

4 . からだの仕組みを知る②(丈夫な馬を育てるために)

= 血管や血液の仕組みを知ろう =

元 軽種馬育成調教センター 参与 兼子 樹廣

心臓のポンプに押し出された血液は、全身に張り巡らされた動脈と静脈の通路(血管)を流れているが、自力で血液を運ぶ動脈と他力本願の静脈の流れ、その間に細菌を撃退する砦となって全身に広がったリンパ節からのリンパ管がリンパ液とともに静脈に流れ込んでいます。

血液は全身の細胞に酸素と栄養素を運ぶ運送屋ですが、赤血球には酸素を運ぶヘモグロビンを持ち、白血球が有害物質を殺す仕組みを持ち、血小板が傷口を血で固める仕組みを持ち、これらは全て骨髓に製造工場を持っています。また脾臓は古くなった赤血球を破壊して体に必要な物質に変える働きをしています。

人医界では、これら血液循環系の機能や仕組みを上手に利用しているような病気や予防に役立てています。例えば、免疫力を高める「自律神経免疫療法」が行われています。これは人間が本来持っている免疫力を更に高めて、疲労やストレスから起る胃潰瘍や癌の治療に役立てようとする療法です。環境の変化やストレスは交感神経に影響を及ぼし白血球のなかにある好中球などの顆粒球とリンパ球のバランスを崩し、顆粒球が増えすぎて胃腸の粘膜を破壊し胃潰瘍や癌の発症要因になるとする研究から起こっています。また、免疫は体内に侵入してきた病原体などの異物すなわち敵である抗原を認識し攻撃するのが主な働きです。その免疫担当細胞の主体はTリンパ球ですが、誰が敵かを素早く認識しTリンパ球に教えるのが樹状細胞と言う血流中に少量ある細胞です。そこでこの細胞を研究室で増やして体内に戻しTリンパ球に情報が効率よく伝えられ癌にある特別な抗原を素早く探して攻撃する研究がなされています。

赤血球にあるヘモグロビンを増やしてアスリートの持久力を高めることを目的に高地トレーニングがおこなわれています。ウマにも応用可能なのだろうか。

恐ろしいことに、最近、一部のスポーツ選手の間で遺伝子ドーピングが行われていると聞きます。最先端の医学を悪用した遺伝子ドーピングには様々な方法があるものの、その一例として、本来は悪性貧血の治療のための医療技術であった造血ホルモンのエリスロポエチンを作り出す遺伝子を無毒化したウイルスにはめ込んで感染させ体の中で増殖させる方法で、これをスポーツ選手は高地トレーニングに変えて赤血球を増やし持久力を向上させようとする安易な手法に応用しているらしい。また、ある特定の筋肉の筋力を増強させたい筋肉に筋肉成長に関する遺伝子(筋肉成長を抑制する因子をブロックする遺伝子)を直接注入する方法などが行われていると聞く。

今号にはこれら血管、リンパ節、脾臓、そして血液成分をいろんな角度から解き明かし、誰よりも速く走れる馬、そして健康な馬づくりの足がかりを得ようではありませんか。

1. 血管について

血管とリンパ管を含めて **脈管系** みやくかんけい と言うが、ともに物質代謝のための体液を循環させる経路なのです。

血管系は、血液が一定の方向へ流れる仕組みをとるために **心臓** が血液循環の原動力となり、**動脈** へ血液を送り込みそこから各器官に密に流れて栄養分を分布する **毛細血管** もうさいけっかん、そして集められた血液が静脈を経て心臓に **還流** かんりゅう される仕組みをもっています（血液は心臓からほぼ2～3秒で体内の全ての部位に到達する）。

血液循環には、右心室 肺 左心房へ還流する **肺循環**（小循環とも言う）の経路と、左心室 大動脈 小動脈 毛細血管で全身各所へ酸素や栄養素を届け、交換に炭酸ガスや老廃物 ろうはいぶつ を受け取って 小静脈 静脈 大静脈 右心房へ還流する **体循環**（1周約20秒；大循環とも言う）の2系統からなっています。

