

# 消化管における毛細血管分布構造についての 比較生理学的考察

西 丸 和 義

## I 緒 言

毛細血管の分布構造について、著者らがこれを比較生理学的に追究したもののうちで、とくに消化器粘膜毛細血管に関するものをまとめてみた。その実験方法については先に報告した毛細血管分布構造実験法<sup>1)</sup>を参照されたい。

消化器の粘膜毛細血管は消化作用、吸収作用の上で重要な役割をなすもので興味深いものである。

## II 毛細血管分布構造

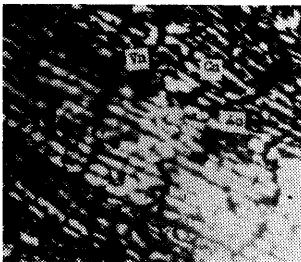
### 1) ミミズ (*Perichaeta communissima*)

閉鎖性循環系である第5門の蠕形動物において毛細血管が出現する。そのうちでミミズでは虫体の背、腹の2面に2条の主大血管があり、この背血管から消化管が血管の分布を受けている。

消化管は上部から下部に至るまではほぼ同じ管腔の筒状を成して、それが直腸部では少々狭小となり、肛門部に至っている。その粘膜面の毛細血管網は第1図に見るように全て単層毛

第1図 ミミズ消化管粘膜面の毛細血管分布構造

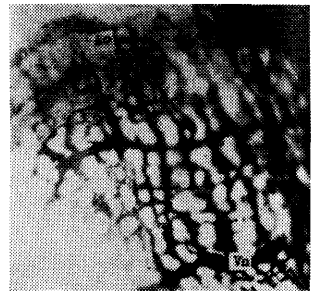
A 消化管上部



B 消化管中部



C 消化管下部



Ao—毛細動脈    Cn—網状毛細血管    Vn—毛細静脈

細血管網は散子型網眼をなしている<sup>2)</sup>。

2) マダコ (*Octopus octopodia*)

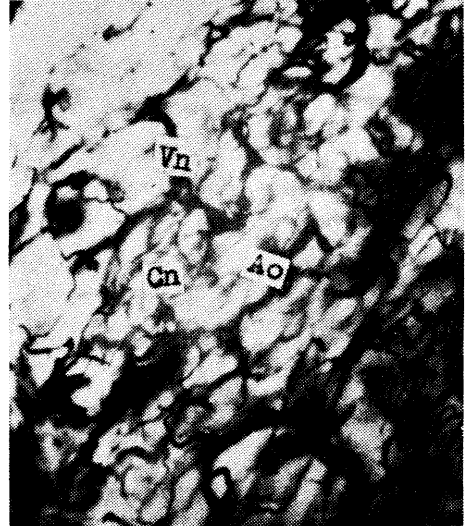
これが第8門のタコになると消化管は少々複雑となり、食道、嗦囊、胃、胃盲囊、小腸、直腸が区別される。その食道、胃は背側に、腸は腹側に存在して、その壁は内側から粘膜、粘膜下組織、筋層、漿膜から成り縦に走る粘膜皺壁の形成がみられる。血管は食道動脈から食道部が、胃動脈から胃部が、腸間膜動脈から腸部が分布を受ける。

第2図 タコ消化管粘膜面の毛細血管分布構造

A 食 道

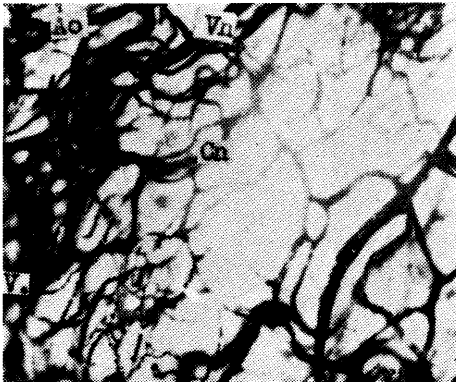


B 胃



A—小動脈    Ao—毛細動脈    Cn—網状毛細血管

C 小 腸



Ao—毛細動脈    Cn—網状毛細血管

D 直 腸



Vn—毛細静脈    V—細静脈

これらの粘膜面の毛細血管分布については第2図のように、消化管各部で少々粗な不正多角形の網眼をなす不完全な重層網状毛細血管網の形成がみられる。この毛細血管網の密度は全消化管を通じて、あまり大差がみられないが、小腸下部において少々密度が大である<sup>3)</sup>。

3) カエル (*Rana nigromaclata* Hall)

両棲類のカエルでは、消化管のうちで食道は、少々巾の広い管腔を成しているが、胃では袋状となり、12指腸では管状となる。これらは太さを減じつつ直腸に至る。血管は、食道では両動脈弓から分岐した食道動脈により、胃は腸間膜動脈の分岐する前腸間膜動脈の分枝から、大腸の前半は前腸間膜動脈から、後半は後腸間膜動脈によって分布を受ける。

