

# リンパ管系研究の過去、現在、未来

西 丸 和 義

## PAST, PRESENT AND FUTURE STUDIES OF LYMPHATIC SYSTEM

Yasuyosi NISIMARU

### Abstract

Reviewing studies on lymphatics in retrospect, there have been two streams of studies through the present time: One originated in the 17th century; and the other developed centering on the studies in the 19th century. Since 1923, however, there arose a third boom of new researches which have continued to the present.

The author, together with many collaborators reviewed the investigations and discoveries of our predecessors in this field and confirmed them one by one using the latest methods. Adding our own finding to the earlier work, we arrived at the following conclusion:

The lymphatic system along with the venous system, regulates return flow of body fluid to the heart by passive and active contractility and valve action, and by means of its wall extensibility as a body fluid reservoir. In future, not only the control mechanism of body fluid circulation among the heart, blood vessel system and lymphatic system but also body fluid flow in tissue spaces must be studied.

### 研 究 の 過 去

過去のリンパ管系研究の推移を見ると大体3つの時代がある。

先ず、Alexandria の Erasistratus (B. C. 300-250) が乳を飲んでまもなく死んだ幼児の腸管膜の脈管が乳を含んでいるのを見ている。これを Roma の Galen (A. D. 130-210) が引用し、彼自身もこれを観察したという記載がある。また16世紀にはイタリアの Eustachius (Opuscula anatomica, Venetiis 1564) がウマの azygous vein で胸管を発見した。これが第1の山である。

それから約100年後の17世紀になって、イタリアの Pavia 大学の解剖学教授である Cremona の Gasparo Aselli によって乳糜管が偶然の機会に発見された。これについての彼の手記は

「その年（1622）の7月23日に、回帰神経を是非見たいという友人の懇願で生体解剖を行なうためよく肥えた健康なイヌを手に入れていた。この神経の証明が終わった時、このイヌは横隔膜運動を見るのに都合がよいと思えたのでその目的で腹を開いた。すると、ひとかたまりになった腸や胃を手で引き下しているとき、非常に美しい白色のおびたらしい紐が腸間膜と腸全体を被うように散らばり、数えきれない程の起始部から出ているのを見て、咄嗟に神経だと思った。しかし、やがてそれは間違っていることに気が付いたのは、腸に属している神経はこれらのものとは区別がつき、全く似ていないからである。とにかくこのことの新奇さに仰天し、暫く黙って立ちつくしたが、その内にいろいろの考えが心に浮かんできた。それは腸間膜静脈とその機能に関するもので、これは既に解剖学者の中に起こっていたものである。偶然にもその2、3日前にこのことについて書かれた Johannes Castaeus の小さな本を調べていたのである。



第1図 Gasparo Aselli  
1581—1626

こうしてこのことに知恵を絞っていた時、とても鋭利な解剖刀を手にしていたので、これらの一番大きな紐をつまみ上げてそれに触れるやいなや白い乳様な液体が迸り出るのを見て、私の喜びは抑えきれず傍に立っていた Alexander Tadinus と元老の Septalius に向って、この非常に珍しい興味ある現象を見るようにと招きよせた。そうして彼らもこの新奇さに大変に感動した。」

Aselli はこれらの管の弁も発見した。

これは、Claude Bernard のいう「何ら先入観なく自然が語るを聞き、自然の口授のもとに只書きとるに過ぎない」ということによって初めて確実にリンパ管が人類の目に触れたのであった。

しかし、Aselli は確かな実験によって乳糜管を発見したが、この推理として腸管から吸収した食物を肝臓へ送って血液をつくるものとの見解を発表した。これは、W. Harvey は「権威の亡霊にとりつかれるな」といったが、これは正に Galen という権威の亡霊にとりつかれたわけであろう。こうしたことが Aselli の折角の発見もあまり人々の注意を引かなかった。

それが、W. Harvey の *De Motu Cordis* が1628年に Frankfurt から出版されるや、これ迄の心臓、動脈、静脈のみが考えられていたところへ、もう一つの脈管であるリンパ管が注意を引き始めて、第2の山が現われ始めた。

1648年、フランスの Dieppe の Jean Pecquet が Montpellier での研究で乳糜管は肝臓

へではなく胸管に連絡することを発見した。これは1651年に Paris から *Experimenta nova anatomica* として出版されている。

これと時を同じくして英国 Cambridge の Jolive が1652年にこのことを学位論文として大学に提出した。

また1653年にはスウェーデンの Upsala 大学の解剖と植物学教授の Olof Rudbeck によって、*Nova exercitatio anatomica* が出版された。この中で彼は *vasa serosa, aquosa* または *ductus serosi, aquosi* という名称のもとに構造上乳糜管のようで、中に乳様でなく澄んだ水様の液体も含んでいることを明らかにした。また、肝臓の中のリンパ管を発見してこれも胸管に連絡することをも明らかにした。

この頃、デンマークの Copenhagen にいた Thomas Bartholin が各臓器におけるリンパ管を記載した。

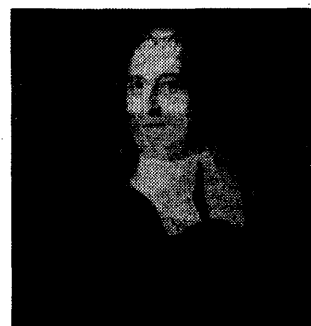
また、Rudbeck と Bartholin はリンパ液は血液が組織を灌漑した後、リンパ管内に流入したものという *Irrigation Theory* を唱えた。こうして、この世紀には一応リンパ管系の経路が明らかにされたわけである。

ここで気の付くことは秋になると全ての柿が色づく様に、こうした研究も方々で単独に同じ様なことが行なわれることである。すなわちフランス、スウェーデン、デンマーク、英国でそれぞれ単独で殆ど同時に同じことを発見していたことである<sup>1~3)</sup>。

それがまた200年後の19世紀になって第3の研究の山が現われた。

この世紀では、リンパ液の生成、リンパ管の収縮性、分布神経、リンパ流の機転などの課題が取り上げられた。

その中で、リンパ液生成については1850年頃から Heidenhain が動脈、静脈の結紮実験および催リンパ物質の作用から考察して、これは毛細血管内皮細胞の分泌機能によるとした。一方、Ludwig およびその門下が血管壁を通じての浸透、拡散、濾過によるもので、血圧が最も重要な因子であるとして、リンパ液生成の機械説を提唱した。これに Bayliss および Starling (1898) は Heidenhain の実験を追試して、動脈、静脈の結紮によって却って毛細血管内圧が上昇するとし、また第1催リンパ物質によるリンパ生成増加は毛細血管壁の破綻を起こす結果によるものであるとした。このことは、現在も Ludwig の機械説が認められることになった。これは Heidenhain が生気説の J. Müller の門下であることで、ここにもその推理において権威の亡霊が見えるようであって心すべきではあるまいか。



第2図 Olof Rudbeck  
1630—1702

分布神経については、Grey and Camis (1894) らによる内臓神経内にリンパ管収縮神経の存在、胸管における交感神経の分布、また知覚神経により胸管拡張への反射機転が追及された。また Rusconi (1845) による血管周囲のリンパ管が発見された。しかし毛細リンパ管については Donders (1853) はその起始部が閉鎖管であると考えたが、Recklinghausen (1869) は毛細管網が組織間と交通して開放性であるとした。

リンパ管の収縮性については、分布神経の研究、リンパ管壁の筋の研究がある。しかも、1846年に Hewson がリンパ管壁の筋による蠕動運動がリンパ流を生ずると考えたにもかかわらず、一般には、主として受動的の収縮性のみが考えられた。すなわち、リンパ管内のリンパ流については Ludwig (1850) は全身筋系統の収縮性に基因するので、胸部では呼吸運動によるものであるとした。その後 Brücke (1853) は腸では絨毛の運動によるものを加えた。一方 Geresich (1870) は筋運動、殊に四肢の屈伸によってその弁の作用と相まって吸引により流れを生じ、カエルなどではリンパ心臓によると結論した<sup>4)</sup>。



第3図 Ernest Henry Starling  
1866—1927

なお組織間からリンパ管への組織液の流れについては、Recklinghausen, Ludwig and Schweiger-seydol, Dogiel, Ranvier らのプルジャンブルー液を用いた多くの研究があり、これによると胸腔、腹腔、眼房、内耳リンパ腔などからリンパ管内にリンパ液として流入することを明らかにした。

