

[綜 説]

大脳各領域の血管構築特性について

東京女子医科大学病理学教室 (主任 松本武四郎教授)

助教授 武 石 詢  
タケ イシ マコト

(受付 昭和38年7月8日)

緒 言

われわれの教室では以前から各種臓器の血管構築を観察してきたが、その理由は発生学的にも明らかなように、血管構築がある意味で臓器形成の中軸をなし、換言すれば臓器の機能特性の一面は血管構築特性の投影であるとも言えるからである。そして事実これまでに観察してきた心、肺、肝、脾、腎等にはそれぞれ特徴ある血管構築が見られ、その観察結果がこれら臓器機能の理解の上に大きな意味を持ったことは既に発表された通りである。

言うまでもなく臓器にはそれぞれ特徴ある機能が見られるが、中でも脳は機能上特殊な地位を占めていると考えられ、それだけにその機能には多大の興味を持たれているにも拘らず、いざ手をつけるとなると他臓器と比較して余りにも機能表現が異つているために、どこから手をつけてよいか分らないという感じが強い。さればこそ古来脳に関する研究は無数にあり、その研究対象もおよそ人間が考えつく程のものはすべて網羅されているといつてもよい程であるにも拘わらず、未だに脳機能は厚いヴェールにおおわれて何ともつかみどころがないという感じを持たざるを得ない。この事は、大脳領域の血管構築特性に関しても同様で、今更新たに加うべきものは殆んどないように見える。しかしこのとっつきにくい脳機能の問題に入るためには、矢張り臓器構成の共通的中軸をなす血管構築を明らかにすることが先決問題であると

考え、従来の諸報告を参考にしつつ、次ぎのような方法によつて大脳各領域における血管構築特性を巨視的規模で観察し、何がしかの実感を得たので其の概要について報告する。

観 察 方 法

材料は特別の變化ながないと思われる成人脳3例について、一つは合成樹脂注入法、他の二つは墨汁ゼラチン注入後、組織透明法をほどこした右大脳半球について観察し、血管への注入は何れも右内頸動脈より行なつた。観察は肉眼および実体双眼顕微鏡を主とし、一部普通生物顕微鏡をも用いた。

観 察 結 果

A. 大脳領域における脳動脈分布

この規模のことは一々文献をあげるまでもなく、どの教科書にも記載されていることであるが、一応其の特徴を整理して見れば次ぎのようになる。

1. 脳はその発生過程において管系の臓器に属するために、その血管分布は原則として表面に広く網状の分布を示し、しかる後内面に向つて実質枝を出す。しかし同じ脳でも基底核に分布するのは、腎に見られるようないわゆる樹枝状の分岐様式を以つて内から外へ向つて分布する。今これらの血管構築概観を見やすくするためのスケッチについて観察を進める。(写真1, 図1) ここに示されているのは右半球外側面であるが、右内頸動脈から発した中大脳動脈は他に類例を見ない蛇行、反回を示し乍ら脳回転と密接な関係をもちつ

Makoto TAKEISHI (Department of Pathology, Tokyo Women's Medical College): On the vascular architecture in various regions of the human brain.