消化管の壁構造については、粘膜固有層がみられる。その粘膜の血管分布については第3

第3図 カエル消化管粘膜面の毛細血管分布構造

A 食 道



B 胃 噴 門 部



Ao—毛細動脈

Cn—網状毛細血管

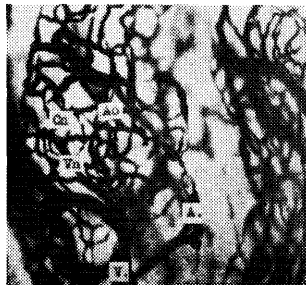
Vn—毛細静脈

V—細 静 脈

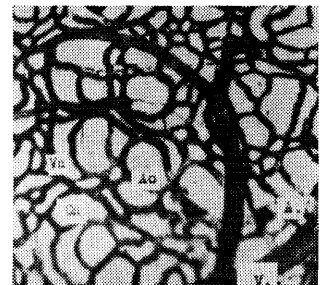
C 十 二 指 腸



D 小 腸 下 部



E 直 腸



Ao—毛細動脈

Cn—網状毛細血管

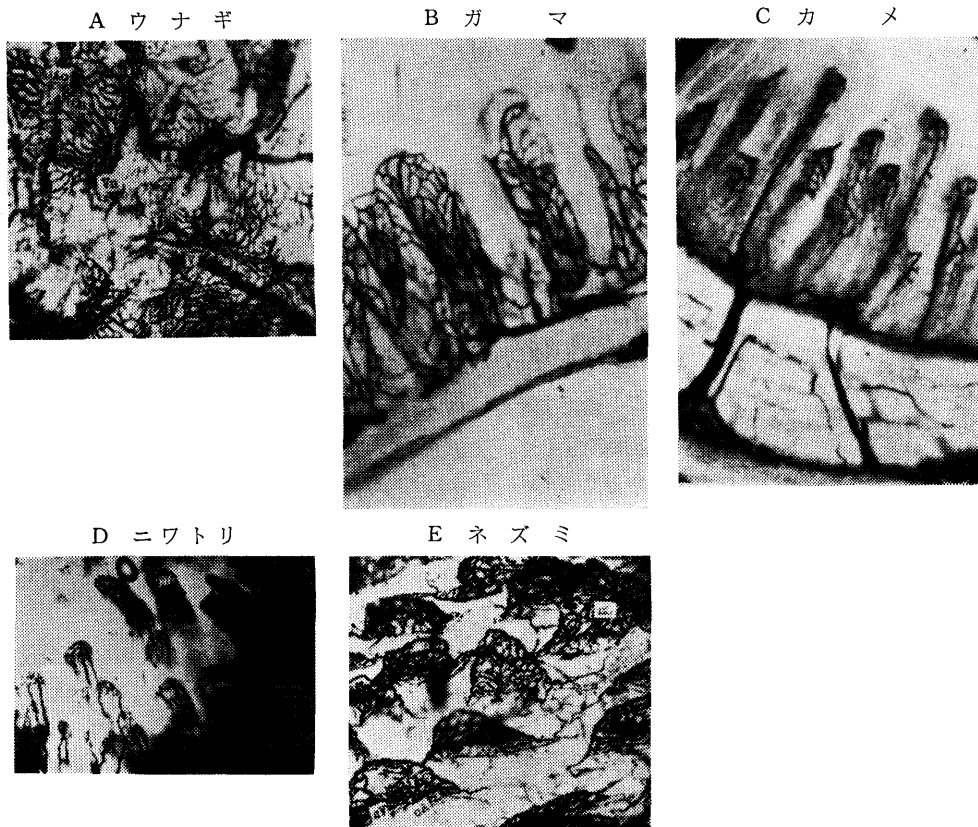
Vn—毛細静脈

V—細 静 脈

図のように、食道では縦に走る皺壁を形成し、これにそって網型の毛細血管分布をみる。胃においては稍々密に重層不正多角形の網状をなす。小腸においては粘膜の皺壁にそって隆起した毛細血管網をみるが、大腸では単層で疎な毛細血管網がみられる<sup>4)</sup>。

これがフナ、ウナギ、ガマ、ハンザキ、カメ、ニワトリ、ネズミの消化管では、その進化の程度によって毛細血管分布構造はより複雑になる。ことに12指腸、小腸において、第4図に示すように絨毛にそった隆起型毛細血管網が追々に著明となる<sup>5~19)</sup>。