こうして、W. Harvey の知らなかったリンパ管も只の導管でないことが追々に明らかになってきた。E. H. Starling はこれまでのリンパ管系の研究を1898年に “Production and Absorption of Lymph”<sup>5)</sup> としてまとめた。

## 研究の現在

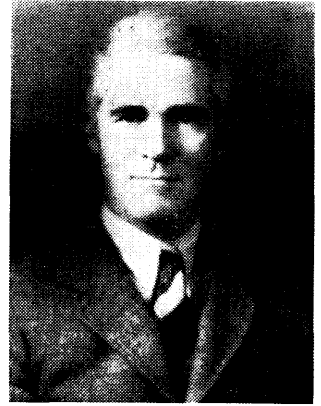
今世紀に入ってから、1923年頃にデンマークの Copenhagen で August Krogh が毛細血管の再発見をして、“The Anatomy and Physiology of Capillaries”<sup>6)</sup> を出版した。このことはその門下の Cecil Drinker などによってリンパ管への関心をもたらし、現代のリンパ管系研究への口火を切ったことにもなった。

これによって1930年に Drinker and Field<sup>7)</sup> によるカエルの水かきで graphite suspension を注入して顕微鏡下に見て、その口径は  $70\mu$  であり、内圧によって約3倍に拡大することを知った。また Clark and Clark<sup>8)</sup> はオタマジャクシの尾部やウサギの耳で、また Pullinger and Florey はネズミの耳で毛細リンパ管を生体で直接観察した。これらの結果

より、リンパ管は閉鎖した毛細管網から起こると考えられるようになった。

このことは毛細血管の生体観察が Leeuwenhock (1685) によって企てられてから 245 年後のことであって、リンパ管系の研究が血管系の研究に比して如何に後れていたかを如実に示すものようである。

一方 Schulz (1938) は気管から Pneumococci type III がリンパ管に入るのを見、Drinker (1941) は胸腔から血球が吸収され、また鼻粘膜のリンパ管中に膠質、バクテリアなどが容易に入ると言い、木原 (1950) も腹膜のリンパ管起始部は篩状であることを報告した。これらはまた身体部位によっては毛細リンパ管の起始部は開放性であることをも示唆した。



第4図 Cecil K. Drinker  
1948

こうして、これまでのリンパ系の研究を C. Drinker が一応1930年“Lymphatics, Lymph and Lymphoid Tissue”<sup>9)</sup>として総括した。

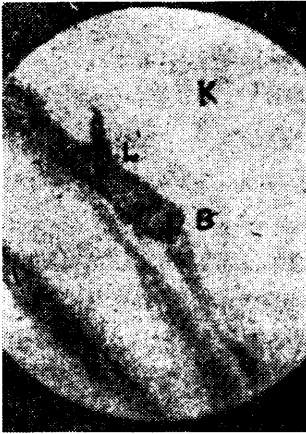
自分らは1945年、すなわち終戦の年、東京の爆撃が苛烈になって実験ができなくなったので、山陰、山陽の県境にある庄原市の郊外にある祖先の家へ研究室を移した。すると8月6日に原子爆弾が広島に落下されて間もなく終戦になったので、また東京へ帰った。その或る日、疎開先から届いた顕微鏡の手入れをしていた時、その具合を見ようと思って机の引出しに忘れてあった古いカエルの腸間膜の硝酸銀染色標本を出して見た。すると銀粒子の沈着で内皮細胞に囲まれた部分が見えた。これが長い間求めていた毛細リンパ管の起始部ではないかと思った。そこで Schafer の Text Book of Histology<sup>10)</sup>を出して見ると、Fig. 332にこれと同じものが lymphatic plexus と書いてある。この本は Cambridge 以来親しんできたもので、幾度か目にふれた図でありながら、それによってはピンとこなかったのであろう。これは W. Harvey のいう「他の著書からでなく、心臓から学んだ」ということになるのではあるまいか。

そこで先づ、カエルの血管をリンゲル液灌流によって血液を洗い出した後に等張葡萄糖液に代えて灌流して NaCl を洗い出した。次にこの等張葡萄糖液に硝酸銀を溶かしたもので灌流しつつカエル腸間膜を日光に曝した。これを標本として顕微鏡下に観察すると毛細血管網と毛細リンパ管網が平行して存在するのが見られた。

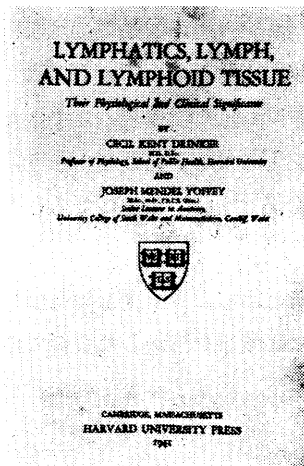
このイメージをあたまに入れて、生体でいろいろと顕微鏡の操作によって観察したが、時には毛細血管の外に薄黒い小管を見ることもあったが明らかでない。それについては組織液とリンパ液とが殆んど同じであるために、血液のように区別が明らかでないのと、毛細リン

パ管壁が一層の内皮細胞からなっているため、組織との区別がつかないためであろうと考えた。

そこでガマのリンパ囊に墨リンゲル液の注入を行なった。すると途中に第5図のように弁があって、毛細リンパ管網に達しないことがわかった。



第5図 集合毛細リンパ管における弁（ガマ）  
K—腸間膜  
L—集合毛細リンパ管  
B—弁



第6図 昭和22年 Dr. Drinker から、脈研へ送られて来たその著書

こうしているうちに被爆者の調査<sup>11)</sup>も一段落したので、共同研究者の入沢宏君が文献調査のため上京した。理化学研究所を訪ねた時、村地氏の机上に美しい真新しい本を発見した。それはかねて求めていた Drinker のリンパ系の本であった。これは戦時下の日本ではその1930年版が愛知医科大学に一冊あったが、すでに爆撃で焼失していたものである。しかし、この本は原爆調査に来たアメリカのドクターのもので貸してもらえそうにもなかったが、村地氏の厚意で一晩だけ借りることができた。しかし充分には読みこなされなかったので、Dr. Drinker に直接に手紙を出すことにした。すると、その頃はアメリカ人と日本人の文通は許されていなかったにもかかわらず、牧師の Mr. C. D. Krieteを通じて、この41年版と文献多数を送ってきた。これは日本の文献の入手さえ困難な時で自分らを大きく勇気づけ、国境を越えた研究者の友情が身にしみてうれしかった。この中に Recklinghausen がすでに Patent blue 液をカエルのリンパ囊に注入して、生体のみずかきで毛細リンパ管を観察しようと企てたが、直ちに Patent blue が流出して失敗に終わったことと、Drinker がコロイド溶液を Patent blue の代わりに注入した実験も記載されてあった。

そこで入沢君が墨リンゲル液をこの方法で、カエルの下肢リンパ囊に注入する実験にかかった。ところが Recklinghausen の場合と同様、観察を始めようとすると墨は早いリンパ流のために消失した。しかし根気よく続けているうち第7図のような像が顕微鏡下で観察された。これは墨の粒子が内皮細胞間に沈着したため毛細リンパ管網の全貌が見えてきて、しかも約24時間は消失しないことがわかった<sup>12)</sup>。

この方法によって正常の毛細リンパ管の実験が可能になって毛細リンパ管の構造と機能更らにリンパ管の研究へと進むことが出来た。

リンパ管の構造と収縮性については、全身リンパ管系全体を通じて、構造、殊に全身について筋量の系統的測定をして、その能動的収縮性の関係を追及した。

ことにリンパ節については第1表のように各リンパ節の筋量の測定をして能動的収縮性のあることに自信を得たので、その実験方法を種々工夫することによって、八田君らが持続的のみならず周期的収縮性のあることをも確かめ得た<sup>13-16)</sup>。

