

## ラット後根神経節細胞の突起形成期における形態変化

### 1. 発生初期における *In Vivo* 及び *In Vitro* での観察

二 宮 孝 文

札幌医科大学解剖学第1講座 (主任 高橋杏三 教授)

## Morphological Changes of Rat Dorsal Root Ganglion Cells in the Process-forming Period

### I. Observations *In Vivo* and *In Vitro* in Early Stages of Development

Takafumi NINOMIYA

Department of Anatomy (Section 1), Sapporo Medical College  
(Chief: Prof. K. Takahashi)

Rat dorsal root ganglia in early stages of development were digested with trypsin to remove the connective tissues. Then dissociated ganglion cells *in vivo* and *in vitro* were observed with light- and scanning electron microscopes to clarify the transforming process from bipolar to pseudounipolar cells.

1. At the prenatal stage from the 13th to 16th day, about 70% of all ganglion cells were bipolar. After the 17th day of the prenatal stage, the population of pseudounipolar cells had increased to about 65% on the 17th day and to about 90% after the 18th day. However, about 5% of ganglion cells were still bipolar in the 1-day postnatal rat. This transforming process of the ganglion cells was confirmed with the scanning electron microscope by observing dissociated ganglion cells.

2. When the dissociated ganglion cells were seen *in vitro*, the cells yielded two or more processes at the early stage of culture and the processes made networks between the different cells. Bell-shaped bipolar cells were confirmed in culture by the scanning electron microscope, but no further transformation was observed due to fibroblast proliferation. However, when silver impregnation was used, complete unipolarized ganglion cells were observed. On the other hand, when fibroblasts were inhibited in long-term culture, no pseudounipolar cells were seen in light- and scanning electron microscopy. This probably means that the three-dimensional space, which contain fibroblasts, is needed for the transformation from bipolar cells to pseudounipolar cells.

3. According to successive observation by light- and scanning electron microscopes *in vivo* and *in vitro*, unipolarization of the dorsal root ganglion cells seemed not due to the fusion of the two processes but due to the elongation of the cell body near the approaching two processes.

(Received May 7, 1985 and accepted June 10, 1985)

**Key words:** Cell culture, Cell transformation, Dorsal root ganglion, Rat, Unipolarization

### 1 緒 言

後根神経節\* (DRG) の細胞は成熟した脊椎動物で

は単極細胞であり、細胞体から伸びた1本の突起が2方向に分枝して中枢側、末梢側へと伸びる偽単極 (pseudounipolar) というユニークな形態をとっている。

\* Nomina Anatomica<sup>1)</sup>によればGanglion spinale (脊髄神経節)が正式名称であるが、一般にはDorsal root ganglion (後根神経節)が慣用されている。

しかし、発生初期における DRG 細胞は双極細胞であり、分化が進むにつれて偽単極細胞に変化する。このこと自体は 100 年以上も前から渡銀法などを用いた神経組織学的技術 (neurohistological techniques) によって光線顕微鏡 (光顕) で認められてきた<sup>2-6)</sup>。現在までに DRG 細胞やそれに付随する外套細胞などについては、光顕や透過型電子顕微鏡 (電顕) を用いての詳細な研究がされているが<sup>7-13)</sup>、その突起形成の詳細についての報告、とくに近年の組織学的技術を用いての研究は少ない。最近になって Matsuda and Uehara<sup>14)</sup> は、トリプシン-塩酸処理法<sup>15,16)</sup> によりラット DRG の結合組織を取り去り、胎生期における突起形成を走査型電顕で観察している。しかしながら、発生初期での双極細胞から偽単極細胞へ分化する形態変化とそのメカニズムについては、まだ不明な点が多い。

今回、著者はその形態変化探求の第 1 報として、発生各時期における分離 DRG 細胞の形態変化を走査型電顕で観察した。また同時期における DRG 細胞を培養系に移し、双極細胞から偽単極細胞へと変化する神経突起を経時的に観察した。