血管の中には **体重の約13分の1の量の血液が流れています**（体重500kgの馬は約38.5リットルの血液が流れていることになります）。

1) 動脈

動脈の構造は、**内膜・内皮**、**中膜**、**外膜** からなり、**内膜** ないまく は管腔の内面を覆う一層の内皮細胞、**次いで** 血圧に対応する **内弾性板** ないだんせいばん からなり、**中膜** ちゅうまく は平滑筋 へいかつきん からなり、**外膜** がいまく には線維性結合組織が周囲の組織と結合して動脈を固定しています（図 - 1）。

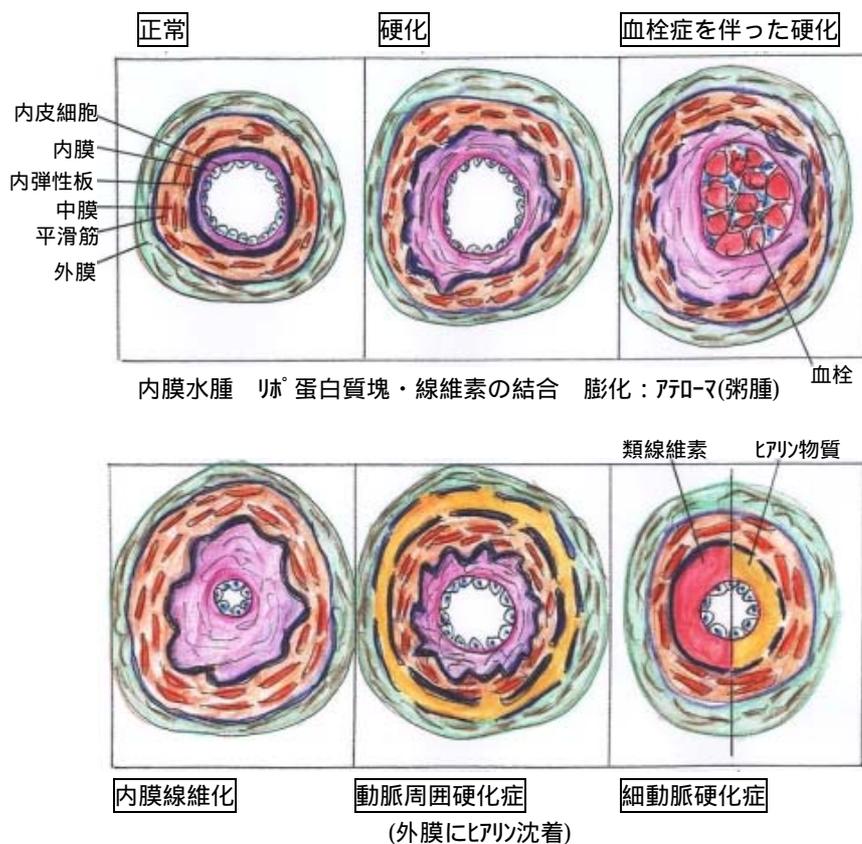


図 - 1 動脈（筋型動脈）の構造と病変の模式図

上段左に正常な動脈を示すが、血管には動脈硬化や血栓など恐ろしい病気が沢山あることから、動脈硬化を基本に図で示した。

しかし、馬の動脈には寄生虫による病気がいろいろなところで見られます。最も多いのは^{えんちゅう}円虫による病害で、安住の地は盲腸や結腸ですが成虫になる過程で血管内に入りいろいろな悪さをします。例えば、血管内膜炎^{けっせん}や血栓^{せんつう}などによる^{はこう}疝痛^{くちゅう}や跛行です。日頃の駆虫が大切です（図 - 2）。



図 - 2 幼駒の円虫寄生による動脈の病変

上段の図は円虫の幼虫が成長の過程で腹大動脈の中に入り血管内膜の下を這いずり回ったあとの傷で糸状の隆起線形成といえます。この傷から下段の図のように血栓ができます。この血管は腸管に栄養を与える^{ぜんちやうかんまくこんぶ}前腸間膜根部の動脈なので、写真のように殆どの動脈に新しい赤色血栓や比較的古い赤色血栓をつくってしまうと血液が腸へ流れていかなないので疝痛を起こします（ホルマリン固定後の写真）。
症例は雄、32日齢、原因不明の突然死だが剖検で動脈瘤^{どうみやくりゅう}と混合血栓を形成し、結果として出血性^{しゅっけつせい}壊死性腸炎^{えしせいちやうえん}で死んでいます。

