

肺臓の血管、リンパ管およびその体液流

西 丸 和 義

I ま え が き

1928年シカゴ大学に Dr. Carlson をたずねた。それは肺臓への血管収縮神経が交感神経の中にあるという私の実験結果⁽¹⁾が、Carlson の迷走神経にあるとする結果⁽²⁾と違うので話したいと思ったからである。その時 Carlson は50歳前後に見える6尺豊かな人で、丁度学生実習中であったが、私の話を聞かれて“君と同じ意見だよ”と云われた。

1934年版の J. Barcroft の Features in the architecture of physiological function⁽³⁾にこの研究が引用されて、肺臓への血管運動神経の存在がかけられた。そこでこの問題は解決されたと思った。ところが、1937年版の Cannon の Autonomic neuro-effector systems⁽⁴⁾を見ると、Luckhardt and Carlson が1921年に迷走神経の中に血管収縮神経があると云ったが若しそうであれば、副交感神経のうちにアドレナリンを遊離する神経があることになるが、未だ誰もこの神経素を証明したものがないとある。



第1図 Anton J. Carlson

すなわち英国のある人達は認めても、米国のある人達は認めないわけである。こうしたことから、肺臓脈管の研究がその後脈研同人によって行なわれて今日に至ったので、そのうちから主なものをここにまとめて見ると次のようになる。

Ⅱ 肺 の 脈 管

1) 無脊椎動物の肺脈管

無脊椎動物の呼吸器系を追及して見ると、動物界には水呼吸するものと、空気呼吸するものがある。水呼吸をするものは、原生動物、海綿動物、腔腸動物、棘皮動物、環形動物、節足動物、軟体動物の多くのもの、脊椎動物では魚類に見られるものである。その中で節足動物からは鰓呼吸が始まる。この鰓の脈管は開放性であるが、頭足類に至って始めて閉鎖系の毛細血管となり、その血行を促進するために鰓心臓が出現する。次に空気呼吸をするものには軟体動物、節足動物のあるもの、魚類以外の脊椎動物がある。そのうちで体表によるものに軟体動物があるが、これは開放脈管である。また気管が分岐して体内に入るものに節足動物がある。呼吸に対する脈管系の出現は第5門からであろう。

a) ごかい (*Neris japonica* Izuka) は環形動物、多毛目に属し閉鎖性血管系を有するものでこの呼吸部は側脚の舌足部でこれは各体節ごとにあり。この部の毛細血管は籠型の分布構造(第2図)を呈し、限局された部分に最大の分布面積を有す。また血流は主として背行血管の23~25/分周期を有する尾部より頭部へ向う周期的な収縮運動によるものであるが、この側脚の毛細血管においてもこれに一致して移動、捻転しながら収縮、拡張する。こ



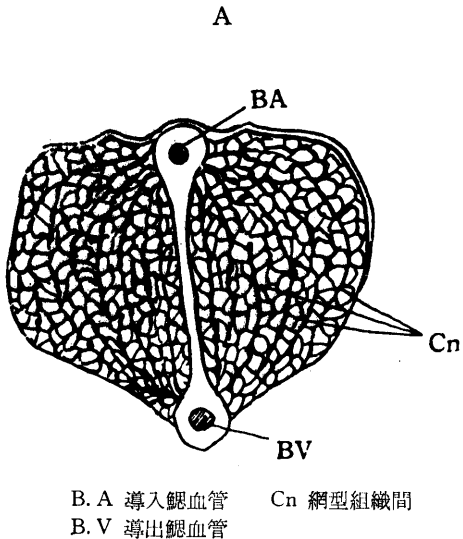
第2図 ごかいの側脚部の籠型微細血管分布構造

の外に脚部の運動によっても血流速度が促進するのが見られる。⁽⁵⁾

b) がざみ (*Neptunus pelagicus* L.) は節足動物、甲殻類、十脚類で囲心腔と心臓によって体液を循環する開放性脈管系であって、動脈はあるも静脈は出現しない。したがって呼吸器である鰓を体液が流れる部は組織間である。

鰓は左右鰓室内にあり、各鰓室には8個の鰓がある。鰓はそれぞれ第2顎脚、第3顎脚の根基あるいは胸側壁に附着して、これより心臓に向って集まる如く配列される。他の1個の鰓は第1顎脚の根基に附着して鰓室の上外方に沿って伸びる。鰓蓋の前後両端は間隙があって水の出入ができるようになっている。水流は主として弁状の鰓舟が後方より前方に動くことによ^(6, g)って起る。

第 3 図 がざみの 鰓 血 管



鰓舟中央部に於ける網型組織間 (70×)

c) こういか (*Sepia esculenta* Hoyle) は軟体動物頭足類で、体液は主として、心臓と鰓心臓によって循環する。鰓は左右1対あって、外套膜内に突出している羽毛状をなす器官である。その中軸をなす動静脈があり、鰓の外面に現われる中軸には鰓静脈があり、鰓動脈は鰓の下に隠れている。

大静脈の分枝を流れた血液は鰓心臓に入り血圧が高められた後、血液は鰓が外套膜に附着する側を頭側に向って走り、垂直に分岐して各鰓弧に分枝を出し、鰓弧動脈となる。鰓弧動脈はその中軸を走り、各鰓弁に入り鰓弁動脈を分岐する。

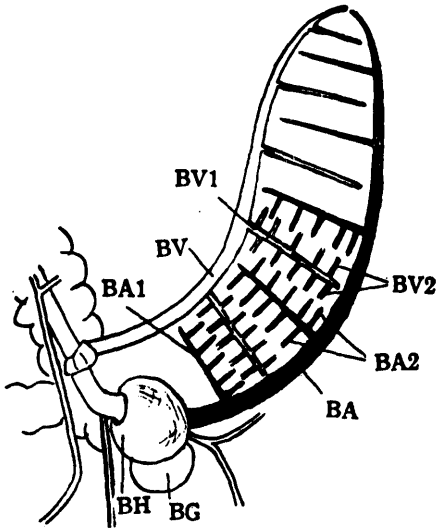
鰓弁動脈は鰓弁の中央を長軸に沿って走り、垂直に分岐して鰓弁突起および鰓弁に不正円

形よりなる単層網型血管網を形成する。この血管網は外界の水に露出されている。

網状血管網は鰓弁静脈に移行して垂直に吻合し鰓弧静脈となり鰓弧を横走して鰓静脈に垂直に集合して鰓静脈となり、鰓中軸を下行して心房内に注ぐ。^(6, f)

第 4 図

模図A こういかの鰓血管



B. H 鰓心臓 B. G 鰓腺 B. A 鰓動脈
B. V 鰓静脈 B. A1 鰓弧動脈 B. V1 鰓弧静脈
B. A2 鰓弁動脈 B. V2 鰓弁静脈

B こういかの鰓弁に於ける血管
鰓弧動脈



鰓間血管網

鰓弧静脈

以上は水中呼吸をなす動物であるが、空気中での呼吸をなす動物ではその器官を肺と呼ばれる。その最も簡単なものにまいまい、なめくじの類がある。

d) まいまい (*Euhadra hickonis*) は軟体動物、腹足類に属している。まいまいの体の背部を覆うて、襟より始まり後方に肝臓に至る薄い膜の内面を肺と云う。この膜に包まれている腔を外套腔といい呼吸孔により外部と通じている。

