

## 4 . からだの仕組みを知る②( 丈夫な馬を育てるために )

# = 心臓の仕組みを知ろう =

元 軽種馬育成調教センター 参与 兼子 樹廣

今号は、消化器系で得た栄養・エネルギーを全身に行きわたらせ、しかも体の中で必要なものを生成させ、不必要となった老廃物などを血管・血液やリンパ管、そして脾臓などを通しふるいわけをさせ、さらに再処理をさせ、再度使えるようにして体中を循環させた後に一箇所に集めている心臓、その心臓について書きます。心臓はもともと血管の一部が拡大・肥厚したものです。

サラブレッドにとって心臓は、速く走るための調教によってスポーツ心臓と言われる心臓肥大になり、しかもあまりにも過酷な負荷がかかるために、ついには不整脈ふせいみやくや心臓衰弱、心臓麻痺、心筋梗塞、心臓突然死などの原因になることも多くあります。

我々人間は、心臓の機能を知るために聴診により心音や心拍動を、あるいは心電計から波形を見て、心臓病の予防や診断をしています。また、心臓は不眠不休の精巧なポンプ作用をもって生命維持に不可欠な器官であることも知識として知っています。しかも人間の心臓も馬の心臓も大きさに違いのあるものの機能的には何ら違いの無いことも知っています。

最近の人医学界では、睡眠中に不整脈を起して突然死する特徴的な心電図（ST波の上昇と言って心臓が突然細かく震えだす心室細動の発生）を捉える方法の改善、心臓を異常に収縮させて心不全を起す遺伝子を抑える物質の発見、また心房細動といって心房が震えて不整脈がおこり脳卒中の引き金になっていること等々、心臓に関する研究が盛んに行われ、しかも心臓疾患の予防を最終目的に行われています。

しかし、馬世界にいる我々は、心臓とはどんな仕組みをしているものなのか本当に知っているだろうか、読者とともに体にとって最も大切な心臓についてこれから解き明かしてみようではありませんか。

### 1 . 位置と心拍数

- ①ウマの心臓は第Ⅲから第Ⅵ肋骨の間で、体の正中線(背骨)よりやや左側に位置していますので、**心音は体の左側**の心臓のある肋骨の部位でしかも髻甲きこうから下ろした約2/3付近の線と交わった部位で聴くのが最適です。
- ②**サラブレッドの心拍数**しんぱくすうは競争中最大220～240回/1分間に達し、通常は安静時で30～40回程度ですしたあご（下顎の血管でも触って測れます）。
- ③**サラブレッドの心臓の大きさ**は、長期間の調教を積むことによって未調教馬の約20%増となり**(心臓肥大の状態)**、調教を休み休養した場合は元の心臓の大きさに戻ってしまいます。
- ④**心拍数は、生まれてから死ぬまでの間に打つ数がどんな動物でもほぼ等しい**のです（約8億回）。短命なハツカネズミは1分間に約600回、長命なゾウは1分間に約30回位です。このことは一般的に、1分間の心拍数の多い動物は短命で、少ない動物は長生きであることを示しているのかもしれませんが。

