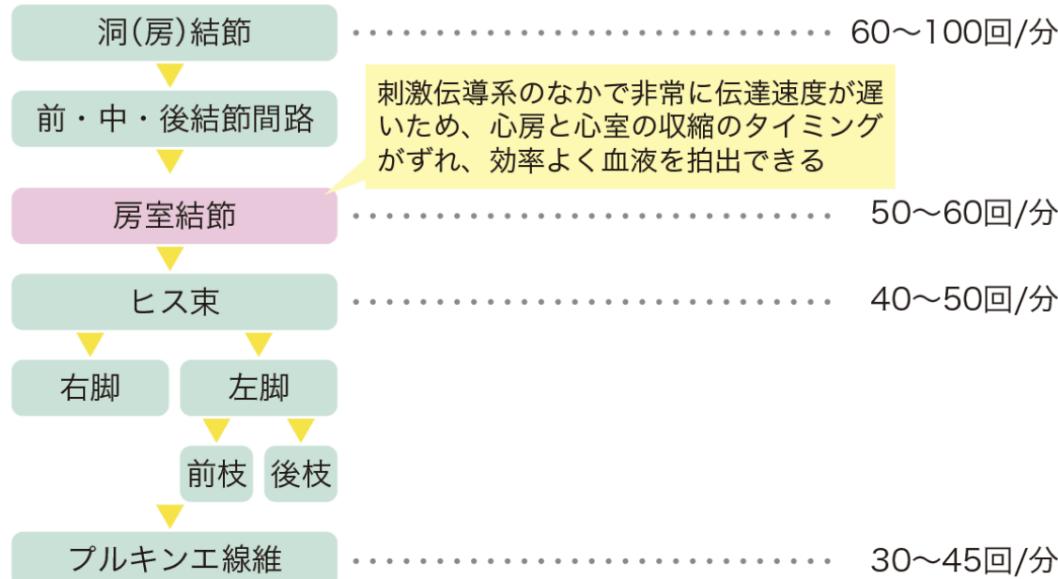
刺激伝導系のしくみ

- 心臓には、刺激伝導系(特殊心筋)という、自ら活動電位を生みだす心筋が存在しています(図4)。
- この刺激伝導系により、自発的に電気を発生させる機能を自動能といいます。
- 心収縮は刺激伝導系の刺激を受け、固有心筋(作業心筋)が興奮することで起こります。固有心筋は刺激を受け、実際に収縮し、ポンプとしてはたらく心筋です。伝達速度は0.3～1.0m/秒で、心臓はゆっくりと収縮してたくさんの血液を送り出すことができます

図4 刺激伝導系（特殊心筋）のしくみ

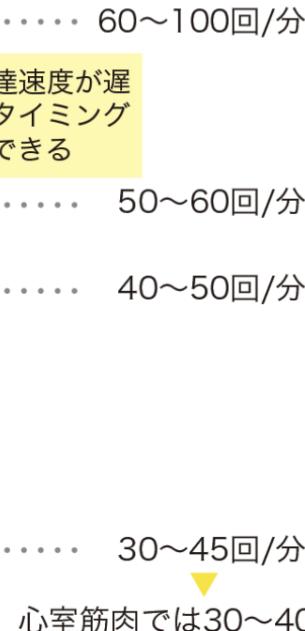


刺激伝導系（特殊心筋）の伝導順路



刺激伝導系のなかで非常に伝達速度が遅いため、心房と心室の収縮のタイミングがずれ、効率よく血液を拍出できる

刺激伝導系のリズム

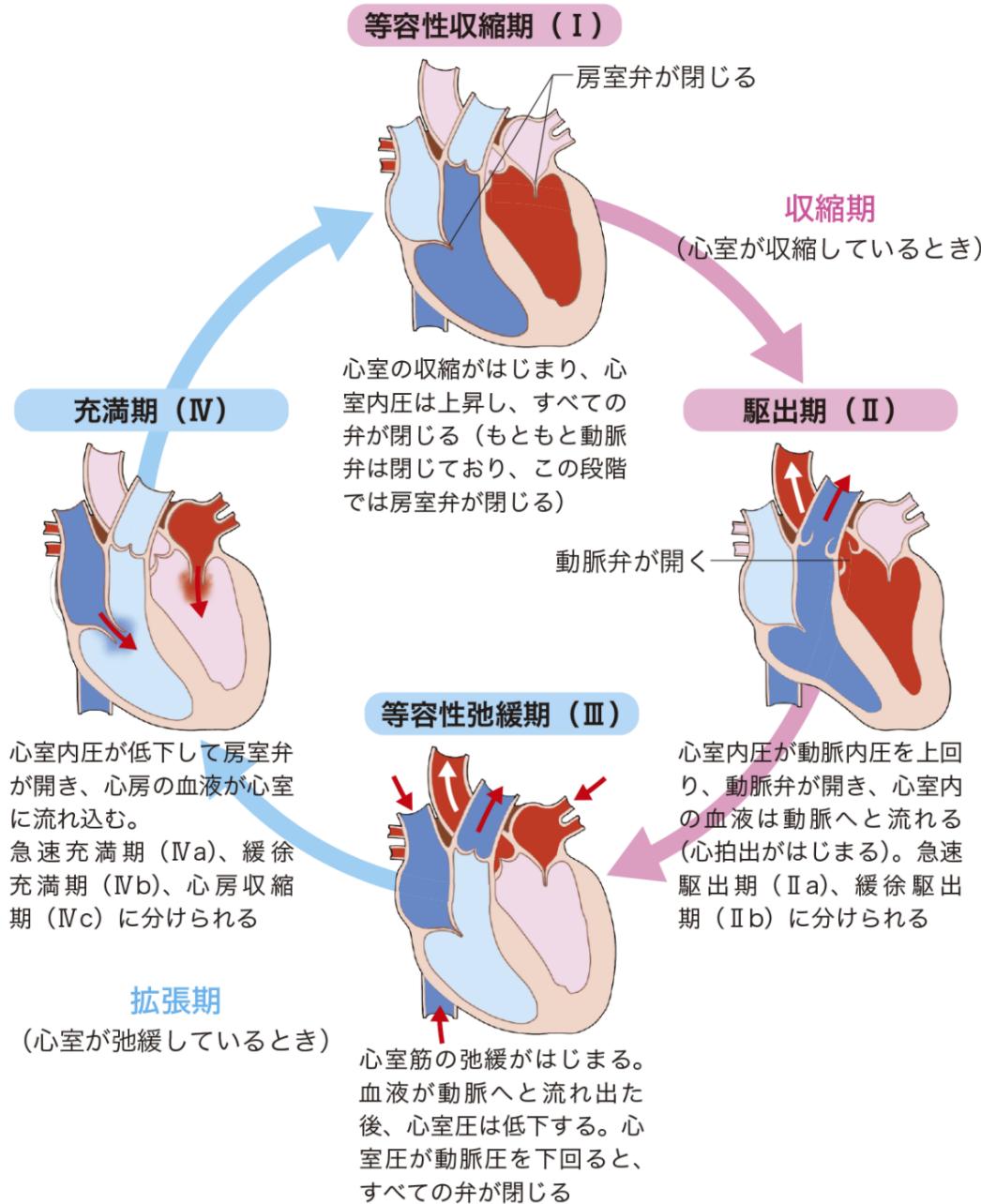


下位へ移るほど興奮の回数は減る

心周期

- 心臓が、収縮と拡張を周期的に行っていることを心周期といいます(図1)。
- 心室が収縮しているときを収縮期、弛緩しているときを拡張期といいます。収縮期は等容性収縮期と駆出期、拡張期は等容性弛緩期と充満期に分けられます。

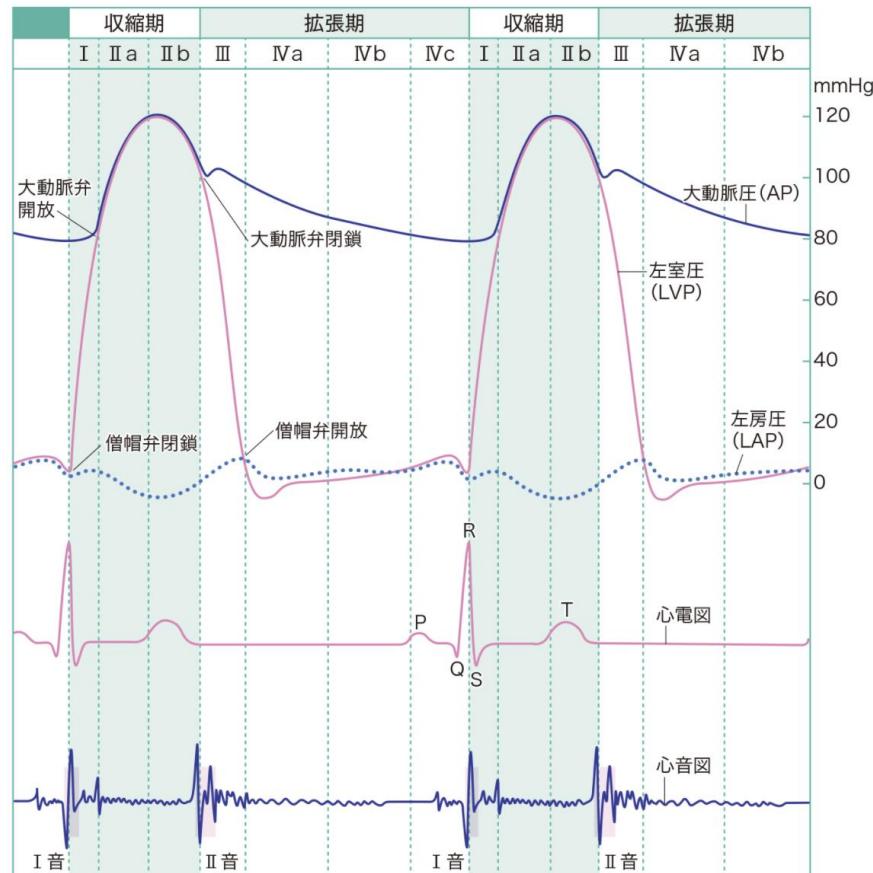
図1 心周期の流れ



心周期と左心系内圧の変化

左心系圧とは、左房圧(LAP)、左室圧(LVP)、大動脈圧(AP)のことをさします(図2)。心音は弁尖と弁尖がぶつかり合って出る音です。

図2 心周期と左心系内圧の変化



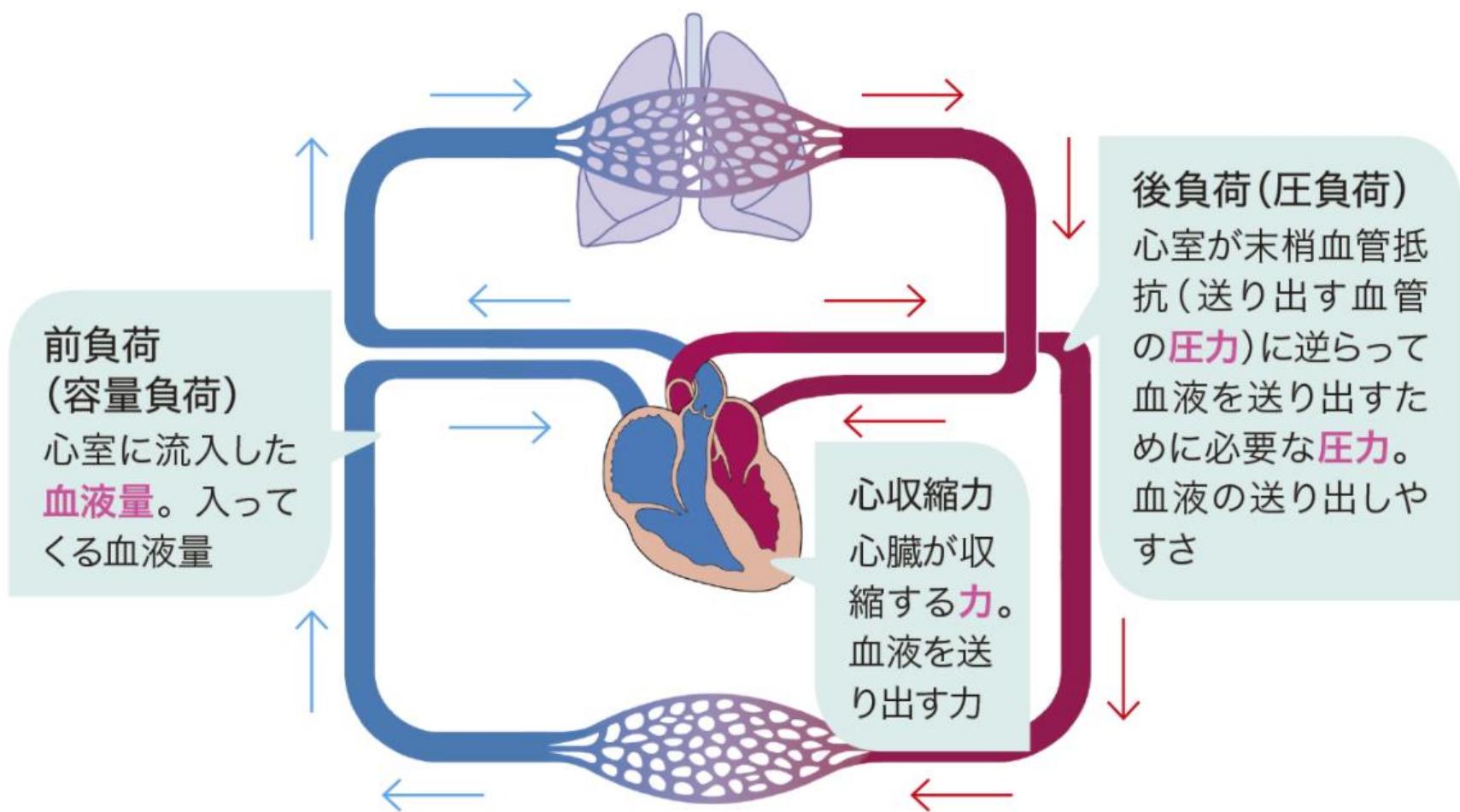
脈拍と心拍数の関係

- 脈拍は、心臓の規則的な運動によって動脈に周期的に起こる鼓動です。この脈拍は動脈を触知することで数えることができます。
- 心臓の拍動数(心拍数)と脈拍数は一致しないことがあります。不整脈などで心拍出量がバラバラの場合や、心臓から送られる血液量が少量の場合、心臓の拍動は聞こえても、脈拍が現れないことがあります。この脈拍が現れない状態を結滯(けつたい)といいます。

