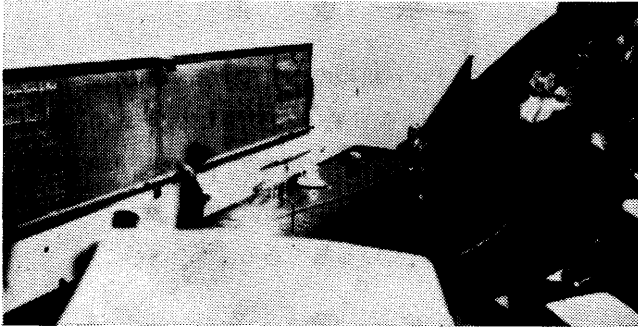


## 脾臓の 血管、リンパ管、体液流

西 丸 和 義

## ま え が き

1929年の夏、Boston で万国生理学会があつたので、そこで肝臓内でのヘモグロビンからの胆汁色素生成という報告をした。この時の座長が J. Barcroft 先生であつて、Fe の行先<sup>(1)</sup>について質問され、非常に興味のある実験だと発言されて、若い自分に大きな喜びを与えられた。その次の日、ハーバード大学の医学図書館の前で、ケンブリッジにきてこの研究を進めるようにといわれ、その年の師走に大西洋を渡つた。



第1図 1929年 Boston での万国生理学会  
F. Section での口演、座長 J. Barcroft

ところが英国の toad は日本の蟾や、アメリカの bullfrog ように大きくないので、胆汁色素の実験には不向きである。そこで当時先生が、脾臓は血液の Reservoir であるという仕事をしておられたので、脾臓の収縮性の実験をやつたらどうだということになつて、この研究に手をつけるようになった。

それからいつの間にやら30余年が過ぎ、自分等の研究も進み、今日ここに脾臓に関するものをまとめて見たいと思うようになった。それにつけてもこの研究に最も関心を持たれた先生が1947年3月21日、研究室から Lady Barcroft の待つ家へ嬉しい昼食のためにバスに乗られて間もなく、突然の狭心症発作で75年の生涯を終られて、今はないことはいいようのない<sup>(2)</sup>ほど残念であり、先生を思うこと一層切なものがある。

## 緒 言

古来脾臓の機能にはいろいろな臆説があり、また実験がある。脾臓の剔出は致命的ではな

いということは早くから知られていた。人間で始めて剔出を行なつたのは、Neoplitan の外科医 Zaccarelli (1548) といわれている。Galen が不可思議な器管であるといい、またある日 de Bois Reymond の学生への講義が脾臓の講義に及んだ時、何も話することがないから今日は休みだといったという挿話が残されているが、今日いろいろな意味でこの嘆きがなくなはない。しかし血球の形成および破壊、血液凝固との関係、腫瘍形成との関係、消化新陳代謝との関係、内分泌、鉄および色素の代謝との関係についての実験があるも、十分な説明がない。なお、脈管系についても不明な点が多く諸説がある。したがって、生理学の成書には、その構造上リンパ生理学の中に記されるか、内分泌生理学の一部に付記せられたものもあるが J. Barcroft ならびに自分等の研究室における犬および猫の実験によつて脾臓が体液循環の上に重要な役割をもつことが、明白になつたと思う。

### 脈 管 系

脾臓は身体における最も大きなリンパ組織の器官であるが、動物によつて大きな差異がある、犬の脾臓はその体重の約0.5%で、猫は約0.33%、人体では約0.3%であるが、ラッテは約0.3%、家兎では0.05%である。これは死体の比較であつて、J. Barcroft によると死後脾臓は著しく収縮するもので、生前の約 $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{5}$ になるという。同様にまた組織学的構造も動物によつて差異のあることはよく知られている処である。

### 血 管 系

脾臓の血管系については、それが洞型分布であることは一般に認められる処である。しかしその経路の詳細に至つては諸説がある。すなわち Krumbhaar (1926)、Maximow (1934)、等の説く次の3説に大分することができよう。(1) 動脈性毛細血管は脾髄網様細胞間に開口して、血液はここより静脈洞に汙過流入する。(2) 動脈性毛細血管は直接静脈洞に開口する。(3)は (1) および (2) の構造を併有する。しかるに J. Barcroft (1926)<sup>(3)</sup> はその門下の生理学の実験の結果から、血液貯留所としての脾臓血管系の構造は、模型的に示すと第2図の 1、2、3の何れかに該当し、この考察からさらに脾臓においては静止時と活動時とでは、各々異なつた2種の血流が存するのであると思われるが、そこには何等の組織学的説明がないと述べて、脾臓の血管分布構造に興味を抱いた。

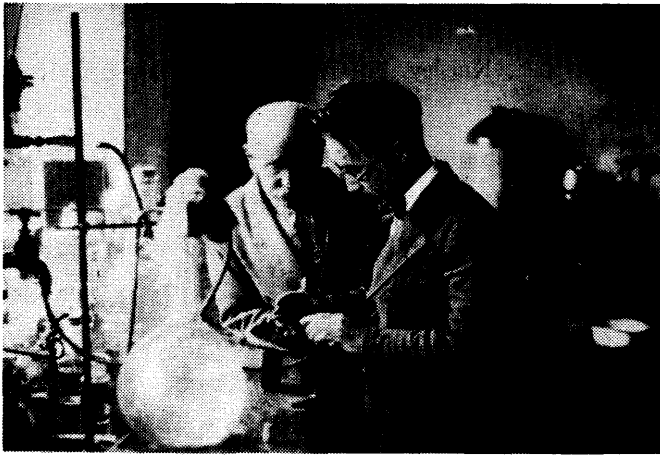
ある日のこと J. Barcroft が“脾臓の血管を組織学的に検索をしてみたら”といわれた。

“先ず組織学を勉強してからにします”といったとたん、ケンブリッジの伝統 see and do を思いだして“そんなことをしていたら墓に入つてしまいますね”といった処、先生は“そうだ、そうだ”<sup>(4)</sup> といひ室を出られた。これは当時の日本では生理学をやるものは組織的検索を



第2図 Blood Reservoir としての脾血管構造のあり方 (J.Barcroft)

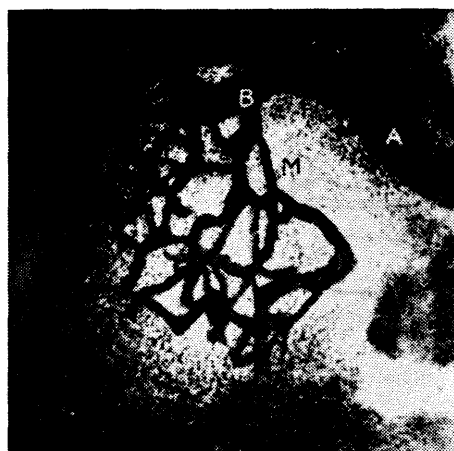
しなかつた。しかし英国では Langley にしても Schäfer にしても始めは組織学の講師であり、その著者でもあつた。<sup>(5)(6)</sup>したがつて、生理学教室には必ずよい組織学実験室がある。これは M. Foster の構造と機能とを併行して実験すべきであるという考えによるものであろう。