## 2. 心臓の形状

- ①心臓はほぼ円錐形（ハート形）をし、底部を心底、尖端部を心尖と称し、心底部には心冠溝を境として大動脈と肺動脈を挟んで左心耳と右心耳を持ち、その内腔を心房と言います（図 - 1）。
- ②心房の下側の腔を心室と呼び、それぞれ左右の心房と心室には室を分けている隔壁があり、それを心房中隔と言ひ、心室にも中隔があり4室に区分けしています。しかも房と室には房室弁があります。右側の部屋の弁を三尖弁、左側を二尖弁（僧房弁とも言う）と呼びます。また、肺動脈と大動脈の心室内腔への出入口には半月弁と言う弁を持って血液が逆流しないようにしています（図 - 2）。
- ③右の心房中隔壁には、胎生期に活用している動脈管（ボタロー氏管・卵円孔の閉鎖した痕跡）である卵円窩と言う孔があります。この孔は小指の頭が通過する程度の孔で、出生直後に間もなく閉鎖して動脈管索と呼ばれる部位になります。この部は図 - 1に示したように成馬では肺動脈の起始部と大動脈根部との間に索状の靭帯として残っています。奇形でふさがらなかった場合は唇が紫色になります。
- ④右の心室は、左心室の壁に比べ薄くしかも内側に湾曲して、室には全身を回ってきた静脈血をいれ、心尖に達しています。左心室は、右心室壁の約2倍で、内空には肺から流れてきた動脈血を入れ、狭いが心尖にいくにしたがい心筋の厚さを減じています。
- ⑤心臓の構成は、心筋線維（心筋）を主体とし、その外側を心外膜、内面を心内膜で被い、心外膜の外側にはさらに心嚢と言う膜で内腔に心嚢水をいれて心臓を保護しています（図 - 1）。

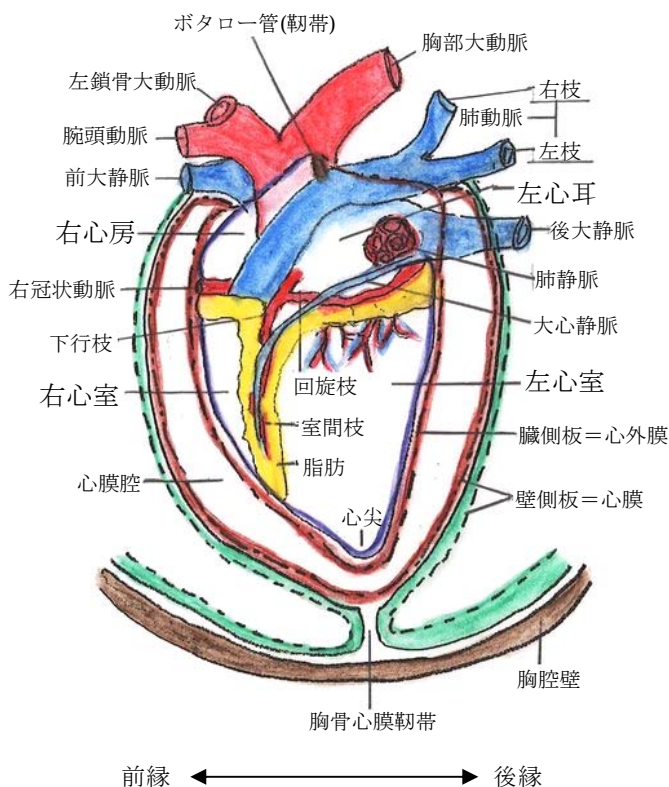


図 - 1 心臓（外側壁）の名称と心膜（心嚢）の模式図

この心臓の外形模式図は体の左側でやや後縁（横隔膜側）から見た状態を示しています。心臓は図の右冠状動脈や回旋枝から上側を心房、下側を心室と言ひ、内腔はそれぞれ左右に4室に分けられ心膜（心嚢とも言う）につつまれています。なお、後大静脈は後方に実在する右心房へと連絡することになります。

