

# 扁桃体亜核の細胞構成

— 中間主核 —

新潟大学医学部解剖学第二教室（主任：布施栄明教授）

星 野 嘉恵子

Neuronal organization of amygdaloid complex in various mammals:  
comparison of nucleolar size of neurons in the intermediate  
principal nucleus

Kaeko HOSHINO

*Department of Anatomy, Niigata University School of Medicine*  
(Director: *prof. Shigeaki FUSE*)

Size distributions of nucleolar areas of the neurons in the intermediate principal nucleus of amygdaloid complex were studied by using a computerized image analyzer (Videoplan, Contron).

In Golgi preparations from cat, two cell types were distinguished in this nucleus: a large spiny neuron (Golgi I type), and a small spine-sparse one (Golgi II type).

Golgi I and II type cells found in these Golgi preparations were clipped, embedded in Epon, cut into thin sections, and the sizes of their nucleoli were measured. The distribution of nucleolar sizes demonstrated that the Golgi I type cell had a large nucleolus and the Golgi II type cell had a small one.

Nucleolar sizes of the neurons in the intermediate principal nucleus were measured in Nissl preparations from cat, rat, tupaia, opossum, howling monkey, woolly monkey, chimpanzee and man. The result showed the existence of a neuronal group with a large nucleolus and one with a small nucleolus, except for the rat. The groups were considered to correspond to Golgi I and II type cells, respectively.

The neurons corresponding to Golgi I type cells become larger with phylogenetic ascent. Those corresponding to Golgi II type cells, however, are identical in all animals, and these nucleolar sizes coincide with the ones of the intercalated nucleus.

Key words: amygdaloid complex, intermediate principal nucleus, nucleolar size, phylogeny

扁桃体, 中間主核, 核小体の大きさ, 系統発生

Reprint requests to: Kaeko Hoshino,  
Department of Anatomy, Niigata  
University School of Medicine  
Niigata City, 951 JAPAN

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町  
新潟大学医学部解剖学第2教室 星野嘉恵子

扁桃体は側頭葉に埋れる大きな神経核で、これまでの多くの細胞構築学的研究<sup>1) 2) 4) 6) 9) 10) 12) 14) 18) 19)</sup>によってその中にはいくつかの亜核に分けられている。近年 Golgi 鍍銀標本を用いて、樹状突起の拡がりや入力・出力線維などの面から各々の亜核の構成のされ方が論じられている<sup>7) 11) 17) 20) 21)</sup>。

著者はこれまで齧歯目、食肉目、翼手目、そしてヒトを含めた霊長目の Golgi 構築学的研究を行い、動物の種によって扁桃体亜核の構成細胞がかなり異なることをみてきた<sup>8)</sup>。