心拍出量規定因子

- 心拍出量とは1分間に拍出する血液量で、心臓のポンプ機能の指標になります。下記のように表わされます。
- 心拍出量(L/分) = 1回拍出量 × 心拍数
- 心拍出量の規定因子は、前負荷、後負荷、心収縮力です(図1)。

図1 心拍出量の規定因子



前負荷・後負荷に変化が起きたときの対応

何かしらの要因で前負荷・後負荷に変化が生じたとき、代償機転がはたらきます（表1）。

表1 前負荷・高負荷の代償機転

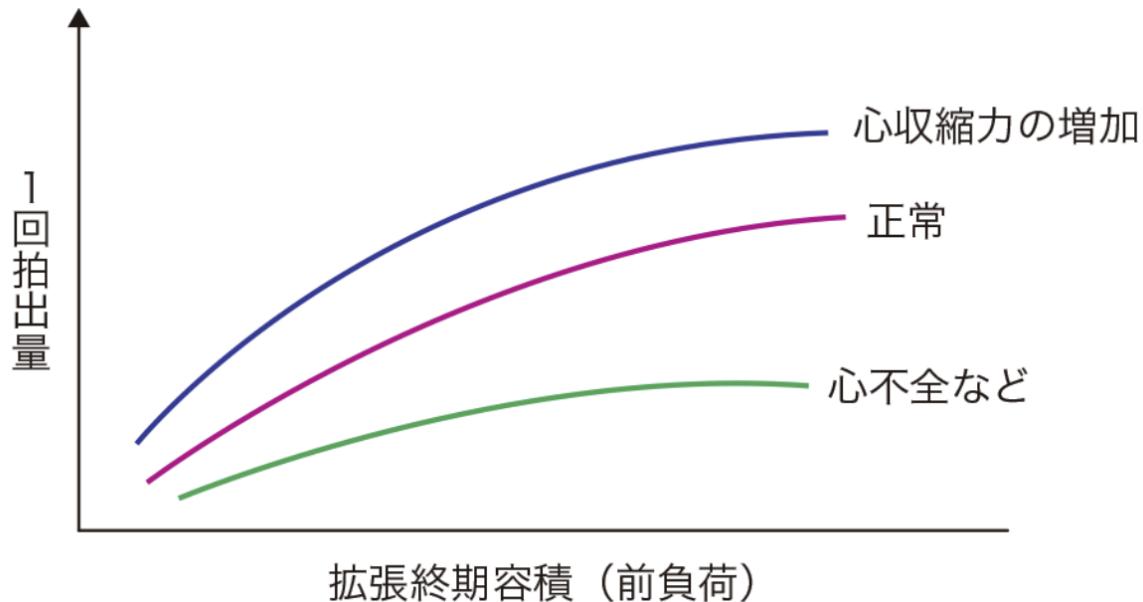
正常	前負荷が増大	後負荷が増大
<p>〈拡張期〉</p> <ul style="list-style-type: none">●流入した血液によって心臓は拡大する <p>〈収縮期〉</p> <ul style="list-style-type: none">●心臓は末梢血管抵抗に負けない圧力を生み出す	<p>〈拡張期〉</p> <ul style="list-style-type: none">●流入血液量が増加すると心臓は大きく拡張する <p>〈収縮期〉</p> <ul style="list-style-type: none">●拡張したぶん、大きく収縮する <p>〈前負荷増大が続くと…〉</p> <ul style="list-style-type: none">●心拡大して収縮力が低下する	<p>〈拡張期〉</p> <ul style="list-style-type: none">●末梢血管抵抗が増加する <p>〈収縮期〉</p> <ul style="list-style-type: none">●心臓は心筋を太くして強く収縮する <p>〈後負荷増大が続くと…〉</p> <ul style="list-style-type: none">●心肥大して拡張性が低下する。心筋が増えて増加しにくくなる

Frank-Starlingの法則: 容量の変化による循環の変化

心臓は、心室内に血液量（前負荷）が増大すると心室（心筋）が引き伸ばされ、その反動で心収縮力が強くなります。これをFrank-Starling（フランクスターング）の法則といいます（図2）。

心室の収縮性が増加すると、同じ前負荷でも1回拍出量は増加します。

図2 Frank-Starlingの法則



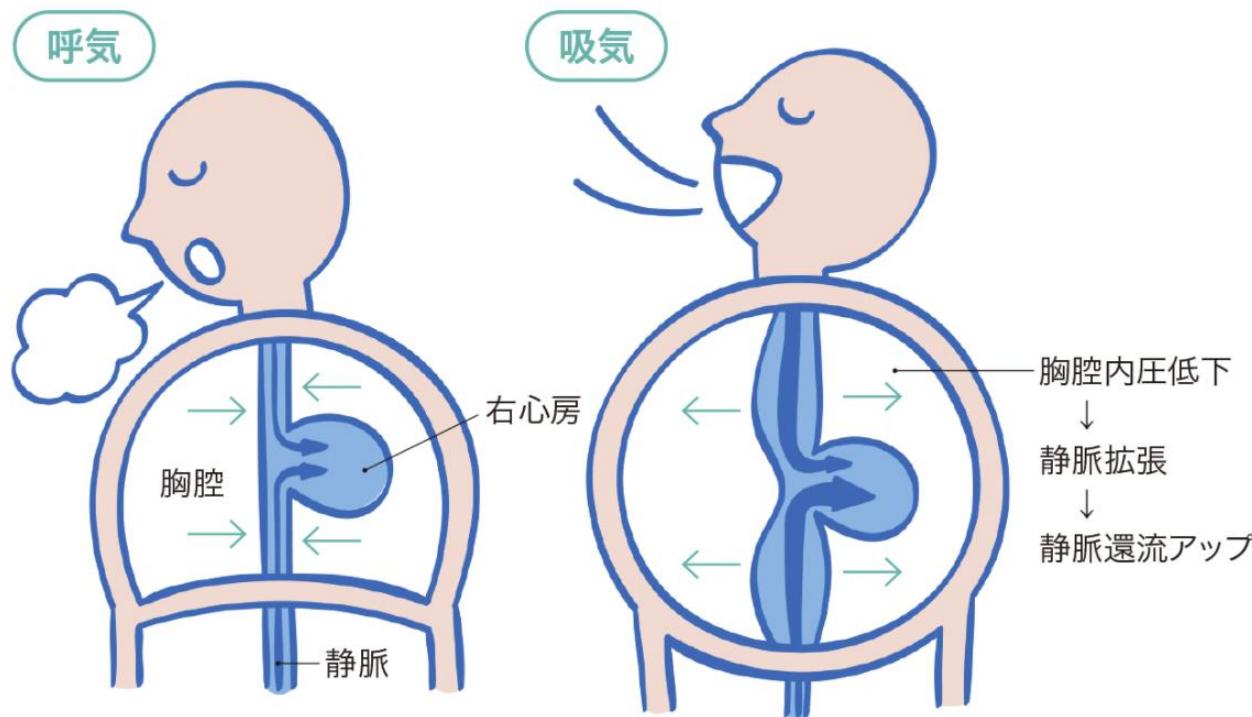
静脈還流: 呼吸による循環の変化

静脈還流とは、全身から心臓に返ってくる血液の流れのことをいいます。

静脈還流には、心臓の拡張による吸引、胸腔内圧の変化、下肢骨格筋のポンプ作用、静脈弁による逆流抑制が関与しています。

静脈還流は吸気時に増加します（図3）。

図3 吸気時に静脈還流が増加するしくみ



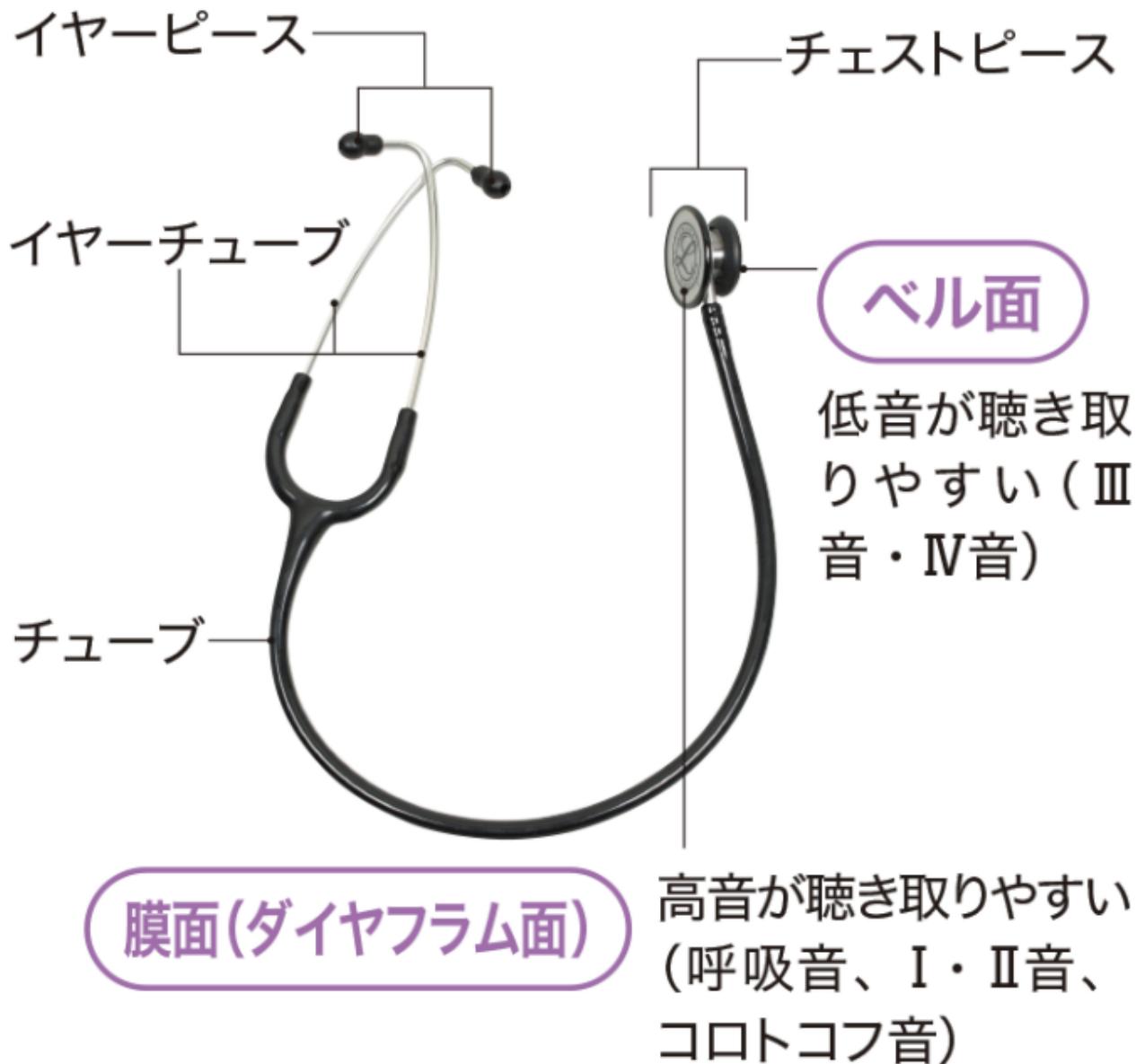
聴診の基本

- 肺の聴診の目的には、呼吸音の聴取と異常心音の聴取があります。
- 前胸部では心音のほかに呼吸音を、背部では呼吸音を聴取するようにします。

聴診器のしくみ

- 聴診器のチェストピースには、膜面(ダイヤフラム面)とベル面の2種類があります(図1)。
- 膜面は、高音が聴取しやすいため、大動脈弁閉鎖不全症(AR)などで起こる拡張期逆流性雜音などの聴取に向いています。
- ベル面は、低音を中心に、すべての心音を聴取する場合に向いています。III音、IV音、僧帽弁狭窄症(MS)の拡張期ランブルなどの低音が聴取できます。

