

精巣上体の上皮細胞の電子顕微鏡的研究

特に骨盤神経切断及び去勢による 細胞内超微構造の変化について

第 I 報 正常廿日鼠精巣上体上皮細胞の超微構造について

金沢大学医学部第一解剖学教室(主任 本陣良平教授)

本 陣 良 平 平 井 善 昭

中 村 俊 雄 奥 村 隆 彦

(昭和34年12月7日受付)

多細胞動物を構成する各種組織細胞は、大別して2つの調節機構の下にあるといえよう。その一つは、ホルモン系による調節であり、他の一つは神経系によるものである(ホルモンによる調節に準ずるものとして、炭酸ガスや水素イオンなど単純な化学物質による調節が存在する)。このような調節機構によつて、遠隔の位置にある細胞が相互に影響を与えあい、かくして、生体の全体としての生活現象の統一に役立つている。調節機構の系路から、この2種の調節を、液性相関(humoral correlation)及び神経相関(nervous correlation)とも呼ぶ。液性相関は、安定性の強い調節機構であり、少数の例外を除けば、その作用は一般に緩慢で、急激な調節作用を営むことは困難である。これに反し神経相関は、より分化した、より急速な調節作用を示し、更に植物性調節をなすものと動物性調節をなすものとの2つに分けられる。さて個々の細胞は、その内部に特有な複雑な細胞内超微構造を有し、その機能によつて夫々特有な作用を営んでいるが、これら細胞内超微構造が前記の2種の調節機構によつて、如何に統御されているのであろうか。著者等がこの研究を企図した目的はここにある。

著者等は実験材料として精巣上体を選んだ。精巣上体が、全身の細胞と多少にかかわらず何らかの相関を有することはいうまでもないが、衆知のように、精巣上体は、その神経支配の一部を骨盤神経より受け、又精巣によりその分泌する男性ホルモンによるホルモン

調節を受けている。これら神経性並びにホルモン性両調節機構に失調を来たした場合、精巣上体上皮細胞内部の微細構造は如何なる変化過程を示すであらうか。これの解明は、前記2種調節機構の解明の一助となるであらう。

近時電子顕微鏡(以下「電顕」と略記する)を細胞学に応用することにより、電顕の示す飛躍的な分解能と密度に対する敏感性のために、従来可視光顕微鏡(以下「光顕」と略記する)検索のもとで、不明又は不確実であつた細胞内構成成分の所謂超微構造が明らかにされつつある。従つて著者等は、先ず正常成熟廿日鼠について、その精巣上体上皮細胞を超薄切片として電顕により検し、その細胞内微細構造の正常像を明らかにし、次いで骨盤神経を切断した廿日鼠について、日を追つて上皮細胞内に現われる超微構造の変化を追究し、更に精巣を摘出した動物について同様に変化を検索し、上記2種調節機構機能脱落時の細胞内微細構造に及ぼす影響を検した。

精巣上体管の上皮細胞に関しては、既に多数の研究報告がなされ、Hammar (1897), Zimmermann (1898), Negri (1900), Fuchs (1902, 1904), Gurwitsch (1902), Jeleniewski (1904), Holmgren (1904), Ikeda (1906), Reichel (1921), Redenz (1924), Lehner (1924), Heidenhain & Werner (1924), Nassonov (1924, 1927), Ludford (1925), Benoit (1926), Nemiloff (1926), Bowen (1926), Lanz

Electron Microscopic Studies on the Epithelial Cells of the Epididymis, with Special Reference to the Morphological Changes of the Intracellular Ultrastructures Induced by Experimental Section of the Pelvic Nerve and Castration. Report 1. On the Ultrastructures of the Epithelial Cells of the Epididymis of the Normal Mouse. Ryōhei Honjin, Yoshiaki Hirai, Toshio Nakamura & Takahiko Okumura, Department of Anatomy (1) (Director : Prof. R. Honjin), School of Medicine, University of Kanazawa.

(1926), Stieve (1930), 田中 (1941, 1942), 黒田 (1942), 黒田・森田・林 (1942) 等は各種動物の精巢上体を材料とし, 種々の染色技術を応用し, その光顕所見を詳細に報告している. 特に精巢上体管上皮細胞はその特徴として, 著明な Golgi 体と, 他種細胞にあまり見られない毛束を有するため, 所謂纖毛の微細構造研究における対比とし, 又 Golgi 体の微細構造検索の好材料として, この方面の研究が多い. しかし光顕分界能の限界に禍されて, 微細構造に関してはその所見に一致を見ない点が少なくない. 特に毛束・Golgi 体・mitochondria 等の微細構造や, 分泌機能に関する所説は空想的な点が少なくない. 精巢上体管上皮細胞の電顕検索は, Dalton & Felix (1953 a, b, 1954) によつて初めてなされたが, 彼等の注目は主として Golgi 体の超微構造に向けられ, Golgi 体以外の細胞内超微構造に関しては触れるところが少なく, 細胞内微細構造に関する詳細は, 不明な点が少なくない. 以下著者の超薄切片電顕検索の結果について述べる.

材料及び方法

材料は成熟廿日鼠精巢上体を使用した. 開腹後出来得る限り速かに精巢上体の一片を切り取り, 直ちに veronal-acetate 緩衝液によつて pH 7.4 に修正した 1% O_2O_4 に投じ, 2~3°C の氷室中にて 4 時間固定, 次いで 1 時間水洗, 順次高濃度の alcohol を通して脱水, catalyst として 2% の割合に benzoyl peroxide を混じた methacrylate 樹脂 (n-butyl methacrylate 9 部と methyl methacrylate 1 部との混液) に移し, 数回交換して alcohol を洗い流し, 次いで材料を gelatine capsule 中に methacrylate 樹脂と共に移し, 50°C のもとで 24 時間加熱重合せしめた. このように重合合成樹脂中に包埋された材料は, JUM-3 型 ultra-microtome により, 「ガラスナイフ」を使用して薄切し, 切片は 20% alcohol 上に浮遊伸展せしめ, 次いで formvar 薄膜を張つた支持板上にのせこれを乾燥し, HU-9 型電顕によつて検鏡し, 加速電圧 50 K. V. 対物レンズの aperture 50 μ の条件下で, 速かに写真撮影を行った. 写真の直接倍率は 2000~10000 倍とし, 必要に応じて引伸し拡大陽画を作製した. 微細構造の数値測定は, 陰画原板を投影拡大器によつて 20 倍に拡大して行った. 又同一材料から得た精巢上体管組織の小切を Champy 氏液に固定し, paraffin 包埋後 5 μ の切片を作製し, Heidenhain 氏鉄 haematoxylin 染色法にて処置し, mitochondria の光顕検索を行った. 又一方この材料の一部を Kolatchev-Nasso-

nov 氏法によつて処置し, 同様に切片とし, Golgi 体の光顕検索を行い, 電顕所見の対照とした.