また、生体で先ず所要器官のリンパ管をクレンメでおさえ、その末梢の膨大するのを待って色素溶液の注入によりその部の分布構造、またカニユーレの挿入によりリンパ流の実



第7図

入墨法による、正常血行時の毛細リンパ管（内皮細胞間質に墨粒子の沈着により毛細リンパ管網が毛細血管網と共に明視できる）

（カエル）

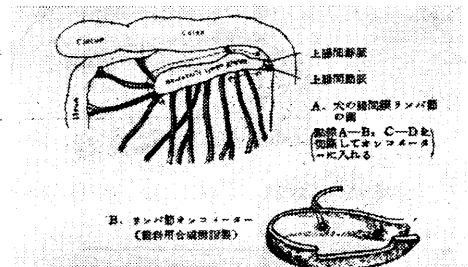
第1表 身体各部リンパ節の平滑筋量（イヌ）

リンパ節名	横断面 の周径 (mm)	横断 面積 (mm <sup>2</sup> )	総筋量 （核数）	比筋量 筋量/面積	被膜の 厚さ μ
深頸リンパ節	26.42	23.5	5600	238	6
胸骨リンパ節	10.28	3.5	1085	310	8
気管総隔リンパ節	11.85	4.5	1432	318	8
下胃リンパ節	17.71	18.2	3216	176	5
小腸間膜リンパ節	35.42	50.1	12864	256	13
結腸間膜リンパ節	20.85	19.0	4410	232	6
腸骨リンパ節	25.42	22.5	5390	239	6
腋窩リンパ節	25.85	19.7	10166	514	15
膝窩リンパ節	34.28	43.0	20760	482	17
脾臓	38.95	42.3	48000	1133	25

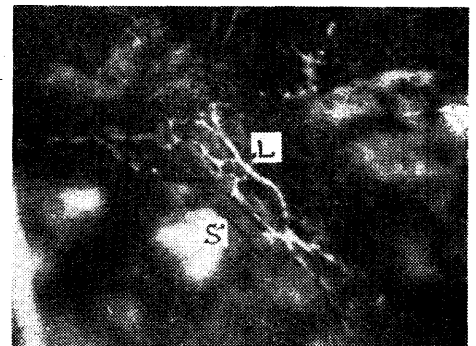
験が容易に行なえるようになった。

こうして先進の研究によって現在に流れついた知識を、脈研同人と共にその一つ一つをより新しい方法によって検討し、それによって発見された新しい事実を加えたものを、総括してこれから述べてみる<sup>17-99)</sup>。

血液が組織間を流れる開放血管を有する動物では、体液を入れる組織腔、リンパ管は存在し



第8図 腸間膜リンパ節（アセリーのパンクレアス）の収縮性を実験したオンコメーター



第9図 リンパ管をクレンメでおさえ、その末梢部へ色素液を注入した肺臓リンパ管の分布図

L—リンパ管 S—肺臓の隔壁（ガマ）



第10図 タコ外套膜のリンパ管  
(黒色)細い白線は毛細血管

ない。すなわち、閉鎖血管系の出現する吸虫で初めてリンパ管の前段階である組織腔と組織液を見る。これから動物が進化するにつれ再び開放血管系となるがこれが閉鎖血管系になる軟体動物のタコに至って第10図のように、リンパ管の出現が見られる。

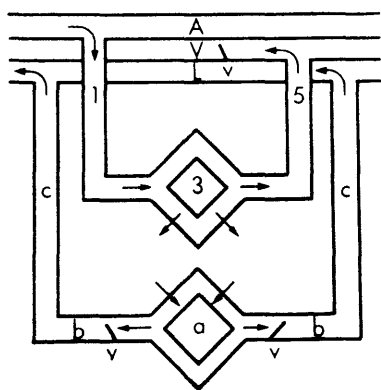
このリンパ管は脊椎動物において、明らかにリンパ管系を形成し、血液、組織液、リンパ液が血管壁、リンパ管壁によって境されるに至る。

魚類からリンパ心臓が出現し、鳥類の胎生期以後からと哺乳類とではリンパ心臓に代るリンパ節が出現する。

### 1) 毛細リンパ管

毛細リンパ管の生体における観察は、Leeuwenhock がウナギの尾部で毛細血管の血流を観察して約 245 年後に Clark や Drinker によって試みられた。その間毛細リンパ管については、従来リンパ管の起始部が開放であるか、盲端であるかは長い間の論争であった。これについてはこれから述べるような概念が原則であって、身体部位によっては多少異なるものである。

生体実験法については、Clark または Drinker らの方法はなお不適當であるが、入墨法を考案するに至って、毛細リンパ管の構造と機能が明らかとなつた。



第11図

毛細リンパ管と毛細血管との関係模図

- |          |            |
|----------|------------|
| A…小動脈    | L…リンパ管     |
| 1…毛細動脈   | a…網状毛細リンパ管 |
| 3…網状毛細血管 | b…集合毛細リンパ管 |
| 5…毛細静脈   | c…小リンパ管    |
| V…小静脈    | v…弁        |

### a) 構造

毛細リンパ管は適当な観察法がなかったため詳細な研究がなく名称も漠然としていた。硝酸銀法、生体観察法によって、その全貌を明らかにして、その各部に名称をつけた。

リンパ管の起始部を毛細リンパ管と言い、その末梢部で網状をなす部を網状毛細リンパ管とし、この部から集まって小リンパ管に移行する部を集合毛細リンパ管とした。

### <壁構造>

毛細リンパ管の壁構造を知ること、その収縮性並びに透過性への意義を示唆することとなり極めて重要である。従来の組織学的記述では不十分な点が多い。



今、毛細血管と毛細リンパ管の内皮細胞について比較するに毛細動脈では内皮細胞が全体として細長く、長径と短径との比は大体20:1で、網状毛細血管では7:1、毛細静脈では10:1となる。一方、毛細リンパ管では大体において橢円形に近くなる。即ち、網状毛細リンパ管では3:1、小リンパ管では2:1であって、内皮細胞の大きさは大体毛細血管のそれに近く、また網状毛細リンパ管、集合毛細リンパ管と進むに従って大となる。

この毛細リンパ管壁を形成する組織には収縮性細胞は認められず、内皮細胞と間質よりなる。この内皮細胞は従来毛細血管壁のものに比してその口径と共に著しく大であるとされたが、これは拡大したリンパ管の観察によるものであると考えられる。

#### <分布構造>

毛細リンパ管の分布構造も身体部位によって異なるものである。脾、甲状腺、皮膚、胆嚢、腸間膜、粘膜等では毛細血管と接近して大体これと平行して存在する。しかし、肝、腎髄質、脳等では毛細血管との間に多くの組織が介在しているのが見られる。

#### b) 収 縮 性

##### <受動的収縮性>

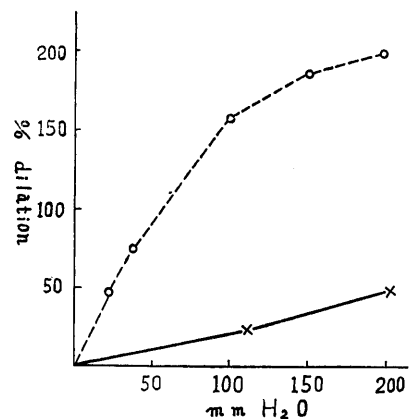
毛細リンパ管が容易に伸展することはすでに気づかれて、殊に Drinker はカエルで  $70\mu$  の毛細リンパ管が約3倍に拡がることを報告した。

今、カエルの正常状態の毛細リンパ管について、内圧と毛細リンパ管口径との関係を見るに、その伸展率の最大の点は約  $20\text{ mm H}_2\text{O}$  であり、この圧は組織圧に近い点であることは興味があり、なお内圧  $100\text{ mm H}_2\text{O}$  迄は毛細リンパ管は非常によく拡張する。

今、毛細血管と毛細リンパ管の内圧に対する拡張度を比較して見ると毛細リンパ管の最大の点は  $20\text{ mm H}_2\text{O}$  で約 2.5であり、毛細血管の最大の点は  $100\text{ mm H}_2\text{O}$  で約 0.25であるから、大体において毛細リンパ管は毛細血管に比して、その正常状態において約10倍の拡張をなすことになる。かくの如く、毛細リンパ管の受動的収縮性が甚だしく大であるので内圧のみならず外圧によっても容易に収縮、拡張するものである。