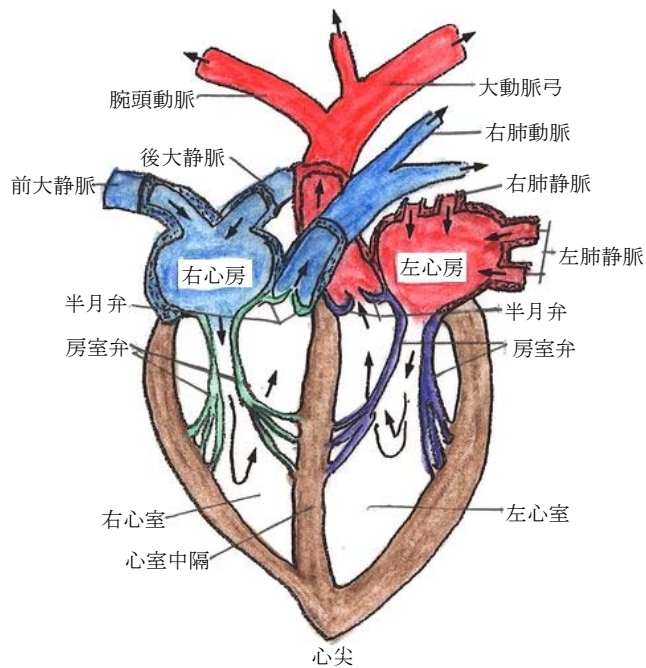


図 - 2 心室と大血管の血液の流れ図

心臓へ出し入れする血管は静脈血を大静脈から右心房そして右心室へと流し、次いで肺動脈から肺へ、肺から酸素の多い動脈血を左右肺静脈を通じ左心房そして左心室、さらに大動脈から全身へと血液を流しています。

### 3 . 心筋線維

- ①心臓をつくっている筋線維である**心筋**は骨格筋ほど分化していないが**横紋筋**で、心房の筋層は2層からなっていますが、心室の筋線維層は3層からなっています。**心筋細胞**は線維のほぼ中央部に1ないし2個の核をもっていて**細胞同士が電氣的に連結しているため**、心房や心室は1個の細胞のように**自動能をもって動くことができます**。
- ②心筋線維は胎生の早期に**間葉組織**から発生し、出生前に**有糸分裂**を終えてしまっているために、**生後の激しい運動・スポーツなどによって個々の心筋細胞が大きくなり**（難しく言えば、ミオフィラメントとその束である**筋原線維**の数の増加をする）**心臓肥大**という現象をおこして**心臓のポンプ作用を担っています**。
- ③**サラブレッドの心臓**は、調教の影響によって起こる**所謂スポーツ心臓**といわれる状態になり、ヒトの16倍ほどの大きさで、体重比に概算して2倍以上の大きさになります。

### 4 . 刺激伝導系 (図 - 3)

- ①**刺激伝導系**とは、**心臓が一定のリズム**で自動的に興奮が起こり**収縮**と弛緩を**一生涯繰り返す**（微弱な電気現象が心臓の運動性・興奮性刺激となって伝導する）**機能を統括して呼びますが**、その刺激の伝達路は順に**洞房結節** **房室結節** **房室束（ヒス束）**へと進みます。
- ②**洞房結節**とは；右心房静脈洞付近にある特殊な線維の塊で自動的に起こる**電氣的な興奮・電位の発端部位**です。
- ③**房室結節**（田原の結節とも言う）とは；日本人の田原博士が世界で初めて見出したことから田原結節の名がまだについています。この結節は右心房の**冠状静脈開口部**付近の壁にあり筋線維が網状になった塊で、刺激伝導系は洞房結節からの興奮を受け、**この興奮を房室束に伝えています**。心臓の自動能の中核となる**大切な部位**であるため、周囲を心軟骨で確りと保護・ガードしています。

④房室束（ヒス束）とは；房室結節から連続した線維の束を心房壁と心室中隔の心内膜側に沿って2枝に分枝して左右の脚きゃくとなり、さらに両心室壁に数条に分岐した線維（プルキンエ線維とも言う）を分布して興奮を伝えています。

