

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

北海道医学雑誌 (1993.03) 68巻2号:265～279.

コットンラット松果体における形態学的部位差—光学および電子顕微鏡的
観察—

齊藤泰博

学 位 論 文

コ ッ ト ン ラ ッ ト 松 果 体 に お け る 形 態 学 的
部 位 差 . 光 学 お よ び 電 子 顕 微 鏡 的 観 察

斉 藤 泰 博

はじめに

多くのゲッ歯類において，松果体は静脈洞
 交会の直下に達する遠位部あるいは表在部，
 手綱交連と後交連の間に位置する近位部ある
 いは深在部およびこれらの両部位を連結する
 中間部の3部からなる¹⁾．一般に，遠位部は松
 果体の大部分を構成し，中間部や近位部は比
 較的小さい．このような松果体の各部分が同様
 の機能を有するのがあるいはそれぞれが異な
 る役割を演ずるのかはなお明らかでない．こ
 の問題を解明するためには，種々のゲッ歯類
 における松果体各部の比較形態学的研究が不
 可欠であると考えられるが，このような研究
 はこれまできわめて少ない．コットンラット
 松果体も遠位部，中間部および近位部の3部
 からなる．この動物では，松果体の中間部や
 近位部はよく発達する²⁾．従来の私どもの光
 学顕微鏡的観察から，コットンラット松果体
 における神経細胞の大きさや分布³⁾およびペ
 プチド含有線維の分布⁴⁾に部位差が存在する

ことがわかった。本研究では，コットンラット
 における松果体各部の大きさや各部に存在
 する松果体細胞の核の大きさを求め，また，
 松果体実質細胞，分布神経および毛細血管の
 微細構造を部位別に調べた。コットンラット
 との比較のために，Sprague-Dawley系ラット
 (SDラット)でも同様に松果体各部の大きさ
 を求めた。

材料と方法

実験には，私どもの教室で繁殖維持してい
 る生後200日の雄性コットンラット (*Sigmoud-*
on hispidus) 18匹 (体重，76-169g) と生後50
 日の雄性Sprague-Dawley系ラット (SDラット)
 5匹 (体重，199-234g) を用いた。動物は，
 恒常の明暗環境 (明期14時間，暗期10時間；
 明期，午前6時～午後8時) と温度環境 (23±
 2℃) の下で，固形飼料と水を自由に摂取させ
 て飼育した。照明には白色蛍光灯を用い，照
 明時のケージ内の照度を約20ルクスとした。
 動物は透明のプラスチックケージ (幅30cm，

長さ 35 cm , 高さ 17 cm) に 入 れ , 生 後 20 日 で 離
 乳 さ せ た の ち は ケ ー ジ 内 の 動 物 の 数 を コ ッ ト
 ン ラ ッ ト の 場 合 は 2 匹 以 内 , S D ラ ッ ト の 場 合
 は 1 匹 と し た . 2 種 類 の ラ ッ ト 各 5 匹 は 明 期
 の 中 間 時 点 (午 後 1 時) に ク ロ ロ ホ ル ム 麻 酔
 下 で 断 頭 に よ っ て 殺 し , 直 ち に 松 果 体 を 周 囲
 の 組 織 と と も に 摘 出 し , B o u i n 液 に 投 入 固 定 し
 た . 20 時 間 固 定 し た の ち , 型 の よ う に 脱 水 し ,
 パ ラ フ ィ ン に 包 埋 し た . 松 果 体 が 横 断 さ れ る
 よ う に 組 織 ブ ロ ッ ク を ミ ク ロ ト ー ム に 固 定 し ,
 厚 さ 8 μ m の 松 果 体 の 横 断 連 続 切 片 を 作 製 し ,
 ハ マ ト キ シ リ ン ・ エ オ シ ン 染 色 を 施 し た .
 無 処 置 動 物 11 例 と 両 側 上 頸 神 経 節 除 去 後 7
 日 を 経 過 し た 神 経 節 除 去 動 物 2 例 に 灌 流 固 定
 を 行 っ た . ペ ン ト バ ル ビ タ ー ル (55 mg / kg) を
 腹 腔 内 に 注 射 し て 麻 酔 し , 開 胸 後 左 心 室 に 刺
 入 し た カ ニ ュ ー レ か ら 灌 流 固 定 装 置 (日 新 EM,
 V P F - 1) を 用 い 4000 単 位 / kg の ヘ パ リ ン と 2% 低
 分 子 デ キ ス ト ラ ン を 含 む タ イ ロ ー ド 液 10 ml を
 流 し , つ い で 2% 低 分 子 デ キ ス ト ラ ン を 含 む カ

コジレイト緩衝8%グルタルアルデヒド・4%パラフォルムアルデヒド混合液(pH7.4)で灌流したのち実体顕微鏡下で松果体を周囲の組織から剥離した。松果体を上述の液によって室温でさらに30分固定したのち、コリジン緩衝2%4酸化オスミウム液(pH7.4)で4℃60分後固定した。後固定ののち、0.5%酢酸ウラン水溶液で4℃15時間ブロック染色を施し、型のようにエチルアルコールとアセトンで脱水し、スパー⁵⁾に包埋した。

交感神経とは異なる神経線維の微細構造や分布を調べるために神経節除去動物を用いた。上頸神経節除去は、塩酸ケタミン(30mg/kg筋肉内注射)とヘキシバルビタール(40mg/kg腹腔内注射)の麻酔下で行なった。

松果体の遠位端から近位端までの横断連続切片を用い、2種類のラットの松果体の体積を求め、また、コットンラットでは松果体細胞の核の断面積を求めた。コットンラットの松果体は楕円体状の遠位部と松果陥凹を囲む

円錐状の近位部およびこれらの中に存在する
 細長い中間部からなる。遠位部あるいは近位
 部は中間部に徐々に移行し、これらの境界は
 明らかでない。SDラットでも、松果体遠位部
 は楕円体状を呈するが、近位部は薄い板状を
 呈し⁶⁾、また、中間部はきわめて細く、しば
 しば部分的に欠如する⁷⁾。このように、コッ
 トンラット松果体各部の境界は明瞭ではない
 ので、松果体を中央より遠位側の部分とこれ
 より近位側の部分に分け、各部の体積を求め
 た。コットンラットとの比較のために、SDラ
 ットでも松果体を同様に2分し、両部の体積
 を求めた。描画装置（オリンパス、BH2-DA）
 を用いて、200倍に拡大した松果体の断面の輪
 郭を描き、画像解析装置（Kontron, MOP-AM03）
 によって断面積を求めた。コットンラットと
 SDラットの各1例において、それぞれ10枚毎
 あるいは20枚毎の切片から得られた体積値の
 10倍あるいは20倍の値は、すべての連続切片
 から得られた値とほぼ同様であったので、松

果体各部の体積は、コットンラットでは10枚
 毎の切片における断面積の総和×10(SDラット
 では20枚毎の切片における断面積の総和×20)
 ×切片の厚さ/200²で表わした。コットンラ
 ットの松果体横断連続切片を3等分し、松果
 体細胞の核の断面積を遠位部、中間部および
 近位部の各部位毎に求めた。これらの各部の
 切片のほぼ中央から無作為にそれぞれ100個
 の松果体細胞の核を選択し、描画装置を用い
 て1000倍に拡大した松果体細胞の核の輪郭を
 描き、画像解析装置によって核の断面積を求
 めた。

