

血管鑄型法による食道壁微細血管構築 の走査電子顕微鏡的研究

岡山大学医学部第1外科教室（主任：折田薫三教授）

木 下 詔 一

（昭和54年9月27日受稿）

key words：血管鑄型法，食道壁微細血管構築，
食道吻合，血管新生，創癒合

結 言

消化管は消化，吸収，内容輸送という三大機能と，それらに即した特異的な形態を持つ器管である。一方，脈管系は神経系と共にその機能の完遂や形態の維持に重要な役割を果たしている。

そこで消化管の微小循環系に関する研究は，その機能や形態の解明に連なるばかりでなく，臨床的にも，癌の増殖¹⁾および転移，さらには潰瘍性疾患²⁾³⁾や諸種疾患の病因，あるいは吻合創の癒合⁴⁾⁵⁾⁶⁾などとも関連し，極めて重要であると考えられる。

微小循環系の研究方法は，循環量やその変動を検討する生理学的方法と，脈管の微細構造などを追究する形態学的方法に大別できよう。そして血管の微細構築に関する研究は後者に属するものであろう。

消化管，特に胃や腸の血管構築に関しては，血管内色素注入法⁷⁾，バリウム注入法⁵⁾⁶⁾⁸⁾⁹⁾，沃化銀コロイド注入法⁶⁾¹⁰⁾などにより既に多くの研究がなされてきたが，しかしいずれの方法も長所・短所をもち，これらの方法では微細構築を立体的に観察するには不十分であった。

一方，臓器の血管系を立体的に再現するために合成樹脂を用いた鑄型法が開発され，種々の臓器でこれが利用された。¹⁰⁾¹¹⁾さらにMurakami¹²⁾はアクリル系樹脂を使用した血管鑄型を作製し，走査電子顕微鏡で観察する方法を用いて微細血管構築のより詳細な観察を可能とした。しかしこの方法は，樹脂重合に関して熟練した技術を用する難点があった。そこでFujibayashiら¹³⁾は硬化操作が極めて容易なMercor（大日本インキ製）を使用して血管鑄型を作製し，走査電子顕微鏡で観察した。続いて高尾¹⁴⁾や黒河¹⁵⁾は同じくMercorを使用して，胃の正常お

よび病的微細血管構築や，腸間膜リンパ節の微細構築について詳細な報告をし，さらに松山¹⁶⁾は実験動物腫瘍の微細血管構築の観察や形態計測を行った。

さて，食道は咽頭と胃を連絡する約25cmの消化管であるが，その機能や形態は必ずしも単純ではない。

食道の機能は第1に食物を咽頭から胃へ輸送することであり，第2は胃から口腔への食物の逆流を防ぐことである。食物輸送の主体は嚥下運動であるが，これは松尾¹⁷⁾によると，1824年Magandieの記載したoral phase, pharyngeal phase, esophageal phase, の3段階機構が今日でも種々の研究によって支持されている。一方，逆流の予防には食道上・下部の括約筋様機構¹⁸⁾によるものと言われているが，最近は特に下部食道括約筋（LES）と消化管ホルモンとの関係¹⁹⁾が注目され，多くの研究が続けられている。

食道の発生および解剖に関しては，古くより多くの研究がなされ，特に電子顕微鏡の応用でその微細形態に関する研究は飛躍的な発展をとげた。

しかしながら，食道壁の微細血管構築に関する研究は，臨床的にも食道静脈瘤や食道と他臓器との吻合の治癒過程などにおいて重要な意義を有すると考えられるにもかかわらず，わずかに血管内色素注入法，バリウム注入法などによる報告がみられるのみで，その詳細を解明するには致っていない。そこで今回著者は，Mercorを用いてラット，家兎，およびヒトの食道壁血管鑄型を作製して，走査電子顕微鏡で三次元的にその微細構築を観察し，さらにラット食道を半分切断後，再吻合を行い，同部の血管鑄型を作製し，その吻合創の治癒過程を血管新生の面から経時的に観察した。

実験材料および方法

実験材料

食道壁血管鑄型の作製には、250～300 g のウィスター系雄ラットと 2 kg 前後の家兎、および剖検されたヒト食道の一部を使用した。また食道の再吻合の実験には、血管鑄型作製に使用したものと同種のラットを使用した。

実験方法

血管内注入に使用した合成樹脂は、大日本インキ製の Mercor で、これは液状の主剤 (CL-2B または CL-2R) とペースト状の硬化剤 (CB) からなり、常温で両者を混合し注入することにより、細部の血管まで流入し、約 5～8 分で高度な硬化性を呈し、また優れた耐アルカリ性を示す。主剤の比重は 20℃ で 1.083、粘度は 20～30 cps、硬化による線収縮率は 0.9%、体積収縮率は 6.4% である。

1) ラット食道壁血管鑄型標本および光学

顕微鏡用標本の作製方法

ラットをエーテル麻酔下に開腹して腹部大動脈を露出し、腹腔動脈分岐部の末梢側より灌流用の 16 G テフロンチューブを中枢側に向けて腹部大動脈に挿管し、さらに下大静脈の一部に排液用の切開を加え、先に留置したチューブより約 100 ml のヘパリン加リンゲル液で灌流して血液を排除し、さらに 3% パラアルデヒド固定液で灌流後 Mercor (主剤と硬化剤を混合したもの) を注入した。注入量は 20～25 ml で、用手にて毎分約 10 ml の速度で行い、さらに細部まで樹脂を流入させるために、注入の終了する少し前に排液用の下大静脈切開部を鉗子で止め、少し圧を加えたまま硬化させた。樹脂の硬化後、食道を摘出して 20% KOH 溶液中で約 1 週間放置して組織を溶解させ血管鑄型を作製した。

また、粘膜固有層の血管を粘膜下層のそれと区別して観察するために、胃の上部を切開し食道下部の粘膜下層に 27 G 針を用いて Mercor を注入し、その後上記の方法に従って血管鑄型を作製した。さらに一部は、粘膜下層に Mercor が充満しているのを観察するため、食道摘出後ただちに 2.5% グルタルアルデヒド、2% パラフォルムアルデヒド、pH 7.4 カコジール酸緩衝液にて 2 時間固定し、さらにカコジール酸緩衝液にて 12～24 時間洗浄後、1% オスミウム酸緩衝液にて 2 時間後固定し、漸強アルコール系にて脱水後、Epon 812 に包埋して thick section とし、toluidine blue で染色して光学顕微鏡で観察し

た。

2) 家兎食道壁血管鑄型標本の作製方法

家兎をケタラール麻酔下に開胸および開腹して、総肝動脈より 16 G テフロンチューブを中枢側に向けて留置し、腹部大動脈を腹腔動脈分岐部の中枢側および末梢側で鉗子で止め、ヘパリン加リンゲル液で灌流し、さらに 3% パラアルデヒド固定液で灌流後、Mercor 約 30 ml を注入した。食道壁の血管に Mercor が充分流入したか否かは、食道壁の色の変化によって確認でき、気管分岐部以下の食道壁血管への樹脂の流入は、同部からの注入で充分であった。樹脂の硬化後食道を摘出し、以下はラットの場合と同様の方法で組織を溶解させて鑄型を作製した。

3) ヒト食道壁血管鑄型標本の作製方法

剖検により摘出された食道の両端を腸鉗子で把握し、実体顕微鏡下で食道に流入する細い動脈を割出して 21～22 G 針をこれに挿管し、ヘパリン加リンゲル液および 3% パラアルデヒド固定液で灌流後 Mercor を注入し、樹脂の硬化後、ラットの場合と同様に組織を溶解させて血管鑄型を作製した。

4) ラット食道吻合部の血管鑄型標本および組織 切断標本の作製方法

エーテル麻酔下に開腹して腹部食道を露出させ、その前壁約 1/2 を横切し、実体顕微鏡下で日陽工業株式会社製 Q-2、8-0 針付絹糸を使用して全層結節縫合で再吻合を行って閉腹した。

術後それぞれ 3 日、5 日、1 週および 2 週目に再開腹し、前述のラット食道壁血管鑄型作製方法に従って吻合部血管鑄型を作製した。さらに術後 3 日目の一部の食道は、摘出後ただちに 2.5% グルタルアルデヒド、2% パラフォルムアルデヒド、pH 7.4 カコジール酸緩衝液にて固定し、漸強アルコール系で脱水後、臨界点乾燥 (Anderson²⁰) を行って切断標本とした。

以上の方法によって得られたラット、家兎、ヒトの食道壁血管鑄型標本、およびラット食道吻合部血管鑄型標本を十分に水洗して自然乾燥させ、実体顕微鏡下で観察しながらカミソリの刃で適当なブロックに切断し、これを資料台に糊づけして EIKO イオンコート 1 B 3 型にて金を蒸着し、さらに臨界点乾燥させた吻合部切断標本も同様に金蒸着して、JMS-P 15 型走査電子顕微鏡で観察した。

観 察 結 果

第 1 節 ラット食道壁の微細血管構築

ラット食道壁は外側より、食道の外側をつむ外膜、筋層、粘膜下層、粘膜筋板、粘膜固有層および粘膜上皮の各層よりなるが、本実験の血管鑄型の観察では、外膜より粘膜固有層の上皮直下までの間にそれぞれ特徴ある血管構築が観察された。

なお、実験方法の項で述べた方法によって、ラットの胃血管鑄型と共にほぼ全食道の血管鑄型が得られるが、咽頭に近い部分は Mercocox の流入が不十分で、観察し得る鑄型は得られなかった。そこで、まず得られた鑄型のほぼ中央部、すなわち、気管分岐部と横隔膜との中間付近の高さの食道壁血管鑄型を、外側、横断面、および内腔側より観察し、続いて筋層の血管鑄型を除去しながら各層の血管群の関連を検索して以下に述べる。

まず直径約 2 mm、長さ約 3~3.5 cm のラット食道壁血管鑄型を走査電子顕微鏡の弱拡大で外側より観察すると (図 1)、食道壁の外側は密な毛細血管網からなり、その表層には数本の太い血管が緩やかに蛇行しながら食道長軸方向に並んで走行し、斜め方向に多数の枝を出しているのが観察される。この枝は、さらに分岐しながら表層を食道周囲の約 1/4 にわたり走行している。

次に、図 2 は鑄型の中程度拡大の横断像で、図の上方が食道外側、下方が内腔側であるが、この像より食道壁の血管群は次の 3 群に大別できる。すなわち、表層の外膜 (TA) および筋層 (M) の毛細血管網、粘膜下層の太い血管群 (SP)、そして内腔に面した薄い上皮下毛細血管網 (E) である。筋層の毛細血管網は 200~300 μ の厚さを有し、この間を直径約 50 μ の血管 (矢印) が粘膜下層に向かって貫通している。粘膜下層は、直径 20~100 μ の縦走する血管群からなり、上皮下毛細血管網は薄く、両者とも大きく波状を呈するが、これは食道粘膜の皺襞に相当して生じたものである。

このようにラットの食道壁は 3 種の血管群により構成されているが、次に各層の血管構築について詳細な観察を行った。

まず外側より観察を進めていくと、食道の外側表層を縦走する太い動脈および静脈は、斜め方向に分岐して、図 3 に見られるように一部は筋層を貫き食道内腔方向へ向い、また一部はさらに表層を走行してから同様に分岐する。さらに、表層を拡大して観察すると (図 4)、比較的密な直径約 40~150 μ の網目状の毛細血管網が食道壁をおおっているのがみられるが、これは食道の外膜に分布する毛細血管網

(TA) である。外膜の毛細血管網は、図 3 でみられた動脈より分岐して外膜中を走行する動脈 (A) より枝を受け、さらに同じ層の静脈 (V) へと連絡する。なお外膜毛細血管網の直下には、筋層の密な毛細血管網が透見して観察される。

図 5 は表層の外膜層の毛細血管網を除去して、その下層の筋層の血管群を観察したものである。筋層 (M) は、外膜の間を走行して来た動脈 (A) より枝を受け、屈曲蛇行した直径 5~10 μ の毛細血管網からなり、不規則に連絡しあって密な網状構造を形成し、厚い層をなしている。次いでこの毛細血管網は図 4 に見られた静脈 (V) に合流し、さらに太い静脈となり食道外側を縦走する。

これまで、食道壁の血管鑄型を外側から観察した結果を記載したが、次に、筋層の血管鑄型を除去しながら、図 3 に見られたような筋層を貫く血管と粘膜下層血管群、および上皮下毛細血管網との関連を検索した。

筋層を貫く血管の周囲の筋層血管鑄型を除去すると、図 6 に見られるように、筋層にさらに分岐しながら粘膜下層に達する動脈 (A) と、それに並行して粘膜下層から出てくる静脈 (V) とが剖出される。さらに筋層血管群の大半を除去して粘膜下層を剖出した像が図 7 である。ここには直径 20~100 μ の豊富な血管群が観察される。この粘膜下層血管群には、比較的直線的に走行するやや細い動脈 (A) と、緩やかに蛇行しながら分岐吻合して縦走する静脈 (V) とが見られ、これらは複雑に交錯して submucous plexus を形成している。また、矢印で示す筋層毛細血管網の内腔側には、直径 20~30 μ の血管が筋層からの枝を受けて、粘膜下層から外側に向う太い静脈に合流するのが観察される。次にこの submucous plexus を強拡大で観察すると (図 8)、粘膜下層の動脈 (A) より分岐した枝は、さらに分岐をくり返して粘膜固有層の網目状の毛細血管となり、これらは吻合しつつ V で示す粘膜下層の静脈に合流している。

以上、図 6~8 に示したように、筋層を分岐しながら貫通した動脈は、粘膜下層に至りここを縦走しながらさらに分岐して粘膜固有層で上皮下毛細血管網を形成し、次いで数本が合流し静脈となり粘膜下層に下降する。粘膜下層においてこれらの血管群は submucous plexus を形成するが、静脈の一部は数本が合流して筋層を貫き外側に流出するように観察された。

次に食道壁血管鑄型の内腔面より上皮下毛細血管網および粘膜下層血管群を観察した。

まず鑄型の断面をやや内腔側より観察すると(図9), 図の上方が内腔側, 下方が粘膜下層であるが, 豊富な血管群からなる submucous plexus (SP) と, その内腔側に網目状の上皮下毛細血管網(E)が観察される。この上皮下毛細血管網を強拡大で観察すると(図10), 粘膜固有層を粘膜上皮に接して広がる上皮下網細血管網は, 直径 $5\sim10\mu$ の毛細血管が互に分岐吻合しながら, 長径 $100\sim200\mu$, 短径 $50\sim80\mu$ の食道長軸に沿った縦長の不正多角形を呈している。この毛細血管網は, 筋層のそれに比べて層が薄く, 直下には submucous plexus が透見できる。

さらに, 粘膜下層から粘膜筋板を貫いて粘膜固有層に至る動脈と上皮下毛細血管網および粘膜下層へ下降する静脈との関連を明解にするために, 粘膜下層に Mercor を充満させ続いて血管にも Mercor を注入した鑄型を作製し観察した。この方法によると, 粘膜下層の太い血管群は同層に充満した Mercor の塊の中に埋れてしまい, 上皮下毛細血管網と粘膜筋板を貫く血管のみが容易に観察される。図11はこの標本を内腔側より観察したものであるが, 粘膜下層から上行して来た小動脈(a)は分岐しながら毛細血管となり2~7回の分岐吻合をくり返して, 網目状構造を形成し, さらに毛細血管は数本が吻合して細い静脈(v)となり, 他の静脈と合流しながら粘膜下層へ下降している。図12は, 食道の粘膜下層と血管に Mercor を注入した組織を thick section として, toluidine blue で染色し光学顕微鏡で観察した像であるが, 粘膜下層は Mercor で充たされており透明にぬけた像¹⁵⁾として観察され, 粘膜下層の血管はこの中に埋れている。

以上, ラットの食道壁血管鑄型の中央部の観察結果について述べたが, 食道上部の血管構築は中央部のそれとの間に特に変化は見られなかった。そこで次に食道下部の血管鑄型の観察結果について述べる。

食道下部における血管構築は, 基本的には中部のそれと変りがないが, 上皮下毛細血管網や粘膜下層血管群の走行には中部と少し異った所見が得られた(図13)。図の左側が食道, 右側が胃であるが, 食道下部の上皮下毛細血管網は, 胃に近づくにしたがい, 縦長の不正多角形が次第に横に広がり, 前胃に相当する付近で網状構造を維持したままで深い溝を形成したのち4~5列の襞を形成し, 再び溝を作って突如として胃底腺部の規則的な粘膜表層の毛細