これらの刺激伝導系がうまく作動しなかった時の心臓は異常な運動を起こしてしまい所謂心臓病になります。

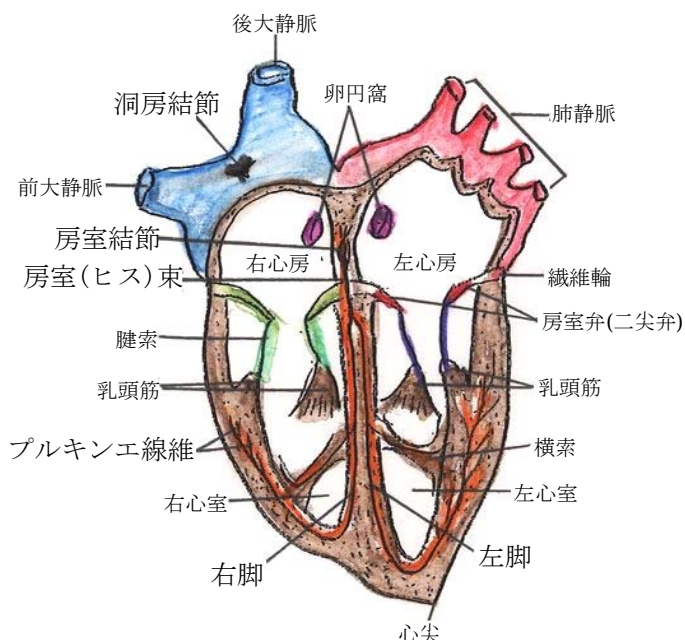


図 - 3 心臓の刺激伝導系の模式図

心臓は洞房結節から弱い電流（興奮）が発せられ、房室結節に集められ心臓の中隔を通るヒス束から心室壁のプルキンエ線維へと伝えられる経路を刺激伝導系と言いますが死に至るまで自動能をもって働いています。

## 5 . 心臓の神経

心臓は、刺激伝導系による自動能とは別に心臓の働きを促進する交感神経そくしんと抑制する迷走神経よくせいの二重支配を受けています。興奮したり驚いたりした際に心臓は止まることなく急にドキドキし始めたり、リラックスしていると心臓の拍動が収まるのはこれら心臓神経の刺激によって副腎から出ているホルモンの作用なのです。

## 6 . 心臓の血管

心臓の動脈は心底部を取りまく左右の冠状動脈かんじょうどうみやくとその下行枝である室間枝しつかんしが静脈とともに走り最終的にはすべて右心房の冠状静脈洞の開口部に集まります。これらの血管が詰まると心筋しんきん梗塞こうそくや狭心症きょうしんしょうになります。

## 7 . 心電図の基本波形と心臓の興奮波形（図 - 4）

一般に馬で行われているA B誘導ゆうどう（心尖-心底誘導しんせん；双極誘導しんていゆうどう）という方法で得られる波形を述べると、

- ① P波：最初に現れる振幅の小さい、2つに峰分れした陽性の波で、心房の興奮しんぶくによって生じます。
- ② QRS群：第2番目の小さい陽性波と、それに続く振幅の大きい陰性波として現れる動きの速い波。心室内の興奮の伝導みねわかによって生じます。

- ③ **T波**：第3番目の、動きの緩やかな陰性・陽性型または陽性の波です。心室の興奮がさめる際に生じます（興奮の消退する過程の波）。
- ④ **PQ間隔**；心房の興奮から心室が興奮し始めるまでの間（心房と心室間の興奮の伝導時間）。
- ⑤ **QRS間隔**；心室が興奮し始めてから興奮の極期に達するまでの間。
- ⑥ **QT持続時間**；心室が興奮し始めてから興奮がさめるまでの間。
- ⑦ **PP間隔**；心房が興奮し始めてから次の心房興奮が始まるまで、すなわち心拍動の周期を言います。
- ⑧ **ST間隔**；心臓の興奮の極期を言います。