無処置動物の3例から得られた樹脂包埋材
 料は有髄線維の観察に用いた。厚さ2 μ mの松
 果体の横断連続切片にトルイジン青染色を施
 し、10枚毎の切片にみられる松果体の断面積
 と松果体に分布する有髄線維の数を求めた。

前述と同様の方法で求めた松果体の断面積と
 各断面にみられる有髄線維の数から単位面積
 内の有髄線維の数を求めた。無処置動物8例

と神経節除去動物2例から得られた樹脂包埋材料は電子顕微鏡(電顕)的観察に用いた。松果体を遠位部, 中間部および近位部に分割し, 各部から超薄切片を作製し, クエン酸鉛で5分染色したのち電顕(JEM 100S)で観察した。

各部位における松果体細胞の核の大きさの比較はKruskal-Wallis H検定によった。

成績

光学顕微鏡的観察

10枚毎の松果体の横断連続切片の断面積を松果体の遠位端から近位端に向かって順に並べると図1のようになる。断面積は遠位部でもっとも大きく, 近位部がこれにつき, 中間部がもっとも小さい。すべての連続切片を調べても, 全例において, 中間部に欠損部はみられなかった。中間部の中央から遠位側あるいは近位側に向かうにつれて, 松果体の断面積はしだいに増加する。松果体の中央より遠位側の部分, これより近位側の部分および全

体の体積はそれぞれ $0.1060 \pm 0.0046 \text{ mm}^3$, $0.0451 \pm 0.0039 \text{ mm}^3$ および $0.1512 \pm 0.0065 \text{ mm}^3$ と
 なり, 遠位側の部分と近位側の部分の体積は
 それぞれ全体の 70.6% と 29.4% を占めることが
 わかる. SDラットでも同様に各部の体積を求
 めると, 中央より遠位側の部分, これより近
 位側の部分および全体の体積はそれぞれ $0.6473 \pm 0.0301 \text{ mm}^3$, $0.0049 \pm 0.0005 \text{ mm}^3$ および $0.6522 \pm 0.0328 \text{ mm}^3$ と
 なり, 遠位側の部分が全体の
 の大部分 (99.2%) を占めることがわかる.
 遠位部, 中間部および近位部における松果
 体細胞の核の断面積は, それぞれ $34.9 \pm 0.3 \mu\text{m}^2$, $31.5 \pm 0.4 \mu\text{m}^2$ および $30.1 \pm 0.3 \mu\text{m}^2$ と
 なり,
 松果体細胞の核は遠位部で最大で, 近位部で
 最小である. 遠位部にみられる松果体細胞の
 核は中間部あるいは近位部の細胞の核よりも
 有意に大きい ($\text{遠位部} \cdot \text{中間部間}$, $P < 0.05$;
 $\text{遠位部} \cdot \text{近位部間}$, $P < 0.01$) , 核の大きさは中
 間部と近位部ではほぼ同様である.
 有髄線維は主として毛細血管の近くを走る.

有髓線維の分布は松果体の横断面上では部位的差異を示さない。松果体の軸の方向における有髓線維の分布は図2のようになる。いずれの例でもほぼ同様の成績が得られたので代表例を示した。有髓線維は遠位側から近位側に向かうにつれて減少するが、単位面積内の数は遠位部よりも中間部の方が多いことがわかる。近位部において、手網交連の出現部位よりも近位側の部位には有髓線維はみられない。

電子顕微鏡的観察

1. 遠位部

遠位部では、松果体実質の大部分は松果体細胞からなる(図3)。遠位部に存在する松果体細胞の一般的な微細構造はすでに記載されているので⁸⁻¹⁰⁾、ここではほかの部位にみられる松果体細胞やほかの実質細胞との比較に必要な事項にとどめる。松果体細胞の核は一般に不整形を呈し、しばしば核膜切痕を有する。核質は比較的明調で、少量の異染色質が核膜

に沿って集積する。ときに、核周部に多数の
 ライソゾーム様構造がみられる(図4)。この構
 造は、中等度の電子密度を有する微細顆粒状
 の物質や高電子密度の塊状の物質を含む。松
 果体細胞の突起は血管周囲腔に集積する(図
 5)。突起には、種々の大きさを有する無顆粒
 小胞が密在し、また、直径約120nmの顆粒小
 胞が散在する。顆粒小胞の中心顆粒は直径約
 75nmで、電子密度の高い物質からなる。
 松果体細胞の核周部や突起が血管周囲腔に
 露出することもあるが、血管周囲腔を囲む実
 質の表面は一般に松果体細胞とは異なる細胞
 でおおわれる。血管周囲腔を囲む実質細胞は
 遠位部では2種類に分類される。遠位部の辺
 縁部に存在する細胞は、ラット松果体におい
 て間質細胞¹¹⁾とよばれた細胞に相当する。間
 質細胞は円形ないし卵円形の小型核を備え、
 核周部の量は少ない(図6)。異染色質は核の
 辺縁部に集積するが、また、中心部にも比較
 的密に存在するので、核質は暗調である。胞

体も暗調を呈し、核周部にはよく発達するゴルジ装置、比較的広い内腔をもつ粗面小胞体、小型の暗調なミトコンドリア、リポフスチン様構造などが存在する（図6、7）。細糸はみられない。遠位部のいたる所で血管周囲腔を囲む細胞は線維型星状膠細胞としての特徴を有する。この細胞の核は多数の核膜切痕を有し、不整形を呈する（図8）。異染色質は核の辺縁部や中心部に集積し、核質は暗調である。核周部は比較的少量で、ゴルジ装置、広い内腔をもつ粗面小胞体、小型の暗調なミトコンドリアなどのほかに多数の細糸を有する（図9）。間質細胞や線維型星状膠細胞の核周部から多数の突起が出る（図6、8）。突起は薄膜状を呈し、実質の表面をおおい（図6、8）、また、実質内で松果体細胞の間にのびる（図6）。間質細胞と線維型星状膠細胞はいずれも交感神経線維としばしば密接し（図7、9）、交感神経線維は他側で血管周囲腔に露出する（図9）。遠位部では、交感神経線維と間質細胞あるいは

線維型星状膠細胞の間にシナプスは観察され
 ない。血管周囲腔や実質内において、松果体
 細胞と接する交感神経線維はほとんどみられ
 ない。
 毛細血管内皮は多数の小孔を有する（図8）。
 毛細血管は広い周囲腔で囲まれ、腔には松果
 体細胞の突起（図5）、交感神経線維と終末（図
 10）、有髄線維（図11）、線維細胞、膠原線維
 などが存在する。
 神経節除去動物の松果体遠位部では、交感
 神経線維は消失するが、有髄線維は残存する
 （図12）。有髄線維の近くに多数の無髄線維
 も観察される。有髄線維は1個のシュワン細
 胞で囲まれるが、無髄線維の場合は、しばし
 ば多数の線維が同一のシュワン細胞で囲まれ
 る（図12）。無髄線維の終末は直径約50nmの
 小型無顆粒小胞と直径約100nmの顆粒小胞を
 含む。顆粒小胞は直径約75nmの顆粒を有する。
 顆粒小胞はときに多数存在する（図13）。こ
 のような神経終末は血管周囲腔を囲む間質細

胞や星状膠細胞に接する（図13）。神経終末は、しばしばこれらの細胞の核周部に完全に囲まれる。

2. 中間部

松果体細胞、間質細胞および星状膠細胞の微細構造、間質細胞と星状膠細胞の存在部位および有髄線維や交感神経線維の特徴は遠位部の場合とほぼ同様である。毛細血管は広い周囲腔で囲まれるが、血管内皮は一般に厚く、小孔は少ない。