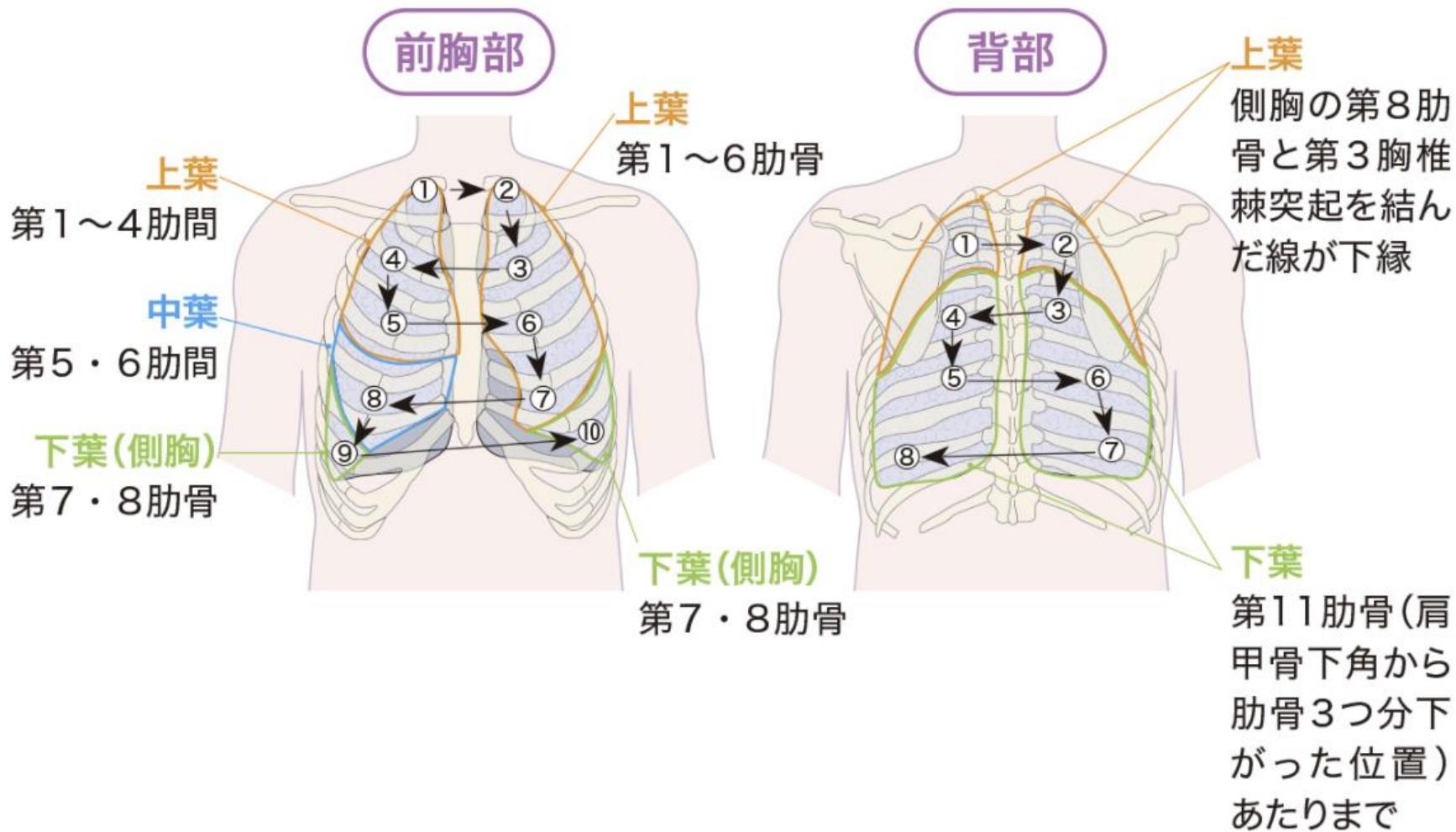
図1 感診器のしくみ



呼吸音の聴診

呼吸音の聴診は、**上から下に向かって、左右対称**に聴診します（図2）。

図2 呼吸音の聴診部位



呼吸音のアセスメント

呼吸器系の聴診では通常、高い音が多いため、**聴診器の膜面**を使用します。

正常な呼吸音は、頸部気管や胸骨周辺で呼気と吸気の両方が粗く聴取される**気管音**と**気管支肺胞音**、肺野全体で吸気のときにやわらかく聴取される**肺胞音**があります（表1）。

表1 正常な呼吸音

種類	吸気：呼気	特徴
気管音	1：2	高調な粗い呼気がよく聴取される
気管支肺胞音	1：1	肺胞音よりやや高い音質が聴取される
肺胞音	2：1	やわらかく低調な吸気がよく聴取される

異常音は、**副雜音（ラ音）**ともいわれます。呼吸音がどこで聴取されるか、呼気と吸気のどちらで聴取されるか、音の性状（連續性、断続性、高音性、低音性）を注意深く聴取します（表2、表3）。

表2 呼吸音の異常

異常の内容	おもな原因		
呼吸音の減弱・消失	●胸水貯留 ●呼吸筋麻痺	●無気肺 ●気道の狭窄・閉塞	●慢性閉塞性肺疾患(COPD)
呼気の延長	●気管支喘息	●COPD	
肺胞領域での気管音の聴取	●胸水貯留	●肺うっ血 ●肺炎	

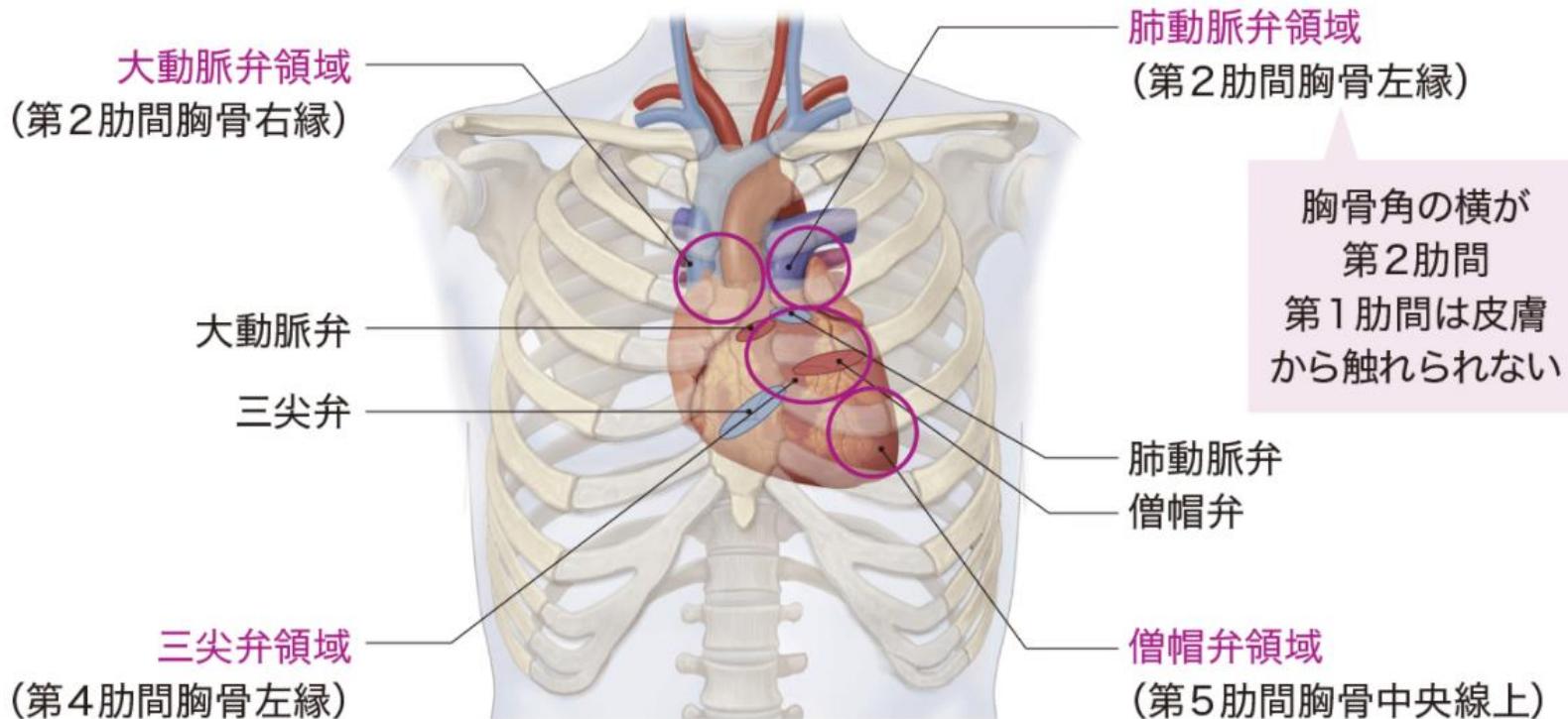
表3 副雑音の種類

	種類	音の例	おもな原因
連続性副雑音	高音性 ウイーズ (wheeze)	ヒューヒュー	●気管支喘息 ●心不全 ●気道狭窄
	低音性 ロンカイ (rhonchi)	グーグー	●痰などの貯留 ●気道狭窄など ●肺炎
断続性副雑音	ねんぱつおん 捻髪音 ファイン クラックル (fine crackles)	パチパチ	●心不全 ●肺線維症 ●肺水腫 ●肺炎 ●間質性肺炎
	水泡音 コース クラックル (coarse crackles)	ブツブツ	●気管支拡張症 ●慢性気管支炎 ●肺炎 ●肺水腫
その他	胸膜摩擦音	ギューギュー、 バリバリ	●皮下気腫 ●胸膜炎

心音の聴取部位

心音を聴取するときは、仰臥位か座位で図3の聴取部位を聴取します。

図3 心音の聴取部位



僧帽弁狭窄症 (MS) の場合は、左側臥位になると拡張期ランブルが増強するため聴取しやすくなります。また、大動脈弁閉鎖不全症 (AR) の場合は、座位になると灌水様逆流が増強するため聴取しやすくなります。

心音の種類

心音は、弁が閉じたときに血流がぶつかることによって起こる音や、弁の閉鎖する音です。正常であれば、弁の解放時には雑音が聴こえません。

心音にはI～IV音まであります（表4）。

表4 心音の種類※1

<p>I音（「ド」と聴こえる）</p>	<p>II音（「トン」と聴こえる）</p>
<ul style="list-style-type: none">房室弁（僧帽弁、三尖弁）の閉鎖音 <p>三尖弁 僧帽弁 房室弁閉鎖I音</p> <p>左心室は心筋量が多いため、I音が大きく聴こえる</p>	<ul style="list-style-type: none">半月弁（大動脈弁、肺動脈弁）の閉鎖音 <p>肺動脈弁 大動脈弁 半月弁閉鎖II音</p>
<p>III音</p>	<p>IV音</p>
<ul style="list-style-type: none">II音の後に聴かれる低音 <p>注意 中年以降で聴取されたら異常を疑う（心不全などで聴取される）</p>	<ul style="list-style-type: none">III音の後に聴かれるIV音よりも低い音通常は聴取されない心筋肥大、虚血、うっ血性心不全などで聴かれる

異常心音のアセスメント

心臓は、心房から心室へ血液が流れ込み、心室から全身、または肺に血液を送り出す機能をもつ臓器です。また、その流れは一方通行です。

血液をためる、一方通行の流れをつくり出すために役立っているのが心臓の弁です。弁は血液の逆流を防いでいますが、**何らかの疾患により、弁がしっかり閉まらないと逆流が起り、心雜音となつて聴こえます（閉鎖不全症）**。また、弁が解放することによって血液が送り出されますが、完全に開いていないと狭いところを血液が通ります。その**狭いところを無理やり通ることにより、心雜音が聴こえることになります（狭窄症）**。

心雜音は、血管雜音のような「ザー」というような音が聴取されます（表5）。心雜音の強度のアセスメントには、Levine（レバイン）分類がよく用いられます（表6）。

表5 心雜音の種類

分類	おもな原因疾患
収縮期雜音 Ⅰ音からⅡ音の間に聴こえる	驅出性雜音
	●大動脈弁狭窄症 ●肺動脈弁狭窄症 ●心房中隔欠損症 ●肥大型心筋症 など
拡張期雜音 Ⅱ音からⅠ音の間に聴こえる	逆流性雜音
	●僧帽弁閉鎖不全症 ●三尖弁閉鎖不全症 ●心室中隔欠損症 など
	房室弁雜音
	●僧房弁狭窄症（拡張期ランブル） ●三尖弁狭窄症 ●僧帽弁閉鎖不全症 など
	逆流性雜音
	●大動脈弁閉鎖不全症 ●肺動脈弁閉鎖不全症 など

拡張期雑音 Ⅱ音からⅠ音の間に聴こえる	房室弁雑音	<ul style="list-style-type: none"> ●僧房弁狭窄症(拡張期ランブル) ●三尖弁狭窄症 ●僧帽弁閉鎖不全症 など
	逆流性雑音	<ul style="list-style-type: none"> ●大動脈弁閉鎖不全症 ●肺動脈弁閉鎖不全症 など

表6 Levine分類 (心雑音の強度のアセスメント)

	I度	II度	III度	IV度	V度	VI度
振戻	振戻に触れない				振戻に触れる	
心雑音の強さ	弱					強
聴診器での聴取	かろうじて聴こえる	普通に聴こえる	大きく聴こえる	大きく聴こえ、聴診器を一部離しても聴こえる	聴診器で聴こえる最も大きい音。聴診器を離すと聴こえない	聴診器を胸壁から離しても聴こえる

[memo]

※1 Ⅰ音とⅡ音の聴き分け方 (上へ戻る↑)