第4図 各動物の腸部の隆起型毛細血管網

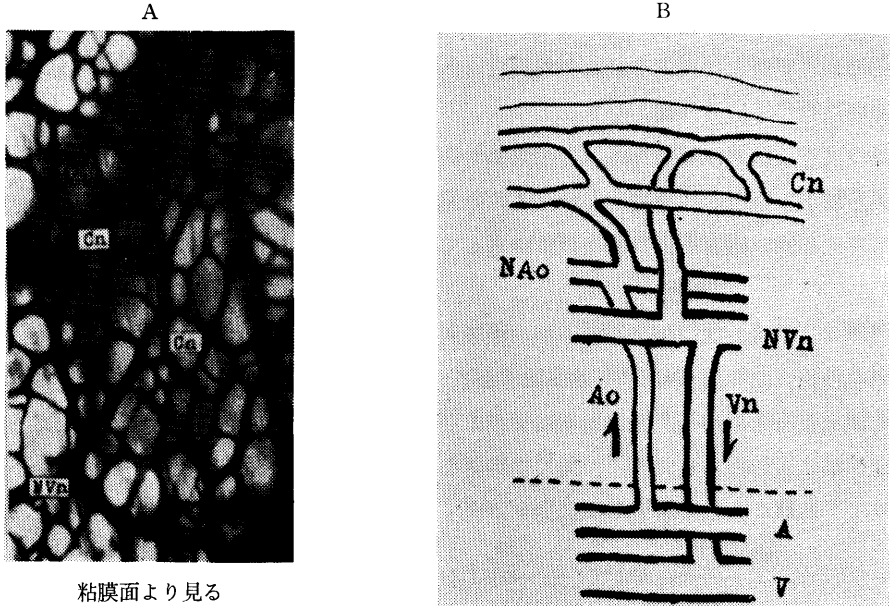


4) ヒト

これについては死産をした6~8ヶ月の人の胎児で実験された。

a) 食道 食道の内外両筋層には蛇行屈曲に富む不正多角形の毛細血管網が形成せられ、粘膜下組織では食道縦軸の方向に網眼がのびた粘膜下動静脈網が、また粘膜固有層では粘膜上皮直下に乳頭の起伏にそい稍々緻密な不正四角形の網型毛細血管網が形成せられ、一

第5図 ヒトの食道粘膜上皮直下における毛細血管



粘膜面より見る  
Cn : 網状毛細血管  
NVn : 細 静 脈

食道粘膜における微細血管分布の模式図  
A : 小 動 脈      NVn : 細静脈網  
Ao : 細 動 脈      Vn : 細 静 脈  
NAo : 細動脈網      V : 小 静 脈  
Cn : 網状毛細血管

部の粘膜固有乳頭には動脈性毛細血管蹄係がみられる。血管は粘膜下組織の小動脈網から分枝した小枝が粘膜筋板をつらぬいて、固有層のほぼ中層に細動脈網を形成する。この細動脈網からの分枝が、粘膜上皮直下に比較的密且つ平面的に分布し毛細血管網を形成する。この毛細血管網は食道全域に分布する。その網眼は不正長方形でその長軸はほぼ食道の長軸に一致している。この毛細血管網の随所から出た静脈性の小枝は、固有層の中層で細動脈網とともに存在する細静脈網となり、さらにこの細静脈から出た小枝が動脈の走路を逆に粘膜下組織の小静脈枝となる。(第5図、第1表)

b) 胃

胃粘膜の毛細血管は腺管をてん絡するものと、胃体におけるものが最もよく迂曲蛇行を示し、噴門および幽門部では比較的軽度である。また腺部の毛細血管の網眼は胃体部において最も密で類長方形または楕円形をなし、噴門部では骰子形で少々密に、幽門部では不定形で疎である。粘膜表層部では毛細血管は腺層部の血管の移行で、直線的に走行する。

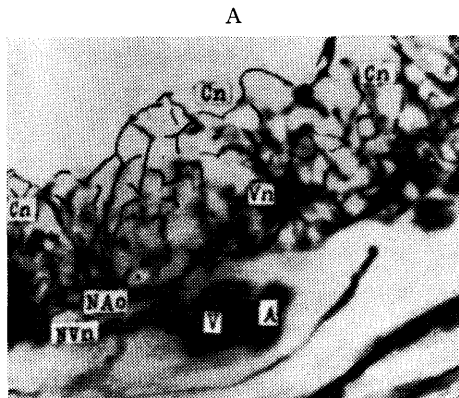
胃体部、胃底部の毛細血管は粘膜下組織の動脈から灌漑される。この動脈の分枝は粘膜筋

板をつらぬいて、固有層の基底に細動脈網を形成する。この細動脈網から出た小枝は、固有胃腺の底に達するや分枝して毛細血管網となり、固有胃腺にてん絡して分岐吻合しつづつ経過する毛細血管網眼を形成する。この毛細血管網は腺底から腺管中央部にかけて比較的密であるが頸部に近づくとつれ粗となる。

静脈性血管の経過は腺頸部附近の毛細血管網から集合的に出て腺管を離れるのであるが、これが粘膜上皮直下の固有層内を蹄係状に経過し、途中隣接の腺管からの細静脈と吻合した後、基底部に向い固有層内を直走性に経過して、固有層基底の細動脈にともなう細静脈網に入る。

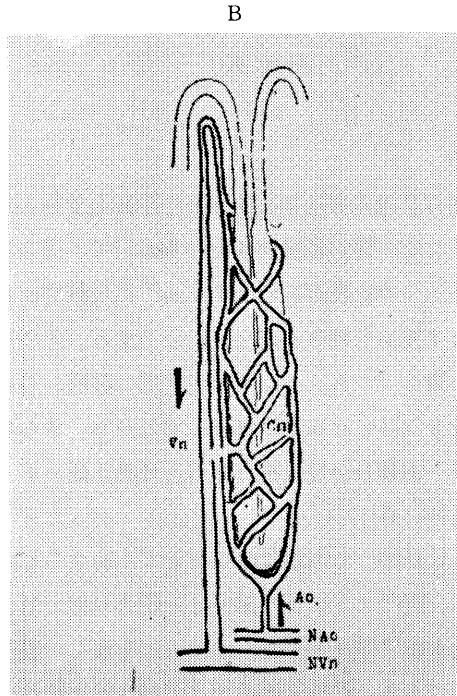
幽門部では腺管の状態が異なるためか、固有層の基底に形成された細動脈網からの小枝は固有層内を粘膜表面に向うもので、途中腺管基底に対し腺管を灌漑する分枝を出すか、ほぼ直走性に粘膜上皮直下に達した後、毛細血管網に移行する。幽門部の粘膜上皮直下に形成される毛細血管網はきわめて粗で不正多角形の網眼をなすが、これが腺管に達するや腺底から頸部にかけててん絡する粗なる毛細血管網を形成する。これが腺頸部に近づくと静脈性となる。