第3図 Cambridge の Physiology School の組織  
実験室の技術員ジョン (William J. Freeman)

従来の微細血管分布構造の検索に用いられた方法は多く死後の色素注入法であつた。そこで著者等は生体血管灌流法を用い、これに生理的色素液を灌流固定し、厚い組織切片の透明標本としてこれを立体的に双眼顕微鏡下に観察する方法を案出した。<sup>(7)</sup>この方法によると微細血管の走行は一目にして理解し得るものである。

今この方法を、家兎、猫、犬についての実験結果によると次のようになる。<sup>(7)(8)</sup>  
脾小体中に中心動脈から分岐した糸球体様血管網を容易に見ることができる。  
この毛細管網から派出した毛細静脈は、小体の周辺に出てこれが静脈洞に開口する。  
また小体を貫通した中心動脈も髓質内において洞に開口する。



第4図 猫脾小体内の糸球体状毛細血管分布(B), A—中心動脈, M—小体



第5図 脾静脈から脾動脈への逆流  
A—大きな動脈, V—静脈(脾柱内)  
S—中心動脈, M—小体

猫の脾動脈から40~50mmHg圧で脾動脈へ向け墨リンゲル液を灌流したもので、この際小体中の毛細血管網には流れはないが、静脈から動脈への流れは知られる。この時の灌流量は動脈からのものに比し $\frac{1}{10}$ であった。

静脈洞の収縮性については、Knisley, 田中勝次等の直接観察があるが、これについてはその各々の論文を参照されたい。<sup>(9)</sup>

一方 Teit (1925) 等は脾臓の血管は静脈から動脈へ向けては、色素注入ができないのは、逆流を防ぐ弁様装置があると考えたが、自分等の生理的実験法では静脈から動脈への脱繊維血液を灌流することもできるのみならず、墨ゲラチン、リンゲル液の灌流標本第5図は明かにその可能を示している。

この際動脈より、静脈へのものに比してこの灌流量は約 $\frac{1}{10}$ である。

なお第5図の場合には小体内の毛細血管網は見られないで、ただ中心動脈のみが黒く見える。すなわち、中心動脈から小体内で分岐した毛細血管網から派出して髓質内の洞に開口する経路は抵抗が大であり、小体中を貫通するものには抵抗の少ない経路があることが知られる。

なお、生理的灌流法によつて、動脈から静脈へ脱繊維血を灌流しつつ短時間だけ墨、ゲラチン、リンゲル液を灌流すると一部の血管経路にのみ墨液の流れるのを見る。すなわちこれによつて抵抗の少ない経路の存在を知ることができる。これらのことは J. Barcroft が3つの場合を考えたうちの第2図2に当たるものであると考えられる。

以上の実験的観察から脾臓の血管系は、脾動脈が脾門から実質内を脾柱に沿つて入り分岐して小体中を中心動脈として貫通する。この際分岐して毛細血管網を形成し、その網から派出した毛細静脈は小体周辺に出て髓質内の静脈洞に開口する。小体を貫通した中心動脈は分岐して静脈洞に開口する。ここに抵抗の大なるものと、小なる2つの経路がある。

静脈洞からの小静脈が集つて脾柱を経て動脈とともに脾門を出て脾静脈となり、門脈に至る。

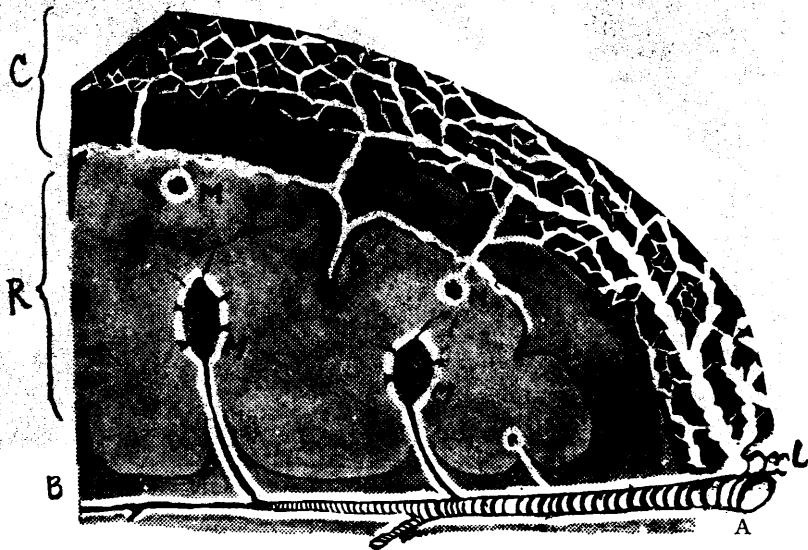
脾臓の血管系が髄質内で開放性であるかどうかについては多くの研究者によつて疑義のある処であるが、後述するように脾静脈流を1時的に停止せしめると、脾臓のリンパ流は著しく増加してその中に赤血球を見るようになる。これは他の臓器では見られないことで、これは脾臓血管系の内圧の変動により容易に開放性になることを示唆する。

### リンパ管系

脾臓のリンパ管を、被膜下のリンパ管網に色素を注入する方法、または脾臓リンパ管の本幹を結紮して充分脾臓リンパ管にリンパ液の貯留するのを待つて、リンパ管の本幹から色素を注入する方法によつて検索した。<sup>(8)(10)(11)</sup>

それによるとリンパ管は被膜と実質内リンパ管との二管系がある。第6図に示すように、被膜には2層のリンパ管網がある。上層漿膜下リンパ管は多数の弁を有し、互に密に吻合し、被膜全般を被っている。経過の途中所々で被膜直下の脾小体と連絡し、また被膜下層の繊維性被膜リンパ管を経て脾柱リンパ管と交通する。この被膜下層の繊維性被膜リンパ管には弁を認めない。