実験成績

鉄 haematoxylin 染色を施した廿日鼠精巢上体管切片を見ると, 上皮は高柱状上皮細胞と少数の補充細胞とからなる所謂 2 列上皮で, 上皮の管腔に面する遊離縁には, 臍げな毛束構造が示されるが, その微細構造は明確でない. その厚さは約 3~6 μ を示す. 補充細胞は柱状細胞の基底部に錐体状に挿入された位置を示し, 遊離面には達しない. 上皮層の外面には, 結合組織性の細胞を含む所謂基底膜が存し, その外面には間質結合組織と脈管が存する. 上皮細胞内には糸状乃至桿状の mitochondria が散布され, 又核上部の細胞質内には分泌物と思われる小顆粒状物質が存する. 又 Kolatchev-Nassonov 氏の Golgi 体染色標本では, 核上部の細胞質内に網状の Golgi 体の存在を認めた.

中性 O_2O_4 固定材料の超薄切片の電顕像について見ると, 比較的弱拡大の写真において既にこの種細胞に特有な微細構造が認められる. 即ち遊離面に存在する細長い突起と核上部細胞質内の分泌顆粒が注目をひく (写真 1, 5, 6). 細胞の外周は, 電子密度大な厚さ約 70~80 Å の薄膜, 即ち「細胞限界膜」(cell limiting membrane) によつて限界され, 隣接の細胞及び基底膜に接している. 隣接する 2 細胞の限界膜は, その間に電子密度小な極めて薄い層, 即ち「細胞間層」(intercellular layer) が存し, これを介して隣接する 2 細胞の限界膜が平行して走る (写真 1, 2, 4, 6, 8, 9). 限界膜は基底面においても, 略々同様な電子密度小な薄層を介して基底面に面している (写真 9).

柱状上皮細胞の遊離面には, 前記のように多数の細長い突起が存在する. この突起は細胞質が細長く延長したもので, 全長にわたつて略々一樣な太さを示し, 直径約 500~600 Å を算する. 先端は丸味を帯びている. この突起は光顕検索にいう毛束に相当するもので, これを「毛様突起」(hair-like process) と呼ぶことにする. その全長は超薄切片製作に際して切断されるため, 同一視野にて確かめ得ないが, 光顕所見の推定から, 少なくとも 3 μ の長さを有すると考えられ, 細胞の遊離面から管腔内に細胞軸の方向に突出している. 毛様突起の表面は, 電子密度やや大な細胞限界膜 (厚さ約 70~80 Å) に覆われている. 限界膜は突起の基部で互に移行している. 毛様突起の内部は, 略々均質で電子密度小である. 時として突起の中央部が, 周辺限界膜に接する部よりやや密度が大である. 突起の内部は, その基部において, 直ちに細胞質 matrix に

連続している。

毛様突起の基部において、少数ではあるが、細胞限界膜が細胞質内に陥入し、短い小管を形成している。これを「頂部小穴」(apical caveolae)と呼ぶ(写真1)。この付近の細胞質内にはこの小穴構造とよく似た小胞が存在する。細胞の遊離縁には、生体の他の部に見られるような繊毛構造は認められなかった。

細胞側壁の細胞限界膜は、遊離縁直下の部において急に厚くなり、約 $0.5\sim 0.8\mu$ の間、その厚さが他の部のその約 $2\sim 3$ 倍を示し、限局的に約 $150\sim 250\text{Å}$ の厚さを示す。肥厚したこの部の限界膜は、相接する2細胞のそれが互に相対し、その間に電子密度小さな細胞間層が認められる。この部は光顕所見にいう「接合堤」(terminal bars, Schlussleisten)に相当する(写真2)。

接合堤部より下方では、細胞側壁の限界膜は相隣接する2細胞のそれが互に平行して比較的直ぐな輪廓を示すが(写真2, 6, 7)、所々に限界膜が細胞質内に陥入し薄膜の襞を形成する(写真4, 8, 9)。時としてこれが渦巻形を示すものもある(写真4)。かかるものは補充細胞の細胞頂部との間に屢々見出される(写真8)。又かかる陥入は、基底部限界膜に近い部に多数認められる(写真9)。これを「側壁陥入」(lateral infolding)と呼ぶことにする。側壁陥入は相隣接する2細胞の限界膜が二重膜の形のまま相互の細胞質内に入り込んだものである。隣接する2細胞間には所謂「結合孔」による細胞質の結合は見られなかった。

細胞基底部の限界膜は側壁部と同様に $70\sim 80\text{Å}$ を示す。厚さ約 200Å の電子密度小さな薄層を介して基底膜に接する。基底部限界膜は比較的平滑であるが、所々に小陥入即ち「基底陥入」(basal infolding)を形成し、上皮細胞内部に陥入する(写真9)。

柱状上皮細胞の細胞質内の各所に散布されて、多数の mitochondria が存在する。mitochondria は、厚さ約 $150\sim 180\text{Å}$ の所謂二重膜の構成を示す限界膜に包まれ、この限界膜は夫々約 50Å の厚さを示す電子密度大な内外2層と、その間に挟まれる密度小さな1層とからなる。外側の密度大な層は平滑であるが、内側のものは mitochondria の内腔に襞を出し、所謂「櫛状構造」(cristae mitochondriales)を形成している(写真3)。核上部の Golgi 野の近くに位置する mitochondria はその内部の電子密度が極めて大である。

柱状上皮細胞の核上部の細胞質内には、かなり広い範囲に、核に接近して、特殊な薄膜系の集積が存在する。この薄膜系は、厚さ約 60Å の密度大な層と、その間に挟まれた密度小さな層とからなり、密度小さな層

は薄い部分で 60Å で、密度大な平行した層の間に挟まれるが、屢々小球状乃至不整形の胞の形を示す(写真7)。この種薄膜及び胞を、「Golgi 薄膜」(Golgi membrane)及び「Golgi 胞」(Golgi vacuole)と呼ぶ。Golgi 薄膜は平滑で、その外面に顆粒を有せず、後述の「形質内網」(endoplasmic reticulum)の薄膜とは著しく構造を異なる。精巢上体柱状上皮の Golgi 体は極めて大で、核上部の広い部分に Golgi 薄膜と Golgi 胞の集積として現われている。時として Golgi 薄膜にすぐ隣接して極めて電子密度の大な不規則な形の断面を示す物質が存在することがある(写真5)。この構造は緻密に集積した薄膜構造で Golgi 薄膜の一部とつながっている。精巢上体上皮細胞の Golgi 薄膜は同心性に並置する傾向を示し、近傍の形質内網の薄膜に接している。