2) 静脈

静脈は動脈に比べて薄く、内腔が大きく内圧が低いために内弾性板が無く中膜の発達も悪く、血流速度も緩やかです。

動脈の場合は心臓の強い力で血液が押し出されているので^{ぎゃくりゅう}逆流はしないが、各組織から集められた静脈血には勢いがないので静脈には^{じやうみやくべん}逆流防止のための静脈弁が付いています。

3) 毛細血管

動脈から静脈経路へと連絡する毛細血管は1層の内皮細胞からなる極めて細い眼に見えない管からなっています。

各組織内をくまなく走行し、酸素や栄養分を届け、かわりに二酸化炭素や老廃物を受け取る働きをしています。

2 . リンパ節・リンパ管について

1) リンパ節

リンパ節はリンパ管が合流して塊かたまりのようになったもので全身各所に存在しています。
表面は被膜ひまくで包まれ、内部に向って梁柱りょうちゆうを出し分岐ぶんぎして支柱となって丸い形を整えています。
実質はリンパ細胞けいしつさいぼう（リンパ球、形質細胞たいしよくさいぼうなど）の集団で、被膜に近い方を皮質ひしつ、中心部で索状をした髓質ずいしつに区別されます。皮質のリンパ細胞の小結節を一次小節、その中心部の明るい部分を二次小節はいちゆうしん（胚中心）と呼びリンパ球の生成の盛んな部位です（図 - 3）。