3. 近位部

近位部でも、松果体細胞の核や小器官の一般的な特徴は、ほかの部位にみられる細胞とほぼ同様である。松果体細胞はしばしば薄膜状の星状膠細胞の突起で囲まれる（図14）。松果体細胞の間に星状膠細胞の突起が介在する頻度はほかの部位よりも高い。核周部はとくに多数のライソゾーム様構造を有する。この構造は一般に低電子密度の物質を含み、この物質はしばしば層板状を呈する（図15）。

高電子密度の塊状の物質はほとんどみられな
 い。松果体細胞の突起は、主として星状膠細
 胞の突起の間に存在し（図16）、突起の表面
 が血管周囲腔に露出することはまれである。
 近位部にみられる松果体細胞の突起には、ほ
 かの部位の細胞よりも多くの顆粒小胞が存在
 するが、無顆粒小胞はむしろ少ない（図16）。
 顆粒小胞は直径約130nmで、直径約90nmの顆粒
 を含む。
 近位部には、ほかの部位よりも多くの星状
 膠細胞が存在するが、間質細胞はみられない。
 近位部にみられる星状膠細胞には2種類が区
 別される。星状膠細胞の多くは前述の線維型
 星状膠細胞に相当するが（図17）、近位部に
 は、ほかの部位にはみられない原形質型星状
 膠細胞とみなしうる細胞もしばしば観察され
 る（図18）。この細胞の核は円形ないし卵円
 形を呈する。異染色質は主として核膜に沿っ
 て集積し、核質は線維型星状膠細胞よりも明
 調である。核周部は多量で、小器官はよく発

達する。核周部には大型のミトコンドリア、
 ゴルジ装置、粗面小胞体、リポフスチン様構
 造、細糸などがみられる(図18)。細糸は線維
 型星状膠細胞よりも少ない。原形質型星状膠
 細胞も間質細胞や線維型星状膠細胞と同様に
 多数の薄膜状の突起を出す。2種類の星状膠
 細胞の突起は区別できない。近位部では星状
 膠細胞の突起がしばしば重積し、松果体細胞
 の間にのびる。相接する星状膠細胞の突起の
 間にしばしばネキサスが観察される(図19)。
 交感神経終末はしばしば星状膠細胞の核周部
 や突起に接する(図20, 21)。交感神経終末が
 松果体細胞に接する像はほとんど観察されな
 い。ときに、星状膠細胞の突起と交感神経終
 末の間にシナプスが観察される(図22)。
 毛細血管内皮は厚く、小孔は欠如する(図
 20)。血管はせまい周囲腔で囲まれる。周囲
 腔を囲む実質の表面は一般に星状膠細胞でお
 おわれるが、まれに松果体細胞が腔に露出す
 る。星状膠細胞に接する松果体細胞や交感神

経終末は、ときに他側で血管周囲腔に面する。
 ときに、交感神経終末が周囲腔内に存在する。
 相接する毛細血管内皮細胞の間に密着帯が観
 察される。

神経節除去動物の近位部では、交感神経線
 維、有髄線維および小型無顆粒小胞と直径約
 100 nm の顆粒小胞を含む無髄線維はみられな
 い。

考 察

多くのゲツ歯類では、一般に、遠位部は松
 果体の大部分を構成するが、モルモット、ス
 ナネズミ、ハタネズミなど少数の動物の松果
 体近位部は比較的大きい。通常、中間部は棒
 状を呈し、連続する実質組織からなるが、ゴ
 ールデンハムスター¹²⁾、ラット⁷⁾、野生マウス
 (*Peromyscus leucopus*)¹³⁾などではほとんど
 あるいは部分的に欠如する。このように、ゲ
 ツ歯類における松果体各部の大きさは動物種
 によって著しく異なるが、各部の大きさに関
 する計量的成績は従来きわめて少ない。野生

マウス (*Peromyscus leucopus*)¹³⁾ とチャイニ
 ーズハムスター¹⁴⁾ では、近位部の大きさは遠
 位部と中間部の合計の $1/5$ にも満たないが、
 モルモット¹⁵⁾ では松果体は垂鈴状を呈し、遠
 位部と近位部の大きさはほぼ同様で、中間部
 はこれらよりもやや小さいといわれる。本研
 究によつて、松果体の中央より遠位側の部分
 に対する残りの部分の比率はコットンラット
 では40%以上であるが、SDラットでは1%にも
 達しないことがわかつた。これらの研究にお
 いて、松果体各部の定義は必ずしも同一では
 ないので、種々の動物から得られた成績をそ
 のまま比較することはできないが、コットン
 ラットでは松果体近位部は著しく大きく、モ
 ルモットに匹敵するといえる。

本研究によつて、コットンラット松果体の
 遠位部に存在する松果体細胞はほかの部位に
 みられる細胞よりも大型の核を有することが
 わかつた。同様の所見は、野生マウス (*Pero-*
myscus leucopus)¹³⁾、レミング (*Dicrostonyx*

groenlandicus)¹⁶⁾, マウス¹⁷⁾, ゴールデンハムスタ
 ター¹⁸⁾, チャイニーズハムスター¹⁴⁾, SDラット⁷⁾
 などでも観察され, ゲツ歯類では, 一般に遠
 位部にみられる松果体細胞は近位部の細胞よ
 りも大きい核を有するといえる.
 長日環境下で飼育したチャイニーズハムスタ
 ターにおいて, 松果体遠位部に存在する松果
 体細胞の核は近位部の細胞の核よりも著しく
 大きく, かつ不整の形状を示す¹⁴⁾. また, マ
 ウスでは, 松果体細胞の核は幼若期では円形
 であるが, 日齢の増加とともに不整形を呈す
 るようになる¹⁹⁾. これらの観察から, チャイ
 ニーズハムスターでは, 長日環境は遠位部の
 松果体細胞の発育を促進させるが, 近位部の
 松果体細胞はこのような環境下でも未分化の
 状態にとどまると推測された¹⁴⁾. しかしなが
 ら, コットンラットでは, 松果体の各部に存
 在する松果体細胞の核は, 大きさの点を除け
 ばほぼ同様の特徴を示し, また, 小器官は近
 位部の松果体細胞でもよく発達する. したが

っ て , この動物では , 松果体近位部に存在す
 る松果体細胞が幼若な細胞であるとはみなし
 がたい .
 幼若²⁰⁾ および成熟¹²⁾ ゴールデンハムスター
 において , 松果体の遠位部と近位部に存在す
 る松果体細胞は同様の微細構造を示すといわ
 れる . コットンラットでは , 松果体細胞にみ
 られるライソゾーム様構造や分泌物質を含む
 と考えられる顆粒小胞や無顆粒小胞の形態あ
 るいは出現頻度は細胞の存在部位によって異
 なる . これらの構造は松果体細胞の分泌活動
 に関与すると考えられるので , このような部
 位的差異は , 各部に存在する松果体細胞の機
 能的差異を示すと考えられる . しかしながら ,
 松果体各部における分泌物質の性状を明らか
 にするためには免疫組織化学的研究が必要で
 ある .
 種々のゲッ歯類の松果体遠位部において ,
 血管周囲腔やこれにつづく広い細胞間隙はし
 ばしば松果体細胞とは異なる細胞で囲まれる .