脾臓深部リンパ管は脾門から動脈周囲を鞘状に包みながら太い脾柱を走り、一部は近くの



第6図 脾臓の被膜と脾柱と小体周囲のリンパ管系模図（落合）

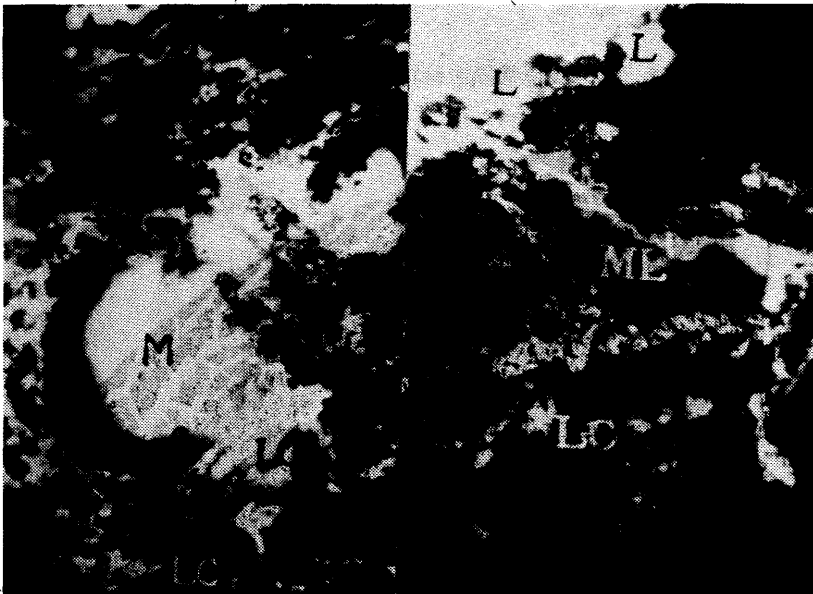
C—被膜 M—マルビギー氏小体 R—脾髄 L—リンパ管 B—脾柱 A—動脈

脾小体に達し、大部分はさらに進入脾柱を離れて動脈に沿い脾小体に達する。また他方脾柱には被膜からリンパ管が移行している。

深部および被膜リンパ管は脾門において合し、脾動、静脈に沿い脾臓リンパ節に入り、遂に乳糜管に合する。

脾臓のリンパ管の起始部として、髓質内リンパ管の存在を肯定する文献は少なく、いずれも脾柱および脾小体に存在するのみであるとしている。しかし被膜内に認められる口径の太いリンパ管から、逆行性にエバンスブルー、リングル液、あるいは朱液を可及的加圧することなく注入した結果、脾柱に沿つて、ことに厚い脾柱においては脾柱内を、脾実質内にももむく微細リンパ管が脾髓の静脈洞に沿つて、索状に経過する所見を見る。また被膜下リンパ管に続く微細リンパ管網から、直接脾小体周辺に静脈洞にそつて存在する毛細リンパ管を検出することができた。これら脾実質内の毛細リンパ管は管腔形成を思わせ、エバンスブルー液でも、朱液でも弥漫性に脾実質に滲透しない。すなわち網状分布経過を示す。なお脾小体周辺のリンパ管は小体を囲んで、しばしばアンブレー状の拡張所見を示した。

この部のリンパ管からはエバンスブルーが容易に小体内に透過するのが見られる。



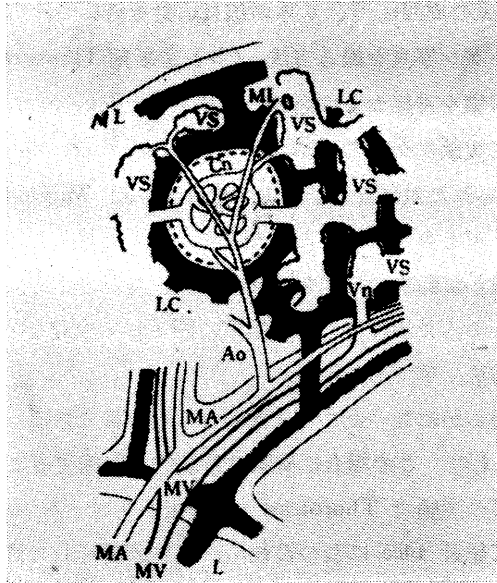
第7図 脾髓質内の毛細リンパ管網(犬)、白い部が毛細リンパ管、黒い部が毛細血管

LC—毛細リンパ管 M—脾小体 ML—小リンパ管 (依田)

すなわち、これらのリンパ管の起始部である実質内の毛細リンパ管網は脾柱に沿つて被膜

リンパ管網に入り、一部は脾柱内に存在するリンパ管に入り、両者が合した後脾臓外に出ることは前述した通りである。

ここで脾臓の脈管系を模図にすると第8図になる。



第8図 脾臓の血管系とリンパ管系の模図

MA—脾柱の動脈, MV—脾柱の静脈, Ao—小動脈  
Cn—毛細血管, VS—静脈洞, L—脾柱のリンパ管  
LC—毛細リンパ管, ML—被膜リンパ管 (依田)

## 収 縮 性

脾臓が持続的収縮性を有することは Rudolph Wagner (1849) が始めて犬の脾臓を直接刺激することによつて観察した。人間の脾臓が収縮性を有することは Henle (1852) が記載し、その後 Schiff (1867) Sabinski (1867) Oehl (1869) Mosler (1872) Bulgak (1877) 等によつて認められた。しかしてその構造の上から血液貯溜所ではないかという考えを持つたのが Hodkin (1822) であつたが、この考えを Gray (1854) の脾臓における平滑筋の研究が否定したので、Barcroft 父子 (1923) の実験までは忘れられていた。収縮性に就てその後の研究は Roy (1881) Schäfer (1896) 等の実験によつて、さらに周期的の収縮性が追加された。

### a. 持続的収縮性

この持続的収縮は Wagner, Henle, Schiff, Sabinski 等によつて観察されたものが、最近

Barcroft およびその門下の人々によつて深く究明されるに至つた。<sup>(12)</sup> その実験に用いられた方法には、(1) 開腹によつて脾臓を直接観察する方法 Skramlik and Durau-Cao (1925) のいわゆる表面における Inselbildung の観察法。(2) レントゲン写真による法、(a) Barcroft (1926) による開腹後脾臓の周囲に 5、6 本の細長い針を縫いつけて、再び腹腔を縫い合わせて動物の恢復後レントゲン写真を撮る方法、(b) 造影剤 Thorotrast の静脈内注射によるレントゲン写真。(3) 脾臓を神経および血管の連絡を絶たないで、左側外腹壁に露出せしめて、創口の治癒を待つて実験にかかる Barcroft の exteriorised spleen の方法。(4) Cannon (1928) 等によつて用いられた血球計算による間接方法。(5) Mann (1931) による脾臓の蠟型を造つて、これにガーゼとコロヂウムとを交互にかけて乾燥した後温めて蠟を流出せしめた Oncometer に、開腹した動物の脾臓を入れ、大網膜で取りまいて、その脾臓の変化を空気伝導によつて描記せしめるためのゴム管を腹壁に固定して腹腔を閉じ数週間後動物の恢復を待つて実験にかかる方法。等である。

これらによつて今日明らかになつたことは次のような項目である。

1. Asphyxia によるもの この場合に脾臓は持続的に収縮することは Sabinski, Bulgak 等により観察され自分等の実験で Thorotrast (2 酸化トリウムゾル) を 2 cc 宛隔日に、家兎の耳静脈内注入して総計 14cc になつた後に、先ず安静にして脾臓のレ線写真をとる。次で酸素欠乏気を 30 分間吸入せしめた後に、再び脾臓のレ線写真を取り、その投影面積を測定すると安静時に比して約 31.6% 収縮したことになつた。しかしてこれは Asphyxia の血液による直接の刺激ではなくて神経による反射であると考えられた。

2. 出血によるもの 犬および猫において出血の最初に脾臓は強く収縮して殆んど脾臓内の血液を駆出するものでその量は全身血液量の約 6 ~ 15% である。

3. 運動によるもの 脾臓と運動との関係は古くから考えられてきたが Barcroft およびその門下によるレントゲン法および exteriorised spleen の方法によつて一層明らかとなつた。その実験結果は中等度の運動によつて約  $\frac{1}{3}$  の収縮を示した。もちろん他の臓器もこの際収縮するが、この時は小腸は約 60 秒後には恢復するのに脾臓は約 30 分以上も収縮の状を続けるという。