#### <内 圧>

毛細リンパ管内圧については Königes と



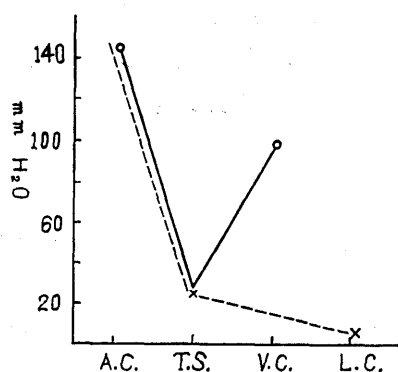
第12図 毛細血管と毛細リンパ管の伸展性の比較

—x—: 毛細血管  
 ...o...: 毛細リンパ管

Otto はイヌの腸絨毛の毛細リンパ管圧は  $33.3 \text{ mm H}_2\text{O}$  で毛細静脈圧と大差ないと言い、McMaster と Huduck はマウスの耳で毛細リンパ管を閉塞させるに要する圧を測定して、これを毛細リンパ管圧とした。これによると  $20 \sim 40 \text{ mm H}_2\text{O}$  とのことである。

今、カエルのみずかきの網状毛細リンパ管で口径を顕微鏡下で測定しつつ内圧の変化によって初めて拡大する圧を求めて、その部の毛細リンパ管圧とみなすとして実験すると約  $6.2 \text{ mm H}_2\text{O}$  である。また舌のリンパ管に硝子カニューレを挿入、一定圧に達し舌の毛細リンパ管中に初めて墨粒子の流れる圧を測定すると約  $7.3 \text{ mm H}_2\text{O}$  となる。

とにかく毛細血管圧と組織間圧と毛細リンパ管圧については多くの問題が残されていて、これからの研究が要求されている。



第13図 毛細血管、組織間と毛細リンパ管の内圧 (カエル)

A.C. … 毛細動脈 T.S. … 組織間  
V.C. … 毛細静脈 L.C. … 毛細リンパ管



第14図 毛細リンパ管から色素粒子が最初は点状に透過する。

### c) 透過性

毛細リンパ管壁はその間質組織が毛細血管に比してその銀粒子の沈着線が太いことや、引さ伸ばされ易いことからその透過性が大であることが容易に推定される。

従来リンパ管の透過性は間接的な実験方法によって行なわれて、細菌の如き大きなものが通過すると考えられ、また膜を通じてでなく直接交通によって流入し、またはその壁の細胞による喰作用によって取り入れられるとも考えられた。とにかく毛細リンパ管の透過性については、身体部位による差が甚だしく異なるものである。

Huduck と McMaster は透過しない色素も、刺激によって透過するようになるという。Rauer, Short, Benatt 等は卵白、全血清が毛細リンパ管壁を通過すると述べた。

今、入墨法によるカエルみずかきの毛細リンパ管の内圧が  $5 \text{ mm H}_2\text{O}$  では Patent blue が、 $50 \text{ mm H}_2\text{O}$  では Congo red が、 $400 \text{ mm H}_2\text{O}$  では澱粉粒子が出るようになる。これは壁が伸展されるにつれ、より大きな粒子が出ることになる。またこうして毛細リンパ管

から透過する時に第14図のように点状に透過するのが見られるのは内皮細胞間質から透過し易いことを示すものと考えられる。

即ち毛細リンパ管については、身体部位による差異についての透過性が追求されなければならない。なお透過量を左右する因子として考えられるのは体液の有する水力学的圧差、浸透圧差、拡散度差および壁の拡張度が最も大きなものであろう。

## 2) リンパ管

リンパ管内のリンパ流の機転については、Hewson (1846) のリンパ管壁の蠕動運動によるものとする考えと、Florey (1926-1927) がモルモットやラットで乳糜管の周期的収縮を観察したという記載があるとはいえ、今日主として考えられるものは、骨格筋、内臓筋等の収縮により起こるリンパ管壁の受動的収縮によるリンパ流促進である。また魚類、両棲類、爬虫類等ではリンパ管の経過中にリンパ心臓があって、この中枢が脊髓にあり又壁には横紋のある筋が存在して、その自動性によってリンパ流が促進されるが、哺乳動物および人体ではこのリンパ心臓の代わりにリンパ節が出現する。リンパ節には平滑筋が存在することは解っているが、その収縮性については確かな記載がなく、従ってリンパ流への役割が不明である。リンパ管の構造および機能にも多くの問題がある。

### a) 構造

今、イヌのリンパ管について系統的に追求してみると、その壁は動脈および静脈に比べて薄い壁につつまれた管腔を形成する。即ち内皮細胞とこれを囲む少ない筋細胞を混じた結合組織を構成主体としている。胸管、頸リンパ管では、内、中、外膜の区別が明らかで3層の形成をみるが、その他の大部分のリンパ管は1層の内皮細胞とその他に1～2層の輪走筋があり、更にその外層に筋細胞を含んだ結合組織層があり、この各層の区別は明らかでない。ここでリンパ管を動脈、静脈と比較すると、大腿中央部を走る動脈、静脈、リンパ管壁の厚さの比は6.8:3.1:1であるが、筋量の比は10:1.8:1となり、他の腸間膜部または胸管上部等での比較もこれと大同小異であった。即ち静脈との間ではそれ程でないのが知られる。なお動脈および静脈では壁の構成主体が中膜輪走筋であるのに対し、リンパ管では外膜結合組織が主体をなしていると考えられる。筋細胞の配列も動、静脈に比べると、同一層内で均等ではなく輪走、斜走、縦走の混在が認められる。しかし大体筋量や弁の存在は静脈に類似して、リンパ流もまた静脈内の血液還流の機転に類似すると考えられる。

### <弾性線維>

リンパ管はまた弾性線維についても動脈と異なり、静脈に類似して内弾性板がなく、厚い外弾性膜を有することもない。ただ僅かに胸管上部において内弾性板かと思われるものが見られるのみである。

### ＜平滑筋のあり方と量＞

リンパ管の壁の平滑筋については、従来胸管についての報告が多い。また、臓器のリンパ管についてはこれを離れる部から筋が出現するといわれ、Hellmann (1930) は末梢リンパ管は内皮細胞 membrane accessoria とからなり、口径の増加と共に平滑筋が増加するといふ。しかし平滑筋についても従来の研究は、多く個々のリンパ管についての観察であって、全身のリンパ管を系統的には追求されていない。

そこで全身リンパ管の筋量を系統的にイヌについて観察して見ると、胸管は明瞭なる層を形成し殊に中膜輪走筋の発達が特長であり、これに縦走筋が混在する。この輪走筋は上部から下部に行くに従って菲薄となるが、この筋量は上部に多く下部に少ないが、横隔膜の部で再びやや大となる。

腹部リンパ管は一般に他部リンパ管に比して筋量に乏しい。しかし乳糜管の筋量は比較的に大でしかも輪状筋が均等に配列しているのが見られる。

頸部、皮下リンパ管は身体中最も筋が少なく、四肢リンパ管は下位にあるもの程比内腔筋量が大であり、後肢は前肢に比してやや多く、なおこれらの部に縦走筋量が多い。

即ちリンパ管壁の筋量は頸部に最も少なく、腹部も少ない。なお四肢に最も多いが一般には筋の絶対量は口径の小となるに従って減少するが、その比内腔筋量は反対に増加する。

### ＜弁＞

リンパ流の上で大きな意義を有するものの一つに弁がある。Violleton (1902) は弁の作用はリンパ節の障碍に抗する装置であり、リンパ節のない動物は弁を欠くというが、カエル、ガマ、イシガメ等でも弁が認められた。また小河 (1933) はヒトの四肢では末梢にいく程弁が密であるという。イヌにおいても同様、前肢、後肢の末梢程密であって、しかも関節の直下の部が最も密であることを知った。

胸管の弁分布は上下両部に密で中部に疎であるとされるが、イヌおよびネコでも同様、上下両部に密で中部が疎であった。その他の部ではリンパ節の輸入管に弁の密度の大きなものが認められる。

### ＜走行中の分岐、吻合＞

リンパ管が動、静脈と著しく異なることは走行の途中において多くの分岐、吻合を営むことである。四肢、指背に起こるリンパ管は分岐し関節部で吻合してここを通過するとまた分岐する。胸腔内で人体では島嶼形成が報じられているが、イヌおよびネコにおいても観察される。