血管網へと移行する。また submucous plexus では血管が縦横に走行するようになり, 次いで上皮下毛細血管網が横に広がる付近よりこの血管群は径を減じ, さらに数を増して胃の submucous plexus へと連続しているように観察された。

第2節 家兎食道壁の微細血管構築

家兎食道壁の血管鑄型を断面と内腔面より観察した。さらに筋層を貫く血管を周囲の血管鑄型を除去して剖出し観察した。家兎食道壁の血管構築は, 筋層での血管の走行が輪状縦走筋層で明らかに区別できる点を除いてラットの場合と基本的には同じであったので, ここでは簡単に述べることにする。

図14は鑄型の横断面, 図15は縦断面で, 図の上方が外側, 下方が内腔である。外膜(TA)には粗い一層の毛細血管網が見られ, この間を太い血管が縦走している。食道外側を走行する動脈および粘膜下層へ向う動脈より枝を受ける筋層の血管群(M)は2層からなり, 厚く, 食道壁の $\frac{1}{2}$ 以上を占め, 直径約 10μ の毛細血管が不規則に分岐吻合し密な網状構造を形成している。筋層毛細血管網(M)は図15に見られるように, 外層は強く屈曲蛇行しながら走行し, 内層は比較的まっすぐに走行している。

粘膜下層には直径 $20\sim200\mu$ の豊富な血管群, すなわち, 外側より筋層を貫いて粘膜下層に達した動脈(A)および上皮下毛細血管網から枝を受けて粘膜下層に至り径を増した静脈(V)が縦走して, submucous plexus (SP) を形成している。さらに内腔に面しては, 薄い上皮下毛細血管網(E)が観察される。上皮下毛細血管網と submucous plexus は食道粘膜の皺襞に相当する大きな波状を呈している(図14)。

食道外側表面には, ラットの場合と同じように筋層を貫く幾本かの血管がみられるが(図16), 周囲の筋層血管群を除去すると(図17), 筋層に分枝しながら粘膜下層に達する動脈(A)と, 粘膜下層より筋層を貫いて食道外側に出てくる穿通静脈(V)が剖出される。

図18は食道壁血管鑄型の内腔側より観察した上皮下毛細血管網である。食道外側より粘膜下層に達した動脈は, 縦走しながら分枝して粘膜固有層の上皮直下で毛細血管(直径 $5\sim12\mu$)となるが, これが不規則に分岐吻合して不正多角形の薄い網状構造(径 $40\sim200\mu$)を形成する。さらにこの毛細血管は数本が合流し, 径を増して粘膜下層に至り, ここを縦走する太い静脈に連絡する。

第3節 ヒト食道壁の微細血管構築

ヒト食道壁の血管鋳型を横断面、縦断面、および内腔面から観察し、さらに筋層あるいは粘膜固有層の血管鋳型を除去し剖出しながら観察した。ヒト食道壁の血管構築は筋層、粘膜下層、および粘膜固有層においてやや複雑化はしているが、基本的にはラットや家兎と同様である。

図19は鋳型の横断面、図20は縦断面で、図の上方が内腔側、下方が外側であるが、食道壁の血管構築は外側より外膜(TA)および外縦内輪筋層血管群(LM, CM), 粘膜下層血管群(SP), そして内腔に面した上皮下毛細血管網(E)からなっている。粘膜下層の血管群と上皮下毛細血管網は、横断面像(図19)でみられるように大きなうねりを呈しているが、これは食道粘膜の皺襞に相当する。

次に、血流に沿いながら筋層より上皮下毛細血管網に至るまでの各層の血管構築の詳細について観察した。

まず、図21は筋層の断面像で、図の上方が食道外側、図の下方が内腔側である。図19, 20でも見られたように、縦走輪状の両筋層の直径10~20 μ の毛細血管網は、それぞれの筋線維の走行に一致して交叉するように走行している。また両筋層の間には多くの血管(直径50~150 μ)が縦横に走行しており、plexusに類似した形態を示している。この二筋層間を走行する血管は主に下方の輪状筋層に向って多数の枝を出しており、さらに矢印で示すような筋層を貫いて粘膜下層に向う動脈の枝も観察される。図22は縦走筋層(LM)の血管の一部を除去して、二筋層間を走行する血管を剖出したものである。ここでは、粘膜下層から輪状筋層(CM)を貫いて二筋層の境界面に達して走行する太い静脈(V₁)と、両筋層からの枝を受けて同部を走行する静脈(V₂)とが観察されるが、両者はやがて合流して縦走筋層を貫いて食道外側に出て行く。

筋層の内腔側には、粘膜下層のよく発達した血管群が見られるが、図23は粘膜固有層の血管網を除去して粘膜下層の血管群を内腔側から観察し、図24は筋層の血管群を除去して外側から粘膜下層血管群を観察した像である。筋層に分枝して粘膜下層に達した動脈(図23矢印)は、四方に分枝したのち、同様にして粘膜下層に達した他の動脈と共に互に連絡して屈曲蛇行しながら縦走し、さらに細い枝を出して粗い血管網を形成している。また、粘膜固有層の毛細血管からの枝を受ける多数の静脈も互に連絡し合

いながらここを縦走しており、これら粘膜下層の豊富な血管群は、非常によく発達したsubmucous plexusを形成する。また図24の左上方には上皮下毛細血管網(E)がみられる。

粘膜下層を縦走する動脈は分枝して上昇し、粘膜固有層においてさらに分岐して上皮下毛細血管網を形成し、続いて小静脈となり下降して粘膜下層の太い静脈に注ぐが、次の図25~32でこれらの様子を詳細に示す。

図25はsubmucous plexusと上皮下毛細血管網を側面から観察した像である。粘膜下層から上昇してきた動脈(A)が分岐して、粘膜固有層で密な毛細血管網が形成される。この上皮下毛細血管網を食道内腔側より観察した像が図26である。直径7~20 μ の毛細血管は、屈曲蛇行しながら複雑かつ密に連絡し合い、一層の不正多角形(径20~75 μ)の網状構造を形成して、粘膜固有層を上皮に接して分布する。さらに毛細血管網の一部は、網状構造を保って著しく屈曲しながら内腔に向って立ち上り、高さ100~300 μ の突起を形成しているが、このような突起はラットや家兎には見られなかったものである。図27はこの突起構造を強拡大で観察したものである。

また、ヒト食道の上皮下毛細血管網の形態は、このような突起構造の他に、100~350 μ の間隔で並列に列ぶ高さ100~300 μ のヒダ状構造や(図28)、直径75~200 μ 、高さ90~130 μ の円筒状構造を形成するものも見られる(図29)。ヒダ状構造は、図26, 27の突起が列をなして連続することによりヒダが形成されているようである。一方、円筒状構造は、毛細血管網が何かの周囲を取り囲むようにして形成されており、その毛細血管は前2者に比べて屈曲が少い。

これら図26~29に示した毛細血管網の内腔側への突出は、粘膜固有乳頭に一致するものであろう。

図30は、上皮下毛細血管網の一部を除去して、その下方の細い血管群(直径30~70 μ)を剖出した像である。この血管群は粘膜下層から上昇してきて、粘膜固有層で多数に分岐した小動脈である。小動脈は頻回に分岐して毛細血管網となるが、この他に、多数の血管が内腔に向って突出している。これは図26, 27に示した毛細血管網の突起の芯になっている。

図31は動脈(A)が粘膜固有層で毛細血管網となり、続いて静脈(V)となる様子を示したもので、図32は、その強拡大像である。小動脈(a)から分岐した毛細血管は、少いもので3~4回、多いもので10数回の分岐吻合をくり返して網目状構造を形成

したのち小静脈 (v) に流入している。

以上、図21から図32まで食道壁の血流に沿って筋層から上皮下毛細血管網までの各層の微細血管構築を示したが、図32の静脈は図23、24に示した粘膜下層に至るところを縦走し、一部は図22に示した筋層を貫く静脈となって食道外側へ流出する。

第4節 ラット食道吻合部の微細血管構築

食道吻合創の治癒過程を血管構築の面から検討するため、ラット腹部食道の約1/2を横切し再吻合を行って、3日、5日、1週、および2週後の吻合部の血管鑄型を作製し、各層の吻合部血管の新生と交通の状態を経時的に観察した。また一部は吻合部の組織を切断し、走査電子顕微鏡で観察して対比した。

術後3日目の吻合部組織切断面の走査電子顕微鏡像(図33)では、筋層(M)および粘膜上皮(Ep)は既に連続して融合しているように観察されるが、同部の血管鑄型標本(図34)では血管鑄型は欠如断裂しており、対側との血行がないことを示している。また、この断裂部には矢印で示すような出血巣に相当する樹脂の漏出が塊状となって認められる。しかし強拡大でこの断裂部を観察すると(図35)、すでに既存の血管壁より直径15~60 μ の半球状あるいは棍棒状の突起が認められるが、これは新生血管の発芽部に一致する鑄型である。

次に術後5日目では、その全層を縦断面で見ると(図36)、粘膜上皮に近い部分や筋層の一部では既に対側の血管と連絡している像が観察されるが、粘膜下層に相当する部位や筋層の外膜に近い部位ではまだ血管鑄型の大きな欠如が見られる。また各層の接合面での小血管の走行は不定である。図37は前図の粘膜上皮に近い部位の強拡大像であるが、ここでは粘膜下層の太い血管から対側血管群に向って細い枝が伸びて既に連絡しており、さらに別の細い血管が上皮下に向って長く新生している像が観察され、正常ラットの粘膜固有層にみられる毛細血管の網状構造を形成しつつある状態と考えられた。筋層に相当する部位(図38)では多数の新生血管の発芽した像が見られ、長さも80~200 μ と長くなっている。しかし正常の筋層血管網に見られるような一定方向への走行性はなく、発芽する方向は不定である。

術後1週目になると(図39)、吻合部血管の対側どうしの連絡はほぼ完成し、吻合部の豊富な血管群の中には直径50~80 μ のやや太い血管も見られる。また上皮下の毛細血管群も、図40に示すように充分に伸びて、不完全ながら網目状に近い構造を示すよう

になっている。しかしながら、吻合部の血管群の走行は規則性に乏しく、血管構築からは筋層やsub-mucous plexusなどの識別は明確でない。

術後2週目の吻合部血管鑄型では(図41)、血管構築からは吻合部の認識は既に困難となっているが、図の両端に見られるような縫合糸の通過孔や、図の上方に見られるような縫い込みによる上皮下毛細血管網の乱れから吻合部を認識できる。吻合部の縦断面の強拡大像では(図42)、不完全ではあるが筋層血管群、submucous plexus、および上皮下毛細血管網の各層血管群が識別できる。しかし筋層の血管群の走行は、正常例で見られるような一定の方向性はまだ示していない。一方、上皮下の毛細血管は、図43にみられるようにほぼ正常に近い網目状構造を形成しており、また、直下の粘膜下層には直径約100 μ の太い血管が走行しているのが観察される。

食道壁の縫合には8-0針付絹糸を使用した。図44は術後2週目の縫合糸の通過部を内腔側より観察した像である。縫合糸の通過部は毛細血管で囲まれた円筒状の空洞として観察され、周囲の上皮下毛細血管網は網状構造を保ったまま渦を巻くように空洞内に向い、やがて直線的に奥に向かって進入している。これは縫合糸の周囲を取り囲んだ肉芽組織の毛細血管網と考えられ、このような像は術後2週目で初めて認められ、術後1週目までは、縫合糸の通過部は単に血管鑄型の欠如として見られた。

考案および総括

食道は、今日でも根本的治療法の確立されてない食道静脈瘤や、他臓器との吻合の困難性など、臨床的に幾多の問題を持った臓器である。また、その機能や形態は必ずしも単純でなく、現在まで多方面にわたり多くの研究がなされてきた。本研究は、この機能や形態を支える血液循環系の微細形態を解明する目的で、食道に流入する動脈よりMercoxを注入して食道壁血管鑄型を作製し、走査電子顕微鏡でその微細構築を観察し、加えて食道吻合創の治癒過程を血管構築の面から経時的に検討したが、これらの結果に考察を加えて以下に述べることとする。

第1節 食道壁の微細血管構築

食道は咽頭より後縦隔を経て腹腔に至り胃に連絡する約25cmの臓器で、その形態の特殊性から、食道の血管系は、他の消化管、すなわち胃や小腸大腸のそれに比べて複雑である。

食道の血管系の解剖に関しては、古くより多くの

報告がみられるが、食道の動脈についての詳細な解剖は、1950年 Shapiro and Robillard²¹⁾ による。彼らは50例の剖検例について血管内にインク、バリウム、およびプラスチックを注入する方法を用いて、食道をその動脈の支配領域により、頸部、大動脈気管分岐部、胸部、および腹部に分類し、さらに各部に流入する動脈とその変化や吻合、側副路、および補助的血行について詳しく報告した。

次に食道の静脈についての記載は、動脈に関する報告よりも古くからみられるが、特に重要な食道静脈と門脈系との関連については、Preble²²⁾ によれば、肝硬変症による食道静脈瘤破裂の報告は Fauvel (1858) が最初であると言われており、Butler²³⁾ は、それ以後フランスの研究者 (Kundrat, 1886; Dusausay, 1877; Duret, 1878; and Mariau, 1893) たちにより多くの研究がなされたと述べている。さらに1928年 McIndoe²⁴⁾ が肝硬変症で食道に代償性の副血行路があることを記載し、1934年 Kegaries²⁵⁾ は胃冠状静脈あるいは奇静脈からの Injection により、この静脈叢が大静脈系と門脈系との吻合部として重要であると述べると共に、食道外側を縦走する3～4本の食道外側静脈があることを記載している。

食道の静脈についての詳細な報告は1951年 Butler²³⁾ によるが、彼は21例の剖検でインクや樹脂を血管に注入する方法により食道の静脈を食道内性、食道外性、および迷走神経に随伴して縦走する静脈の3種類に分類して詳しく検討した。まず食道内性の静脈は食道壁内に見られるもので、粘膜固有層の上皮下静脈叢、粘膜筋板の外側に位置する粘膜下静脈叢、および筋層を貫く穿通静脈に分けられる。上皮下静脈叢は粘膜固有層の毛細血管網からの血流を受け、食道長軸に沿ったやや縦長の多角形の網状構造を形成し、食道の全周および全長にわたって分布している。粘膜下静脈叢は、上皮下静脈叢から多数の細い静脈が粘膜筋板を貫いて下降し、吻合して太い静脈となり、粘膜筋板と筋層との間で10～15本ずつのグループをなして食道の全周に分布し、全長にわたって縦走している。穿通静脈は粘膜下層を縦走する静脈より起こり、筋層の静脈を集めて筋層の外側に出てしばらく走行したのち次の迷走神経に随伴する静脈や食道外性の静脈に流入する。迷走神経に随伴する静脈は前枝、後枝の2本がみられ、それぞれ食道と迷走神経の静脈を集めているが、前枝は左胃静脈の前食道枝に始まり左方にねじれながら走行して半奇静脈あるいは左後気管支静脈に終り、後枝は左胃

静脈の後食道枝に始まり右方にまわりながら走行して食道右側で右後気管支静脈あるいは右気管枝の表層の静脈叢に終り、続いてこれらは奇静脈に流入する。食道外性の静脈は、頸部では主に下甲状腺静脈に、胸部では主に奇静脈および半奇静脈に、横隔膜を通過する部では上・下横隔膜静脈に、そして腹部では主に左胃静脈にそれぞれ流入する、このように彼は食道の静脈、特にその壁内の静脈について詳細な報告をした。

一方、本邦における食道壁の微細血管分布に関する報告は、1949年小川²⁶⁾ が猫について、1952年奥水尾²⁷⁾ が鯉について、1954年平賀²⁸⁾ が墓について、さらに1959年酒井²⁹⁾ がヒト胎児についてそれぞれ色素注入法による光学顕微鏡的研究を行っているのが見られる。また最近では丸山⁹⁾ や仙督³⁰⁾ が犬についてバリウム注入法によるマイクロアンギオグラフィーでの報告を行っている。

本実験の血管鋳型の観察では、食道壁の血管構築は外側より、外膜および筋層の血管群、粘膜下層血管群、上皮下毛細血管網の3群の血管群より構成されており、それぞれ特徴ある構築が見られた。次に、これらの結果について考察を加えて述べるが、このうち粘膜下層血管群と上皮下毛細血管網は、食道静脈脈瘤の形成など臨床的にも重要な関連性を有する血管群であるため、1) 外膜と筋層の血管構築、2) 粘膜下層と粘膜固有層の血管構築、の2項に分けて述べることにする。