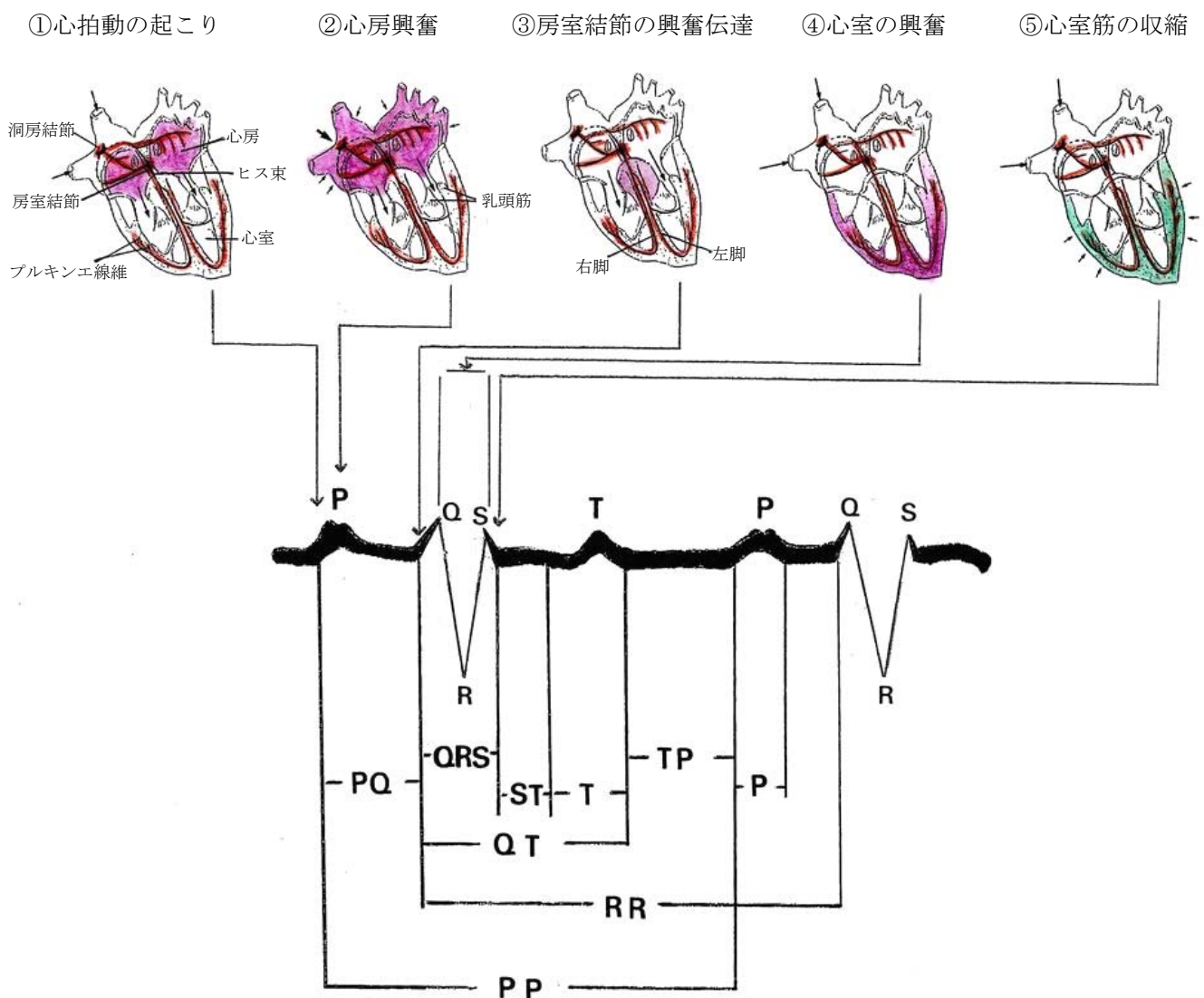


図 - 4 心臓刺激伝導系と心電図波形

興奮する心筋細胞の活動電位が規則正しく伝導されるので、その電気的な波形を捉えて図形化したのが心電図です。この図は心臓が興奮と収縮を繰り返す様子を心電図と連携させて示していますが、心臓の病気の部位や機能異常が把握される仕組みはこの心電図の波形から得ているのです。