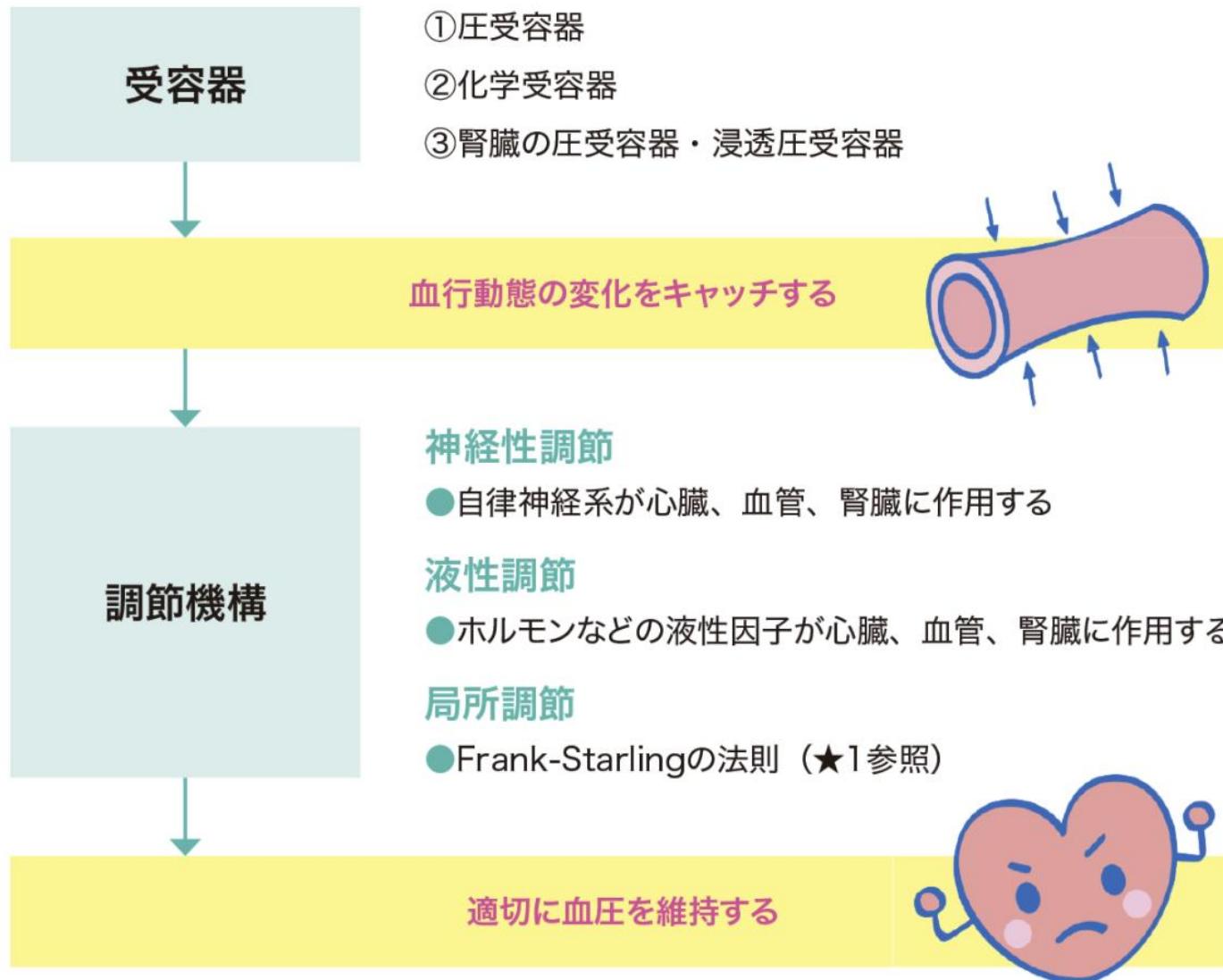
Ⅰ音は房室弁の閉鎖音のため収縮期、Ⅱ音は半月弁の閉鎖音のため拡張期のはじまりといえる。Ⅰ音とⅡ音の鑑別で簡単なのは、頸動脈を触診しながら行うことである。脈拍の立ち上がりと同時に聴こえる音がⅠ音といえる。ほかに、Ⅰ音は重く「ド」と聴こえ、Ⅱ音は軽く「トン」と聴こえるなど音の違いからも鑑別できる。

循環調節って何だろう？

- 循環調節(循環調節機構)とは、身体活動や低酸素、出血など身体の需要に応じて血流量を正常に保つための調節機構です。
- 循環調節の役割は下記の2つです。
- ①組織への血液量の維持と調節(運動時や低酸素時の血流分配)**
- ②血圧を正常範囲に保つ**
- 循環調節は、受容器という血行動態をモニタリングする感知器で血行動態の変化をモニタリングして行います(図1)。

- 循環調節の中枢（司令塔）は延髓（えんすい）です。
- 調節機構からみた循環調節には、神経性調節、液性調節、局所調節があります。

図1 循環調節のしくみ



★1 Frank-Starlingの法則

受容器からみた循環調節

受容器からみた循環調節のしくみには下記の3つがあります（表1・表2）。

- ①圧受容器
- ②化学受容器
- ③腎臓の圧受容器・浸透圧受容器

表1 受容器からみた循環調節のしくみ

感知部位	受容器	感知する情報
大脳皮質		精神的ストレス
視床下部	浸透圧受容器	血漿浸透圧の変化
延髄	化学受容器	血中CO ₂ 、pHの変化を感知
頸動脈小体 大動脈小体		血中のO ₂ の変化を感知
頸動脈洞 大動脈弓	圧受容器	血圧の変化を感知
右房入口		心房圧の変化を感知
腎臓		血圧の変化を感知
	浸透圧受容器	血漿浸透圧の変化を感知

表2 延髄からの指令が作用する部位と内容

作用する部位	調節の内容
下垂体後葉	バソプレシン(血管収縮作用)の分泌量の調節
副腎	アドレナリン・ノルアドレナリン分泌量の調節
心臓・血管	心拍数、心収縮力の調節 血管の収縮・拡張
腎臓	レニン分泌量の調節(RAA系)

医療情報科学研究所編：病気がみえるvol.2 循環器 第4版. メディックメディア, 東京, 2017: 28.より一部改変して転載

調節機構からみた循環調節

神経性調節

神経性調節を担うのは自律神経で、**交感神経**と**副交感神経**です（表3）。

交感神経^{※1}の興奮は心拍数を上昇、心収縮力を増加、血管を収縮させることで**血圧を上昇**させます。副交感神経系^{※2}の興奮は心拍数を減少、心収縮力を低下させることで**血圧を低下**させます。

調節機構からみた循環調節

神経性調節

神経性調節を担うのは自律神経で、**交感神経と副交感神経**です（表3）。

交感神経※1の興奮は心拍数を上昇、心収縮力を増加、血管を収縮させることで**血圧を上昇**させます。副交感神経系※2の興奮は心拍数を減少、心収縮力を低下させることで**血圧を低下**させます。

表3 交感神経・副交感神経による調節

血管での作用	交感神経による作用	<ul style="list-style-type: none">●血管平滑筋の収縮 →動脈血管では末梢血管抵抗↑ →静脈血管では静脈内でプールされている血液が心臓に戻る（静脈還流↑）
心臓での作用	交感神経による作用	<ul style="list-style-type: none">●心拍数↑●心収縮力↑
	副交感神経による作用	<ul style="list-style-type: none">●心拍数↓●心収縮力↓

液性調節

ホルモンなど液性因子による循環調節を液性調節といいます。

血圧低下に対して腎臓ではレニンを分泌し、レニン-アンジオテンシン系 (RA系^{※3})・レニン-アンジオテンシン-アルドステロン系 (RAA系^{※4})と呼ばれる代償機転をはたらかせ、心拍出量を増加、血圧を上昇させます。

血圧を上昇させるホルモンには、アンジオテンシンⅡ、アルドステロン、バソプレシン、アドレナリン、ノルアドレナリンがあります。

血圧を低下させるホルモンには、心房ナトリウム利尿ペプチド (ANP)があります。

局所調節

平滑筋や心筋自体に備わった調節機構を**局所調節**といいます。

局所調節には、短期的な調節と長期的な調節があります（表4）。

表4 局所調節の種類

短期的な調節 (1~2分で起こる)	●Frank-Starlingの法則（★1参照） ●腎血管・脳血管・冠血管による血圧の自己調節※5 ●活動に伴う血管拡張物質産生による血管拡張
長期的な調節 (日~週かかる)	●高血圧が原因の心臓肥大 ●血管新生※6 ●腎臓-体液系※7

★1 Frank-Starlingの法則

※5 自己調節

※6 血管新生

※7 腎臓-体液系による血圧調節

循環調節機構と作用発現時間

それぞれの調節系は作用発現までの時間により、調節能力の差があります（表5）。

表5 循環調節機構の作用発現時間

調節系 (作用発現までの時間)		はたらき
短期的調節 (秒)	圧受容器	● 血圧の変化にすばやく反応し、血圧を調節する
	化学受容器	● 血中O ₂ 、CO ₂ 、pHの変化に反応して血圧を調節する
中期的調節 (分～時間)	RA系	● アンジオテンシンⅡにより強力に血管収縮させる
	毛細血管内外での 体液調節	● 血圧の変化に合わせて体液を移動させる（血圧が高いとき→血管外へ、血圧が低いとき→血管内へ）
長期的調節 (数時間～)	腎臓－体液調節	● 血圧の変化に合わせて尿量を調節する ● RAA系と共に作用し、調節能力が高い
	RAA系	● アルドステロンがNa ⁺ と水の再吸収を促し、循環血漿量が増加する
	バソプレシン	● バソプレシンが水の再吸収を促し、循環血漿量が増加する

memo]

※1 心臓の交感神経の分布(上へ戻る↑)

洞結節、房室結節、ヒス束、プルキンエ線維、心房筋、心室筋。

※2 心臓の副交感神経の分布(上へ戻る↑)

洞結節、房室結節、心房筋。

※3 RA系(上へ戻る↑)

レニン分泌からアンジオテンシンⅡ分泌まで。

※4 RAA系(上へ戻る↑)

RA系後のアルドステロン分泌と飲水量の増加、血管の収縮まで。

※5 自己調節(上へ戻る↑)

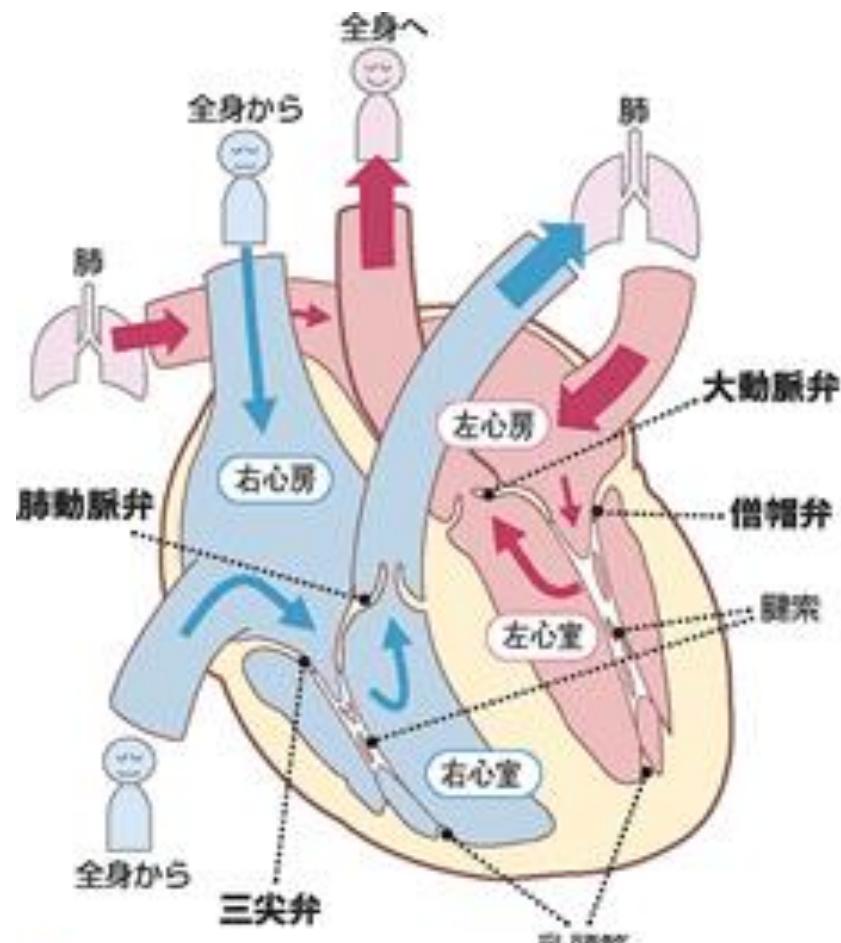
オートレギュレーションといい、血圧を一定に保とうとする調節のこと。

※6 血管新生(上へ戻る↑)

必要に応じて新しい血管を新生すること。

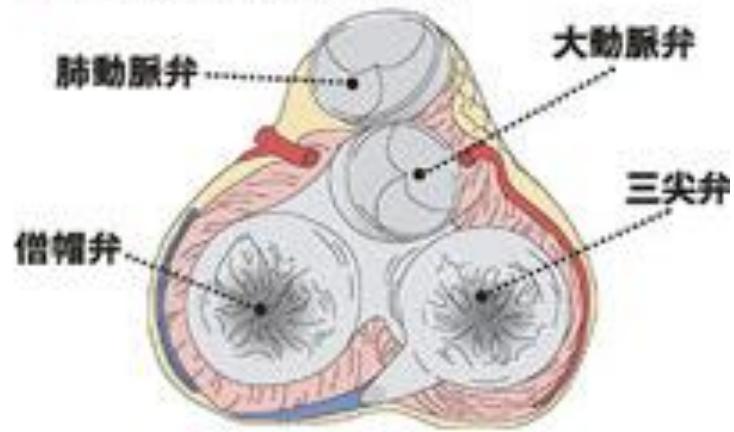
※7 腎臓一体液系による血圧調節(上へ戻る↑)

