

アカゲザルの腎糸球体血管構築 鋳型走査電子顕微鏡法による観察

岡山大学医学部解剖学第二講座（主任：村上宅郎教授）

畦 平 孫 三 郎

（昭和56年8月6日受稿）

Key words: アカゲザル (rhesus monkey)
腎糸球体 (kidney glomerulus)
血管構築 (vascular architecture)
鋳型 (corrosion cast)
走査電顕観察 (scanning electron microscopy)

緒 言

腎糸球体が微小血管の密な集塊であることは Malpighi 以来一般に認められている^{1),2)}。腎糸球体の血管構築は従来墨汁注入連続切片あるいはラテックス樹脂注入鋳型標本など光学顕微鏡的方法で調べられてきた。しかしながら、標本作成上の問題や光学顕微鏡の低い解像力、浅い焦点深度など技術的制約により、腎糸球体血管構築の細部とくに糸球体内の毛細血管配列について多くの問題が残されている。

Vimtrup³⁾や Wilmer⁴⁾等は主としてイヌなどの動物試料を連続切断法で調べ、腎糸球体は相互に吻合のない独立した数本の毛細血管ループから成るとした。このループ説は現在まで代表的な糸球体血管分布様式のモデルとして多くの教科書^{1),2)}に採用されてきた。

Johnston⁵⁾はヒトの糸球体を連続切片再構築法で調べ、糸球体は独立したループ血管の集合ではなく、相互に吻合し合った血管群すなわち毛細血管網から成るとした。この血管網説は長い間無視されたが、近年 Hall⁶⁾がラテックス注入ラット鋳型標本でまた Boyer⁷⁾, Elias⁸⁾, Lewis⁹⁾がヒト、イヌ、ウサギ、モルモット、ヒツジ試料の連続切片再構築法で Johnston⁵⁾のモデルを支持する結果を得た。特に Hall⁶⁾は糸球体毛細血管網の小葉構造（分葉化）をしめすとともに、各小葉はそれぞれ独立した形態的機能的血液

循環の単位であると述べた。しかしながら、これらの研究はいずれも光学顕微鏡によるものであり、また微小解剖や再構築法等、技術的問題もあって、決定的な説得力に欠けていた。

最近、新しく低粘度メタクリレート樹脂による微細血管鋳型法が開発され、これと走査電子顕微鏡観察を組み合わせると、微小循環路すなわち微小血管構築について非常に説得力のある所見が得られることが示された¹⁰⁾。この鋳型走査電子顕微鏡法によって、ラットとヒトの腎糸球体毛細血管叢は分葉化をしめす網を形成することが議論の余地なく明瞭に証明された^{11),12)}。

本研究はアカゲザルの腎糸球体血管構築を上記の鋳型走査電子顕微鏡法で調べ、従来の所見と比較検討するとともに、糸球体内における血管新生について新知見を追加する。

材 料 と 方 法

アカゲザル（雄、生後約1年）の低粘度メチルメタクリレート樹脂胸部大動脈注入によって臍血管を鋳型した際に得られた腎血管鋳型標本を使用した（下記参照¹³⁾。この標本を実体顕微鏡下にピンセットで注意深く解剖し、輸入、輸出動脈を確認しながら45個の腎糸球体を剖出分離した。45個の糸球体の内訳は腎皮膜下層、皮質中部、皮質髓質境界部各15個である。