体内の血腔より導かれた5本の導入肺血管は襟の下から外套膜の前端よりその内面に入る。これらの血管は外套膜の前方の約中央で吻合し1本の導出肺血管となる。また左右の周辺部からも多数の吻合があり、腎臓からも血液を受ける。

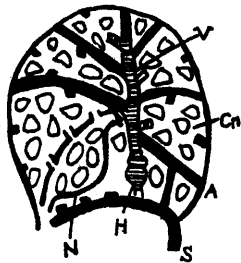
これらの導入血管は互に樹枝状に分岐吻合して細枝となり、開放し網状流となる。これら網状流は互に分岐吻合して求心方向に流れて行き、やがて1本の血管に集まり導出血管に注ぐ。この1本の導出肺血管は次第に大きさを増し、外套膜の後部すなわち心臓に近づき肺静脈となる。これら網状流は外套腔の内面にあり空気に露出するがごとく配列し、外套膜全面

に存在する。

なお外套膜のヘマトキシリン、エオジン染色標本によると、樹枝状に分岐吻合する太い血管には内皮細胞が存在するも、網状流の部では内皮細胞はなく、組織間を流れることを知る、すなわち開放性である。外套膜の底面には縦横に走る筋線維束があり、これの収縮拡張により体液流の促進が行なわれる。^(6, c)

第 5 図 まいまいの肺血管(外套膜)

A 肺血管系模図



S—血腔 A—導入肺血管
V—導出肺血管 N—腎臓
H—心臓 Cn—網型流路

B 肺動脈開放端肺静脈分枝開放端の網状流 (20×)



肺動脈分枝

肺静脈分枝

2) 脊椎動物の肺血管

a) 鯉 (*Cyprinus Capio* L.) は呼吸する部位として鰓と鰓が考えられる。そこで先ず鰓の脈管についてみると、心室から駆出された血液は腹部大動脈から導入鰓動脈、鰓弁動脈、鰓弁小動脈、毛細管網、鰓弁小静脈、鰓弁静脈、導出鰓静脈から脊部動脈を通じて全身に至る。

この際各鰓弁動脈には膨大部がある(第6図)これはあたかもタコ、イカにおける鰓心臓が各々の鰓弁動脈に分散した鰓を呈するもので、肺循環に対し他の脊椎動物のごとき強い収縮力を有する心室が出現しない動物には例えばカキの副心臓、タコ、イカの鰓心臓等の出現を見るもので、鯉にはこの移行型を思わせるものがある。⁽⁷⁾

鯉の鰓微細血管分布構造について計測して見ると次の表のようになった。

鯉の鰓微細血管

血 管 名	分 岐 数 (1,000 単 位)	口 径 (u)	分岐口径 総和 (cm)	長 さ (u)	容 積 (%)
鰓弁小動脈	665	7	7.4	129	80
鰓毛細血管	3,328	2	6.7	446	100
鰓弁小静脈	665	14	9.3	43	80

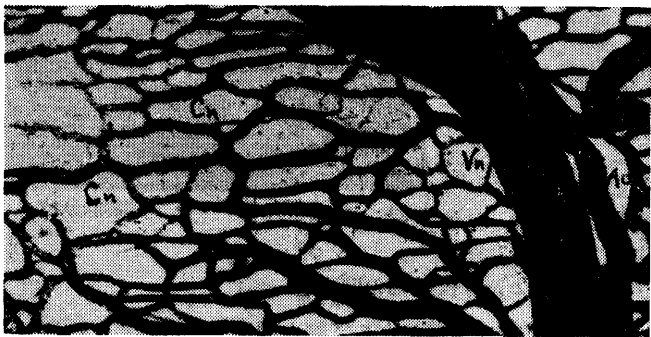
A—鰓弁動脈
Ao—鰓弁小動脈
Cn—毛細血管網
Vn—鰓弁小静脈
V—鰓弁静脈

第 6 図 鯉 の 鰓 血 管



鰓の毛細血管については、蛙等の肺毛細血管と同様な分布構造を見る（第 7 図）。

第 7 図 鯉の鰓における毛細血管（100×）



Ao—肺動脈の分枝
Vn—肺静脈の分枝
Cn—毛細血管網

水棲動物の鰓は発生学的には体壁の一部が伸びて皺襞をなして突出または陥入したものである。両棲類、爬虫類の肺はむしろ魚類の鰓と形態学上相当のものと考えられる。陸上棲息のいもりの肺は只の囊状であるが、これがはんぎき、かえる、やもり、亀と進化するにつれて肺の中に隔壁が長くなり突出するがいまだ肺胞をよく区分するに至らない。⁽⁸⁾

b) むもり (*Triturus pyrrhogarter*) の肺臓は細長い囊状の薄い膜であって、心臓の両側、胸腔内にあり短い気管支により気管に連絡され喉頭に開口する。肺の前半は懸卵膜または懸

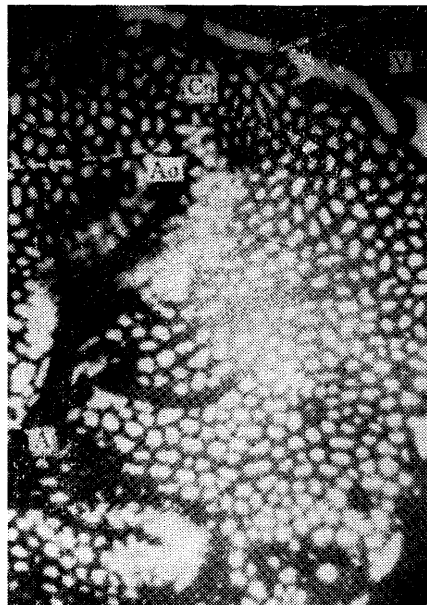
精巢の前部に付着して後半は遊離する。

心房より駆出された血液は、肺動脈に入り、肺動脈は肺門より入り、肺の外縁に沿って外壁を走り、尖端に向う。

肺動脈はほぼ垂直に分岐して両側に12~14分枝となり肺の内壁を走り、これらの分枝は分岐して2~3枝となり、さらに分岐して毛細動脈となり、その壁は内皮細胞の一層よりなる単層の網状毛細血管となる。この毛細血管網の密度は1 mm²に400~500個である。なお、肺内面全体にこれらの毛細血管は囊内の空気に露出するように分布するがこれには隔壁は見られない。

この毛細血管網を流れた血液は毛細静脈に集合して、肺静脈分枝となり、肺動脈とは反対方向に走り肺尖端から内縁にそって外壁を走る肺静脈にほぼ垂直に集合され肺門に至り、^(6, j)やがて左心房に注ぐ。