1) 外膜と筋層の血管構築

食道の外側は疎性結合組織からなる外膜でつまれており、ここを太い血管、リンパ管、神経が走行しているが、腹部食道には漿膜が認められる。^{31) 32)}

外膜あるいは漿膜の血管について平賀²⁸⁾ は、墓の食道に分岐した動脈は、漿膜に単層網型微細血管網を形成したのち分岐して筋層に分布すると述べている。Sousa^{33) 34)} は犬の尿管の外膜では、鞘状の密な毛細血管網が見られ、これより多くの血管が内腔側に向って伸びており、またヒト胆のう漿膜では粗大な網目状の毛細血管網が見られたと報告している。

本実験の食道壁血管鋳型の観察では、ラット、家兎、ヒトの3者とも外膜には粗く薄い網目状の毛細血管網とその間を走行するやや太い血管が認められた。この毛細血管網は、外膜中を走行して筋層に分布する動脈より枝を受け、続いて筋層から枝を受けて外膜中を走行する静脈に流入しており、外膜自体への血行は乏しかった。

ヒト食道の筋層は縦走・輪状の2層からなり、その層は厚くよく発達している。上部食道は横紋筋線維だけからなり、下部食道は平滑筋線維だけからなり、中部では両者が混在している。また2層の筋層は必ずしも輪走あるいは縦走するのではなく、互にたすきがけの方向に斜走する。^{31) 32)}

筋層に分布する血管については、塊水尾²⁷⁾は鯉で、動脈は筋層に分岐して入り食道長軸に一致して不正多角形の毛細血管網を形成し、さらに粘膜下層に至り、一方、筋層毛細血管網の静脈は粘膜下層の静脈に合して管外に出ると記載し、平賀²⁸⁾は鯉で、動脈は漿膜の血管網を形成したのち筋層に至り、外縦内輪両筋層にそれぞれ縦走横走する微細血管網を形成し、さらに粘膜下層で2～3本に分岐すると述べ、酒井²⁹⁾はヒト胎児で、筋層に入った動脈は両筋層に不正多角形の小枝を与えつつ粘膜下層に進出し、粘膜下層の静脈は内外筋層の小枝と合流しながら食道外に導出されると述べている。また仙誉ら³⁰⁾は犬で、縦走筋外側を走行する血管と両筋層間を走行する血管とが両筋層に分枝すると報告し、丸山⁹⁾は同じく犬で、内輪筋へは粘膜下血管網から、外縦筋には外側から血管が分布するが、血管密度は非常に乏しいと述べている。

本研究の結果では、筋層に分布する動脈は、筋層表層を走行しながら分岐するものと、筋層を貫いて粘膜下層に向いながら分岐するものと二者が認められた。ただヒトでは後者の動脈は、一旦輪状縦走筋層間で縦走して両筋層に分布する多数の枝を出したのち粘膜下層に向うように観察された。筋層に分布した動脈は分岐して毛細血管となり、不規則かつ豊富に分岐吻合しながら密な網状構造を形成しており、毛細血管網の走行は筋線維の走行に一致している。家兎とヒトではこの毛細血管網の走行から縦走筋層と輪状筋層とが明らかに区別できた。一方筋層の静脈は、筋層の内腔側で同層の静脈を集めて、粘膜下層より筋層を貫いて外側に出る太い静脈に同部で合流し、さらにこの静脈は筋層を貫いたのち筋層表層からの静脈を集めて食道外側を縦走する。この筋層を貫いて外側に出る静脈は、Butler²³⁾の言うところの穿通静脈であるが、さらに彼は、穿通静脈は筋層外に出た所で多くの場合弁を有し、血流は内腔より外側に向うと述べている。しかし本実験のヒトでの観察では、この穿通静脈は輪状筋層を貫いて二筋層間を縦走し、さらに両筋層から静脈を集めて同部を縦走する他の静脈と合流したのち縦走筋層を

貫いて外側に出るようである。

ヒト食道の二筋層間には豊富な動静脈群が走行し、plexus に類似した形態を示していることが本研究で明らかとなった。

大部分の哺乳類の食道では噴門の近くまで横紋筋がのび、ヒトでは横紋筋が縦走層において輪状層より下方にまで達しているのが通則であると言われるが³²⁾、横紋筋の微細血管構築に関してはBrödelら³⁵⁾がヒト腹直筋について図示しており、これによると不正多角形の毛細血管網が筋線維の一本ずつにからまるようにその周囲を取り巻いて長軸方向に走行している。またPlyleyら³⁶⁾はカエルの縫工筋の毛細血管網について検討し、細動脈より細静脈に至るまでの毛細血管の長さは平均約3.6mmで、その間に平均約4回分岐または吻合し、分岐吻合時の毛細血管の作る角度は約60°であると述べている。一方平滑筋筋層ではBloom and Fawcett³¹⁾によると、平滑筋線維の束や層の間にまで結合組織が入りこみ、そこに毛細血管網が含まれているといわれる。

収縮運動を目的とする筋組織はそのエネルギーの供給を受けるために著しく血管に富む組織であり、本実験でも食道の筋層は他の層に比べ最も毛細血管に富んだ層であった。

2) 粘膜下層と粘膜固有層の血管構築

筋層と粘膜上皮との間は、粘膜下層、粘膜筋板、および粘膜固有層からなり、粘膜下層と粘膜固有層には豊富なリンパ管網が存在する³⁷⁾。さらにこの二層は、癌の増殖および進展³⁸⁾、食道静脈瘤の形成³⁹⁾、あるいは吻合創の癒合^{40) 41)}などの場として臨床的に極めて重要な部位であり、血管も豊富である。

粘膜下層の動脈は、食道外側より筋層に分布しながらこれを貫いて粘膜下層に至ることは諸家の報告^{9) 26)~30)}が一致するところであるが、粘膜下層での動脈の走行については次のような記載がみられる。すなわち、小川²⁶⁾は猫の食道では粘膜下層で食道長軸に沿った不正長方形の網目を作ると述べ、また酒井²⁹⁾はヒト胎児で粘膜下層に進出した動脈は互に吻合して食道の長軸方向に網目ののびた粘膜下動脈網を形成すると述べており、丸山⁹⁾は犬で粘膜下層に至った動脈は四方に細かく分枝し、相互に密に交通して発達した血管網を形成していると述べている。

一方、粘膜下層の静脈については、酒井²⁹⁾がヒト胎児について、上皮下毛細血管網からの静脈性毛細管が粘膜固有層を下降し近接のものと集合しつつ1本の口径の大なる毛細管となって粘膜筋板を貫き粘

膜下静脈網を形成すると述べている。この静脈網はButler²³⁾の分類した食道内性の静脈のうち粘膜下静脈叢である。彼は、食道の全周に分布し全長にわたり縦走する粘膜下層の静脈は、直径 $50\mu \sim 1\text{mm}$ でこの数本が合流して穿通静脈となって筋層を貫き食道外側に出るほかに、食道の上部では、これらの静脈は径を増し数を減じて、一部は静脈瘤の様相を呈しており、前面と後面の2群の静脈群に別れてそれぞれ咽喉頭静脈叢に終ると述べている。また食道下端では、粘膜下静脈叢は径を減じ数を増して食道皺襞に集まり、強く屈曲しながら胃の粘膜下静脈叢に連絡し、この場で門脈系と大静脈系との吻合が行われると述べ、さらに、この付近には静脈弁がみられることもあり、血流は食道より胃に向うと述べている。

粘膜下層の動脈は、分枝して粘膜筋板を貫き粘膜固有層に達するが、ここでさらに分岐して上皮直下で毛細血管網を形成する²⁷⁾⁽²⁸⁾。この上皮下毛細血管網は、猫では²⁶⁾食道長軸に沿った縦長の平坦な粗い不正多角形を呈するが、酒井²⁹⁾はヒト胎児では長径約 30μ 、短径約 15μ の不正四角形の網目構造のほかに、一部は粘膜固有乳頭に一致して動脈性毛細管蹄係が見られると述べている。この毛細血管は数本が合流して小静脈となるが、Butler²³⁾は、これらの静脈は粘膜固有層で上皮下静脈叢を形成すると述べ、さらにこの静脈叢について、直径 $30 \sim 170\mu$ の静脈が互に連絡して長径 $90 \sim 150\mu$ 短径 $30 \sim 50\mu$ の食道長軸に沿った縦長の多角形の網目構造を呈して食道の全周および全長にわたり分布しており、これらは粘膜筋板を貫く短い静脈を経て粘膜下層の太い静脈に注いでいるが、食道上端では咽頭の上皮下静脈叢に連絡し、下端では胃の胃腺下静脈叢に連絡して、粘膜下静脈叢と共に門脈系と大静脈系との吻合の場となっていると述べている。

本実験では、ラットでは粘膜下層に達した動脈は分枝して縦走し、粘膜固有層で毛細血管網を形成したのち小静脈が粘膜下層の太い静脈に流入しており、ここで多くの血管が、submucous plexus を形成しているように観察された。家兎やヒトでもこの構築は基本的には同じであるが、特にヒトでは粘膜下層の血管群と上皮下毛細血管網は複雑化していた。すなわち、粘膜下層に達した動脈は四方に分枝して同様に粘膜下層に達した他の多数の動脈と連絡しながら粘膜下層を長く縦走し、粘膜固有層の毛細血管網に分枝するほか粘膜下層に多数の細い枝を出し粗い血管網を形成している。また、動脈が他の動脈と連

絡しながら長く縦走することは、家兎での鑄型作製方法(Mercor は左胃動脈およびその食道枝から食道壁の血管に流入した)で、気管分岐部のやや上方までの食道壁血管鑄型が得られたことから推察できる。さらに粘膜下層には多数の太い静脈がやはり互に連絡しながら動脈と共に複雑にからみあって縦走し、豊富な血管群からなる submucous plexus を形成している。このヒトの submucous plexus の血管群は、ラットや家兎に比べて非常に豊富である。

胃や小腸においてもよく発達した粘膜下層血管網がみられるが⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁴⁾、Delaney⁽⁴²⁾やLundgren⁽⁴³⁾はアイソトープを用いて胃や小腸の各層の血流量を測定し、粘膜下層は筋層に比べて2倍から4倍の血流量があると報告している。しかし今回の血管鑄型の観察では、高尾⁽¹⁴⁾の報告した同じく血管鑄型法による胃の粘膜下層血管群に比べて、食道のそれは極めて豊富であった。この粘膜下層の血管群に関して藤田ら⁽³²⁾は、食道の粘膜下層には静脈叢がすこぶよく発達しているが、これは食道の膨張時にも局所の血液の停滞を来たさぬための配慮と考えられると述べている。

粘膜固有層に達した粘膜下層からの動脈はここで上皮下毛細血管網を形成するが、ラットや家兎では、この毛細血管網は食道長軸に沿った縦長の不正多角形の粗く平坦な網目構造を呈する。しかしヒトではこの網目は密で、粘膜固有乳頭に一致すると思われる多数の突起構造が認められた。これは酒井⁽²⁹⁾の示した動脈性毛細管蹄係に相当するものであろう。上皮下の毛細血管は、さらに数本が合流して細い静脈となり、他の静脈と吻合しながら毛細血管網の下方をしばらく走行したのち粘膜下層に下る。以上のような形態を示す上皮下毛細血管網は、粘膜固有層の粘膜上皮直下をこれに接して広がっている。

また食道内腔には太い皺襞が縦走するが、上皮の表層にはさらに細かい皺が観察され、これらは食道腺より分泌された粘液を表層に広げる機能を果していると言われる⁽⁴⁴⁾。

酒井⁽²⁹⁾や平賀⁽²⁸⁾は、粘膜固有層の微細血管網の形態から、食道の粘膜上皮が消化吸収機能に關与しているのではないかと推測した。しかし本実験での観察では、食道の粘膜固有層の血管網は、胃や小腸の腺下静脈叢⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁴⁾に比べると、血管の数量ははるかに少く、したがって、この血管網は粘膜上皮に栄養する目的は十分に満してはいるものの、彼らの推測を積極的に肯定する結果は得られなかった。

粘膜下層と粘膜固有層において形成される食道静脈瘤は、その破裂により突然の大量出血を来して死に至る場合もあり、予後の悪い疾患の一つである⁴⁵⁾⁴⁶⁾食道静脈瘤の形態や形成機序および破裂の原因、さらに治療法などについて多数の報告がみられるが、Morris⁴⁷⁾やContiら⁴⁸⁾は食道に動静脈吻合の存在を報告し、またPetersら⁴⁹⁾は食道静脈瘤の組織学的な検討から、やはり食道下端に動静脈吻合の存在が強く推測されると述べ、この吻合の血流調節障害も静脈瘤形成機序の一つであることを示唆している。

胃の粘膜下層での動静脈吻合に関しては、Barclayら⁸⁾やWalder⁵⁰⁾ほか多数の報告がみられ、さらに高尾¹⁴⁾が本法と同様の方法による胃の血管鑄型の観察で明らかにしているが、本実験のラット、家兎、およびヒトの食道壁血管鑄型の観察では動静脈吻合は明らかにしえなかった。

なお、本研究で用いたMercocox注入による鑄型法は、血管やリンパ管の形態を鑄型としてかなり忠実に再現させることができ¹⁴⁾¹⁵⁾、しかも、周囲の組織を溶解させるために、組織内での血管の位置、例えば血管が粘膜筋板を貫く部位などの判定が困難であったり、毛細血管と細動脈や細静脈との区別が困難ではあったが、微細血管構築の3次元的な観察には適した方法であった。

第2節 食道吻合創の微細血管構築

創傷の治癒に関しては、組織学的、組織化学的、あるいは微細循環の面より多くの研究がなされている。

一方、消化管の吻合創の治癒に関する研究は、1800年代になって、Travers⁵¹⁾、Lembert⁵²⁾、Halsted⁴⁰⁾などにより吻合術式に関する研究が報告されて以来、外科領域での最も脚光をあびた研究課題でもあり、かつ重要な課題であった。そして、これについては多くの研究があるが、武村⁵³⁾や緒方ら⁵⁴⁾はラット腸管の吻合創治癒過程をラジオオートグラフィーや電子顕微鏡を用いて観察し、この過程を細胞学的レベルで明らかにした。さらに、消化管吻合創治癒過程の研究として、吻合部の微細循環動態の研究が注目をあびている。この方法として、微小酸素電極による組織酸素分圧測定法⁵⁵⁾や、アイソトープを用いたクリアランス法⁴²⁾⁵⁶⁾などがあり、また微細血管構築を検討する方法として、前述したような色素やバリウムの血管内注入法があり、さらに里村ら⁵⁷⁾は血管とリンパ管とを同時に観察する方法を用いている。

しかし、これらの報告はいずれも胃-胃吻合、胃

-腸吻合、あるいは腸-腸吻合を行ったものであって、本実験のような食道吻合創を血管鑄型法で観察した研究は未だ報告されてない。そこで前述の研究者らの報告を参考にしながら今回の実験結果を考察すると、丸山⁵⁸⁾は消化管の創傷は、1期：力学的癒合期、2期：組織学的（生化学的）癒合期、3期：成熟期の3期を経て癒合すると述べ、1期は両断端が縫合糸による純粹に物理的な力で結合されている時期で、吻合直後から3～5日目を目指している。武村⁵³⁾や緒方ら⁵⁴⁾は術後3時間目には既に小腸粘膜の分裂増殖細胞領域すなわちGeneration zoneの拡大が認められ、上皮の再生も始まっているとし、術後2日目には創の一部に上皮の被覆がみられ、そして術後3日目には吻合部肉芽組織で毛細血管の内皮細胞に多数の³H-thymidineのとりこみがみられ、血管新生の著しいことがうかがわれると述べている。

本実験では、術後3日目の食道吻合部の血管鑄型はまったく欠如しており対側との血行のないことを示し、断端には出血巣が認められるが、既存の血管壁に新生血管の発芽する像が見られた。この像は松山¹⁶⁾がC₃Hマウス乳癌の微細血管構築で示した新生血管の発芽像とほぼ一致しており、また武村⁵³⁾や緒方ら⁵⁴⁾が示唆した時期と一致している。

三方ら⁵⁹⁾は血管新生を血管周皮細胞に注目して次のように述べている。血管の新生は内皮細胞の突出によって始まり、その部には血管基底膜は欠如している。突出した内皮のそばには、これと平行に未分化間葉細胞ないしそれに近い線維芽細胞が存在し、第3日から第5日頃になると、内皮細胞の胞体突起が線維芽細胞様の細胞に向って伸展し接触する。やがてこの線維芽細胞様細胞は胞体を伸ばし血管の周囲を取り巻くようになり、その外側には基底膜が発生する。第14日では、細胞突起は血管を完全に取り巻き、細胞周囲は基底膜で取り囲まれて完全な血管周皮細胞の形態をとる。