柱状上皮細胞の細胞質内に広く分布する種々の形の薄膜の胞とその外面に小顆粒を附する構造がある。薄膜は厚さ約 $60\sim 70\text{Å}$ で、扁平乃至小球状の電子密度小さな腔を囲んでいる。小顆粒は直径約 $100\sim 300\text{Å}$ で、薄膜の外面及びそれらの間の細胞質 matrix に位置し、屢々相集つて rosette 様に配置している。この構造は電顕細胞学において、一般に「形質内網」(endoplasmic reticulum)と呼ばれている細胞内超微構造に全く一致する。遊離縁毛様突起直下及び基底膜に接する部の細胞質内の形質内網の胞は小さく一般に不著明であるが(写真1, 2, 3, 9)、核周及び核上部のものは著明で、屢々薄膜が平行配置を示す(写真4, 5) mitochondria が屢々形質内網薄膜間に位置している。又核上部では Golgi 薄膜が形質内網に接着する像が屢々認められる(写真7)。核上部の形質内網は小胞状のものが多い。

細胞質の核上部において、Golgi 体と遊離縁直下の部との間の細胞質内に大小種々の分泌顆粒が認められる。分泌顆粒は断面において不規則多角形又は円形で、不規則多角形のもの是一般にその電子密度が円形のものより小で、内部には多数の小顆粒の存在を認める(写真5, 6)。円形ものは密度極めて大で、時として内部に対照的に密度小さな球形空泡様の spot が存する。分泌顆粒は形質内網の小胞の間の細胞質 matrix 内に位置している、又分泌顆粒の間には内部構造の緻密な mitochondria が存する。核上部細胞質内、特に遊離縁に近い部分には、分泌顆粒が小顆粒に分散したと思われる所見に接する。

柱状上皮細胞の核膜は、所謂二重構造を呈し、電子密度大な内外の2層と、その間に挟まれた密度小さな1層とからなる。一般に全体として $200\sim 300\text{Å}$ の膜で

あるが、所々やや密度小な層の拡大によつてこれより厚くなっている。内側の電子密度大な層は平滑であるが、外側のもは多少凹凸を示し、稀に形質内網薄膜系に接着連続している。又不定の間隔を置いて、上記2層の密度大な核膜の層が結合互に連続し、この部に核の限界膜に相当する膜構造が欠除し、核質と細胞質が直接している。この構造は「核孔」(nuclear pore)に相当する。精巢上皮細胞の核孔の直径は約 300~500 Å を示す。

核質内には直径 60~100 Å の小顆粒が分散している。核小体に相当すると思われる部には特に多数の小顆粒(径 100~200 Å)が稠密に集合している。核小体と核の他の部との間には特別な限界構造はない。又核小体と同一の構造電子密度を示す物質が核膜内面の所々に接着して存し、前記核孔を介して細胞質内の同種小顆粒群に連続配置を示している。小顆粒は形質内網における小顆粒に連続している(写真8)。このことは核小体の小顆粒が核膜の核孔を介して形質内網小顆粒に変化する一系路を示すものと考えられる。

補充細胞の細胞限界膜は柱状細胞のそれに殆んど一致する。但し補充細胞には遊離縁なく、従つて毛様突起はない。細胞の錐状に突つた細胞頂部においては、前記のように、柱状細胞の限界膜と断面において螺旋状の齧入が見られる。その他限界膜の構成は柱状細胞のものに全く一致する。mitochondriaの構造も亦柱状細胞に殆んど一致する。しかし形質内網は不著明で、特にその薄膜系は少量で、平行配置を呈するものは全くなく、小胞状のもの少数を見るにすぎない。Golgi体も亦不著明である。核及び核小体の微細構造は柱状細胞に全く一致する(写真9)。

上皮層の基底膜は、上皮細胞の基底膜限界膜に面し、数個の細胞の基底にわたつて連続して走る。基底膜は略々均質な、多少部位によつて厚薄はあるが、200~300 Å の厚さを示す。基底膜の外側に、結合組織繊維及び結合組織性細胞及びその延長の断面が存する。繊維細胞は厚さ 70~80 Å の細胞限界膜に囲まれ細胞質内には直径 100~300 Å の小顆粒が多数存し、その間に mitochondria、種々の形の形質内網が存する。核の内部には直径 100~300 Å の小顆粒が分散し、核膜の内面には特に多数が密在している。

総括及び考按

精巢上皮管の柱状細胞の遊離縁に毛束の存在することに関しては、緒言に述べたように Gurwitsch (1902) 以下の長い研究史がある。しかし従来は単に毛束の存在を承認するに止る報告が多く、毛束構造の詳細は全

く不明のまま放置せられた感がある。ただ僅かに生きた材料に基く検索から、他種の臓器の絨毛上皮の絨毛に見られるような自動的運動が、精巢上皮管上皮の毛束に欠除することから、これを所謂絨毛と区分して、不動毛(stereocilia)と呼んだに止る。超薄切片法による電顕検索所見を得た今日から見ると、過去における大家の検索が、この問題を詳細に論及し得なかつたことは、当時として止むを得なかつたと考えられる。著者等の今回の研究によつて、遊離縁における毛様突起の形並びに大きさが明らかとなり、その内部構造特に細胞質及び細胞限界膜との相関が明瞭となつた。以上の毛様突起は、Granger & Baker (1950)、本陣・泉・大和・奥村(1957)等によつて小腸絨毛上皮において、Pease & Baker (1950)、Sjöstrand & Rhodin (1953)、Rhodin (1954)、Pease (1955)等によつて腎細尿管上皮細胞において、Odor (1954)によつて白鼠漿膜細胞において、Yamada (1955)によつて胆嚢上皮細胞において、夫々電顕検索の結果見出された所謂 microvilli と総称される小突起に原則的に一致する。しかし精巢上皮管上皮細胞に見られる突起は他種のものに比して極めて長いことが特徴で、且つ内部の電子密度は小腸絨毛上皮の小絨毛突起に比して小で、細胞質に連続している。毛様突起の基部から遊離縁下の細胞質内には、かつて Fuchs (1902) や Ikeda (1906) 等が想定したような、毛束が細胞質内に入つて形成する「Knäuel」に相当する構造は存在しない。Dalton, Kahler & Lloyd (1951)は精巢上皮管の microvilli が細胞質の filamentous differentiation を伴う filamentous structure であると述べ、後更に Dalton & Felix (1953a)は microvilli 表面に約 170 Å の幅の周期性構造の存在を報告しているが、著者等の所見にはかかる周期性構造は認められなかつた。精巢上皮管細胞の突起は小腸絨毛細胞やその他の細胞に見られる所謂 microvilli とは、かなりその形態を異にするので、特に「毛様突起」(hair-like process)と呼ぶのが妥当と考えられる。

相隣接する柱状上皮細胞の遊離面に近い境界部には、電顕検索に基き、「接合堤」と呼ばれる網工構造が存在し、細胞相互間を結合しているとされ、多数の研究者によつて、この部における「セメント」物質又は繊維構造の在否、細胞膜癒合の有無をめぐつて論争がなされた(本陣・泉・大和・奥村1957参照)。電顕観察において Weiss (1955)は十二指腸上皮の接合堤が細胞側壁の限界膜の肥大したものであることを指摘した。著者等の所見によれば、精巢上皮管上皮細胞の接合堤は、細胞限界膜それ自身の限局的肥厚であり、