第 8 図 むもりの肺毛細血管網



A—肺動脈分枝
Ao—毛細動脈
Cn—毛細血管網
V—肺静脈分枝
肺内面に隔壁は見られない

c) 蛙 (*Rana nigromaculata* Hall) 蟾 (*Bufo vulgaris Formosus*) では心房より駆出された血液は、肺動脈に入り、分岐して肺動脈となる。

肺動脈は肺門の外縁から入り、脊枝、中間枝、外側枝に分れ肺の外壁を走り、樹枝状に分岐する。肺動脈の分枝は主として隔壁の基底、棟の部分より肺の内面に入り、隔壁および肺胞内面に分岐して毛細動脈となり、不正円形の単層網型分布として毛細血管に移行する。

毛細血管網は毛細静脈に集合するが、隣接の肺囊および隔壁の毛細静脈と吻合し、肺静脈分枝となり、肺門で肺静脈に集合されて左心房に入る。^(6, 1)

第 9 図 がま肺毛細血管網 (70×)



Ao—毛細動脈
Cn—毛細血管網
Vn—毛細静脈
S—隔壁
肺の内面に隔壁が出現して毛細血管網がこれを覆う

d) やもり (*Gekko Japonicus*) の肺臓は心臓の両側腹腔内にあり、先端のやや尖った小さい楕円形の薄膜である。右肺は左肺より大きく、気管は喉頭より始まり左右に分かれて気管支となる。肺動脈とともに肺に入る。肺の内面には縦横に走る隔壁があり、その大きさにより第1次、第2次、第3次肺泡を形成する。

心房より駆出した血液は肺動脈に入る。肺動脈は気管支とともに肺門にて2枝となり、肺尖

第 10 図 やもり肺毛細血管網 (100×)



A—肺動脈分枝
V—肺静脈分枝
Ao—毛細動脈
Vn—毛細静脈
Cn—毛細血管網
S—隔壁
肺内面の隔壁毛細血管網は一層著明になる

に向う。肺動脈分枝は樹枝状に分岐したのち、隔壁および肺胞に至り、毛細動脈を分枝して、肺内面に不正円形の単層網型の毛細血管分布をなし、その密度は $1000\sim 2000$ 個/ mm^2 である。

これらの毛細血管は集合して毛細静脈となり隣接の肺胞および隔壁の毛細静脈と吻合し、さらに樹枝状に集合して肺静脈分枝に至る。肺静脈分枝は肺の尖端から肺門に至り、肺静脈に合して心房に至る。^(6, m)

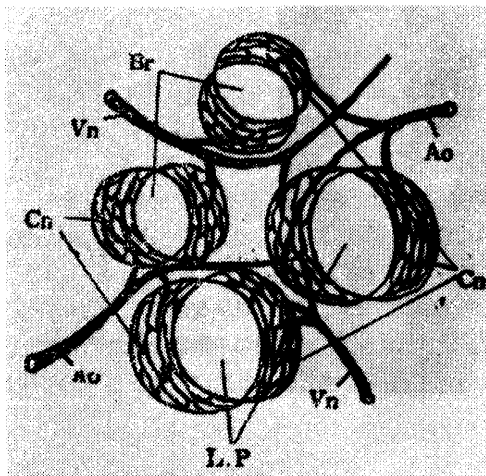
b) 鳩 (*Columba Liva domestica*) では心臓は2心房、2心室となりこの階級から動静脈血が混合することがなくなる。

すなわち右心室から駆出された血液は直ちに左右に分れる。肺動脈は肺の内面において中央よりやや上方で気管支の側に沿って肺門から肺内に入り、肺動脈幹枝となる。肺動脈幹枝は始め肺の中心部を気管枝と平行して走るが、末梢に行くにしたがい肺間質組織内を走り互い違いに全周囲に分枝して樹枝状となり、肺の外表に向って進む。これらの肺動脈分枝は分岐して2〜3枝の毛細動脈となり、肺管および細気管枝の内面を包囲して緻密な蛇行屈曲した単層網型血管網を形成する。この毛細血管は集合して毛細動脈となり、さらに2〜3枝により集合して隣接の肺管、細気管枝よりの毛細静脈と合して小静脈に入り、次第に樹枝状に集合し肺静脈となり左心房に至る。^(6, o)

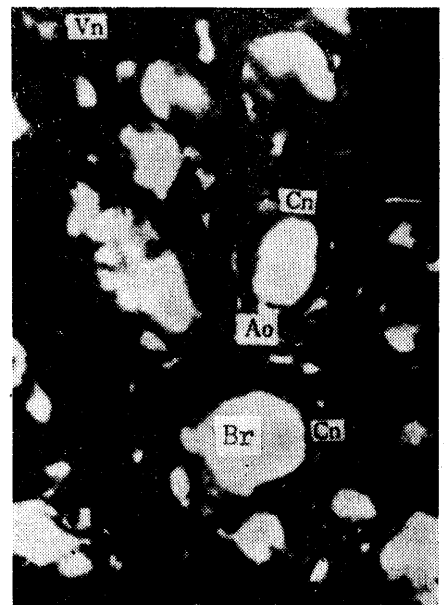
第 11 図 鳩の肺管に於ける微細血管

A 模 図

B 墨リングル液注入によるもの(600×)



Ao 毛細動脈 Vn 毛細静脈 Cn 毛細血管網
L.P 肺管 Br 細気管支



Ao—毛細動脈 Vn—毛細静脈
Cn—毛細血管網 Br—細気管支

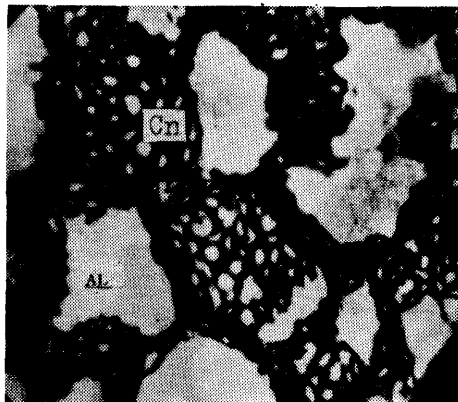
3) 哺乳動物および人体の肺血管

a) 肺血管分布構造

人体および哺乳動物の肺血行について気管支動静脈と肺動脈とが吻合するとする人 (Kuttner 1878. Konas, 1926. 梅田, 1944) あるいは静脈部に吻合があると説く者 (Zuonkerkante, 1883) その他毛細血管部のみに交通があるとする者 (Cowdry, 1938. Maximow, 1934. 滝野, 1940) があり、野崎 (1934) は生理学的に尾持、神納 (1937) 等は形態学的に気管支動脈の血液は肺門の付近において、気管支静脈に流入しており、中等大以下の細小なる気管枝において専ら肺血管に流入するが、肺動脈の血液は肺静脈にのみ流れて気管支静脈には流入しないと云う。すなわちこれまでの実験の結果は一定しない。