術後4～5日から1週間は、組織学的あるいは生化学的に癒合が行われる時期で、丸山⁵⁸⁾の言う2期である。Croninら⁶⁰⁾⁶¹⁾は術後3～5日までの炎症期には吻合部の既存の膠原線維は分解され減少するが、増加した線維芽細胞が2～4日目から新しいコラーゲンの産生を開始し、吻合端はしだいに強固に結びつけられ、7～10日目にはコラーゲン量も正常値に回復し、耐圧力も充分な強さになると述べている。また武村⁵³⁾や緒方ら⁵⁴⁾も術後4日～2週間目までの吻合創にみられる線維芽細胞は、粗面小胞体が豊富

でその内腔は著しく拡張し、コラーゲン蛋白の盛んな生成がうかがわれ、術後4日目頃より吻合創肉芽組織に膠原線維の形成が始まり、以後その数と径を増すと述べている。

この時期の微細血管構築は、北島⁵⁾や丸山ら⁶⁾はイヌの胃一腸吻合や腸一腸吻合で、5日目になると新生血管が現われてきて造影剤が対側に移行する像がみられ血管系の連絡が始まっており、7日目では繊細な新生血管が粘膜下層を中心にみられ、造影剤の移行も良行で粘膜も造影されると述べている。

さらに緒方ら⁴⁾はラット腸管吻合部の血管鋳型を走査電子顕微鏡で観察し、術後4日目頃より既存の血管壁から新生血管の発芽する像が半球状の突起として見られ、これが次第に進展し、5日目では、これらの新生血管はさらに枝別れしながら伸展しており、1週目になると、左右の吻合創より伸びてきた新生血管は中央で連絡し、10日目では、新生された絨毛に一致した毛細血管が認められ、吻合創には血管の欠損部は認められなくなると報告しているが、本実験の食道の吻合部でも基本的には同一の所見が得られた。

すなわち、本実験のラット食道吻合部の血管鋳型の観察では、術後5日目では粘膜下層や筋層の外膜に近い部位で、まだ血管鋳型の大きな欠如がみられるが、粘膜下層の粘膜上皮に近い所では既に対側との連絡があり、さらに内腔側に向って伸びた血管は粘膜固有層の網状構造を形成しつつあるようであった。また筋層の新生血管は不定方向に長く(80~200 μ)伸びていた。術後1週目では、その血管構築は正常例に比べ不完全ではあるが、対側との連絡はほぼ完成しており、上皮下の毛細血管も網状に近い構造を示していた。

消化管吻合創が癒合という目的を一応達成したのちに、より生理的に形態を整える時期が3期(成熟期)であり、したがって、その始まる時期は判然としないといわれる⁵⁸⁾。武村⁵³⁾や緒方ら⁵⁴⁾は術後10日目以後のラット腸管吻合創の組織化学的、電子顕微鏡的研究で次のように述べている。術後10日目ないし2週間目では、腺窩のGeneration zoneの拡大はもはや認められず、肉芽組織の収縮により吻合部両側の平滑筋層断端が近接する。また再生上皮の細胞は微絨毛を除いて、その形や細胞内小器管はほとんど成熟している。肉芽組織では線維芽細胞が長軸方向に延長し、隣接細胞と網状構造を形成して、この間に膠原線維が充満しているが、術後2~3ヶ月目では

なお膠原線維の形成と成長が推定される。

北島⁵⁾は犬を用いた胃一胃吻合あるいは胃一十二指腸吻合部の微細血管像の観察で、術後14日目では全層にわたり密な血管網で接合され、粘膜は完全に連続性を保っており、術後21日目では、縫合部の線維化傾向のためか血管網の密度は多少減じており、術後60日目では、癒痕血管の特徴ある繊細な直線的な像が認められ、血行はむしろ減少していると述べている。

本実験での食道吻合部血管鋳型の観察では、術後14日目では、不完全ではあるが、筋層、粘膜下層および粘膜固有層の血管群が識別できるようになっており、特に上皮下の毛細血管網はほぼ正常に近い形態を示した。しかし筋層の血管群は正常でみられるような一定方向への走行を呈していない。このことから、食道吻合創の血管新生および血管構築は、術後2週間頃より成熟期あるいは改築期に入るとは推測された。

消化管の吻合には一般に絹糸、Cut gut、合成Polyester縫合糸などの縫合糸が使用される。縫合材料の消化管吻合創への影響は、田口ら⁶²⁾によると絹糸と、Cut gutは組織反応が強く、合成Polyester縫合糸は組織形態学的にみた治癒条件は最もすぐれていたと述べ、さらに絹糸では1週間までは急性炎症を示し、次第に増強して絹糸周囲に膿瘍形成がみられ2週間でピークに達し3~4週間続くが、やがて急性炎症が慢性炎症にかわり結合組織の増生がみられ、長期経過したものは肉芽組織によってかこまれると述べている。

本実験でも縫合には絹糸を使用した。縫合糸周囲の血管構築は、術後1週目までは単に血管鋳型の欠如があるのみであったが、術後2週間になると、縫合糸の周囲は毛細血管網で取り囲まれて、円筒状の空洞として観察され、これは縫合糸周囲を取り囲んだ肉芽組織の毛細血管網と考えられた。このことから縫合糸周囲の肉芽組織は、術後2週間には形成されると推察された。

消化管吻合創は種々の因子により癒合が障害され、縫合不全を起して予後のきわめて悪い合併症を惹起するが、石上⁶³⁾はその全身的要因としては、新生児・高齢者、慢性疾患(糖尿病、腎不全、肝障害、動脈硬化症など)、低栄養状態、ショック・低酸素血症、血液凝固障害、副腎皮質ホルモンの長期使用、制癌剤の投与などがあり、局所的要因としては、縫合技術や縫合材料の不良、縫合部の血行不良、縫合部の

緊張や内圧亢進、感染、癌浸潤、放射線照射などがあると述べている。このうちで創癒合に障害をおよぼす重要な因子の一つである低栄養状態については、緒方ら⁴⁾が組織化学的電子顕微鏡的、さらに本法でも採用した血管鑄型法によって詳細な報告を行っている。

食道は消化管のなかでも最も縫合不全の発生しやすい臓器の一つであり、その原因として、前述した一般的因子の他に、吻合部とくに食道再建用胃腸管の血行障害、漿膜を欠き移動性に乏しく血流量が少いという食道組織の特異性、呼吸運動や心拍動など局所の安静が保てない、手術操作部位が深いなど技術的な困難性などが挙げられる⁶³⁾。これら諸因子のうちで食道の血流量に関しては、Delaney ら⁵⁶⁾によると、胃0.51、十二指腸0.70、小腸0.72、結腸0.82 (ml/min/g) に対し食道は0.21 (ml/min/g) であると報告している。しかし消化管の創癒合に大きな役割を果たしているといわれる粘膜下層⁴⁰⁾⁴¹⁾の血管量は、既に本章の第1節の2)で述べたように、食道では胃のそれに比べて極めて豊富であった。また本実験での血管構築からみた食道吻合創の治癒経過は、他研究者らの胃あるいは腸管吻合の成績に比べ、必ずしも劣ってはいなかった。

以上の結果から食道の吻合手術では、石上⁶³⁾の示した縫合不全の原因となる諸因子に留意しながら行えば、本研究で明らかとなったように特に粘膜下層の血管群は他の消化管（胃や小腸、大腸）に比べ極めて豊富であり、この点より考えると、食道組織の特異性、特に食道全体の血流量が貧弱であることは必ずしも重大な治癒障害とはならないと考えられた。

結 語

ラット、家兎、ヒトで Mercocox 樹脂を用いて食道壁の血管鑄型を作製し、走査電子顕微鏡で観察して食道壁の微細血管構築を観察した。またラットの食道を半切断し再吻合してその吻合創の治癒過程を血管構築の面より検討して、次の結果を得た。

まず食道壁の血管は、外膜および筋層、粘膜下層、および粘膜固有層においてそれぞれ下記のごとき特徴ある構築を示した。

1) 外膜および筋層の血管構築：外膜の部の毛細血管網は粗で、ところどころで食道外側表層の太い

血管が通過している。筋層には厚い密な毛細血管網が見られ、その走行は筋線維の走行に一致し、家兎やヒトでは、明らかに2層からなる筋層血管網が見られた。さらにヒトでは、2筋層間で plexus に類似した豊富な動静脈群の存在が明らかとなった。

2) 粘膜下層の血管構築：筋層に分布しながら粘膜下層に達した動脈は、同じように他部で粘膜下層に達した動脈と共にこの層を縦走し、また上皮下毛細血管網からの数本の小静脈が吻合して太い静脈となり、同様の他の多くの静脈と共に互に連絡しながら粘膜下層を縦走し、一部は数本が合流して筋層を貫き、食道外に出る。これら粘膜下層の豊富な血管群は submucous plexus を形成している。

3) 粘膜固有層の血管構築：粘膜下層を縦走する動脈は内腔に向って粘膜筋板を貫いて上昇し、粘膜固有層の粘膜上皮直下で不正多角形の網目状の上皮下毛細血管網を形成する。この毛細血管網は、ラットや家兎では平坦で薄いが、ヒトでは密で粘膜固有乳頭に一致すると考えられる毛細血管網の突出が認められた。毛細血管は数本が合流して粘膜筋板を貫き粘膜下層に至る。

次に食道吻合創の血管鑄型の観察では下記の結果を得た。

4) 術後3日目：吻合部では血管鑄型は欠如しているが、すでに既存の血管壁より新生血管の発芽する像が認められた。

5) 術後5日目：新生血管は長く伸び(80~200 μ)、一部では対側との連絡がみられる。

6) 術後1週目：新生血管の対側との連絡はほぼ完成しているが、各層の血管構築は正常例に比べると不完全である。

7) 術後2週目：各層の血管構築は正常例に近くになっており、癒合はほぼ完成している。

謝 辞

稿を終るにのぞみ、御指導、御校閲を賜った折田薫三教授に感謝を捧げるとともに、本研究を直接御指導下さった高知医科大学第1外科緒方卓郎教授に深謝致します。また本研究に御協力いただいた北研究室の諸先生および諸嬢に感謝致します。

本論文の要旨の一部は第12回日本消化器外科学会総会にて発表した。

文 献

1. McAlister, W.H., Margulis, A.R., Heinbecker, P. and Spjut, H.: Arteriography and microangiography of gastric and colonic lesions. *Radiology* **79**, 769-782, 1962.
2. Virchow, R.: Historisches, Kritisches und Positives zur Lehre der Unterleibsaffektionen. *Arch. Pathol. Anat.* **5**, 281-375, 1853.
3. 男全正三ほか: 病因としての血流障害. 総合臨床, **27**, 439-446, 1978.
4. 緒方卓郎ほか: 低栄養状態における腸管吻合治癒過程の組織学的電子顕微鏡的研究. 日消外会誌, **9**, 27-31, 1976.
5. 北島政樹: 胃腸管吻合創の治癒経過に関する実験的研究. 日外会誌, **75**, 538-553, 1974.
6. 丸山圭一ほか: 血管構築からみた吻合法の検討. 臨外, **30**, 943-951, 1975.
7. 酒井 正: 消化管系統に於ける微細血管分布の研究総括. 広島医学, **12**, 370-375, 1959.
8. Barclay, A.E. and Bentley, F.H.: The vascularisation of the human stomach. A preliminary note on the shunting effect of trauma. *Gastroenterology* **12**, 177-183, 1949.
9. 丸山圭一ほか: 食道, 胃, 小腸, 大腸の微細血管構築, 現代の臨床, **9**, 92-98, 1975.
10. More, R.H. and Duff, G.L.: The renal arterial vasculature in man. *Am. J. Anat.* **27**, 95-117, 1951.
11. 長田淳一郎: 解剖学的研究領域における合成樹脂の応用. 総合医学, **7**, 330-331, 1950.
12. Murakami, T.: Application of the scanning electron microscope to the study of the fine distribution of the blood vessels. *Arch. Histol. Jpn.* **32**, 445-454, 1971.
13. Fujibayashi, T. and Matsusaka, T.: Findings of the vascular system coated with a new material for SEM use. *J. Electron Microsc.* **23**, 228-229, 1972.
14. 高尾正彦: 血管鑄型法による正常および胃潰瘍の血管構築の走査電子顕微鏡的研究. 岡山医学会雑誌, **90**, 915-948, 1978.
15. 黒河達雄: リンパ管鑄型法によるウサギ腸間膜リンパ節鑄型の走査電子顕微鏡的研究. 岡山医学会雑誌, **90**, 731-764, 1978.
16. 松山正春: 実験動物腫瘍の微細血管構築とその形態計測に関する研究. 岡山医学会雑誌, **90**, 697-716, 1978.
17. 松尾 裕: 食道の解剖と生理. 新内科学大系14巻, 消化管疾患 I: 中山書店, 東京, 1976.
18. Ingelfinger, F.J.: Esophageal motility. *Physiol. Reviews* **38**, 533-584, 1958.
19. Cohen, S. and Harris, L.D.: The lower esophageal sphincter. *Gastroenterology* **63**, 1066-1073, 1972.
20. Anderson, T.F.: Techniques for preservation of 3-dimensional structure in preparing specimens for electron microscope. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **13**, 130-134, 1951.
21. Shapiro, A.L. and Robillard, G.L.: The esophageal arteries. *Ann. Surg.* **131**, 171-185, 1950.
22. Preble, R.B.: Conclusions based on sixty cases of fatal gastrointestinal hemorrhage due to cirrhosis of liver. *Am. J. Med. Sci.* **119**, 263-280, 1900.
23. Butler, H.: The veins of the oesophagus. *Thorax* **6**, 276-296, 1951.
24. McIndoe, A.H.: Vascular lesions of portal cirrhosis. *Arch. Pathol. Lab. Med.* **5**, 23-42, 1928.
25. Kegaries, D.L.: The venous plexus of the esophagus. *Surg. Gynec. Obstet.* **58**, 46-51, 1934.
26. 小川義雄: 消化管系統における微細血管分布の研究, 食道粘膜における所見. 日本生理学雑誌, **11**, 57-59, 1949.
27. 奥水尾泰馬: 鯉の食道の微細血管分布に就いて. 広島医学, **5**, 593-594, 1952.
28. 平賀 顕: 鯉の食道の微細血管分布に就て. 広島医学, **7**, 352-353, 1954.
29. 酒井 正: 食道粘膜の微細血管分布に就いて. 広島医学, **12**, 352-354, 1959.
30. 仙薮軍一ほか: 食道のマイクロアンギオグラフィーによる研究. 第10回日本消化器外科学会総会抄録集, **128**, 1977.