4. 感情によるもの この項目については、Cannon (1928) が血球計算の法により Mann (1925) は Oncometer 法によつて追求したが、Barcroft (1929) の exteriorised spleen を持つた犬で一層明白になつた。すなわち、犬を不安の状態に置くと脾臓は 30 分以上も収縮の状態を持続する。第 9 図はその一例を示した。

5. 月経、妊娠および授乳期によるもの この項目に就ても脾臓の持続的収縮が見られるが、ことに授乳期の収縮は神経による反射でなく恐らく内分泌物によるものであらうと考え





第 9 図

感情と脾臓の収縮

Barcroft exteriorised spleen (犬)

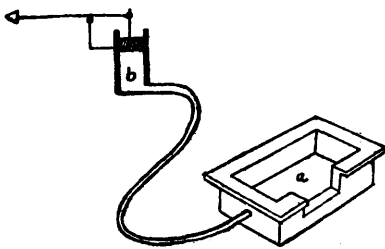
安静時の脾臓の大きさを 100% として、猫の箱の雑巾の匂を嗅ぐと 62%、猫の声を聴くと 54%、猫を見ると 33%、猫をけしかけると 13% の大きさ迄収縮した。

られている。

以上が大体脾臓が持続的収縮を起す原因であるが、その多くが神経を介しての反射的収縮であり、しかも一般血行へ血液を駆出する機能であることが考えられる。

#### b. 周期的収縮性

脾臓の周期的収縮は Roy (1881) によつて始めて記載され、Schäfer and Moor (1896) が詳細に研究したが、いろいろな点で自分等の実験結果と異なり、また見解を異にするものがある。実験方法としては Oncometer を用いて、猫の脾臓に就て実験した。すなわち、脾臓は化学的・機械的ならびに神経衝動によつて容易に周期的収縮をなすものであることが解つた。



第 10 図

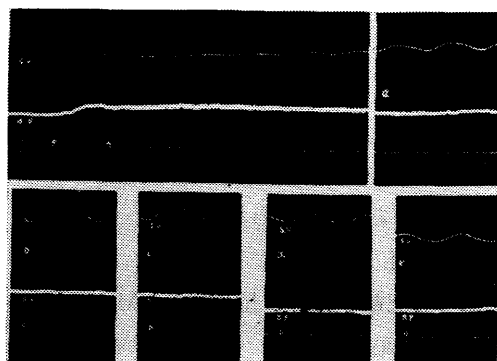
Cambridge の Dixon による、1 mm の厚さのグタベルカの板を 52°C の温浴に入れ軟かくなったところで、ワセリンを塗った型に押し当てて作ったオンコメーター

オンコメーター (a) 及びピストンレコーダー (b)

1. 中性塩を血中に注入した場合 Roy は中性塩の注入によつて脾臓の周期的収縮の振幅が増加するといったが Schäfer and Moor はこれを否定し、再び de Boer and Carroll (1924) は Roy の結果に賛意を表した。しかしこれらの実験は注入による血圧変動に注意しなかつたため完全でない。自分等が血圧が上昇しないように注意して実験した結果は体重

3.8kg の猫で 4 cc のリンゲル液の注入後 2 分後には血圧波状変化を伴った脾臓の周期的収縮を見た。

2. ヘモグロビンを血中に注入した場合 Mason and Mann (1931) はこれによつて腎臓容積の縮少することを述べたが、ヘモグロビンと脾臓の収縮性に就ては自分等の実験がある。すなわちその動物の血液を、蒸留水によつて血球を崩壊させたものを注入しても、また少量の透折ヘモグロビンを注入しても同様の結果である。すなわち注入後 2 分位からその振幅を増し、約 20 分後が最も大で、その影響は約 1 時間以上も続くこれは他の刺激によるものと比較して甚だ興味あることと考えられる。



第 11 図 A

ヘモグロビンによる猫脾臓の長時間に及ぶ周期的収縮

×—× ヘモグロビンの静脈注入 (60%の H b 液, 1.5cc) (猫)

S. V. 脾臓容積曲線

B. p. 頸動脈血圧 (91~84mmHg)

a 注入後 6 分      b 注入後 14 分

c 注入後 22 分    d 注入後 39 分

e 注入後 103 分

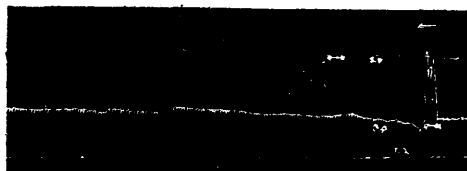
3. ヒスタミンを血中に注入した場合 ヒスタミンの血中注入によつて脾臓は甚しく収縮するものであり、この最初の収縮の後に周期的収縮が伴う。これは中枢神経および副腎ならびに血圧との関係を絶つても同様であつた。

4. クラレーを血中に注入した場合 クラレーを血中に注入した場合には脾臓が拡張して後にその周期的収縮を伴うことは、Roy および Schäfer and Moor により注意された。自分等の実験結果では脾臓は持続的収縮または拡張をしながら、同時に規則正しい周期的収縮をなすものである。しかしてこれは脾臓への神経の切断および副腎剔出には何等関係のないことが明らかとなつた。

5. アドレナリンの分泌および血中注入による場合 副腎のエキストラクト注入により脾臓が持続的収縮をなすことに就ては、1899年 Schäfer and Oliver が始めて記載し、その後脾臓が周期的収縮を起すことを追加した。また Barcroft (1929) 等は exteriorised spleen に就てアドレナリンの注入が脾臓を持続的に 30 分以上収縮せしめることを注意した。自分等は脾臓に至る神経繊維を切断した後副腎に分布する内臓神経繊維を電氣的に刺激した場合、一般血圧はわずかに上昇した後下降し波状変化を生ずると同時に脾臓は持続的収縮とともに周期的収縮を繰り返すのを見た。もちろんこの際副腎剔出後にはこの変化は見られなかつた。

6. ヒニン・ピツイトリン、一酸化炭素等の血中に注入された場合、大量のヒニンが注入された時脾臓は甚しく収縮することは、古いころ Mosler (1872) および Bulgak (1877) によつて観察され、ピツイトリンおよび一酸化炭素注入の場合は de Boer and Carroll (1924) 等により研究され、CO は脾臓筋肉の収縮を、ピツイトリンは脾臓血管の収縮を惹起すると報告されたが、これらは何れもその周期的収縮との関係は明らかでない。

7. 血圧の急激なる上昇の場合 自分等の実験以前は血圧変動と脾臓との関係に就ては注意されなかつたため、往々にしてその実験結果の解釈が誤られた点が多いと思われる。血圧の急激な上昇は脾臓を一時拡張せしめた後、規則正しい周期を以て収縮し始める。しかし血圧を急に下降せしめた場合にはかかることは見られなかつた。この変化は神経による中枢よりの連絡を中断した場合もまた副腎を剔出した場合にも見られた。第11図Bは剔出した脾臓を脱繊維血液で灌流したものであるが、急な灌流圧の上昇により、著明な周期的収縮を起す。