血圧の変化に対して尿量(循環血漿量)を調節すること。



◆血液の流れと心臓弁

◆四つの弁（上から見た図）

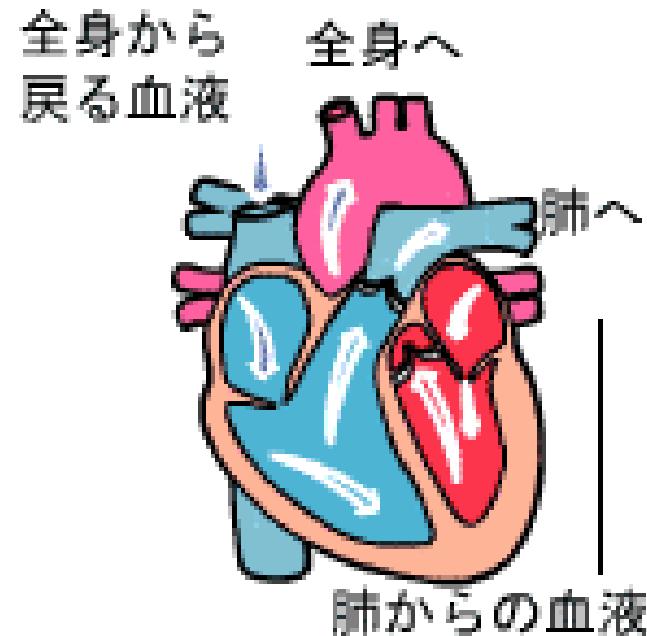
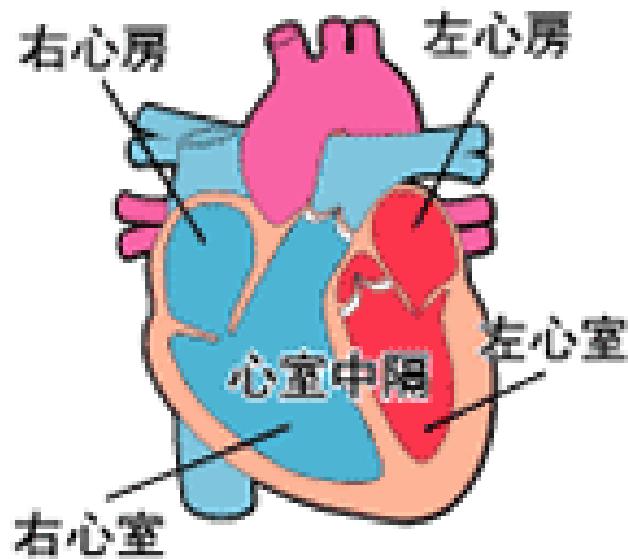


心臓のしくみと働き

- ・ 心臓は全身に血液を送り出すポンプの役目をしています。心臓の重さは、成人で約200～300グラムで、握りこぶしくらいの大きさです。
- ・ 心臓は右心房、左心房、右心室、左心室の4つの部屋にわかれ、右心房と左心房の間には心房中隔、右心室と左心室の間には心室中隔という壁があります。心房と心室の間には弁があります。弁はポンプの動きに応じて開閉し、血液の逆流を防ぎます。

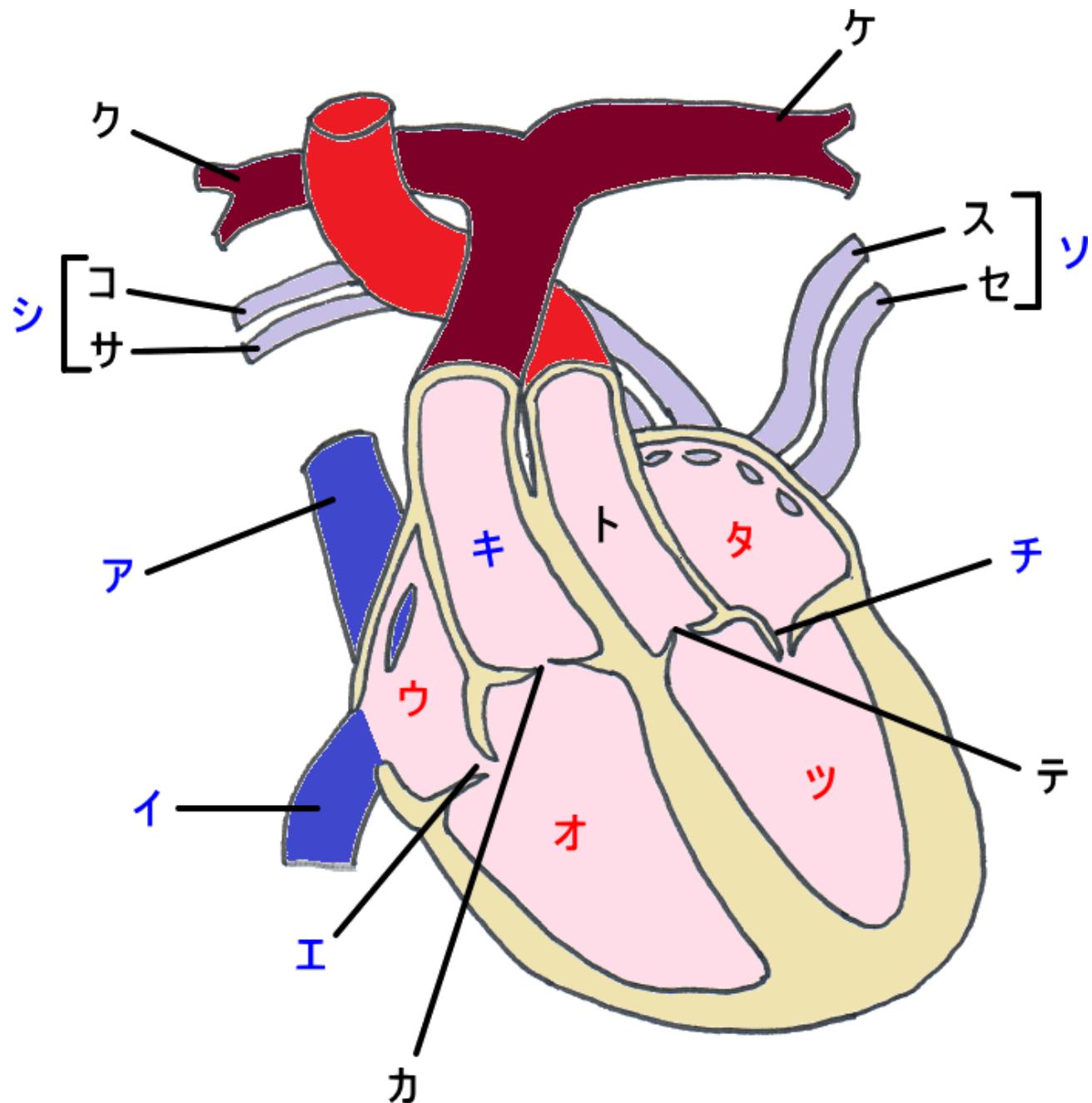
- ・ 心臓はほとんどが心筋という筋肉でできています。この心筋のもつ強い力によって心臓のポンプ作用が起こり、全身に血液を送り出します。
- ・ 血液の循環には、左心室から送り出された血液が全身をめぐって右心房に戻ってくる経路と、右心室から送り出された血液が肺を通って左心房に戻ってくる2つの経路があります。

- ・ 健康な心臓は、1分間に60～100回程度の規則的な収縮を繰り返しています。心臓がこの収縮を続けるために必要な酸素と栄養素を心筋へ運ぶのが、心臓の表面をとりまく3本の冠動脈です。
- ・ さらに、心臓には電気信号を発生させ、それを素早く伝え、心筋を収縮させるシステムが備わっています。これらのシステムによって、心臓のポンプは円滑に動いています。