従来，この細胞には，間質細胞^{11, 21)}，II型松果
 体細胞²²⁻²⁴⁾，暗調細胞²⁵⁾，希突起膠細胞²⁶⁻²⁹⁾，神
 経膠細胞³⁰⁾，神経膠細胞類似細胞³¹⁾など数多
 くの名称が与えられてきた。これらの細胞の
 特徴を比較してみると，いくつかの共通点が
 存在することがわかる。すなわち，これらの
 細胞は暗調な核と胞体を備え，核周部から細
 長い突起を出し，胞体には比較的広い内腔を
 もつ粗面小胞体を有する。したがって，種々
 の名称でよばれた細胞はいずれも同一の細胞
 型に属すると考えられる。上述の報告では細
 糸の存在に関する記載がみられない場合もあ
 るので，これらの細胞のすべてに細糸が存在
 するか否かは明らかでない。ラット^{11, 24, 25)}，ス
 ナネズミ³⁰⁾，チャイニーズハムスター³¹⁾など
 では細糸の存在が記載されているが，13線シ
 マリスではこの構造が存在するとも²⁵⁾，また，
 欠如するとも²⁶⁾いわれる。

コットンラット松果体の遠位部と中間部に
 おいて，これらの各部の辺縁部にみられる間

質細胞は、ラットやほかのゲツ菌類の松果体
 遠位部に存在し、前述のような種々の名称で
 よばれる細胞に相当すると考えられる。この
 ような間質細胞は、最近、Luoら³²⁾によつて
 ラット松果体で観察された星状膠細胞類似細
 胞に類似する。この細胞は松果体遠位部に多
 数存在する。胞体は少量で、細糸を欠く。コ
 ットンラット松果体の遠位部には、間質細胞
 のほかに典型的な星状膠細胞が多数観察され
 る。星状膠細胞は線維型星状膠細胞としての
 特徴を有し、遠位部と中間部のいたる所に存
 在する。Luoら³²⁾によると、ラットでも、松
 果体遠位部には前述の星状膠細胞類似細胞の
 ほかに、多数の細糸を有する星状膠細胞が小
 数観察される。このような星状膠細胞は成熟
 型とみなされ、細糸を欠く星状膠細胞類似細
 胞は幼若な星状膠細胞に相当すると推測され
 ている³²⁾。
 ゲツ菌類では、松果体遠位部に多数の星状
 膠細胞を有する動物はこれまで報告されてい

ないので，コットンラットはこの点でほかの
 動物とは異なるといえる．この動物の松果体
 にはほかのゲツ歯類とは異なり多数の神経細
 胞が存在する³⁾．神経細胞は松果体の遠位部
 に多く分布し，この細胞の周囲には線維型星
 状膠細胞が集積する．コットンラット松果体
 の遠位部における多数の星状膠細胞の出現に
 は神経細胞の存在が関連するかもしれない．
 ゲツ歯類松果体の中間部ないし近位部の電
 顕的観察はこれまで2，3の動物でなされて
 いる．ゴールデンハムスター^{12, 20)}やハタネズ
 ミ (*Microtus agrestis*)³³⁾の松果体近位部お
 よびラット^{24, 32)}の松果体中間部にはしばしば
 星状膠細胞が存在する．コットンラット松果
 体において，線維型星状膠細胞は近位部では
 ほかの部位よりもしばしば観察される．近位
 部では，さらに，原形質型星状膠細胞とみな
 しうる細胞も多数存在する．したがって，中
 間部ないし近位部における多数の星状膠細胞
 の存在は，ゲツ歯類松果体の一般的な特徴の

ようである。他方、間質細胞はこれまでゲッ
 菌類松果体の近位部に観察されていないので、
 この細胞はゲッ菌類松果体の遠位部ないし中
 間部に限局するといえる。最近、免疫組織化
 学的研究によつて、ラット³⁴⁾、マウス³⁴⁾およ
 びゴールデンハムスター³⁵⁾の松果体遠位部に
 はGFA蛋白 (glial fibrillary acidic pro-
 tein) を含む成熟型星状膠細胞は少ないが、
 ビメンチンあるいはC1抗原を有する幼若型
 星状膠細胞は多数存在することが明らかにな
 った。さらに、ラット松果体では、S-100蛋白
 あるいはGFA蛋白陽性細胞は主として中間部
 にみられるが、ビメンチン陽性細胞は松果体
 の遠位部と中間部のいずれにも存在すること
 がわかった^{36, 37)}。このような免疫組織学的成
 績は前述の電顕的所見³²⁾を支持する。後述す
 るように、コットンラットでは間質細胞と星
 状膠細胞はともに交感神経線維や交感神経と
 は由来の異なる無髄線維としばしば接する。
 間質細胞はゲッ菌類松果体の遠位部において

重要な役割を演ずると考えられる。
 蛍光顕微鏡による観察から、ラット³⁸⁾、ゴ
 ールデンハムスター³⁹⁾とスナネズミ⁴⁰⁾の松果
 体遠位部、中間部および近位部に分布する交
 感神経線維は両側上頸神経節除去後に消失し、
 これらの神経線維はいずれも上頸神経節に由
 来することが証明されている。また、電顕的
 研究によつて、コットンラット松果体に多数
 分布する交感神経線維^{8, 9)}も上頸神経節除去後
 に消失するが、神経節除去動物の松果体には
 少数の有髓線維と無髓線維が残存することが
 わかった¹⁰⁾。これらの報告では、松果体の部
 位に関する記載がなく、コットンラット松果
 体に分布する種々の神経線維と松果体の部位
 の関係は明らかでない。本研究によつて、交
 感神経線維はコットンラット松果体の各部に
 豊富に分布し、また、この線維は主として血
 管周囲腔に存在するが、一部の線維は実質内
 で間質細胞や星状膠細胞に接し、とくに近位
 部では星状膠細胞とシナプスを形成すること

がわかった。多くのゲッ歯類の松果体遠位部
 では、交感神経は一般に血管周囲腔に分布し、
 また、松果体細胞はしばしば血管周囲腔に露
 出する^{1, 25, 41, 42)}。交感神経終末は松果体細胞と
 シナプスをつくることがラットで報告されて
 いるが⁴³⁾、このようなシナプスはまれで、ま
 た、多くの動物では観察されない^{41, 42)}。これ
 らの所見から、交感神経終末から放出される
 伝達物質は主として血管周囲腔を介して松果
 体細胞に達すると考えられている⁴²⁾。しかし
 ながら、コットンラット松果体の各部に分布
 する交感神経線維は松果体細胞よりはむしろ
 間質細胞や星状膠細胞にしばしば近接する。
 松果体遠位部における交感神経線維と間質細
 胞の密接な関係はラットやマウスなどでも観
 察される^{11, 25)}。したがって、交感神経によっ
 て松果体に達する神経性情報は松果体細胞の
 みならず間質細胞や星状膠細胞にも伝えられ
 ると考えられる。とくにコットンラットの松
 果体近位部では、交感神経終末からのノルア

ドレナリンはシナプスを介して星状膠細胞に
 直接作用するといえる。近位部では星状膠細
 胞は個々の松果体細胞や松果体細胞群を密に
 囲む。ノルアドレナリンは星状膠細胞を介し
 て間接的に松果体細胞に影響を及ぼすと考え
 られる。