图1 右大脑半球外侧面动脉树

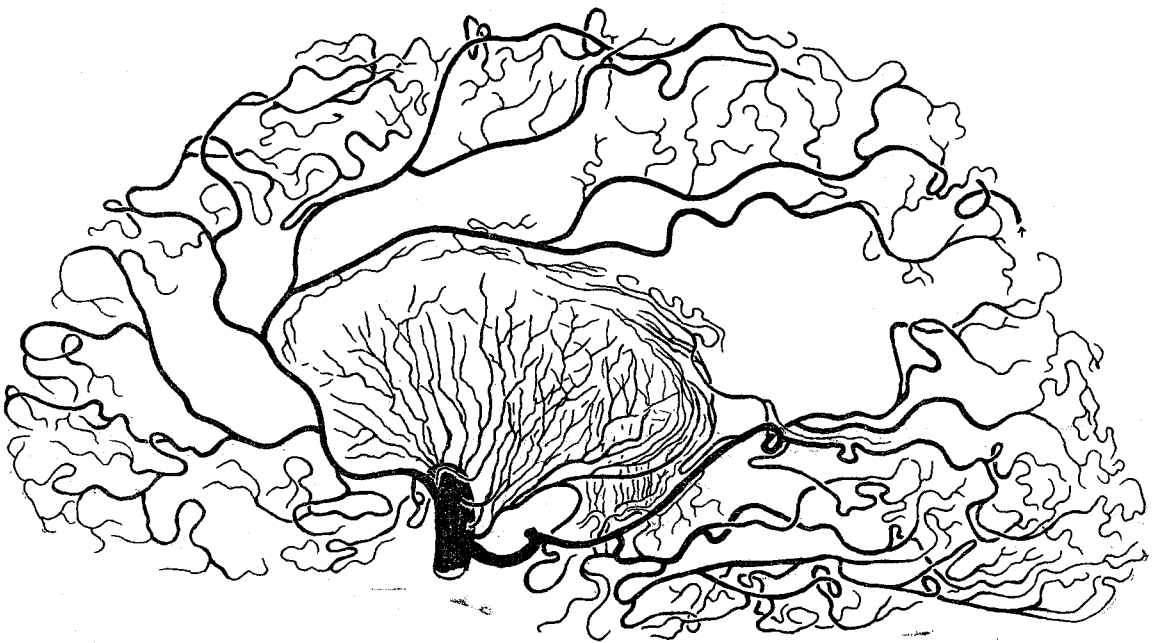


图2 右大脑半球内侧面动脉树

つ半球外側面全体に亘つて分布している。そして第4次分岐までの各分岐によつて示される、それぞれかなりまとまつた領域に分布する。しかし、この次序におけるこれら各領域間の血管構築は、原則において殆んど差異はなく、全経過に多少の長短が見られるにすぎない。そしてこれら分枝が脳実質に關与するのは大体第8—10次に至つてからで、それ以前の次序の枝が直接実質に關与することはごく一部の例外をのぞいては皆無である。すなわち実質關与領域以前までのところでは、これだけ広い大脳表面が非常に均等な血流条件を保っていることが分るし、またこの領域の血圧勾配がかなりゆるやかであることも分る。

2. 成書にある通り1872年 Cohnheim<sup>2)</sup> が脳血管は終末動脈であると指摘したが、Pfeiffer, Scharer<sup>1)</sup> による最近の報告によれば、少なくとも人間の脳には前毛細管吻合が認められるとされている。この度の私の観察に依つても同様で、実質關与の1—2次手前の次序において動脈吻合が数カ所に認められた。しかしそれ以前の次序には認められない。すなわち吻合はあるにはあるが其存在意義は甚だ心細いもので、一部脳血管閉塞等の場合における正常循環の維持には殆んど助けにならないと思われる。すなわち脳血管においては吻合はあるが血管構築上殆んど終末動脈と考へて差支えない。

3. このように分岐してきた動脈枝は、8—10次の間において唐草模様状に皮質表面をくまなく覆い一連の網を構成している(写真2)。但し網とはいへ網目相互間の吻合は上記のように非常に僅かであるから、実質に入るまでは嚴密な意味での網ではなく、各々独立した灌流領域を持つたものであることはいうまでもない。

以上は中脳動脈に關するものであるが、前および後脳動脈領域においても、原則は全く變りなく、唯その灌流領域がやゝ狭いのと、後脳動脈が主として A. Vertebralis から血液供給を受けていることが特徴といえる(図2)。

4. さきに特殊な例外を除いては、皮質領域の血管構築が原則的に同じであると述べたが、次に其の例外的なものについての観察を整理してみ

る。

a. 第1は側頭葉前端附近 Gyrus Temporalis inferior に分布する枝で、これは中脳動脈の主幹部から直接に分れ3—4次の後にはこの部分の実質と關係を持つに至る。

b. 第2は前頭葉下面のいわゆる Parolfactory area に至る分枝で、これは前脳動脈の主幹からじかに分れ、矢張り3—4次の後に実質と關係を持つ。

c. 第3は海馬回轉の血管分布で、こゝに対する枝は後脳動脈の1—2次の間で分れ、直ちに海馬角に入り、其の間の分岐次数は3—4次にすぎない。しかもここでは他の皮質における分枝とは異り、海馬角を前後からはさみうちにするような形で分布し、これらのうちで dorsal のものは内村<sup>3)</sup>によつて名づけられているいわゆる Sektorgefäßs になつている。

