

ラット副腎の血管微細構築に関する 走査電子顕微鏡的研究

岡山大学医学部第一外科学教室 (指導: 折田薫三教授)

西 山 正 夫

(昭和54年8月2日受稿)

key words: 副腎の血管微細構築

緒 言

哺乳類の副腎は、中胚葉に由来する皮質と外胚葉に由来する髄質より成る混成臓器で、従ってその血管構築も複雑である。

一般に副腎は、下横隔膜動脈の枝である上副腎動脈、大動脈の直接枝である中副腎動脈、腎動脈の枝である下副腎動脈の三枝の支配を受けていることは古くより観察されていたが、臓器内の微細血管構築についての近代的解析はFlint (1900年発表, 実験動物イヌ)¹⁾に端を発している。

その後、Gerard (1913, ヒト)²⁾, Benett & Kilham (1940, ネコ)³⁾, Gersh & Grollman (1941, ラット, マウス)⁴⁾, Anson, Cauldwell, Pick & Beaton (1947, ヒト)⁵⁾, Harrison (1951, ウサギ, ラット, ネコ)⁶⁾, Lever (1952, ラット)⁷⁾, Merklin & Michelo (1958, ヒト)⁸⁾, Harrison & Hoey (1960, アカゲザル)⁹⁾, Merklin (1962, ヒト)¹⁰⁾¹¹⁾, 等の論文が見られ、概略解明されてはいるが、なお細部には不明の点も多い。

副腎の微細血管構築および血行に関する研究の困難な点は、副腎自身の臓器特徴に由来するものと、方法論的困難が考えられる。すなわち前者は、Coup-land¹²⁾も述べているように、次の三つの臓器特性に由来する。

- 1) 副腎は多くの動脈枝より血行を受けるため、実験動物ではその支配動脈へ直接カニキュレーションすることは不可能に近いこと。
- 2) 大きな部分を占める皮質部にとりかこまれて髄質部が存在する混成臓器であること。
- 3) ホルモンと神経の二重のコントロールを受ける混成臓器であるため、不安定であること。

これらの臓器特性による困難さに加えて、後者の方法論的困難さがあつたと考えられる。つまり、従

来諸臓器の血管微細構築を観察する方法として、連続切片法、血管染色法、血管内色素注入法、マイクロアンギオグラフィーといった手段がとられてきた。しかしこれらいずれの方法を用いても、血管微細構築の連続的、立体的観察は不可能であつた。

この欠点を補うものとして、血管鑄型法が考案され、ビニール樹脂、合成ゴム、アクリル樹脂等を用いて、緒臓器の血管鑄型が作製された (Narat¹³⁾, Pukett & Neumann¹⁴⁾, More & Duff¹⁵⁾, 長田¹⁶⁾, 新田¹⁷⁾)。

さらに近時、石油樹脂化学および走査電子顕微鏡 (SEM) の発達により、忠実で高硬度の試料が作製されるようになり、より鮮明で微細な観察が可能となつてきた (Murakami¹⁸⁾)。

今回著者は、ラット副腎に Mercox 樹脂を注入し血管鑄型を作製し、血管微細構築を、一部鑄型の微細解剖を行いつつ SEM にて観察した。

さらに、SEM を用いると組織の割断端の表面がそのまま観察しうる (Steinberg¹⁹⁾, Miller & Revel²⁰⁾, Motta & Porter²¹⁾, Haggis²²⁾, Gerninario & McAlear²³⁾, Brooks & Haggis²⁴⁾, Tanaka²⁵⁾, Tokunaga²⁶⁾) という特長を生かして、凍結割断²⁶⁾した副腎の毛細血管内皮も合わせて観察し、いささかの知見を得たので報告する。

なお、ラットにおける副腎血行のうち、臓器外動脈系については、Harrison⁶⁾ および Lever⁷⁾ により詳細に述べられている (図1) ため、著者は主に臓器自身の血管構築を取り上げ観察した。

実験材料および実験方法

250~300 gr のウィスター系雄ラットを用いた。

鑄型作製に用いた樹脂は、大日本インキ製の Mercocox で、粘度 20~30 cps (23°C) の液状の主剤と、ペースト状の硬化剤より成っている。この主剤と硬

硬化剤は混合後約15分以内に室温で硬化を完了し、硬化による線収縮率は0.9%、体積収縮率は6.4%である。

ラットをエーテル麻酔下に開腹し、腹部大動脈にカニューレションし、ヘパリン加リンゲル液で灌流し血液成分を十分洗い流した。この際血流排出部分は腹部大静脈の一部を切開して行い、灌流圧は120 mmHgを越えないようにした。灌流後、硬化剤を混じた Mercox を、1分間約10mlの速さで用手的に注入し、注入終了直前に大静脈の切開部分を鉗子で止め、樹脂が末端部まで行き届くようにした。

樹脂の十分な硬化を待って、副腎を周辺の脂肪組織ごと摘出し、20% KOH 溶液中に浸し、組織を完全に浸蝕溶解せしめ、さらに水洗した後、25%セラチン液に浸し、セラチンの固化を待って、新鮮な刃を用いて試料を、観察したい断面にて切断した。

こうして作製した試料をさらに水洗、乾燥後、試料台に固定し、EIKO IB 3 ION COATERにて金蒸着を行い、日本電子製のP 15走査電子顕微鏡(SEM)にて観察した。

また一部試料で、血管走行の重なり合って不明な部分は、実体顕微鏡下に血管の微細解剖を行いつつ観察した。

さらに副腎血管内皮を観察する目的で、腹部大動脈よりリンゲル液灌流後、2%グルタルアルデヒド、2.5%パラアルデヒド、PH 7.4 カコジール酸緩衝液にて灌流固定を行い、ついで副腎を摘出し、これを上記固定液中に数日間浸し、Tokunagaらの方法²⁶⁾に準じて、40% dimethyl sulfoxide に浸した後、液化窒素中にて凍結割断した。

さらにこの試料を、上昇アルコール系にて脱水し、酢酸イソアミルにて置換、日立 HCP-1 型臨界点乾燥機にて臨界点乾燥を行った後、試料台に固定し、前記ION COATERにて金蒸着を行い、電界放射型走査電子顕微鏡(Hitachi, HFS-2)で観察した。

また、SEM所見と比較検討する目的で、無処理の副腎および灌流後 Mercox 注入を行った副腎を、前記固定液中にて固定し、PH7.4の0.2M カコジール酸にて数回洗浄後、同じ緩衝液の2%オスミウム酸で1時間固定し、アルコール脱水の後、EPON 812 に包埋した。

これをthick section としたものはトルイジンブルーで染色し、光学顕微鏡にて観察し、thin section としたものは酢酸ウランと鉛で重染色し、日立HU-11型電子顕微鏡(TEM)にて観察した。

観察結果

1) 副腎流入流出血管および鑄型全体の概略的観察

鑄型標本の全体像を弱拡大で観察すると、支配動脈より起り副腎へ向かってきた動脈は、副腎に達する直前で多数の動脈枝に分枝し(図2)、副腎表面を走行しつつ径を細め、15~30 μ の最終枝となり、さらに径約10 μ の毛細血管へ移行し、副腎表面全体を被う一見唐草模様を思わせる毛細血管網, network を型成する(図3)。

さらに、このnetworkは表面だけではなく、内部へ向かっても分枝を出し、髓質へ向かって高密度に、長格子状構造をとりながら、ほぼ垂直に走行する。いわゆる副腎皮質と呼ばれる部を走行するこれらの毛細血管も、互いに頻回に分枝・吻合を繰り返す。これらの血管は後述する洞様毛細血管に一致する(図4)。

髓質へ至ったこれらの毛細血管は互いに集合しつつ径を増し髓質静脈となり、さらに髓質静脈は集合しつつ一本の中心静脈となり、これが一本の副腎静脈として臓器外へ流出する(図5)。この副腎静脈は、左副腎では左腎静脈へ、右副腎では下大静脈の後面へ流入している。

一方、腎質には前述の洞様毛細血管の集合した静脈系とは別に、さらに径の細い毛細血管系が観察され、この毛細血管系は皮質部に比べると著しく粗な分布を示している(図6)。これは後述する髓質動脈による毛細血管系である。

以上ラット副腎の血管構築の概要を述べたが、以下各々の部につきさらに詳細に報告することとする。

2) 表面の毛細血管網について

副腎の鑄型表面全体は径約10 μ の毛細血管の密なnetworkにより被われている。このnetworkをさらによく観察すると、細動脈より分枝した径約10 μ の毛細血管がさらに複雑に枝分れして形成されたもので、これらの毛細血管は最終的には後述のごとく、副腎皮質を髓質へ向って垂直に下降してゆく。なお、これらの表面の分枝した毛細血管同志には多くの吻合がみられ、loop形成もしばしば観察される(図7)。

また、この鑄型をさらに強拡大で観察すると、血管内皮細胞の核が、鑄型上に圧痕として明瞭に観察される(図8)。

一方、図9はMercox注入標本の光学顕微鏡像であるが、ラットにおける表面の毛細血管層は被膜下

にあり、いわゆる subcapsular plexus であることが明らかである。

副腎表面は前述したように、細動脈およびその分枝である network で全体を被われるが、この network を押しつけるように径20~30 μ の比較的大い動脈が直接垂直方向へ浸入していく像が観察される部がある(図10)。これは後述する髄質動脈に一致する。

なお、この髄質動脈より分枝し逆行して表面の network に参加する1~3本の細動脈が存在し、これは表面から観察すると図10のrのごとく髄質動脈の貫通部より逆行する細動脈の像として観察される。

3) 皮質部の洞様毛細血管

鋳型を割断して、皮質部の断面を観察すると、表面の network より分れて下降する毛細血管は、髄質へ向って垂直に走行し、隣接する毛細血管同志で頻回に吻合を行う(図11)。

一般に副腎皮質は、球状帯、束状帯、網状帯の三部に分けられているが、血管鋳型においてはこの三部の境界は明らかではなく、組織学的研究結果に基づき、皮質部の外側ほぼ7~15%が球状帯部、中央70~80%が束状帯部、内側10~20%が網状帯部と推定される。

しかし鋳型標本においても、皮質全体が一様な血管分布形態をとるのではなく、二三の特徴が観察された。

表層の network から深さ30~50 μ の間に、洞様毛細血管の走行に蛇行、屈曲の多い層がみられた(図12, 図13)。この層は内側中央部(束状帯部)に比べ、吻合間隔が短かく、矩形に近い格子様構造を呈し、これを honey-comb pattern と表現している論文も見られる⁷⁾。この部は、前述の組織学的研究結果より、球状帯部の外側 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{2}{3}$ に当ると思われる。

一方この層より内側では、洞様毛細血管は髄質へ向って垂直に走行し、隣接する洞様毛細血管同志で頻回に吻合を行う。その吻合間隔は、球状帯内側ないし束状帯外側では40~60 μ 、束状帯中央部では50~70 μ 、束状帯内側ないし網状帯外側では50~100 μ で、軽度ではあるが次第に吻合間隔がのびる傾向が見られた(図11)。

網状帯内側から皮髄境界部へ至ると、洞様毛細血管は口径を増し、10~14 μ となり、血管密度も増大し、吻合間隔も一定なくなる。さらに、皮髄境界部では洞様毛細血管の大部分は互いに集合しつつ中心静脈の第一枝となるが、一部は髄質の毛細血管と吻合し、いわゆる medullary plexus と合流する(図

6, 図14)。

4) 髄質動脈(Arteriae medullae), 皮質動脈(Arteriae corticis), looped artery, recurrent artery について

表面で network を押しつけるように内側へ向う比較的大い動脈は、鋳型を割出すことによって副腎髄質へ分布する髄質動脈, Arteriae medullae であることが明らかとなった。図15は、この動脈の表面貫通像であるが、図16は同じ標本を割出したものである。両図よりこの動脈が直接髄質へ向い、髄質中に分布しているのが明らかである。

この髄質動脈は図17のごとく、副腎静脈の近傍で表面を貫通するものも見られ、表面貫通部分に関しては一定の傾向は見られなかった。

なお、この髄質動脈は表面の network を押しつけるようにして一たん皮質部へ入った後に、ほとんどの場合下記のごとき分枝を出していることが割出により明らかとなった(図18, 図19)。すなわち、この分枝は逆行して、髄質動脈の表面貫通部分より再び表面に現れ、subcapsular plexus に分布するもので、前述した図10のrに当り、現在までこの動脈に関する記載は全く見当らず、本論文ではこの細動脈を recurrent artery と名付けて報告することとした。また、この動脈分枝は比較的表面近くで起り、ほとんどの場合、球状帯部の深さで起っていた。

さらに髄質動脈は上記の分枝の外に、稀ではあるが図20のごとく、皮質部で分枝し、同時に双方が髄質へ向って走行し、髄質でそれぞれ分布する場合もあった。

ここで注意すべきは、髄質動脈と同様に表面の network を貫くが、髄質に行かず、途中でUターンする動脈の存在することである。この動脈は割出して観察すると、表面を貫通した後皮質の様々の深さの部でUターンし、皮質を逆行性にさかのぼり、再び表面に出て network に参加するもので、いわゆる looped artery^{3), 4), 7)} であることがわかる(図15, 図16, 図21, 図22)。

この動脈のUターンする深さは一定せず、また表面からだけの観察では髄質動脈と鑑別することは困難である。

一方、図23, 図24は表面を走行する比較的大い動脈より直接分枝し、表面の network には全く参加せずに皮質へ直行し、皮質の血管床に分枝するもので、いわゆる Flint¹⁾, Gersh & Grollman⁴⁾, Lever⁷⁾, らのいう Arteriae corticis である。

しかし、この *Arteriae corticis* はラットにおいては稀にしか認められなかった。

5) 髄質の毛細血管網および集合静脈

髄質動脈は髄質へ入ると、この動脈とは不釣合いな、リボン状の細い特有な毛細血管を分枝しつつ走行する(図25)。このリボン状の毛細血管は髄質静脈の間を縫うように、一見クモの巣のような分布を示し、皮質に比べ著しく粗な *plexus* を形成しているのが観察される(図6, 図14, 図25)。

これらのリボン状の髄質毛細血管は *plexus* を形成した後、集合しつつ径を増し髄質静脈へ流入する場合と、集合せず単独で髄質静脈へ流入する場合が観察されたが、いずれの場合も、流入する髄質毛細血管系と髄質静脈には著しい口径差が認められた。