Golgi 標本で、細胞体の形、樹状突起の拡がりや棘のつき方、軸索の走行などが明瞭に識別できる場合、ほ

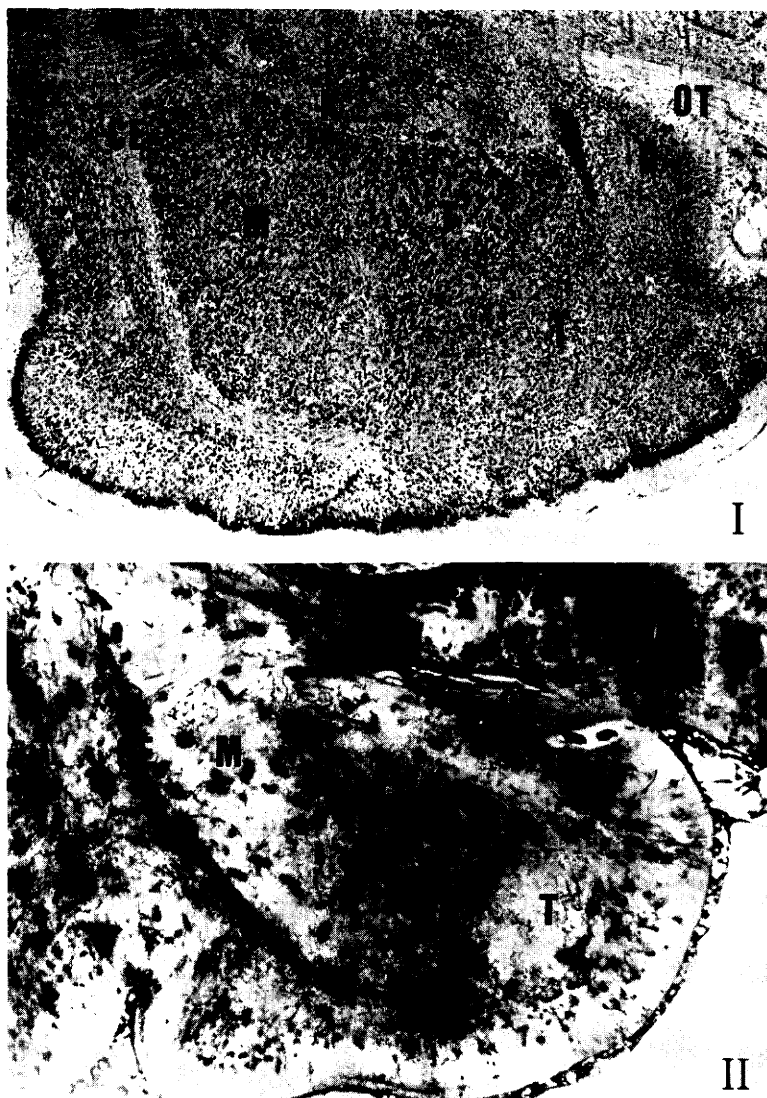


Fig. 1 ネコ扁桃体のほぼ中央部を通る前額断(左脳)×8

I: Nissl 染色

II: Golgi 染色

T': 中間主核

T: 内側主核

M: 外側主核

E: 中心核

D: 内側核

K: 介在核

OT: 視索

CE: 外包

んの少数の細胞しか染まっていない。そこで各々の垂核の細胞構成をより明確にするため、正常 Nissl 標本を用いて核小体の面積の計測を行った。

### 材料および方法

1. 正常な成熟ネコ4ヒキをネブタール麻酔下に、心臓より1%グルタルアルデヒドと10%ホルムアルデヒドの混合液にて灌流固定した後、迅速 Golgi 法をほどこし、150 $\mu$  厚の前額断連続切片とした。

顕微鏡下で、中間主核の構成細胞を確認した。そして確認された細胞を含む領域を Golgi 切片より切り出し、プロピレンオキサイドで簡単に洗った後、エポン樹脂に再包埋した。これを 2.5 $\mu$  厚の薄い連続切片とし、核小体の面積を計測した。

2. 正常な成熟ネコ2ヒキ、シロネズミ2ヒキと野生成熟ニホンザル1頭をネブタール麻酔下に、心臓より10%生食ホルマリン液にて灌流固定し、ただちに脳を摘出し、型どおりにセロイジン包埋した。ネコとシロネズミ脳は 30 $\mu$  厚、ニホンザル脳は 40 $\mu$  厚の前額断連続

切片とした。

ヒト扁桃体は、系統解剖学実習に使用したヒト脳から得られたものを流水にて24時間洗い、10%ホルマリンで再固定した。そしてセロイジン包埋し、45 $\mu$  厚の前額断連続切片を作製した。これらの切片はチオニン単染色による Nissl 標本とした。次いで扁桃体中間主核の細胞を写真撮影し、画像解析装置(コントロール社のビデオプラン)を用いて核小体の面積を計測し、平均値  $\pm$  S.E. で示した。

他に教室所蔵のチンパンジー、ツパイ、オポッサムの Nissl 標本も使用した。

3. 細胞構築による亜核区分は以前より当教室で用いている小池上の分類<sup>12)</sup>に従い、略語は Völsch<sup>23)</sup> 24) のものを用いた。