自分等のモルモット、家兎、人の胎児 (5~9 か月) についての生理的墨ゲラチンリング液灌流法によると、肺には肺動脈と気管枝動脈から血液が肺組織に流入するが、気管枝動脈からの大部分は肺胞の毛細血管網に至らず、気管枝静脈によって還流する。その一部の肺胞毛細血管と吻合したものは、肺静脈に肺動脈からきた血液とともに左心房に還流する。肺胞に分布する毛細血管網は一層で各々の肺胞をバスケット状にとり囲み、しかもこの一層の毛細血管網がその相接する両肺胞を境している。⁽⁹⁻¹³⁾

第 12 図 家兎の肺胞毛細血管網



AL—肺胞
Cn—肺胞毛細血管網

b) 肺血管壁の構造

人体で肺血管はその中枢部は弾性型を、末梢部は筋性型の特徴を有し、量的に弾性線維量は末梢に行くにしたがって明かに減少の傾向を有し、血管壁に対する密度は肺動脈第 1 枝では上行動脈より寧ろ密度が大で、第 2 次分枝と腹大動脈、第 3 次分枝と前脛骨動脈が大体同じ密度を有する。また肺静脈でも同じ傾向にある。筋線維は動脈でも静脈でも全長に亘り細紐状に密に配列して、弾力線維の消長と全く逆の関係を示している。この筋量を大循環系と

比較して見るとその比内腔筋量は末梢に至る程大となるが、肺動脈の第4分枝と腹大動脈、第8分枝と股動脈、第9分枝が前脛骨動脈のそれぞれの第1分枝と等しいと云う関係にある。また肺静脈では第6分枝が外腸骨静脈の第1分枝にほぼ同じであるが、第10次分枝は膝窩静脈第1分枝より小である。⁽¹⁴⁾

これらのことを他血管系と比較すると、その比内腔筋量が肺血管系で小であることで第3表でもよく知られる。しかし肺血管系ではことにその分岐する部において急に筋量が増加することが次の表で知られる。これは肺血行の上に大きな役割をなすものとの示唆を受ける。

第1表 肺動脈(A)各分枝の筋量と弾力板数(人)

肺門部より (分岐部A B)	半 径 (mm)	筋細胞核数 (単位面積内)	弾 力 板 数 (単位面積内)
AI	5.0	14~3	154
ABI	4.1	20~9	71
AII	2.3	11~3	68
ABII	1.3	26~7	30
AIV	1.1	16~7	29
ABIV	1.2	28~8	21
AVI	0.4	17~5	4.3
ABVI	0.8	25~4	1.7
AVIII	0.4	7~4	1.5
ABVIII	0.3	7	2.4
AIX	0.3	10~6	1.1
ABIX	0.2	4~2	2.7

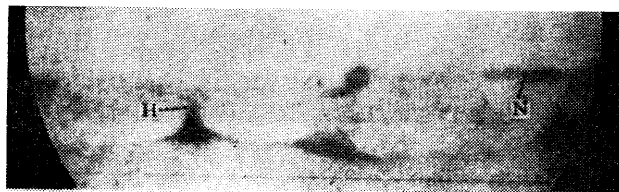
第2表 肺静脈(V)各分枝の筋量と弾力板数(人)

肺門部より (分岐部V B)	半 径 (mm)	筋細胞核数 (単位面積内)	弾 力 板 数 (単位面積内)
VI	4.4	4~2	63.5
VBI	7.0	3	40.5
VII	2.0	1	44.0
VBII	2.1	5~2	32.0
VIII	1.4	3~2	22.0
VBIII	2.6	1~3	28.0
VIV	1.2	5~2	25.0
VBIV	1.2	7~4	19.0
VVI	1.0	3~2	17.0
VBVI	1.4	7~2	18.0
VVII	0.8	3~2	18.0
VBVII	0.6	3~2	15.0
VIX	0.3	2~1	20.0
VBIX	0.3	3~1	11.0

なお、犬の肺静脈で、心嚢膜外約5mm末梢部まで不随意横紋筋が存在し、その筋の厚さは末梢に行くにしたがって減少する。その構造は心筋と全く同様で、しかも心筋と連続的に存在することが認められ、その線維の方向は輪状である。^{(15) (16)}

肺毛細血管には筋細胞すなわち収縮性細胞が存在しないと考えていたが、亀の肺臓の10u切片標本を作りこれを長時間染色をほどこして見ると第13図のように肺毛細血管にも内皮細胞の外に収縮性細胞が存在することは他の部の毛細血管と質的には同様であることが知られる。⁽¹⁷⁾

第 13 図 亀の肺胞壁に於ける毛細動脈



(Giemsa 長時間染色法によったもの) H.....筋細胞 N.....内皮細胞

第3表 各部動静脈（第1分枝）の筋および弾力板の量（人）

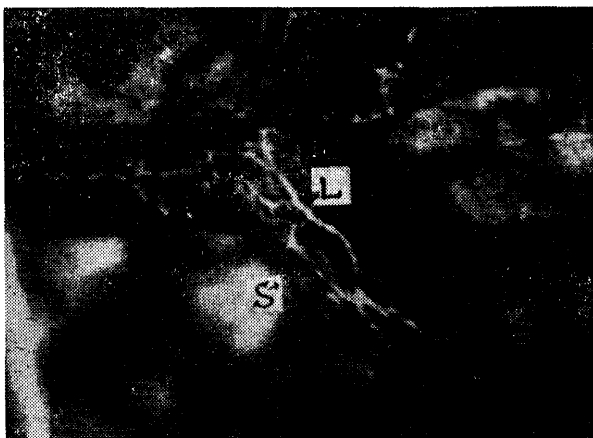
	半 径 (mm)	筋細胞核数 (単位面積内)	弾 力 板 数 (単位面積内)
肺 動 脈	5.0	14~3	108~20
上 行 大 動 脈	6.7	34~29	208~164
腹 大 動 脈	3.8	32~31	80~76
股 動 脈	1.7	34~22	37~23
前脛骨動脈	0.6	22~17	12~8
肺 静 脈	4.4	4~2	49~8
上 空 静 脈	6.9	4~3	—
外腸骨静脈	3.7	5~2	—

4) 肺のリンパ管およびリンパ液

a) 肺のリンパ管

従来肺胞にはリンパ管は存在しないと考えられていた。⁽¹⁸⁾ ますがまの肺リンパ管について見ると肺静脈の周辺にあるリンパ囊に朱または墨リングル液を逆行性に注入して、種々の厚さの顕微鏡組織標本を作り鏡検すると、リンパ管は肺表面と肺隔壁内に存在するのが見える。なお隔壁中の小血管には毛細リンパ管が網状にてん絡し、小血管のない隔壁、肺内面では毛細血管網の直下にリンパ毛細管網を形成するの^{(19) (20)}が知れる。