前述したように、皮質部洞様毛細血管は互いに集合して髄質静脈となり、やがて一本の副腎静脈として流出するが、この副腎静脈の *subcapsular plexus* 貫通部では図26, 図27のごとく、*subcapsular plexus* の一部の血管がこの静脈に流入する像が観察された。さらに、副腎に接して、近接臓器よりの静脈が走行する場合があるが、この静脈に *subcapsular plexus* の血管の一部が流入している像も観察された(図28, 図29)。

一般にラットにおいて、このような *subcapsular plexus* と静脈の吻合は現在まで報告されていない。

6) 凍結切断標本による観察

凍結切断標本を弱拡大で観察すると、皮質部では径約10 μ の血管腔が、被膜から髄質へ垂直方向に走行し、さらにこれらの血管腔同志は、分枝・吻合を繰り返しているのが明らかである。一方髄質部では、皮質部に比べるとはるかに大きな血管腔が見られる(図30)。また径約30 μ の髄質動脈が皮質部を直走し、髄質に至っている像も見られる(図31)。これらの所見は鋳型標本の所見とよく一致するものである。

この凍結切断標本を拡大を上げて観察すると、豊富な血管腔の外側には、個々の皮質細胞がよく観察される。これらの皮質実質細胞は、ほぼ50 μ の径を持つ類円形で、その胞体の内部には多数の脂肪滴の跡と思われる円形の腔を有している。さらに、皮質細胞間には細胞間隙腔が、また皮質細胞と洞様毛細血管との間には毛細血管外腔が観察され、これら両腔隙の間には交通があることが観察される(図34)。また、毛細血管内面には多くの小孔が見られ、これは毛細血管内皮細胞の *fenestration* である。

同時に皮質細胞は各々、いずれかの面にて血管外腔を隔てて血管内皮細胞に接しているのが観察される(図34)。

さらに拡大を上げて観察すると、副腎皮質中の洞様毛細血管内皮細胞には、直径0.1~3 μ にわたる種々の大きさで、多数の類円形の *fenestration* が観察された。そしてこの *fenestration* を通して、毛細血管外腔および皮質細胞の微絨毛が血管外腔にのびてきているのが観察された(図35, 図36)。

図37は副腎皮質中の毛細血管内皮を逆に裏側、すなわち血管外腔側から観察したもので、内皮細胞には種々の大きさの *fenestration* が見られ、さらに実質細胞微絨毛が血管外腔を通じて内皮細胞へと伸びてきているのが観察される。

図38, 図39は副腎皮質の洞様毛細血管に見られる *fenestration* と、肝類洞に見られた *fenestration* を同倍率で比較観察したものである。図で明らかのように、両者の形態は非常によく一致している。ただ肝類洞に比べ、副腎では *fenestration* から透見される微絨毛が少なく、又肝に特徴的に見られる Kupffer 細胞が副腎に見られないのは当然である。

このようにして観察された副腎の *fenestration* には種々の型が見られ、篩状に微小孔の集合したもの、びまん性に小孔のあるもの、花弁状のもの、大きな *fenestration* の集合したもの、(図40~図43)といったように、様々の大きさと形の組み合わせが観察された。

しかし、洞様毛細血管が皮髄境界部へと移行し、毛細血管が集合するようになると、*fenestration* はめっきり少なくなり、髄質静脈内皮には *fenestration* は全く見られなかった(図33)。

さらに、髄質動脈の皮質部貫通部分にも同様に *fenestration* は全く見られなかった(図32)。

一方、この *fenestration* も、標本製作過程において、ヘパリン加里ンゲル液または生食液での灌流を行わず、いきなりグルタルアルデヒド固定液で灌流固定を行った場合には、大きな *fenestration* は現れず、微小孔の集合する *fenestration* として観察された(図44)。

7) 無処理標本の観察

灌流または灌流固定を行わない無処理標本を *thick section* として光学顕微鏡にて観察したものが図45, 図46である。これによっても副腎皮質には豊富な毛細血管網が見られるが、その径は約7 μ である。また、髄質内には太い髄質静脈と、非常に細い髄質内

毛細血管が観察される。

さらに、同様な無処理標本を thin section として TEM で観察すると、皮質実質細胞と血管内皮細胞の間にはほぼ $0.4\sim 1.2\mu$ の血管外腔が認められ、その腔には豊富な微絨毛が観察される (図47)。さらに、厚さ 0.4μ の血管内皮細胞には、図47の F で示す約 2μ の区間に内皮細胞の断続した部があり、f で示したように径約 0.2μ の窓を有しており、この部が割断標本に見られた fenestration の部に一致するものと考えられる。

考 案

1) 副腎動脈および副腎静脈

ラット左副腎の動脈支配は、図1のごとく腹部大動脈より起った動脈枝が通常二枝に分かれ副腎の上端へ注ぎ込んでいる。さらに腹部大動脈の、前記動脈より尾側で起った枝が、副腎の中央部へ注ぐ。その他腎動脈より小枝が注ぎ込むことがある。

右副腎においては、腎動脈より起った動脈枝が二枝に分枝し、副腎の中央部および下極部へ注ぎ込んでいる。(Harrison⁶⁾, Lever⁷⁾)

副腎より流出する静脈はただ1本で、左副腎では左腎静脈へ、右副腎では下大静脈の後面へ注ぎ込んでいる。

これらの事実は、特に疑義をはさむ余地もなく、Mercox 注入標本においては肉眼にても観察しうるので、今回の研究にて詳細に観察することは省略した。

2) 表面の毛細血管網について

一般に副腎動脈は副腎被膜に到達する少し前で多数の動脈枝に分枝し (図2)、被膜内または被膜下で毛細血管網を形成する (図3)。

Flint¹⁾ はイヌで、副腎動脈起始部から被膜に至るまでの間に、動脈分枝が5~6回行われるのを観察しているが、ラットにおいてはこの間の分枝は3~4回であった。

表面に形成される血管網 (plexus または network) が被膜内 (capsular) にあるか、被膜下 (subcapsular) にあるかは、動物種または研究者により異なり、Flint¹⁾ はイヌで、Harrison⁶⁾ はウサギで capsular plexus を観察し、Benett & Kilham³⁾ はネコで、Harrison & Asling²⁾ は短尾サルでそれぞれ subcapsular plexus を観察している。

ラットにおいては、Gersh & Grollman⁴⁾ が capsular plexus であるとし、Lever⁷⁾ は subcapsular

plexus であるとしているが、本研究の結果では図9のごとく、ラットにおいては subcapsular plexus であることが明らかとなった。

表面の毛細血管網は複雑に入り組み、一見全ての領域と連絡しているかのごとく見えるが、Harrison⁶⁾ は、ウサギ、ラット、ネコを用いて副腎動脈の一部を結紮し、その支配領域の束状帯部及び一部の球状帯部に壊死が起ることを観察している。この結果は、これらの動脈が終動脈であることを示している。

被膜表面を走行する動脈または被膜を穿通する動脈より分枝し、被膜を栄養する細動脈、Arteriae capsulae が Flint¹⁾ によりイヌに観察されている。しかしラットについてはこの動脈に関する報告はなされておらず、本研究でもこれは認められなかった。

3) 皮質部の類洞様毛細血管

よく発達した subcapsular plexus はさらに皮質内側に向っても分枝し、髓質に向い、ほぼ垂直に互いに横走する吻合枝を出しながら走行する (図4、図11)。

これら副腎皮質の血管鑄型をさらに詳しく観察すると、最外層の、いわゆる球状帯部では鑄型は蜂の巣状 (honey-comb pattern) を示し、それより内側では吻合間隔が延び、長格子状構造をとっている (図11~図13)。これらの観察は Lever⁷⁾ がラットで観察した所見とよく一致している。

束状帯部では、毛細血管の走行は規則的で、長格子状構造をとりながら髓質に向って垂直に走行する。豊富な、縦走する毛細血管は、ほぼ 50μ の間隔において隣接する毛細血管同志自由に吻合を行っている (図11)。

一方、Lever⁷⁾ はラットにおいて、束状帯外側に毛細血管の狭少化部を観察している。同様の観察が Bennett & Kilham³⁾ によってネコにおいてもなされており、束状帯外側部の細胞は内側部細胞に比しリポイドの含有量が多く、この機械的圧迫により毛細血管の狭少化が起っているのではないかと述べている。今回の著者の観察ではこのような傾向は観察されなかったが、これは Mercox 注入前に血液成分除去の目的で灌流を行うため、この時に皮質実質細胞のリポイドも流出し、よって上記の圧迫がなくなるかも知れないこと、さらに Mercox は注入後、重合硬化する際発熱を伴い、その後硬化につれて冷却収縮する性質を持っているので、微妙な口径差は表現しにくいのではないかと推測された。

網状帯に入り、皮髓境界部に近づくにつれ、毛細

血管の口径が増すのは多くの観察の一致するところであり^{11, 31, 61, 71}, 次第に集まって, 中心静脈の第一枝となる(図11, 図14).

特にマウスにおいては, 網状帯内側部に生後退縮が起り(この部はXゾーンと呼ばれている), 退縮部の血管密度の著しい増大が観察されている(Gersh & Grollman⁴¹).

いずれにしても, 全ての動物で網状帯には血管密度および血管径の増大が観察され, Velican はこれを vascular dam と表現している^{28), 29), 30)}.

これら全てを含んだ副腎皮質部の毛細血管を Minot は類洞 (sinusoid) であるとしている³¹⁾. 本研究においても, 副腎皮質の毛細血管は, 毛細血管としては比較的太い血管口径を持ち, 図38, 図39で明らかなように肝類洞と酷似した構造をもつため, 類洞または洞様毛細血管と表現した.

4) 髄質動脈 (Arteriae medullae), 皮質動脈 (Arteriae corticis), looped artery, recurrent artery について

Flint¹¹⁾ はイヌで洞様毛細血管が高密度に存在する皮質部に, 二種の異った走行を示す終動脈を観察した. つまり, 被膜を穿通して直接皮質へ入り, 皮質部では全く分枝吻合を行わず, 髄質へ至って始めて plexus を形成する髄質動脈 (Arteriae medullae) と, 同様に皮質部へ入り, 皮質部で洞様毛細血管となる皮質動脈 (Arteriae corticis) である.

ラットにおいて, 前者の髄質動脈に関しては全ての報告にその記載が見られるが, 後者に関しては, Gersh & Grollman⁴¹⁾ が被膜を穿通し皮質に入り, 束状帯で始めて血管床に参加する動脈を記載し, Lever⁷¹⁾ が同様に皮質部に至り, 主に束状帯外側部へ合流する(時には球状帯又は細状帯へも合流する) Arteriae corticis を記載しているにすぎない.

これに加えて, Benett & Kilham³¹⁾, Gersh & Grollman⁴¹⁾, Lever⁷¹⁾ らは被膜を穿通し皮質に至り, 皮質中の任意の深さを任意の長さで走行し, 再び被膜へ出て表面の毛細血管網へ参加する looped artery を記載している.

これらの動脈の存在およびその走行は, 前章の観察結果に詳述したごとく, 本研究により一層明確に示し得たものと思われる(図15~16, 図21~24).

さらに加えて, 髄質動脈に関して新しい知見が得られたのでこれを詳述する.

髄質動脈は表面を走行する比較的太い動脈より直接起り, 表面の network を押しのけるように穿通

し, 髄質に向って垂直に皮質を走行し, 髄質に至って始めて毛細血管になり, 髄質を栄養する動脈である.

この動脈の存在は Flint¹¹⁾ により始めて記載され, 現在では全ての研究者が, イヌ, ネコ, ラット, マウス, サル, ヒト, ゾウ等々の哺乳類の副腎にこの動脈を認めている.

さらに, ほとんど全ての報告に, この動脈は表面穿過後髄質に至るまで, 皮質部では分枝・吻合を全く行わないと記載している.

今回の著者の観察によると, この髄質動脈は表面から観察した際, 多くの場合1~3本の, 表面の network へ逆行して分布する細動脈を伴っており, この細動脈は割出することによって, 髄質動脈の分枝であることが明確となった(図18~19).

現在までに, いずれの論文にてもこのような走行を示す細動脈の存在は報告されておらず, 本論文ではこれを recurrent artery と名付けて報告した.

さらに図20のごとく, 髄質動脈が皮質部で分枝を行い, 髄質動脈の本管と分枝した細動脈が平行して髄質へ向い, 髄質でそれぞれ分布している像も観察された.

従って, 髄質動脈は表面から髄質に至るまで全く分枝を行わないという認識は改めなければならない.

しかし, いずれにしても, 他の多くの論文が指摘しているように, 髄質動脈が皮質の濃密な血管床とは直接吻合は行わないのは確実である.

副腎において, この動脈が何本あるかを鑄型標本より同定することは困難である. それは, 前述のように鑄型の表面を観察していると穿通枝がしばしば見られるが, 果してそれが髄質動脈なのか皮質動脈なのか, looped artery なのかは判別できず, 割出して到達部位を確認せねばならないためである. 一本のそれらしい動脈を割出すると, 小さな実験動物の副腎では, 他の部分を犠牲にせざるを得ない場合が多く, 一つの副腎の全ての穿通枝を確認することは不可能である.

ラット副腎表面には3~14本の穿通枝が見られ, 平均6本であった. 従って, 髄質動脈の数も3~14本以下, 平均6本以下と考えられる.

この数を文献に求めてみると, Gersh & Grollman⁴¹⁾ は1~4本, Lever⁷¹⁾ は通常4本以下, Coup-land & Selby³²⁾ は平均8本(最大では16本)としており研究者により異なる.