### 観 察

これまで齧歯目(シロネズミ)、食肉目(ネコ)、翼手目(キクガシラコウモリ)、霊長目(ニホンザル、ヒト)を用いて扁桃体の Golgi 構築学的研究を行い、細胞体

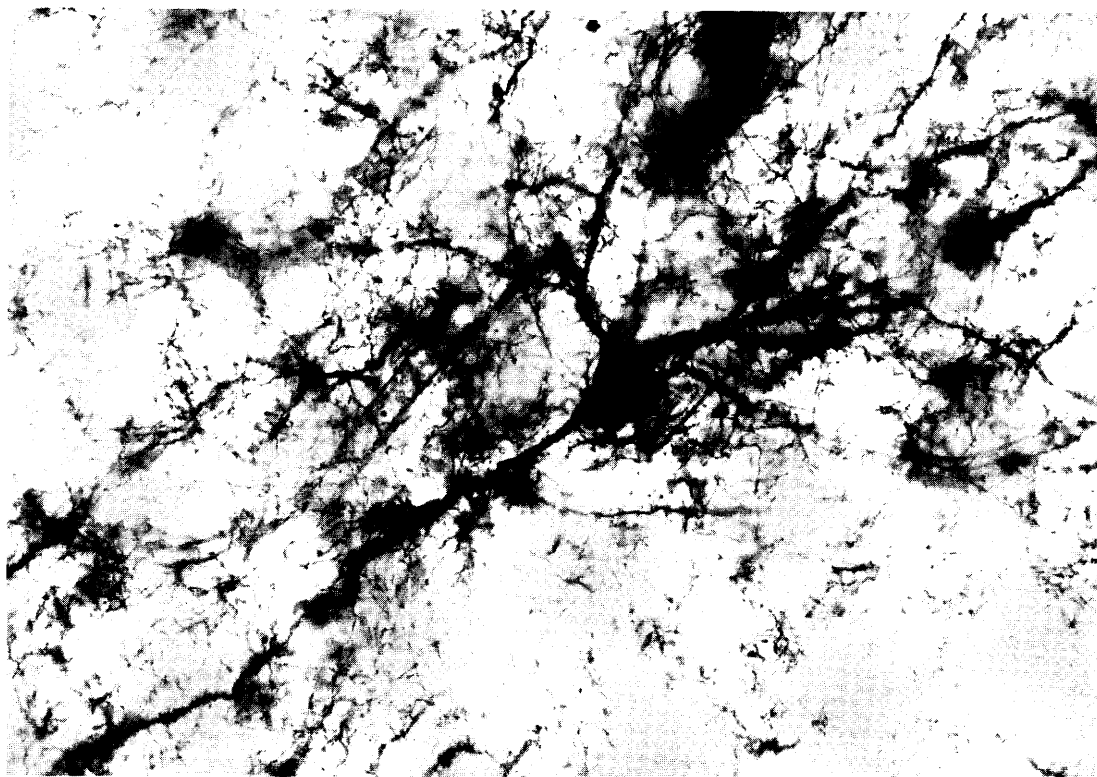


Fig. 2 ネコ中間主核の Golgi I 型ニューロン  $\times 400$

の大きさや形、樹状突起の拡がりや棘のつき方、軸索の走行などが各々の垂核によってかなり異なっていることがわかった。

Fig. 1はネコ扁桃体のほぼ中央部を通る前額断切片である。Ⅱは Golgi 染色像である。まん中に少し黒く見える部分が中間主核であるが、これはこの垂核にたくさんの線維が入りこんでいるために周囲の垂核に比べて黒っぽく見える。これらの線維はサルやヒトの場合には中間主核の外側部に集まっている。

ネコの中間主核を構成する細胞種は単純で、Golgi 染色像から2種類の細胞が区別できる。1つは非常にたくさんの棘をもった等樹状性の大型細胞 ( $30 \times 25 \mu$ ) で、その軸索は細かい側枝を出しながらこの垂核から出ていくもの (Golgi I型 neuron) である (Fig. 2)。あと1つは、細胞体は丸く、そこから粒状の膨らみをもった細い樹状突起が全体として糸球状に拡がっている。その軸索は樹状突起の拡がりと同じかあるいはそれよりやや広く、細かく分枝して拡がっている (Golgi II型 neuron) (Fig. 3)。