5. これら皮質に分布するものに対して、非常に異つた特徴ある血管構築を示すのが基底核領域である。ここに分布するものは主に中脳動脈始部、脈絡膜動脈、および後脳動脈始部の三カ所に由来し、主に下方から上方に向つて走っている。このような形は前述の如く一見腎血管構築に類似しているように見えるが、よく見るとこの領域では1本の主幹が分岐して多数の枝に分れるのではなく、上述の3動脈の多くの部分から始めから独立した多数の小枝がいきなり実質内に入りこみ、しかもそれらはあくまでも独立した樹枝状分岐を示すので、いわば雑木林的な構築を示している(写真3)。しかし脈絡膜動脈の分枝はやゝ趣を異にしている。すなわち其の一部は上述の雑木林の一端をになつているが、主枝の末梢は後脳動脈からの分枝と共に丁度基底核後方からこれを包みこむような形で分布し、それからの分枝は基底核後下方から前上方に向つて斜めに入りこんでいる。そしてこの特殊な構築を示す部分が丁度 Thalamus に相当する。

また、こゝでもう一つ特殊なのは後脳動脈からの分枝中には、直接主幹から実質枝の次序で分れているものが少数乍ら認められ、また全体としてもこの領域における分枝が実質と交渉を持つに至

るまでに僅か2~3次の分岐しかしていないことである。これに対し前述の雑木林的な枝は何れも大体7~9次の分枝ではじめて実質と交渉を持っており、皮質に対する血管樹の場合と回数において大差のないことを示している。このことは其のまゝ両者の血圧勾配の差異を示しており、基底核ではそれがかなり急であることがわかる。この点からいえば、基底核の血管構築は腎臓のそれに似ているし、皮質血管樹は腸間膜のそれに似ているということが出来る。

### B. 大脳実質領域における血管構築

以上述べたところは主にプラスチック注入標本を中心とした観察結果で、その次序は大体前毛細管領域までのところであつたが、以下墨汁注入透明標本に依り毛細管部分に関する観察結果を述べる。

1. 前章で述べたように、皮質表面は8~10次の分枝に依つて網状にあまねく覆いつくされているが、これらの網状分枝から、その点における切線に対してほぼ直角の方向に実質枝が入りこんでいる(写真4)。これらの実質枝はそれより1次上の次序の枝1本について大体2~4本程の割合で出ており、しかもそれぞれの実質枝の間隔はほぼ一定に近く、また実質枝相互にはほぼ平行関係が保たれている。これらの垂直実質枝はその長さに依つて3種類に分けることができる(写真5,6)。第1はその長さが丁度皮質の中に相当するもの。第2はその長さが皮質の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 付近でとまるもの。第3は皮質を貫いて髄質中にぬけるものである。これら3種の割合は、第3すなわち髄質に抜けるものが最も少なく全体約 $\frac{1}{10}$ 、これに対し他の2種類はほぼ同数で、やや短いものゝほうが多いように思われた。これら垂直実質枝は、其の周辺にかなりの均等さを持つて側枝を出し、大体2~3分岐で毛細管となり、相互に無数の吻合を形成して細かい毛細管網を形成する。

Lindgren<sup>4)</sup>に依れば、この様にして形成された皮質毛細管の長さは、 $1\text{mm}^3$ あたり20cmであるとされ、皮質全体の総体積が約 $500\text{cm}^3$ であるとすると、皮質毛細管網の合計は概略110kmにも及ぶといひ、また其の平均直径が $10\mu$ であるところ

から、この巨大な毛細管網には約 $8.8\text{cm}^3$ の血液が収容されることになるそうである。こうしてみると、脳の毛細管流床が如何にも異常に広いように思われるが、実際はLorente de N6<sup>5)</sup>も言っているように、決して脳は最高の毛細管密度を持った臓器ではない。すなわちSjöstrand<sup>6)</sup>の報告に依れば、安静時における骨筋の毛細管密度は脳の約2倍、肝臓のそれは2.8倍、心臓は3.5倍、腎臓は実に4倍の毛細管密度を有するとされている。

2. このような毛細管密度は、一見皮質内においてはほぼ均等のように見えるが、全般的に見ると、垂直枝の長さの点からも考えられるように必ずしも均一ではない。全般的な傾向としては、皮質表面に近い巾約 $\frac{1}{10}$ 程の部分は带状に密度が小さく、中 $\frac{1}{3}$ 程は多少なりとも密度が大で、髄側に近い $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{5}$ 程は再び密度が小さくなつていく(写真5,6)。このような傾向の最も極端な部分が後頭葉内側のFissura Carcalinaに沿う皮質で、肉眼的にもGennariのStreifenとして知られている。この部分では中層の上記Streifenに相当する部分に特に毛細管密度が高く、非常に明瞭な一層を画している(写真7)。このことはこの部分が視覚領として知られていることを思い合せると、この部分の神経細胞活動の程度と関係があるように思われて興味がある。そこでこれに味をしめ機能の局在が信じられている他の領域、例えば前中心回転等について調べてみたが、この度の観察方法では明瞭な特徴を発見することはできなかつた。しかしそれでも広く全皮質領域を通覧すると、上記毛細管密度の不均等さは場所に依つて少しずつ程度が異つていくことは大体確実で、たゞその差が極めて少ないためにはつきりした位置づけが困難であることがわかつた。このことは今後の研究方向を示唆して興味がある。