31. Bloom, W. and Fawcett, D.W.: *A Textbook of Histology*, 10th Edition, W.B. Saunders Co., Philadelphia, London Tronto, 1975.
32. 藤田尚男, 藤田恒夫: 食道. 標準組織学各論, 医学書院, 東京, 1978.
33. Sousa, L.A.: Microangiographic aspects of the ureter. *J. Urol.* **95**, 179-183, 1966.
34. Sousa, L.A., Almeida, J.M.M. and Rodrigues, H.: Microangiographic aspects of the normal and diseased gallbladder. *Angiology* **23**, 174-181, 1972.
35. Cullen, T.S. and Brödel, M.: Lesions of the rectus abdominis muscle simulating an acute intra-abdominal condition. I. Anatomy of the rectus muscle. *Bull. Johns Hopkins Hosp.* **61**, 295-315, 1937.
36. Plyley, M.J., Sutherland, G.J. and Groom, A.C.: Geometry of the capillary network in skeletal muscle. *Microvas. Res.* **11**, 161-173, 1976.
37. 川村泰之: 食道のリンパ管の微細分布. 東京医科大学雑誌, **33**, 103-113, 1975.
38. 近藤正樹: 剖検を中心とした食道癌の統計的並びに病理組織学的研究. 東医大誌, **35**, 1033-1057, 1977.
39. 高藤 登: 門脈圧亢進症における食道静脈瘤の組織学的研究. 福岡医誌, **48**, 1951-1964, 1957.
40. Halsted, W.S.: Circular suture of the intestine - An experimental study. *Am. J. Med. Sci.* **94**, 436, 1887.
41. Healey, J.E., McBride, C.M. and Gallagher, H.S.: Is serosa-to-serosa approximation necessary in intestinal anastomosis? *Surg. Forum* **15**, 297, 1964.
42. Delaney, J.P. and Grim, E.: Canine gastric blood flow and its distribution. *Am. J. Physiol.* **207**, 1195-1202, 1964.
43. Lundgren, O.: Studies on blood flow distribution and countercurrent exchange in the small intestine. *Acta physiol. Scand. supp.* **1**, 1, 1967.
44. Sperry, D.G. and Wassersug, R.J.: A proposed function for microridges on epithelial cells. *Anat. Rec.* **185**, 253-258, 1976.
45. Bockus, H.L.: The esophagus and stomach. *Gastroenterology*, W.B. Saunders Co., Philadelphia & London. Vol. I, 1963.
46. 井口 潔ほか: 本邦における肝硬変性食道静脈瘤出血患者の実体と対策. 福岡医誌, **59**, 1-34, 1968.
47. Morris, W.R.: A note on the occurrence of an arteriovenous anastomosis in the human esophagus. *N.Z. Med. J.* **54**, 690, 1955.
48. Conti, G. and Passarelli, L.: Contributo alla conoscenza dell'esofago umano. *Arch. Chir. Torace.* **8**, 269, 1951.
49. Peters, R.M. and Womack, N.A.: Surgery of vascular distortions in cirrhosis of the liver. *Ann. Surg.* **154**, 432-445, 1961.
50. Walder, D.: Arteriovenous anastomosis of the human stomach. *Clin. Sci.* **11**, 59-71, 1952.
51. Travers, B.: An enquiry into the process of nature in repairing injuries of the intestines. Illustrating the treatment of penetrating wounds and strangulated hernia. Longman, London, pp. 132-134, 1812.
52. Lembert, A.: Memoire sur l'entérorraphie avec la description d'un procédé nouveau pour pratiquer cette operation chirurgicale. *Report Gen. D'Anat. Physiol. Pathol.* **2**, 100, 1826.
53. 武村志延: 腸管吻合創治癒過程の組織化学的, 電子顕微鏡的研究. 岡山医学会誌, **84**, 511-534, 1972.
54. 緒方卓郎ほか: 消化管損傷治癒過程の組織化学的電子顕微鏡的研究. 日本消化器外科学会雑誌, **6**, 6-8, 1973.
55. 天野 洋ほか: 微小酸素電極による消化管組織酸素分圧測定に関する研究. 最新医学, **33**, 1918-1920, 1978.
56. Delaney, J.P. and Custer, J.: Gastrointestinal blood flow in the dogs. *Circ. Res.* **17**, 394-402, 1965.
57. 里村紀作ほか: 腸管吻合. 外科治療, **33**, 496-502, 1975.
58. 丸山圭一: 消化管吻合法の工夫. 現代外科学大系, 年間追補1976-C, 中山書店, 東京, 1976.

59. 三方淳男ほか：肉芽組織と血管周皮。最新医学，33，1900—1904，1978.
60. Cronin, K., Jakson, D.S. and Dunphy, J.E.: Changing bursting strength and collagen content of the healing colon. *Surg. Gynec. Obstet.* 126, 747—753, 1968.
61. Cronin, K., Jackson, D.S. and Dunphy, J.E.: Specific activity of hydroxyproline-tritium in the healing colon. *Surg. Gynec. Odset.* 126, 1061—1065, 1968.
62. 田口義文ほか：消化管治癒に対する縫合材料の影響。基礎と臨床，10，2887—2892，1976.
63. 石上浩一：消化管縫合不全。現代外科科学大系，年間追補1976—C，中山書店，東京，1976.

附 図 説 明

〔図中記号：A，a；動脈，小動脈。V，v；静脈，小静脈。E；上皮下（粘膜固有層）毛細血管網。SP；粘膜下層血管群あるいは submucous plexus。M，CM，LM；筋層，輪状筋層，縦走筋層血管群。TA；外膜血管網。〕

図1—図13. ラット食道壁血管鑄型の走査電顕像および光顕像。

- 図1. 食道壁を外側より観察した全体像。×35
- 図2. 横断面像。食道壁の血管は外膜，筋層，粘膜下層および粘膜固有層の血管群より構成される。矢印は筋層より粘膜下層に向かう血管。×130
- 図3. 食道外側表層を走行し，さらに筋層を貫く動脈および静脈。×85
- 図4. 外膜の毛細血管網と，その間を走行する動静脈。×130
- 図5. 外膜の毛細血管網を除去し，筋層の毛細血管網とこれに分布する動脈を剖出した像。×280
- 図6. 筋層の血管網を除去し，粘膜下層へ向かう動脈と同層から出てくる静脈を剖出した像。×105
- 図7. 筋層血管網の大半を除去し，豊富な血管群からなる submucous plexus を剖出した像。矢印は筋層の内腔側で同層の血管を集め，粘膜下層から筋層を貫いて外側に出る静脈に連絡する血管。×65
- 図8. 粘膜下層血管群の強拡大像。動脈より分岐した枝は粘膜固有層で上皮下毛細血管網を形成し，続いて太い静脈に流入する。×260
- 図9. submucous plexus と上皮下毛細血管網を断面より観察した像。×130
- 図10. 上皮下毛細血管網の強拡大像。毛細血管網は粗く，直下に submucous plexus が透見され

る。×280

図11. 粘膜下層にも Mercox を充填させた血管鑄型を，内腔側より観察した像。粘膜筋板を貫いて粘膜固有層に達した小動脈は分岐して毛細血管網を形成し，小静脈に合流して粘膜下層に向かう。×135

図12. 前図の標本を組織を溶解させないで thick section とし，光顕で観察した像。×150

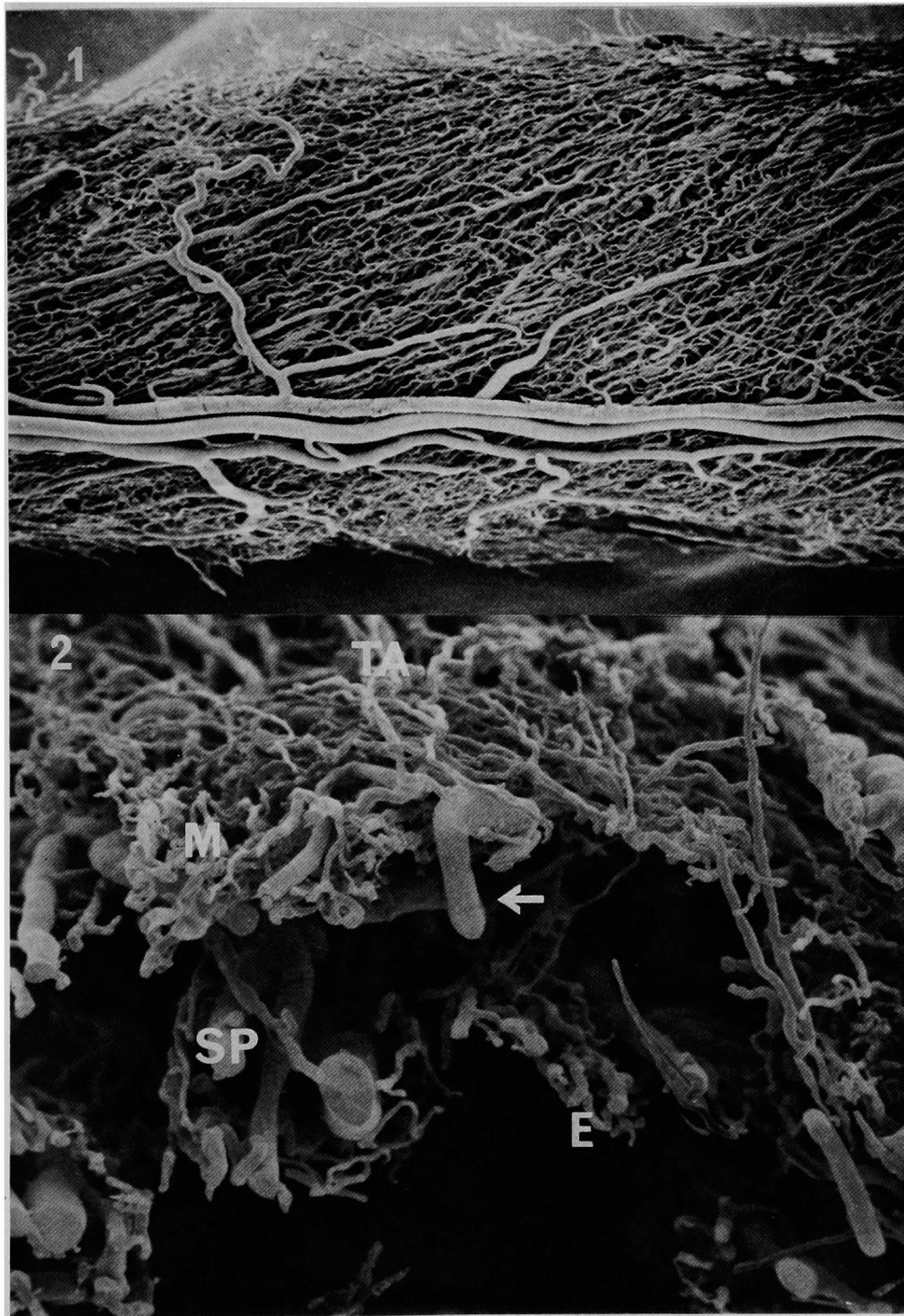
図13. 食道下部の上皮下毛細血管網（図左側）と胃腺下毛細血管網（図右側）。×65

図14—図18. 家兎食道壁血管鑄型の走査電顕像。

- 図14. 食道壁血管鑄型の横断面。外側よりそれぞれ外膜，筋層，粘膜下層，粘膜固有層の血管群より構成されている。×65
- 図15. 前図の縦断面。外側および内側の筋層血管群はそれぞれ交叉するように走行する。×130
- 図16. 食道外側より筋層を貫いて粘膜下層に向かう血管。×80
- 図17. 筋層を除去して前図の血管を剖出した像。×80
- 図18. 上皮下毛細血管網を内腔側より観察した像。×260
- 図19—図32. ヒト食道壁血管鑄型の走査電顕像。
- 図19. 横断面像。血管構成は基本的にはラットや家兎と同様であるが，各層の構築はやや複雑化している。×35
- 図20. 縦断面像。×35
- 図21. 筋層血管網の断面像。縦走輪状筋層間を走行し分岐する豊富な血管群と，筋層を貫き粘膜下層に向かう動脈が観察される。×40
- 図22. 縦走筋層の血管鑄型を除去し，二筋層間を走行する血管を剖出した像。粘膜下層より輪状筋層を貫いて出てきた静脈（V₁）と，二筋層間を走行する静脈（V₂）とが観察される。×65

- 図23. 上皮下毛細血管網を除去してよく発達した submucous plexus を剖出し、内腔側より観察した像。矢印は筋層を貫いて粘膜下層に達し、四方に分岐する動脈。×40
- 図24. 筋層血管網を除去して submucous plexus を剖出し、外側より観察した像。左上方に上皮下毛細血管網が観察される。×65
- 図25. submucous plexus と上皮下毛細血管網を側面から観察した像。粘膜下層より上昇してきた動脈は分岐して粘膜固有層で密な上皮下毛細血管網を形成する。×65
- 図26. 上皮下毛細血管網を内腔側より観察した像。毛細血管は密な網目構造を呈し、一部は内腔に向かって突出している。×130
- 図27. 前図の強拡大像。×360
- 図28. ヒダ状構造を呈する上皮下毛細血管網。×80
- 図29. 円筒状構造を示す上皮下毛細血管網。×100
- 図30. 上皮下毛細血管網の一部を除去し直下の細い血管群を剖出した像。小動脈は分岐して毛細血管網を形成し、一部は内腔に向かって突出して毛細血管網の突起の芯となっている。×120
- 図31. 粘膜固有層で動脈が分岐して毛細血管網となり、続いて静脈に流入する様子を側面より観察した像。×90
- 図32. 前図の強拡大像。×230
- 図33—図44. ラット食道吻合部の血管鑄型走査電顕像および組織断面走査電顕像。
- 図33. 術後3日目の吻合部組織断面像。筋層(M)および粘膜上皮(Ep)は既に連続しているように観察される。×65
- 図34. 術後3日目の吻合部血管鑄型像。血管鑄型は接合面で断裂し、矢印で示すような Mercor の漏出(出血巣に相当する。)がみられる。×100
- 図35. 前図の強拡大像。既存の血管壁より新生血管の発芽する像が観察される。×390
- 図36. 術後5日目の吻合部縦面像。図の中央が接合面で、粘膜上皮に近い部位や筋層の一部では既に対側との連絡が認められるが、まだ血管鑄型の大きな欠如がみられる。×40
- 図37. 前図の粘膜上皮に近い部位の強拡大像。対側の血管群との連絡がみられ最表層の血管は網状構造を形成しつつあるように観察される。×130
- 図38. 図36の筋層に相当する部位の強拡大像。多数の新生血管が不定方向に長く伸びている。×260
- 図39. 術後1週目の吻合部縦断面像。図の中央が吻合部であるが、全層の血管群は対側との連絡をほぼ完成している。×100
- 図40. 前図の内腔側を観察した像。上皮下の毛細血管は不完全ながら網目状を呈している。×100
- 図41. 術後2週目の吻合部縦断面像。中央部が吻合部で両側に縫合糸の通過孔が観察される。×40
- 図42. 前図の強拡大像。各層の血管構築は不完全ではあるが正常のそれに近い像を示すようになっている。しかし筋層血管群の走行はまだ一定でない。×65
- 図43. 同標本を内腔側より観察した像。上皮下毛細血管網は、ほぼ正常に近い構築を呈している。×130
- 図44. 同時期の縫合糸の通過していた部位を内腔側より観察した像。毛細血管で囲まれた円筒状の空洞として観察され、周囲の毛細血管網は空洞内の直線的な毛細血管網に連続しており、これは縫合糸周囲に形成された肉芽組織の毛細血管網と考えられる。×65