## 2 実験方法

### 2.1 *In vivo* における DRG 細胞の観察

材料には胎生 13 日から 1 日おきに 20 日目までと新生仔 (生後 1 日) の Sprague-Dawley ラットを各時期ごとに約 12 匹用い、実体顕微鏡下で DRG (とくに胸部 DRG) を摘出し、周囲の結合組織をできるだけ除去したのち、0.25% トリプシン (37°C) で 15~30 分間処理した。ついでミキサーを用い、細胞突起をこわさない程度に攪拌し、DRG 細胞を分離細胞として、2.5% グルタルアルデヒドで固定した。一方、バイアルの底に poly-L-lysine (Sigma 社) を塗布したメタルプレート (応研) を置き、固定液中の分離細胞をメタルプレート上に落として遠沈 (800 rpm, 5 分間) したのち 1 時間静置させ、メタルプレートごと通常の脱水操作を行ない臨界点乾燥を行なった。ついで白金・パラジウム蒸着後、走査型電顕 (日立 S-430) で観察した (Fig. 1)。

### 2.2 *In vitro* における DRG 細胞の観察

*In vivo* と同時期の DRG を無菌的に摘出し、0.25% トリプシンで DRG 細胞を分離したのち、Bunge *et al.* の方法<sup>17)</sup> を用いて培養を行なった。培養は CO<sub>2</sub> インキュベーター内 (37°C, 5% CO<sub>2</sub>, 95% Air) で行ない、培養液には B600 medium<sup>17)</sup> (Eagle's MEM 60 ml, 9-day chick embryo extract 10 ml, human placental serum 20 ml, 20% glucose 3 ml, 200 mM

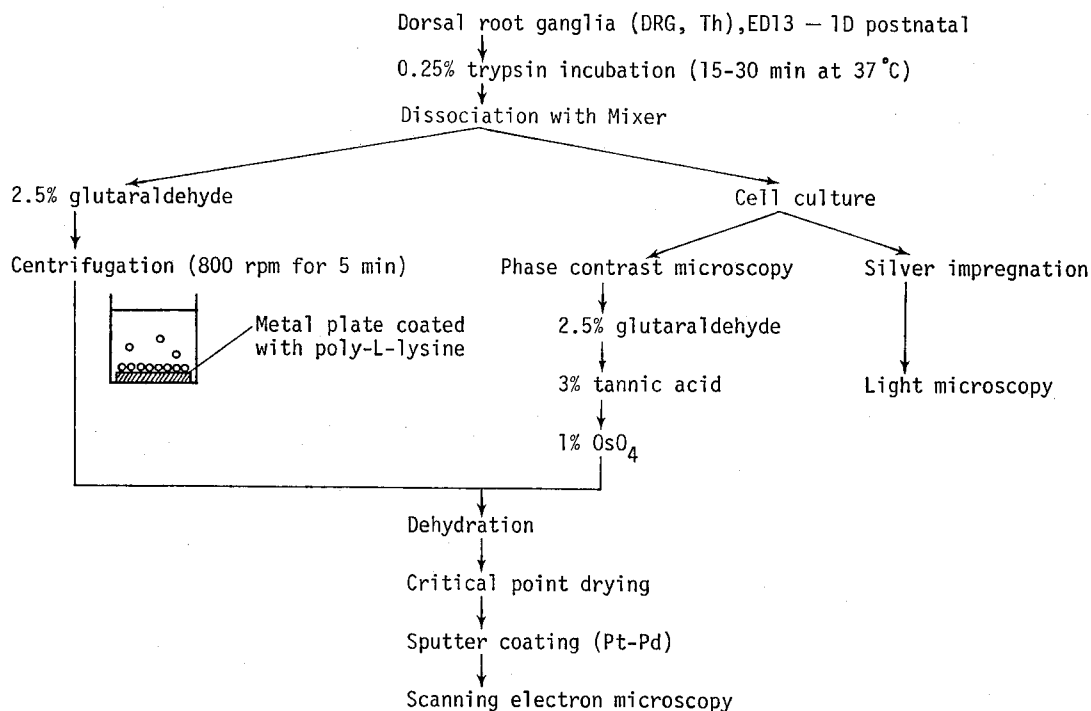


Fig. 1 Experimental procedure used for *in vivo* and *in vitro* observations in this study.