45個の糸球体のうち15個（皮膜下層、皮質中部、皮質髓質境界部各5個）は直ちに（微解剖

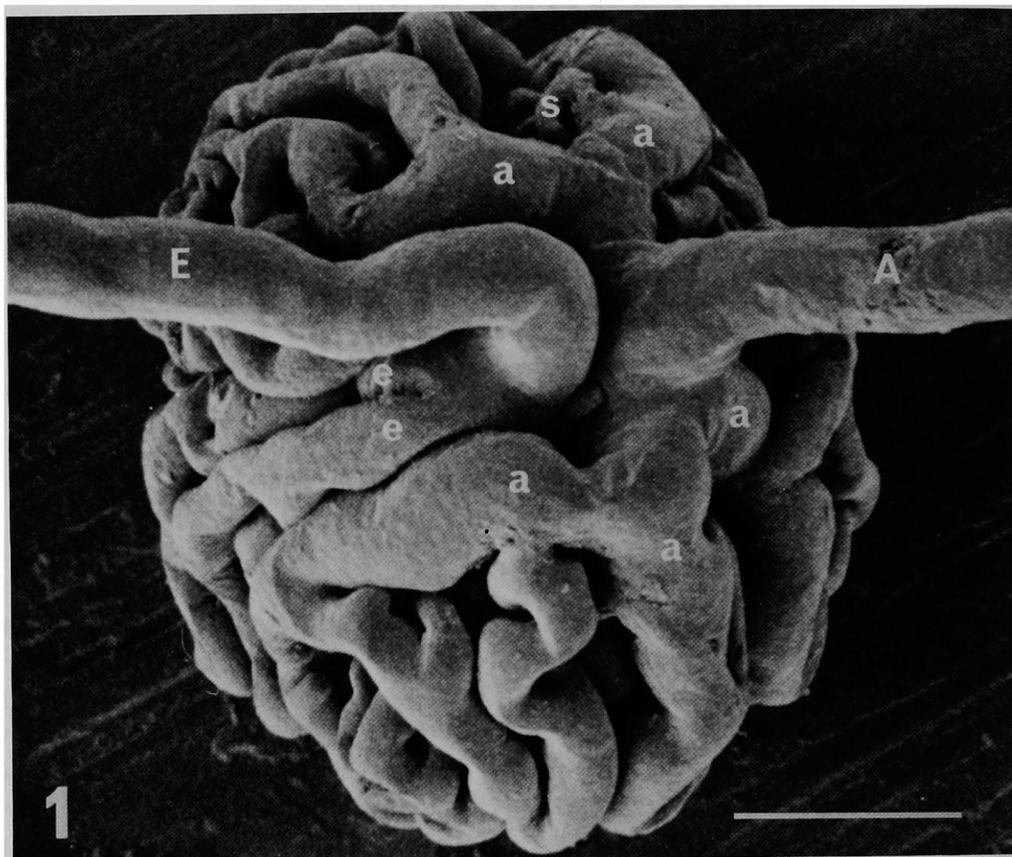


Figure 1. Scanning electron micrograph of a typical subcapsular glomerulus, which was replicated with low viscosity methacrylate resin and isolated from the left kidney of a young male rhesus monkey (about one year old). The glomerulus consists of multiply and freely anastomosing capillary networks. The afferent arteriole (A) divides into the lobular branches or afferent rootlets (a) and supplies the networks of the glomerulus. The efferent vessel (E) receives the efferent rootlets (e) of the networks, and emerges in the vascular pole between the lateral branches of the afferent arteriole. Note that the newly formed vessels (s) with marked thin and slender configurations are directly connected near the vascular pole to a lobular branch. Bar=50 μ m.

することなく、下記参照)真空蒸着装置(日本電子, JEE 4C)内で金を約1000Åのの厚さに蒸着し、加速電圧5 kVで走査電子顕微鏡(日本電子, JSM-U3)下に観察した(Figure 1, 2)。残りの30個の糸球体は加温エタノール(約50°C)に約2時間浸して軟化させ、その後実体顕微鏡下にピンセットで注意深く(輸出・輸入両細動脈を引張って)伸展(Figure 4, 5)あるいは(輸出・輸入両細動脈側より圧迫または糸球体両外側部を引張って)展開(Figure 5, 6)した^{11), 14)}。30個のうち伸展した糸球体は15個(皮膜下層, 皮質中部, 皮質髓質境界部各5個), 展開した糸

球体は15個(皮膜下層, 皮質中部, 皮質髓質境界部各5個)である。伸展あるいは展開した糸球体は冷水に浸して硬化後空气中で乾燥し、上記のように金を蒸着して走査電子顕微鏡によって観察した。

結 果

調べた45個の腎糸球体はすべて1本の輸入細動脈と1本の輸出細動脈をもち(afferent and efferent arterioles, Figure 1—6), 複数の輸入あるいは輸出細動脈をもつ異常な糸球体はなかった。

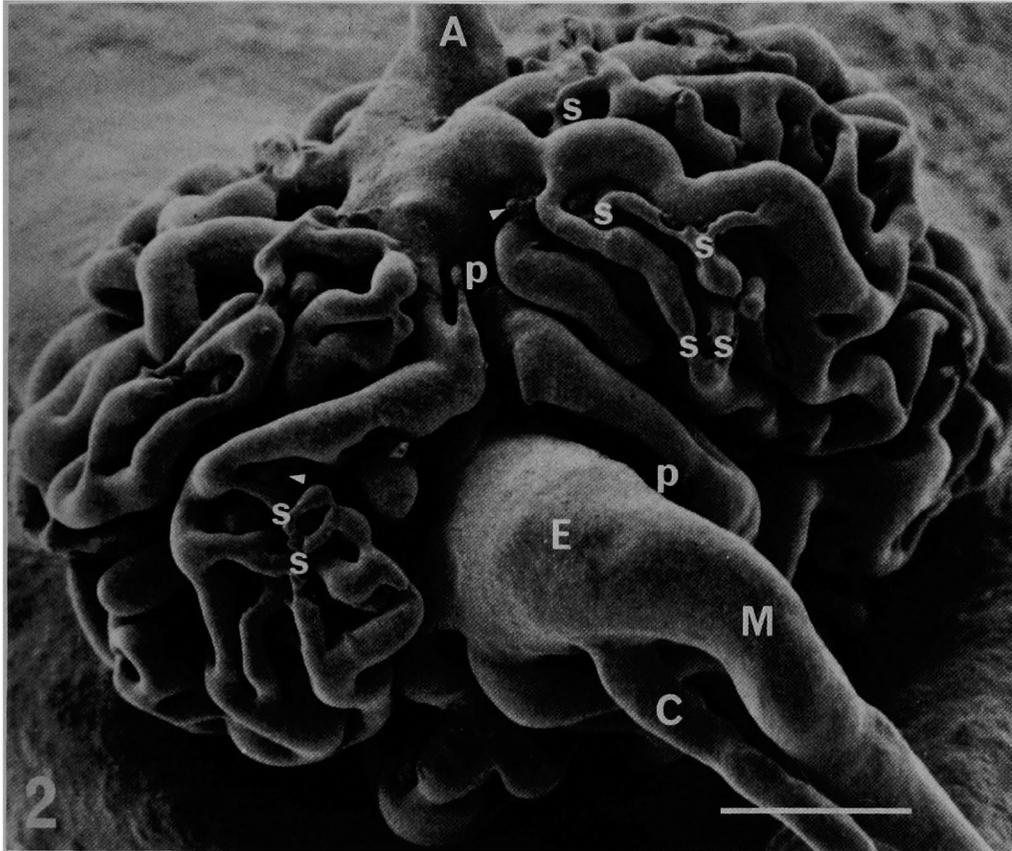


Figure 2. Scanning electron micrograph of a typical cortico-medullary glomerulus of the young rhesus monkey (left) kidney. The cortico-medullary glomerulus is larger in size and richer in capillaries than the subcapsular glomerulus (Figure 1). In the cortico-medullary glomerulus, the afferent vessel (A) is thinner than the efferent arteriole (E) which emits the medullary branch (M) and the cortico-medullary twig (C). The vascular pole, the area between the afferent and efferent vessels, is markedly opened or widened by the invasion of the developed capillary networks. Arrow, leaked resin coagulum; p and s, newly formed capillaries (see text). Bar = 50 μ m.