第 6 図 ヒトの胃の粘膜における毛細血管



胃体部粘膜の毛細血管

- |     |          |     |        |
|-----|----------|-----|--------|
| A   | : 小動脈    | V   | : 小静脈  |
| NAo | : 細動脈    | NVn | : 細静脈  |
| Cn  | : 網状毛細血管 | Vn  | : 毛細静脈 |
| Ao  | : 毛細動脈   |     |        |



幽門部粘膜における血管分布の模式図

第1表 ヒトの食道、胃の毛細血管分布構造

	食 道	胃 体 部				
		噴 門 部	小 彎 部	大 彎 部	幽 門 部	
胃 粘 膜 の 高 さ		0.23mm	0.29mm	0.35mm	0.54mm	
腺層部に於ける微細血管分布構造		網眼は骰子形血管迂曲は軽度	網眼は類長方形又は橢円形血管の迂曲が著しい	同 左	網眼は不定形血管の迂曲軽度	
粘膜表層部に於ける微細血管分布構造	不正四角形の網型血管網	単純な直線的走行を示しその経過は比較的長い	単純な直線的走行を示しその経過は短い	同 左	同 左	
微細血管の口径	Ao	9.24±0.05μ	7.70±0.05μ	6.93±0.05μ	7.70±0.05μ	7.70±0.05μ
	C	6.16±0.06μ	4.62±0.05μ	4.62±0.05μ	4.62±0.05μ	4.62±0.02μ
	Vn	13.86±0.04μ	10.01±0.06μ	10.01±0.06μ	11.55±0.07μ	10.78±0.06μ

(但し A。は動脈性毛細管、Cは腺層及び粘膜表層部を走る毛細管、V<sub>n</sub>は静脈性毛細管)

幽門部粘膜の頂部直下の毛細血管網から出る細静脈枝は固有層内を基底に向かって下降し途中腺頸部から出る細静脈と合流して固有層基底の細動脈にともなう細静脈網になる。(第6図、第1表)

c) 小 腸

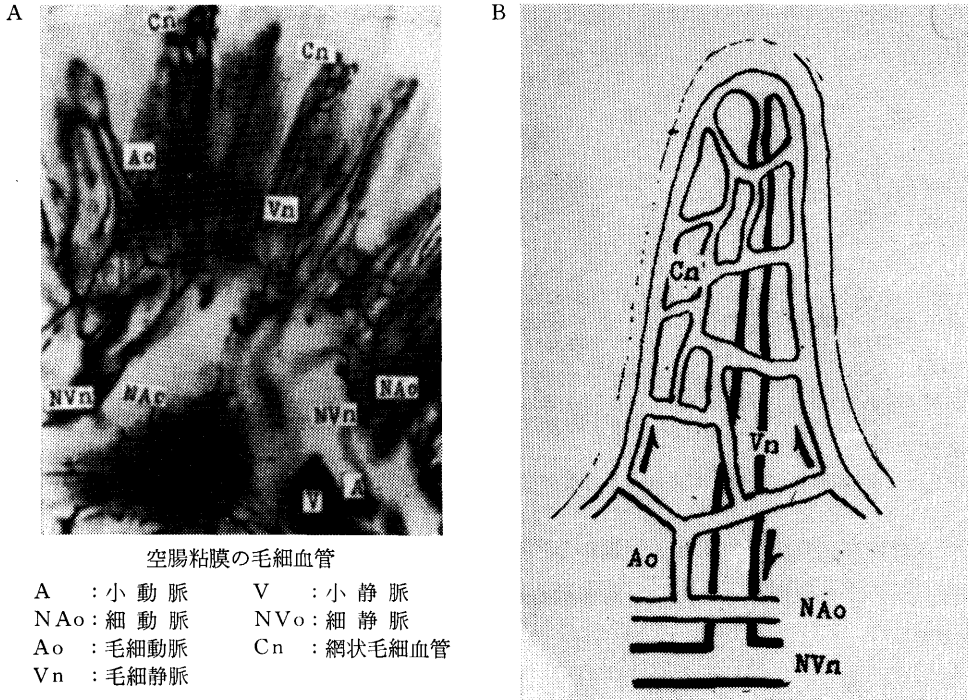
小腸の絨毛は部位によりその形状に差異がある。先ず12指腸では舌状または葉状、空腸では舌状、廻腸では小舌状または円柱状また指状を呈している。粘膜固有層に達した動脈性毛細血管は大體2系に分れ1つは腺層全般に分布して絨毛に至るものと直接絨毛に至るものがある。12指腸部ではその絨毛にそった毛細血管分布網が見られるが、輸胆管および膵管側には密な籠の目状の毛細血管網が皺壁状をなす。

小腸の絨毛内に入る細動脈枝は比較的多く7~10本におよび、絨毛基底から頂部にかけて絨毛粘膜上皮直下に密な毛細血管網を形成する。その絨毛の形状によって網眼は不正長方形または多角形または骰子形で絨毛の頂にいたる程密になる。この毛細血管網の絨毛頂点から出た細静脈は毛細血管網の内側を1~3本となって下降し、絨毛基底の細動脈網にともなう細静脈網に合流する。(第7図、第2表)

d) 大 腸

大腸粘膜は部位により差異があり、固有層基底の細動脈網から出た小枝は、固有層内を粘膜表層に向かって上昇し、途中腺管へ分岐する。固有層内を上昇する細動脈枝は粘膜表層に近づくや2~3に分枝して、粘膜直下に係蹄を形成しつつ経過する毛細血管となる。固有層の頂点寄りで数枝が集って静脈性となり腺管からの細静脈枝に合流しつつ固有層基底の細静