第 14 図 がま肺内面隔壁に分布する毛細リンパ管



S—隔壁
L—毛細リンパ管

犬の肺においては Drinker, Miller 等 (1937) により追及されたが、実質内部のリンパ管については何等記載がない。

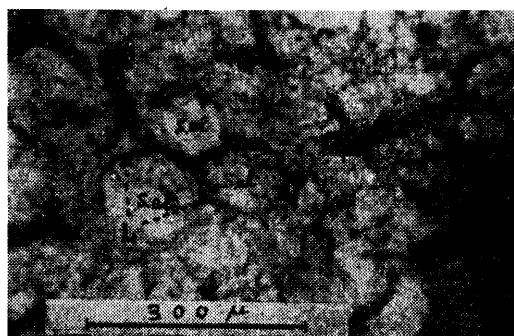
しかし肺リンパ管は肋膜面の表在リンパ管と実質内リンパ管を区別することが出来る。

肺表面肋膜下リンパ管は4個以上の多面的環状に配列し密網を形成し、この内小網眼は肺の一次小葉に大きな網眼は二次小葉に相当する。この小網には処々に突起を認める。この部を通じて肺静脈分枝のリンパ管に連絡する。この連絡部には弁は認められるが、網眼部には弁は認められない。

深部のリンパ管は気管支、肺動脈、肺静脈に沿うリンパ管を区別する。気管支に沿うリンパ管は気管の口径により分布構造に差違があり、軟骨のある気管では軟骨外にあり、軟骨を欠くものでは内面および上皮と筋膜の間に密網を形成し、さらに小さい呼吸気管支、肺胞までは上皮下に沿って存在し、肺胞、肺胞囊付近では肺胞中隔にまで及ぶ。従来肺毛細リンパ管は肺胞にはなく最終は肺胞道で終ると見做されたが、明かに肺胞、肺胞中隔に及ぶのを認めることができる。

肺のリンパ管は肺胞道およびその末梢から起り気管支、動脈、静脈分枝の周囲にてん絡しリンパ節に入る。また動脈に沿うリンパ管は動脈とその付近の気管支の間に存し、これから気管支に輪状にてん絡し、気管支分枝に沿うリンパ管と交通し最後に肺胞道付近で両者と連絡する。なお肺静脈に沿うリンパ管は密にこれにてん絡し末梢に向い肺胞道、肺胞に分布する。

第 15 図 犬の肺胞中隔にあるリンパ管

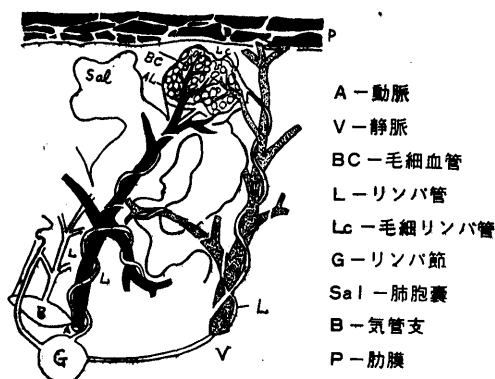


s. al.....肺胞囊
L.....リンパ管
120×

すなわち肺のリンパ管は肺胞、肺胞道に起り、気管支、肺動脈、肺静脈にてん絡して肺門リンパ節に入り、後縦隔洞から右頸部リンパ本管に注ぐ。また一方肺表面リンパ管は肺静脈分枝のリンパ管に連絡し、一部は深部に入らず肺門リンパ節に入る。左肺上葉のリンパ液は胸管に入るに反して、同側の他の肺葉および右肺各葉のリンパ液の殆んどは後縦隔を⁽²¹⁾ ⁽²²⁾通って右頸部リンパ本管に入る。

以上の肺血管およびリンパ管系の模図を示すと第16図のようになる。

第 16 圖 肺の脈管模図 (AL—肺胞)



- A—動脈
- V—静脈
- BC—毛細血管
- L—リンパ管
- Lc—毛細リンパ管
- G—リンパ節
- Sal—肺胞嚢
- B—気管支
- P—肋膜

b) 肺リンパ液

右リンパ本管に入る肺からのリンパ液は前述したごとく左肺上葉以外の肺、腹腔、心臓に由来するもので純粋な肺のリンパ流量とはいえないが、それにしても同時に採集された他部のリンパ流量と比較すると少ないことが知られる。肺循環系では大循環系に相当する血液量があるにも拘らず、そのリンパ流量は胸管のそれと比較すると、約 $\frac{1}{4}$ である。しかし蛋白量は寧ろ多く、肺におけるリンパ生成上の差違がうかがわれる。

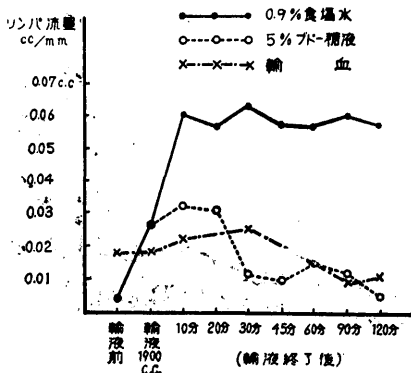
一般に静脈内にリンゲル液を持続的に注入すると胸管リンパ液・左頸部リンパ液に蛋白量の減少を伴う流量の増加が見られるが、これは胸管では著しく大きい、右リンパ本管では極めて軽微である。犬では肺毛細血管圧は、4.5～10mmHgで、一般毛細血管圧よりも低く、リンゲル液の注入による膠質滲透圧の低下によっても、水の透過が少なく、かつ吸収の容易であることにより、リンゲル液注入の影響も少なく浮腫の起り難いことを示すものである。

しかしながら大量に補液するときは肺水腫を発生するが、輸液の種類によって差違がある。いま0.9%食塩水100cc/kgによっては肺リンパ流量は5～20倍の増加を示し、これが持続するのに反し、5%ブドウ糖では流量は3～10倍の増加を示すが持続時間が短い。輸血の場合では肺リンパ流量の増加はわずかに1.5～2倍であって肺臓リンパ液の蛋白の減少はなく影響が少ない。しかもこれを剖検すると0.9%食塩水の場合5例中4例において肺水腫を認め、他の輸液では肺水腫を認めない。すなわち多量の0.9%食塩水では肺水腫が起り易い。

さらに実験的肺水腫を左肺全別、低酸素吸入、0.9%食塩水大量急速静脈内注入によって起し、この時の肺リンパ液の蛋白量はリンパ液/血清が64%であり一般の比47%に比して高い。またA/Gも肺水腫時0.80～0.9となり、一般では0.71～1.07でありグロブリンの増加

を認める。ここで肺臓リンパ液を採集しながら肺臓内に水、0.9%食塩水および血漿蛋白を肺臓内に経気道的に注入しこの吸収を見ると水、0.9%食塩水では1時間内に注入量の50%以上、4時間で殆んどが吸収され、血清では1時間に18%、4時間で27%しか吸収されず、この時の肺臓リンパ流量は血清注入時の方が増加が著しい。すなわち晶質は血管を通じて容易に吸収されるが、蛋白質は肺臓リンパ流の増加にも拘らず吸収が著しく遅延する。肺水腫発生時透過蛋白の除去の遅いことが考えられる。実験的肺水腫が起り難く、左葉剔出、低酸素吸入、大量補液の動物では肺血管流床の伸展性が大きく、肺毛細血管圧の上昇を示さず血液量の増加を許すが、補液によってさらに血液量の増加するときは肺の水分増加をきたし、この限界を超える時に水腫を起し得るといえる。