各糸球体は多少の変形はあるとしても、原則として球形であった (Figure 1, 2)。皮膜下層からの腎糸球体は比較的小さく直径平均約150 μ (Figure 1)、皮質中部のものは中間の大きさを示し直径平均約180 μ 、皮質髄質境界部のものは大きくて直径平均約220 μ (Figure 2)であった。また、輸入細動脈は一般に輸出細動脈より太いが (Figure 1)、皮質髄質境界部の糸球体では常に輸出細動脈が輸入細動脈より太く鋳型された (Figure 2)。

各糸球体の輸入細動脈は近傍の小葉間動脈あるいはその枝から起るが、皮質髄質境界部では

直接弓状動脈から起るものもあった。皮膜下層の糸球体からの輸出細動脈は皮膜下の、皮質中部糸球体からの輸出細動脈は同部の腎実質すなわち旁尿細管毛細血管網に移行する。皮質髄質境界部の腎糸球体輸出細動脈は髄質に下り、髄質の旁尿細管毛細血管網をつくる外にその根部で小枝を派生して皮質髄質境界部の旁尿細管毛細血管網を養う (Figure 2)。糸球体を経ないで直接旁尿細管毛細血管網に達するいわゆる真性直 (達) 動脈は発見できなかった。

観察した45個の糸球体の内部毛細血管はすべて良く注入されていた。すなわち、糸球体内各

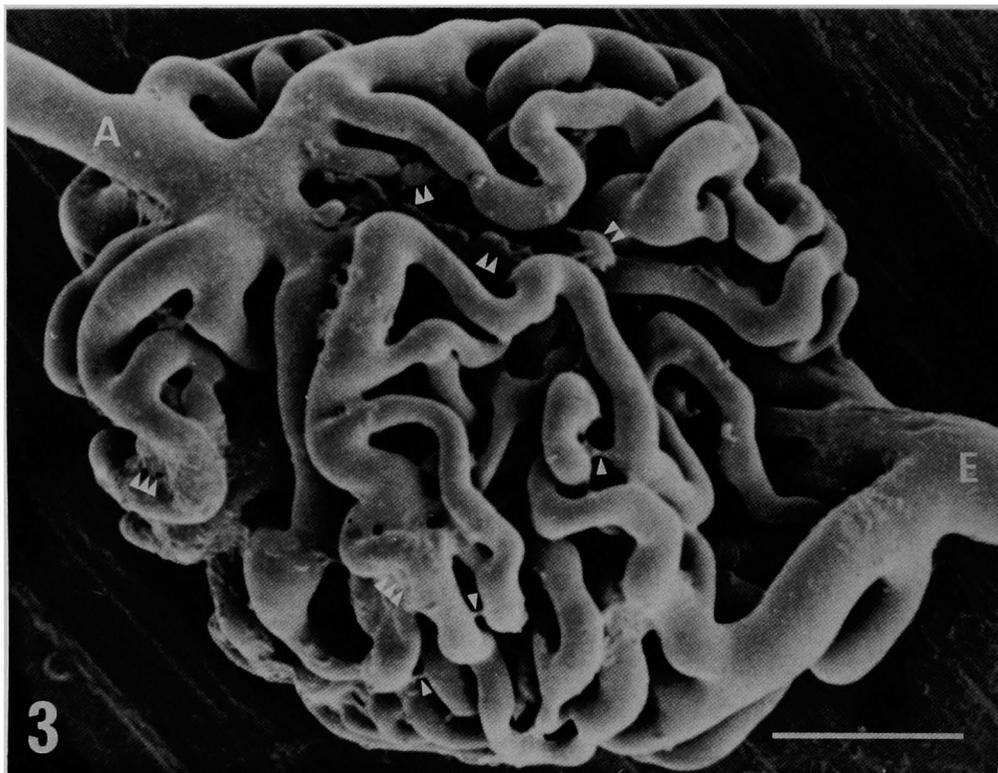


Figure 3. A cortico-merullary glomerulus, which was extended in a warm ethanol bath (a view from the vascular pole). This picture clearly shows that no short-cut communication occurs between the afferent (A) and efferent (E) vessels. Single arrow, thready remnant of macerated tissue; double arrow, leaked resin coagulum; tripple arrow, muddy remnant of macerated tissue. Bar = 50 μ m.