特定物質の存在や細胞間の結合はこの部に見出し得なかつた。この所見は、Yamada (1955) の胆嚢上皮、本陣・泉・大和・奥村 (1957) の小腸絨毛上皮、北村 (1958) の豚の手根器管上皮、Kurosumi, Schibasaki, Uchida (1958) の胃腺細胞などの接合堤部の所見に略々一致する。

細胞側壁限界膜には前述のように「側壁皺入」(lateral infolding) が認められ、隣接する2細胞が互に陥入結合している。このような所見は他種の上皮細胞においても屢々見られるところで、本陣・大和 (1958) の脈絡巢上皮細胞の所見に原則的に一致する。しかし薄膜の皺入の頻度及び量ははるかに少ない。注目すべきことは、補充細胞との間にもかかる側壁皺入による結合が見出されたことである。又相隣接する2細胞間に小腸絨毛上皮その他に見られたような、限界膜の一部欠除による小孔構造を介する細胞質の結合は(本陣・泉・大和・奥村 1957)、精巢上皮細胞には見られなかつた。

精巢上皮の mitochondria に関しては、Nassonov (1924), Ludford (1925), Nemiloff (1926), Benoit (1926), 田中 (1942) 等の光顕検索による報告がある。電顕像において、精巢上皮上皮内の mitochondria は、上記のような特殊な超微構造を呈示する。即ち二重膜の構造を有する被膜と、その内側の膜によつて構成される櫛状構造で、かかる超微構造は、Palade (1952), Honjin (1956, 1957a) によつて、腺細胞や神経細胞などの mitochondria に見出された構造とよく一致する。

精巢上皮の Golgi 体については、Negri (1900), Fuchs (1902), Holmgreen (1904), Nassonov (1924, 1927), Benoit (1926), Nemiloff (1926), Bowen (1926), Lanz (1926), Stieve (1930), 田中 (1941), 黒田 (1942) 等の光顕による研究が詳細に報告されている。著者等の電顕像に見られる Golgi 薄膜及び Golgi 胞は、さきに Honjin (1956) によつて神経細胞に見出され、光顕材料の電顕による同時観察の結果、古典的な意味における Golgi 体と同一のものの超微構造であることが証明された Golgi 薄膜及び Golgi 胞の超微構造に、原則的に一致する。平井 (1957) は同様な構造を精子細胞内に見出している。

Dalton & Felix (1953a, b, 1954, 1956) は廿日鼠精巢上皮上皮細胞において、電子密度小な大小種々の胞と、これを囲む同心性の薄膜及び直径 400 \AA の小顆粒からなる細胞内構造を見出し、これが光顕にいう Golgi 体に相当すると、位相差顕微鏡所見に基いて推定を下している。著者等の所見は略々これに一致す

る。著者等の所見において、Golgi 薄膜が核上部細胞質内で形質内網薄膜に接することが認められたが、この間に移行が存し得るか否かに関してはなお決定的所見を得ない。

細胞質内に存する薄膜の小腔とその外面及び間に存する多数の小顆粒からなる構造は、Dalton (1951), Bernhard, Haguenu, Gautier & Oberling (1952), Palade & Porter (1952), Sjöstrand (1953), Weiss (1953) 等によつて、夫々 cytoplasmic lamellae · filaments torsadées · endoplasmic reticulum · cytoplasmic double membranes · ergastoplasmic sacs 等と呼ばれた構造に一致する。著者等はこれを形質内網 (endoplasmic reticulum) と呼んだが、この構造は Dalton & Felix (1954) が精巢上皮細胞の電顕研究において、lamellar flattened sacs と記載したものに一致する。上記諸家の腺細胞についての所見の他、この構造は神経細胞の Nissl 小体部にも多量存する (Palay & Palade, 1955 Honjin 1956)。このことは、この構造が細胞内の塩基好物質の存在部位に特に著明に存在し、pentose nucleoprotein を含む細胞内物質の超微構造であることを示している。形質内網の小顆粒が pentose nucleoprotein を含むことは、Palade (1955), Palade & Siekevitz (1956 a, b) の電顕的並びに生化学的検索によつて明らかとなつて、細胞の蛋白合成に重要な役割を演ずるものと考えられる。

核上部の細胞質 matrix 内に存する球状乃至不整形の小体は極めて電子密度の大なものを除き、分泌顆粒と考えられる。分泌顆粒内に小顆粒が集合している状が屢々示され、これが一部遊離線下の細胞質内に分散している状も見られるが、その意味についてはなお不明である。

核膜に小孔様の構造が存することは、Callan & Tomlin (1950) が卵細胞について記述し、Afzelius (1955) によつて詳細に研究されたところである。かかる構造は、Watson (1954, 1955), Honjin (1956) 等の腺細胞や神経細胞の所見に一致する。二重構造を呈する核膜の外層は、周囲の形質内網薄膜に接し、おそらくその形成に参加すると考えられるが、この所見は、本陣 (1957 a, b), 大和・津田・本陣 (1957), 大和 (1958) が chromatolysis 時の神経細胞において実験的に示した所見によつて支持されであろう。核小体は小顆粒の集合体として電顕像に示されるが、同種の小顆粒は核膜内面に層をなして、前記核小孔を介して細胞質内の小顆粒に連続的配置を示し、形質内網部の小顆粒に連続している。核小体内に pentose nu-

cleic acid が多量に存することは古くから知られていることで、この所見は Caspersson (1950) によつて総括的に呈出された。pentose nucleoprotein の核より細胞質内への拡散の形態学的表示であらう。

結 論

成熟廿日鼠精巢上体の小片を、1%中性 O₄ に固定し、超薄切片とし、電顕によつて検した。対照として鉄 haematoxylin 法による mitochondria 染色標本及び Kolatchev-Nassonov 氏法による Golgi 体染色標本の光顕検索を併行した。得た結果を要約すると次のようである。

1. 上皮細胞の遊離面には、径約 500~600Å の細長い毛様突起 (hair-like process) が存する。毛様突起はその表面を厚さ 70~80Å の細胞限界膜に覆われ、内部は電子密度小で、特定の構造なく細胞質に連続する。

2. 毛様突起の基部には少数の頂部小穴 (apical caveolae) があり、細胞質内に陥入している。

3. 接合堤の部は細胞限界膜が限局的に厚くなつてゐる (厚さ 150~250Å)。細胞側壁の限界膜は所々で側壁齧入を形成している。時には側壁齧入が渦巻状の断面を示すこともある。これは補充細胞の側壁との間にも存在する。