さらに, Gersh & Grollman⁴¹⁾ は, 髄質動脈は副

腎静脈の出現する反対側の表面より貫通するとしているが、図17のように副腎静脈のすぐ近くより貫通しているものも見られ、この動脈の貫通部分には一定の傾向は見られなかった。

他の動物における副腎髓質動脈数は、イヌ約50本¹⁾、マウス1本⁴⁾または平均2本³²⁾、ハムスター平均3本³²⁾、モルモット平均8本³²⁾、ウサギ平均8本³²⁾、ネコ平均25本³²⁾またはnumerous³⁾、ウシ推定平均400本³²⁾という数字があげられている。

5) 髓質の毛細血管および集合静脈

髓質には、髓質動脈の分枝で、髓質を栄養する毛細血管網と、皮質部の血流を集める集合静脈との全く異った血管系が存在する。

髓質における毛細血管網は皮質部に比し、目が粗く、不規則で、毛細血管の口径も著しく小さい。これは、皮質部においては個々の細胞が毛細血管に接しているが、髓質においては細胞群の周りを毛細血管が走行するためとされている (Lever⁷⁾, Coupland³²⁾)。

一方、網状帯で拡張し始めた皮質の洞様毛細血管は、皮髓境界部でさらに拡張しつつ互いに集合し、中心静脈の第一枝となり、これが5～6段階の集合を繰り返して中心静脈となるのは諸家の観察と一致するところである (Flint¹⁾, Gersh & Grollman⁴⁾, Lever⁷⁾, Merklin & Eger¹⁰⁾)。

前者の毛細血管網は、後者の集合静脈系の間を縫うように、一見クヨの巣のような形で存在している (図6, 図14, 図25)。

さらに、髓質はもう一つの異ったルートより血流を受けている。それは図14のように皮質の洞様毛細血管よりの血流で、皮髓境界部で髓質動脈の分枝である毛細血管網と吻合している。この血流は、酸素分圧は低いが、ホルモン等の皮質部産生物質を大量に含んでいるもので、髓質中の細胞活動に多大の影響を与えているものと考えられる。これらの観察は、Flint¹⁾, Bennett & Kilham⁴⁾, Lever⁷⁾らの記載ともよく一致するものである。

ヒト、カバ、ゾウ、サイ、カンガルー、チンパンジー等の比較的大きな動物の副腎の中心静脈には、縦走する平滑筋帯の存在が知られている (Bargmann³³⁾, Bourne³⁴⁾) が、ラットのような小実験動物では観察されておらず、今回の著者の研究でも認められなかった。

髓質の中心静脈は、ラットにおいては一本の副腎静脈となって流出するが、この静脈が皮質部を貫通

し副腎外に流出する際に、表面の network と直接吻合をしていることは第三章で述べ、図26-27に明らかである。現在までラットにおいてこのような副腎静脈と表面の network との直接吻合は観察、記載されていない。

さらに図28-29のごとく、副腎に近接して走行する他静脈と subcapsular plexus が吻合する場合もある事が明らかとなった。

6) 凍結切断標本による観察

凍結切断標本の弱拡大では、前述の鋳型標本の観察所見とよく一致し、これを裏付けている。すなわち、皮質部ではほぼ径10 μ の洞様毛細血管が高密度に分布し、互いに豊富な吻合を行っており (図34)、髓質部では著しく大きな口径の血管腔と、その周辺に小さな口径の血管腔が (図30)、さらに髓質動脈が皮質を貫いて髓質に向う像 (図31) が明確に観察される。

切断標本観察の目的は、上記の鋳型標本所見を裏付けることに加えて、皮質部毛細血管内皮を詳細に観察することにあつた。

一般に、肝、脾、下垂体、副腎等の実質臓器の毛細血管内皮には fenestration があるとされている。これは、切断標本を1000倍以上で観察することによって明確となり、前章で述べたように、種々の fenestration が見られた。この fenestration を通して、洞様毛細血管外腔、および同腔へのびた実質細胞の微絨毛がよく観察され、これらの所見は、藤田³⁵⁾, Yamada³⁶⁾らが肝にて観察した fenestration と酷似している。

ただ、この fenestration の出現のしかたは、実験方法によってかなり異なったものになるようである。

すなわち、腹部大動脈へカニューレーションし、ヘパリン加生食液または生食液単独で十分灌流洗浄した後、固定液を注入した場合と、カニューレーション後直ちに固定液を用いて灌流固定した場合では、fenestration の様相が大きく異なる。前者では、2～3 μ 以下の種々の大きさの fenestration が、種々の組み合わせで観察されるが、後者では、0.5 μ 以下の篩状の fenestration の集簇が観察されるのみで、この fenestration の集簇部分が周辺の内皮より一段と低くなっているのが観察される (図44)。

つまり、血液成分以外の液で灌流した場合、これら篩状 fenestration が融合し、さらには低い部分全体が大きな fenestration となるのではないかと推定される。

従って、副腎における洞様毛細血管内皮細胞の

fenestrationの様相は、実験材料の性、年齢、健康状態等の個体差は十分考慮されなければならないが、実験方法、特に灌流固定時の条件に大きく左右されるものと考えられる。

この事実はまた、病的状態における血管透過性の問題と関係していると推定され、今後の解析に待たねばならない。

7) 無処理標本の観察

無処理標本の光顕観察によっても、鋳型標本の皮質部および髄質部の血管特徴がよく示されている。しかし、その径においては、当然無処理のもので小さく、ほぼ7 μ であり、鋳型または凍結割断標本の10 μ に比べると約2/3の値となる。従って実際のラット生体における副腎皮質の洞様毛細血管は、7~10 μ の間の口径で血流を送り続けているのであろう。

また無処理標本のTEM像にても、割断標本における血管外腔およびそこにのびる微絨毛等が観察され、両者の所見はよく一致している。さらに、このTEM像から得られたfenestrationの所見は、凍結割断標本の項で述べたように、灌流を行わずにいきなり固定を行った標本に見られたfenestrationによく一致し、標本作製の際の条件によりかなり観察結果が異ってくることを強く示唆していると考えられる。

結 語

ラットの腹部大動脈よりMercox樹脂を注入し副腎の血管鋳型を作製し、SEMにて観察した。さらに、一部鋳型を微細解剖し、詳細な観察を行った。

また、凍結割断標本を作製し、皮質洞様毛細血管および血管内皮細胞のfenestrationを観察し、以下の結果を得た。

1) 副腎表面に達した動脈枝は分枝しつつ副腎表面を走行し、豊富なsubcapsular plexusを形成する。

2) subcapsular plexusは副腎皮質へ向っても分枝し、髄質へ向ってほぼ垂直に類洞様構造をとりながら走行する。

3) 皮質部鋳型標本では、球状帯外側部で、いわゆるhoney-comb patternをとり、皮髄境界部へ近づくとつれ血管径が増し、血管密度が高くなるのが観察された。

4) subcapsular plexusに全く参加せずに直接皮質部に進入してゆく血管として、髄質へ分布するArteriae medullae、皮質部の洞様毛細血管網に参加するArteriae corticisおよび一度皮質中に入り

再びsubcapsular plexusに参加するlooped arteryが観察された。

5) 髄質動脈の多くは皮質部で分枝を出し、逆行してsubcapsular plexusに参加する細動脈を1~3本伴っており、これをrecurrent arteryと名付けた。

さらに、髄質動脈の本管と同様に髄質へ向う枝を分枝するものも見られた。

しかし、この髄質動脈は皮質部の洞様毛細血管網と直接吻合するものは見られなかった。

6) 髄質動脈は髄質に到達後、細いリボン状の分枝を出しつつ走行し、皮質部に比べ著しく粗なplexusを形成する。これらのplexusは最終的に髄質静脈へと合流する。

7) 皮髄境界部で径を増した皮質の類洞様毛細血管は大部分が合流して髄質静脈となり、さらに4~5回の合流を行って中心静脈となるが、一部はmedullary plexusと吻合し、皮質内容を髄質へ送り込み、髄質への情報提供およびコントロールをしているものと推定された。

8) 中心静脈は一本の副腎静脈として腺外へ流出するが、その際subcapsular plexusを穿通する部でsubcapsular plexusと直接吻合をなす。また、副腎に接して走行する近接組織よりの静脈とsubcapsular plexusは吻合する場合もある。

9) 割断標本において、皮質部の洞様毛細血管は、鋳型標本とよく一致した所見を示し、さらに血管外腔、微絨毛等がよく観察された。

10) 割断標本の強拡大では血管内皮細胞のfenestrationがよく観察され、種々の型と組み合わせが見られ、その形態は肝のそれに酷似していた。

11) しかし、このfenestrationの様相は、標本作製時の灌流固定の方法により大きな影響を受け、これは生体の病的状態における血管透過性の問題とも関連していると推定され、今後のより詳細な解析に待たねばならない。

謝 辞

稿を終るに臨み、御懇篤なる御指導、御校閲を賜った折田薫三教授に感謝を捧げると共に、本研究を直接御指導下さった緒方卓郎博士に深謝致します。

本論文の要旨は第9回日本臨床電子顕微鏡学会にて発表した。

文 献

1. Flint, J.M.: The blood vessels, angiogenesis, organogenesis, reticulum, and histology of the adrenal. *Johns Hopkins Hosp. Rep.* 9, 153-229, 1900.
2. Gerard, G.: Contribution à l'étude morphologique des artères des capsules surrénales chez l'homme. *J. Anat., Paris* 49, 269-303, 1913.
3. Bennett, H.W. and Kilham, L.: The blood vessels of the adrenal gland of the adult cat. *Anat. Rec.* 77, 447-471, 1940.
4. Gersh, I. and Grollman, A.: The vascular pattern of the adrenal gland of the mouse and rat and its physiological response to changes in glandular activity. *Contrib. Embryol. Carnegie Inst. Wash.* 29, 113-125, 1941.
5. Anson, B.J., Cauldwell, E.W., Pick, J.W., and Beaton, L.E.: The blood supply of the kidney, suprarenal gland and associated structures. *Surg. Gynecol. Obst.* 84, 313-320, 1947.
6. Harrison, R.G.: A comparative study of the vascularization of the adrenal gland in the rabbit, rat and cat. *J. Anat. London* 85, 12-23, 1951.
7. Lever, J.D.: Observations on the adrenal blood vessels in the rat. *J. Anat. London* 86, 459-467, 1952.
8. Merklin, R.J. and Michels, N.A.: The variant renal and suprarenal blood supply. *J. Intern. Collog. Surg.* 29, 41-76, 1958.
9. Harrison, R.G., and Moey, M.J.: The Adrenal Circulation. *Oxford. Blackwell*, 1960.
10. Merklin, R.J., and Eger, S.A.: The adrenal venous system in man. *J. Intern. Collog. Surg.* 35, 572-585, 1961.
11. Merklin, R.J.: Arterial supply of the suprarenal gland. *Anat. Rec.* 144, 359-371, 1962.
12. Coupland, R.E.: Blood supply of the adrenal gland. In *Handbook of Physiology. Section 7 Endocrinology*, p.p. 283-294, 1975.
13. Narat, J.K., Loef, J.A. and Narat, M.: On the preparation of multicolored corrosion specimens. *Anat. Rec.* 64, 155-160, 1936.
14. Puckett, W.O. and Neumann, C.P.: Vinylite resin in preparation of corrossions of anatomical specimens. *Anat. Rec.* 78, 105-111, 1940.
15. More, R.H. and Duff, G.L.: The renal arterial vasculature in man. *Am. J. Anat.* 27, 95-117, 1951.
16. 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.
17. 新田義昌: 淋巴節血管系の合成樹脂鑄型法による立体的研究—家兎淋巴節の血管系について—, *岐阜医科大学紀要* 2, 433-448, 1955.
18. 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.
19. Steinberg, R.H.: Scanning electron microscopy of the bullfrog's retina and pigment epithelium. *Z. Zellforsch.* 143, 451-463, 1973.
20. Miller, M.M. and Revel, J.P.: Scanning electron microscopy of the apical, lateral and basal surfaces of transporting epithelia in mature and embryonic tissue. In *Scanning Electron Microscopy*, ed. O. Johari and I. Corvin, IIT Res. Inst., Chicago, pp. 549-556, 1974.
21. Motta, P. and Porter, K.R.: Structure of rat liver sinusoids and associated tissue spaces as vealed by scanning electron microscopy. *Cell Tissue, Res.* 148, 111-125, 1974.
22. Haggis, G.H.: Cryofracture of biological material. In *Scanning Electron Microscopy*, ed. O. Johari, IIT Res. Inst., Chicago, p.p. 97-104, 1970.
23. Germinario, L.T. and McAlear, J.H.: Preparation of tissue for scanning electron microscopy. Freezefracturing as a technique for enhancing visibility of structural relationships. *Stain Technol.*

- 46, 249-252, 1971.
24. Brooks, S.E.H. and Haggis, G.H.: Scanning electron microscopy of rat's liver. Application of freeze-fracture and freeze drying techniques. *Lab. Invest.* **26**, 60-64, 1973.
 25. Tanaka, K.: Freezed resion cracking method for scanning electron microscopy of biological metari-als. *Naturwissenschaften* **59**, 77, 1972.
 26. Tokunaga, J., Edanaga, M., and Fujita, T.: Freeze cracking of scanning electron microscope speci-mens. A study of the kidney and spleen. *Arch. Histol. Jpn.* **37**, 165-182, 1974.
 27. Harrison, R.G. and Asling, C.W.: The anatomy and functional significance of the vascularization of the adrenal gland in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *J. Anat. London* **89**, 106-113, 1955.
 28. Velican, C.: Das Blutfördernde System der Nebenniere. *Wien. Med. Wochschr.* **9**, 108, 1944.
 29. Velican, C.: Embryogenese de la surrénale humaine. *Arch. Anat. Microscop. Morphol. Zxptl.* **36**, 316-333, 1947.
 30. velican, C.: Le dispositif sphinctéro-propulseur de la surrénale. *Arch. Anat. Microscop. Morphol. Zxptl.* **37**, 28-40, 1948.
 31. Minot, C.S.: On a hitherto unrecognized form of blood circulation without capillaries in the organs of vertebrata. Proc. Boston Soc. *Nat. Hist.* **29**, 185-215, 1900.
 32. Coupland R.E. and Selby, J.E.: The blood supply of the mammalian adrenal medulla: a comparati-ve study. *J. Anat.* **122**, 539-551, 1976.
 33. Bargmann, W.: Über den Bau der Nebennierenvenen des Menschen und der Sängetiere. *Z. Zellfor-sch. Mikroskop. Anat.* **17**, 118-138, 1933.
 34. Bourne, G.H.: *The Mammalian Adrenal Gland Oxford.*, Clarendon Press, 1949.
 35. 藤田恒夫: 走査電子顕微鏡による肝臓の微細構造の研究: 肝臓 **17**, 803-808, 1976.
 36. Yamada, S., Nishiyama, M., Sakamoto, T., Yoshii, Y., Tamura, A., and Ogata, T.: Scanning electron microscopic studies on the rat liver sinusoids in regenerating rat liver using corrosion casts and freeze-cracking methods. *J. Clin. Electron Microsc.* **10**, 388-389, 1977.