毛細血管は、血管新生をしめすごく細いあるいは盲端で棘状に終るものを除いて(Figure 1, 2) (下記参照), 十分膨らんだ状態で鋳型されており, これらの血管の不連続性すなわち注入不全は認められなかった。剖出分離した糸球体の直接走査電子顕微鏡観察では自然な状態の糸球体血管構築の外観が(Figure 1, 2), アルコール解剖試料では(血管の連絡を損うことなく)内部の構造すなわち血管配列が観察できた(Figure 3—6)。以下, これらの所見をまとめて述べる。なお, 軽度の樹脂(鋳型剤)の注入漏れや腐蝕あるいは水洗不足による鋳型の汚染が認められた。樹脂の注入漏れは小さい付着球(Figure 3)あるいは不整の凝集塊(Figure 2, 3)として(下記参照), 軟部組織残存による汚染は血管に張る細い糸状の(Figure 3)あるいは不定粘着物(Figure 3)として認められた。これらの粘

着物や漏出塊はすくなく, またそれぞれの特徴から血管と明瞭に区別でき, 本研究の主眼とした血管連絡観察の障害とはならなかった。

腎糸球体血管は分枝吻合を繰り返して毛細血管網を形成し(Figure 1—6), この網は分葉化をしめす(Figure 4, 6)。すなわち, 腎糸球体輸入細動脈は血管極で2~6本の小葉輸入枝(lobular branches or afferent rootlets, Figure 1, 4)に分枝する。この小葉輸入枝が三次元的に自由に分枝吻合を繰り返して, ほぼ独立した小葉毛細血管網(下記参照)をつくる。小葉血管網はまず尿管極に向かい, 尿管極で反転して再び血管極に向かい, 血管極近くで2~4本の小葉輸出枝(efferent rootlets, Figure 1, 4)となる。そして各小葉の小葉輸出枝が血管極で集合して腎糸球体輸出細動脈となる。典型的な例すなわち皮膜下糸球体では, 小葉輸出枝の集合は

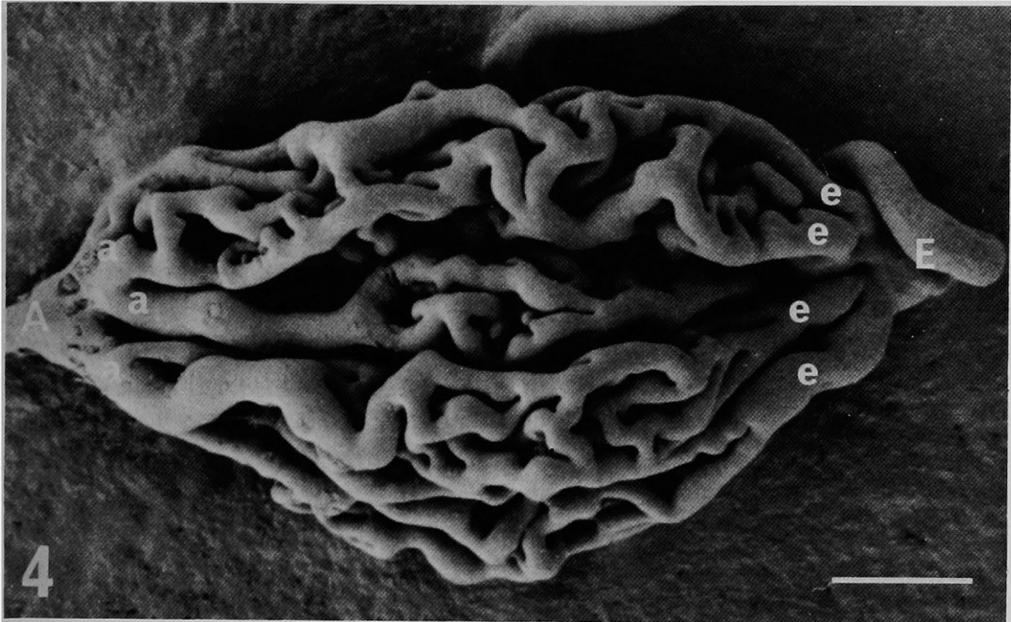


Figure 4. An alcohol-extended mid-cortical glomerulus (a view from the urinary pole). The lobular branches (a) of the afferent arteriole (A) divide into the capillary networks which are confluent into the efferent rootlets (e). This picture confirms that no main pathway occurs within the glomerular capillary networks. Bar = 50 μ m.

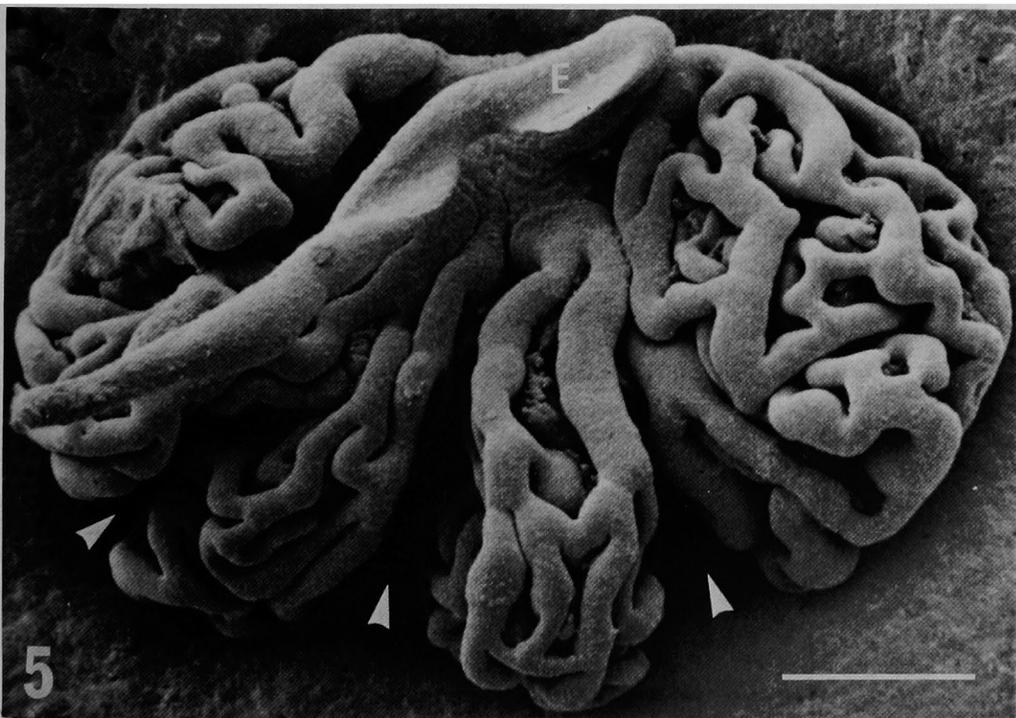


Figure 5. Slightly pressed form of a mid-cortical glomerulus. The glomerulus is divided by three gaps (arrow) into four lobules. This picture exactly proves the lobulations of the glomerular capillary networks. E, efferent vessel. Bar = 50 μ m.