第 11 図 B

脾臓の容積

一般血圧

×—×90mmHg. から突然 158mmHg. に  
変化した

取り出した脾臓の人工灌流血圧を急に变化  
したため生じた脾臓の周期的収縮 (猫)

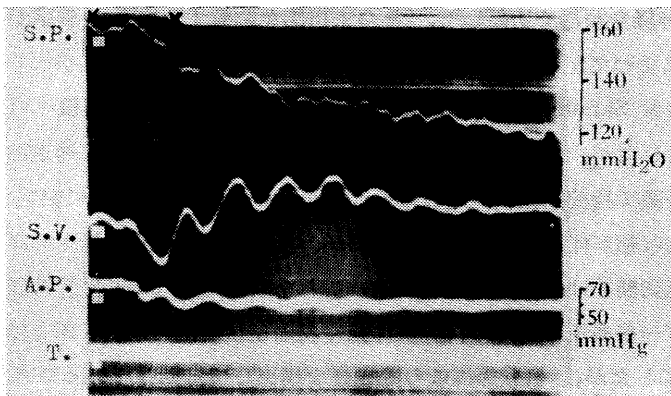
8. 神経衝動 (a) 内臓神経、内臓神経の刺激によつて脾臓が収縮することは Schiff (1876) が始めて観察したが、その周期的収縮を惹起することを記載したものは、Roy (1881) であつた。しかして自分等によつて副腎剔出後にも同様であることが確認された。(b) 迷走神経、迷走神経を頸部で切断して、その末梢端を刺激する場合、脾臓が収縮することが Oehl (1869) によつて記載されたが、Bulgak, Masuda (1926) および自分等の実験はこれを否定した。なお Skramlik and Durau-Cao (1925) は内臓神経の脾臓への作用に拮抗的に作用すると報告したが、自分等の実験はこれも否定の結果となつた。迷走神経の中枢端の刺激によつて、脾臓に持続的拡張が起ることは Bayliss (1920) によつて観察され、Masudaによつて、周期的収縮が伴うことが記載されたが、自分等はこの頸部迷走神経中枢端の刺激が脾臓に至る神経切断後は最早何事も起さないことを確めた。(c) 坐骨神経、坐骨神経の中枢端刺激により一般血圧は上昇し、脾臓は強く収縮した後、周期的収縮を伴うことを1881年 Roy が明らかにしたが、自分等はこの際副腎を剔出して同様であることを確め、さらに脾臓への神経を切断した後に、坐骨神経中枢端を刺激した場合には一般血圧は上昇しそのために第2次的に脾臓が拡張し、次いで周期的収縮の振幅の増加を伴うもので、この場合の周期的収縮は血圧上昇の影響による第2次的なものであると考えられる。すなわち上述のよう

に神経衝動は内臓神経によつて直接に、また迷走神経、坐骨神経によつて反射的に神経衝動が脾臓に伝えられ、脾臓の周期的収縮を惹起することが明らかである。

9. 一時的呼吸停止による場合 予めクラレーを注入した動物に人工呼吸を一時停止した後脾臓の周期的収縮が起ることは Schäfer and Moor (1896) によつてこれは asphxia のためであると主張されたが、自分等の実験的見解では寧ろ血圧の急な上昇によつて起つたものと考えられる。

10. 脾臓血行を一時停止した場合 Schäfer and Moor によつて脾臓血行をクレンメで一時的閉止し、再び開くと常に著明な脾臓の周期的収縮を起すもので、その神経切断には何ら関係がないと報告されたが、自分等の実験はさらに副腎別出後にも同様であることを追加した。Anrep (1912) は犬で後肢の血行を一時停止すると、その血液に vaso-dilator substance が生ずるといつているが、その実験では確かでないと思われる。また今 asphyxia の血液が脾臓を直接刺激するという確実な実験がなく、またこの際脾臓内に著しい血圧変動のあることは確かであるから、この時の周期的変動が少なくともその一部は血圧変動によるものと考えられる。

以上のことから脾臓はいろいろな刺激によつて容易に周期的収縮を起すもので必ずしも Roy が考えたように中枢から周期的衝動がくるためであるという理由がないのであつて、とにかく脾臓に前述の神経以外の一つの刺激が加わると脾臓は中枢との神経繊維による連絡および副腎の存在なしに、また全く体外に別出されてもその周期的収縮を起すものであつて、なお自分等の研究を骨子として考えれば、脾臓は正常時の多くの場合において周期的収縮を営みつつあるものと考えられる。



第 12 図

脾臓の周期的収縮と頸動脈圧および脾静脈圧との関係 (犬)

S. P. 脾静脈圧      A. P. 頸動脈圧  
S. V. 脾容積      T. 時間 3 秒 (錢場)

## 収縮と血圧

脾臓の収縮と血圧との関係は Roy (1881) によつてその収縮が Traube-Hering の血圧波に伴うものであることを記載されたに始る。しかし、自分等の実験の結果では、腸を剔出した猫および犬において周期25~50秒位の血圧波が現われてくる場合は脾臓の周期的収縮が存在しており、この時脾臓をクレンメで閉止すると直ちにこの血圧波は消失し、再びこのクレンメを除けば、脾臓の周期的収縮につれて同じ周期の血圧波を見る。しかして脾臓の収縮の頂点が血圧上昇にはほぼ一致することから、この血圧波は脾臓の周期的収縮によることに原因すると思ふのが至当であると思う。なお猫の腸管を Oncometer に入れた場合、その容積の周期的変動も脾臓同様25~50秒のものが見られ、この周期的変動は脾臓におけると同様な刺激によつて出現、または振幅を大とならしめる。この腸の容積変化もまた血圧波出現の起源をなすことが知られる。また腎臓の容積変化も同様である。この際その周期が猫で30秒前後の場合と、一般血圧が高い場合ほど、その収縮が血圧変動におよぼす影響が大であつた。すなわち Roy は猫および犬においてはこの25秒前後、兎では15秒前後の周期を有する血圧波を血管運動神経中枢からの周期的衝動によつて起るもので、すなわち Traube-Hering の血圧波であると考え、また Bunch (1899), Bayliss and Bradford (1894) 等も同じ見解であつた。また Schäfer and Moor (1896) Gorjajew (1931) 等はこの血圧波を脾臓の周期的収縮との関係を追及して失敗に終つている。自分等の研究はこの血圧波状変化は全く Traube-Hering の血圧波とは違つたもので、脾臓・腸管・腎臓等の周期的収縮によつて起る血圧の周期的変化であることを明らかにした。すなわちこの血圧波状変化は中枢性のものではなく末梢性のものであると考えられる。しかして Traube-Hering の波を第3級の血圧変動とすれば、これは第4級の血圧変動というべきであろう。