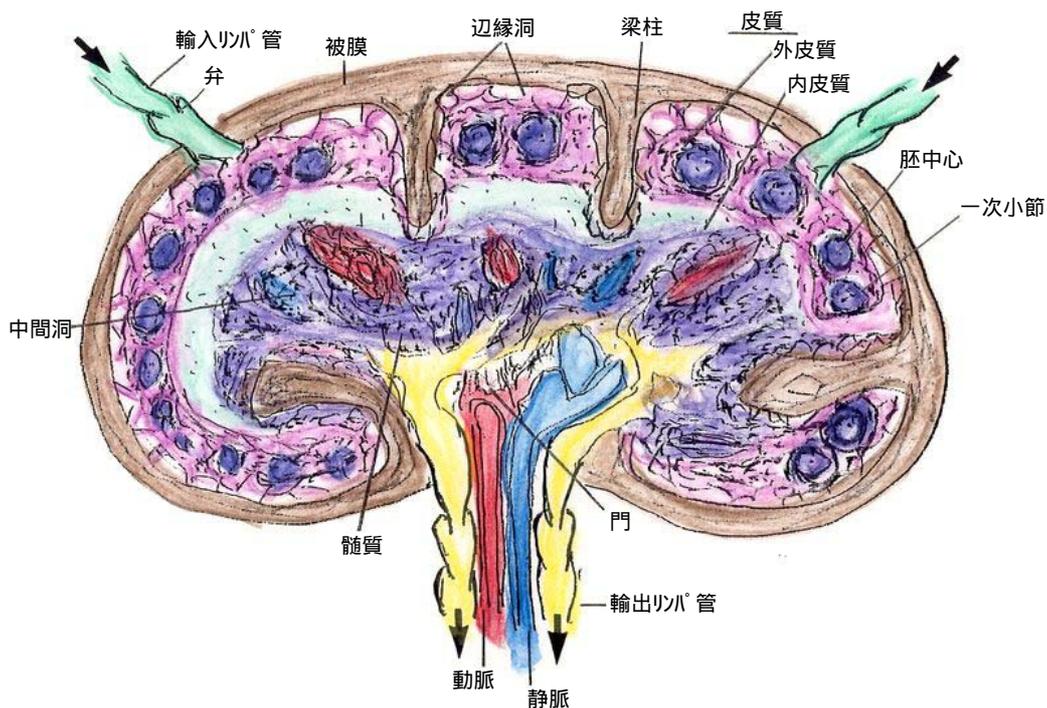


図 - 3 リンパ節の断面組織の模式図

リンパ節は体に入ったいろんな異物を輸入リンパ管から取り込み、リンパ節の中のフィルター装置で浄化し、門を通じてその情報を輸出リンパ管から全身に流しています。リンパ節や扁桃腺が腫れ発熱するのはリンパ節内での異物との戦いを示しているのです。

老齢になると、実質が退化してリンパ球を生成する胚中心も消失します。

各リンパ節は栄養素や代謝産物を含む組織液の輸出入くだもんの管と門を持っています。

皮質にある細胞のうち 喰作用しょくさようをもつ 細網細胞さいもうさいぼうは細菌やウイルスの侵入をくい止めるための最後の砦とりでとなっています。

リンパ液がリンパ節内を流れる際に異物は濾過、貪食、除去され、リンパ液を浄化することからリンパ節はフィルター装置でもあります。

リンパ液は、毛細血管から細胞組織にもれ出た血液成分の血漿けっしょうがリンパ球とともにリンパ管内に流れ込んだものです。

リンパ球は、体内に侵入した有害物を好中球とともに退治し、その後もウイルスの出した毒素や増殖状態などを記憶し続け、しかも新しく生まれたリンパ球にもその情報を伝達しています。同じ有害物質の再浸入に際し、素早く発見し増殖を抑え退治し発病を免れることからこれを免疫めんえきと言ひ、一度ハシカにかかると二度と発病しないなどの仕組みを持っています。

2) リンパ管

組織内の体液（組織液）を毛細リンパ管にリンパ液（血漿に近い組成で、免疫担当細胞として働く多数のリンパ球を含む）として取り入れ、リンパ節を介在して毛細リンパ管の網あみを形成してリンパ管に接続し、最後は静脈に合流します。

リンパ管には多数の弁があり、逆流を防いでいます。

リンパ循環；リンパ液が体を循環する原動力は体を動かすたびに収縮する筋肉によってリンパ管も縮められて流れる仕組みになっているため、動かないしているとリンパ液の逆流や滞留たいりゅうにより脚や身体が浮腫あしむくみます。

3 . 脾臓について

サラブレドの脾臓ひぞうは、左脇腹わきばらから背中にかけて位置しています。レース時には筋肉に大量の酸素・血液が必要なために脾臓から赤血球を血流中に出し、赤血球濃度を安静時の150%以上にします。しかし、ウマの脾臓は酸性度が高いために、赤血球を長期間貯蔵しておくことと酸素運搬能の低いしかも変形した異常な赤血球になってしまうため毛細血管の通過が困難になります。だから競走馬は2~3日ごとに400メートル程度の全力疾走（調教）で貯蔵血の入れ替え作業を行う必要があります。

1) 形状

ウマでは長く、脾頭ひとうで広く脾尾ひびで細く狭い形（イヌと逆）になっています。

リンパ系臓器とともに血を造る臓器でもあります。

脾臓は全血量の1/6（脾臓重量の約6倍の12%の赤血球）を収容し得るとされています。

2) 作用

血液の濾過器として古くなった赤血球を破壊し取り除き、鉄の貯蔵などとともに、病原体の撲滅ぼくめつ、免疫作用めんえきさようを行っています。

長距離走の際に、ヒトは左横腹ひだりよこばらが痛くなることがありますが、これはプールしていた赤血球を循環系に送る時の脾臓の収縮する痛みなのです。

4 . 血液について

1) 血液の成分と働き

血液は栄養素や酸素を運ぶ一方、ホルモンや老廃物の運搬、生体防御や体温調節など生命維持に大切な働きをしています。

血液は液体成分けっしょうが55~60%（この液体を血漿；血液の固形成分を沈殿させた後の淡黄色をした液体で、水分、栄養素、老廃物などを含む）、固形成分ちんでんとして赤血球が40~45%、白血球と血小板が1%からなっています。