小葉輸入枝によって両外側から抱きかかえられ、結果として輸出細動脈は両外側小葉輸入枝の間から血管極に現われる形態をとる (Figure 1). 糸球体が大きくて血管網がよく発達する皮質髄質境界部の糸球体 (下記参照) では、発達した血管網によって両外側の小葉輸入枝が側方に押しやられ、必ずしも前述の典型的な形態をとらない (Figure 2).

糸球体毛細血管網の分葉化 (小葉構造) は展開試料 (上記参照) ではじめて明瞭となった (Figure 5, 6). 展開した15個の糸球体のうち12個で全分葉数が判明した。すなわち、2分葉化3個 (すべて皮膜下層), 3分葉化4個 (皮膜下層1, 皮質中部2, 皮質髄質境界部1), 4分葉化3個 (皮質中部1, 皮質髄質境界部2) (Figure 5), 5分葉化1個 (皮質中部), 6分葉化1個 (皮質髄質境界部) であった。残り3個については展開が不十分であったが、1個 (皮質下層)

については分葉化が2以上、他の2個 (皮質中部1, 皮質髄質境界部1) では分葉化が3以上と認定された。

各腎糸球体毛細血管小葉 (lobules, Figure 5) は少数 (1—4本) の細い毛細血管によって互に連絡される (Figure 6). この小葉間架橋血管 (bridging capillaries, Figure 6) は血管極近くで、しかも血管小葉の輸出小葉枝近く (すなわち、血管小葉の遠位部) で起る。この架橋血管はアルコール展開試料 (上記参照) で明瞭に観察され、9個の糸球体12小葉間で確認できた。展開した残りの6糸球体については展開が十分でなく、架橋血管について検索できなかった。いずれにしても、観察できた小葉間には常に小葉間架橋血管が存在した。

糸球体の血管網の発達には腎の各層によって異なる。腎皮質髄質境界部では、糸球体が大きくまた血管網がよく発達 (網を構成する毛細血管

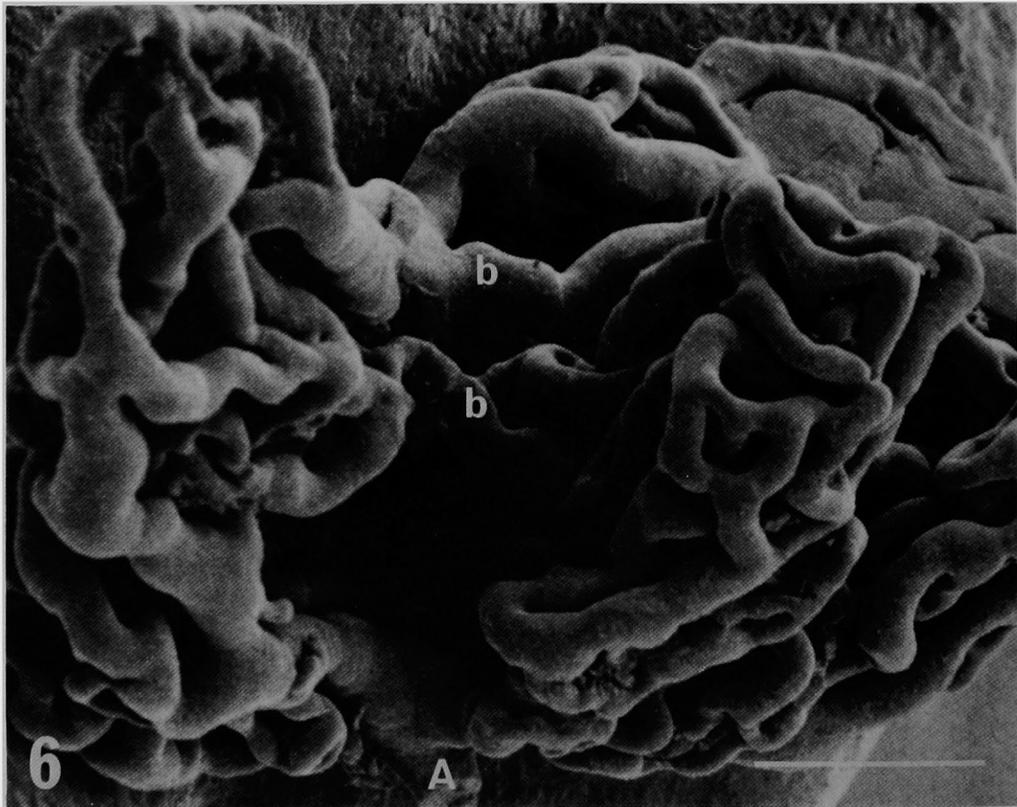


Figure 6. An interlobular area or gap exposed by microdissection in the alcohol bath. The lobules are intercommunicated with each other by a few bridging capillaries (b). A, afferent arteriole. Bar = 50 μ m.