#### b) 収 縮 性

### ＜受動的収縮性＞

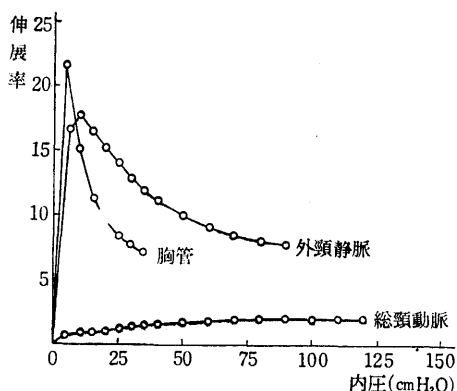
リンパ管も毛細リンパ管と同様に、動、静脈に比し、著しい伸展性を有する。今イヌの同一個体において、胸管、外頸静脈、総頸動脈の伸展率を比較して見ると第15図のようになる。すなわち、この胸管：外頸静脈：総頸動脈の比は11：9：1となり、特に動脈に対し著しく大であるのが知られる。しかも各脈管はほぼその正常内圧で最大の伸展率を示す。すなわち、胸管では  $5 \text{ cm H}_2\text{O}$  で最大であって、これは胸管の正常圧が  $6.4 \text{ cm H}_2\text{O}$  前後と考えられるのである。

#### <持続的収縮性>

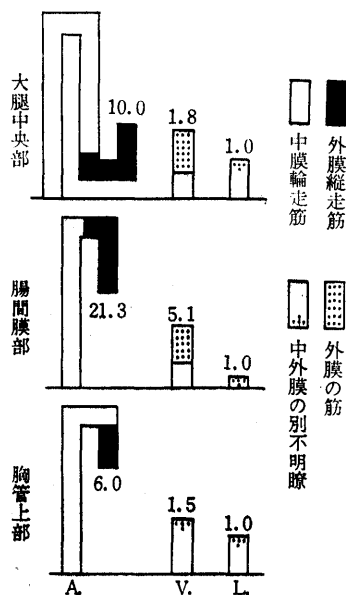
リンパ管の収縮性については Arnold Heller がモルモットの乳糜管で周期的収縮を見て、心臓と同様な作用であろうといい、またリンパ節の周期的収縮について想像したのは1869年であった。H. Florey (1926-1927) はリンパ管の持続的収縮について種々な動物について薬物の作用を見、また周期的収縮性についても追求した。即ち、イヌ、ネコ、ヒトのリンパ管はアドレナリン、 $\text{BaCl}_2$  または機械的な刺激によって持続的収縮が見られるとした。イヌの乳糜管で  $10^{-4}$  アドレナリン液滴下で弁の上部に殊に著しいくびれの収縮を見る。また他の部のリンパ管でもアドレナリン、 $\text{BaCl}_2$ 、神経の刺激によって収縮し、アセチルコリン、ヒスタミン、カフェイン等で拡張することは動、静脈の場合と同様である。しかしその持続的収縮性におよぼす薬物及び神経の作用は動、静脈に比して量的の差がある。これは大体その壁の平滑筋量に比例するものであろう。

#### <周期的収縮性>

周期的収縮性についてはラッテの腸間膜を保温し



第15図 動脈、静脈とリンパ管の受動的収縮性の比較(イヌ)総頸動脈・外頸静脈・胸管の内圧と伸展性—伸展率曲線



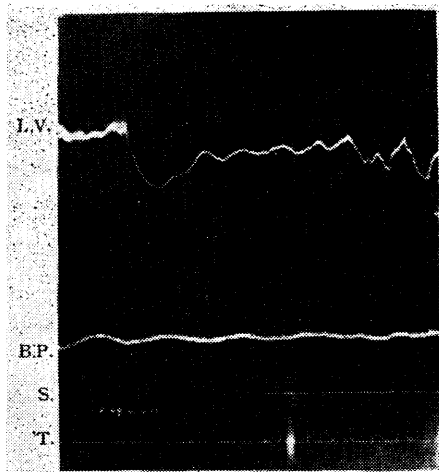
第16図 動脈、静脈とリンパ管の能動的収縮性の比較(イヌ) 脈管壁筋量分布の差異の比較 (比内腔筋量)  
A…動脈 V…静脈 L…リンパ管

つつこの部の乳糜管を観察すると、リンパ流の速かな時には周期的収縮は見られないが、その流の速度が減少すると約10～20秒の周期で約50%の収縮率で周期的収縮が出現するのが観察される。またイヌの胸管では18秒周期の収縮が見られる。

#### ＜リンパ節の収縮性＞

リンパ節はリンパ管の経過中に存在し、リンパ液が静脈に流入するに先立って必ず通過するもので、所謂 Barthel (1901) の関門というところであるが、イヌには例外が認められている。とにかくその被膜および梁材中に平滑筋が存在することから脾臓のように容易に適合刺激によって、その持続的収縮と周期的収縮をもって反応することが推定される処である。しかし文献では、ただ Florey (1926-1927) による摘出リンパ節のアドレナリン、 $\text{BaCl}_2$  による収縮またはリンパ節への神経刺激によるリンパ球の増加の報告を見るのみで Drinker (1941) は膝窩リンパ節の灌流実験でリンパ節には収縮性はないという。

そこで一先ずリンパ節の筋量をイヌの全身各部について定量的に測定して脾臓のそれと比較してみた。即ちその単位面積における筋細胞数は一般に脾臓の  $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{2}$  であり、これらリンパ節の筋量は頸部、胸部、腹部リンパ節には少なく、膝窩、腋窩リンパ節に多く、殊にリンパ節門に多く見られた。ここで腸間膜リンパ節をオンコメーター法によつて、その容量を描記せしめつつ内臓神経の刺激により、またはアドレナリン、ヒスタミン、 $\text{BaCl}_2$  によって持続的収縮および約13秒周期の周期的収縮の出現が見られた。これは人体においても無数に



第17図 小内臓神経刺激による腸間膜リンパ節の持続的収縮と周期的収縮  
L.V.—リンパ節の容積  
B.P.—頸動脈血圧  
S—小内臓神経刺激  
T—時間(6秒)(イヌ)

あるものであれば、この一つの周期的収縮力は小であっても各リンパ節の収縮力の総和は著しく大となることは容易に推定され、リンパ節の収縮性は弁の存在とともにリンパ流の上に大きな意義があるものであろう。

#### 3) リンパ管運動神経

これには収縮及び拡張神経があって、前者はアドレナリン様物質を、後者はアセチルコリン様物質を遊離する。また心臓、血管系、リンパ管系の相互間に神経の反射路がある。

#### 4) リンパ液

リンパ液は血液に比してその成分には量的な差異を認めるのみでなく、各部のリンパ液の間にもこれを認める。これはその部の組織の機能の差によるものと、毛細血管壁の透過

性の差異によるものである。例えば、筋活動時の脚リンパ液組成は、その部の活動によって著しく変化するものである。また脾臓のリンパ液には溶血素が多く含有され、腎リンパ液には多量の糖を含有する。

### 5) リンパ液流量

リンパ液の胸管からの流量はイヌの麻酔下で 3 cc/5 分であるが、これは身体部位によって異なり、安静時では腸管リンパ液が最も多く、次いで肝リンパ液の流量である。いずれにしても、その部位の活動時には著しく増加する。また血圧や血液成分の差異によっても著しく異なるものである。

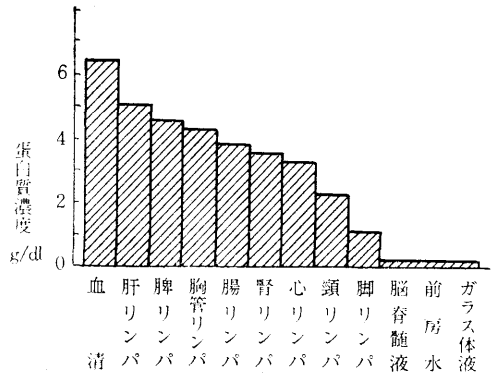
### 6) リンパ液流動の機転

#### a) 毛細リンパ管におけるもの

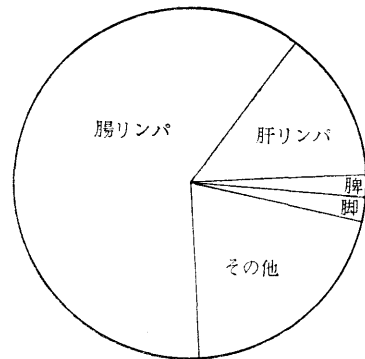
組織液が毛細リンパ管に流入するについては、この壁が一層の内皮細胞と間質からなった閉鎖管であるから、その透過機転については毛細血管のそれと同じ概念にある。またその壁には能動的収縮性はないが、その伸展性は毛細血管に比して著しく大であるので、受動的収縮、拡張による透過性の増減には著しいものがある。なおリンパ管の起始部が殆んど開放性であると考えられる鼻粘膜、脳蜘蛛膜下腔、胸腔等では壁の透過性には関係しない。いずれにしてもこの流れは組織間圧が毛細リンパ管圧に比して著しく高いのでその水力学的圧差によるものが主体であることには間違いない。