これら大型・小型の細胞をより客観的に示す1つの方法として核小体の計測を行った。

一度 Golgi 鍍銀法で染め出された Golgi I型・II型の細胞を顕微鏡下で Golgi 切片より切りだし、プロピレンオキシドで簡単に洗ったのち、エポキシ樹脂に再包埋し、約  $2.5 \mu$  厚の連続切片とした。このようにすると細胞体の中が現われて核小体が明瞭にみられる (Fig. 4)。この超薄切片上の細胞が前に確認した Golgi I型・II型の細胞であるかどうかは周囲の血管の位置関係から確認できる。このようにして現われた核小体の面積を計測すると、Golgi I型の細胞の核小体は  $5.0 \mu^2$  以上、II型細胞のそれは  $2.5 \mu^2$  以下となりはっきりと2つに分かれてくる。

Golgi 標本上で、樹状突起の形態や軸索の走行が識別しやすい染色状態の場合、ごく少数の細胞しか染まっていない。そこでこの中間主核の細胞構成をより明確にする1つの方法として、より多くの細胞が染まってくる正常 Nissl 標本を用いて核小体の面積を計測した。Fig. 5はネコの核小体の大きさの分布である。Golgi 像

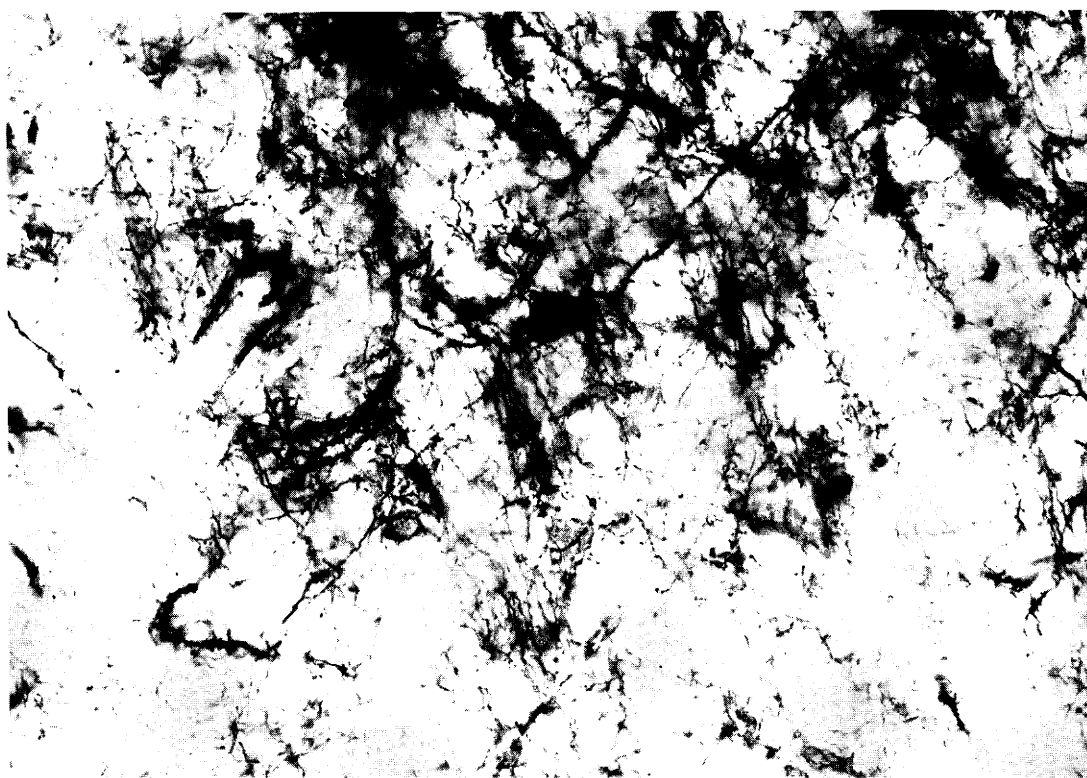


Fig. 3 ネコ中間主核の Golgi II型ニューロン  $\times 400$

の切片から計測した時と同じように、平均が  $3.86 \pm 0.62 \mu^2$  と  $1.31 \pm 0.12 \mu^2$  の2つの群に分離する。この2群の細胞は Golgi 法による細胞の2群にそれぞれ対応するものと考えられる。ここで Golgi 標本と Nissl 標本から計測した値に差があるが、これは Golgi 標本の場合には核小体の表面に硝酸銀の銀粒子が付着するため、核小体が大きくなるからである。