4. 二重膜構造の限界膜と、内部に櫛状構造 (cristae mitochondriales) を有する mitochondria が細胞質内に散布している。

5. 核上部の細胞質内には、Golgi 薄膜とこれに囲まれた Golgi 胞とからなる Golgi 体が存する。Golgi 薄膜の厚さは約 60Å である。Golgi 薄膜は屢々近傍の形質内網 (endoplasmic reticulum) につながつてゐる。又時として Golgi 薄膜に隣接して電子密度大な薄膜の集積構造を認めた。

6. 細胞質には電子密度やや大な小顆粒が散在し、小腔を囲む薄膜とその外面及び間に位置する小顆粒からなる形質内網を認める。形質内網は核周においては小胞形で、特に遊離縁下では小型のものが少数認められる。

7. Golgi 野と遊離縁との間に、円形乃至不整形の分泌顆粒が存する。分泌顆粒の内部には小顆粒が認められる。分泌顆粒は形質内網間の細胞質 matrix 内に位置する。

8. 核膜は二重構造を呈し、外側の電子密度大な層は屢々細胞質内に延長し、形質内網薄膜系に連続する。核膜の所々に核孔構造を認める。核質には小顆粒が分散し、小顆粒の集合からなる核小体は屢々核膜内

面に接着し、核孔の部を介して細胞質内の形質内網小顆粒に連続配置を示す。

9. 補充細胞の細胞内超微構造は、柱状細胞のそれに類似するが、形質内網は不著明で、分泌顆粒を見ない。

10. 上皮細胞層の基底部外面には、厚さ 200~300Å の基底膜が、約 200Å の電子密度小な層を介して接し、更にその外側に結合組織性細胞及び結合組織繊維が存在する。

文 献

- 1) Afzelius, B. A. : Exper. Cell Res., 8, 147 (1955).
- 2) Benoit, M. J. : Arch. anat. histol., 5, 174 (1926).
- 3) Bernhard, W., Haguenu, F., Gautier, A. & Oberling, Ch. : Zschr. Zellforsch., 37, 281 (1952).
- 4) Bowen, R. H. : Quart. J. Microsc. Sc., 70, 395 (1926).
- 5) Callan, H. G. & Tomlin, S. G. : Proc. Roy. Soc. Biol. Sc., 137, 369 (1950). Afzelius 1955による。
- 6) Caspersson, T. O. : Cell growth and cell function. A cytological study. New York, W. W. Norton & CO., Inc. 1950.
- 7) Dalton, A. J. : Amer. J. Anat., 89, 109 (1951).
- 8) Dalton, A. J. & Felix, M. O. : J. Appl. Physic., 24, 1425 (1953a).
- 9) Dalton, A. J. & Felix, M. O. : Amer. J. Anat., 92, 277 (1953b).
- 10) Dalton, A. J. & Felix, M. O. : Amer. J. Anat., 94, 171 (1954).
- 11) Dalton, A. J. & Felix, M. O. : J. Biophysic. Biochem. Cytol., 2, suppl. 79 (1956).
- 12) Dalton, A. J., Kahler, H. & Lloyd, B. J. : Anat. Rec., 111, 67 (1951).
- 13) Fuchs, H. : Anat. Hefte, 19, 311 (1902).
- 14) Fuchs, H. : Anat. Hefte, 25, 503 (1904).
- 15) Granger, B. & Eaker, R. F. : Anat. Rec., 107, 423 (1950).
- 16) Gurwitsch, A. : Arch. microsk. Anat., 59, 32 (1902).
- 17) Hammar, J. A. : Arch. Anat. Physiol., Anat. Abt., Jahrg. 1897, suppl. 1 (1897).
- 18) Heidenhain, M. & Werner, F. : Zschr. Anat. Entw. gesch., 72, 556 (1924).
- 19) 平井善昭 : 十全医会誌, 59, 589 (1957).
- 20) Holmgren, E. : Anat. Hefte, 25, 97 (1904).
- 21) Honjin, R. : Fol. Anat. Jap., 29, 117 (1956).
- 22) 本陣良平 : 細胞化学シンポジウム, 5, 109

- (1957a). 23) 本陣良平 : 解剖誌, 32, 659
 (1957b). 24) 本陣良平・泉外美・大和一夫・
 奥村隆彦 : 十全医会誌, 59, 1093 (1958).
 25) 本陣良平・大和一夫 : 解剖誌, 33, 225 (19-
 58). 26) Ikeda, R. : Anat. Anz., 29,
 1, 76 (1906). 27) Jeleniewski, Z. :
 Anat. Anz., 24, 630 (1904). 28) 北村
 辰郎 : 日組織記録, 14, 575 (1958). 29)
 黒田常三郎 : 阪医会誌, 41, 1373 (1942).
 30) 黒田常三郎・森田重徳・林由一 : 阪医会誌,
 41, 1807 (1942). 31) Kurosumi, K.,
 Shibasaki, S., Uchida, G. & Tanaka, Y. :
 Arch. Hist. Jap., 15, 587 (1958). 32)
 Lanz, T. v. : Zschr. Anat. Entw. gesch., 80,
 177 (1926). 33) Lehner, J. : Zschr.
 mikrosk.-anat. Forsch., 1, 316 (1924).
 34) Ludford, R. J. : Proc. Roy. Soc. Biol. Sc.,
 98, 354 (1925). 35) Nassonov, D. :
 Arch. mikrosk. Anat., 100, 433 (1924). 36)
 Nassonov, D. : Zschr. Zellforsch., 4, 573 (19-
 27). 37) Negri, A. : Verh. Anat. Ges.
 XIV, 178 (1900). 38) Nemiloff, A. :
 Zschr. Anat. Entw. gesch., 79, 1 (1926).
 39) Odor, D. L. : Amer. J. Anat., 95, 433
 (1954). 40) Palade, G. E. : Anat. Rec.,
 114, 427 (1952). 41) Palade, G. E. :
 J. Biophysic. Biochem. Cytol., 1, 59 (1955).
 42) Palade, G. E. & Porter, K. R. : Anat.
 Rec. 112, 370 (1952). 43) Palade, G. E.
 & Siekevitz, P. : J. Biophysic. Biochem. Cytol.,
 2, 171, (1956a). 44) Palade, G. E.
 & Siekevitz, P. : J. Biophysic. Biochem. Cytol.,
 2, 671 (1956b). 45) Palay, S. L. &
 Palade, G. E. : J. Biophysic. Biochem. Cytol.,
 1, 69 (1955). 46) Pease, D. C. : Anat.
 Rec., 121, 723 (1955). 47) Pease, D. C.
 & Baker, R. F. : Amer. J. Anat., 87 349 (19-
 50). 48) Redenz, E. : Arch. mikrosk.
 Anat., 103, 593 (1924). 49) Reichel,
 H. : Anat. Anz., 54, 129 (1921). 50)
 Rhodin, J. : Correlation of ultrastructural or-
 ganization and function in normal and experi-
 mental changed proximal convoluted tubule cells
 of the mouse kidney. Stockholm, 1954.
 51) Sjöstrand, F. S. : Nature, 171, 30 (1953).
 52) Sjöstrand, F. S. & Rhodin, J. : Exper.
 Cell. Res., 4, 426 (1953). 53) Stieve,
 H. : Mannliche Genitalorgane. Handbuch der
 mikroskopischen Anatomie des Menschen. heraus-
 gegeben von W. u. Möllendorff. VII/2 p. 272,
 Berlin, Julius Springer 1930. 54) 田中
 克己 : 福岡医誌, 34, 1063 (1941). 55)
 田中克己 : 福岡医誌, 35, 233 (1942). 56)
 Watson, M. L. : Bichim. Biophys. Acta. 15,
 475 (1954). 57) Watson, M. L. : J.
 Biophysic. Biochem. Cytol., 1, 257 (1955).
 58) Weiss, J. M. : J. Exper. Med., 98, 607
 (1953). 59) Weiss, J. M. : J. Exper.
 Med., 102, 775 (1955). 60) Yamada,
 E. : J. Biophysic. Biochem. Cytol., 1, 445 (1955).
 61) 大和一夫 : 十全医会誌, 60, 510 (1958).
 62) 大和一夫・津田宏信・本陣良平 : 解剖誌, 32,
 157 (1957). 63) Zimmermann, K. W. :
 Arch. mikrosk. Anat., 52, 552 (1898).