#### b) リンパ管におけるもの

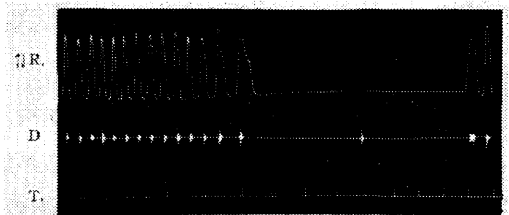
小、中、大のリンパ管および節には弁があり、その受動的収縮性は著しく大で



第18図 各部リンパ液と血清との総蛋白質量比較 (イヌ)



第19図 身体各部位における安静時のリンパ流量 (イヌ)



第20図 横隔膜の運動と胸管リンパ流  
人工呼吸停止による胸管リンパ流の停止を示す。即ち開胸してあるので人工呼吸停止と共に横隔膜の運動(背矢の収縮)も停止する。

イヌ♀体重 5.7kg.

↑…吸息, ↓…呼息 D…胸管灌流液滴数

R…呼吸, T…時間 6 秒

ある。従って内外圧の変動によってリンパ圧が上昇しこれが弁の作用と相俟って還流促進をなす。またその壁の平滑筋による能動的収縮により、殊に内圧変動刺激による周期的収縮、拡張によって、これまた弁の作用と相俟ってリンパ還流の促進をする。

#### 7) リンパ管系機能の概念

リンパ管系は静脈系とともに、その壁の伸展性による体液の貯留と、その受動的収縮性および能動的収縮性と弁の作用による体液の心臓への還流調節をする。

### 研 究 の 未 来

これで一応リンパ管系の研究の過去と現在について述べたが、しかしここには多くの課題を残している。幸いにその機運に恵まれて International Society of Lymphology がスイスで1966年に発足し、我国では1972年に東北リンパ系談話会が発足して、全国各地に次々と設立された。これらのことは言葉をかえれば、リンパ管系の研究は開拓を待つ沃野千里の分野であって、そこにはこれへの開拓の斧が必要であり、即ちこれへの新しい課題の手懸りとその実験方法の考案が急務であると思える。

先ずこれらの課題の中で心臓、血管系、リンパ管系相互による体液流調節を明らかにすることである。それは一般の概念として、リンパ管系は循環系から取り残されているからである。

大正5年(1916)の生理学書として舟岡のものがある。これには循環の項目では、Harveyの血液循環の概念のみであって、リンパ液、脾臓は別項目になつている。また大正6年版(1917)の日本解剖学名集全では Angiologia が血管学と訳してあって、これにはリンパ管は入っていない。

また昭和時代に出版された生理学書にしても、橋田、加藤、福田、吉井のものはこれと大同小異である。それが昭和34年版(1959)の日本解剖学名集覧では、Angiologia が脈管学と記されて、リンパ管が入れてある。

また最近の生理学書の中でも、浦本、名取、杉、正路—吉村、大谷、本川、佐武—和田らのものは循環の項目にリンパ液、脳脊髄液が加えられたが、体液循環の概念としては今だ明瞭でないようで、これらの多くは欧米のものから引用されたものであるようである。そこで、欧米の生理学書を見るに、古く Landois and Stirling, Tigerstedt, Gürber und Dittler 等ではリンパ管は循環の項目にはない。それが最近のものでも Houssay et al. ではリンパ管は組織によって生ずる老廃物及び異物を排除するに過ぎないとし、Cowdry は組織液は循環の概念にないと記載した。従って他の生理学書 Best and Taylor, Ruch and Fulton, Davson and Eggleton においても、我国の生理学書と大同小異であるのが知られる。



これらは欧米でも我国でも、体液循環の概念についての総括的研究が忘れられているためであると考えられる。これには先ず心臓、血管系、リンパ管系相互の体液流調節機転と組織間体液流を明らかにせねばなるまい。

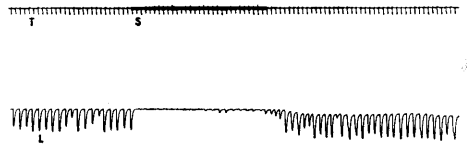
そこで食用カエルの心臓とリンパ心臓との神経反射について実験を進めてみた<sup>99)</sup>。これによって迷走神経の心臓枝、肺臓枝、大動脈神経の中樞端刺激によってリンパ心臓が停止することが明らかとなった。こうしたことを手懸りに、神経反射路や血圧、血液成分とリンパ流との関係、リンパ管系による体液の Reservoir 等について実験を進めねばなるまい。また、Cowdry は組織間に流れはないというが、これは Rudbeck 以来の懸案である<sup>100~104)</sup>。

Hermann (1888) はカエル縫匠筋の凍結横断標本について、筋全体の面積を差引いたものを組織間隙と考えたというが、これは正常時の少なくとも毛細血管が考慮されていない。同時に Fenn (1934) を初め細胞外液の研究もまたリンパ液についての考慮が払われていないので、これらの結果から直ちに組織間について結論するのは困難であろう。

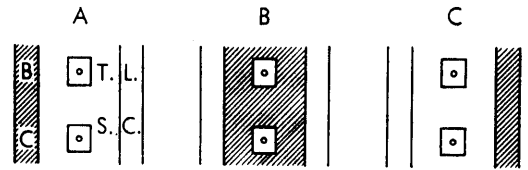
一方 Duran Reynals (1928) の拡散因子 (Spreading factor) の研究以来、組織間をうめる基質の性質に対し新知見を加えた。

Bensley (1927) も染色所見から a partial mucos content を思わせる粘着性ある物質であると言う。即ち組織間をうめる基質は遊離した液体の形よりも、むしろ粘性をもったものと考えられてきた。こうしたことは Cowdry (1946) 等に組織液は循環の概念にないと述べさせたのであろう。然し一方 McMaster (1932) は色素の移動は組織間の結合繊維の形と構造とに従って条件づけられるといい、これは高分子物質の通路と考えた。

Bensley は膠原繊維が無構造の基質中に存在するが、これが細胞に栄養液を輸送する役目をなすともいう。木原 (1956)、多田 (1959) 等も、脳脊髄腔から神経束周囲の結合繊維にそってリンパ管への脈管外通路の存在を明らかにした。



第21図 静脈洞の電気刺激による、後リンパ心臓への影響 (食用カエル)  
L—後リンパ心臓の拍動 S—刺激記号  
T—時間 (1秒)



… Patent blue

第22図 毛細血管から組織間、組織間から毛細リンパ管への体液流  
カエル(麻酔下)の心臓にパテント青リンゲル液を注入する

- A 直 後—毛細血管のみ青色となる
- B 1分後—組織全体が青色となる
- C 12分後—毛細リンパ管のみが青色となる

そこで、先ず比較生理学的に組織間について追求すると、クラゲでは水管に墨液を注入して内圧を少し高めると上下傘の間の組織腔に流入するのを見る。これは閉鎖系脈管を有する動物には見られるもので、哺乳動物、人体では脳脊髄腔、前眼房、内耳リンパ腔、関節腔として知られている。この脳脊髄腔、前眼房、内耳リンパ腔、関節腔にはいずれも脈絡膜血叢があって、体液はここからこれら組織腔に流れ、ここの神経束または血管周囲の結合織を通じてリンパ管に流入する。