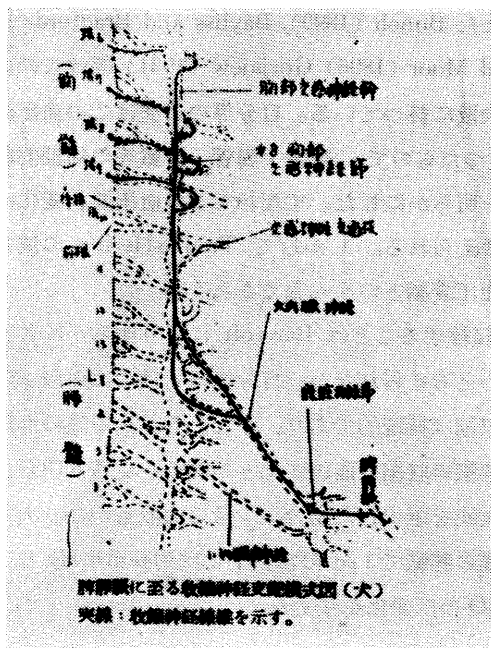
なお、出血時脾臓が収縮することは Barcroft により明らかにされ、これは恐らく血色素含有量の減少によるためと考えられたが、自分等の実験では血圧下降による神経を介した反射的収縮であり、その収縮は持続的であり、すなわちかかる際の血圧調節の一助であることが首肯し得ることは、脾臓の収縮と血圧変化との関係を見ると明らかであると思われる。すなわち脾臓が収縮して血液を駆出した場合、少量の血液もかなり大きい血圧上昇を起さすことが知られる。例えば猫の脾臓で1 cc の容積変化は約6 mmHg の頸動脈圧変化を与え、また門脈では約15 mmHg<sup>(13)(14)(15)(16)(17)</sup>の圧変化を与える。

## 神 経 支 配

脾臓の収縮を起さしむべき神経繊維の経過に就ては、先ず内臓神経が Schiff (1867) によ

つて実験され、Bulgak (1877) は犬では左の内臓神経第一枝のみに含まれると記載したが、自分等の実験は猫では左右内臓神経第一枝に殆んど含まれており、第2枝には猫によつて含まれるものとそうでないものがある。なおアドレナリンの分泌を起させ、第2次的に脾臓を収縮せしむる繊維は左右の第1枝および第2枝に例外なく存在し、第3枝には脾臓および副腎に至る神経繊維を証明することができなかつた。Teit, Martin and Cashin (1925) 等の研究は脾臓への神経繊維は脾動脈に沿つて脾臓中に入り、小動脈が分布するに連れて分布し、脾臓への神経繊維を刺激すると、分節的に収縮が起ることを明らかにし、なお静脈は脾動脈に比べて牛では5倍の大きさを持つており、電氣的刺激によつて強い収縮を現わし、これの神経分布は不明であるという。

この他に脾臓を収縮せしむる中枢・脊髓根および神経節に就ては Bulgak (1877) および Schäfer and Moor (1896) 等の研究があるが、副腎への神経繊維がともに混入している以上、これを考慮に入れない実験であるから確かとはいえないと思う。そこで副腎を除外して実験をすると内臓神経第1枝、および第2枝の刺激で脾臓容積変化を見るが、これは胸髄前根第5～第13の間で収縮が見られ、ことに第7、8、9、前根において著明であつた。またこれら神経細胞は、左右胸部交感神経節にある。<sup>(18)(19)</sup>



第 13 図 (岸)

次いで脾静脈のみを灌流して、内臓神経を刺激し、その滴数の減少を示標とし実験すると、

この神経繊維は第7、8、9胸髄前根より出て胸部交感神経幹に入り、内臓神経第1枝を経過して腹腔交感神経節に至り、ここでシナプスをなし、脾動脈に沿つて脾静脈に至ることが知られる。<sup>(20)</sup>

なお、この他に脾臓の持続的収縮と同時に周期的収縮が起ることは前述のクラール、内臓神経刺激等の場合に容易に見られるところで、脾臓血管の収縮ならびに皮質および脾材の筋肉繊維の収縮との関係が、脾臓の持続的収縮および周期的収縮の本態に何等かの光明を投げけるように考えられる。

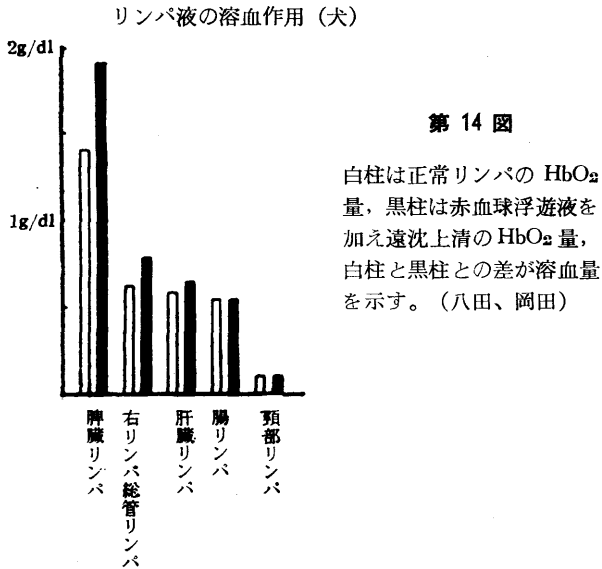
### 血液の滲過作用

血液については Cruickshank (1926) は脾臓からの血液には赤血球数が多いことを報告した。またラツテで実験して見ると脾臓の血中にはリンパ白血球が多い。J. Barcroft (1934) は脾臓ではリンパ液として血管から、その収縮によつて、リンパ管へ絞り出されるのではないかと考えたが、先に述べたように、脾小体内には糸球型の毛細血管網があり、小体をアンプレー状にとりまくリンパ管があり、また実質内には索状の毛細リンパ管が分布する。その上脾臓の血液容量は例えば犬の小腸で 17.4cc/100g あるものが脾臓では 71.2cc/100g であるように著しく大である。<sup>(21)</sup> また血液灌流実験において 0.1% コンゴ赤は 0.065% に、0.1% ブドウ糖は 0.098%、0.29% ヘモグロビンは 0.25% の濃度にリンパ液中に現われ極めて透過性が高い。一般毛細血管を透過し難いとされているコンゴ赤、澱粉すらも通過し得る。

なお、脾静脈の圧迫により、また灌流実験による脾静脈圧の上昇によつて著しいリンパ液量の増加が見られ、<sup>(22)</sup> すなわち前者では流量は 4～7 倍におよび赤血球が多数に出現したが、<sup>(23)</sup> 後者では 5～20 倍におよぶ著しい増加が見られた。

第1表 各部リンパ液流量

採集部位	流量 /ml分	原	著
胸 管	0.60 ～0.36	岡田 (広島医学7 : 445, 1954)	Cainetal (Surg, Gyn, Obst. <b>85</b> : 558, 1947)
	0.70 ～0.46		
右リンパ管	0.035～0.220	岡田 (広島医学 7 : 445, 1954)	Warren, et al (Am. J. Physiol., <b>137</b> : 641, 1942)
	0.059～0.003		
頸リンパ	0.04 ～0.07	McCarre (Am. J. Physiol., <b>133</b> , 64, 1941.)	
心リンパ	0.005～0.02	Drinker (Lymphatics, Harvard, 1941)	
腸リンパ	0.05 ～0.10	岡田 (広島医学 7 : 439, 1954)	
脚リンパ	0.007～0.07	White et al (Am. J. Physiol., <b>103</b> , 34, 1933.)	
肝リンパ	0.22	Cain et al (Surg, Gyn, Obst, <b>85</b> : 558. 1947)	
	0.51 ～0.17	八田等 (広島医学 5 : 668, 1952)	
脾リンパ	0.002～0.009	八田等 (生体科学 6 : 127, 1954)	