L-glutamine 0.7 ml, nerve growth factor 50 ng/ml)を用いた。また、線維芽細胞の増殖をおさえた培養では、CF medium<sup>18,19)</sup> (Eagle's MEM 82 ml, human placental serum 5 ml, 0.2 M KCl 10 ml, 20% glucose 3 ml, 200 mM L-glutamine 0.8 ml, nerve growth factor 50 ng/ml, fluorodioxuridine  $10^{-5}$  M, cytosin arabinoside  $10^{-5}$  M)を培養開始後1週間使用し、その後はB 600 mediumを使用した。

培養開始後2時間から28日まで分離DRG細胞を経時的に培養倒立顕微鏡(Nikon TED)で観察した。また同時に、走査型電顕観察のために、材料を0.1 M リン酸緩衝液(pH 7.4)で3回洗浄後、2.5%グルタルアルデヒドで1時間固定し、3%タンニン酸で2時間、さらに1%オスミウム酸で1時間固定を行なった<sup>20)</sup>。固定された材料は通常の脱水操作を経て臨界点乾燥を行ない、白金・パラジウム蒸着後、走査型電顕で観察した。また培養7日以降で線維芽細胞の増殖により走査型電顕での観察が不可能となったものについては、Bodian-Otsuka 変法<sup>21)</sup>による渡銀染色を行なった(Fig. 1)。

### 3 実験結果

#### 3.1 *In vivo* における DRG 細胞の観察

発生各時期における分離DRG細胞をMatsuda and Ueharaの形態分類<sup>14)</sup>にしたがって観察し、その出現頻度を求めた(Table 1)。すなわち、3本以上の突起をもった多極細胞(multipolar cell)、紡錘形をした双極細胞(spindle-shaped bipolar cell)、片方の細胞質がふく

らみ突起を出す角度が90度以上の双極細胞(eccentric bulged bipolar cell)、ベル状で突起を出す角度が90度以内の双極細胞(bell-shaped bipolar cell)、細胞体から出る1本の突起が2つに分枝するまでの長さが細胞体の直径より短い単極細胞(short-stem unipolar cell)および長い1本の突起をもった単極細胞(long-stem unipolar cell)の6型である(Fig. 2)。

DRG細胞は、胎生13~16日では双極細胞が全体の約70%を占めており、とくに胎生13, 14日ではspindle-shaped bipolar cell (Fig. 3a), およびeccentric bulged bipolar cell (Fig. 3b)が多く出現した。胎生15, 16日ではbell-shaped bipolar cell (Figs. 3c, d)が多い。胎生16, 17日から、単極細胞(short- and long-stem unipolar cells, Figs. 3e, f)の増加がみられ、胎生18~20日では約90%以上が単極細胞である。また生後1日の新生仔においては、ほとんどが単極細胞であるが、まだわずかにベル状の双極細胞が認められ、この時期には単極化が完了していない。多極細胞については、今回の実験では胎生13日にわずかにみられただけでそれ以後の時期では認められなかった。

#### 3.2 *In vitro* における DRG 細胞の観察

発生各時期でのDRG細胞をトリプシンで分離細胞として培養し、位相差顕微鏡および走査型電顕で観察すると、双極および単極の突起をもった細胞は、培養を開始して2時間以内に突起が消失し、細胞は球形をなしている(Figs. 4a, b)。培養4~6時間後、細胞体から再び突起の出現がみられ、その突起は2本またはそれ以上であった。しかし、この突起の出現するまでの培養時間は、採取したDRGの胎生時期によって多少異なり、発

Table 1 Percentages of cell types at successive stages of development in rat DRG.