コメツキガニでは、脚に透明な外皮の部があって容易に顕微鏡下において血球が筋肉の間の溝を流れるのが観察できる。即ちこれは哺乳動物、人体において、筋束間や腹腔、胸腔内の器官の間に於ける溝を体液が流れるのと同じであろう。この筋束間、腹腔、胸腔内の体液は周囲の毛細血管から流れ出て、さらに結合織を通じてリンパ管に流入する。

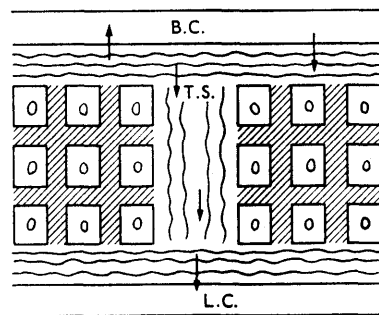
カキの外套膜を顕微鏡下で観察しつつ、心臓に墨液を注入すると墨粒子が細胞間の結合織にそって流れるのが見られる。これは哺乳動物、人体の毛細血管、結合織、毛細リンパ管の作用を兼ねるものであるが、哺乳動物、人体でも結合織は毛細血管から流れ出た体液を再び毛細血管へ、また毛細リンパ管へ流入せしめる通路をなしている。

即ち組織間には腔、溝、結合織、脈管周囲腔があり、ここに体液流がある。細胞の周囲をとりまく組織に結合織の外に、Bensley 等のいう粘着性の物質からなる部分が考えられる。ここには流れはないのであろう。この流れのある組織間は細胞灌漑の立場から重要な部分であると思われる。

この組織間の体液流の研究は、これから重要な課題になるものと考えられ、1日も早く多くの研究者を得て組織間学会の創立されることを熱望するものである<sup>105~106)</sup>。

## む す び

リンパ管系の研究は、体液循環の概念の許に実験と考察が行なわれることが望ましいと思える<sup>107~111)</sup>。



第23図 結合織を通じての組織間体液流の模図

B.C.—毛細血管

T.S.—結合織

■—体液流のない部分

L.C.—毛細リンパ管

## 文 献

- 1) Harvey, W.: Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus, Francofurti, Gvilielmi Fitzeri, 1628. 陣峻義等訳 (1961): 生物の心臓ならびに血液の運動に関する解剖学的研究. 岩波文庫, 6432—6433, 東京.

- 2) Foster, M.: Harvey and the circulation of the blood. History of Physiology. 25, 1901. Cambridge Press.
- 3) Fulton, J.F.: Selected Readings in the History of Physiology. 145, 159, 1930. C.C. Thomas, Springfield.
- 4) Luciani, L.: Circulation and respiration. Human Pysiology, Vol. 1.. 505, 1911. Macmillan and Co., London.
- 5) Starling, E.H.: The Production and Absorption of Lymph, Schäfer's Text-Book of Physiology, 1, 285, 1898. Y.J. Rentland, Edinburgh and London.
- 6) Krogh, A.: The Anatomy and Physiology of Capillaries. 1930. Yale Press.
- 7) Drinker, C.K. and M.E. Field: The lymph capillaries in the web of the frog, Ame. J. Physiology, 100, 642, 1932.
- 8) Clark, E.R. and E.L. Clark: Further observation on living lymphatic vessels in the transparent chamber in rabbit's ear-their relations to the tissue spaces, Ame. J. of Anatomy, 52, 273, 1933.
- 9) Drinker, C.K. and J.M. Yoffey: Lymphatics, Lymph and Lymphoid Tissue, 1941. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, U.S.A.  
西丸和義, 入沢 宏訳: リンパ管, リンパ液, リンパ組織, 365, 1952, 医学書院, 東京.
- 10) Schafer, E.S.: Lymphatic System, The Essentials of Histology, 244, 1929. Loggmans, Green and Co. London.
- 11) Nisimaru, Y., Irisawa, H., Okita, M. and K. Ito: Findings on white blood cell counts in Hiroshima atomic bomb victims. Hiroshima J. of Med. Sciences. 25, 1952.
- 12) 入沢 宏: 毛細リンパ管の構造と機能について, 広島医科大学論文集, 3, 65, 1951. 日新医学36, 18, 1949.
- 13) 八田博英, 飯塚恒治: リンパ節の収縮性について, 日本生理学雑誌, 14, 525, 1952.
- 14) 八田博英・飯塚恒治: 化学的物質のリンパ節への作用について, 日本生理学雑誌, 14, 530, 1952.
- 15) Hatta, H. and T. Iizuka: The contractility of the lymph glands, Japanese J. Physiology, 3, 157, 1953.
- 16) 岡田乾一, 八田博英: 膝窩リンパ節の収縮性について, 広島医学7, 原著号, 397, 1954.
- 17) 安藤義夫: 吸血類の脈管について, 広島医学5, 原著号, 572, 1952
- 18) 安藤義夫: 章魚リンパ管の検索, 日本生理学雑誌, 15, 16, 1952.
- 19) 安藤義夫: 無脊椎動物の体液循環についての比較生理学的研究, 広島医科大学論文集, 4, 9, 1952.
- 20) 加藤正明: 脈管壁構造の比較生理学的研究総括, 広島医学11, 別刊号, 1730, 1958.
- 21) 西丸和義: 脈管の比較生理学的研究, 広島女学院大学論集, 10, 129, 1960.
- 22) Nisimaru, Y.: Studies on comparative physiology of body fluid flow. Hiroshima J. Med. Sciences 18, 95, 1969.

- 23) 萩原 仁：肝臓血管よりリンパ管への水透過，広島医学 3，29，1950.
- 24) 入沢 宏：毛細リンパ管内リンパ流について，広島医学 5，229，1952.
- 25) 萩原 仁：毛細リンパ管の収縮性について，広島医学 4，475，1951.
- 26) 倉俊英夫：微細リンパ管の新生に関する実験的研究，横浜市立大学紀要，C—23，No.93，1，1958.
- 27) 安彦洋一郎：微細リンパ管の分布構造に関する研究，横浜市立大学紀要，C—33，114，129，1959.
- 28) Nisimaru, Y.: Structure and function of lymph capillaries. Hiroshima J. Med. Sciences 17, 77-91, 1968.
- 29) 八田博英，岡田乾一：静脈内注入色素の各部リンパ管への透過について，広島医学 5，654，1952.
- 30) 八田博英，岡田乾一：腸管よりの色素の吸収路について，広島医学 5，原著号，668，1952.
- 31) 八田博英，飯塚恒治，岡田乾一：腸リンパ液の採集およびそのリンパ流についての実験方法，広島医学 5，原著号，652，1952.
- 32) 八田博英，岡田乾一：脾臓リンパについて，生体の科学，6，127，1954.
- 33) 八田博英，岡田乾一：リンパ生成における肝臓の役割について，日本生理学雑誌，16，629，1954.
- 34) 岩田淳二：脳血管系の透過性について，広島医学，7，原著号，2，409，1954.
- 35) 岡田乾一：腸よりのぶどう糖の吸収路，広島医学 7，原著号，407，1954.
- 36) 岡田乾一：リングル液静脈内注入の肝リンパへの影響，広島医学 7，原著号，442，1954.
- 37) 岡田乾一：リングル液静脈内注入の右リンパ総管リンパ液への影響，広島医学 7，445，1954.
- 38) 森田 聡：脾臓におけるリンパ生成について，広島医学 9，原著号，489，1956.
- 39) 桧垣文男：肺臓のリンパ流と吸収について，広島医学 10，別刊号，341，1957.
- 40) 梶山一彦：肺水腫に関する研究，広島医学 11，別刊号，肺部リンパ流量およびそれへの血管への透過について，1747. 各種輸液と肺部リンパ流について，1751. 実験的肺水腫発生時の肺部リンパ液について，1755，1958.
- 41) 落合 豊：肝臓より色素排出について，広島医学 11，別刊号，547，1958.
- 42) 落合 豊：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，341，1959.
- 43) 児玉 普：腎臓のリンパ生成に関する研究総括，広島医学 12，別刊号，329，1959.
- 44) 児玉 普：犬腎リンパ液生成機序についての一考察，広島医学 12，別刊号，318，1959.
- 45) 入沢 宏：腸におけるリンパ管について，広島医学 2，194，1946.
- 46) 岡田乾一：鼻粘膜リンパ管について，広島医学 5，原著号，647，1952.
- 47) 森田 聡：胆嚢リンパ液並びにリンパ管について，広島医学 9，別刊号 1，1956.
- 48) 森田 聡：肝臓リンパ管について，広島医学 9，別刊号，3，1956.
- 49) 森田 聡：小腸のリンパ管について，広島医学 9，別刊号，10，1956.
- 50) 円山啓三：内性器リンパ系に関する研究，広島医学 12，別刊号，554，1959.
- 51) 西丸和義：脾臓の血管，リンパ管および体液流，広島女学院大学論集，13，17，1963.
- 52) 西丸和義：腎臓脈管について，日本泌尿器科会雑誌，55，715，1964.