核小体の大きさの分布を他の動物でみてみると、シロネズミの場合、その分布のピークは1つで、ネコのように

に大・小の群に分離しない (Fig. 6)。このことは Golgi 像の上で、細胞の種類がないものとして指摘できる。ツパイはネコほど明瞭ではないが2つの群に分かれる。

霊長目は全体として2群に分離する。ホエザルやウーリーモンキーは Fig. 6 のような分布を示す。そしてニホンザルはそれよりもいくらか大きい方の群が大型になり、チンパンジーやヒトではさらに大型になって明瞭な2群に分かれてくる。

このように2つの群に分離する場合、小さい方の群は

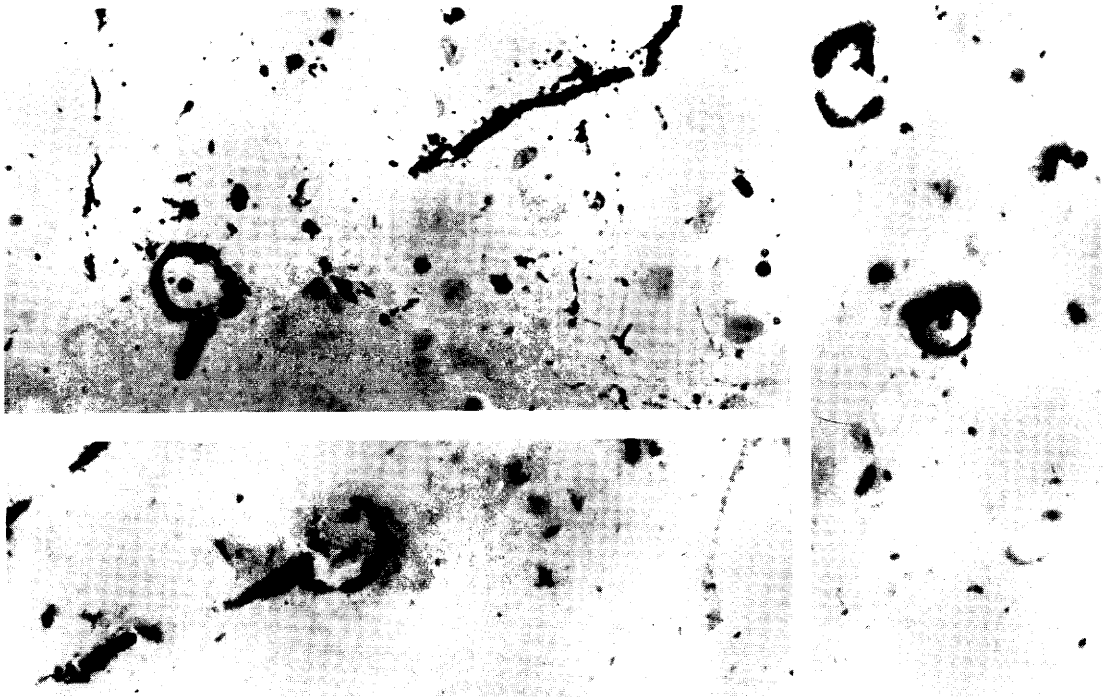


Fig. 4 Golgi 法で染め出された神経細胞をエポキシ樹脂に再包埋し、連続切片にしたもの  $\times 400$

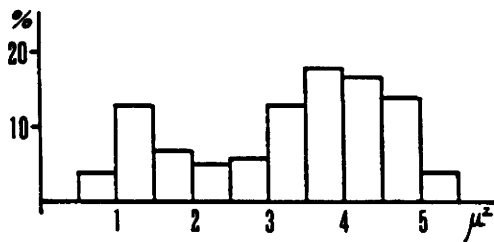


Fig. 5 ネコ核小体面積の大きさの分布

どの動物もだいたい同じ値を示すが、大きい方の群は動物によってかなりばらつきがある。

またサルやヒトでは大きい方の群に比べて小さい方の群の比率が高くなる傾向がある。扁桃体には介在核とよばれる亜核がある。これは小型の細胞 ( $7 \times 7 \mu$ ) の集団で、シロネズミやネコでは内側主核と中間主核の背側部から外側主核の背内側部にかけて存在する。介在核の細胞の核小体の面積は  $1.31 \pm 0.27 \mu^2$  で (Fig. 7)、上記2群の小さい方と一致する。この介在核はニホンザルやチ