従来私の観察³⁾と本研究で得られた
 成績から、コットンラット松果体において、
 有髄線維は遠位部と中間部にはしばしばみら
 れるが近位部には分布しないことがわかった。
 有髄線維は上頸神経節除去後も存在する。神
 経節除去動物では、無髄線維も遠位部と中間
 部には分布するが近位部にはみられない。し
 たがって、神経節除去の影響をうけない有髄
 および無髄線維は同じ線維群に属し、また、
 これらの線維は交連線維に由来する線維では
 ないと考えられる。有髄線維は松果体遠位部
 の被膜に豊富に分布するので、この線維は主
 として遠位部から松果体に侵入するようであ
 る³⁾。最近、私どもは、上頸神経節除去コッ

トンラットットの松果体遠位部や中間部にカルシ
 トニン遺伝子関連ペプチド (CGRP) あるいはサ
 ブスタンス P (SP) を含有する線維が豊富に分
 布することを明らかにした⁴⁾。これらのペプ
 チド含有線維は神経節除去後に残存する有髄
 および無髄線維に相当すると考えられる。コ
 ットンラット松果体遠位部には少数の SP 含有
 神経細胞が存在するが, CGRP 陽性細胞はみら
 れない⁴⁾。したがって, 遠位部や中間部に分
 布するペプチド含有線維の大多数は松果体内
 神経細胞に由来する線維ではないと考えられ
 る。これらの所見から, コットンラット松果
 体の遠位部と中間部に分布する有髄および無
 髄線維は外部から松果体に侵入した線維であ
 るといえる。最近, スナネズミ⁴⁴⁾ とラット⁴⁵⁾
 の松果体には CGRP あるいは SP を含有する神経
 線維が分布し, この線維は三叉神経節に由来
 することが明らかになった。コットンラット
 松果体において上頸神経節除去後に残存する
 有髄および無髄線維も三叉神経節に由来する

かもしれないが、このような神経線維の由来
 については今後の検索が必要である。
 これらの有髄および無髄線維は主として血
 管周囲腔に分布するが、無髄線維の一部は実
 質内で間質細胞や星状膠細胞に接する。した
 がって、松果体近位部には交感神経のみが分
 布するが、遠位部と中間部は少なくとも2種
 類の神経によって支配されるといえる。遠位
 部と中間部に存在する間質細胞や星状膠細胞
 は、交感神経のみならずこれとは異なる神経
 線維とも密接な関係を有することは興味深い。
 松果体の遠位部や中間部にみられる実質細胞
 は交感神経のみならずペプチド含有線維によ
 っても支配されるのかもしれない。しかしな
 がら、松果体実質細胞と2種類の神経線維の
 関係の詳細を明らかにするためには種々の実
 験形態学的研究が必要である。
 本研究から、コットンラット松果体の遠位
 部には有窓毛細血管が分布するが、近位部で
 は毛細血管内皮は厚く小孔はみられない。中

間部では有窓毛細血管の出現頻度は遠位部よりも減少する。毛細血管内皮の構造と松果体の部位の関係はゴールデンハムスターとスナネズミでも調べられている⁴⁶⁾。ゴールデンハムスター松果体の毛細血管はコットンラットと同様の部位的差異を示すが、スナネズミ松果体では、毛細血管内皮はどの部位でも小孔を欠く。このような動物差の理由は明らかでないが、少なくともコットンラットやゴールデンハムスターでは、松果体にみられる毛細血管内皮の部位的差異は松果体各部の機能的差異を反映すると考えられる。

ゲッ菌類松果体の各部におけるメラトニン合成酵素活性やメラトニン含量は2, 3の動物で調べられている。ラットの松果体遠位部ではセロトニンN-アセチル転移酵素の活性が顕著な日内リズムを示すことはよく知られているが、中間部ないし近位部ではこの酵素の活性に日内リズムはみられないといわれる⁴⁷⁾。

しかしながら、ゴールデンハムスターの遠位

部と近位部²⁰⁾あるいはモルモットの遠位部，
 中間部および近位部⁴⁸⁾におけるメラトニン含
 量はほぼ同様の日内リズムを示す．このよう
 に，ゲッ歯類松果体の各部におけるメラトニ
 ン合成に関する成績はなお断片的で，松果体
 各部の機能的関係や松果体近位部の役割は明
 らかでない．本研究にみるように，ゲッ歯類
 でも松果体近位部の大きさには著しい動物差
 がみられる．ヒトなどのほかの多くの動物で
 は，松果体は脳内の深部に位置するので¹⁾，
 この器官全体がゲッ歯類における近位部に相
 当すると考えることができる．前述のように，
 神経膠細胞や毛細血管の特徴はゲッ歯類松果
 体の各部で明らかに異なる．また，ゲッ歯類
 松果体の中間部ないし近位部に存在する神経
 膠細胞や毛細血管は，ヒトなど多くの動物の
 深在性松果体のものに類似することが指摘さ
 れている^{49, 50)}．また，本研究によつて，コッ
 トンラットにおける松果体細胞や分布神経の
 特徴も松果体の各部で異なることがはじめて

明らかなになつた。今後は、この動物を用いて松果体各部の各構成要素に関する種々の実験形態学的研究を行ない、ゲッ歯類松果体における形態学的部位差の意義を明らかにしていきたいと考えている。このような研究は、哺乳動物松果体の形状や脳内における位置にみられる動物差の意義を明らかにするうえにも重要であると思われる。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご指導とご助言を賜わつた旭川医科大学放射線医学講座、天羽一夫教授に深謝し、本研究の直接のご指導とご校閲をいただいた旭川医科大学解剖学第二講座、松嶋少二教授に心から謝意を表します。また、日頃のご協力をいただいた解剖学第二講座および放射線医学講座の教室員各位に心からお礼申し上げます。

文 献

- 1) Vollrath, L.: The pineal organ. In "Handbuch der Mikroskopischen Anatomie des Menschen" W/7, ed. by Oksche, A. and Vollrath, L., Springer, Berlin, 1981.
- 2) Petterborg, L. J., Philo, R. C. and Reiter, R. J.: The pineal body and pinealectomy in the cotton rat, Sigmodon hispidus. Acta anat. 107:108-113, 1980.
- 3) Matsushima, S., Sakai, Y., Hira, Y., Kawai, Y. and Saito, Y.: Postnatal changes in nerve cells and myelinated fibers in the pineal gland of cotton rats (Sigmodon hispidus). A light microscopic study. Arch. Histol. Cytol. 54:379-389, 1991.
- 4) 阪井裕子, 松嶋少二, 大黒成夫: コットンラットにおける松果体および松果体の周辺に分布するペプチド含有神経線維ならびに松果体内ペプチド含有神経細胞. 解剖誌, 67:130, 1992.
- 5) Spurr, A. R.: A low-viscosity epoxy resin embedding medium for electron microscopy. J. Ultrastr. Res. 26:31-43, 1969.
- 6) Kappers, J. A.: The development, topographical relations and innervation of the epiphysis cerebri in the albino rat. Z. Zellforsch. 52:163-215, 1960.
- 7) Boeckmann, D.: Morphological investigation of the deep pineal of the rat. Cell Tissue Res. 210:283-294, 1980.