- 53) 西丸和義, 八田博英: 肝臓と肝臓リンパ管, リンパ流, リンパ液について, 最新医学, 11, 377, 1956.
- 54) 森田 聡: 腹部臓器に関するリンパ管系の総括, 広島医学 9, 別刊号, 12, 1956.
- 55) 桧垣文男: 甲状腺リンパ管について, 広島医学10, 別刊号, 729, 1957.
- 56) 西本和夫: ガマ内臓諸器官におけるリンパ系についての研究, (1)肝臓, 広島医学 9, 別刊号, 48, 1956.
- 57) 西本和夫: ガマ内臓諸器官におけるリンパ系についての研究, 広島医学10, (2)腎臓 297, (3)肺臓 303, (4)心臓 309, (5)脾臓 312, (6)胃 316, (7)膀胱, 脂肪体, 胆嚢, 卵巣, 精巣, 十二指腸, 脾臓, 輸卵管, 腹静脈, 321, 1957.
- 58) 落合 豊: 脾臓実質内リンパ管について, 広島医学10, 別刊号, 678, 1957.
- 59) 桧垣文男: 肺臓リンパ管系に関する研究, 広島医学, 11, 別刊号, 505, 1958.
- 60) 西本和夫, 奥広作三, 児玉 普: 脾臓内のリンパ管系について, 広島医学11, 別刊号, 1540, 1958.
- 61) 落合 豊: 脾臓リンパ管に関する研究総括, 広島医学12, 別刊号, 345, 1959.
- 62) 依田安邦: リンパ性臓器における微細血管分布に関する研究, 横浜市立大学紀要, C—33, 114, 37, 1959,
- 63) 児玉 普: 腎臓のリンパ管について, 広島医学12, 別刊号, 313, 1959.
- 64) 入沢 宏, 渡辺澄男: 腸間膜乳糜管の週期的収縮, 日本生理学雑誌, 11, 190, 1949.
- 65) 入沢 宏: リンパ管の伸展性について, 日本生理学雑誌, 12, 103, 1950.
- 66) 萩原 仁: リンパ管の筋量分布について, 広島医科大学論文集 2, 65, 1950.
- 67) 八田博英: リンパ管系における筋量分布について, 広島医学 4, 232, 1951.
- 68) 八田博英: 神経を介しての胸管の収縮性について, 日本生理学雑誌, 13, 298, 1951.
- 69) 八田博英: 胸管の収縮性について, 日本生理学雑誌 13, 294, 1951.
- 70) 八田博英, 岡田乾一: 下腿リンパ管の収縮性, 広島医学 7, 原著号 2, 400, 1954.
- 71) 岡田乾一: 乳糜管の収縮性に就いて, 広島医学 7, 原著号 2, 403, 1954.
- 72) 岡田乾一: 下腿リンパ管の収縮性, 広島医学 7, 原著号 400, 1954.
- 73) 岡田乾一: 乳糜管の収縮性について, 広島医学 7, 403, 1954.
- 74) Hatta, H. and K. Okada: Contractility of perfused lymph gland, Japanese J. of Physiology, 4, 131, 1954.
- 75) Hatta, H. and K. Okada: Contractility of the lymphatic vessels of dogs, Hiroshima J. Med. Sci., 2, 319, 1954.
- 76) 奥広作三: 脈管の伸展性に関する研究, 広島医学12, 別刊号, 396, 1959.
- 77) 八田博英: リンパ嚢内圧とリンパ心臓の関係, 広島医学, 2, 404, 1949.
- 78) 八田博英: 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, 1951.
- 79) 八田博英: 胸管リンパ流と横隔膜の運動との関係, 広島医学 4, 199, 1951.

- 80) 岡田乾一：腸運動とリンパ流，広島医学7，原著号，439，1954.
- 81) 八田博英：リン管及びリンパ液の流れ，広島医学13（Ⅰ）463，（Ⅱ）567，（Ⅲ）683，1960.
- 82) 入沢 宏，入沢 彩：リンパ液の蛋白分割，日新医学，41，662，1954.
- 83) 入沢 宏：リンパ液，総合医学，12，27，1955.
- 84) 八田博英・岡田乾一・森田 聡・三島久人：脾臓リンパの溶血作用について，総合医学，12，730，1956.
- 85) 森田 聡：腎リンパ液について，広島医学9，別刊号，5，1956.
- 86) 八田博英・岡田乾一・森田 聡・三島久人：総合医学，12，730，1956.
- 87) 桧垣文男：肺臓リンパ液について，広島医学10，別刊号，341，1957.
- 88) 西丸和義・入沢 宏：リンパ液・組織液，臨床病態生理大系，6巻，113，1957. 中山書店，東京.
- 89) 落合 豊：脾臓リンパ液の蛋白分層について，広島医学12，別刊号，338，1959.
- 90) 西丸和義：脈管壁透過性，血液討論会，11，1949.
- 91) 八田博英：リンパ管の構造と機能について，広島医学4，236，1951.
- 92) 八田博英：リンパ管系の生理，総合医学11，295，1954.
- 93) 八田博英：リンパ管およびリンパ液の流れ，広島医学13，463，567，683，1960.
- 94) 西丸和義：リンパ管の構造と機能，広島医学14，914，1961.
- 95) 西丸和義：リンパ管系に関する研究総括，広島医学18，109，1965.
- 96) Nisimaru, Y.: Lymphatics and lymph flow. Hiroshima J. Med. Sciences 17, 53-76, 1968.
- 97) 西丸和義：リンパ管の生理. 脈管学6，18，1966
- 98) 西丸和義：リンパ管・リンパ流. 血液と脈管1，1041，1970
- 99) 堀端みどり，松浦恵子，加藤真理：心臓，血管系，リンパ管系相互の神経反射について. 広島医学26，27，1973.
- 100) 木原卓三郎：組織液及びリンパの医学，最新医学，9，9，1，1954.
- 101) 木原卓三郎：中枢並に末梢神経系の脈管外通液路，最新医学，11，1，1，1956.
- 102) 小川義雄・依田安邦・渡辺一頼：微細血管領域に於ける *sinnus, sinusoid* に就いて. 日本生理学雑誌，19，779，1957.
- 103) 多田 進：脳血管系よりリンパ系への交通並に透過性について，広島医学，12，別刊号12，543，1959.
- 104) Nisimaru, Y.: Body fluid flow in tissue spaces. Hiroshima J. Med. Sciences 18, 185-196, 1969.
- 105) 西丸和義：最近のリンパ管の構造及び生理に関する知見，東北リンパ管系研究抄録集1，1，1972.
- 106) 西丸和義：微小循環を脈管学の立場から. Clinician 20, 223, 1-4, 1972.
- 107) Nisimaru, Y.: De motu cordis and a concept of body fluid circulation. Hiroshima J. Med. Sciences 14, 41-70, 1965.
- 108) 西丸和義：脈管学の基礎—体液循環の概念. アカデミーサービス，東京，1970.

- 109) 西丸和義：体液循環の研究．東京慈恵会医科大学雑誌 86, 1—17, 1971.
- 110) Nisimaru, Y.: Concept of body fluid circulation and mechanism of peripheral circulation.  
Proceedings of The VIII International Congress of Angiology, Rio de Janeiro, 1972.
- 111) 西丸和義と共同研究者：脈管生理学論文集 1—17巻，東京慈恵会脈管会学研究所，呉，1921—1971.

註

引用文献中 11)から111)に至るもので100)と101)をのぞいた98篇の論文は脈研同人の発表によるもので，参照希望の方は脈管学研究所（呉市梅木町2）に問合せを乞う。