第7図 ヒトの小腸絨毛の毛細血管



空腸粘膜の毛細血管

- A : 小動脈      V : 小静脈  
 NAc : 細動脈    NVo : 細静脈  
 Ao : 毛細動脈    Cn : 網状毛細血管  
 Vn : 毛細静脈

小腸絨毛における微細血管分布の模式図

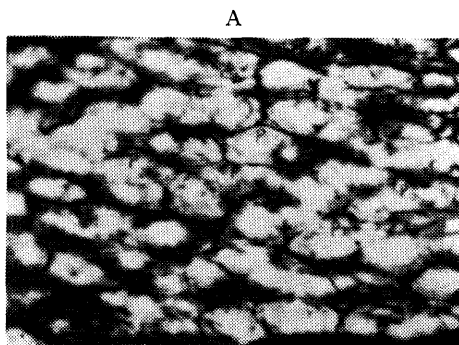
第2表 ヒトの小腸における毛細血管分布構造

	十二指腸	空腸上部	空腸中部	回腸上部	回腸末端部		
絨毛の形状	舌状乃至葉状	舌状	舌状	小舌状、円柱状	円柱状、指状、小舌状		
小腸粘膜 1mm <sup>2</sup> 中の絨毛数 (個)	16	26	40	54	60		
絨毛の大きさ (mm)	基底の高	0.35±0.11	0.39±0.11	0.35±0.12	0.27±0.10	0.23±0.05	
	長さ	0.39±0.12	0.31±0.12	0.27±0.11	0.23±0.12	0.23±0.12	
微細血管の口径 (μ)	A. C.	7.70±0.04	7.70±0.06	7.70±0.04	7.70±0.04	7.70±0.05	
	C. N.	6.16±0.44	6.16±0.07	6.16±0.07	6.16±0.07	6.16±0.05	
	V. C.	13.86±0.04	13.09±0.01	13.09±0.04	13.09±0.05	13.09±0.05	
毛細管網眼の大きさ (μ)	基底部	長径	53.90±15.55	長径	23.10±7.70	15.40±5.02	
		短径	38.50±10.44	23.10±7.08	22.10±6.08	23.10±7.70	15.40±5.02
	頂部	長径	19.25±4.16	短径	15.40±2.19	15.40±4.31	13.40±3.21
		短径	15.40±2.19	15.40±4.31	13.40±3.21	15.40±4.60	7.70±2.31
絨毛内に於ける毛細管網の様相	不正長方形上方に行くに従い緻密	不正多角形で基底部より緻密な網眼を形成す	同	左	同	左	