数が多いということで、各毛細血管の径が太いということではない)しており、このために血管極が開いて輸入、輸出細動脈間を毛細血管網の一部が占める(Figure 2)。腎皮膜下の糸球体では、血管網の発達は皮質髄質境界部のものに比較して極度に劣り、輸入、輸出細動脈間に血管網が侵入することはなかった(Figure 1)。腎皮質中部では両者が混在したが、皮膜下型の糸球体が多かった。

糸球体輸入細動脈の分枝はすべて小葉輸入枝になり、小葉輸入枝はすべて糸球体小葉毛細血管に移行する(下記参照)。すなわち、輸入細動脈あるいは小葉輸入枝から輸出細動脈あるいは小葉輸出枝(上記参照)に直接連絡する短絡あるいは特定の血管は認められなかった。各小葉毛細血管網中にも短絡や血流の主路となるような特定の血管は認められなかった。これらのことはアルコール伸展した糸球体(上記参照)で明瞭に確認できた(Figure 3, 4)。

糸球体血管叢の基本構成単位である小葉毛細血管網の各毛細血管の太さは大小様々であった(Figure 1—6)。しかしながら、小葉輸入枝から分枝した毛細血管が尿管極に向かうに従って次第に細くなり、また血管極に近づくに従って(小葉輸出枝に集合するにつれて)次第に径を増すという法則性が認められた(Figure 4)。この血管網中に特に細い毛細血管の集団(s, Figure 1, 2)や鋭利な先端をもって盲端に終る小血管芽(p, Figure 2)が認められた。このような新生血管は血管網のよく発達した皮質髄質境界部の糸球体に多く認められ、その出現は血管極近く(小葉血管網中小葉輸入枝に近い部分)に専ら限られていた。

考 察

本研究は鋳型の走査電子顕微鏡観察(鋳型走査電子顕微鏡法)¹⁰⁾は複雑な血管分布連絡様式の解明に非常に有効な手段であることを確認し、そして低粘度メタクリレート注入法¹⁰⁾は極めて微細な新生血管の鋳型にも十分使用できることをしめした。

本研究は同時にアカゲザルの腎糸球体血管叢は分葉化をしめす毛細血管網であり、ラットや

ヒトの腎糸球体血管構築^{11),12)}と根本的に同じであることをしめした。上述したように、Vimtrup等^{3),4)}は腎糸球体は輸入・輸出細動脈間に張る数本の独立したループ状の毛細血管から成ると考えた。そして、TrabuccoとMarquez¹⁵⁾等は墨汁および樹脂注入標本の光学顕微鏡観察によって、糸球体が一連の輸入・輸出細動脈から多数の囊状にふくらむ房状の小管から成るとした。しかしながら、古くはJohnston等の連続切片光顕観察⁵⁾⁻⁹⁾や本研究を含む最近の鋳型走査電子顕微鏡法^{11),12)}で明らかにされたように、腎糸球体血管叢は輸入・輸出細動脈間に張る毛細血管網であって、決して吻合のないループでもなく又囊状の房でもない。恐らくTrabuccoとMarquez¹⁵⁾、Vimtrup³⁾等の誤謬は主として高粘度注入剤や不良連続切片など標本作製技術の不完全さから生じたものと考えられる。

Kajimierzak¹⁶⁾は出生直後のラットの幼若な腎糸球体を本研究と同じ鋳型走査電子顕微鏡法で調べ、糸球体の分葉化は発育途上極めて早い時期にすでに認められると述べている。このことは本研究で確認した分葉構造は糸球体血管構築上基本的要素であることを強く示唆している。

各小葉を連絡する架橋血管はMurakami¹¹⁾がラットではじめて記載し、本研究でも明瞭にその存在を確認した。Hall⁶⁾はヒト、イヌ、ラットのラテックス鋳型押しつぶし標本を光顕で観察し、小葉間には吻合がなく、従って各小葉は完全に独立した血液循環単位であると述べた。上述したように、本研究では小葉間に吻合を認めた。しかしながら、本研究はHall⁶⁾の考えを否定するものではなく、むしろ彼の説を支持するものである。すなわち、小葉間の架橋血管は少数で径も細く、血流の主路とは成り得ない。従って、各小葉は血液循環の一単位として認め得るものである。Johnston⁵⁾とBoyer⁷⁾はヒト試料を光顕による連続切片再構築法で調べ、ヒトでは腎糸球体血管叢は分葉化を示さないとした。しかし、最近の鋳型走査電子顕微鏡法による研究ではヒトでも分葉化が明瞭であることが確認されている¹²⁾。

本研究はさらに腎糸球体内における血管新生をはじめて立体的に把握した。すなわち、上述

したように、血管新生芽は鑄型上血管の「トゲ」として観察され、開通直後の新生血管は非常に細い吻合枝として通常の毛細血管間に架橋連絡する。Zlábek¹⁷⁾はラット糸球体墨汁注入切片の光顕観察で糸球体内に細い毛細血管と太い毛細血管を区別した。彼はこの二種の血管のうち、太い毛細血管を血球成分が主として流れ、細い毛細血管を血球を除いた液体成分が主として通ると単純に総括した。Zlábek¹⁷⁾の細い毛細血管が本研究で述べた新生開通血管に相当する。

新生血管は血管極とその周囲に限って認められ、血管極が腎糸球体の主な血管供給源と考えられる。新生児ラット^{14),16)}と成体ラット¹¹⁾の鑄型走査電子顕微鏡法による比較観察で、腎糸球体では加齢によってその血管数が増加し糸球体自身も大きくなることは明らかである。すなわち、腎糸球体では加齢とともに血管が新生されることは議論の余地がない。Zlábek¹⁷⁾が記載し本研究で認めたごく細い新生血管はやがて成長して通常の毛細血管になると思われる。また個々の糸球体毛細血管の径の不整は正に各血管の新生時期を反映するものであろう。すなわち、比較的太い毛細血管は糸球体発育初期に、比較的細い血管はごく近い時期に開通完成されたものと考えてよいと思う。