附 図 説 明

- 図1. ラット左副腎の動脈支配。A. 腹部大動脈, A.A. 左副腎動脈枝, C.A. 腹腔動脈, L.R.A. 左腎動脈, R.R.A. 右腎動脈, S.M.A. 上腸間膜動脈, (Harrison⁶⁾による)
- 図2. 副腎に到達する直前で多数に分枝して走行する副腎動脈枝。×30
- 図3. 副腎表面を走行しつつ分枝し, 表面の network (subcapsular plexus) を形成する副腎動脈枝。×35
- 図4. 副腎血管鑄型の切断標本, 表面の network は同時に髓質へ向って垂直に長格子状構造をとりながら走行する。×80
- 図5. 髓質へ至った洞様毛細血管は互いに集合しつつやがて一本の副腎静脈として流出する。×28
- 図6. 髓質部には図5の静脈系の外にも一つの血管系——髓質動脈血管系が存在する。図の太い血管の周りを縫うようにして走行する細いリボン状の血管系がそれである。×90
- 図7. 表面 network 拡大像, 分枝・吻合を繰り返す, 時に loop 形成しながら表面全体を被う毛細血管網。×390
- 図8. 表面毛細血管網強拡大像, 矢印の部分には毛細血管内皮細胞の核の圧痕が認められる。×1,000
- 図9. Mercox 注入標本の光顕像, 表面の毛細血管網は, いわゆる subcapsular plexus であることが明瞭に観察される。×540
- 図10. 表面の network を押しよけるように貫通してゆく髓質動脈, r は髓質動脈貫通部分より逆行して表面に出, 表面の network に再び参加する細動脈(後述)。×190
- 図11. 副腎皮質部の鑄型全体図, G. 球状帯部, F. 束状帯部, R. 網状帯部, 皮質部の洞様毛細血管は髓質に向って垂直に走行しつつ互いに頻回に吻合を繰り返す。×180
- 図12—図13. 表面直下の部に血管走行の屈曲・蛇行の多い部分が見られる。この部を honey-comb pattern と表現している論文もある。図12. ×60, 図13は図12の拡大図, ×180
- 図14. 皮髓境界部で洞様毛細血管は口径を増しつつ互いに集合し, 中心静脈の第一枝となるが, 一部は medullary plexus と合流し(矢印部分), 皮質部の血流を髓質細胞へ送る。×95
- 図15. 図10と同様に表面を貫通する髓質動脈(m)および, 貫通部分より出て表面の network へ分枝する細動脈(r), l は一たん皮質部へ入り込み再び表面へ出て分枝する looped artery。×100
- 図16. 図15の標本を割出したもの, 髓質動脈(m)は皮質の洞様毛細血管とは全く吻合せずに髓質に至っている, l は looped artery で, 一たん皮質に入るが再び表面に出て来る様子がよく分る。×170
- 図17. 副腎静脈(v)の近辺にも髓質動脈(m)の貫通部分は存在する。×50
- 図18—図19. recurrent artery, 髓質動脈(m)は表面を貫通して後に, 比較的表面近くで, 1~3本の反回して表面に分枝する細動脈(r)を出している, これを recurrent artery と名付けた。両図共×200
- 図20. 髓質動脈が表面近くで分枝し(矢印部分), それぞれが髓質へ向って走行する場合もある。しかし, いずれも皮質部の洞様毛細血管とは吻合しない。×160
- 図21. 図15の l と同様に一たん表面の network を貫通しながら束状帯部でUターンして表面にもどる looped artery (l), 矢印部はUターンする部分。×80
- 図22. 図21の矢印部の拡大, Uターンの様子がよく分る。×270
- 図23. 表面を走行する比較的太い動脈より直接分枝し, 皮質へ分布する Arteriae corticis (矢印部分)。×80
- 図24. 図23の矢印部の拡大。×200
- 図25. 髓質血管系の拡大像, 矢印は髓質動脈で, 髓質でリボン状の特有な毛細血管を分枝しつつ走行する。この medullary plexus は皮質に比べ著しく粗で, 髓質静脈の間にクモの巣の如く存在する。×230
- 図26. 副腎静脈起始部, この部で表面毛細血管網と静脈の間に直接吻合が見られる。×70
- 図27. 図26の吻合部拡大。×250
- 図28. 他静脈と表面毛細血管との吻合, V₁ は副腎静脈, V₂ は副腎に接して走行する他組織よりの静脈, V₁ には細矢印の部で図26, 27と同様の吻合が見られるが, V₂ にも太矢印の部で吻合が見られる。A は動脈枝。×40

図29. 図28の太矢印部の拡大. $\times 110$

図30. 凍結割断標本の弱拡大. 皮質部にはよく発達した洞様毛細血管腔が互いに吻合しつつ髓質(図右上部)に向かって放線状に見られる. 髓質部には著しく大きな口径の血管腔が見られる.
 $\times 360$

図31. 髓質動脈血管腔の割断像. 皮質部の洞様毛細血管とは交通せず真直ぐ髓質へ向っているのが認められる. $\times 280$

図32. 図31の髓質動脈内皮の拡大. fenestration は全く見られない. $\times 4,300$

図33. 髓質の集合静脈内皮の拡大. fenestration は全く見られない. $\times 1,000$

図34. 凍結割断標本の皮質部の拡大像. 血管腔の外には個々の類円形の皮質実質細胞がよく観察される. さらに, 細胞間隙腔(i), 毛細血管外腔(e), fenestration (f) 等が認められ, これらの腔は互いに連絡している. また, 実質細胞は多数の円形腔を有している. $\times 1,740$

図35—図36. 副腎皮質洞様毛細血管内皮の強拡大. 図のように種々の大きさとし形の fenestration が観察され, この fenestration を通して毛細血管外腔にのびている皮質細胞の微絨毛が見られる.
図35. $\times 7,500$ 図36. $\times 22,300$

図37. fenestration を裏側, すなわち血管外腔側より観察したもの. fenestration へ向って微絨毛がのびている. $\times 16,400$

図38—図39. 副腎と肝の fenestration を同倍率で比較したもの. 図38副腎. 図39肝. 両者はよく似た形態を示し, 副腎皮質の毛細血管が洞様構造をとっていることがよく分る. $\times 12,000$

図40—図43. 灌流固定後の副腎皮質の洞様毛細血管に観察された種々の形の fenestration. その形と組み合わせは様々である. 全て $\times 8,500$

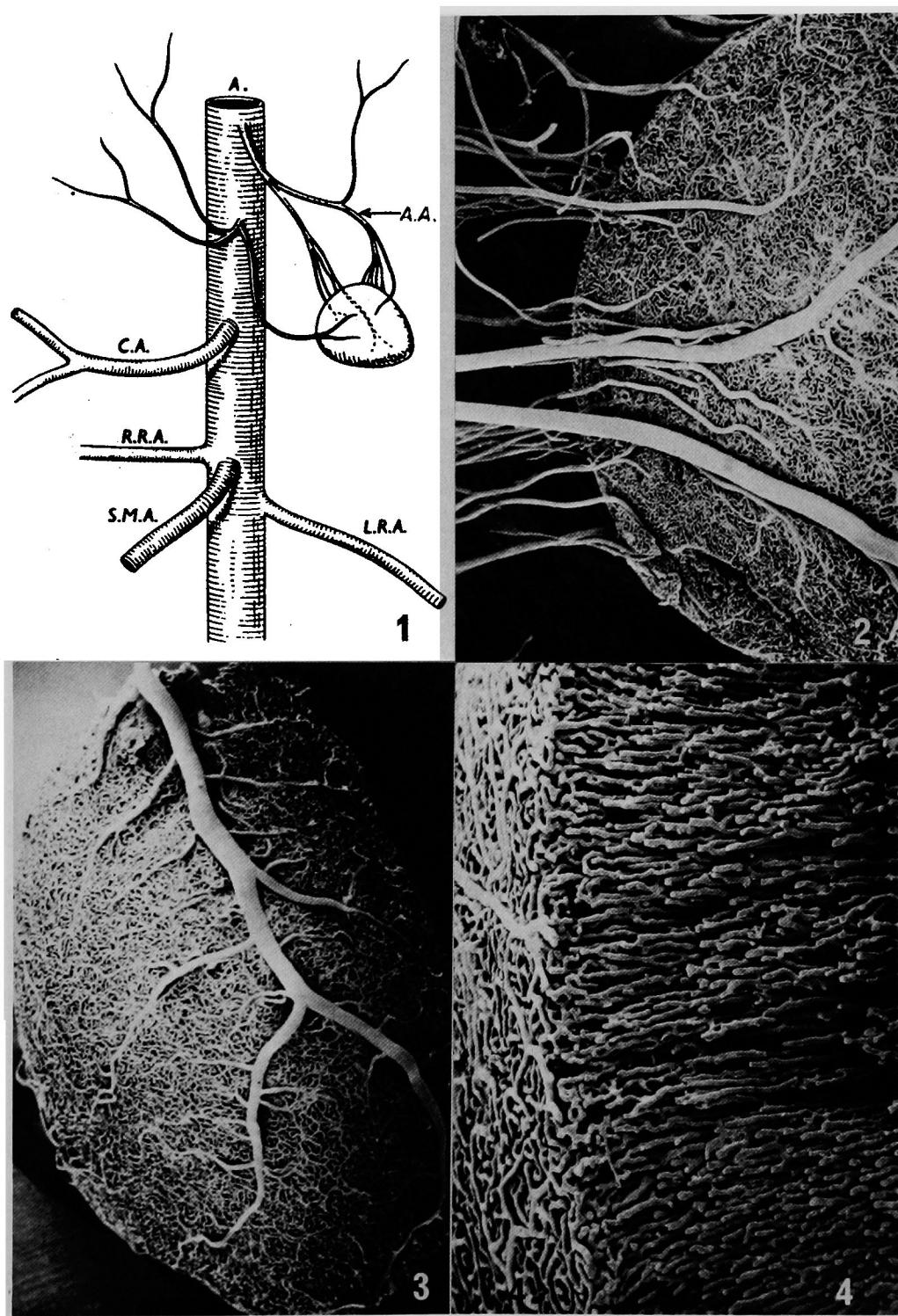
図44. 無灌流のまま固定を行った副腎皮質の洞様毛細血管の fenestration. fenestration は小さく, 篩状に集合している. $\times 33,400$

図45. 無処理標本の光顕像. 皮質部. 約 7μ の多数の血管が髓質へ向って垂直に走行している.
 $\times 270$

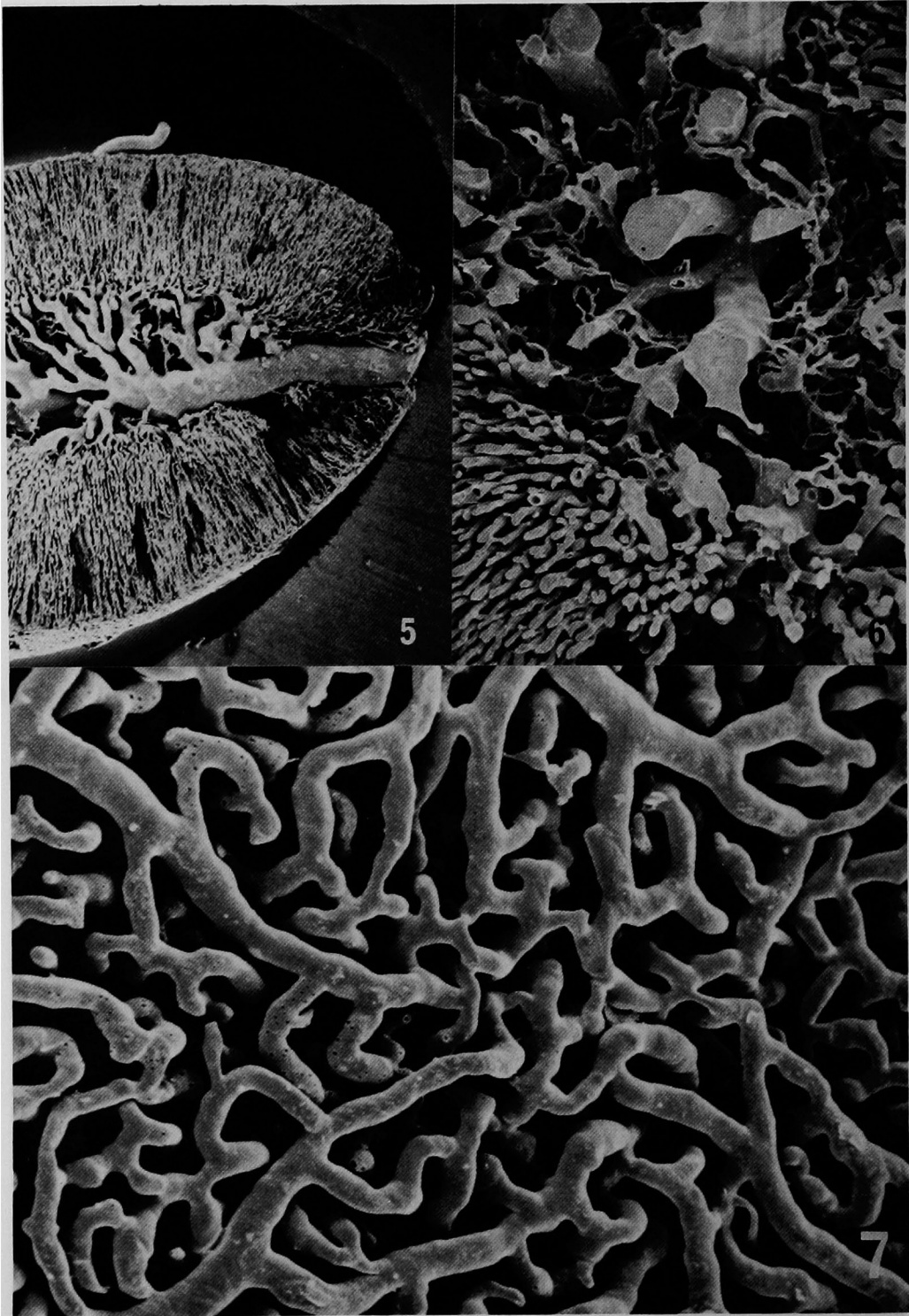
図46. 無処理標本の光顕像. 髓質部. 太い髓質静脈と同時に, 著しく径の細い血管系が観察される.
 $\times 270$

図47. 無処理標本の TEM 像. ほぼ $0.4\mu\sim 1.2\mu$ の巾を持った血管外腔 (e) が見られ, そこには微絨毛が発達している. 血管内細胞には f で示す約 0.2μ の微小な窓があり, F で示す長さ 2μ の部分に集合している. $\times 26,000$