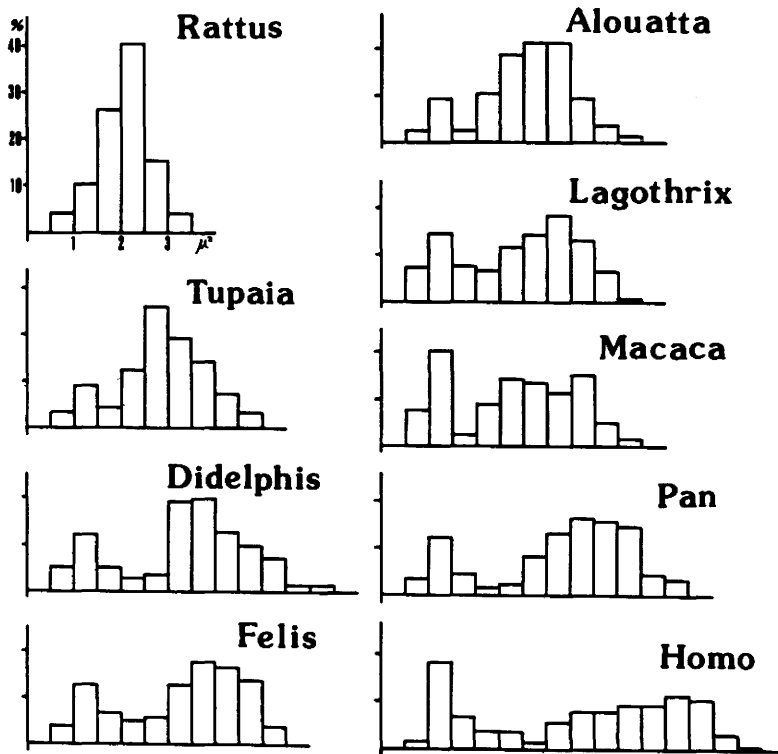


Fig. 6 各種動物中間主核の核小体面積の大きさの分布

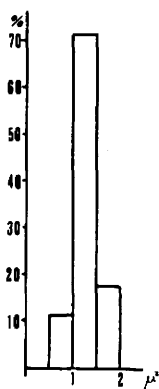


Fig. 7 ネコ介在核の核小体面積の大きさの分布

ンパンジーそしてヒトでは亜核としての細胞集団を形成せず、むしろ扁桃体の白質部や灰白質に入りこんでいる線維に沿って小型の細胞が多くみられるようになる。

オポッサムの核小体の大きさの分布はチンパンジーやヒトに近い形を示す。

### 考 察

扁桃体中間主核の細胞構成は単純で、Golgi 染色像の上で、ネコでは2種類の細胞が区別できる。1つは Golgi I 型の細胞であり、もう1つは Golgi II 型の細胞である。これと同じことがニホンザルやヒトの Golgi 染色像についても言える。しかしシロネズミでは細胞種がみられず Golgi I 型細胞だけが目につく。

ネコの Golgi 標本から Golgi I 型・II 型の細胞を切り出し、それらの超薄切片を作製して核小体の面積を計測すると、Golgi I 型の細胞は  $5.0\mu^2$  以上、II 型の方は  $2.5\mu^2$  以下となり明瞭な2つの群に分離する。de Graef (1954) は3種類の運動神経細胞の核小体の直径を計測し、核小体が大きければより長い軸索を有するこ