これらのことは、血管からリンパ管への透過性は<sup>(24)</sup>大であり、また血管内圧が高まれば、この透過性が著しく大となることを示している。また脾臓リンパ流については従来全く知られていなかったが、脾臓が周囲組織から遊離された状態で採集すると麻酔下において 0.004~0.009 cc/min で、他部に比して著しく少ない流量を示す。

これが血管内圧によって透過性が大となり著しく流量が増加することや、脾臓の脈管系の構造から主として、かかる際に血液濾過作用をなすものであろう。しかも前述したように脾臓は周期的収縮性と持続的収縮性を有し、ことに周期的収縮が起りやすい器官であれば、一層その内圧を変化する可能性があるであろう。

なお、脾リンパ液は安静時においても、蛋白濃度が比較的高く、最良の状態で採集しても 330~340mg/dl の色素を含み、さらに脾臓リンパ液に溶血作用があり、第14図に示すごとく各部のリンパ液中最も<sup>(25)</sup>強い。

## 血 行 と の 関 係

脾臓が血液の reservoir であるという考えは、Barcroft (1923) が鼠に CO を吸入せしめた後、脾臓の血液と一般血行中の CO-Hb を時間的に比較定量して、脾臓内血液の CO-Hb 量の増し方が一般血行中のものに比べて遅れる。換言すれば、血液が脾臓中で一般血行に比べて淀んでいることになると考えたことから、この考えが実験的に発展したもので、その後 Barcroft および Rein (1931) 等の研究となり肺臓・肝臓・皮下血管叢・静脈洞等もまた



blood reservoir として考えられてきたが、これらは今のところ passive reservoir であり、脾臓のみが主として active の reservoir であると考えられる。なお、脾臓の血液容量は比較的大であつて、例えば Cruickshank (1926) によると猫ではその収縮により 9.5cc—13.5cc の血液を駆出し得るもので、しかも血色素は脾臓中の血液 8 cc 中のものと一般血行中の血液 9.5cc 中のものとが等しいものであるから、血色素量からいうと、13.6cc の血液を駆出すれば 16cc の血液に相当する。すなわち大体一般血行量の約 15% の血液を駆出することになる。また脾臓の周期的収縮が血圧に周期的の高低を与えるものであり、しかも多く場合、この周期的収縮が存在する以上ことに門脈等の血行促進の方向に作用することは容易に考えられるところである。<sup>(26)(27)</sup>

また白血球ことにリンパ白血球の reservoir として大きなリンパ管・肝臓ことに脾臓が考えられる理由がある。それは広島で原子爆弾の影響下にあつた人々への白血球について調査<sup>(28)</sup>中に気づいたことで、先ずリンパ白血球が恢復に向い顆粒白血球の恢復が著しく後れることであり、また健康者に見られる生理的動揺が見られないことである。なお、正常人で白血球の増加する場合を追求すると、脾臓がことに持続的収縮をなす場合であることに気がついた。そこで白血球が確実に 100% 前後増加する短距離 (200m) 疾走について見ると、著しく増加するのはリンパ白血球であることを知つた。次いでその体重に対する比が人の脾臓に近いラットの脾臓 (体重との比 0.3) および肝臓等の各器官について白血球数および種類を追及するに、一般血中のものに比して総数は脾臓 11~13.0 倍、肝臓 1.2~6.4 倍で、ことにリンパ白血球は脾臓が 1.6~14.0 倍、肝臓が 1.4~8.0 倍であつた。これ等のことは肝臓ことに脾臓が白血球 (主としてリンパ白血球) の reservoir としても大きな役割をなすであろうと思われる。<sup>(29)</sup>

## 考 察

研究に対して重要なことは、示唆と実験方法であらう。

脾臓の血管系についても、現在の日本でも、Maximow の模図が一般に利用されて脾小体内の糸球状の毛細血管網が記載されていない。また脾静脈から脾動脈への逆流可能について<sup>(30)</sup>  
<sup>(31)(32)</sup>  
<sup>(33)</sup>も疑義があるようである。

これらのことは前述したように実験方法によるもので、生理的灌流実験法を用いれば容易に観察し得るものであらう。

リンパ管系についても、脾髄質内の毛細リンパ管については記載がないのは、繊維性被膜下のリンパ管網からの色素注入が行なわれなかつたためであらう。自分等のリンパ管結紮法によつても、脾リンパ本管からの色素注入では発見できなかった。これは弁の存在によるも

のであろう。すなわち繊維性被膜リンパ管には弁がほとんど発見されないが、少なくともここからの比較的に圧を加えないようにしての色素液注入が重要であらう。

犬猫等の脾臓が血液貯留所であり、門脈血還流調節の上に重要な役割をなすことについては異論も少ないと考えられる。しかし人、齧歯類の脾臓では血液貯留所として考えられないとする研究者もある<sup>(32)</sup>。これについては1822年に Hodgkin が脾臓は血液貯留所として考えて、Henle (1852) が人の脾臓が収縮することを記載したにもかかわらず、Grey (1854) が脾臓に平滑筋が少ないことから、これを否定したため、この方面の研究は、Barcroft 父子(1923)の実験まで忘れられてきたことは先に述べた。

脾臓の収縮性すなわち容積増減には皮質、脾柱にある平滑筋によるものと、動静脈壁の平滑筋によるものがあるであらう。



2 酸化トリウムソル 14ccを  
2cc づつを 隔日に耳静脈内注  
入した家兎の脾臓のレントゲ  
ン写真 A 正常の脾臓  
B 同一家兎に酸素を吸入せ  
しめながら、低圧 (267 mm  
Hg) 室に30分間滞在せしめた  
もの。31%の収縮。(銭場)

第15図 低圧による家兎の脾臓の収縮

今猫の小動脈(切片標本で20~50 $\mu$ )でこの比内腔筋量を見ると脾>筋>肝>腎>脳である。また Teit 等は牛の脾静脈には括約的に収縮する部位があるという。なおラツテおよび家兎の脾臓が収縮性を有することも明らかであり、その脾臓と体重との比は前述したように人、ラツテ、犬、猫では大体近い値であるが、その比が著しく小である家兎にさえ収縮性<sup>(34)</sup>のあることは第15図のの通りである。またこれらはいずれも洞型血管系であることも同様である。人の脾臓も一応血液貯留所と考えて実験を進めるのがよいであらう。それが active 収縮性がない脾臓であれば passive の貯留所であらうし、収縮性があれば active の貯留所であらう。

なお、収縮性があれば門脈血還流の上への役割も考えられる。

脾臓への神経分布についての追求については、副腎を除外することが重要であることは内臓神経刺激によつてアドレナリンの分泌が亢進して、これによつて脾臓および血管が収縮するためである。これまでの実験、ことに古いころのものはこうした混同が見られた。