ラットの新生児と成体^{11),16)}、ヒトの新生児¹²⁾そして本研究の若いサルを通して、皮質の糸球体は皮質髄質境界部の糸球体より小さく、構成毛細血管数も少ない。また、腎発生において皮質髄質境界部の糸球体が最初に分化し、皮質特に皮膜下の糸球体の分化は遅れることが知られている。これらのことと上記の加齢による血管数の増加の事実は、発生初期から成人に至るまで、皮質と皮質髄質境界部の糸球体においてほぼ同じ程度に血管が新生成長していることを示している。換言すれば、正常腎における糸球体の大小と構成血管の多寡はそのままその糸球体の分化時期の早遅を反映していることになる。

糸球体内毛細血管路に関連して、Hall⁶⁾はヒト、イヌ、ラットの糸球体小葉中に特に太い毛細血管が存在し、この血管が輸入細動脈と輸出細動脈間の側副路となっていると述べた。また、Ljungquist¹⁸⁾や Casellas と Mimran¹⁹⁾は墨汁や

ラテックス注入標本の光顕観察で、ヒト、ウサギ、ラットの腎糸球体輸入細動脈と輸出細動脈を直接結ぶ短路を報告している。しかしながら、本研究を含めた最近の信頼すべき低粘度注入剤による鑄型走査電子顕微鏡観察^{11),12),20),21),22)}や樹脂包埋連続切片の電顕再構築法²³⁾によるヒト、サル、ラットの調査では、小葉内はもちろんのこと輸入・輸出細動脈間に、如何なる短路や側副路あるいは特定主要血管路も確認されていない。ただ、Spinelli等²⁰⁾が鑄型走査電子顕微鏡法で老齢ラットの糸球体小葉辺縁部を走る太い血管を認め、これを主要血流路と述べている。しかしながら、彼等の研究は糸球体を外部から観察したのみで、微解剖を駆使した内部観察を怠っており、必ずしも信用できない。おそらく内部にも太い血管（すなわち発生的に古い血管、上記参照）が存在するはずであり、辺縁のものだけを観察特記することは微小循環研究上甚だ妥当性を欠くものである。

鑄型走査電子顕微鏡法によるラットの調査で、腎糸球体は稀に重複輸入²⁴⁾あるいは重複輸出¹⁴⁾細動脈を持つことが知られている。本研究ではこれらの異常な破格は認められなかった。これは調査した例数が限られたためである。

本論文では、個々の血管の太さ（径）の数値はとくに述べていない。これは低粘度注入剤では血管が十分に注入される反面、内腔が過度に拡大した状態で再現され、必ずしも自然な血管内腔を描写しないと同時に一般に固定収縮した試料の光顕あるいは電顕観察で計測される数値とも対応しないからである。また、生体では腎糸球体においてもすべての毛細血管中を常に血液が充満して流れているわけではない。すなわち、血管とくに毛細血管では血管の太さは何に基準を置いて求めるかという問題があり、すくなくとも著者は過度に拡張した状態での計測は生理学的にも形態学的にもあまり意味を持たないと考える。従って、本論文では血管径について「太い」「細い」など相対的抽象的表現にとどめ、挿入した写真中に目盛指標をしめして一応の参考に供した。なお、本稿で述べた「太い」「細い」は血管の内腔（すなわち、内径）を表現したもので、血管壁を含むいわゆる外径を示

すものではない。もちろん、写真でしめされた鋳型 (Figure 1—6) は血管内腔を再現したものである。

本研究で用いた低粘度注入剤は縮合し、硬化後80~90%容積となる。従って、注入剤が血管内で長さに変化なく硬化したとすれば、鋳型は注入された血管の約89~94%径 (太さ) を示すこととなる。しかし、実際には硬化時長さも同様に収縮すると考えるのが妥当であり、この場合計算上 (球として均一に収縮するものとして) 鋳型は注入血管の約93~97%径 (太さ) を再現することになる。そして、走査電子顕微鏡の機械的誤差とその操作による人為的誤差が最少±10%加わる。従って、最終的に写真に記録される各血管鋳型は注入された血管の約84~107%の径 (太さ) を示すことになる。

本研究で用いた低粘度メタクリレート注入剤は約10 centipoiseの粘度をもち、胸部大動脈より約200mm水銀柱圧で注入された。上述したように、軽度ではあるが注入剤の漏出が認められた。このことは本研究で観察した鋳型標本は血管が破れる寸前まで最大限に拡張した血管内腔を再現していることを示している。なお、注入剤の漏出による樹脂の不整凝集塊 (Figure 2, 3) は

血管壁内の、そして球状塊 (Figure 3) は血管壁外への漏出として理解される。

結 語

アカゲザル腎糸球体血管叢を低粘度メタクリレート樹脂で鋳型し、走査電子顕微鏡で観察した。腎糸球体血管叢は自由に吻合を繰り返す毛細血管網からなり、この網は分業化をしめした。各分葉は少数の架橋毛細血管で互に交通していた。しかしながら、架橋血管は細く、各分葉は微小循環上独立した単位として認め得るものであった。