けつきゅう みぶんか かんさいぼう まっしょうけつえき
血球の全ては骨髄中にある未分化な幹細胞でつくられ末梢血液中に流れます。しかしリンパ球だけは主にリンパ節や脾臓でつくられます。

赤血球は酸素を組織に運ぶと同時に炭酸ガスを運び去る働きをしています。鉄を含む**色素**（ヘモグロビン；色素が赤いので血液は赤く見える）を34%もち、柔軟性で変形し易く、細い毛細血管を容易に通過できます。

ヘモグロビンは赤血球の蛋白質で、酸素をくっつけて各組織まで運ぶ役目をしているため、その量が多ければそれだけ**酸素摂取量**が増え、**持久力**が高まることとなります。持久力を必要とする運動選手は高地トレーニングでヘモグロビン量アップを目指すこととなります。しかし血液の主成分は赤血球と水分であるから赤血球ばかり増えると粘度が高くなりドロドロ血になり腎臓や脳、心臓などの毛細血管が詰まり易くなり危険です。通常のトレーニングではヘモグロビン量が増える以上に血液量も増えるので全体にヘモグロビン濃度は低くなり安全です。

赤血球産生の指令は主に腎臓で産生されるエリスロポエチン（赤血球造成刺激因子）によって行われています。

サラブレッドの赤血球は大きさが哺乳動物の中で最も小さいが（ヒトの約半分程度）、心臓は体重比で最も大きい。このことは、**小型の赤血球の数を沢山もち、全体として赤血球の表面積を大きくし、肺や筋肉での大量の酸素の受け渡しを可能にした優れた酸素運搬能力をもっていること**になります。

サラブレッドは、疾走時に大量の酸素を筋肉が必要とするために全血量の約85%を振り向けています。因みにサラブレッドは体重の9.7%（平均53%）の血液をもって、その内安静時には15%程度の血液を筋肉に供給しています。出走時には**血圧も上昇します**。安静時には最高血圧155mmHg（最低115mmHg）の圧が、疾走時には最高血圧が250～260mmHgになります。また成人の血液量は体重の6～8%（5～6%）、イヌで6～8%、ネコで6%です。

安静時の動物の血液分布量は、全血液量の約5%が肺血管と心臓に、約75%が体循環に分布し、そのうちの約80%が静脈内に、残り5%が毛細血管内に存在しています。

2) 白血球

白血球は生体防御作用に関与していますが、リンパ球、単芽球、骨髄芽球の3系統から分化した細胞を白血球と言います（図 - 4）。

リンパ球は免疫作用（体内に新しく入ったものか、生まれつき体内にもっていたものかを識別する作用）を主役とし、胸腺由来の**T細胞**（細胞による免疫機能を調節する役目）、胸腺を經由しない骨髄由来の**B細胞**（免疫グロブリン；抗体を作るのが主な役目）の2種類からなり、白血球の約36.5%を占めています。

単球（マクロファージとも言う）は白血球中最大の細胞で、5%を占め、好中球に次いで**活発な食作用**をもっています。

顆粒球は好酸球、好塩基球、好中球の3種からなっています。

* 好中球；白血球中55%を占め、細菌やウイルス等を**摂取・消化**します。

* 好酸球；約3%で、寄生虫やアレルギー疾患の際に増加します。

* **好塩基球** ; 約0.5%を占め、この細胞の中にある塩基に染まる顆粒に含まれる**ヒスタミン**や**ヘパリン**が炎症部位の血管を拡張させたり、血液凝固を防いだりして**好中球の働きをたすけて**います。