なお、脾臓とリンパ節との脈管系を比較するとリンパ管系は大体同様であるのに、血管系では静脈洞がリンパ節には見られない。このことは、脾臓は血管系とリンパ管系とへの機能

の2つが考えられるが、リンパ節はリンパ管系への機能のみが示唆されて興味あることである。

## 結 語

以上述べてきた犬、猫、ラッテ、家兎についての実験から、次のことがいえるであろう。

1) 血管系としては脾柱内の動脈は脾門から入って、分岐し、脾小体内を中心動脈として通過するが、この際小体内で分岐を出し、これが糸球体型毛細血管網を形成する。

この小体を貫通した中心動脈は髄質内で静脈洞に開口する。一方毛細管網から派出した毛細静脈は小体周辺で洞に開口する。静脈洞からの小静脈は集つて脾柱を動脈とともに走り脾門を離れ門脈に合流する。

脾臓の動脈から静脈への経路には抵抗の大なるものと、小なるものとの2つがある。

2) リンパ管系としては、脾髄内を索状に走る毛細リンパ管網および小体周辺をアンブレル状にとりまく毛細リンパ管から起り、1つは脾柱のリンパ管に移行し動脈周囲を鞘状に包みながら、太い脾柱を過ぎる。他は波膜のリンパ管網に移行し、この被膜リンパ管は前者と合して脾門を出て脾臓リンパ節に入り、次いで乳糜管に開口する。

3) 脾臓は感情、運動、出血等による持続的収縮性によつて、active blood reservoirとして体液循環量の調節をなす。

4) 脾臓はアドレナリン、その他の化学的物質、神経刺激、血圧変動等により容易に20秒前後の周期的収縮をなし、これによつて門脈血還流促進の役割をする。

5) 脾臓のリンパ流は安静時には脾小体中の毛細血管から小体周辺の毛細リンパ管への流れが主であるが、脾静脈圧の上昇によつて、著しい増加を示すのみならず、赤血球の出現を見る。すなわちこの際静脈洞からリンパ管への透過促進が考えられる。

6) 脾リンパ液には他部位のものより、溶血素、蛋白質の含有量も多く、毛細血管から毛細リンパ管への透過性が大である。

## 文 献

- 1) Nisimaru, Y. (1929) Bile Pigment Formation from the Liver, XIII International Physiological Congress, F Section, Boston.
- 2) 西丸和義 (1953) 研究と生活、41. 医学書院、東京.
- 3) Barcroft, J. (1926) Die Stellung der Milz in Kreislaufsystem, Ergebnisse der Physiologie, 25 819.
- 4) (2)の9頁参照.

- 5) Langley, J.N. (1920) Practical Histology, Heffer and Sons, Cambridge, Third edition.
- 6) Schäfer, E.S. (1929) The Essentials of Histology, Longmans, Green and Co. London.
- 7) Nisimaru, Y. and F.R. Steggerda (1932) Observations of the Structure and Function Blood Vessels in the Spleen, J. of Physiol., 74, 327.
- 8) 依田安邦 (1959) リンパ性臓器における微細脈管分布に関する研究、横浜市立大学記要、№114、1、37.
- 9) 田中勝次 (1954) 脾循環系の生体観察、血液学討議会報告、7、36.
- 10) 落合豊 (1959) 脾臓実質内リンパ管について、広島医学 10、別刊号 10、678.
- 11) 落合豊 (1959) 脾臓リンパ管系に関する研究総括、広島医学 21、別刊号、345.
- 12) Barcroft, J. (1934) Features in the Architecture of Physiological Function, Cambridge Univ. Press, 141.
- 13) Barcroft, J., Khanna L.C. and Y. Nisimaru (1932) Rhythmical Contraction of the Spleen, J. of Physiol., 74, 294.
- 14) Barcroft, J. and Y. Nisimaru (1932) Cause of Rhythmical Contraction of the Spleen, J. of Physiol., 74, 299.
- 15) Barcroft, J. Nisimaru, Y. and F. R. Steggerda (1932) The Effects of Intestinal Rhythm on General Blood Pressure, J. of Physiol., 74, 490.
- 16) 西丸和義 (1933) 脾臓の収縮性、成医会臨床、5、1.
- 17) 西丸和義 (1950) 血行に於ける脾臓、生理学講座、8、171.
- 18) Barcroft, J., Nisimaru, Y. and S.R. Puri (1932) The Action of the Splanchnic Nerves on the Spleen, J. of Physiol., 74, 321.
- 19) 銭場武彦、佐々木弘純、岡本満男、後藤敏一 (1957) 広島医学、10、別刊号、2、491.
- 20) 岸良尚 (1954) 脾臓静脈に至る収縮神経、広島医学、7、原著号 2、941.
- 21) 八田博英、森田聰 (1956) 脾臓、小腸の血管容量について、広島医学 9、別刊号 9、16.
- 22) 落合豊 (1959) 脾臓血管からリンパ管への 2、3 物質の透過について、広島医学、12、別刊号、12、341.
- 23) 八田博英、岡田乾一 (1954) 脾臓のリンパ管について、生体の科学、6、127.
- 24) 森田聰 (1956) 脾臓におけるリンパ生成について、広島医学 9、原著号 489.
- 25) Hatta, H., Okada, K., Morita, S. and H. Mishima (1955) On the Splenic Lymph and its Hemolytic Action, Japanese J. Physiol., 5, 208.
- 26) 尾形正治 (1940) 脾臓の血行調節における意義、成医会雑誌、59、715.
- 27) 銭場武彦、福岡友重、岸良尚 (1951) 脾静脈圧の周期的変動について、日本生理学誌、13、328.
- 28) 西丸和義、入沢宏、伊藤景美、吉光閔爾 (1952) 原子爆弾による影響と白血球に就て、広島医

- 学、5、108.
- 29) 西丸和義、銭場武彦、入沢宏、飯塚恒治、伊藤景美、沖田実 (1952) 運動と白血球数の増加に就て、広島医学、5、68.
- 30) Maximow, A.A. and W.Bloom (1948) A Text Book of Histology, Sannders Co., Philadelphia & London, 280.
- 31) Fukuda, T. (1963) Deep Lymphatics of the Spleen, Tohoku J. of Exp. Med., 79, 281.
- 32) 山形敏一、宇塚善郎 (1963) 脾研究最近の進歩ことに脾の構造および機能について、医学のあゆみ、44、73.
- 33) 今井環 (1954) 脾臓毛細管炎の問題 (形態学的所見を中心として)、血液学討議会報告、7、60.
- 34) 銭場武彦 (1944) 低圧における脾臓の態度、航空医学、1、219.

# [ABSTRACT]

## Blood and Lymph Vessels and Blood Flow in the Spleen

Yasuyosi Nisimaru

In the Malpighian body of the spleen, glomerulus like blood capillary nets are formed with the branches spread from the central artery.

Lymph capillaries run intricately with venous sinuses in the red pulp of the spleen.

The lymph flow of the spleen is remarkably increased by the rise of blood pressure in the splenic vein. Much red blood cells are included in this lymph.

The spleen plays roles of blood reservoir, promotion of portal blood flow, and filtration of blood by its continuous and rhythmical contraction.