A.C. : 動脈性毛細管、C.N. : 毛細管網、V.C. : 静脈性毛細管

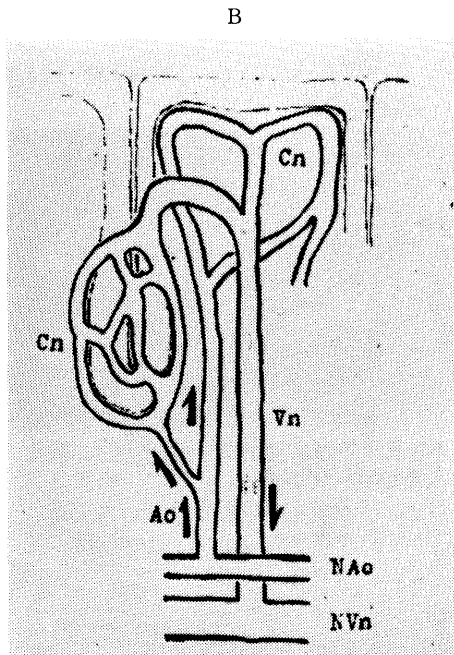


第8図 ヒトの大腸粘膜における毛細血管



大腸粘膜面の毛細血管網

P—毛細血管網眼  
他の記号は第7図と同じ



大腸粘膜における微細血管分布の模式図

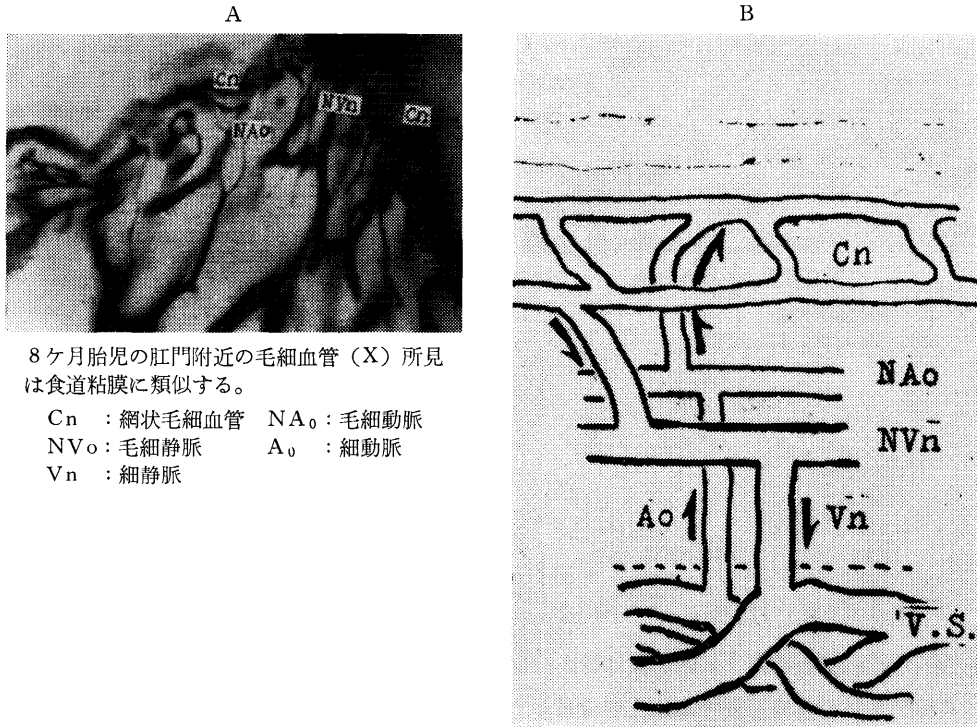
脈網に入る。腺管に向う細動脈枝は腺底部に達するや、腺管をてん絡する毛細血管網を形成するが、この毛細血管網では分岐吻合が少く粗で、腺頸部から静脈性の経過をとり、前述の固有層内を表層から下降してくる細静脈に合流する。絨毛は指状または小舌状のものが散見されて、これにそった毛細血管網が見られる。(第8図、第3表)

e) 直腸

直腸の毛細血管分布構造は、大腸粘膜に見られるものとはほぼ同じである。固有層の細動脈から出た小枝は固有層内を表層に向けて上昇し途中腺管へ分枝する。この細動脈枝は粘膜表層の直下に係蹄を形成する毛細血管になる。これは極めて単純な走行を示した後、静脈性の経過となって、固有層基底に向い直走して下降し、途中腺管からの細静脈枝を合流して固有層基底の細静脈網に移行する。腺管にてん絡する毛細血管網は大腸粘膜にみられるものにして網形成は極めて粗である。これが肛門側におもむくに従って腺管の発育が不良となり、毛細血管網も一層疎となる。これら毛細血管網の随所から集合した細静脈は固有層内の細動脈にともなる細静脈に入り、さらに粘膜下組織の小静脈網に合流する。なお固有層内の細動脈網の形成は部位により不完全で、一見平面的な分布をする。

肛門粘膜ではその粘膜下組織に極めてよく発達した血管網があり、小静脈叢の形成もみられる。(第9図、第3表)<sup>20) 21)</sup>

第9図 ヒトの直腸粘膜の毛細血管



8ヶ月胎児の肛門附近の毛細血管(X)所見は食道粘膜に類似する。

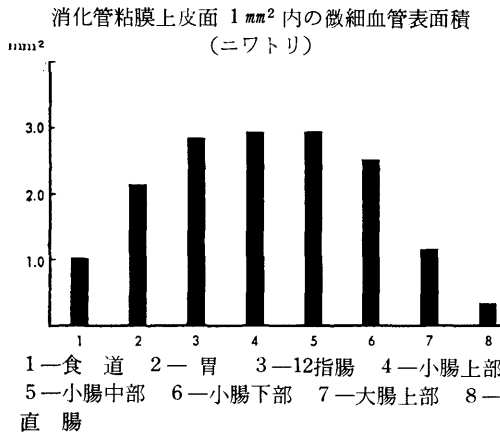
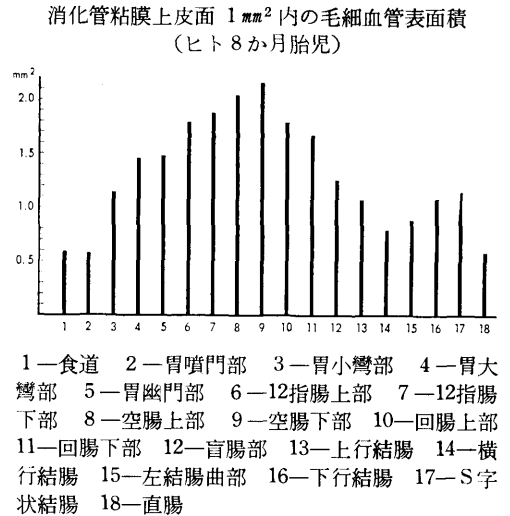
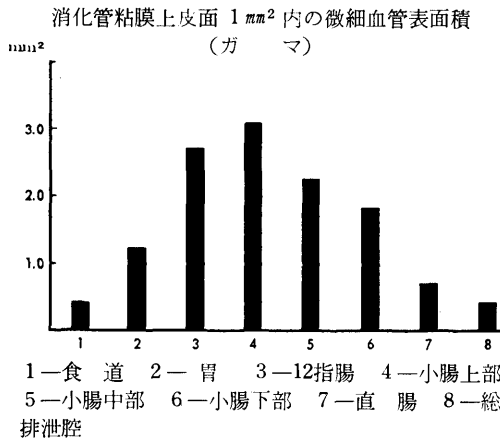
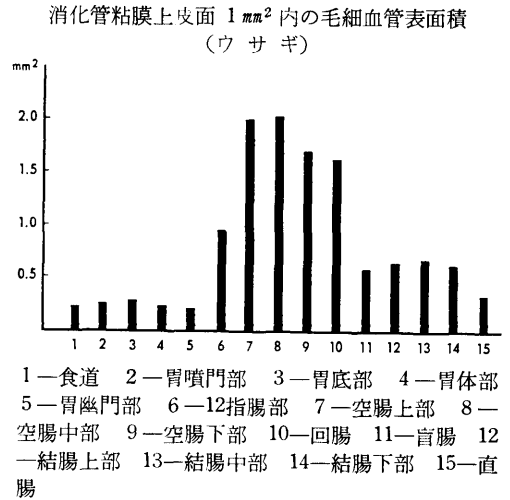
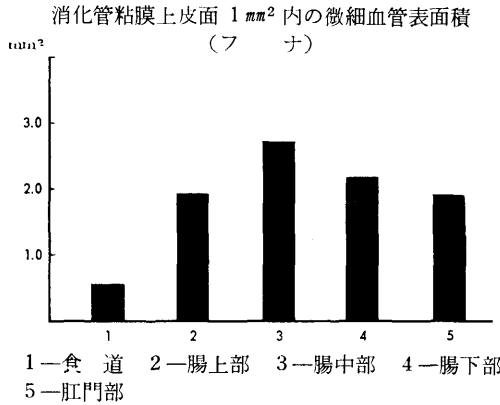
- Cn : 網状毛細血管
- NAo : 毛細動脈
- NVo : 毛細静脈
- Ao : 細動脈
- Vn : 小静脈