第17図 各種輸液に依る肺リンパ流量の時間的変動(犬)



第4表 肺臓リンパ液蛋白量(犬)
(Abbe 屈折計, Reiss 表)

		蛋白質量 %		
	犬体重, 性別	肺リンパ液	右頸部リンパ液	血清
1	11 kg ♀	3.28	2.64	6.52
2	10.5 kg ♀	3.06	1.96	5.84
3	10 kg ♂	4.16	3.54	6.34
4	11 kg ♂	2.84	1.74	6.57
5	16 kg ♀	2.4	2.9	6.12
6	9 kg ♂	3.72	2.52	7.2
7	16 kg ♂	1.86	2.2	6.52
8	10 kg ♂	3.58	1.62	8.06
9	12 kg ♂	1.18	0.92	5.68
10	11 kg ♀	3.06	1.8	6.42
11	10 kg ♂	4.24	3.2	7.2
12	8 kg ♂	3.04	2.18	6.12
平均値		3.14	2.41	6.64

Ⅲ 血管運動神経

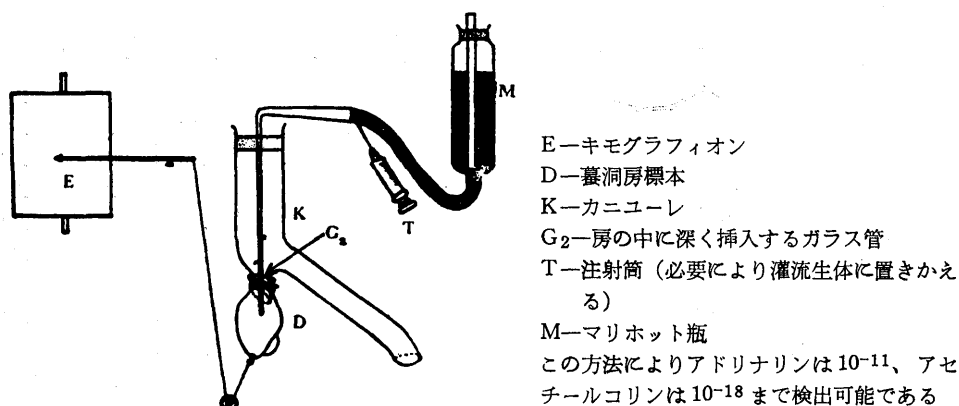
1923年肺臓血管に至る運動神経について、⁽¹⁾ 蕁、⁽²⁾ 亀について交感神経中に血管収縮神経が含有されることを報告した。すでに1921年 Luckhardt and Carlson ⁽²⁶⁾ は肺臓血管への収縮神経は迷走神経に含まれると云う。しかし真島典二 (1921) ⁽²⁶⁾ は交感神経に含まれるとした。

従来血管収縮神経は、その興奮により血管壁の筋を収縮せしめるもので交感神経であると理解された。しかし Cannon (1937) はこの Carlson 等の結果から、肺臓に至る血管収縮神経は迷走神経すなわち副交感神経であると考えた。一方 Elliot (1904) 以来、交感神経

終末からアドレナリンのような物質が遊離すると考え、Loewi, Dale (1934) 等の心臓への脈管運動神経素の研究から血管拡張神経は cholinergic nerve、血管収縮神経は adrenergic nerve⁽⁴⁾ といわれるようになった。したがって Cannon は1937年、その著の中で肺臓の血管には迷走神経に adrenergic nerve が含まれているという見解を述べた。これはどこまでも Cannon の推定であって実験的証明ではないが、この問題は Carlson や自分等のこれまでのリングル液灌流滴数の増減による実験方法では決定できないもので、まず肺血管の神経終末から遊離する神経素の証明方法が先決である。

そこで脈管運動神経素検出方法としてはその物質がアドレナリンよう物質とアセチルコリンよう物質であろうという見当でその検出法を求めた。これには第18図に示すような⁽²⁷⁾ 囊心臓洞房標本によるもので、この方法によるとその感度はアドレナリンで 10^{-11} 、アセチル

第 18 図 脈管神経素検出に考案した装置



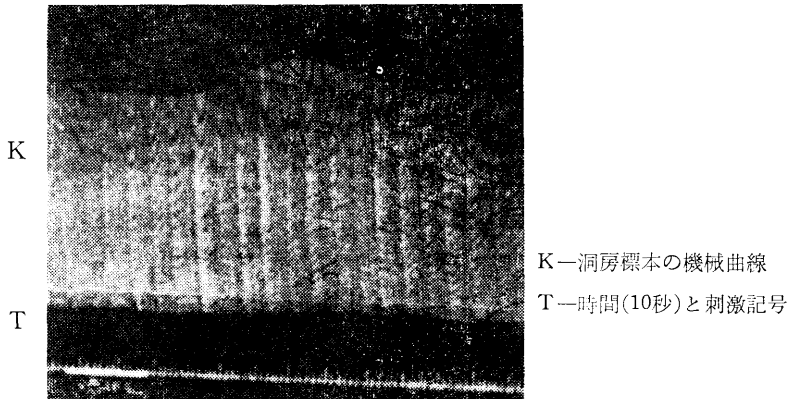
コリンで 10^{-18} であって、しかもこれら物質の定量法としても比較的確実に使用し得る。⁽²⁸⁾

すなわちこの方法を用いて肺臓血管への血管運動神経の追及は、肺臓への神経を刺激して、その血管灌流液中に遊離する化学的物質を明かにすればよいことになる。

まず⁽²⁹⁾ 囊または亀で Jugular ganglion のところで迷走神経と交感神経の2頭を有する部を分離する。すなわち神経節の中樞側に迷走神経と交感神経の2頭を有し、末梢側は1本の迷走交感神経幹とする。これを必要に応じて迷走神経、交感神経または迷走交感神経を別々に刺激するようにする。

一方肺臓血管をリングルー管⁽²⁹⁾ 爾液で灌流する。まず交感神経を刺激すると灌流量が減少する、これは先の実験と同様である。なおこの際アドレナリンよう物質が肺臓血管灌流液中に遊離するのがしられる (第19図)。

第 19 図 藁肺臓血管の灌流液を洞房標本(第18図)に流入せしめつつ交感神経を刺激したもの



ついで 10^{-3} エセリン、リンゲル―曾爾液で肺血管を灌流しつつ、迷走神経を刺激すると第20図のように、灌流液中にアセチルコリンのような物質が遊離するのがわかる。