とを報告している。ここでも Golgi I 型細胞の核小体は II 型細胞のそれよりも大きいことを明確に示しており、核小体の面積の大きさからも細胞の種類をある程度分けることができる。

Golgi 鍍銀標本で、神経細胞体や樹状突起の形、軸索の走行などが明瞭に識別できる場合、染めだされた細胞の数は非常にわずか (1~3%) である。また Golgi I 型細胞と II 型細胞がそこに存在する比率と同じ割合で染まってくるとはかぎらない。多くの場合、Golgi I 型細胞の方が II 型細胞よりも染まりやすい。そこでより多くの細胞を計測するために、正常 Nissl 標本を用いて核小体の計測を行った。ネコでは明瞭な大・小の 2 群に分離する。シロネズミの場合にはこのような群への分離はおこらない。このことは Golgi 像の上で細胞種がないものとして理解できる。

ツパイ、オボッサム、サル、チンパンジー及びヒトはネコ同様に 2 つの群に分離する。そしてサル→チンパンジー→ヒトに向けて、大きい方の群はますます大きくなり、この 2 群の区別はより明確になる。このように 2 つの群に分離する場合、大きい方の群のピークは動物の種によってかなり異っているが、小さい方の群のそれはどの動物もだいたい同じである。しかし大きい方の群に対する小さい方の群の比率はサル→チンパンジー→ヒトと少しずつ高くなる傾向がみられる。扁桃体には、特に中間主核の周囲には介在核とよばれるところの小型の細胞の集団がある。これの核小体を計測すると前記の 2 つの群の小さい方と一致する。この介在核はシロネズミやネコではかなり大きな集団をなしているが、サルやチンパンジー、ヒトではこのような大きな細胞集団はみられない。そしてむしろ中間主核に入っているたくさんの線維に沿って小型の細胞が多くみられる。このような中間主核内における形態的現象が、サルやヒトで小さい方の群の比率が高くなることと関係あるように思われる。

Golgi 像の上で細胞種が多彩にみえる外側主核についても今後検討していきたい。また哺乳動物の起原とされている食虫目を加え、系統発生的な面からさらに考察してみたい。

## 要 約

扁桃体の中間主核は Golgi 鍍銀像でみればかなり単純な細胞構成を示す。ネコで、等樹状性の大型細胞 (Golgi I 型細胞) と棘の非常に少ない樹状突起が波状に広がっている小型の細胞 (Golgi II 型細胞) とが区別できる。

Golgi 法で染めだされた Golgi I 型細胞と II 型細胞

をエポキシ樹脂に再包埋し、連続切片としてそれらの細胞の核小体の面積を計測すると、Golgi I 型細胞の核小体は  $5.0\mu^2$  以上、II 型細胞のそれは  $2.5\mu^2$  以下であった。

正常ネコの Nissl 標本で中間主核の細胞の核小体の面積を計測すると、平均  $3.86 \pm 0.62\mu^2$  と  $1.31 \pm 0.12\mu^2$  の明瞭な 2 群に区別される。この 2 群の細胞は Golgi 法による細胞の 2 群にそれぞれ対応するものと考えられる。

シロネズミ、ツパイ、オボッサム、ホエザル、ウーリーモンキー、ニホンザル、チンパンジー、ヒトの Nissl 標本で核小体の面積を計測した。シロネズミではこの 2 群の区別ははっきりしないが、どの動物も 2 群に分かれる。そしてネコ→ホエザル→ニホンザル→チンパンジー→ヒトと Golgi I 型の細胞がますます大型になり、この 2 群の区別はより明瞭になる。