## 8 . 心電図と主な心臓異常

- ① **ST・T波の低下** ; 心冠動脈不全あるいは心冠動脈機能不全を疑います。
- ② **STの上昇、深いQおよび鋭いT棘** ; 心冠動脈の閉塞による心筋梗塞を疑います。
- ③ **心電図の低電位差** ; 心内膜に液体が貯留する心内膜炎を疑います。
- ④ **刺激生成異常** ; 洞房ブロック、房室伝導障害 (不完全と完全ブロックがある)、脚<sup>きやく</sup>ブロック、WPW 症候群などと言われる病気を疑います。刺激伝導系に障害が起こると、心臓の拍動に大きな障害を起こすことになるが、特に左心室の機能障害は死に至る致命的な障害となります。
- ⑤ **ウマの房室不完全ブロック** ; 心房の活動を示すP波はあるものの、QRS群が消失します。これは、房室結節からの刺激が心室まで伝導しなかった刺激伝導系障害を示しています。この場合は、聴診上、**結滞脈 ( 間欠脈とも言う ) を聞くことになります。**
- ⑥ **完全房室ブロック** ; 心房から心室への伝導が完全に断たれると心房と心室が全く無関係に収縮してしまい、**不整脈**が出現します。また、房室結節から出ている脚 (ヒス束) の内、一方だけに障害があった場合は、左右の心室の収縮が同時に起こらないので**脚ブロック**と言う現象がみられます。
- ⑦ **ウマのWenckebachの周期** ; PQ 間隔 (房室間の刺激伝導時間)<sup>ぜんじえんちよう</sup>が漸次延長して房室ブロックが起こった場合を言います。
- ⑧ **ウマの心室性期外収縮** ; P波からT波までの波形が不規則で、しかも心室群の波形に先行するP波が消失します。この場合は不整脈として聴診されます。

## 9 . 各動物の心臓比較

種	心臓の重さ g / kg	心拍数		血圧
		安静時	運動時	平均血圧
ウマ	6.8	28 ~ 40	180 ~ 240	115
ヒト	5.9	60 ~ 80	100 ~ 200	100
イヌ	8.0	70 ~ 120	220 ~ 325	100
ネコ	-	80 ~ 150	-	-

## 10 . 心臓のノウハウ

- ①心臓は、全身に血液を循環させる**不眠不休の精巧なポンプ**で生命維持に不可欠な器官です。
- ②心臓は**4つの室**に分かれていて、左右の心房と心室の境界にある血液の出口と入り口には**4個の弁**があります。右室側の**三尖弁**と左室側の**僧房弁 (二尖弁)**は血液が心室から**心房へ逆流するのを防ぎ**、半月弁である右室側の**肺動脈弁**と左室側の**大動脈弁**は心臓から押し出した血液が**心室に逆流するのを防いでいます**。これらの弁が狭くなったり、しぼんだり、閉じなくなった病気を**心臓弁膜症**と言います (図 - 5)。