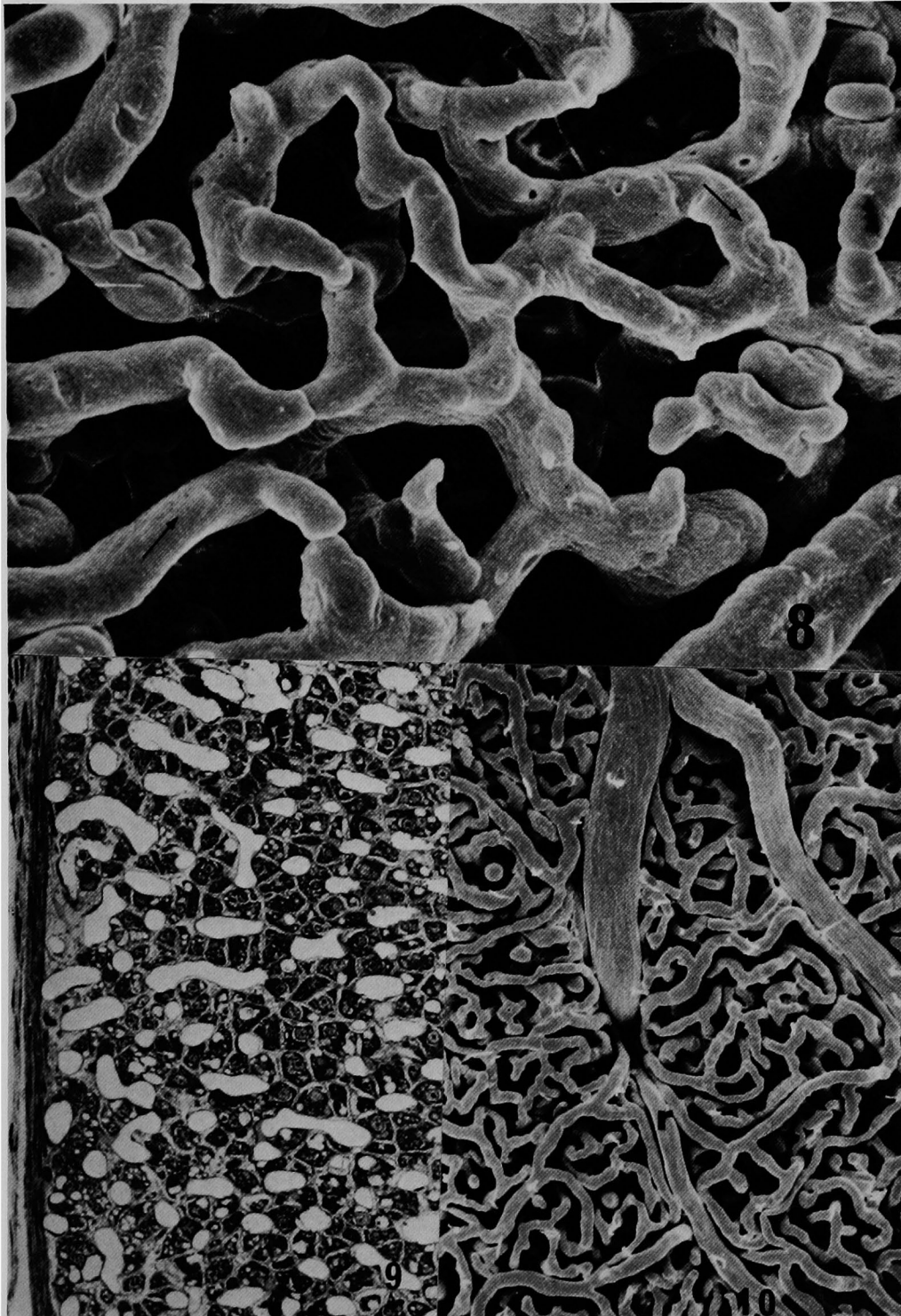
西山正夫論文附図



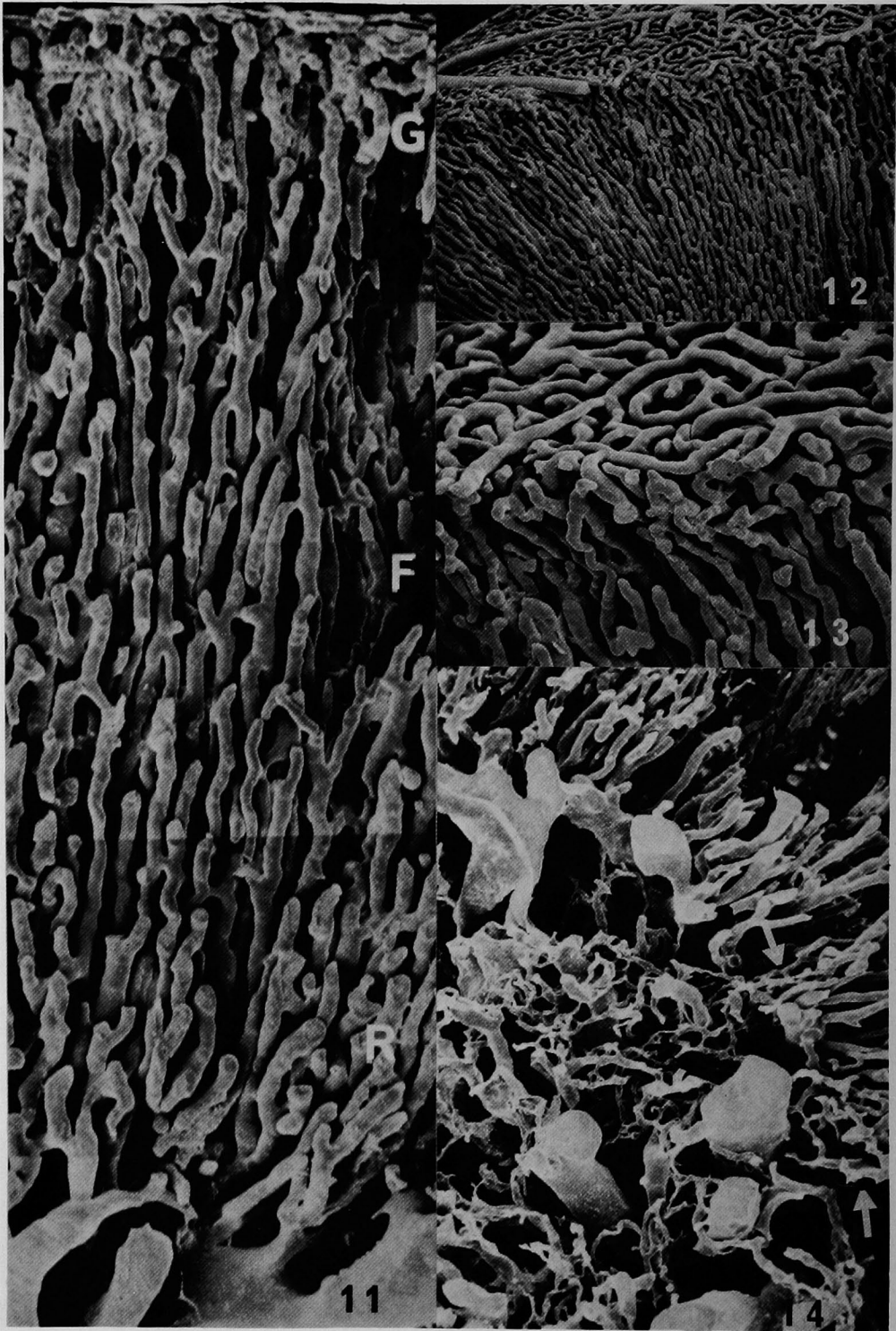
西山正夫論文附圖



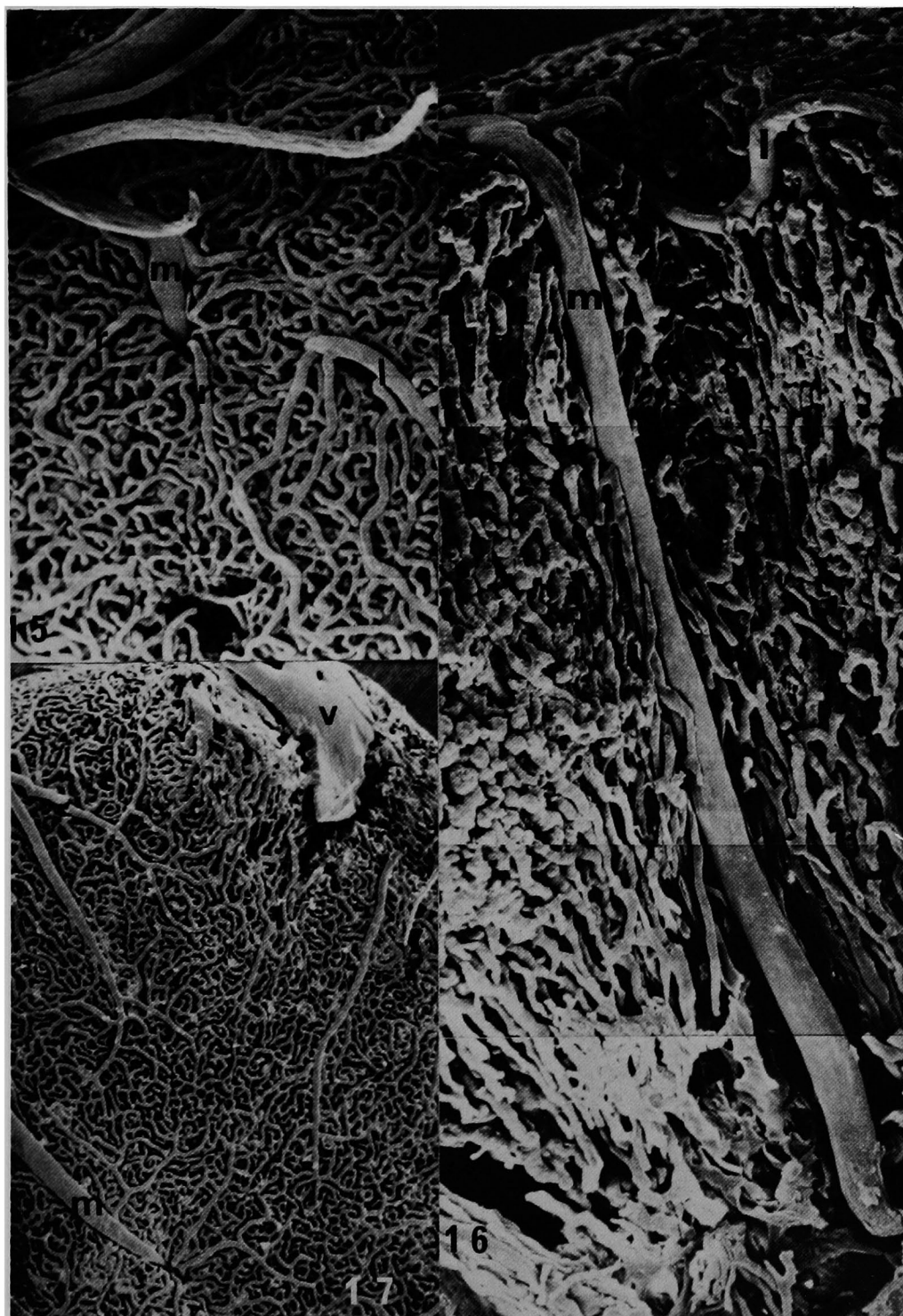
西山正夫論文附図



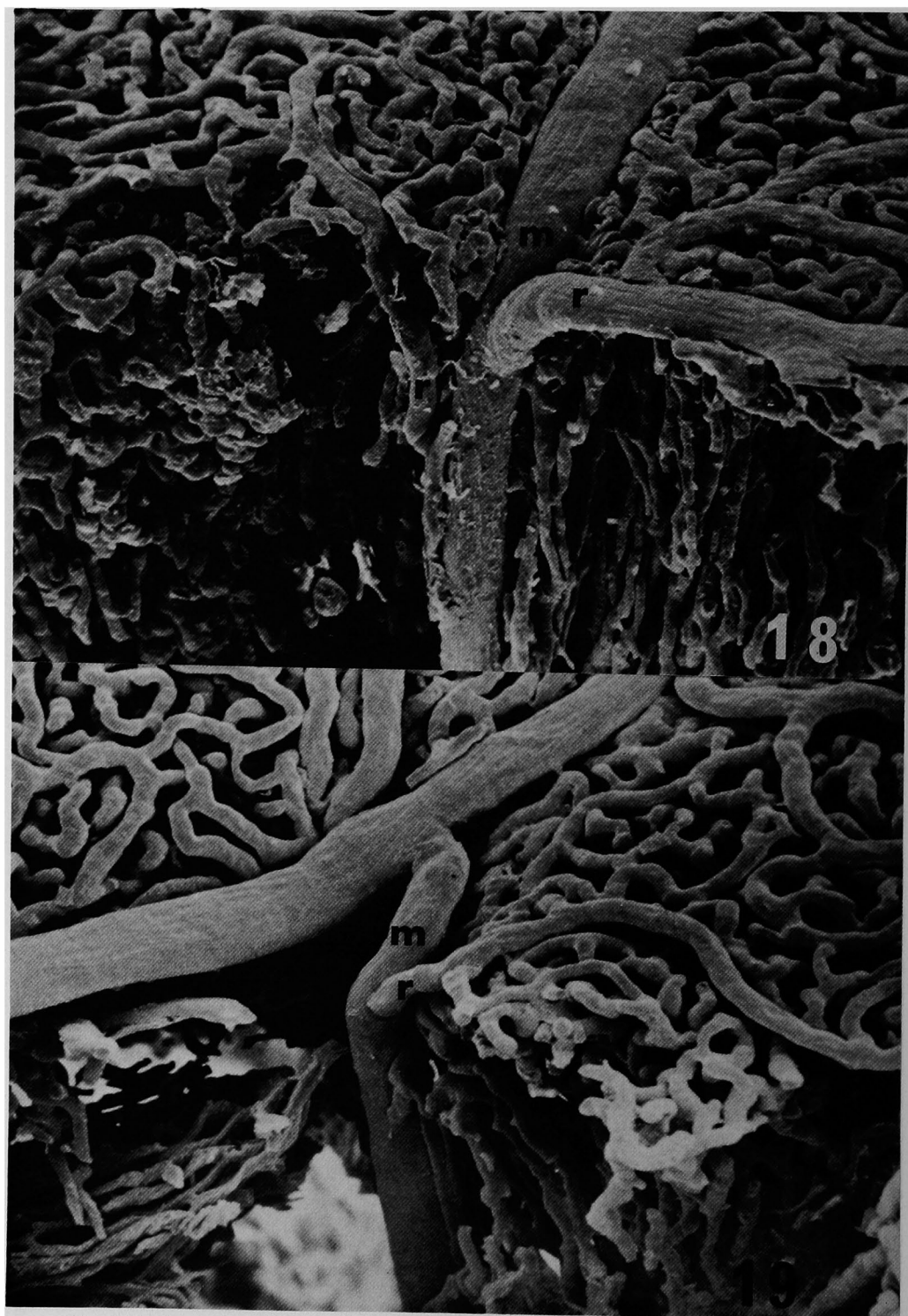
西山正夫論文附圖



西山正夫論文附図



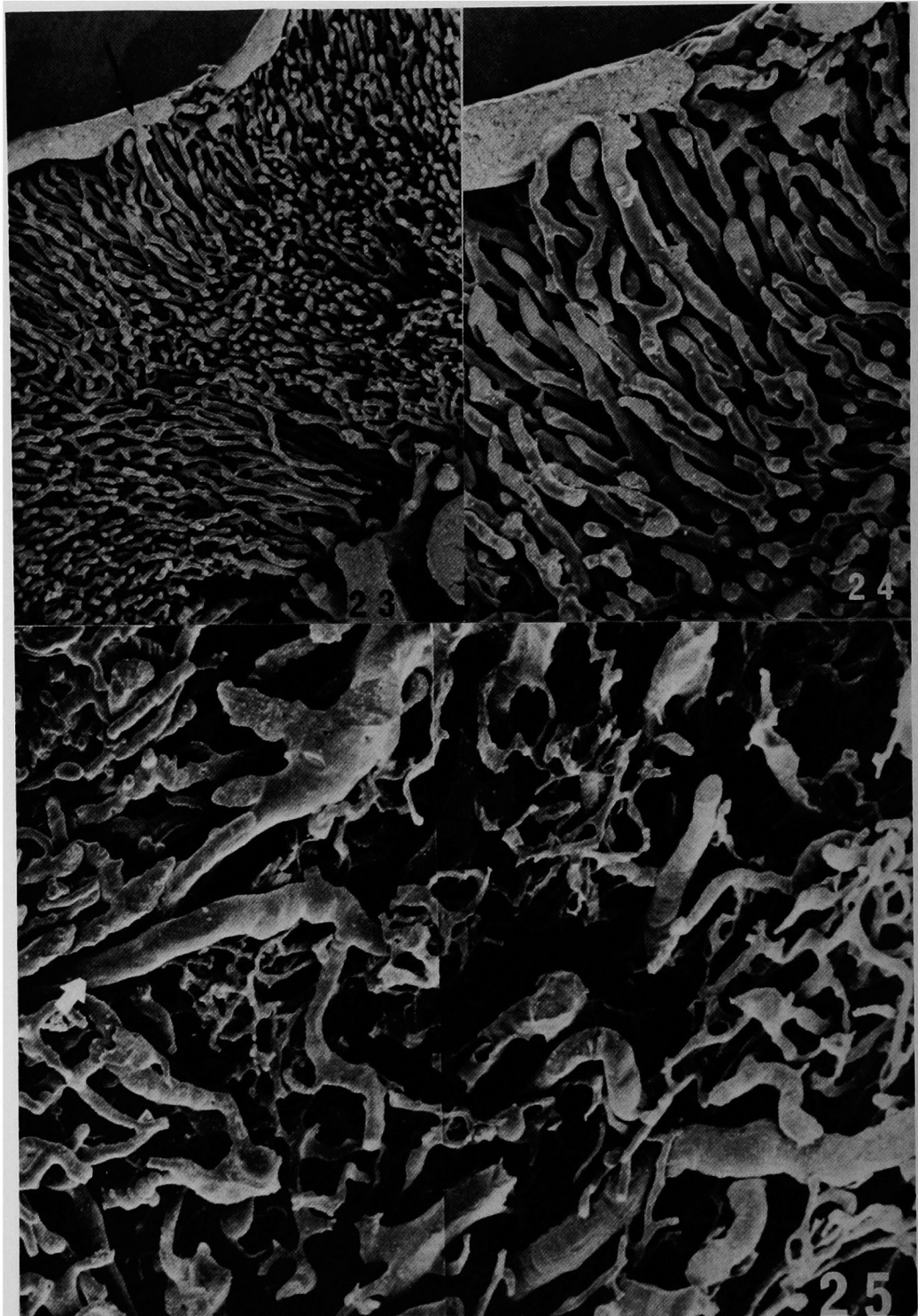
西山正夫論文附圖



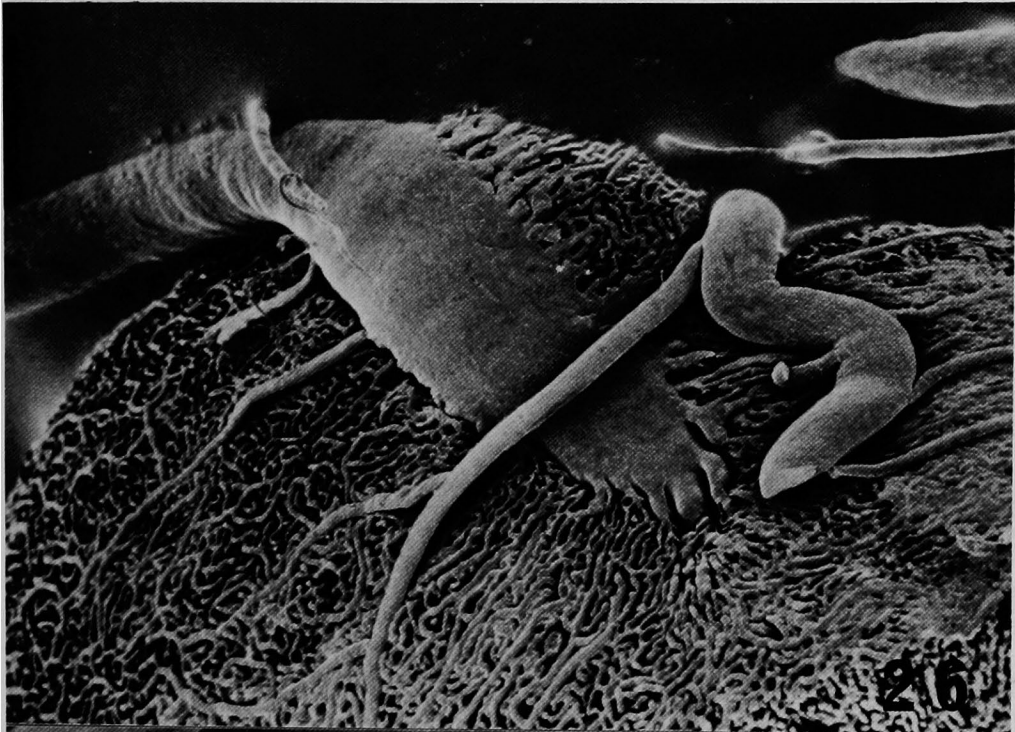
西山正夫論文附図

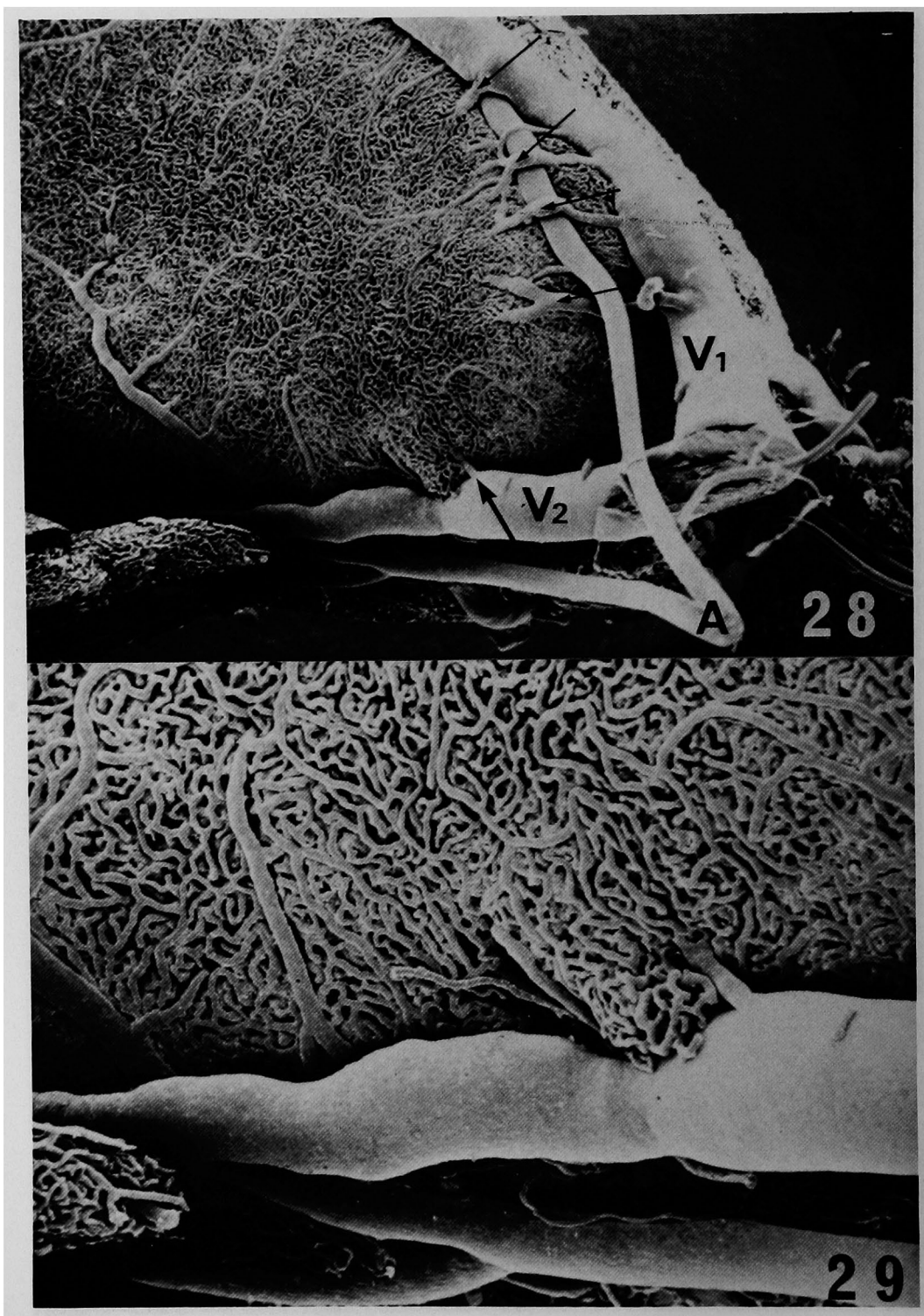


西山正夫論文附圖

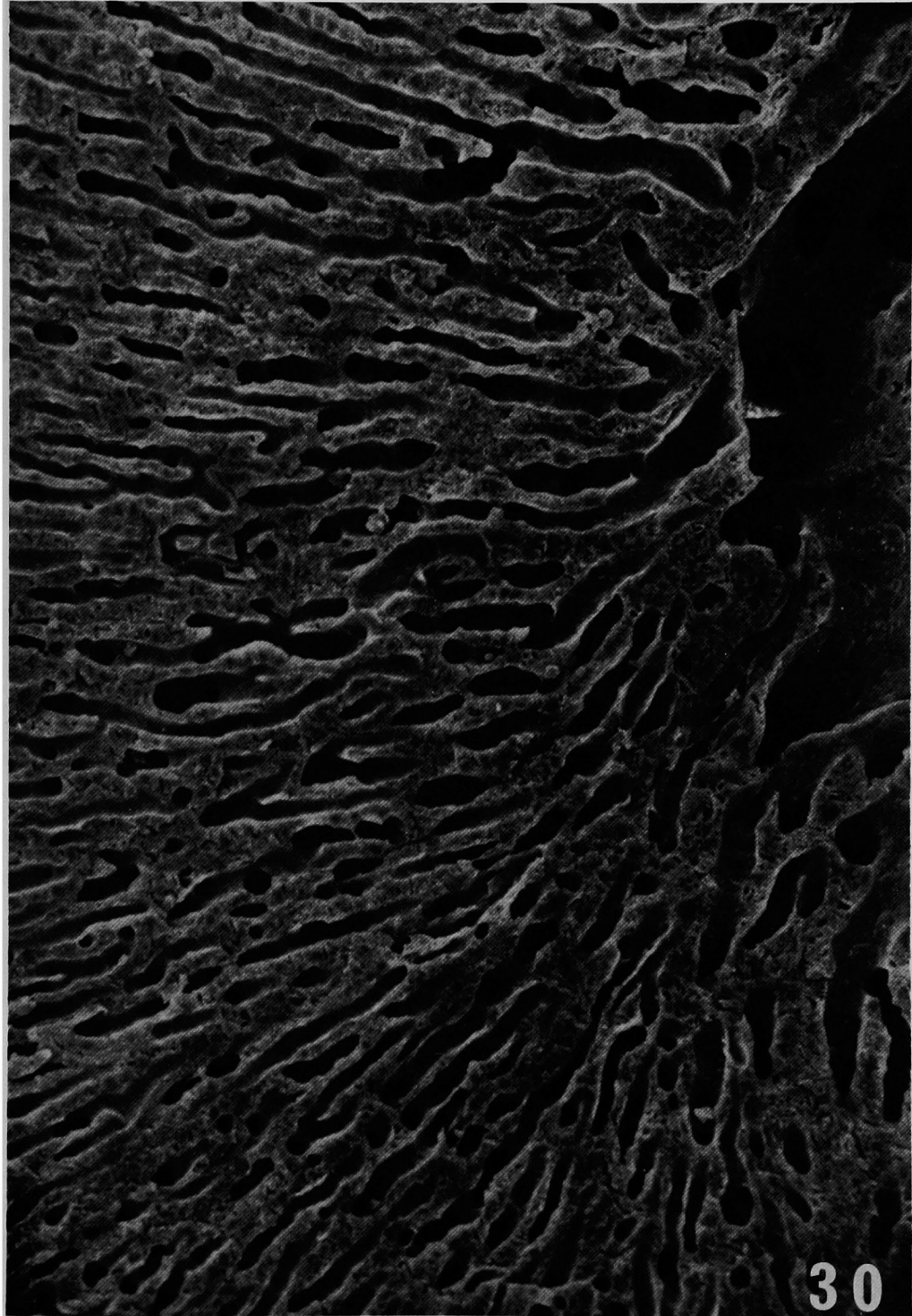


西山正夫論文附図

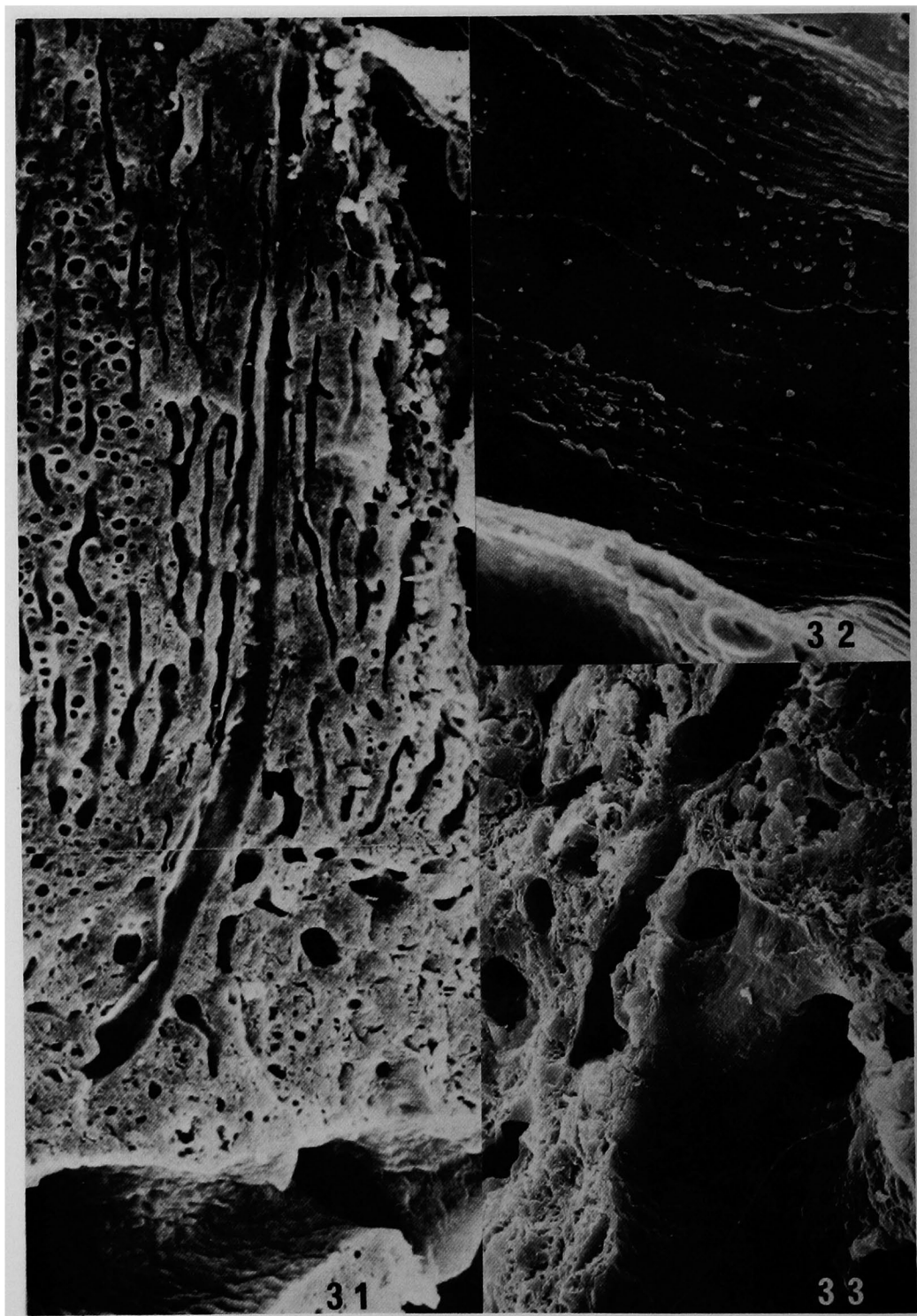




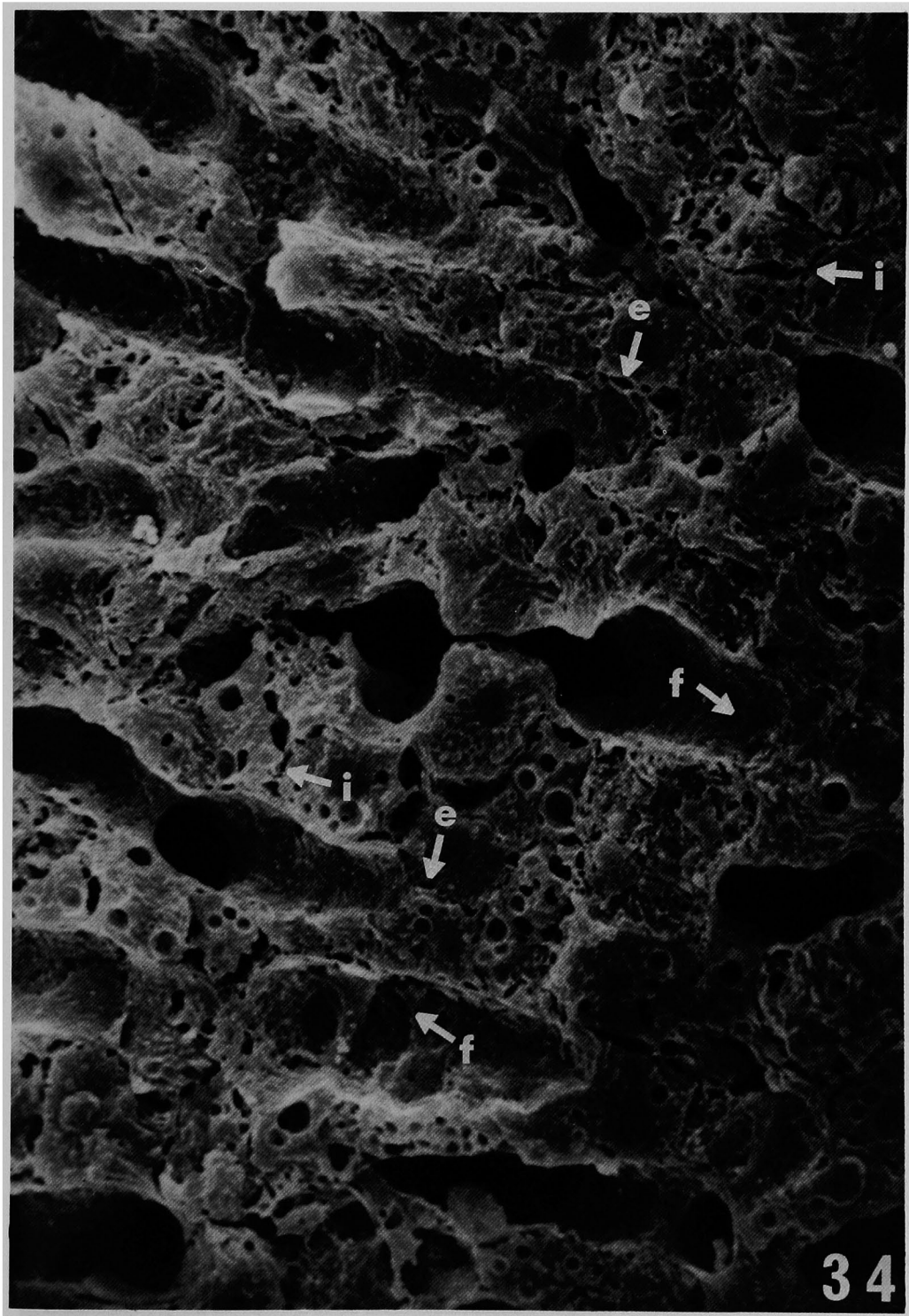
西山正夫論文附図



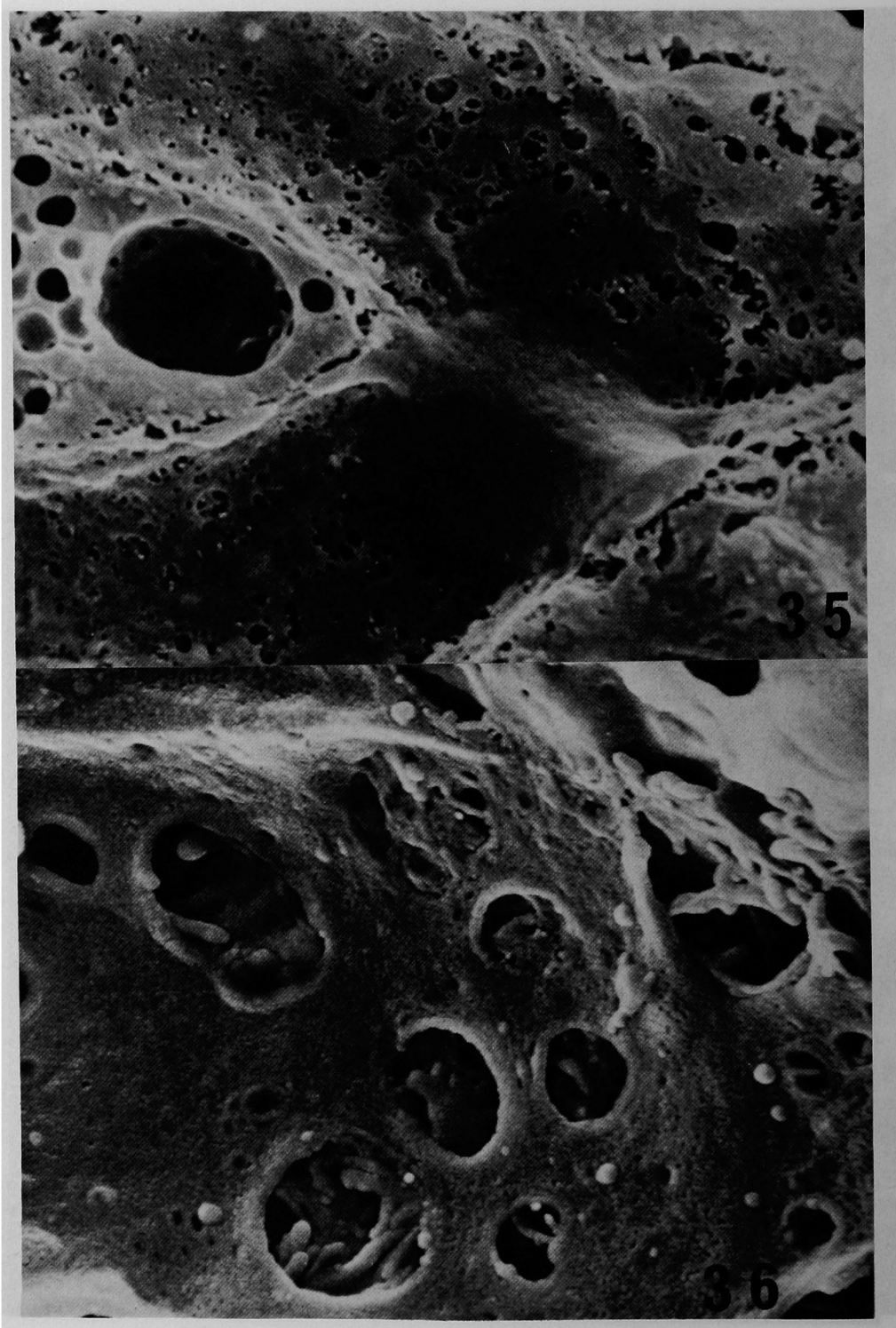
西山正夫論文附圖



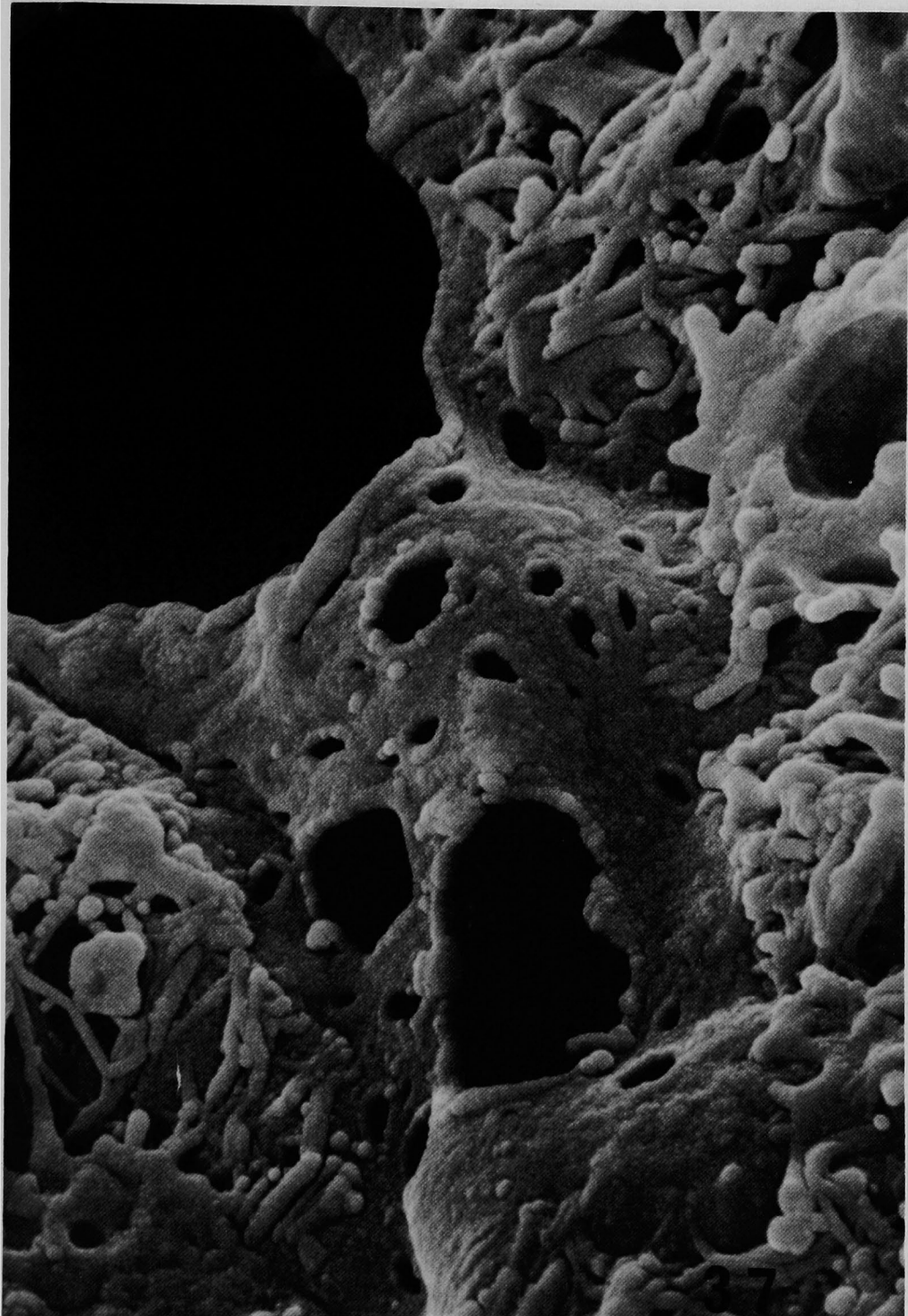
西山正夫論文附図



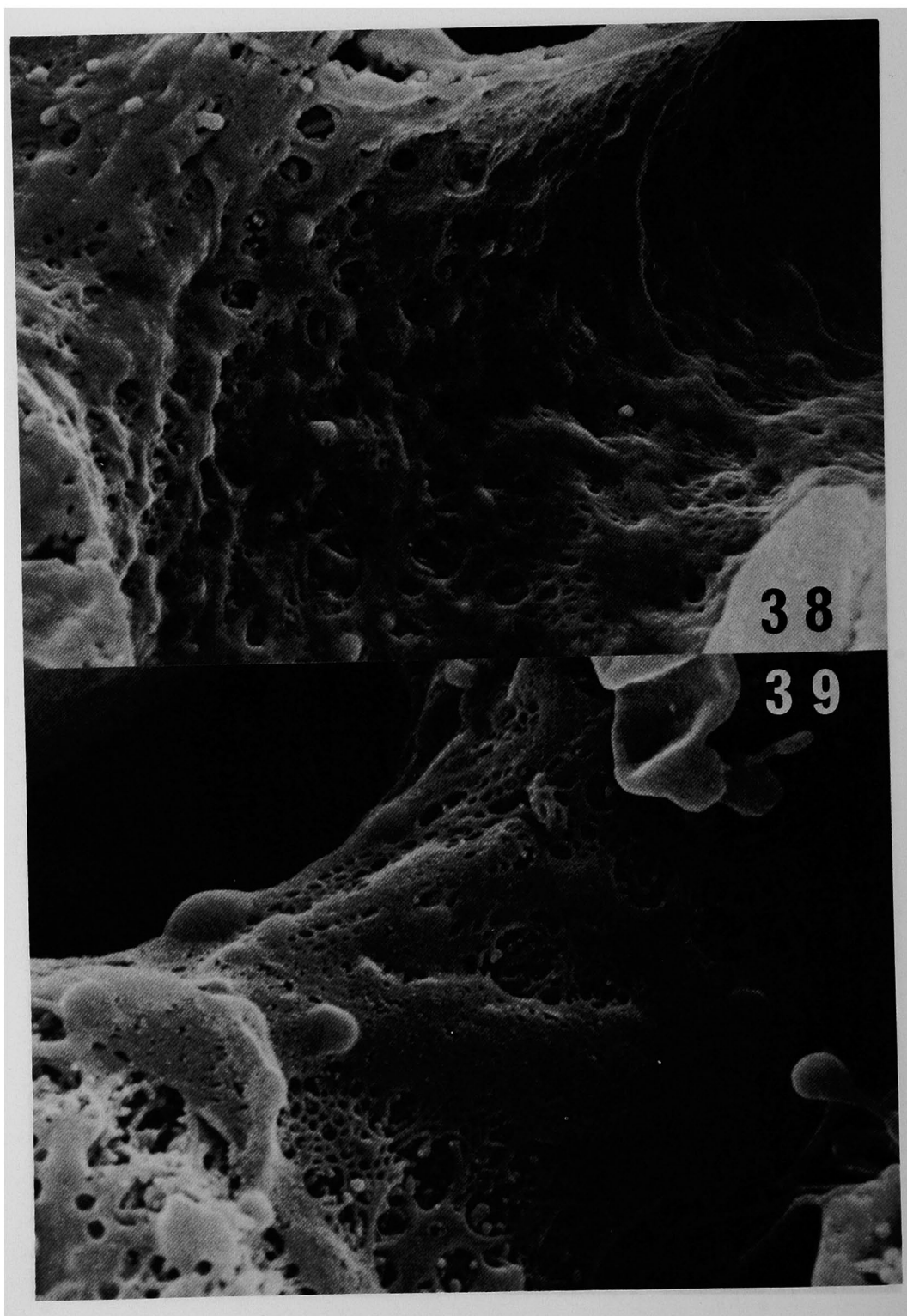
西山正夫論文附図



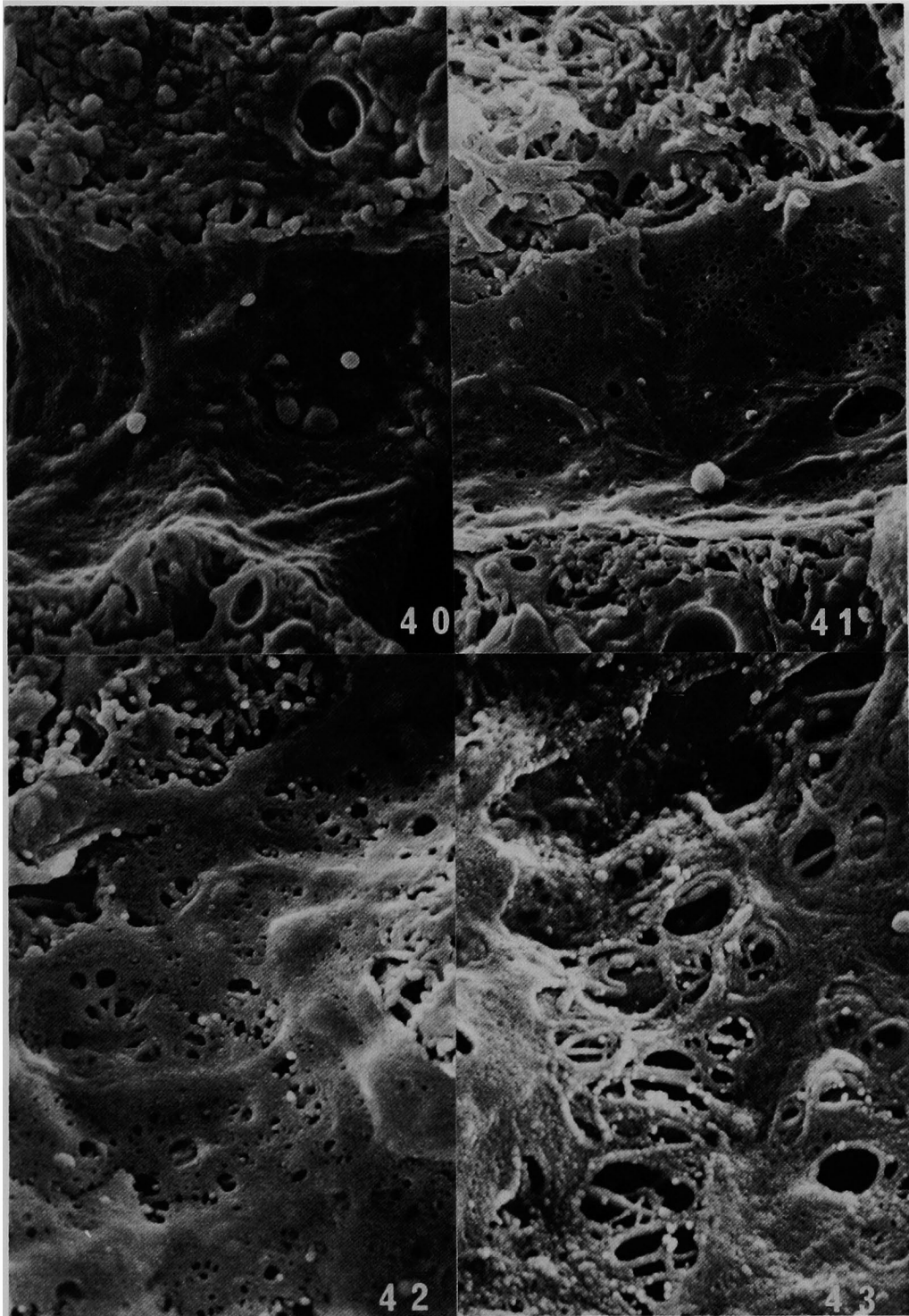