非常に細い毛細血管がときどき糸球体の血管極とその周囲に観察された。これらの微細血管は糸球体における血管新生をしめすものである。

糸球体輸入・輸出細動脈間そして糸球体毛細血管網中には、如何なる血管の短絡や主路も認められなかった。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、終始村上宅郎教授の指導と援助を得た。また、赤羽学教授 (岡山大学文学部) には論文の校閲をしていただいた。両博士に厚く御礼申し上げる。

文 献

1. Bargmann, W.: *Histologische und Mikroskopische Anatomie des Menschen* 6., Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, pp. 510—536, 1967.
2. Bloom, W. and Fawcett, D.W.: *A Textbook of Histology* 10th ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia-London-Toronto, pp. 766—797, 1976.
3. Vimtrup, B.J.: On the number, shape, structure, and surface area of the glomeruli in the kidneys of man and mammals. *Am. J. Anat.* 41, 123—151, 1928.
4. Wilmer, H.A.: The arrangement of the capillary tuft of the human glomerulus. *Anat. Rec.* 80, 507—518, 1941.
5. Johnston, W.B.: A reconstruction of a glomerulus of the human kidney. *Anat. Anz.* 16, 260—266, 1899.
6. Hall, B.V.: Further studies of the normal structure of the renal glomerulus. In *Proceedings of 6th Ann. Conf. Nephrotic Syndrome*, Nat. Nephrosis Found., New York, pp. 1—39, 1955.
7. Boyer, C.C.: The vascular pattern of the renal glomerulus as revealed by plastic reconstruction from serial sections. *Anat. Rec.* 125, 433—441, 1956.
8. Elias, H.A.: De structura glomeruli renalis. *Anat. Anz.* 104, 26—36, 1957.
9. Lewis, O.J.: The vascular arrangement of the mammalian renal glomerulus as revealed by a study of

- its development. *J. Anat.* **92**, 433—440, 1958.
10. 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.
 11. Murakami, T.: Vascular arrangement of the rat renal glomerulus. A scanning electron microscope study of corrosion casts. *Arch. Histol. Jpn.* **34**, 87—107, 1972.
 12. Murakami, T.: Methyl methacrylate injection replica method. In *Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy Vol. 6*, ed. A. M. Hayat, Van Nostrand Reinhold Co., New York-Cincinnati-Atlanta-Dallas-San Francisco, pp. 159—169, 1977.
 13. Fujita, T. and Murakami, T.: Microcirculation of monkey pancreas with special reference to the insulo-acinar portal system. A scanning electron microscope study of vascular casts. *Arch. Histol. Jpn.* **35**, 255—263, 1973.
 14. Murakami, T., Miyoshi, M. and Fujita, T.: Glomerular vessels of the rat kidney with special reference to double efferent arterioles. A scanning electron microscope study of corrosion casts. *Arch. Histol. Jpn.* **33**, 179—198, 1971.
 15. Trabucco, A. and Marquez, F.: Structure of glomerular tuft. *J. Urol.* **67**, 235—255, 1952.
 16. Kajmierczak, J.: A study by scanning (SEM) and transmission (TEM) electron microscopy of the glomerular capillaries in developing rat kidney. *Cell Tiss. Res.* **212**, 241—255, 1980.
 17. Zlábek, K.: Über dünne intercapillare Anastomosen im Nierenglomerulus der Ratt. *Acta Anat.* **85**, 177—189, 1973.
 18. Ljungquist, A.: Ultrastructural demonstration of a connection between afferent and efferent juxtamedullary glomerular arterioles. *Kidney Int.* **8**, 239—244, 1975.
 19. Casellas, D. and Mimran, A.: Glomerular pathways in intrarenal microvasculature of aged rats. *Am. J. Anat.* **156**, 293—298, 1979.
 20. Spinelli, F.R., Wirz, H., Brücher, C.H. and Pehling, G.: Non existence of shunts between afferent and efferent arterioles of juxtamedullary glomeruli in dog and rat kidneys. *Nephron* **9**, 123—128, 1972.
 21. Spinelli, F.R.: Structures and development of the renal glomerulus as revealed by scanning electron microscopy. In *International Review of Cytology* **39**, ed. G. H. Bourne and J.F. Danielli, Academic Press, New York-San Francisco-London, pp. 345—381, 1974.
 22. Anderson, B.G. and Anderson, W.D.: Renal vasculature of trout demonstrated by scanning electron microscopy, compared with canine glomerular vessels. *Am. J. Anat.* **145**, 443—458, 1976.
 23. Yang, G.C.H. and Morrison, A.B.: Three large dissectable rat glomerular models reconstructed from wide-field electron micrographs. *Anat. Rec.* **196**, 431—440, 1980.
 24. Murakami, T.: Double afferent arteriole of the rat renal glomerulus as studied by the injection replica scanning electron microscope method. *Arch. Histol. Jpn.* **39**, 327—332, 1976.

Blood vascular architecture of the rhesus monkey kidney Glomerulus.

A scanning electron microscope study of corrosion casts

Magosaburo UNEHIRA

Department of Anatomy, Okayama University Medical School, Okayama, Japan

(Director: Prof. T. Murakami)

Blood vascular beds of the rhesus monkey kidney glomerulus were replicated with low viscosity methacrylate resin and observed in a scanning electron microscope.

The glomerular blood vascular beds consisted of freely and multiply anastomosing capillary networks, which showed lobulations. The lobules intercommunicated with each other by a few bridging capillaries. The lobules, however, could be recognized as fairly independent units in the glomerular microcirculation as the bridging vessels were small in size.

Very faint capillaries were sometimes observed in and near the vascular pole of the glomerulus. These faint vessels represented new formations of the glomerular capillaries.

Neither short-cut communication nor main pathways were noted between the glomerular afferent and efferent vessels nor within the glomerular capillary networks.