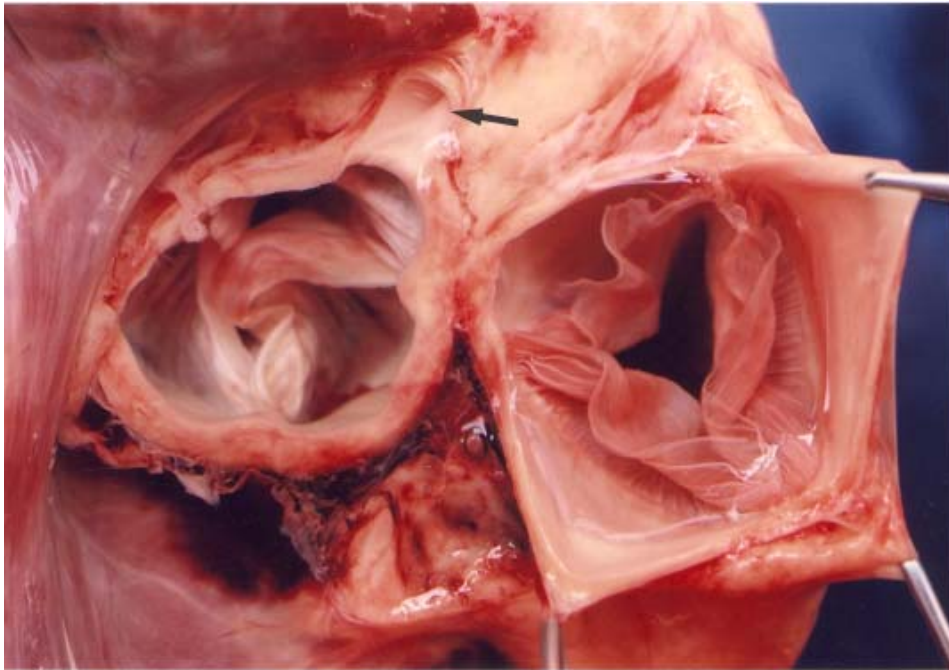


図 - 5 肺動脈弁閉鎖不全症の弁

肺動脈弁（鉤で開大している側の弁：半月弁）は健常では3個の弁の辺縁が真ん中で確りと合わさって塞がる（半月弁結節と呼ぶ状態）が、血管腔は小児の拳大こぶしだいに開いて弁の閉鎖不全の状態となっていたため、血液が逆流して生前には激しい心雑音を発していました。長期間であったため肺動脈起始部の動脈壁は薄く（約2mm以下の厚さ）になっている。しかも心嚢水は軽度に濁り増量。肺全体の気管支から小葉間細気管支の粘膜は肥厚し、多量の滲出物を容れ狭窄していたことから肺動脈弁閉鎖不全による慢性閉塞性肺疾患（COPD）と診断されました（原因は不明）。症例は去勢馬、18歳、生前には慢性気管支炎と診断されていました。

なお、図の肺動脈の左側の血管は大動脈でほぼ正常な半月弁で、→印は心臓に血液を供給している左冠状動脈口を示しています。

- ③心臓は自動能で動きそれに伴って拍動していますが、その元は大静脈の傍もとにある右心房の洞房結節そばで、その部の筋細胞がひとりで動き、そこで生まれた1,000分の1ボルト程度の微弱な電氣的刺激が心筋に伝わって心臓が拍動（収縮と拡張）していることから、洞房結節はペースメーカーの役割を果していることとなります。
- ④働き続けている心臓は心臓の表面を覆っている冠状動脈を流れる血液（全身血液の約20分の1と高い比率）によって十分なエネルギーとして酸素と栄養を補給されています。冠状動脈の異変は酸素不足により心筋梗塞などになります。
- ⑤心筋細胞が収縮や拡張をするたびに発生する微弱な活動電位・電氣的現象を増幅して記録したのが心電図です。したがって心電図は、刺激伝導系に起こった活動電位の異変を捉えて、脈の乱れる不整脈や心筋梗塞などの心臓疾患の診断に用いられています。
- ⑥心臓の拍動・脈拍は自律神経やホルモンが調節しています。例えば、自律神経は運動などで酸素を消耗した体には酸素の多い血液を送り、緊張やストレスがある時は副腎からアドレナリンの分泌を増やし、心臓の拍動を増加させます。その自律神経のうちの交感神経は心臓の拍動数を増やし収縮力を強める働き、副交感神経（主に迷走神経）は逆に心拍数を少なくする働きをしています。

す。

- ⑦心拍出量とは心臓の左心室から1分間に送り出される血液の量を言い、成人で安静時には毎分5ℓ、馬で25.3～35.5ℓになります。心臓の1回の収縮で送り出される血液量のことを1回拍出量と言い馬では800～900mlです。
- ⑧血圧とは心臓の収縮で送り出された血液が動脈壁に加える圧力を言います。血圧を上昇させる原因には3つあります。1に心臓からの送り出す血液量が増えた時；ストレスや感情の動揺<sup>どうよう</sup>→交感神経が働く→副腎からアドレナリンと神経末端からノルアドレナリンの分泌→心拍出量の増加→血圧上昇。2に末梢<sup>まっしょう</sup>の血管抵抗が増し血液が流れ難い時；コレステロールなどで動脈壁の硬化 内腔が狭くなる、またはストレスなどで交感神経が働き血管収縮 血圧上昇。3に腎臓に病気がある時；血液量が減る 腎臓が血圧を上げて血液量を増やそうとする 血圧上昇（次号は血管や血液について書きます）。