- 8) Matsushima, S., Morisawa, Y., Petterborg, L. J., Zeagler, J. W. and Reiter, R. J. :
Ultrastructure of pinealocytes of the cotton rat, Sigmodon hispidus.
Cell Tissue Res. 204:407-416, 1979.
- 9) Karasek, M., King, T. S., Brokaw, J., Hansen, J. T., Petterborg, L. J. and Reiter, R. J. : Inverse correlation between "synaptic" ribbon number and the density of adrenergic nerve endings in the pineal gland of various mammals.
Anat. Rec. 205:93-99, 1983a.
- 10) Karasek, M., Petterborg, L. J., King, T. S., Hansen, J. T. and Reiter, R. J. : Effect of superior cervical ganglionectomy on the ultrastructure of the pinealocyte in the cotton rat (Sigmodon hispidus). Gen. Comp. Endocrinol. 51:131-137, 1983b.
- 11) Wolfe, D. E. : The epiphyseal cell: An electron-microscopic study of its intercellular relationships and intracellular morphology in the pineal body of the albino rat. Prog. Brain Res. 10:332-376, 1965.
- 12) Sheridan, M. N. and Reiter, R. J. : Observations on the pineal system in the hamster. II. Fine structure of the deep pineal. J. Morph. 131:163-178, 1970.
- 13) Quay, W. B. : Volumetric and cytologic variation in the pineal body of Peromyscus leucopus (rodentia) with respect to sex, captivity and day-length. J. Morph. 98:471-491, 1956.
- 14) Matsushima, S., Sakai, Y. and Hira, Y. : Effect of photoperiod on pineal gland volume and pinealocyte size in the Chinese hamster, Cricetulus griseus.

- Am. J. Anat. 187:32-38, 1990.
- 15) Jung, D. and Vollrath, L.: Structural dissimilarities in different regions of the pineal gland of Pirbright White guinea-pigs. J. Neural Transm. 54:117-128, 1982.
- 16) Quay, W. B.: Quantitative morphology and environmental responses of the pineal gland in the collared lemming (Dicrostonyx groenlandicus). Am. J. Anat. 153:545-562, 1978.
- 17) Hülsemann, M.: Vergleichende histologische Untersuchungen über das Vorkommen von Gliafasern in der Epiphysis cerebri von Säugetieren. Acta anat. 66:249-278, 1967.
- 18) Vollrath, L.: Comparative morphology of the vertebrate pineal complex. In "Progress in Brain Research. The Pineal Gland of Vertebrates Including Man" Vol. 52, ed. by Kappers, J. A. and Pévet, P., Elsevier/North Holland, Amsterdam, pp. 25-38, 1979.
- 19) Ito, T. and Matsushima, S.: A quantitative morphological study of the postnatal development of the pineal body of the mouse. Anat. Rec. 159:447-452, 1967.
- 20) Sheridan, M. N. and Rollag, M. D.: Development and melatonin content of the deep pineal gland in the Syrian hamster. Am. J. Anat. 168:145-156, 1983.
- 21) Arstila, A. U.: Electron microscopic studies on the ultrastructure and

- histochemistry of the pineal gland of the rat. *Neuroendocrinol.*
Suppl. 2:1-101, 1967.
- 22) Calvo, J. and Boya, J.: Postnatal development of cell types in the rat pineal gland. *J. Anat.* 137:185-195, 1983.
- 23) Calvo, J. and Boya, J.: Ultrastructure of the pineal gland in the adult rat. *J. Anat.* 138:405-409, 1984.
- 24) Calvo, J. and Boya, J.: Ultrastructure of the rat pineal stalk. *Acta anat.* 123:172-177, 1985.
- 25) Matsushima, S. and Reiter, R. J.: Comparative ultrastructural studies of the pineal gland of rodents. In "Ultrastructure of Endocrine and Reproductive Organs" ed. by Hess M., John Wiley and Sons, New York, pp.335-356, 1975.
- 26) Povlishock, J. T., Kriebel, R. M. and Seibel, H. R.: A light and electron microscopic study of the pineal gland of the ground squirrel, Citellus tridecemlineatus. *Am. J. Anat.* 143:465-484, 1975.
- 27) Sheridan, M. N. and Reiter, R. J.: The fine structure of the hamster pineal gland. *Am. J. Anat.* 122:357-376, 1968.
- 28) Sheridan, M. N. and Reiter, R. J.: The fine structure of the pineal gland in the pocket gopher, Geomys bursarius. *Am. J. Anat.* 136:363-382, 1973.
- 29) Karasek, M., King, T. S., Hansen, J. T. and Reiter, R. J.: Ultrastructure of the pineal gland of the eastern chipmunk (Tamias striatus). *J. Morph.* 173:73-86,

1982.

- 30) Welsh, M.G. and Reiter, R.J.: The pineal gland of the gerbil, Meriones unguiculatus. I. An ultrastructural study. Cell Tissue Res. 193:323-336,

1978.

- 31) Matsushima, S. and Morisawa, Y.: Ultrastructural observations on the pineal gland of the Chinese hamster, Cricetulus griseus. I. The superficial pineal. Cell Tissue Res. 222:531-546, 1982.

- 32) Luo, Z.R., Schultz, R.L., Whitter, E.F. and Vollrath, L.: Ultrastructural characterization of glial cells in the rat pineal gland with special reference to the pineal stalk. Anat.Rec. 210:663-674, 1984.

- 33) Hewing, M.: Topographical relationships of synaptic ribbons in the pineal system of the vole (Microtus agrestis). Anat.Embryol. 162:313-323, 1981.

- 34) Schachner, M., Huang, S.-K., Ziegelmueller, P., Bizzini, B. and Taugner, R.: Glial cells in the pineal gland of mice and rats. A combined immunofluorescence and electron-microscopic study. Cell Tissue Res. 237:245-252, 1984.

- 35) Huang, S.-K., Nobiling, R., Schachner, M. and Taugner, R.: Interstitial and parenchymal cells in the pineal gland of the golden hamster. A combined thin-section, freeze-fracture and immunofluorescence study. Cell Tissue Res. 235:327-337, 1984.

- 36) Møller, M., Ingild, A. and Bock, E.: Immunohistochemical demonstration of S-100

- protein and GFA protein in interstitial cells of rat pineal gland.
Brain Res. 140:1-13, 1978.
- 37) Calvo, J., Boya, J., Borregon, A. and Garcia-Mauriño, J.E.: Presence of glial cells in the rat pineal gland: A light and electron microscopic immunohistochemical study. Anat. Rec. 220:424-428, 1988.
- 38) Björklund, A., Owman, Ch. and West, K.A.: Peripheral sympathetic innervation and serotonin cells in the habenular region of the rat brain. Z. Zellforsch. 127:570-579, 1972.
- 39) Reiter, R.J. and Hedlund, L.: Peripheral sympathetic innervation of the deep pineal gland of the golden hamster. Experientia 32:1071-1072, 1976.
- 40) Møller, M., Nielsen, J.T. and Veen, Th. van.: Effect of superior cervical ganglionectomy on monoamine content in the epithalamic area of the Mongolian gerbil (Meriones unguiculatus): A fluorescence histochemical study. Cell Tissue Res. 201:1-9, 1979.
- 41) Matsushima, S. and Reiter, R.J.: Fine structural features of adrenergic nerve fibers and endings in the pineal gland of the rat, ground squirrel and chinchilla. Am. J. Anat. 148:463-478, 1977.
- 42) Pévet, P.: Anatomy of the pineal gland of mammals. In "The Pineal Gland" ed. by Relkin, R., Elsevier Biomedical, New York, pp.1-75, 1983.
- 43) Huang, H.-T. and Lin, H.-S.: Synaptic junctions between the adrenergic axon