木下 詔一 論文 附 図



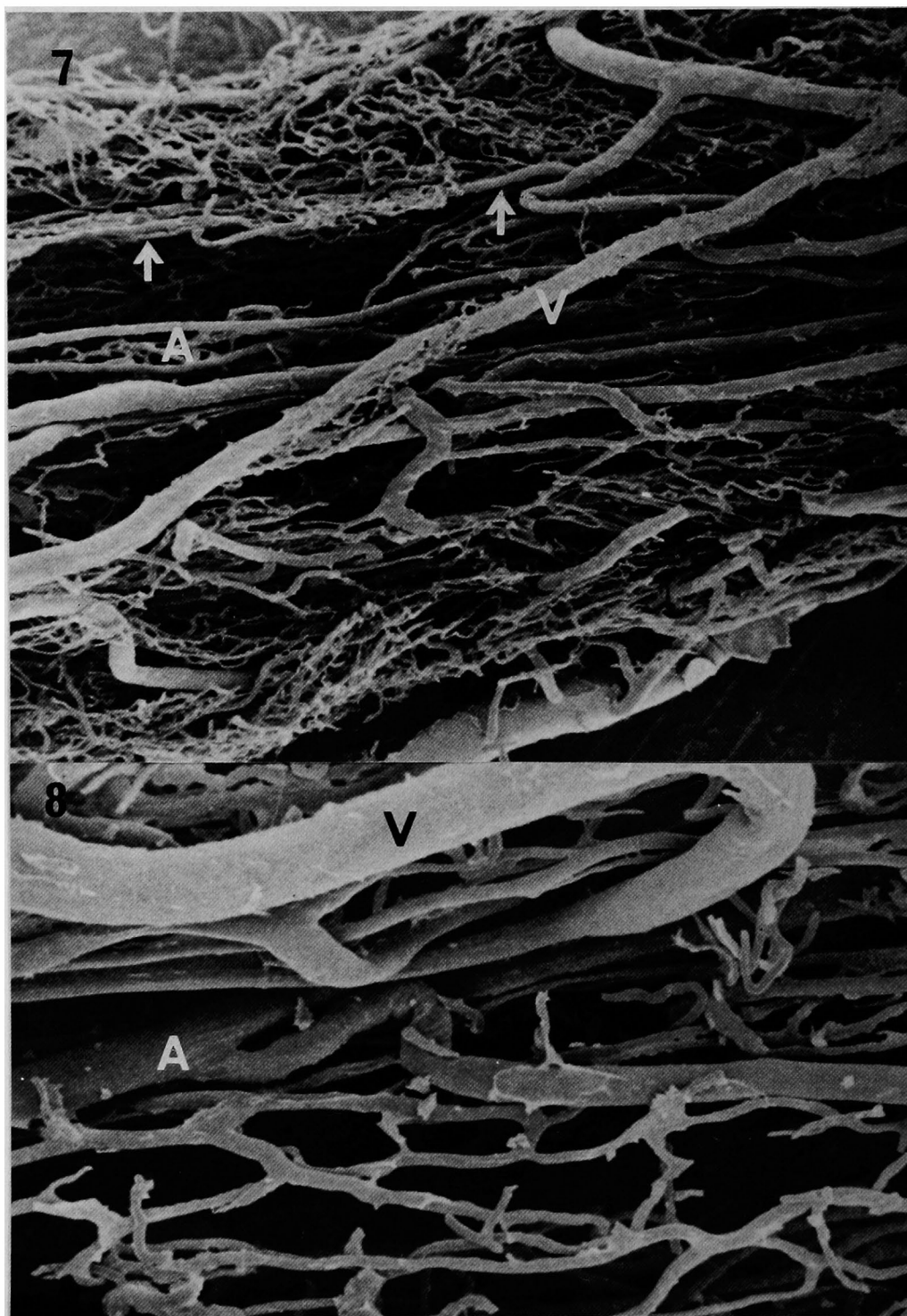
木下詔一論文附図



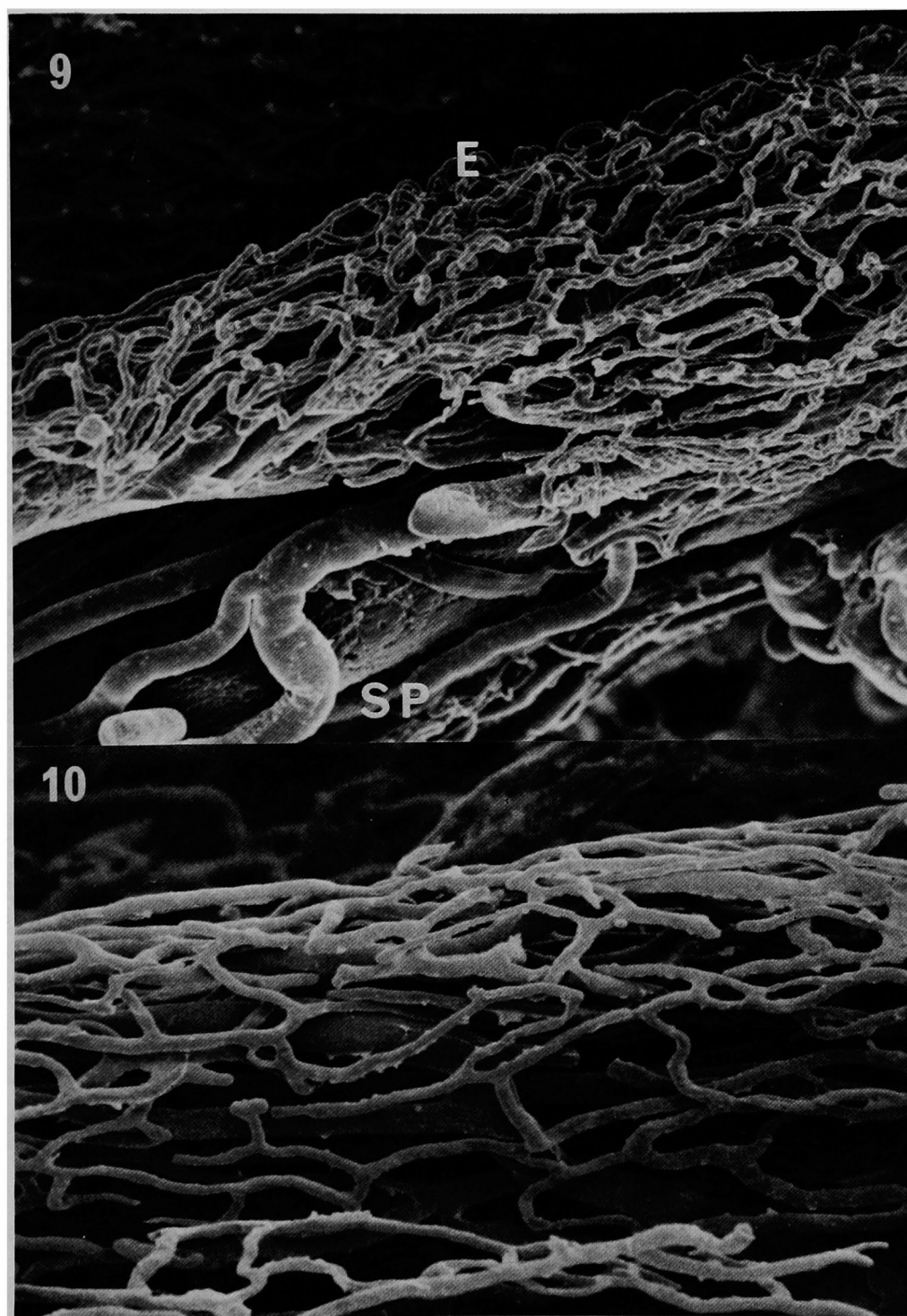
木下 詔一 論文 附図



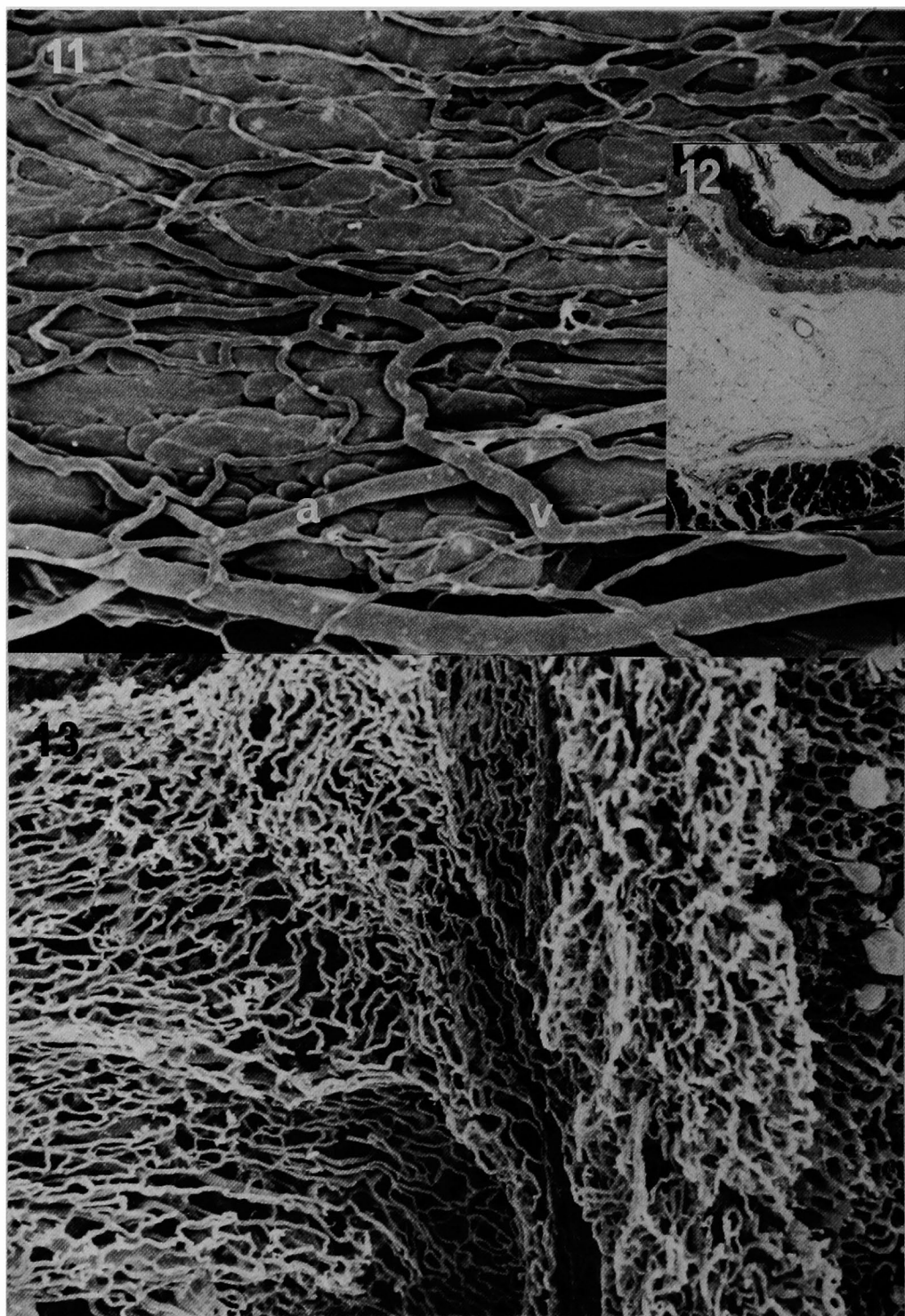
木下詔一論文附図



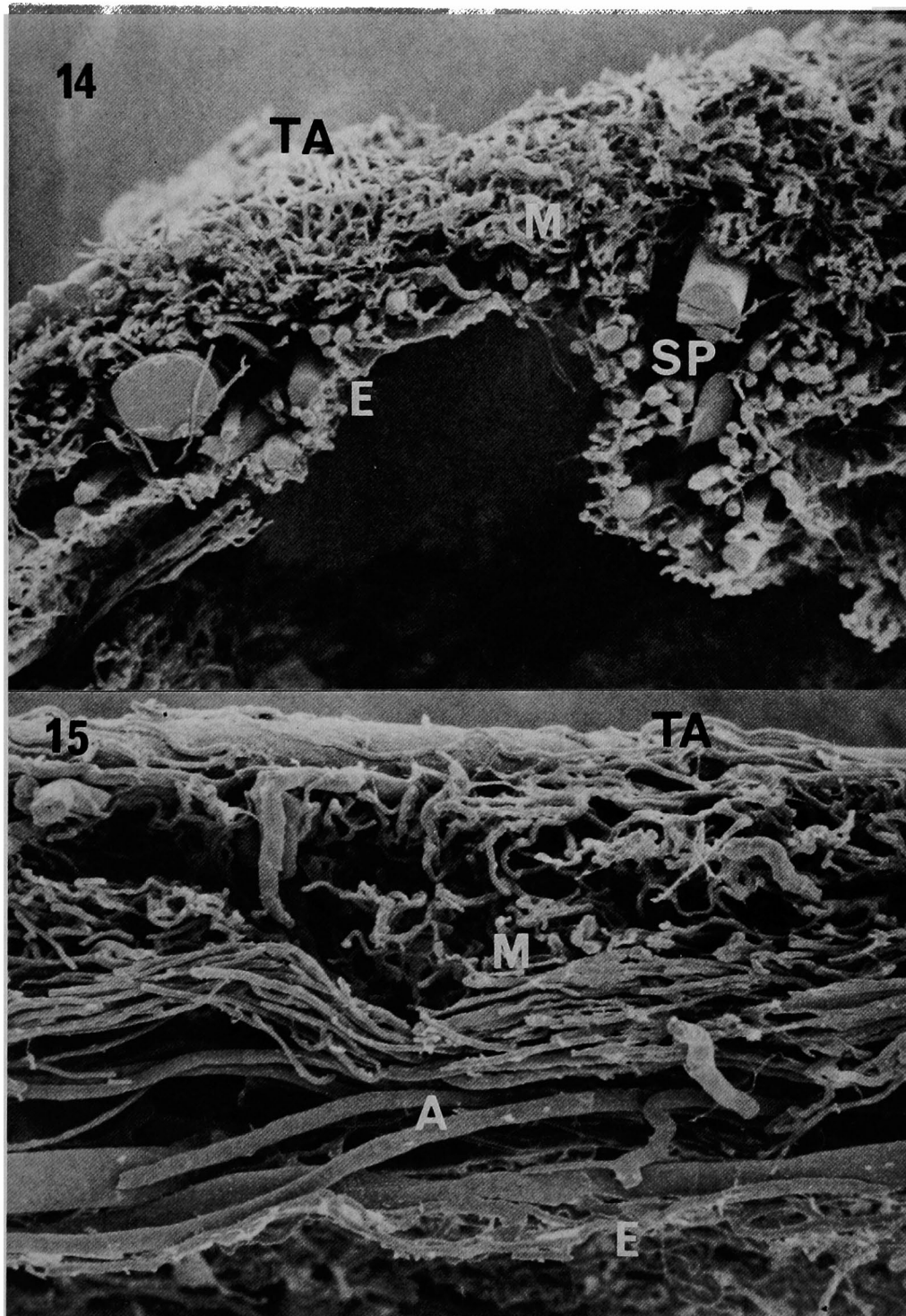
木下 詔一 論文 附 図



木下詔一論文附図



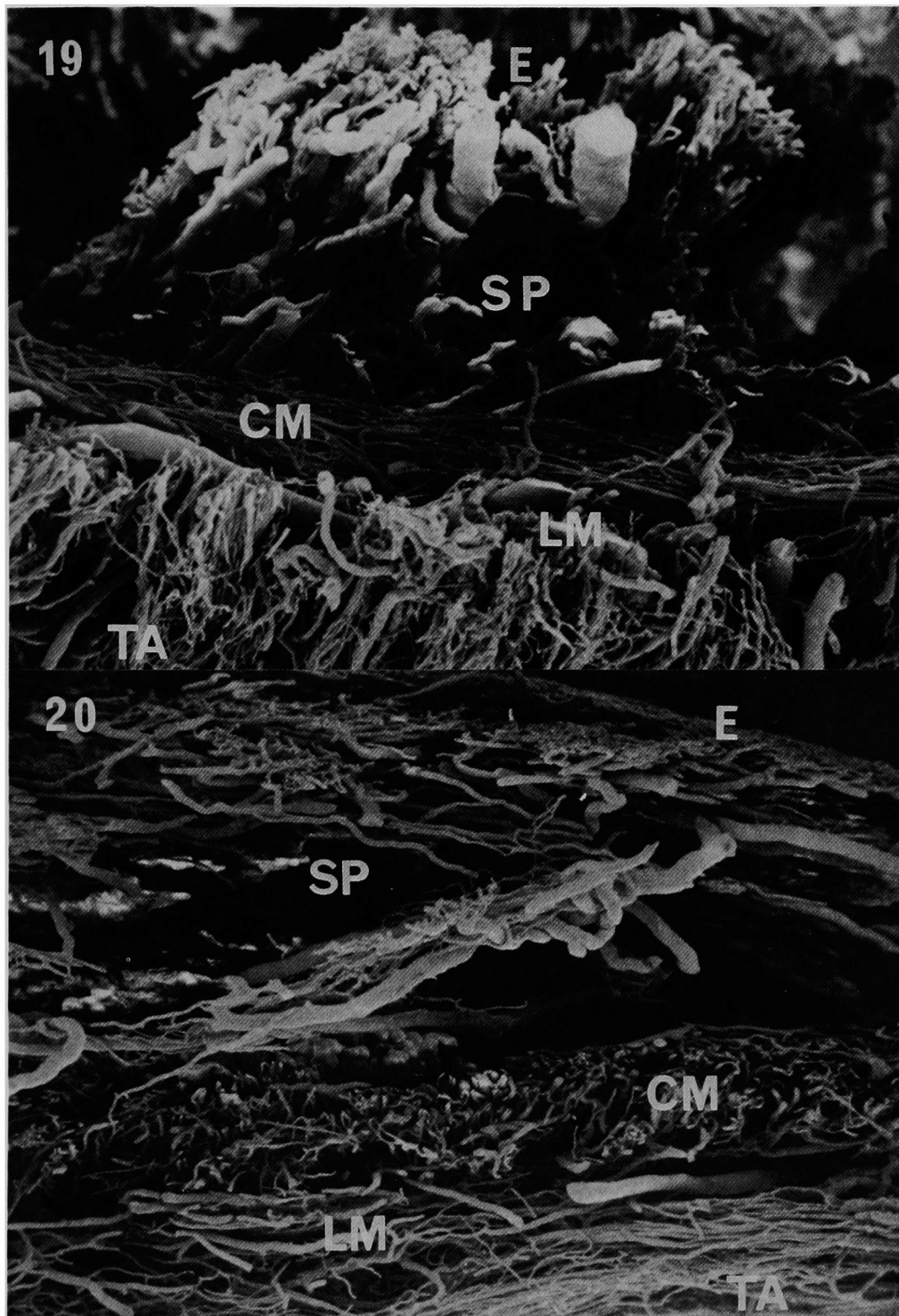
木下 詔一 論文 附 図



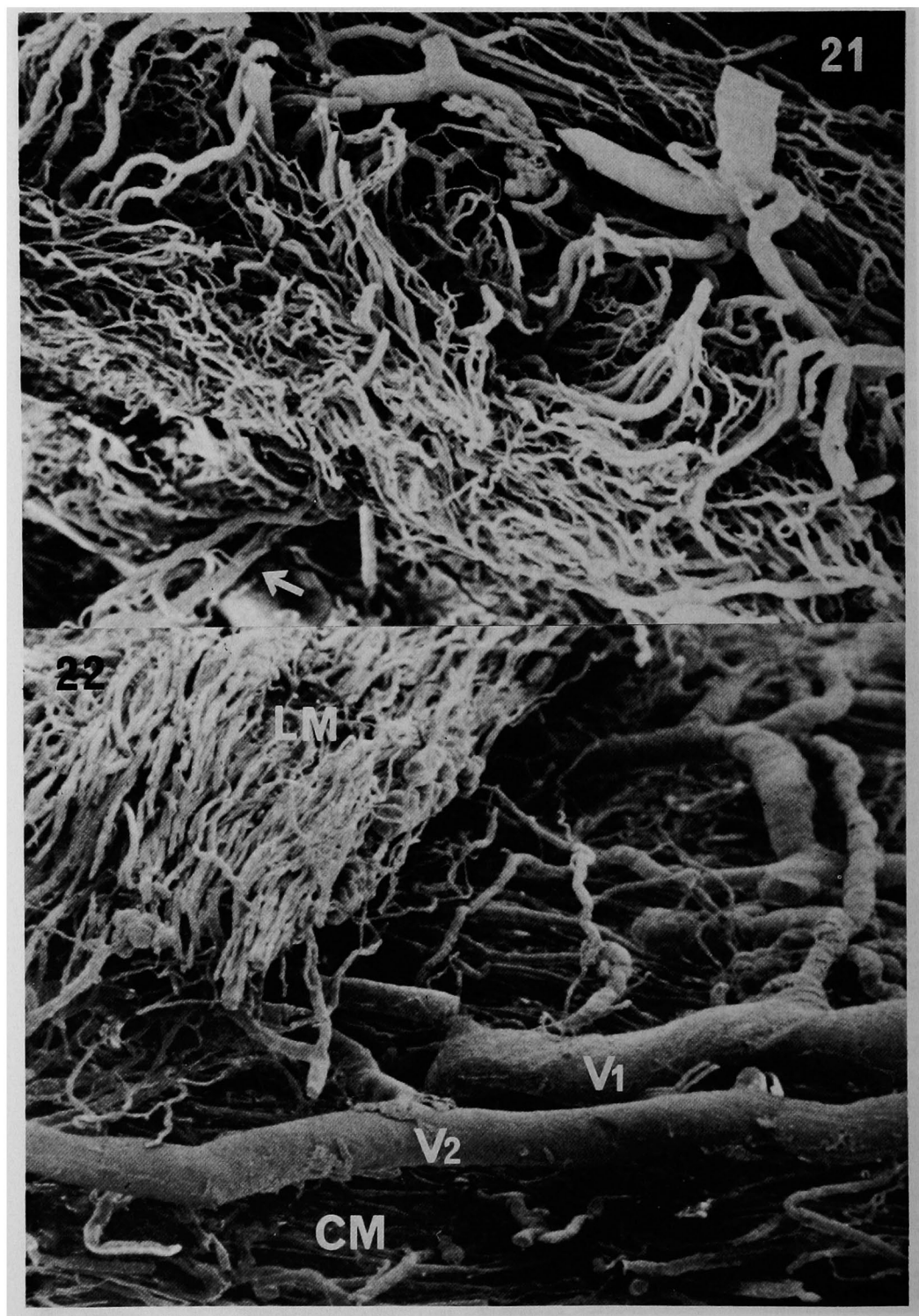
木下詔一論文附図



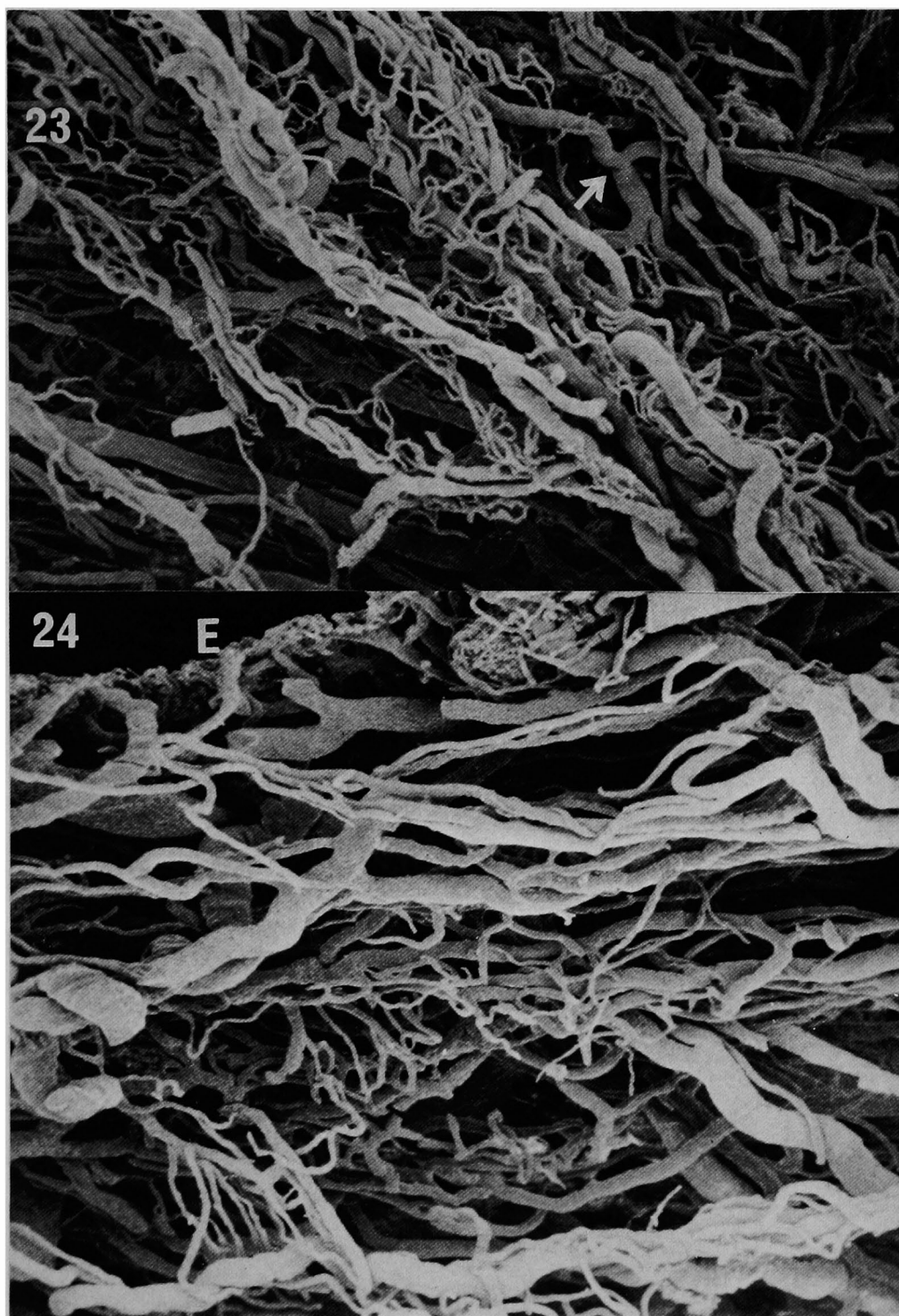
木下 詔一 論文 附 図



木下詔一論文附図



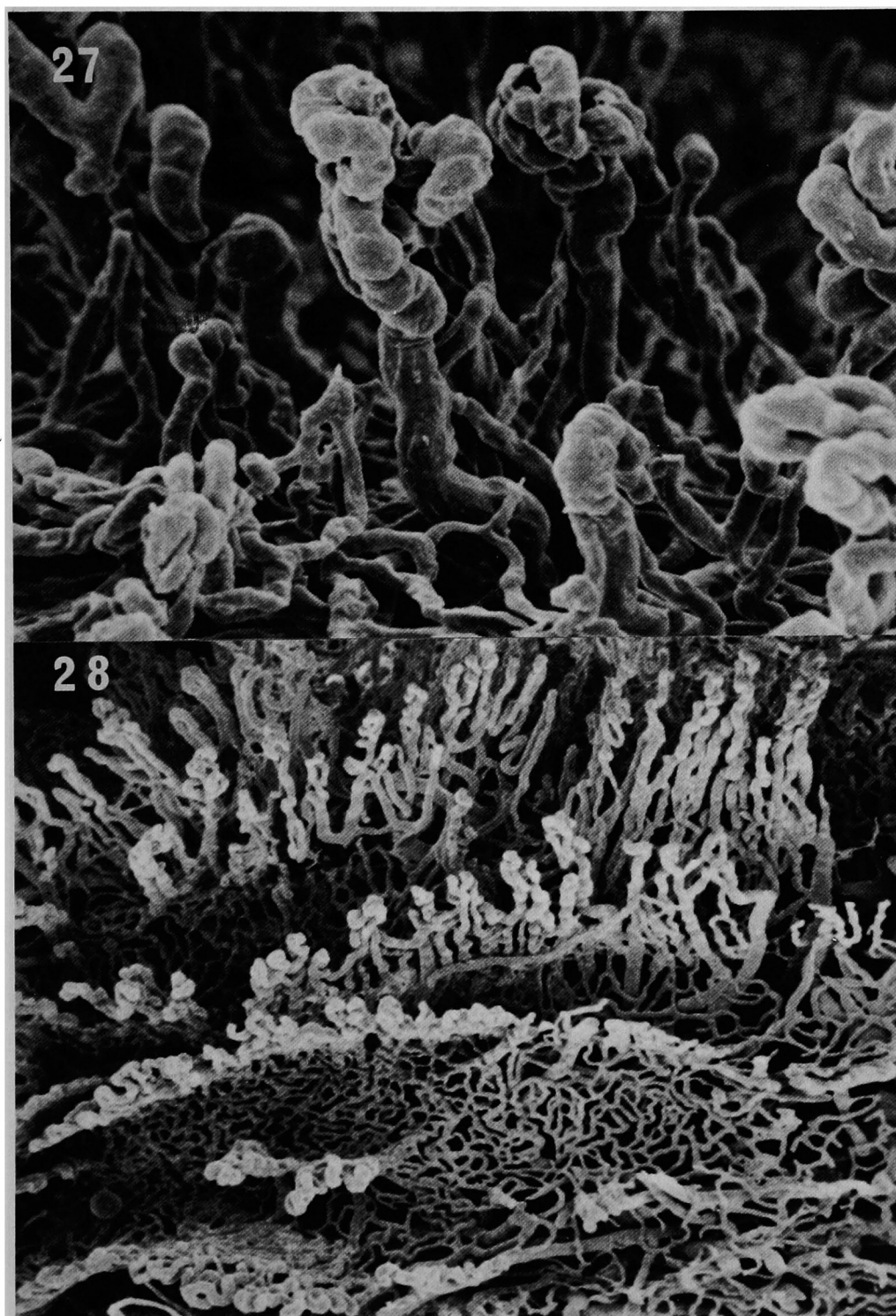
木下 詔一 論文 附 図



木下詔一論文附図



木下 詔一論文附図



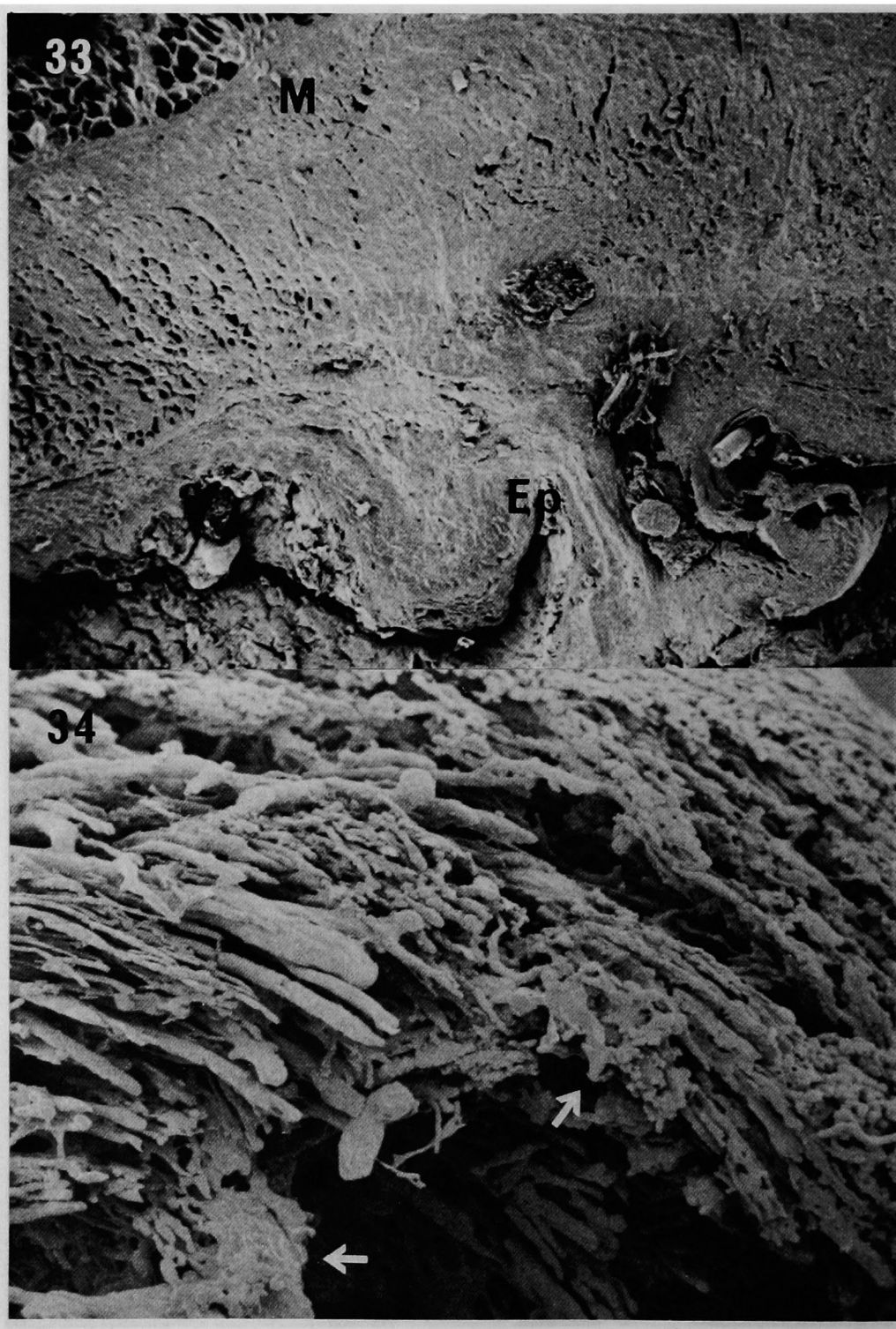
木下詔一論文附図



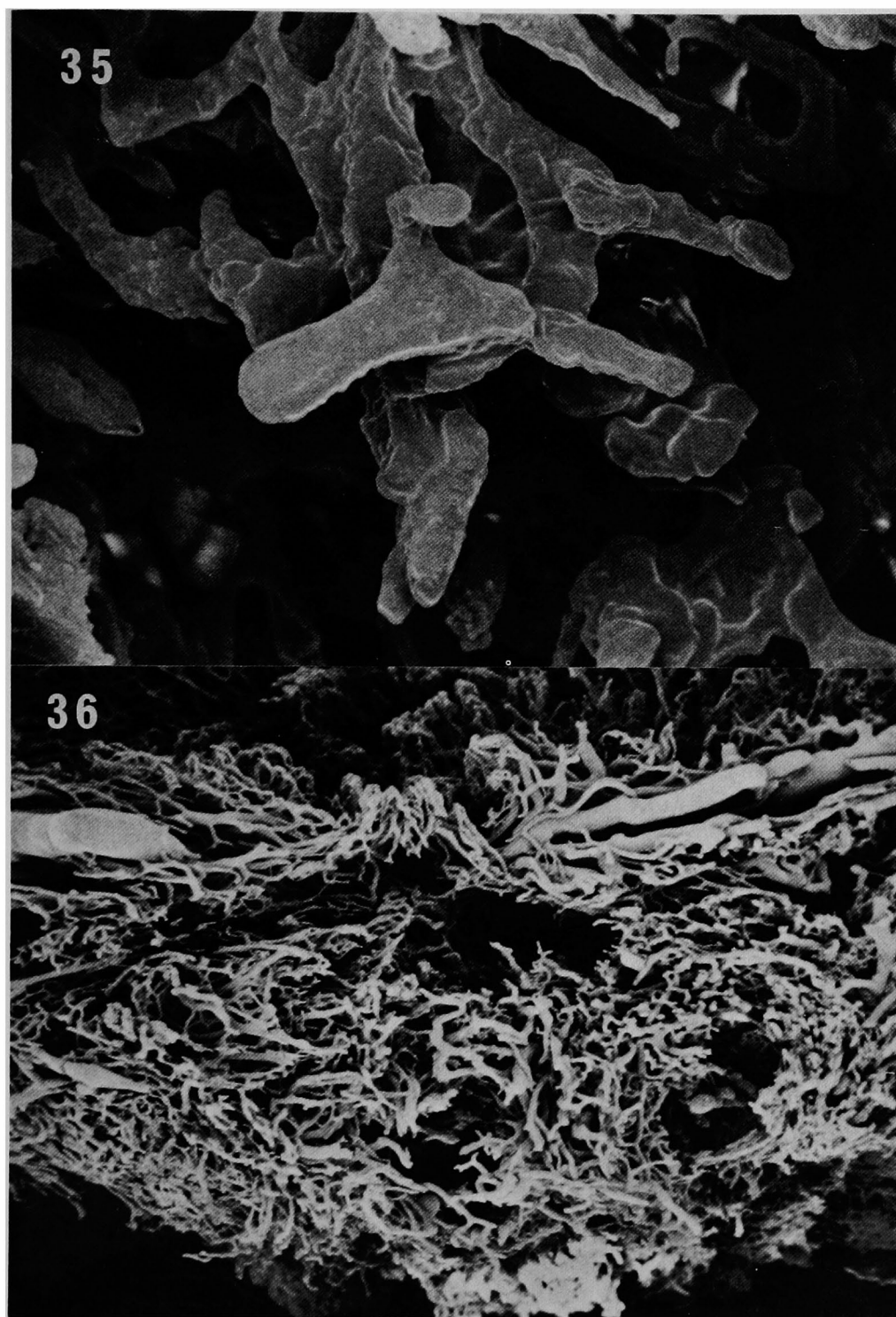
木下 詔一 論文 附 図



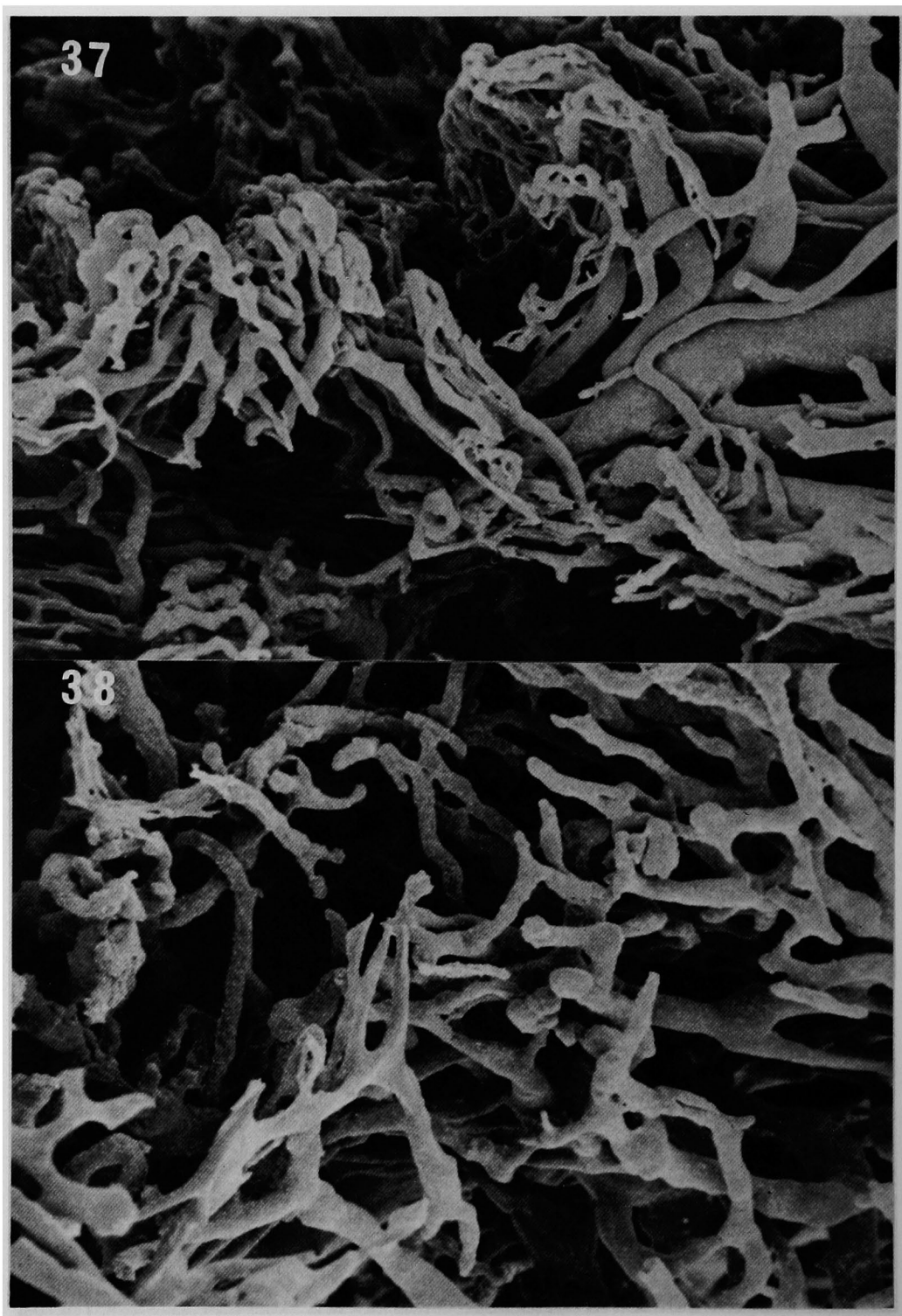
木下詔一論文附図



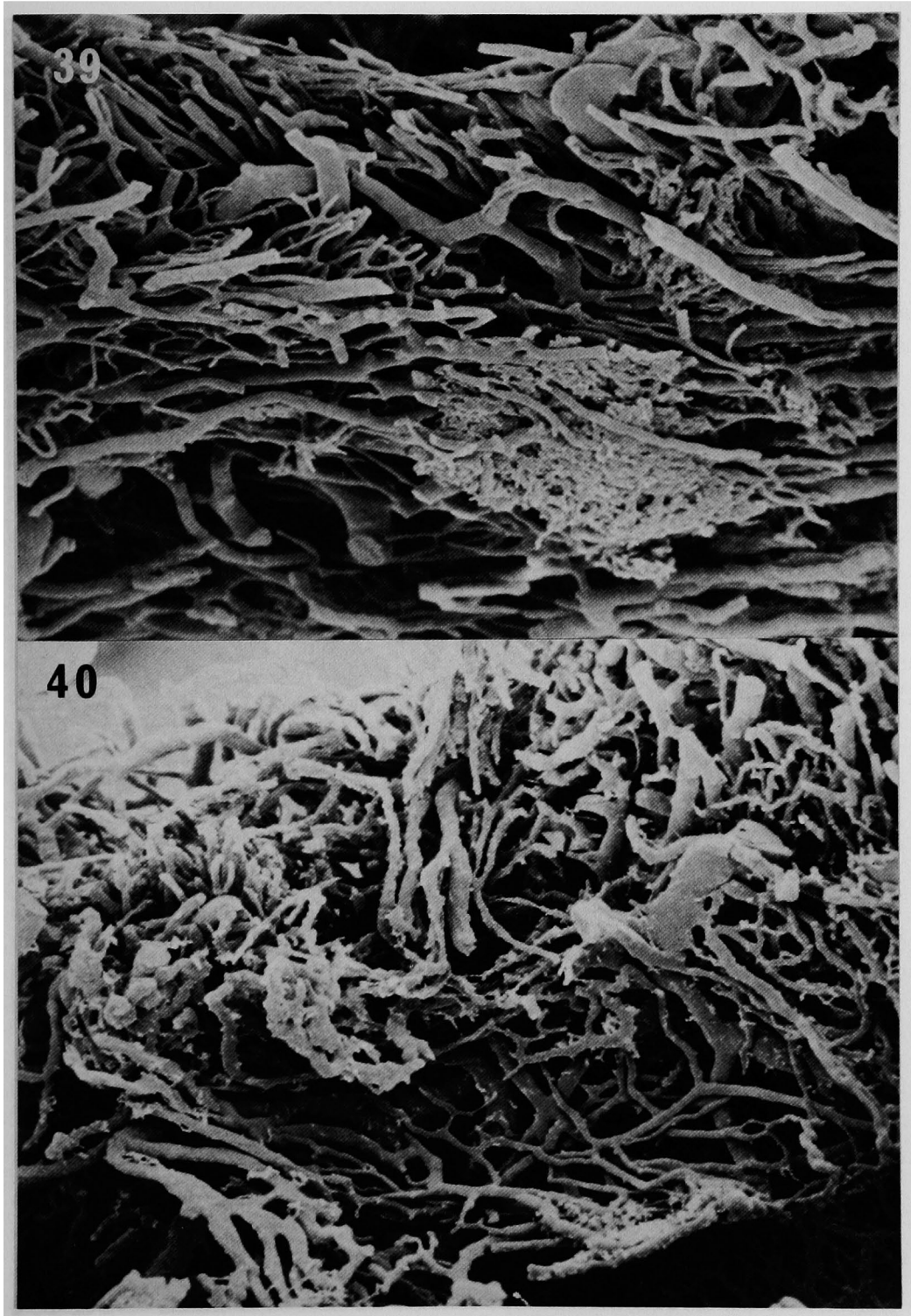
木下 詔一 論文 附図



木下詔一論文附図



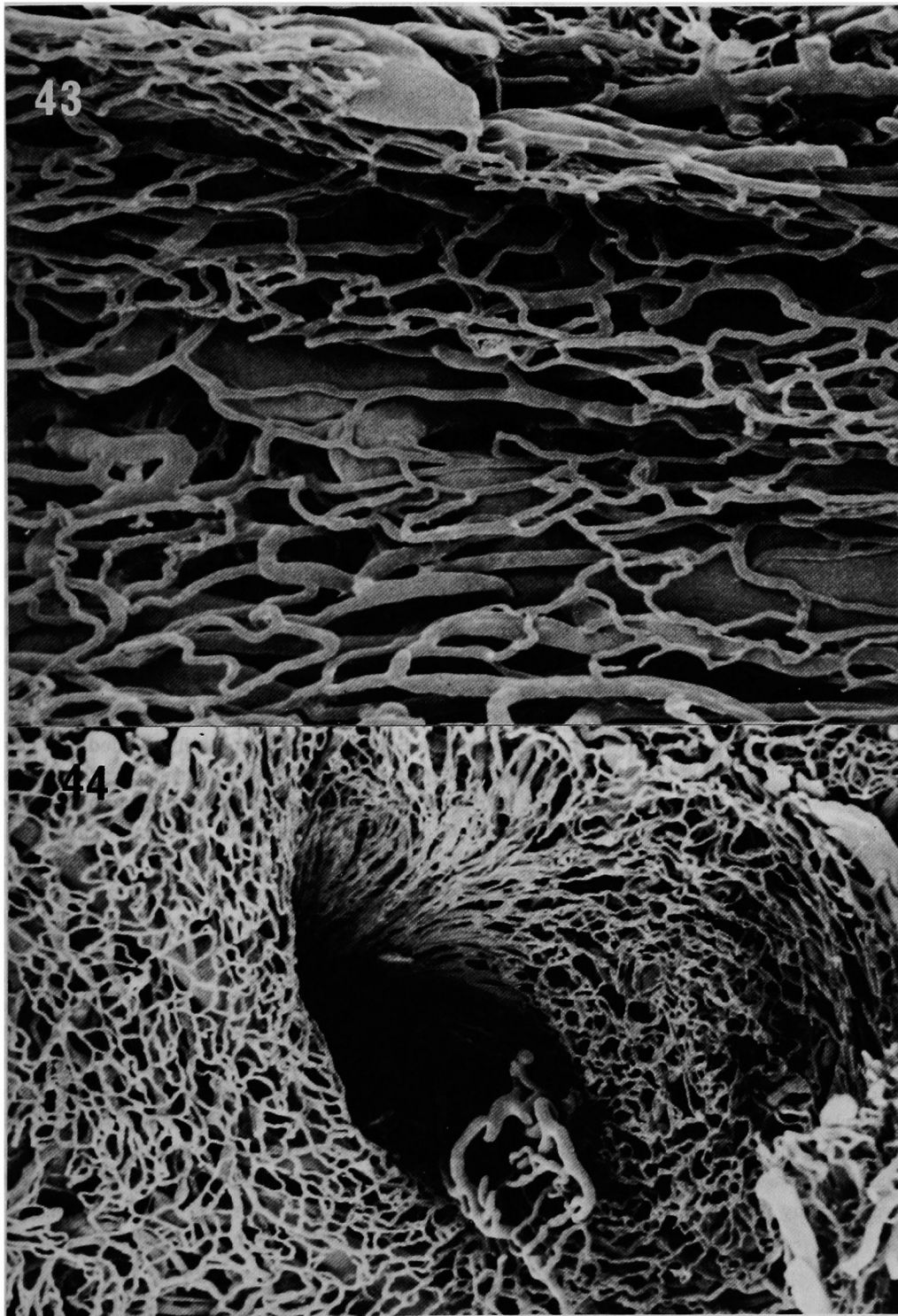
木下 詔一 論文 附 図



木下詔一論文附図



木下 詔一 論文 附 図



**A scanning electron microscopic study of the microcirculation
of the esophagus**

A vascular cast observation

Shoichi KINOSHITA

Department of Surgery, Okayama University Medical School,

Okayama, Japan

(Director : Prof. K. Orita)

The fine distribution of blood vessels of the esophagus of rat, rabbit, and man was studied by the corrosion cast method. The vascular casts were made by injecting Mercor into the artery of the esophagus and removing the tissue