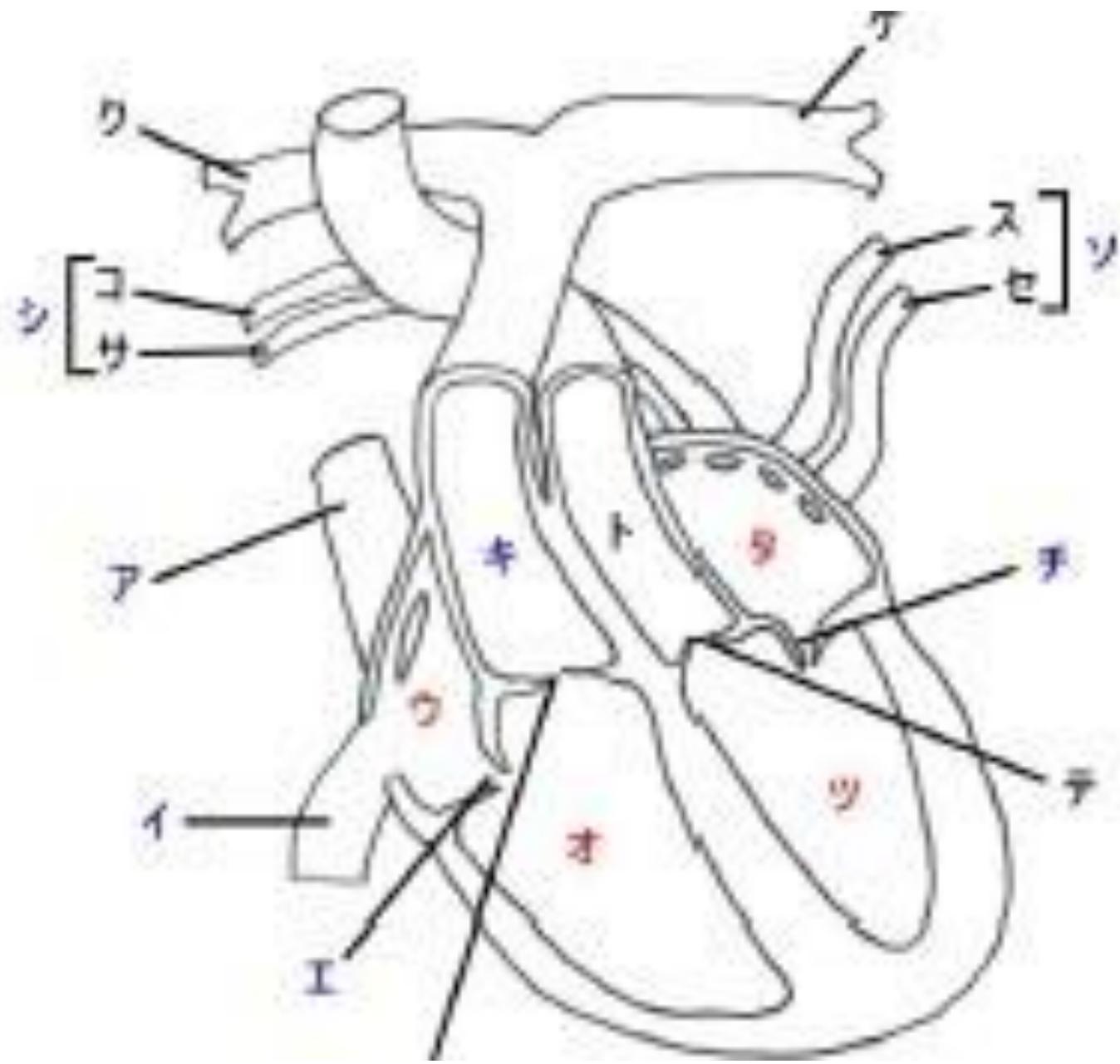


心カテブートキャンプから

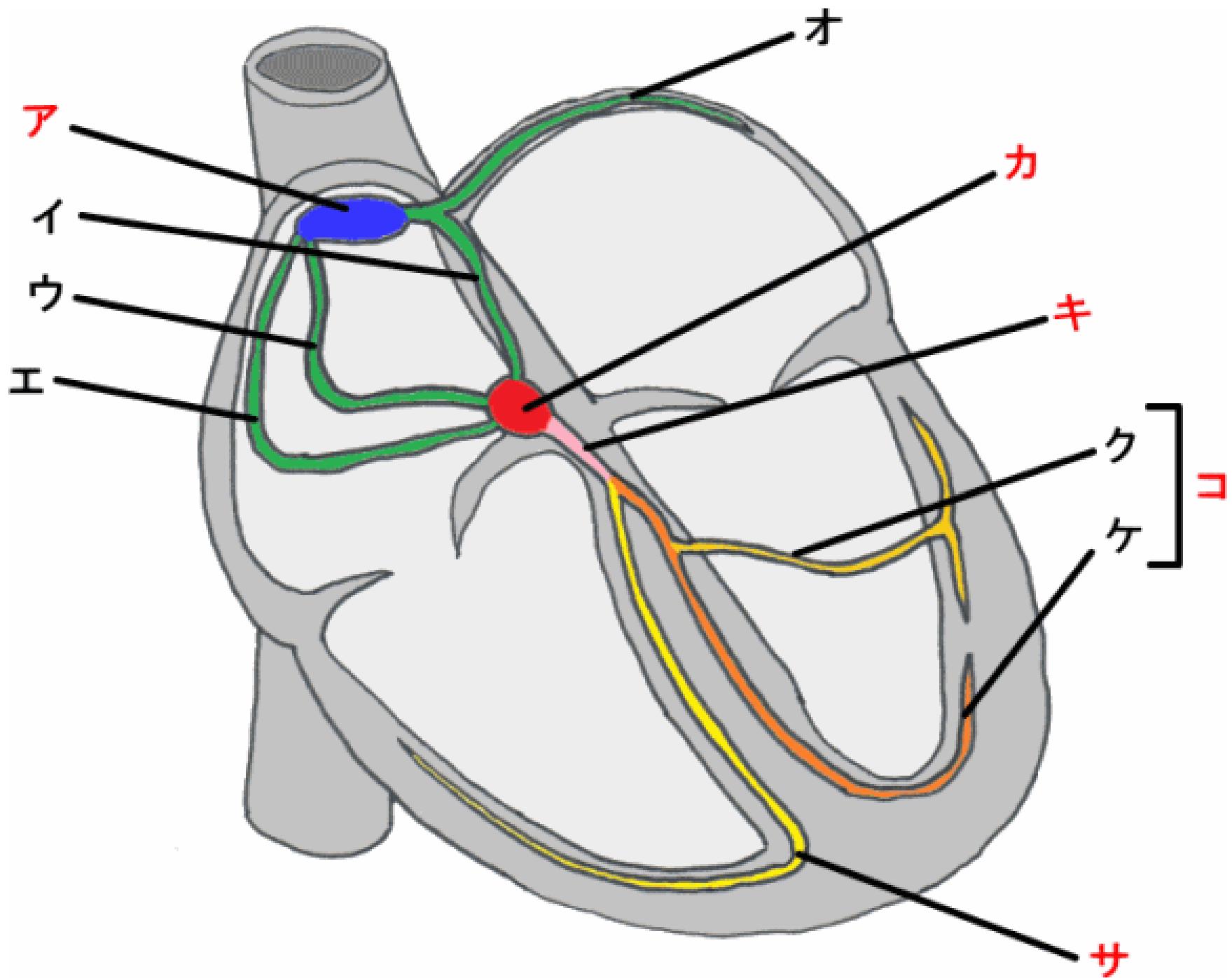
- <http://med-infom.com/?p=82>



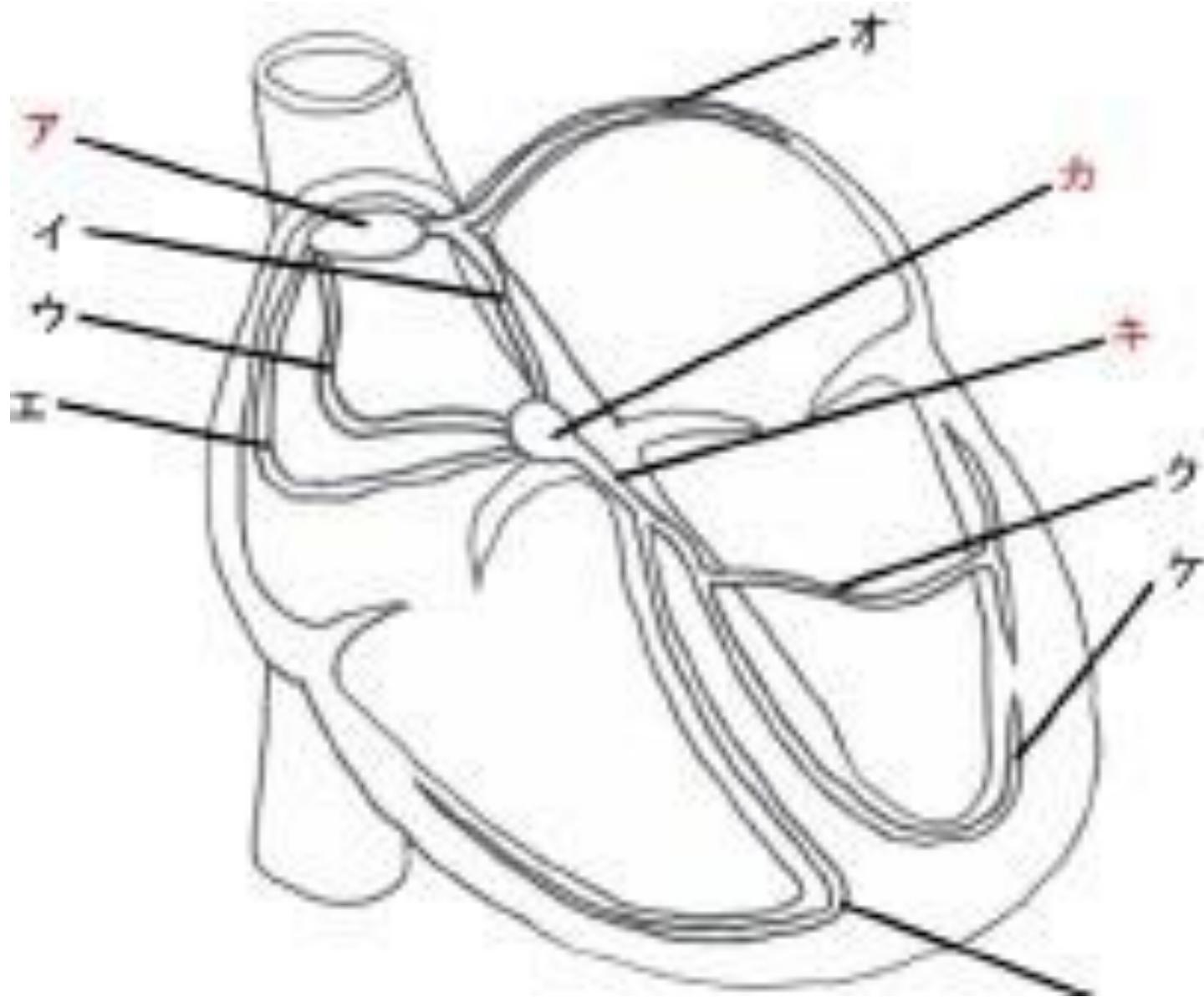
記号	和名	略語	英名
ア	上大静脈	SVC	Superior Vena Cava
イ	下大静脈	IVC	Inferior Vena Cava
ウ	右心房	RA	Right Atrium
エ	三尖弁	TV	Tricuspid Valve
オ	右心室	RV	Right Ventricle
カ	肺動脈弁	PV	Pulmonary Valve
キ	肺動脈	PA	Pulmonary Artery
ク	右肺動脈	RPA	Right Pulmonary Artery
ケ	左肺動脈	LPA	Left Pulmonary Artery
コ	右上肺静脈	RS もしくは RSPV	Right Superior Pulmonary Vein
サ	右下肺静脈	RI もしくは RIPV	Right Inferior Pulmonary Vein
シ	右肺静脈	RPV	Right Pulmonary Vein
ス	左上肺静脈	LS もしくは LSPV	Left Superior Pulmonary Vein
セ	左下肺静脈	LI もしくは LIPV	Left Inferior Pulmonary Vein
ソ	左肺静脈	LPV	Left Pulmonary Vein
タ	左心房	LA	Left Atrium
チ	僧帽弁	MV	Mitral Valve
ツ	左心室	LV	Left Ventricle
テ	大動脈弁	AV	Aortic Valve
ト	上行大動脈	AAo	Ascending Aorta



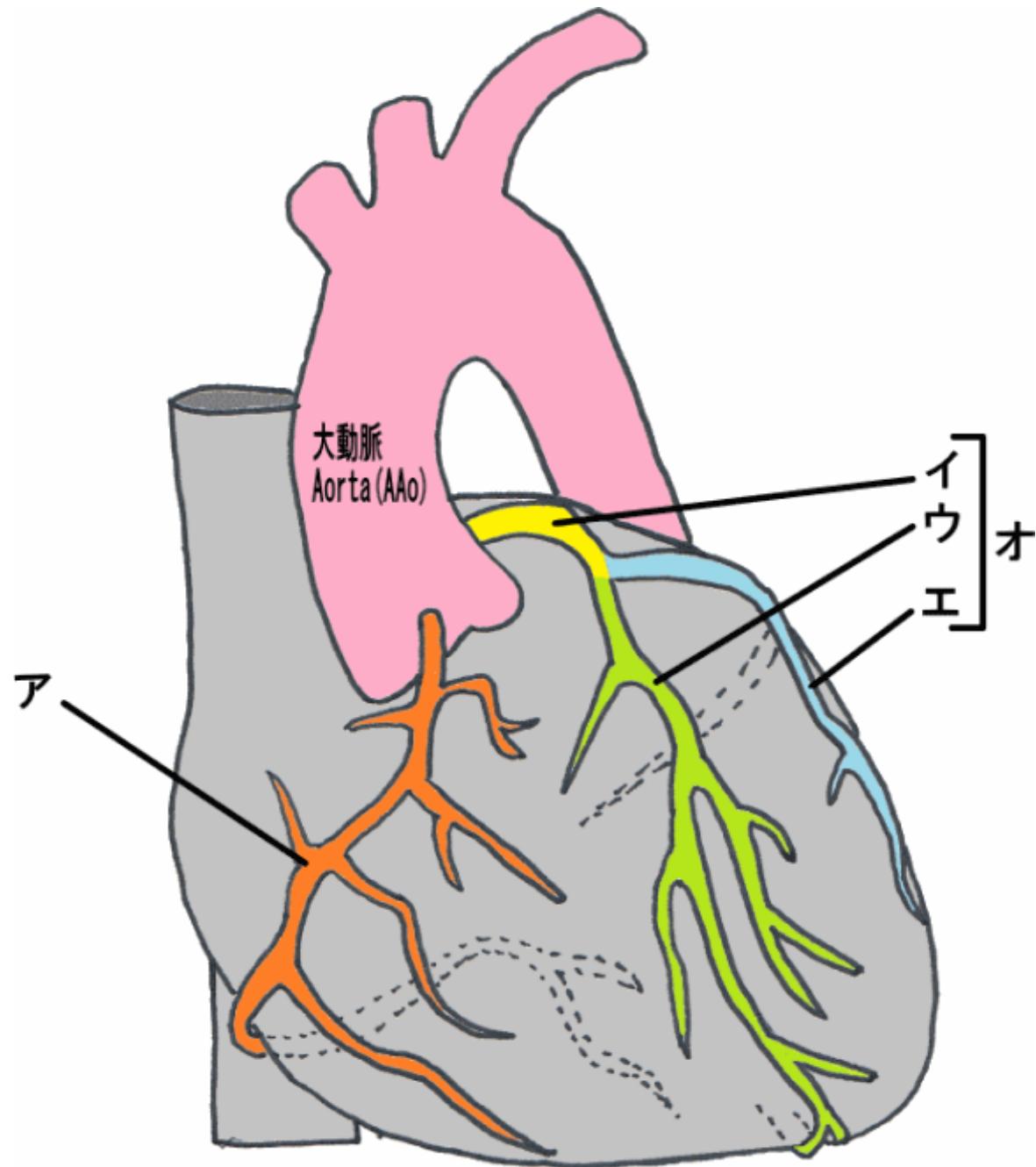
- 心臓の基本構造エクササイズ② 表を埋めて各部位の名前を覚えるんだ！
-
- よーし、その調子だ。上手に塗れているぞっ！
- 色が塗れたら、次は名前を覚えるんだ。
- 心臓の絵のすぐ下に用意してある表に
- 各部位の名称を和名・略語・英名とセットで記入し覚えていこう。
- この時に注意してほしいのが、心カテ室での使用頻度だ。
- 表は、赤→青→黒の順で使用頻度が高くなっている。
- 効率よく覚えるためにも使用頻度の高い『赤』から順に覚えていくんだ！



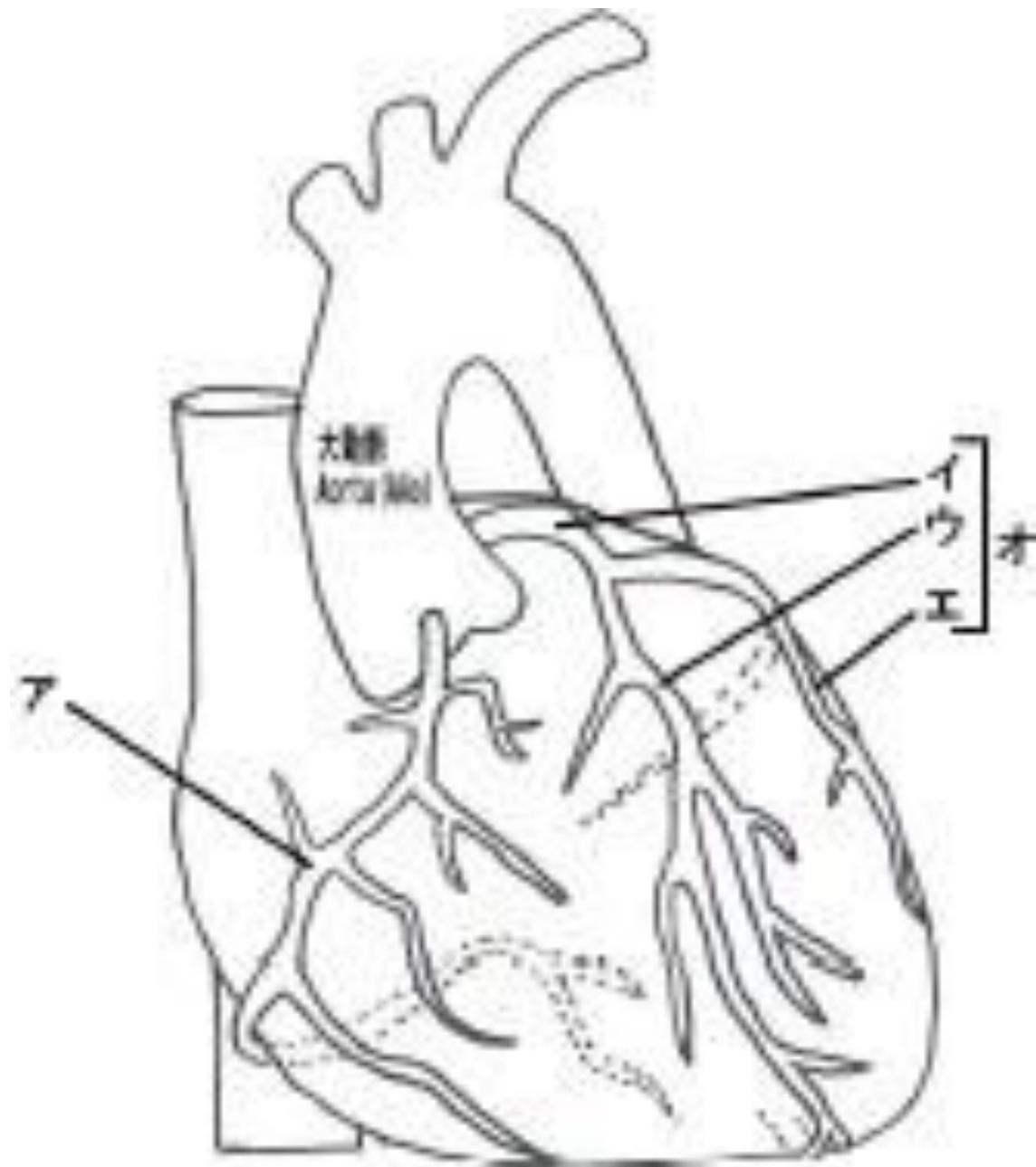
記号	和名	略語	英名
ア	洞房結節	SN もしくは SA node	Sinus Node もしくは Sinoatrial Node
イ	前結節間路	—	Anterior Internodal Tract
ウ	中結節間路	—	Middle Internodal Tract
エ	後結節間路	—	Posterior Internodal Tract
オ	バッハマン束	—	Bachmann's Bundle
カ	房室結節	AV Node	Atrioventricular Node
キ	His束	HB もしくは AV Bundle	His Bundle もしくは Atrioventricular Bundle
ク	左脚後枝	LPF	Left Posterior Fascicle
ケ	左脚前枝	LAF	FascicleLeft Anterior Fascicle
コ	左脚	LBB	Left Bundle Branch
サ	右脚	RBB	Right Bundle Branch