- varicosity and the pinealocyte in the rat. *J. Pineal Res.* 1:281-291, 1984.
- 44) Shiotani, Y., Yamano, M., Shiosaka, S., Emson, P. C., Hillyard, C. J., Girgis, S. and MacIntyre, I.: Distribution and origins of substance P (SP)-, calcitonin gene-related peptide (CGRP)-, vasoactive intestinal polypeptide (VIP)- and neuropeptide Y (NPY)- containing nerve fibers in the pineal gland of gerbils. *Neurosci. Lett.* 70:187-192, 1986.
- 45) Reuss, S., Riemann, R. and Vollrath, L.: Substance P- and calcitonin gene-related peptide-like immunoreactive neurons in the rat trigeminal ganglion- with special reference to meningeal and pineal innervation. *Acta histochem.* 92:104-109, 1992.
- 46) Hewing, M. and Bergmann, M.: Differential permeability of pineal capillaries to lanthanum ion in the rat (Rattus norvegicus), gerbil (Meriones unguiculatus) and golden hamster (Mesocricetus auratus). *Cell Tissue Res.* 241:149-154, 1985.
- 47) Moore, R. Y.: Indolamine metabolism in the intact and denervated pineal, pineal stalk and habenula. *Neuroendocrinol.* 19:323-330, 1975.
- 48) Welker, H. A. and Vollrath, L.: Melatonin formation in different parts of the guinea-pig pineal complex as assessed over 24 hours. *J. Neural Transm.* 63:315-326, 1985.
- 49) Wartenberg, H.: The mammalian pineal organ : Electron microscopic studies on

the fine structure of pinealocytes, glial cells, and on the perivascular compartment. Z.Zellforsch. 86:74-97, 1968.

50) Zang, X., Nilaver, G., Stein, B.M., Fetell, M.R. and Duffy, P.E. :

Immunocytochemistry of pineal astrocytes: Species differences and functional implications. J.Neuropath.exp.Neurol. 44:486-495, 1985.

Regional Differences in the Pineal Gland of the Cotton Rat,
Sigmodon hispidus. Light and Electron Microscopic Observations

Yasuhiro SAITO

Department of Radiology, Asahikawa Medical College, Asahikawa 078, Japan

The determination of volumes of the distal and proximal halves of the pineal glands of cotton rats (Sigmodon hispidus) and Sprague-Dawley rats revealed that the volume of the proximal half was far larger in cotton rats than in Sprague-Dawley rats.

Light and electron microscopic examination of the distal, middle and proximal pineal regions in the cotton rat revealed the presence of regional differences in parenchymal cells, capillary endothelial cells and pericapillary spaces. Nuclear sizes of pinealocytes were larger in the distal region than in the middle and proximal regions. The diameter of granulated vesicles and the contents in lysosome-like bodies in pinealocytes in the distal and middle regions were different from those in the proximal region. Interstitial cells and astrocytes surrounded pericapillary spaces; the former was localized in the peripheral area of the distal and middle regions, whereas the latter was found throughout the organ. Astrocytes were more abundant towards the proximal region. The capillary endothelium was often fenestrated in the distal region, whereas the fenestrae were few in the middle region and absent in the proximal region. Pericapillary spaces were large in the distal and middle regions, but narrow in the proximal region. Postganglionic sympathetic nerve fibers were distributed throughout the organ, whereas myelinated and unmyelinated nerve fibers, survived after superior cervical ganglionectomy,

were found in the distal and middle regions, but not in the proximal region. Sympathetic and non-sympathetic nerve fibers lay adjacent to interstitial cells and astrocytes. These regional differences may reflect functional differences in various pineal regions of the cotton rat.

Key words : Pineal gland, Cotton rat (Sigmodon hispidus), Regional difference
Electron microscopy

短縮題名 : コットンラット松果体における部
位差

- Fig. 1 Pineal profile area in every tenth transverse section
- Fig. 2 Pineal profile area (upper), number of myelinated nerve fibers (middle) and number of myelinated nerve fibers per unit area (lower) in every tenth transverse section
- Fig. 3 Portion of the distal pineal region. The parenchyma in the figure is largely composed of pinealocytes. A capillary is found in the upper left corner of the figure. Bar: 5 μm
- Fig. 4 Perikaryonal cytoplasm of a pinealocyte (PN pinealocyte nucleus) in the distal region. Bar: 0.5 μm
- Fig. 5 Pinealocyte processes containing a small number of granulated vesicles and numerous non-granulated vesicles accumulate in a pericapillary space (asterisk) in the distal region. Bar: 1 μm
- Fig. 6 Slender processes of an interstitial cell (IN interstitial cell nucleus) covering the surface of the distal pineal portion or extending between pinealocytes (PN pinealocyte nucleus). Bar: 1 μm
- Fig. 7 Cell bodies or processes of an interstitial cell (IN interstitial cell nucleus) in the distal region lie close to adrenergic nerve endings (A) and an unmyelinated nerve fiber (U). L lipofuscin-like body, G Golgi complex, asterisks pericapillary spaces. Bar: 0.5 μm
- Fig. 8 Fibrous astrocytes (FN fibrous astrocyte nucleus) surround a pericapillary space (C capillary) in the distal region. Bar: 1 μm
- Fig. 9 Cell body of a fibrous astrocyte (FN fibrous astrocyte nucleus) lies close to adrenergic nerve endings (A) in the distal region. asterisk pericapillary space. Bar: 0.5 μm
- Fig. 10 Numerous adrenergic nerve fibers and endings in pericapillary spaces (asterisks) in the distal region. S Schwann cell cytoplasm. Bar: 0.5 μm

- Fig. 11 Myelinated and unmyelinated nerve fibers and endings in a pericapillary space in the distal region. IN interstitial cell nucleus, SN Schwann cell nucleus, arrows adrenergic nerve endings. Bar: 1 μ m
- Fig. 12 Myelinated and unmyelinated nerve fibers in a pericapillary space in the distal region of a ganglionectomized animal. SN Schwann cell nucleus. Bar: 0.5 μ m
- Fig. 13 Unmyelinated nerve fiber containing numerous granulated vesicles lies adjacent to a fibrous astrocyte (FN fibrous astrocyte nucleus) in the distal region of a ganglionectomized animal. Bar: 0.5 μ m
- Fig. 14 Portion of the proximal pineal region. Many membranous astrocytic processes intervene between pinealocytes. Bar: 2 μ m
- Fig. 15 Perikaryonal cytoplasm of a pinealocyte (PN pinealocyte nucleus) in the proximal region. Lysosome-like bodies contain moderately osmiophilic laminated structures. G Golgi complex. Bar: 0.5 μ m
- Fig. 16 Pinealocyte processes containing numerous granulated vesicles are surrounded by astrocytic processes (AP) in the proximal region. Bar: 0.5 μ m
- Fig. 17 Fibrous astrocytes (FN fibrous astrocyte nucleus) in the proximal region. Bar: 1 μ m
- Fig. 18 Protoplasmic astrocyte (PN protoplasmic astrocyte nucleus) in the proximal region. L lipofuscin-like body. Bar: 1 μ m
- Fig. 19 Nexus between astrocytic processes in the proximal region. Bar: 0.1 μ m
- Fig. 20 Pericapillary area in the proximal region. The parenchyma is largely composed of astrocytic processes. Numerous adrenergic nerve endings (arrows) are present among processes. Bar: 1 μ m

Fig. 21 Many adrenergic nerve endings (A) are surrounded by astrocytic processes. Bar: 0.5 μ m