第 20 図 亀肺臓血管の灌流液を洞房標本に流入せしめつつ、迷走神経を刺激したもの



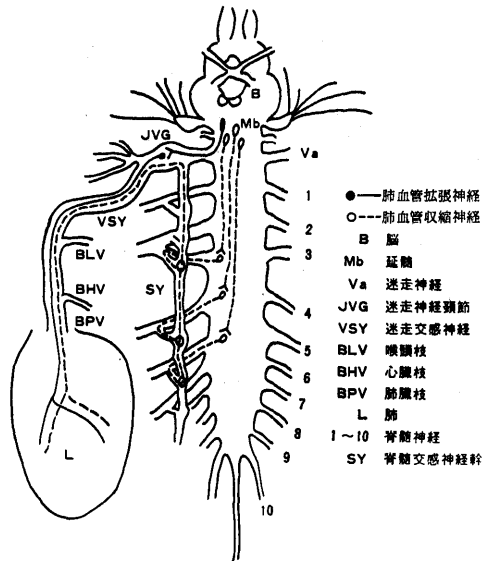
先に Carlson 等の実験でリンゲル液灌流中に迷走神経を刺激してその流量が減少したのは、リンゲル液灌流によって、トーンスを失った血管がアセチルコリンで収縮するのと同じ結果である。

この際アドレナリンをリンゲル―曾爾液に加えて灌流しつつ迷走神経を刺激すれば灌流量は増加する。しかし交感神経を刺激すれば一層灌流量は減少する。すなわち前者はアドレナリンに拮抗することによる血管の拡張であり、後者はアドレナリンへの相剰作用による収縮である。第21図は藁の肺への血管運動神経分布を示した。

これらの実験結果から Cannon の見解は当を得ないので、肺臓血管への血管収縮神経は交感神経により、拡張神経は迷走神経により分布することが明かである。

すなわち、肺血管においても血管収縮神経素によって筋組織が能動的に収縮し、拡張神経素によって筋組織のトーンスが減少することによって血管が拡張する。⁽³⁰⁻³⁴⁾

第 21 図 猿の肺血管神経分布図



IV 肺 臓 内 の 体 液 流

肺の血行については先に述べたように肺血管への脈管神経の分布が考えられ、また肺の動静脈の分岐部の筋量が多いことからこれらによる肺血行調節の上に大きな役割がなされていると考えられるが、これに対する実験的裏付けが充分でないのでさらに研究が大切である。安静時における血行は肺が中等度に膨れている時が最も大で、その膨れがそれより大となるも小となるも血行は減少する。したがって呼吸運動により血流は絶えず変化することになる。

例えば蛙の肺では正常血行時で 20mmHg の、亀では 50mmHg の肺内圧の場合が血流速度が最大であるが、これより内圧が増減すると血流速度は減少する。犬においても肺内圧を中等度に保ち、人工呼吸を行なう場合に同一灌流圧のもとで肺血管の灌流量が最大であった。

哺乳動物では呼吸運動による胸腔内圧の増減によって肺の血流、胸管からのリンパ流が促進されるのみならず肺のリンパ流も促進される。⁽³⁵⁻³⁷⁾

Barcroft は While, however, I agree that the musculature of the pulmonary vessels has a significance from the point of view of constriction, surely its main significance must be to confer on these vessels the power of dilatation. In man at rest perhaps 4 litres of blood per minute traverse the lung; during full activity perhaps 25 or 30 litres per minute. What would not the pressure in the pulmonary artery become if the ves-

sels did not dilate? or even if that only dilated in so far as they were stretched by the increase of pressure within them? と述べたが、かかる肺臓の血流については前述した動静脈の分岐部の収縮性、弾力板、血管神経、毛細血管の収縮性細胞の存在による調節、すなわち肺臓でも身体他部の血行調節の機構におけると同じものであると考えられる。

V 結 語

1) 呼吸器系を比較生理学的に見ると、動物界には水呼吸をなすものは、原生動物、海綿動物、腔腸動物、棘皮動物、環形動物、節足動物、軟体動物の多くのもの、脊椎動物では魚類に見られるものである。その中で節足動物からは鰓呼吸が始まる。この鰓の脈管は開放性であるが、頭足類に至って始めて閉鎖系の毛細血管となり、その血行を促進するために鰓心臓が出現する。魚類においても、鰓小動脈に膨大部を見る。次に空気呼吸をするものには軟体動物、節足動物のあるもの、魚類以外の脊椎動物がある。そのうちで体表によるものに軟体動物があるが、これは開放脈管系である。また気管が分岐して体内に入るものに節足動物がある。脊椎動物ではいわゆる肺となる。いもりでは肺は1つの空胞であるが、これがはんざき、蛙、水亀と進化するにしたがって、中隔が追々に延びてモルモットに至って、各細小気管支の先が1つずつの肺胞となる。しかし血管が1層の毛細血管網としてこれを被うことはいづれも同様である。

2) 哺乳動物(犬)の肺胞に分布する毛細血管網は1層で各々の肺胞をバスケット状に取り囲み、しかもこの1層の毛細管網がその相接する両肺胞の境をする。

3) 肺血管(人)の中樞部は弾性型の、末梢部は筋性型の特徴を有し、量的に弾性線維量は末梢部に行くにしたがって明らかに減少の傾向を有する。筋線維は動脈でもまた静脈でも全長に亘り細紐性に緻密に配列して、その比内腔筋量は末梢程大である。また肺動脈および静脈ではその分岐した部がその前後に比べて殊に筋量が大である。

4) 血管運動神経(亀、囊)について見ると、肺血管に対し交感神経は adrenergic nerve であり、迷走神経は cholinergic nerve であることを知る。すなわち交感神経中にその興奮によって血管を収縮せしめる神経線維があり、迷走神経中に血管を拡張せしめる神経線維がある。

5) 犬の右リンパ総管を結紮し、肺臓リンパ流のうつ滞を企てて、リンパ管を通じ朱、ゲラチン、リンゲル液を肺胞道より末梢部肺胞中隔まで注入することができるので、毛細リンパ管は肺胞壁にも存在するものと考えられる。