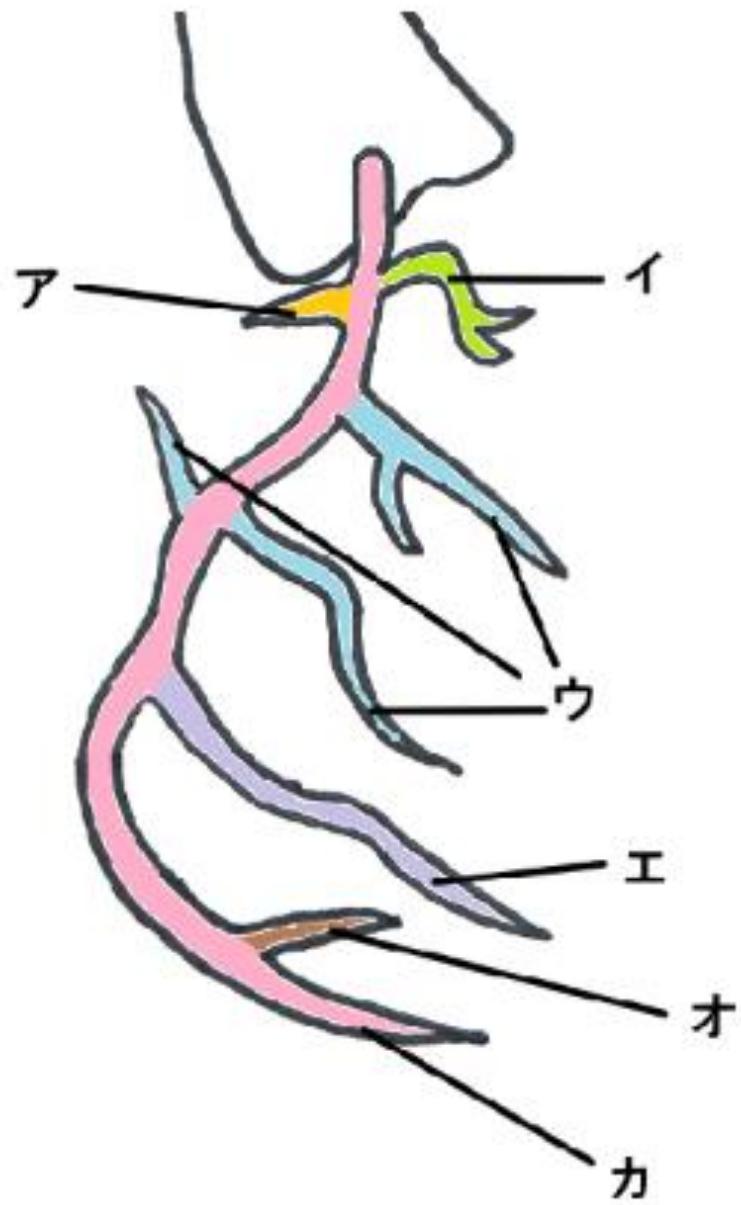
記号	名称	略称	英名
7			
4			
9			
5			
6			
8			
3			
2			
1			
0			
+			
*			
#			
†			



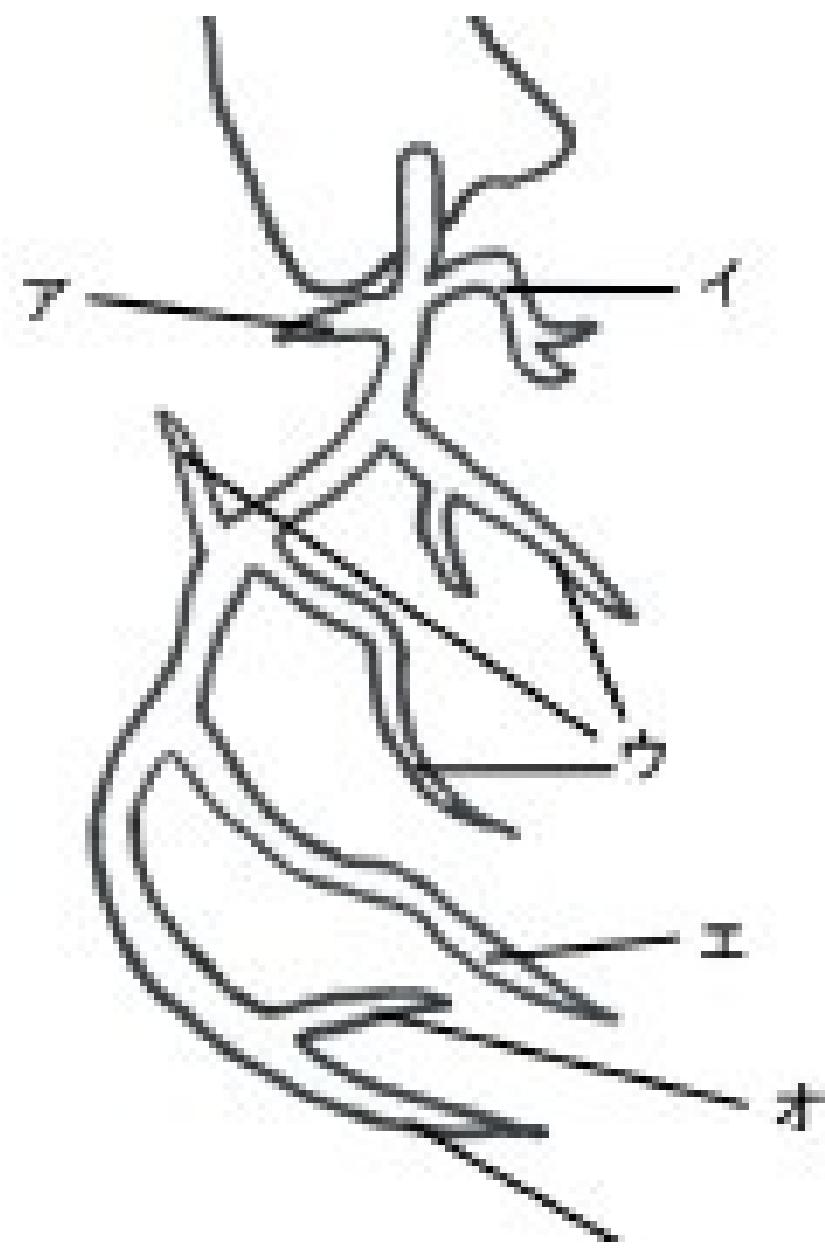
記号	和名	略語	英名
ア	右冠動脈	RCA	Right Coronary Artery
イ	左主幹部	LMT	Left Main Trunk
ウ	左前下行 枝	LAD	Left Anterior Descending
エ	左回旋枝	LCX	Left Circumflex
オ	左冠動脈	LCA	Left Coronary Artery