Fig. 22 Adrenergic nerve ending makes a synaptic contact (arrow) with an astrocytic process. C capillary lumen. Bar: 0.5 μ m

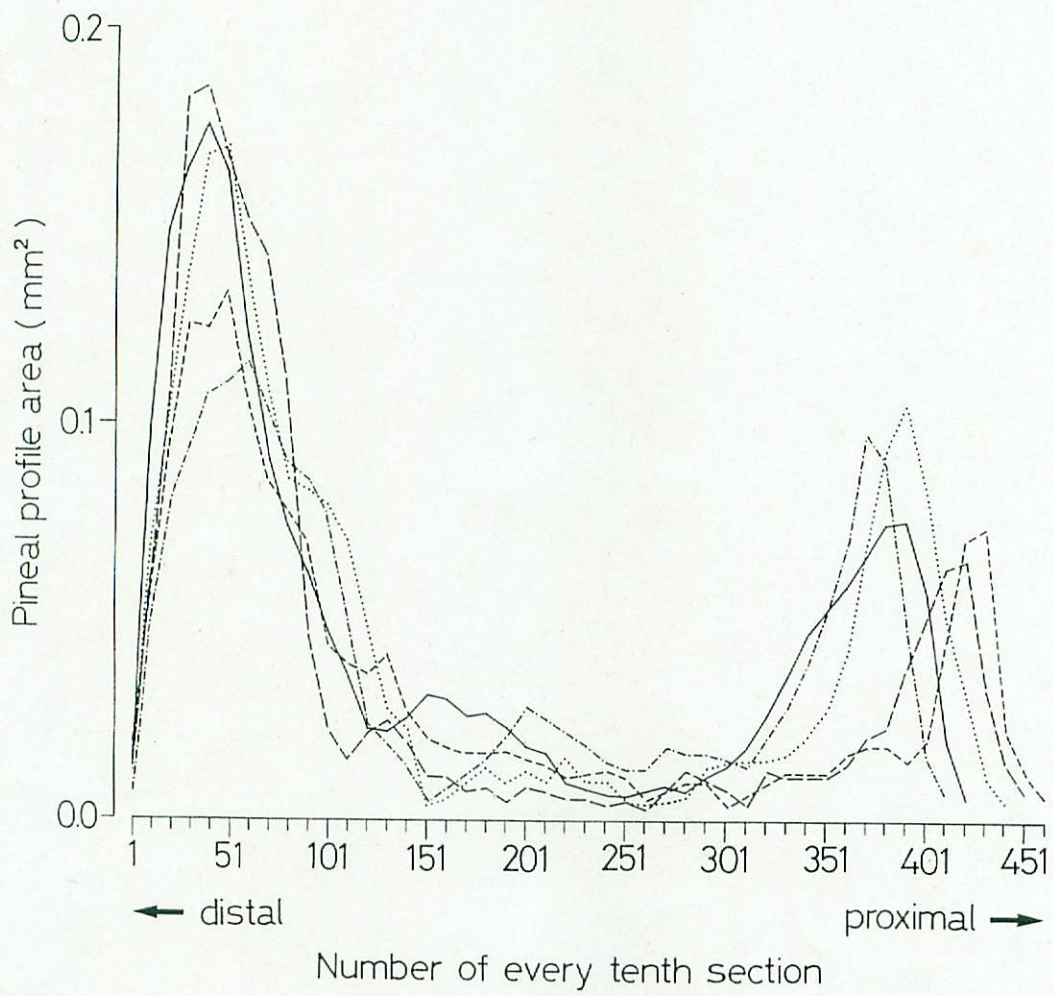


Fig. 1

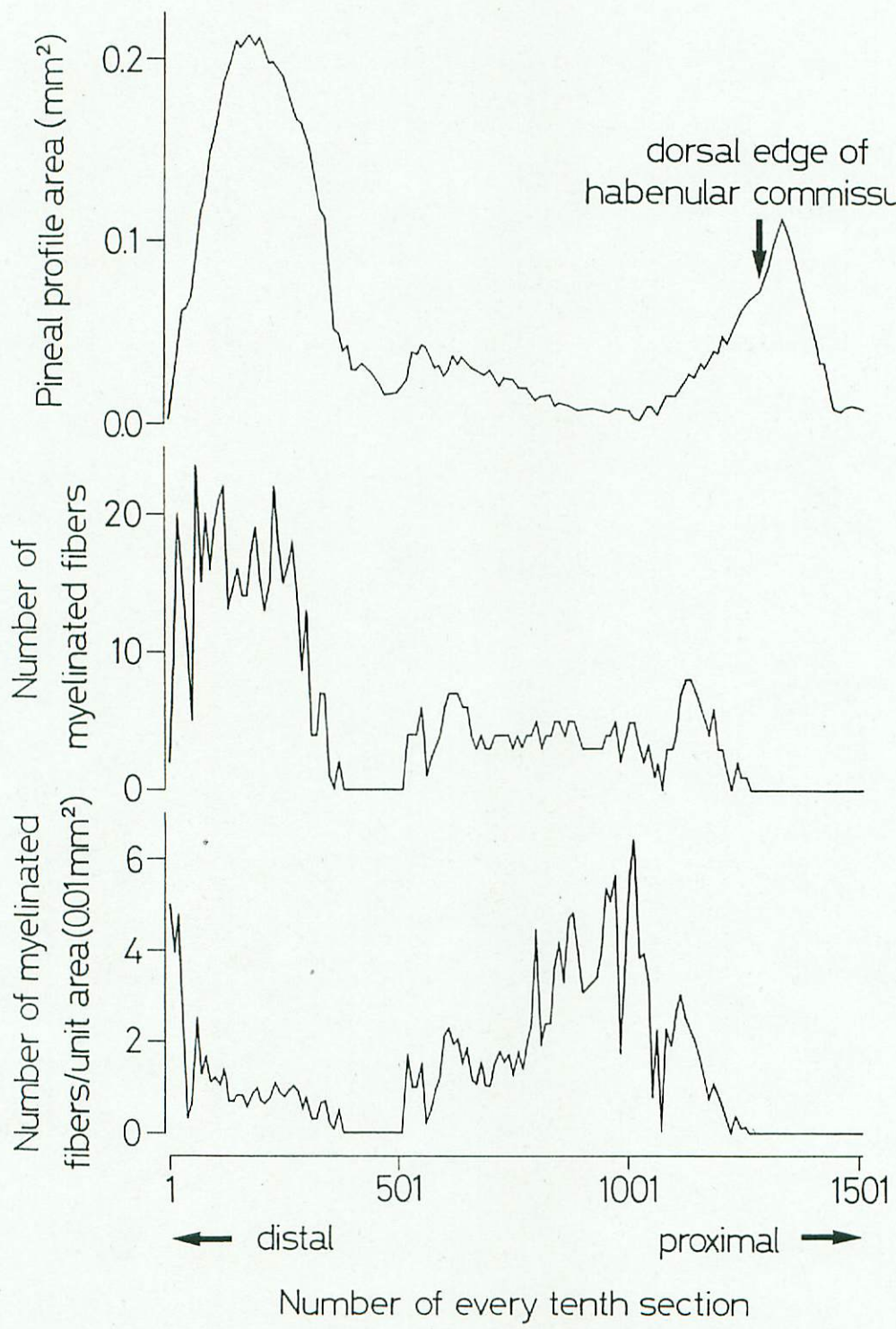


Fig. 2