## 参 考 文 献

- 1) Brockhaus, H.: Zur normalen und pathologischen Anatomie des Mandelkerngebietes., J. f. Psychol. Neurol., 49: 1~136, 1938.
- 2) Brodal, A.: The amygdaloid nucleus in the rat., J. Comp. Neur., 87: 1~16, 1947.
- 3) Crosby, E.C. and Humphrey, T.: Studies of the vertebrate telencephalon II, the nuclear pattern of the anterior olfactory nucleus, tuberculum olfactorium and the amygdaloid complex in the adult man., J. Comp. Neur., 74: 309~352, 1941.
- 4) Fox, C.A.: Certain basal telencephalic centers in the cat., J. Comp. Neur., 27: 1~62, 1940.
- 5) de Graef, J.: Sur le rapport entre le diamètre du nucléole et la longueur de l'axone dans les cellules nerveuses motrices chez le lapin., Comptes rendus des séances de la Société de biologie et des filiales et associées, 148: 738~741, 1954.
- 6) Gurdjian, E.S.: The corpus striatum of the rat., J. Comp. Neur., 45: 249~281, 1928.
- 7) Hall, E.: The amygdala of the cat: a Golgi study., Z. Zellforsch., 134: 439~458, 1972.
- 8) 星野嘉恵子: 扁桃体のゴルジ構築—キクガシラコウモリ (翼手目) について—, 新潟医学会誌, 92: 452~459, 1978.

- 9) **Humphrey, T.:** The telencephalon of the bat., *J. Comp. Neur.*, **65**: 603~711, 1936.
- 10) **Johnston, J.B.:** Further contributions to the study of the evolution of the forebrain., *J. Comp. Neur.*, **35**: 337~481, 1923.
- 11) **Kamal, A.M. and Tömböl, T.:** Golgi studies on the amygdaloid nuclei of the cat., *J. Hirnforsh.*, **16**: 175~201, 1975.
- 12) **Koikegami, H.:** Amygdala and other related limbic structures: experimental studies on the anatomy and function., *Acta Med. Biol.*, **10**: 161~277, 1963.
- 13) **小池上春芳:** 大脳辺縁系及び旁辺縁系., 新大解剖学教室輯報, **52**: 1~181, 1971.
- 14) **Lauer, E.W.:** The nuclear pattern and fiber connections of certain basal telencephalic centers in the macaque., *J. Comp. Neur.*, **82**: 215~254, 1945.
- 15) **三上吉堯:** マカクス猿扁桃核群の細胞構築学的研究., 新潟医学会誌, **66**: 155~162, 1952.
- 16) **McDonald, A.J.:** Neurons of the lateral and basolateral amygdaloid nuclei: a Golgi study in the rat., *J. Comp. Neur.*, **212**: 293~312, 1982.
- 17) **Ramon-Moliner, E.:** An attempt at classifying nerve cells on the basis of their dendritic pattern., *J. Comp. Neur.*, **119**: 211~227, 1962.
- 18) **笹川日出鶴:** チンパンジーの扁桃核について., 新潟医学会誌, **74**: 1770~1785, 1960.
- 19) **Shimada, K.:** Über den Nucleus amygdalae des menschlichen Gehirns., *Jap. J. med. Sci. I. Anat.*, **111**: 48~49, 1931.
- 20) **Tömböl, T. and Szaeranskakosmal, A.:** A Golgi study of the amygdaloid complex in the cat., *Acta Neurobiol. Exp.*, **32**(4): 835~848, 1972.
- 21) **Valverde, F.:** Studies on the pyriform lobe., Harvard Univ. Press, Cambridge, Massach., **128**: 1965.
- 22) **Valverde, F.:** Studies on the forebrain of the mouse: Golgi observations., *J. Anat.*, **97**: 157~180, 1963.
- 23) **Völsch, M.:** Zur vergleichenden Anatomie des Mandelkernes und seiner Nachbargebilde I., *Arch. mikr. Anat.*, **68**: 573~683, 1906.
- 24) **Völsch, M.:** Zur vergleichenden Anatomie des Mandelkernes und seiner Nachbargebilde II., *Arch. mikr. Anat.*, **76**: 373~523, 1910.
- 25) **Wood, J.I.C.:** A comparison of the amygdaloid nuclei of erinaceus, nycticebus, and tupaia., *Anat. Rec.*, **169**: 458, 1971.

(昭和61年6月2日受付)