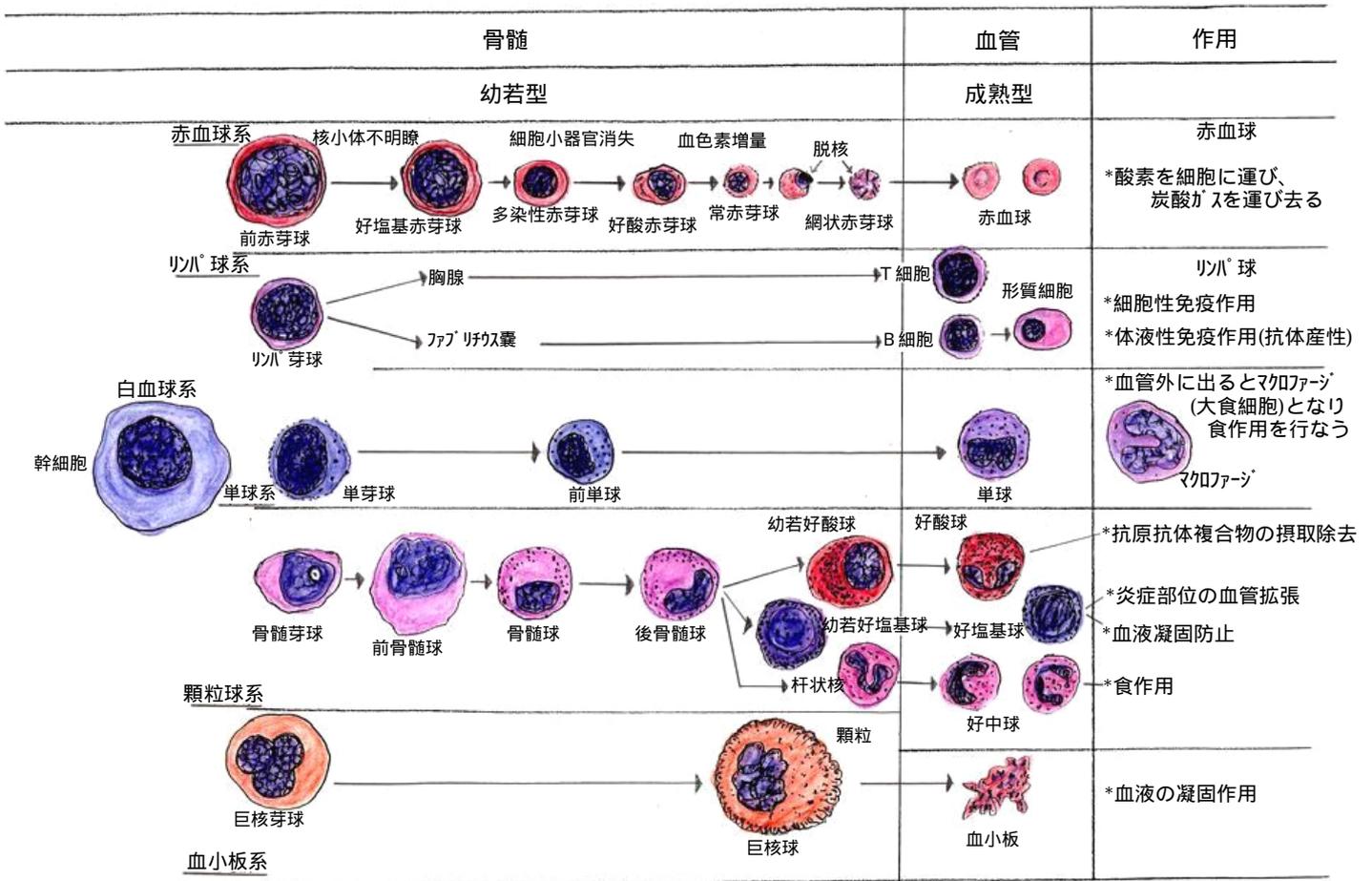


図 - 4 血球の生成系統と働き

骨髄でつくられる血球の生成過程を示しています。全ての血球は骨髄でつくられ、血管に入り、それぞれの役割をしています。

3) 血小板

骨髄でつくられた幹細胞から分化した巨核芽球は核分裂をするが細胞質の分裂を伴わないので、細胞質にできた顆粒が血中に放り出されることになり、それが血小板となります。血管が傷ついた時に血液が外に漏れ出ないように傷口をふさぐ糊の役目(止血)をしています。

(次回は腎臓や膀胱の仕組みを書きます)