Abstract

The epididymis of the adult normal mouse has been investigated with the electron microscope. The small pieces of epididymis were fixed in 1 per cent osmium tetroxide solution amended with veronal-acetate buffer (pH 7.4), embedded in plastic and sectioned with glass knives. In addition, the materials were prepared by the Kolatchev-Nassonov method and the Heidenhain iron-haematoxylin technique for light microscopy of the Golgi apparatus and mitochondria respectively. The results obtained are summarized as follows :

1) The free surface of the epithelial cells of the ductus epididymis is covered by many fine, long hair-like processes, about 500 to 600Å in diameter. The hair-like process is bounded by the thin, dense cell limiting membrane, 70 to 80Å in thickness, and shows a less dense interior which is connected with the apical cytoplasm without any bordering structure.

2) The free cell surface between the hair-like processes shows minute cave-like depressions, apical caveolae, which cave in the apical cytoplasm.

3) The terminal bars of the epithelial cells are shown to consist of thickened densities of

the cell limiting membrane itself, 150 to 250Å in thickness. The cell limiting membrane of the lateral cell wall is infolded into the cytoplasm to form a double membrane system, infolding membrane. Often the infolding membrane appears a spiral pattern at the basal portion of the cytoplasm where the columnal epithelial cell is adjacent to the substituting cell.

4) Many mitochondria are present in the cytoplasm. They are surrounded by a double membrane and possess characteristic cristae in their interior.

5) The Golgi apparatus of the epithelium consists of packed Golgi membranes, about 60 Å in thickness, and less dense Golgi vesicles. The Golgi apparatus is found in the perinuclear part of the apical cytoplasm. Occasionally the Golgi membranes are connected with the thin membranes of the vesicles of endoplasmic reticula. At times, a relatively large, dense, packed cluster of membranes is found near the Golgi apparatus.

6) Widely dispersed throughout the cytoplasm, there is found a system of vesicles, endoplasmic reticulum, which consists of thin vesicular membranes and fine granules. The latter are adherent to the outer surface of the membranes. The endoplasmic reticula appear as flat or irregular contoured, large cisterna in the perinuclear and basal parts of the cytoplasm, but show small spherical profiles in the apical cytoplasm. Near the free surface of the cells, only a small number of fine vesicles can be seen. Besides the endoplasmic reticula, a small amount of relatively dense fine granules are dispersed throughout the cytoplasmic matrix.

7) In the cytoplasm between the Golgi area and the free cell surface, are found spherical or irregular-shaped excretory granules in which many dense fine granules are found. The excretory granules exist in the cytoplasmic matrix between the vesicles of endoplasmic reticula.

8) The nuclear membrane appears as a double membrane structure. The outer nuclear membrane is often infolded into the cytoplasm to come into contact with the vesicles of endoplasmic reticulum. Many nuclear pores exist in the nuclear membrane. It is occasionally found that the nucleolus, consisting of many fine granules, is adherent to the inner surface of the nuclear membrane and the fine granules are ranged through the nuclear pores from the nucleoplasm to the cytoplasm.

9) The intracellular fine structures of the substituting cells are similar to those of the columnal cells. However, in the substituting cells the endoplasmic reticula appear as small vesicles and the excretory granules do not exist.

10) A relatively dense, thin basement membrane of about 200 to 300 Å in thickness is apparent underlying the epithelial cells. The basement membrane is divided from the basal cell limiting membrane of the epithelial cells by a less dense layer of about 200 Å in thickness. In the outside of the basement membrane are seen many collagen fibrils and fibrocytes whose fine structures are very similar to those described in other tissues.

写真説明

略号解

a.c.	頂部小穴	b.i.	基底嚢入
b.m.	基底膜	e.	形質内網
G.	Golgi 体	h.p.	毛様突起
l.i.	側壁嚢入	m.	mitochondria
n.	核	n.m.	核膜
n.o.	核小体	n.p.	核孔
s.	分泌顆粒	t.	接合堤

Plate 1.

写真 1. 精巢上体管上皮細胞の核上部. 毛様突起・頂部小穴・mitochondria・形質内網・接合堤等が示されている. $\times 15,000$.

写真 2. 精巢上体管上皮細胞の核上部. 毛様突起・形質内網・接合堤等の構造が示されている. $\times 20,000$

Plate 2.

写真 3. 精巢上体管上皮細胞の核上部. 毛様突起・細胞質 matrix 内の小顆粒・mitochondria に注意. $\times 20,000$.

写真 4. 核側部の細胞質. 核・核膜・形質内網・細胞側壁の限界膜の側壁嚢入が示されている. $\times 30,000$

写真 5. 柱状上皮細胞の核上部. 核・核膜・形質内網・分泌顆粒・Golgi 体外側の電子密度大な小体を示す. $\times 20,000$.

Plate 3.

写真 6. 柱状上皮細胞の核上部. Golgi 体・形質内網・分泌顆粒等が示されている. $\times 15,000$.

写真 7. 柱状上皮細胞の核上部. Golgi 体・形質内網・mitochondria 等が示されている. $\times 20,000$.

Plate 4.

写真 8. 柱状上皮細胞の核下部及び、補充細胞の一部. 核・核小体・核膜の二重構造・核孔等が認められる. 細胞質内には mitochondria 及び形質内網が存する. 補充細胞の頂部に近く細胞限界膜の側壁嚢入が見られる. $\times 20,000$.