西山正夫論文附図



西山正夫論文附圖



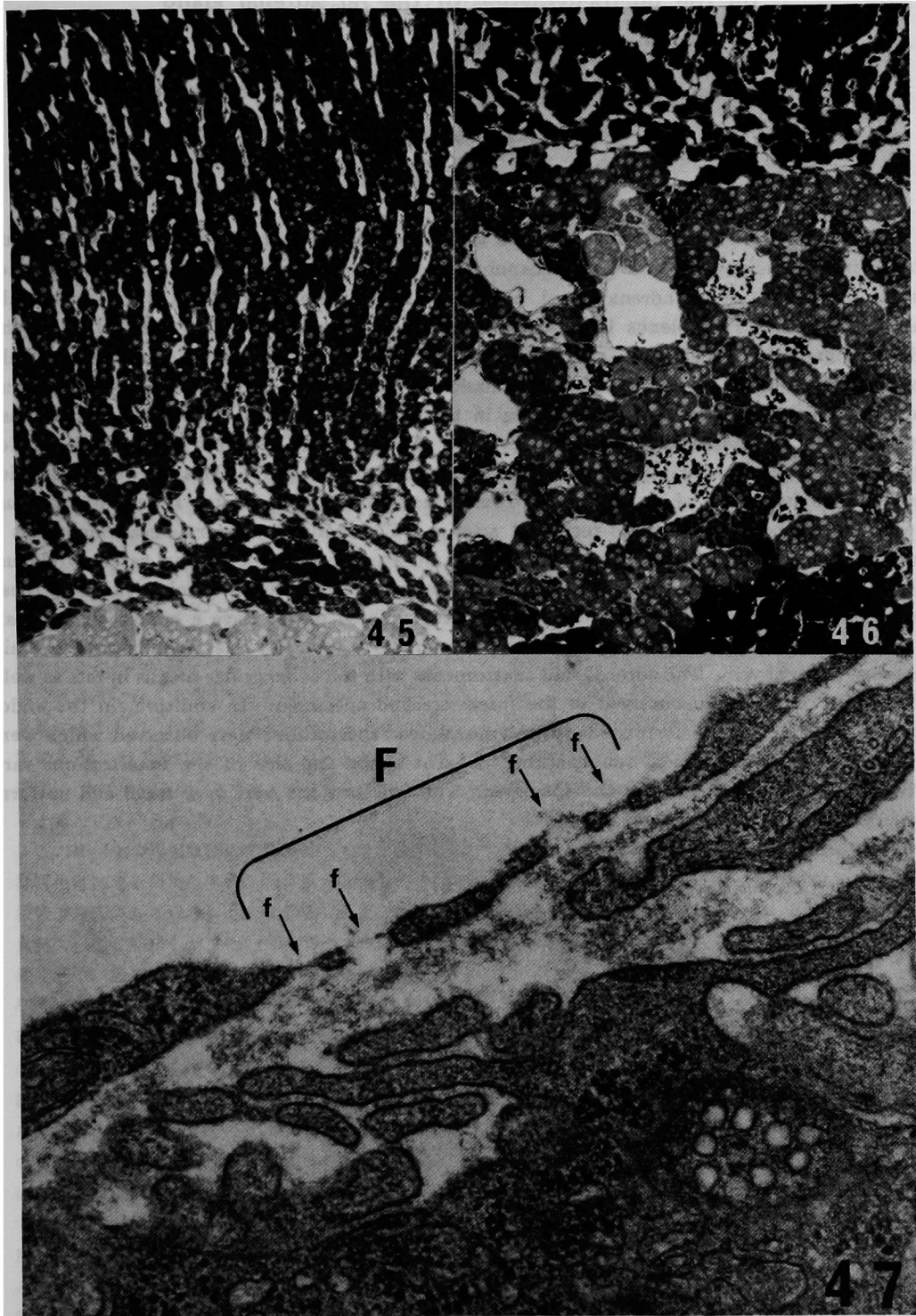
西山正夫論文附図



西山正夫論文附圖



西山正夫論文附図



**A scanning electron microscopic study
on the microcirculating of the rat adrenal gland**

Masao NISHIYAMA

The First Department of Surgery, Okayama University Medical School,

Okayama, Japan

(Director : Prof. K. Orita)

The microcirculation of the rat adrenal gland was studied with a corrosion cast technique and a freeze-cracking method under scanning electron microscopy. 1) The adrenal arteries run in the surface of the adrenal gland, branch off into arterioles which finally form the subcapsular plexus. This plexus is a dense anastomosing network covering the surface of the adrenal gland. 2) The cortical capillaries arise from the subcapsular plexus, and run vertically towards the adrenal medulla. These capillaries have sinusoidal structures. 3) The cortical capillaries make up a honey-comb pattern in the outer glomerulosa zone and become dense and thick in the cortico-medullary border. 4) The medullary, cortical and looped arteries penetrate the subcapsular plexus and run vertically into the cortex. 5) Most medullary arteries have 1 to 3 branches which run back towards the surface to join in the subcapsular plexus. Hence the author termed these recurrent arteries. The medullary artery occasionally has a branch which runs to the medulla, but does not anastomose with the cortical capillary plexus. 6) The capillaries of the medullary artery are smaller, and the plexus which is made of these capillaries is more coarse than the cortical plexus. These plexuses have a coarse anastomosis with cortical capillaries and then run into the medullary vein. 7) The medullary veins drain into one adrenal vein. The adrenal vein anastomoses with the subcapsular plexus in rats as well. 8) Similar results were observed in the freeze-cracked specimen. In addition, in the endothelium of the cracked cortex, many polymorphous fenestrations were observed which were analogous to liver sinusoidal fenestrations. 9) The shape and size of the fenestrations vary with the technique of making the specimen. The fenestrations were very small and uniform when the adrenal gland was not irrigated.