3. 髄質における血管構築は前記の皮質を貫いてきた動脈枝に依つて構成されている。その数は既に述べた如く皮質の約 $\frac{1}{10}$ を占めるにすぎないが、その代り何れも皮質垂直枝に比してかなり太い。髄質枝はその皮質経過中に皮質に分枝を出すものと殆んど出さないで直接髄に達するものとが

武石論文付図(1)

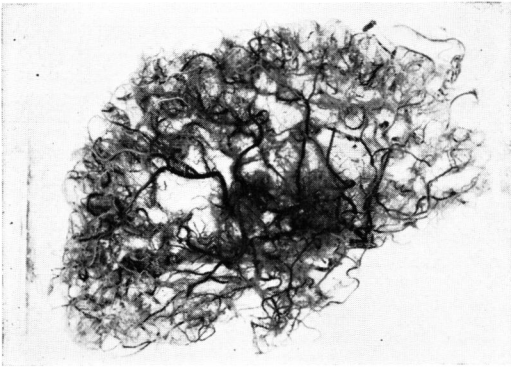


写真1 プラスチック注入標本〔右半球外側〕



写真2 大脳表面における唐草模様状の血管網。

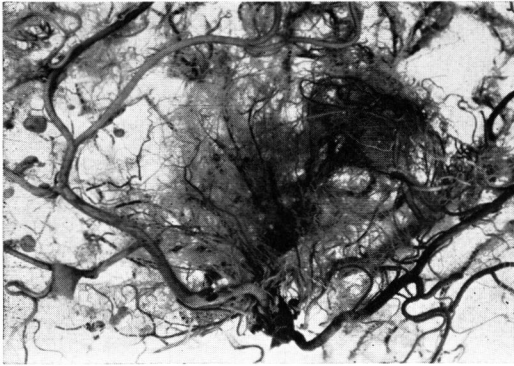


写真3 基底核附近血管樹



写真4 皮質における実質垂直枝。

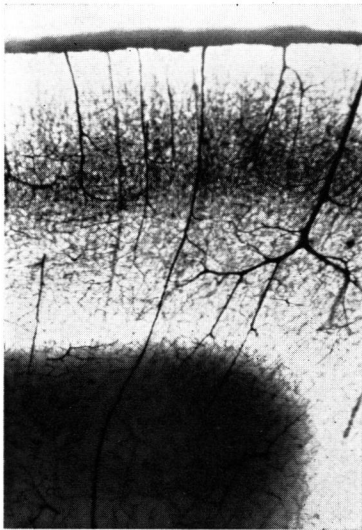


写真5 皮質血管構築〔後頭葉〕(弱拡大)

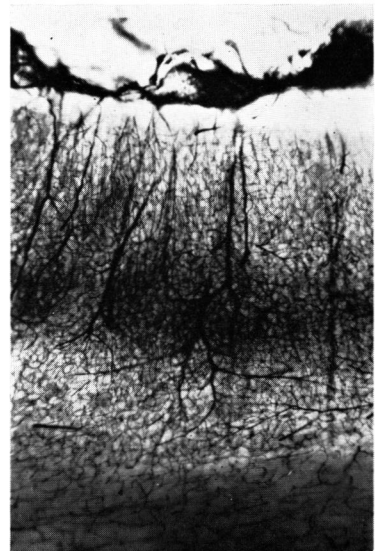


写真6 皮質血管構築〔前頭葉〕(弱拡大)

武石論文付図(2)



写真7 Gennari の Streifen (弱拡大)



写真8 髓毛細管網〔前頭葉〕(弱拡大)