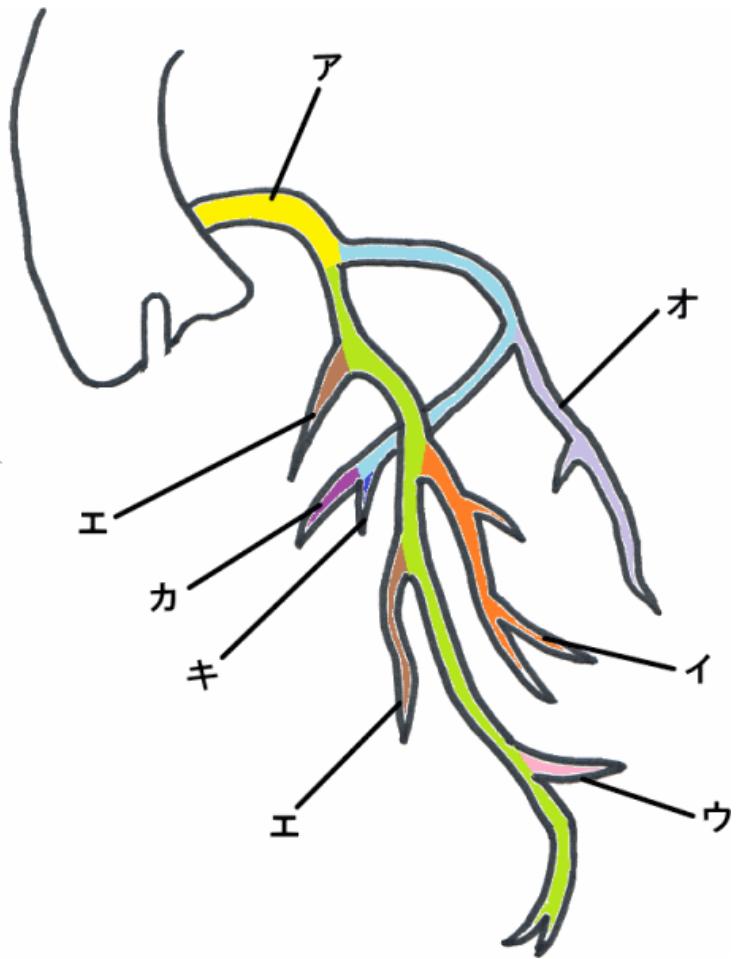


配号	税号	期初	期末
7			
8			
9			
10			
11			

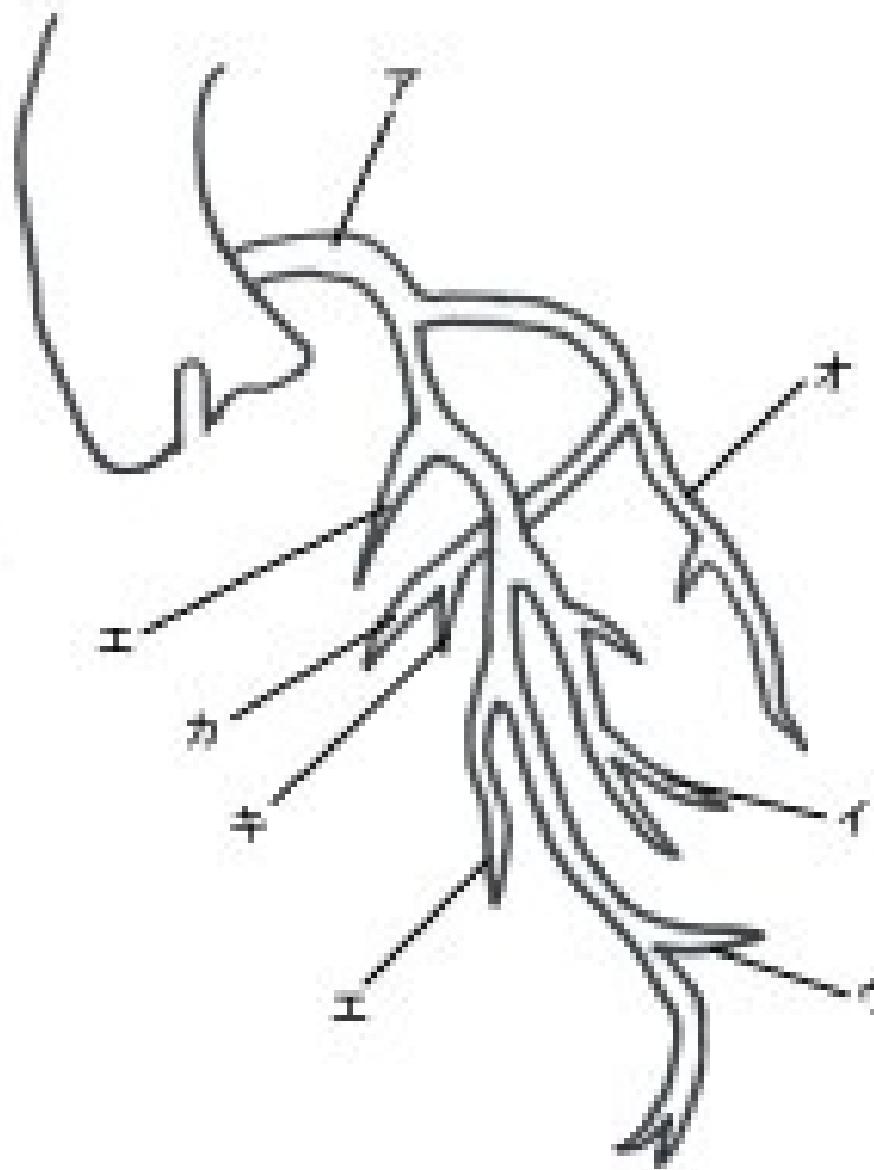


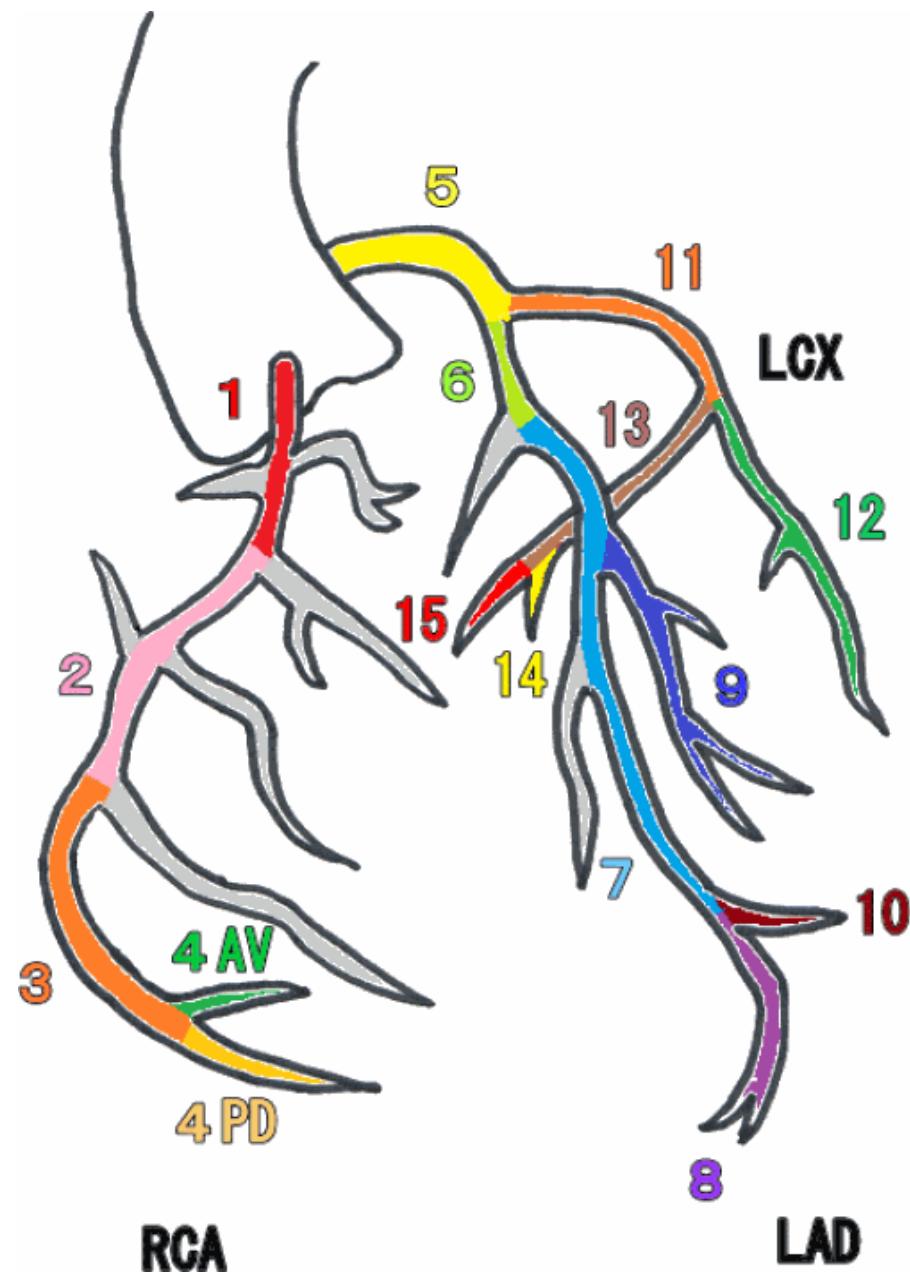
記号	和名	略名	英名
ア	洞房結節枝 もしくは 洞結 節枝	SN	Sinuatrial Nodal branch
イ	円錐枝	CB	Conus Branch
ウ	右室枝	RVB	Right Ventricular Branch
エ	鋭角枝 もしくは 鋭縁枝	AM	Acute Marginal branch
オ	房室結節枝	AV	Atrio-Ventricular
カ	後下行枝	PD	Posterior Descending



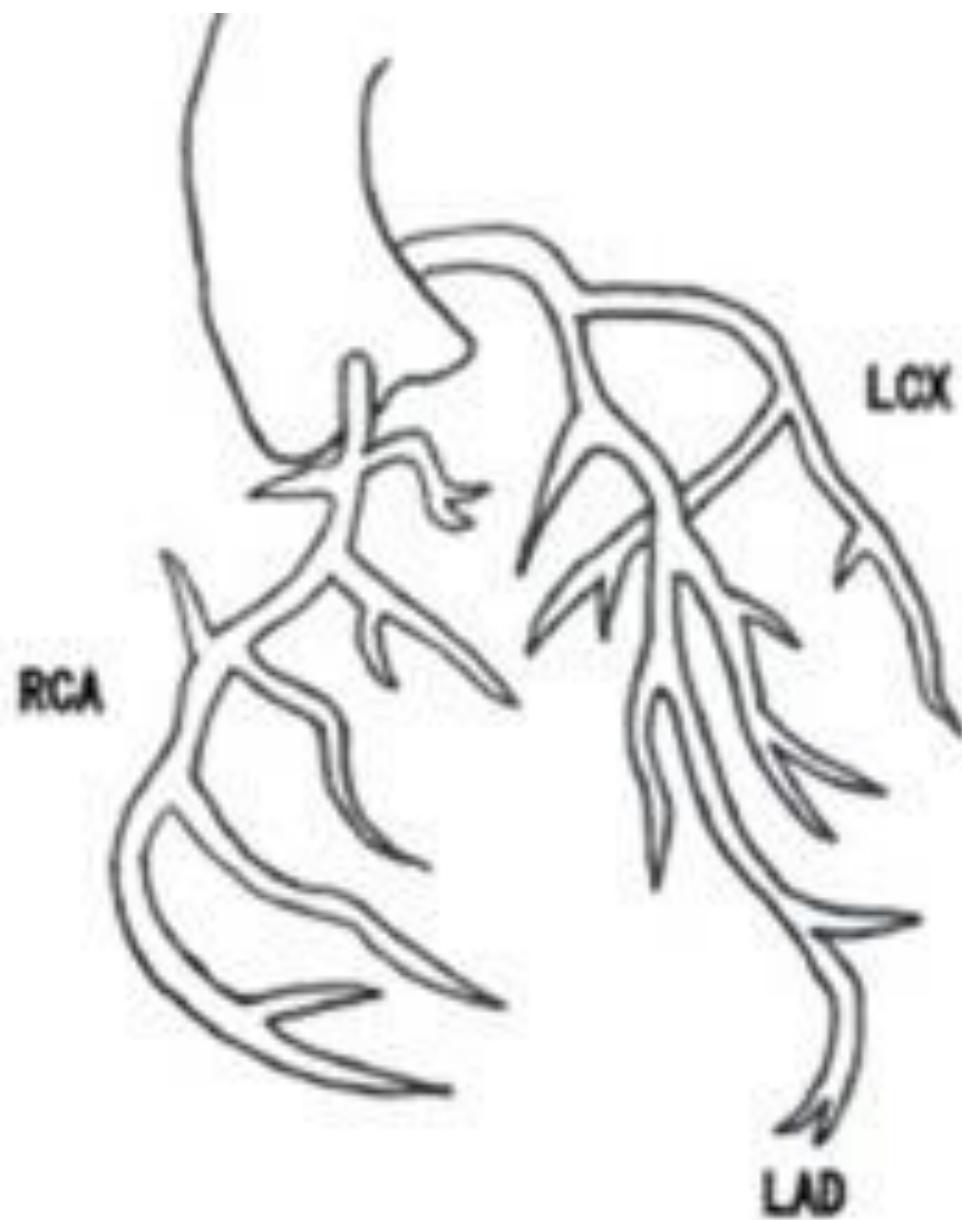


記号	和名	略名	英名
ア	左主幹部	LMT	Left Main trunk
イ(LAD)	第一対角枝	D1	First Diagonal Branch
ウ(LAD)	第二対角枝	D2	Second Diagonal Branch
工(LAD)	中隔枝	SB	Septal Branch
才(LCX)	鈍縁枝	OM	Obtuse Marginal
力(LCX)	後下行枝	PD	Posterior Descending
ヰ(LCX)	後側壁枝	PL	Posterior Lateral





枝の番号	対応する枝の部位
#1	右冠動脈(RCA:Right Coronary Artery)の付け根から右室枝(RVB:Right Ventricular Branch)まで
#2	右室枝から鋭縁枝(AM:Aute Marginal Branch)まで
#3	鋭縁枝から後下行枝(PD:Posterior Descending)まで
#4AV	房室結節枝(AV:Atrio-Ventricular)を指す
#4PD	後下行枝を指す
#5	左主幹部(LMT:Left Main Truck)
#6	左主幹部から1本目の中隔枝(SB:Septal Branch)まで
#7	1本目の中隔枝から第2対角枝(D2:Second Diagonal Branch)まで
#8	第2対角枝から左前下行枝(LAD:Left Anterior Descencing)の末梢まで
#9	第1対角枝(D1:First Diagonal Branch)を指す
#10	第2対角枝を指す
#11	左主幹部から鈍角枝(OM:Obtuse Marginal)まで
#12	鈍角枝を指す
#13	鈍角枝から後側壁枝(PL:Posterior Lateral)まで
#14	後側壁枝を指す
#15	後下行枝(PD:Posterior Descending)を指す



- 冠動脈の名前の由来ですが、
-
- ①栄養領域に由来するもの
- ②見た目に由来するもの
-
- の2種類あります。
- それぞれ具体的に見ていきましょう。
-
-

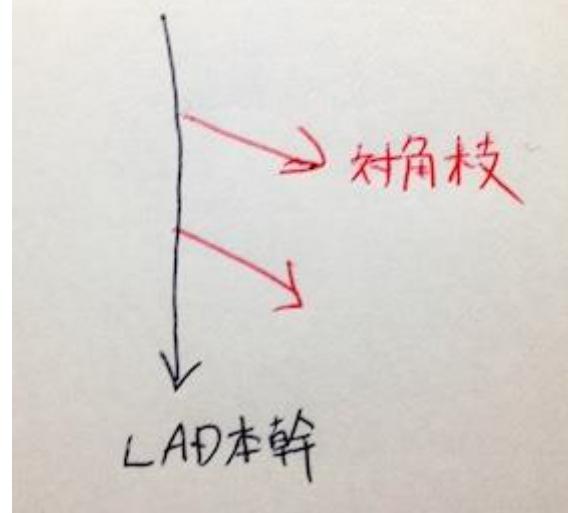
- ①栄養領域に由来するもの
- ・洞房結節枝(洞房結節を栄養)
- ・右室枝(右室を栄養)
- ・房室結節枝(房室結節を栄養)
- ・中隔枝(中隔を栄養)
- ・後下行枝(心臓の後壁から下壁にかけて栄養)
- ・後側壁枝(心臓の後側壁を栄養)
-

- これらは栄養領域に由来する名前です。
- なので、これらの枝が詰まると栄養領域に酸素が運ばれなくなり機能不全になります。
-
- 例えば、洞房結節枝や房室結節枝の血流が滞ると洞房結節と房室結節の機能が低下し、刺激伝導系が機能不全になります。
- 結果、深刻な徐脈を引き起こすのです。
- 右冠動脈へのPCIで一時ペーシングカテーテルを使用するのはこうした背景からきています。

- ②見た目に由来するもの
 - 円錐枝
 - 鋭縁枝
 - 左主幹部
 - 対角枝
 - 鈍縁枝
-
- これらは見た目から由来しているものと思われます。
- 円錐枝だと、見た感じ円錐っぽく見える？とか
- 左主幹部は、見た目的にLCAの幹のように見える？とか
- そういう理由でつけられたんだと思います。

- 対角枝の件ですが、
- これはLADの本幹(#6~8)に対する対角になっていることから来ています。
-
- 心臓を斜め左側から見ると、LADの本幹が真下一直線に伸びるように見えます。
- これに対し、対角枝は斜め下に対角線状に伸びていくため、対角枝と名付けられたんだと思います。
-

対角枝のイメージ
(LAOビュ-)



- ①栄養領域から由来する枝
- Sinuatrial(洞房) Nodal(結節) Branch(枝) → 洞房結節枝
- Right Ventricular(右室) Branch → 右室枝
- Atrio-Ventricular(房室) Branch → 房室結節枝
- Septal(中隔) Branch → 中隔枝
- Posterior(後ろの) Descending(下行) → 後下行枝
- Posterior Lateral(側面の) → 後側壁枝

- ②見た目に由来する枝
- Conus(円錐) Branch → 円錐枝
- Acute(鋭い) Marginal(縁) Branch → 鋭縁枝
- Left(左) Main(主な) Trunk(幹) → 左主幹部
- Diagonal(対角の) Branch → 対角枝
- Obtuse(鈍い) Marginal → 鈍縁枝