with 20% KOH. These were observed under a scanning electron microscope. In addition, the healing process of an anastomosing part in the lower portion of the esophagus of rat was observed by the same method. In each layer of the esophagus particular microvascular patterns were observed as follows: 1) At the tunica adventitia thin capillaries formed a coarse meshwork, and large vessels ran through this capillary mesh in places.

Capillary nets of muscle layers were thick and dense. These were composed of two layers which corresponded to the longitudinal and circular muscle layers. 2) Arteries of the submucosa ran longitudinally, and after branching or anastomosing, formed fine networks in the submucous layer. Numerous veins which pierced the muscularis mucosa from the lamina propria increased in diameter and also ran longitudinally in the submucous layer. They were connected by numerous cross anastomoses and some perforated the muscle coats of the esophagus to reach the outer surface.

These vessels in the submucous layer constituted the submucous plexus. 3) At the lamina propria small arteries coming from the submucosa branched out and finally divided into capillaries. These capillaries formed a coarse and slightly elongated polygonal meshwork. In man the capillary mesh of the lamina propria projected into the lumen of the esophagus and showed a similar appearance to the vascular pattern of the villi of the small intestine. Small veins receiving their blood supply from the capillary mesh and connecting with numerous cross anastomoses ran longitudinally in the lamina propria and finally joined into the veins of the submucosa. 4) Microvascular patterns at each stage of the healing of an anastomosis of the esophagus were observed as follows. i) 3rd day postoperation: Vascular casts were lacking at the site of anastomosis. By observation with high magnification the buds of regenerating vessels were found at the wall of large vessels of the anastomosing site. ii) 5th day postoperation: The regenerating vessels had elongated, and anastomosis with vessels of the opposite side had begun. iii) 7th day postoperation: Revascularisation at the anastomosing part was almost completed. The microvascular pattern of each layer still remained irregular and showed incompleteness of the regeneration of blood vessels. iv) 14th day postoperation: As the constitution of blood vessels of each layer of the anastomosing part showed almost normal appearance it was assumed that the healing of an anastomosis of the esophagus had been mostly completed by this stage.