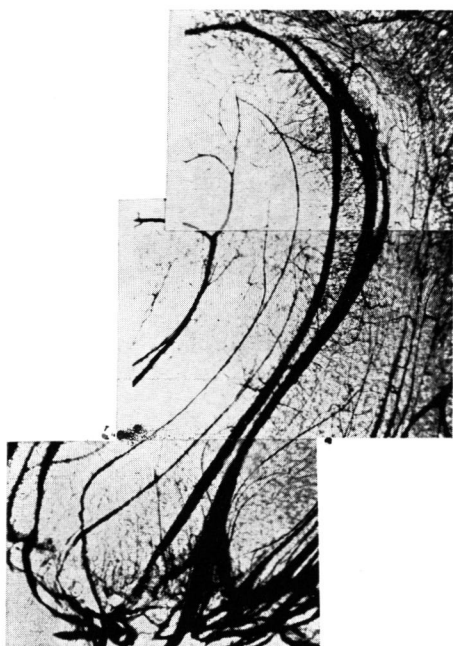


写真9, 10, 11 海馬核血管樹(弱拡大)

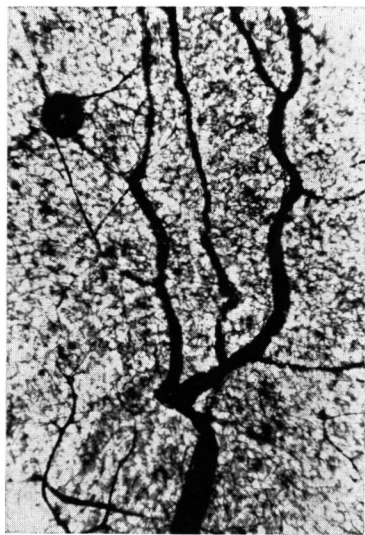


写真12 視丘血管構築の一部(弱拡大)

あり、後者の方が更に太い。髄血管は全くと言ってよい程、太い側枝は出さず直ちに毛細管網に移行する。髄における毛細管密度は、皮質に比して著るしく疎で、私の観察に依つても Lindenberg<sup>7)</sup>の言うようにその $1/5 \sim 1/6$ にすぎない。これは皮髄における細胞活動の極端な差を現わしていると思われる。

皮質における毛細管網は上記の如く層状の差はあつても、一見均等に見えたわけであるが、髄のそれはこれと異り、かなり明瞭な方向性を有し、その方向は神経線維の走向に一致し、この軸方向に細長い網目を形成し、全体として平行に下つてゆく(写真8)。このことは脳の発生上、髄質が皮質より後から形成されてゆくために起つたものと思われ、そのために線維走向に平行をなす皮質との境界は、まるで切つて取つたような明瞭な境界を示し、皮質内の毛細管網は全く髄質内に入りこんでいない。またこのような部分では、皮質を通つてくる髄血管は皮髄界で直角に屈曲し、髄線維方向に向つて流れる。これに対し髄線維走向と直角をなす皮質領域では、皮髄界はそれほど明瞭ではなく、両者の毛細管網も面を以て境されてはおらず、多少の移行が認められる。またこの部の髄血管はもちろん屈曲することなく、しかもこのような部分では髄に入る血管の数も他部に比して多数認められる。

以上が一般の皮髄内における血管構築であるが、ここでも海馬角および基底核は特殊の構造を示している。

4. 海馬角では、前章における巨視的所見の特異性に引き続き実質内に分布する血管構築も異つている。まず白質に分布する血管が灰白質を通過して来るものではなく、両者それぞれ別個の血管が同じところから分岐している。したがつて白質は必ずしも循環末梢とはならないが、実際は白質の方が分布数において少なく、また太さも細い。毛細管網を構成することはもちろん皮髄と同じであるがここでは前述のような特異な規則正しい方式ではなく、伊達巻状に巻いている灰白質の方向に沿つて入る樹枝状血管の分枝に依つて構成されている(写真9, 10, 11)。しかしこゝでも白、灰

白両層の間の血管分布はかなり明瞭に境されている。

5. 最後に基底核であるが、こゝにおける血管構築は複雑で、私の行なつた方法ではその全貌を明らかにすることはできなかつた。しかし一口にして言えば、灰白質には皮質並みの、また白質には髄質並みに毛細管網が形成され、その境界はここでも厳密に境されているということであるが、灰白質毛細管網密度は核の種類に依つてかなりの差異がみとめられる。今回の観察方法ではそれを明らかに順序立てることはできなかつたが、尾状核は疎であり、また視丘は中等(写真12)、レンズ核は比較的密である。しかし同じレンズ核でも PallidumはPutamenに比して明らかに疎である。また索状体は中等度の密度を有し、こゝに分布する血管は皮質島部から直接に入りこんでいるように見える。