写真 9. 柱状上皮細胞及び補充細胞の基底部を示す. 細胞質内の mitochondria 及び形質内網が認められる. 限界膜の基底嚢入及び基底膜が示されている. $\times 20,000$.

Plate 1.

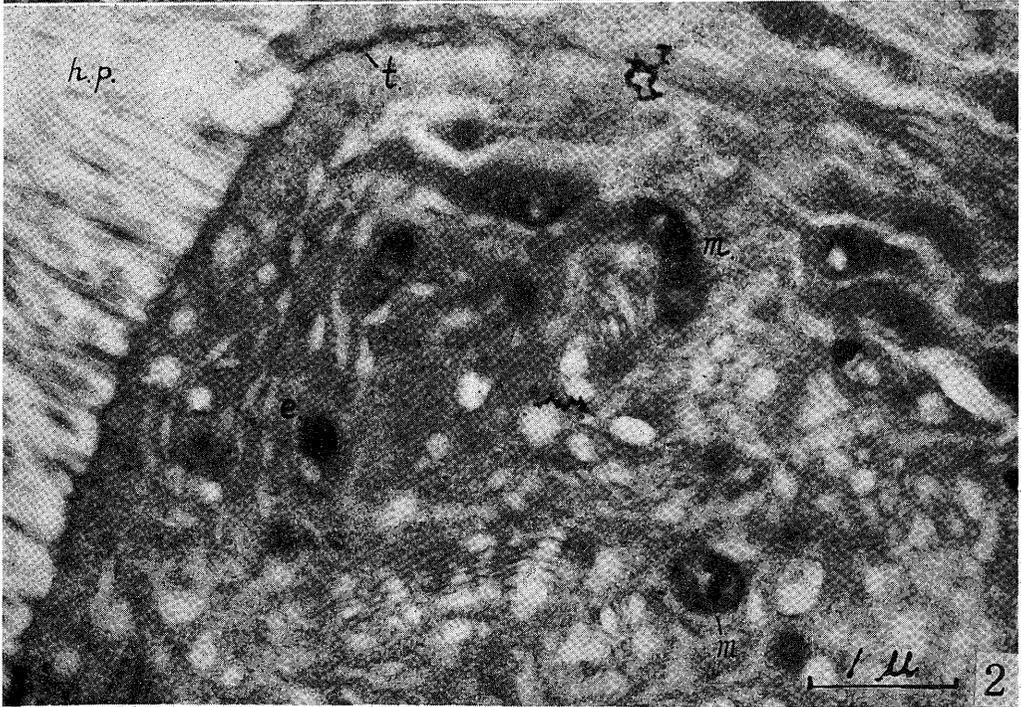
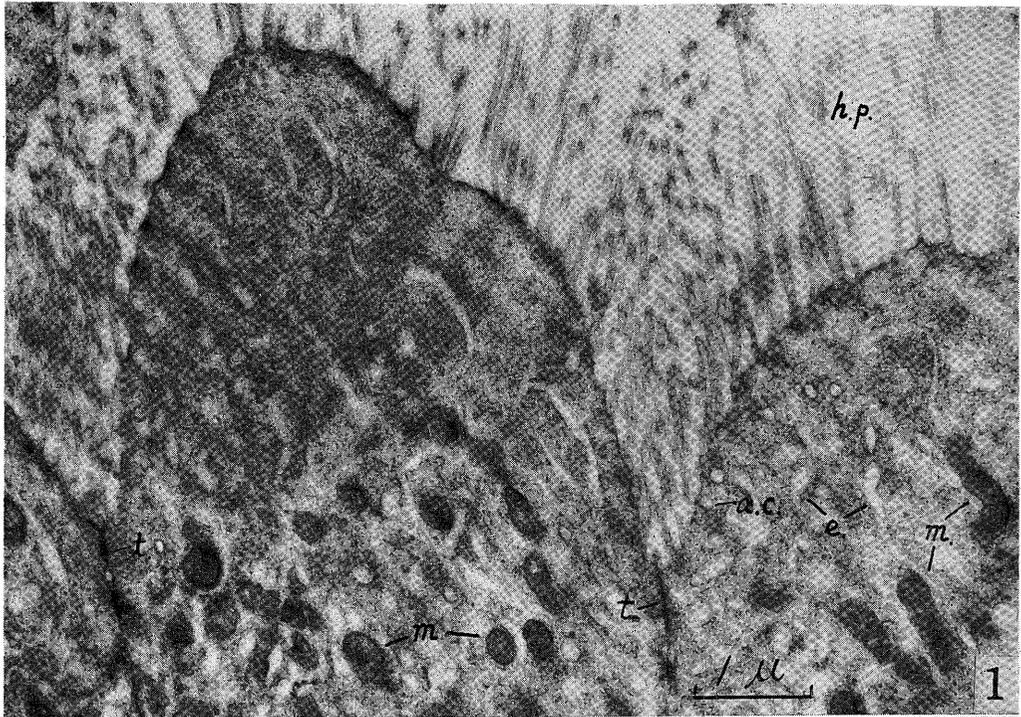


plate 2.