直腸粘膜(肛門附近)の毛細血管分布の模図

第3表 ヒトの大腸における毛細血管分布構造

	盲 腸	上行結腸	横行結腸	下行結腸	S字状部	直 腸
粘膜皺壁の形状、大きさ						
形 状	巾の広い舌状	低い山型	低い山型	低い山型	低い山形	皺壁の形成が判然としない
高 さ(mm)	0.15	0.14	0.09	0.12	0.14	
微細血管の口径						
動脈性毛細管μ	6.93 ± 0.03	7.70 ± 0.52	7.70 ± 0.03	8.47 ± 0.07	8.47 ± 0.02	6.93 ± 0.42
毛 細 管 網μ	6.16 ± 0.04	6.16 ± 0.04	5.39 ± 0.05	6.16 ± 0.05	5.39 ± 0.05	4.62 ± 0.19
静脈性毛細管μ	12.32 ± 0.05	13.09 ± 0.05	12.32 ± 0.69	12.32 ± 0.04	12.32 ± 0.07	11.55 ± 0.05
毛細血管網の網眼の大きさ						
長 径μ	23.10 ± 6.69	26.95 ± 7.24	23.10 ± 6.31	23.10 ± 4.54	23.10 ± 5.16	45.20 ± 5.58
短 径μ	15.40 ± 3.31	19.25 ± 1.76	15.40 ± 3.70	15.40 ± 2.96	15.40 ± 4.12	23.10 ± 5.16
毛細管網の様相	平面的にして比較的密	同 左	同 左	同 左	平面的にして密	ほぼ平面的にして粗

第10図 脊椎動物における消化管粘膜上皮  $1\text{mm}^2$  内の上皮直下に分布する毛細血管表面積の比較



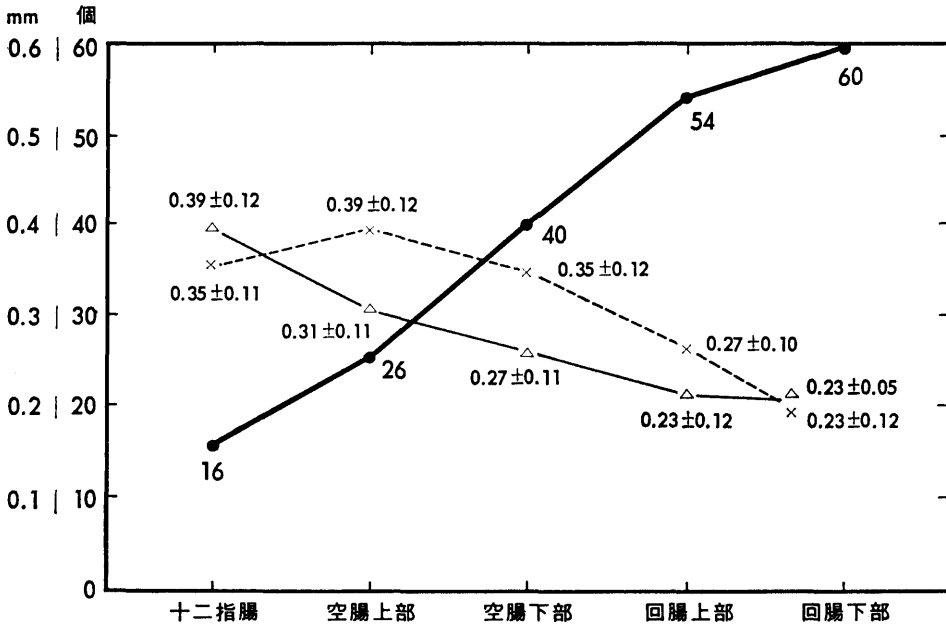
### ■ 結 語

著者らが毛細血管が出現する動物ミミズ、タコ、フナ、ウナギ、コイ、カエル、ガマ、ハンザキ、カメ、ニワトリ、ネズミ、ウサギ、ネコ、ヒトについて食道、胃、小腸、直腸について墨リングル液灌流実験によってこの主題を追究した。