### 総 括

私は脳の機能形態学的研究の糸口として、臓器形成の中軸をなす血管構築の特性を巨視的規模において観察した結果、以下のような印象を得た。

1. 大脳血管構築は大別して2種類から成つている。すなわち基底核領域とその他の皮髄におけるものがそれである。すなわち皮髄の血管構築は表面を先ず覆い、しかる後に実質中に入る形式をとるが、基底核および海馬角付近のみはこれと逆に直ちに実質内に入り、しかる後外に向つて分布する。

2. 大脳皮質に分布する血管は、何れも強い蛇行反回を示し乍ら長い経過の後、第8次から10次の分枝の間で前実質枝になり、これ以後に至つてはじめて実質との交渉が始まる。局部的例外をのぞき、それより以前の次序の枝からは実質枝は出ない。

3. 前毛細管領域までの間における動脈吻合は、前実質枝の数次前において散見されるが、数は少なく、その存在意義は極めて少ないから、機能的には脳動脈を終末動脈であると考えてよい。

4. 皮質に入る実質枝は、前実質枝1本当り2~4本で、脳循環障害に際し往々認められる皮質の斑状脱落ないし血量分布の不均等の現われは、

このまとまりでおこるものと思われる。

5. 実質枝はその長さに依つて3種に大別される。すなわち皮質の中に一致するもの、 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ で終るもの、皮質を通過して髄質に入るものがそれで、その比は4:5:1位である。また太さは髄質に達するものが他に比して圧倒的に太い。

6. 実質内に入った枝は2~3次の間に毛細管となり、無数の吻合に依つて細かい毛細管網を形成する。そしてその皮質内密度は概ね3層に分れ、中 $\frac{1}{3}$ が最も大である。その極端な部分がGennariのStreifenで、こゝが視覚領として知られていることを思い合せると興味深い。しかし機能局在領域として知られている他領域には、これ程明瞭な特性は認められなかつた。但し全皮質の構築は全く一様ではなく、他部にも相当な3層辨別が可能であつたことは今後の研究方向を示唆するものとして興味がある。

7. 髄内の毛細管構築は皮質と異りその密度は $\frac{1}{5}$ ~ $\frac{1}{6}$ で、また神経線維走向と一致する明瞭な毛細管網の方向性も認められる。

8. 海馬角における血管構築は特殊で白質、灰白質共に別個の血管分布を有し、皮髄の如く白質が循環末梢にはなつていない。また、その分布血管も皮質に比し著しく短い経過と少ない分岐で実質に関与していることも基底核に類似する。

9. Gyrus temporalis inferior, parolfactory area に分布する血管は、それぞれ中および前大脳動脈の主幹から分岐し、3~4次の後に実質と交渉を持つ。

10. 基底核の血管構築は甚だ特異で中、後大脳動脈および脈絡膜動脈の3枝から、直接に多数の

小枝を持つてあたかも雑木林の様にそれぞれ独立して下から上に向つて入っている。その1本1本は樹枝状に分岐し、7~9次の後毛細管に移行し、多数の吻合を以て毛細管網を形成する。これらの基底核枝は、その全経過が皮質分布のものに比し甚だしく短かく、しかも分岐回数には大差がないため、その血圧勾配は皮質に比し甚だ高いと思われる。この点から見れば、大脳皮質に分布するものは腸間膜に類似し、基底核のそれは腎に似ているといふことができる。このことは脳動脈の硬化、又は出血乏血等の循環障害がこの領域に多く見られることと密接な関係を有するものと思われる。

(本稿の要は昭和38年5月22日、東京女子医科大学学会第120回例会にて発表した。)

#### 文 献

- 1) Scharrer, E.: Quart. Rev. Biol., 19 308—318 (1944)
- 2) Patterson, J.L.: Circulation through the Brain, in Medical physiology and biophysics. Ruch, Fulton. 18th ed. 1960
- 3) Uchimura, J.: Über die Gefäßversorgung des Ammonshorns. Neur. Z. 112, 1 (1928)
- 4) Lindgren, A.G.H.: Die kapilläre Angioarchitektur der isogenetischen Großhirnrinde des erwachsenen Menschen. Hellsingfors: Mercators Tryckeri (1940)
- 5) Lorente de No', R.: Ein Beitrag zur Kenntnis der Gefäßverteilung in der Hirnrinde. J. Psychol. u. Neur. 35 19—27 (1927)
- 6) Sjöstrand, T.: On the principles for the distribution of the blood in the peripheral vascular system. Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) 71 (suppl.), 1—150 (1935)
- 7) Lindenberg, R.: Hdb. spez. Path. Anat. XIII/1 1107