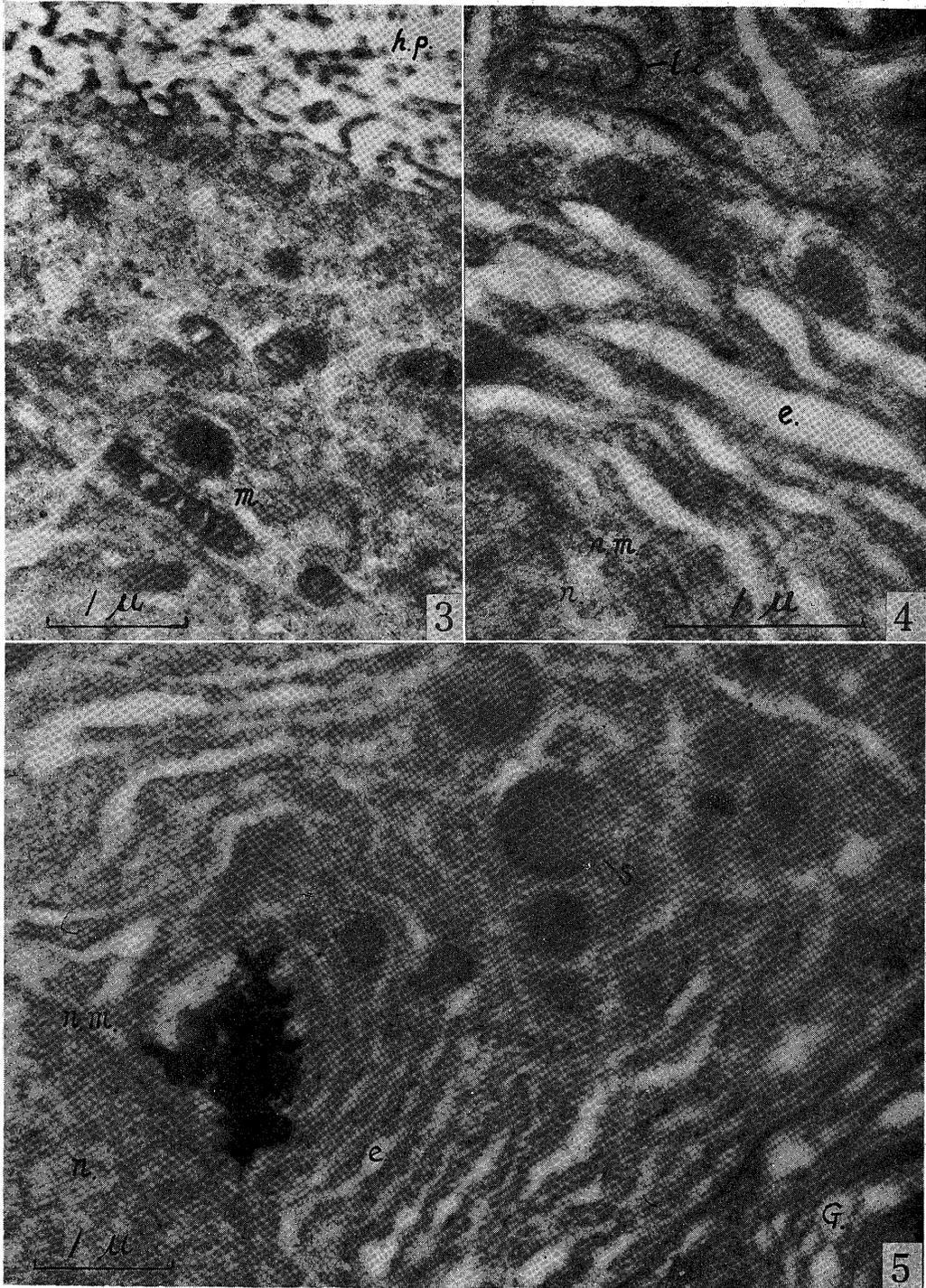


Plate 3.

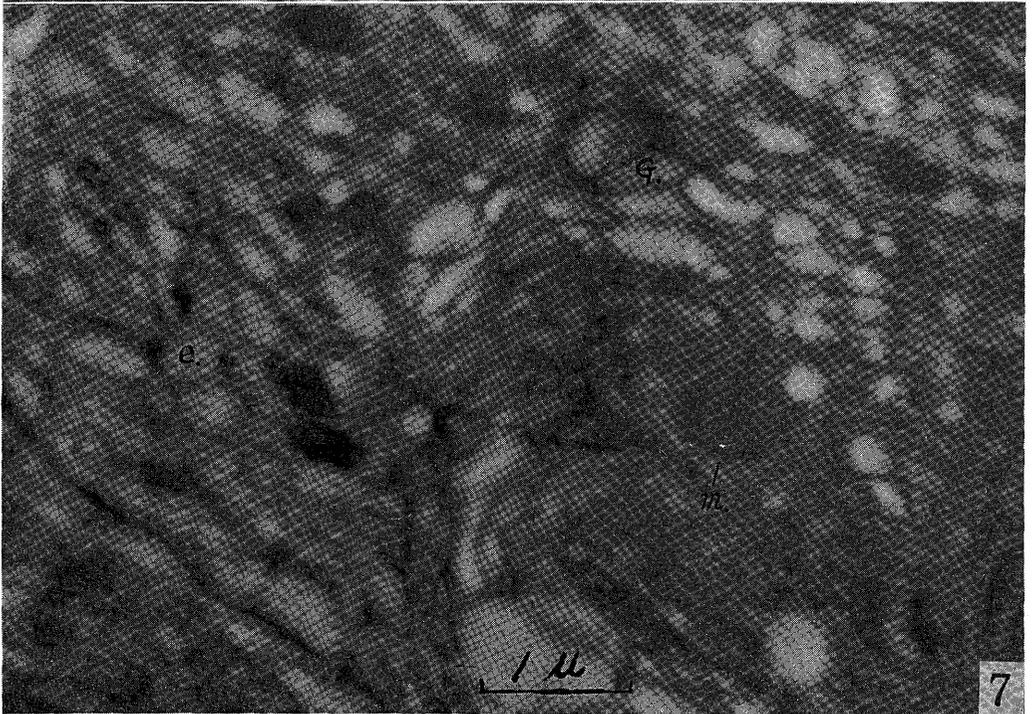
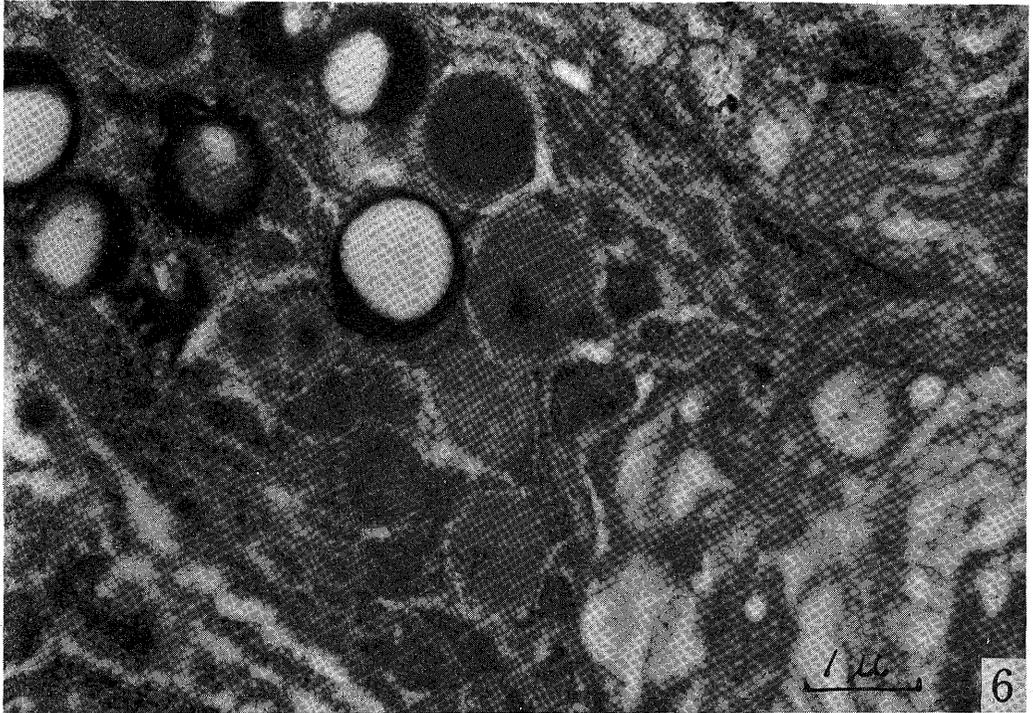


Plate 4.