消化管の毛細血管分布構造は、動物の進化と共に複雑となる。ミミズでは単層血管網であるが、タコでは不完全な重層血管網がみられる。これがフナになると始めて不完全な隆起型血管網を見る。ことに哺乳動物、ヒトではことに小腸部にその著明なものが認められる。これは各々の動物の消化、吸収機能の差を示している。この第10図に示されたように食道、胃、大腸の粘膜における毛細血管分布密度に比して、いずれの動物においても小腸部において著しくその密度が大である。なお哺乳動物とヒトでは結腸部で再び毛細血管密度が大となるのがみられる。これはこれらの部の消化、吸収機能の差を示したものとして興味深いものである<sup>22)</sup>。

第11図 ヒト(8ヶ月胎児)の小腸における絨毛

ヒトの絨毛 ●…1 mm<sup>2</sup> 内の数 ×…基底の長径 (mm) △…高さ (mm)



この墨リングル—ゲラチン液灌流法によると、小腸の絨毛をよく計測することができる。それによるとヒト(8ヶ月胎児)の小腸において12指腸から回腸下部に至るに従って、1 mm<sup>2</sup>中に

16個から60個に追々増加するのがみられる。また絨毛1つ1つの高さ、底の広さは反対に追々に小となることが第11図でよく知られる。このことは単位面積中の絨毛が増加するために12指腸から回腸下部へと小となる。また12指腸から回腸下部に至るに従って吸収機能が増大することを意味するものであろう。

## 文 献

- 1) 西丸和義 (1969) 毛細血管および毛細リンパ管分布構造の実験方法。広島女学院大学論集 17、189
- 2) 西 忠之 (1960) フツウミズの消化管における微細血管分布構造について。広島医学 13、別刊号、347
- 3) 西 忠之 (1960) マダコの消化管における微細血管分布について。広島医学 13、別刊号、350
- 4) 西 忠之 (1960) トノサマガエルの消化管における微細血管分布構造について。広島医学 13、別刊号、357
- 5) 西 忠之 (1960) ウナギの消化管における微細血管分布構造について。広島医学 13、別刊号、353
- 6) 換水尾泰馬 (1952) 鯉の食道の微細血管分布について。広島医学 5、原著号、593
- 7) 平賀 頭 (1954) 藁の胃の微細血管分布について。広島医学 7、原著号、354
- 8) 平賀 頭 (1954) 藁の小腸の微細血管分布について。広島医学 7、原著号、356
- 9) 平賀 頭 (1954) 藁の大腸の微細血管分布について。広島医学 7、原著号、358
- 10) 林 盛夫 (1956) ハンザキの胃の微細血管分布。広島医学 9、原著号、765
- 11) 林 盛夫 (1956) ハンザキの上部腸の微細血管分布。広島医学 9、原著号、771
- 12) 林 盛夫 (1956) ハンザキの下部腸の微細血管分布。広島医学 9、原著号、779
- 13) 西 忠之 (1960) イシガメの消化管における微細血管分布構造について。広島医学 13、別刊号、371
- 14) 楠 光雄 (1959) 脊椎動物における消化管粘膜の微細血管表面積測定に依る比較生理学的研究。広島医学 12、別刊号、779
- 15) 西 忠之 (1960) ダイコクネズミの消化管における微細血管分布構造について。広島医学 13、別刊号、364
- 16) 小川義雄 (1949) 消化器系統における毛細血管分布の研究、胃粘膜における所見。日本生理学雑誌 11、60
- 17) 小川義雄 (1949) 小腸粘膜における所見。日本生理学雑誌 11、66
- 18) 小川義雄 (1949) 大腸粘膜における所見。日本生理学雑誌 11、97
- 19) 小川義雄 (1949) 消化管系統における毛細血管分布の研究総括。日本生理学雑誌 11、104
- 20) 酒井 正 (1959) 消化管系統における微細血管分布の研究総括。広島医学 12、370
- 21) 川戸正治 (1958) 人胎児消化器系統における微細血管分布の研究。横浜市立大学紀要 24 No.94、91
- 22) 西丸和義 (1966) 毛細血管に関する研究総括、広島医学 19、697

[ABSTRACT]

Comparative Studies on the Blood Capillary  
Distribution in Digestive Organs

Yasuyosi NISHIMARU, M.D.

We experimented by perfusing India ink-Ringer's solution to the esophagus, stomach, small intestines and rectum of such animals having blood capillary vessels as the earthworm, octopus, *Cyprinus auratus*, carp, frog, toad, salamander, turtle, chicken, rat, rabbit, cat and man.

The distributory structure of blood capillary vessels in digestive organs becomes complicated as the animal evolves. In the earthworm, it is a blood capillary net of a single layer, but it forms stratified blood capillary nets in the octopus. In the *Cyprinus auratus*, the blood capillary nets become prominent. In mammals and man, especially in their small intestines, the blood capillary nets are very prominent. These findings represent differences of digestive and absorptive functions among the animals.

The blood capillary density is remarkable in the small intestines as compared with those in the mucous membrane of the esophagus, stomach, and large intestines in all animals. It is considered that blood capillary density of these regions show the difference of their digestive and absorptive functions.