6) 肺血行は肺が中等度の膨脹において最もよく、それより大となるも小となるも血流量は減少する。しかし肺運動は血行促進に重要な役割をなす。

7) 胸管リンパ流は呼吸運動により促進されるが、なお、乳糜槽の外壁が横隔膜左背矢と接

着していて、肺運動による横隔膜の運動が乳糜槽に対しふいごのごとく作用し、これも有力な推進作用を営む。

8) 肺臓を流れるリンパ流量は犬において胸管流の約 $\frac{1}{4}$ であり、肺臓のリンパ流は肺運動により促進される。

文 献

- 1) 西丸和義 (1923) 肺臓に至る血管運動神経に関する研究. 岡山医学会雑誌, 35, 15.
- 2) Luckhardt, A. B. and A. J. Carlson (1921) On the presence of vasomotor fibres in the vagus nerve to the pulmonary vessels of the amphibian and the reptilian lung. Amer. J. Physiol. 56, 72.
- 3) Barcroft, J. (1934) Features in the Architecture of Physiological Function. Cambridge University Press.
- 4) Cannon, W. B. and A. Rosenbluth (1937) Autonomic Neuro-effector System. New York.
- 5) 安藤義夫 (1952) ごかいの体液循環に就て. 広島医学 5, 580.
- 6) 平賀 顕 (1955) 鰓並びに肺臓体液流の比較生理学的研究. 広島医学 8, 別刊号 3.
 - a) カキの鰓血管分布構造に就て, 33.
 - b) 蛤の鰓血管の分布構造に就て, 37.
 - c) マイマイの鰓血管分布構造に就て, 40.
 - d) コウラナメクシ肺血管の分布構造に就て, 44.
 - e) マダコの鰓血管分布構造に就て, 47.
 - f) こういかの鰓血管分布構造に就て, 51.
 - g) ガザミの鰓血管分布構造に就て, 55.
 - h) エビの鰓血管分布構造に就て, 59.
 - i) シャコの鰓血管分布構造に就て, 63.
 - j) キモリの肺血管微細分布構造に就て, 67.
 - k) ハンザキの肺臓血管の微細分布構造に就て, 70.
 - l) 蟾および蛙の肺臓血管の微細分布構造に就て, 74.
 - m) ヤモリの肺臓血管の微細分布構造に就て, 79.
 - n) 水亀の肺臓血管の微細分布構造に就て, 83.
 - o) 鳩の肺臓血管の微細分布構造に就て, 87.
 - p) 雀の肺臓血管分布構造に就て, 92.
 - q) 家鶏の肺臓血管の微細分布に就て, 95.
 - r) 海溟の肺臓血管の微細分布構造に就て, 99.
 - s) 鰓並びに肺臓体液流の比較生理学的研究の総括, 103.
- 7) 埴水尾泰馬 (1952) 鯉の鰓に於ける微細血管分布に就て, 広島医学 5, 原著号, 599.

- 8) 塙水尾泰馬 (1952) 鯉の鰓の微細血管分布に就て、広島医学 5、原著号、602.
- 9) 真鍋茂良 (1951) 肺血管分布に就て、日本外科学会雑誌 51、671.
- 10) 鈴木義郎 (1958) 肺血行に関する実験的研究、横浜市立大学紀要、Series C—22、89、1.
- 11) 庄 康嗣、猪俣恒一、鈴木義郎 (1957) 肺血管の気管支血管との連絡路に就て、東京慈恵医大誌 72、2196.
- 12) 中山勇一 (1954) 肺微細血管に関する研究、横浜市立大学紀要、Series, C—8、32.
- 13) 笠原久弥 (1960) 人胎児肺における微細血管分布の研究、横浜市立大学紀要 Series, C—35、120、29.
- 14) 神尾圭一 (1951) 肺血管系の筋及弾力線維量に就て、結核 26、186、
- 15) 銭場武彦 (1941) 大静脈近心部における自動性に就て、日本生理学雑誌 5、370.
- 16) 西本和夫 (1951) 大静脈近心部の自働性について、広島医学 4、643.
- 17) 土方頼己 (1953) 水亀の肺毛細血管壁の筋細胞に就て、通信医学 5、309.
- 18) Drinker C. K. and J. M. Yoffey (1941) Lymphatics Lymph and Lymphoid Tissue. 84, Harvard University Press.
- 19) 西本和夫 (1957) ガマ肺に於けるリンパ管についての研究、広島医学 10、303.
- 20) 萩原 仁 (1951) 肺のリンパ生成並に肺リンパ管の分布構造、広島医学 4、110.
- 21) 檜垣文男 (1957) 肺臓リンパ管に就て、広島医学 10、別刊号、341.
- 22) 檜垣文男 (1958) 肺臓リンパ管系に関する研究、広島医学 11、別刊号、505.
- 23) 檜垣文男 (1957) 肺臓リンパ液に就て、広島医学 10、別刊号、726.
- 24) 檜垣文男 (1957) 肺臓のリンパ流と吸収に就て、広島医学 10、別刊号、347.
- 25) 梶山一彦 (1958) 肺水腫に関する研究、広島医学 11、別刊号。
 - (1) 肺臓リンパ流量及びそれへの血管よりの透過に就て、1747.
 - (2) 各種輸液と肺部リンパ液に就て、1751.
 - (3) 実験的肺水腫発生時の肺部リンパ液に就て、1755.
- 26) 真島典二 (1921) 鼠の肺血管運動神経に関する研究、東京医学会雑誌 35、584.
- 27) 幸野密二 (1942) 所謂血管収縮神経の検索法、成医会雑誌 60、416.
- 28) 篠崎尚次 (1942) Adrenalin および Acetylcholin の定量法、日本生理学雑誌 7、675.
- 29) Sozi, T. (1941) Studies on Perfusion Fluid for Circulatory System of Poikilothermal Animals. Japanese J. Med. Sciences, III, 7, 295.
- 30) 篠崎尚次 (1943) 肺臓に分布する血管収縮神経の本質に就て、日本生理学雑誌 8、483.
- 31) 飯塚恒次 (1951) 肺臓に至る血管運動神経に就て、日本生理学雑誌 13、459.
- 32) 村上博孝 (1952) 肺に至る血管拡張神経に就て、広島医学 5、原著号、644.
- 33) 銭場武彦 (1952) 肺臓より蛙蹼膜血管への反射、日本生理学雑誌 14、263.
- 34) 西丸和義 (1954) 血管に至る脈管運動神経に関する研究、日新医学 41、53.

- 35) 陳錫元 (1935) 肺の内圧と肺血行との関係について、東京医事新誌 2913、165.
36) 土方頼己 (1953) 水亀肺内圧と血行との関係、通信医学 5、321.
37) 八田博英 (1951) 呼吸運動と胸管リンパ流との関係について、広島医学 4、197.

[ABSTRACT]

Blood and Lymph Vessels and Body Fluid Flow in the Lungs

Yasuyosi NISIMARU

There are many problems regarding the vascular system of the lung, especially on the distribution of vasomotor nerves and capillary lymphatic vessels. The result of our experiments on this area will be presented.

Vasomotor Nerves to the Lungs

Dixon claimed that the sympathetic nerves do not exist in view of the finding that adrenalin does not act on the pulmonary blood vessels. Barcroft et al. have reported that the blood flow rate is 4 liters per minute at rest, but it increases to 25 liters or 30 liters per minute in activity. The question arises whether such changes would occur without the control of vasomotor nerves.

Majima (1921) has stated that vasoconstrictor nerves exist in the sympathetic nervous system in the toad, while Luckhardt and Carlson (1921) have reported that they exist in the vagus nerves in the tortoise.

Experiments made on the material isolated from terminus of the vasomotor nerves have shown that the cholinergic nerves exist in the vagus nerves and the adrenergic nerves exist in the sympathetic nervous system in toads and tortoises. This has not yet confirmed on human beings and mammals.

Lymphatic Vessels of the Lungs

Cunnigham (1916), Miller (1937), etc. have stated that the lymphatic vessels are not distributed beyond the alveolar duct. After right lymphatic duct of the dog was ligated and the flow of lymph was suspended, vermilion-gelatin-Ringer solution was injected into the lymphatic vessels by a $\frac{1}{4}$ syringe under 30 mm to 40 mm H_2O of pressure, and the specimen was obtained. This specimen demonstrated that lymphatic vessels further extended from the alveolar passage to the periphery, that is the alveolus, alveolar sac and alveolar septum.