Cell type \ Stage(day)	Embryonal			Postnatal					
	13	14	15	16	17	18	19	20	1
Multipolar	0.6 ( 2)	—	—	—	—	—	—	—	—
Spindle-shaped bipolar	18.7 ( 64)	4.3 ( 12)	3.4 ( 6)	—	1.8 ( 5)	—	—	—	—
Eccentric bulged bipolar	43.9 (150)	41.5 (117)	33.3 ( 59)	20.0 ( 66)	13.1 ( 36)	0.9 ( 3)	2.7 ( 6)	—	—
Bell-shaped bipolar	26.9 ( 92)	33.0 ( 93)	42.5 ( 75)	45.9 (151)	20.1 ( 55)	9.1 ( 29)	4.6 ( 10)	7.3 ( 16)	4.8 ( 11)
Short-stem unipolar	6.7 ( 23)	10.6 ( 30)	6.8 ( 12)	13.1 ( 43)	16.8 ( 46)	12.7 ( 40)	12.3 ( 27)	11.0 ( 24)	12.8 ( 30)
Long-stem unipolar	3.2 ( 11)	10.6 ( 30)	14.1 ( 25)	21.0 ( 69)	48.2 (132)	77.3 (246)	80.4 (176)	81.8 (178)	82.4 (195)
(n) : counted number	(342)	(282)	(177)	(329)	(274)	(318)	(219)	(218)	(236)

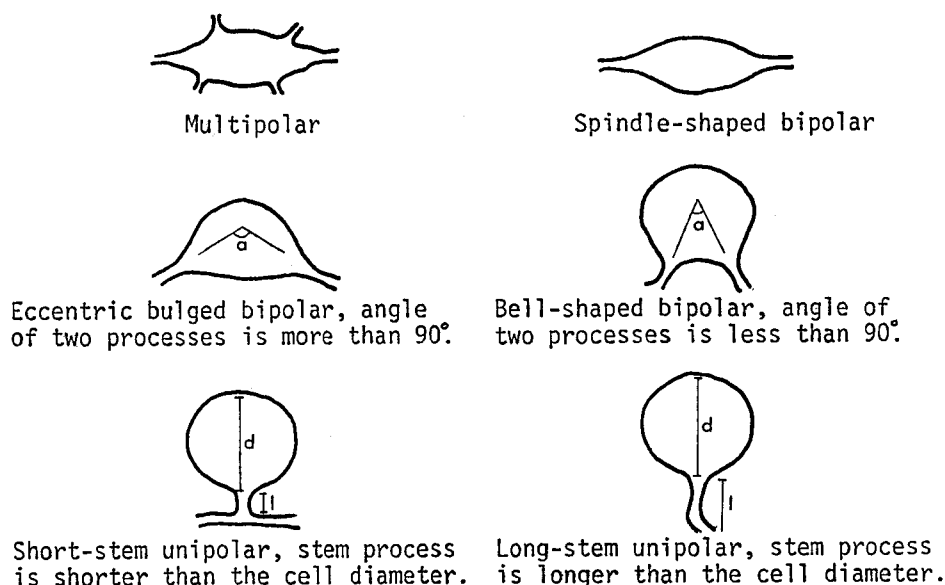


Fig. 2 Types of rat DRG cells at successive stages (by Matsuda and Uehara<sup>14)</sup>).

生時期の早い細胞ほど突起は早く出現した。

培養が進むにつれて、DRG細胞は、2本以上の突起をさらに伸ばし、培養24時間以降では、細胞間で突起のnetworkをつくるものが多く認められた(Fig. 4)。また2本の突起をもつ双極細胞では、細胞体の形状は、培養6時間ではspindle-shaped bipolar cell (Fig. 5a)であるが、20時間後にはeccentric bulged bipolar cell (Fig. 5b)がみられ、24時間後ではbell-shaped bipolar cell (Fig. 5c)であることを観察することができた。しかし、その後は培養日数を重ねても、単極細胞まで分化したものはとらえられなかった。さらに、培養1週間を経たころから、線維芽細胞の増殖のために走査型電顕でのDRG細胞の観察は不可能となった。そこで、この培養材料にBodian-Otsukaの渡銀染色を行なったところ、単極細胞(short- and long-stem unipolar cells)を認めることができた(Figs. 6a, b, c)。また、双極細胞(Figs. 6d, e)および3本以上の突起を有する多極細胞(Fig. 6f)も認められた。

そこで次に線維芽細胞の増殖をおさえた培養法で長期培養を行ない、同様に走査電顕で観察したが、bell-shaped bipolar cellまでしかみられず、単極細胞まで分化したものは認められなかった。

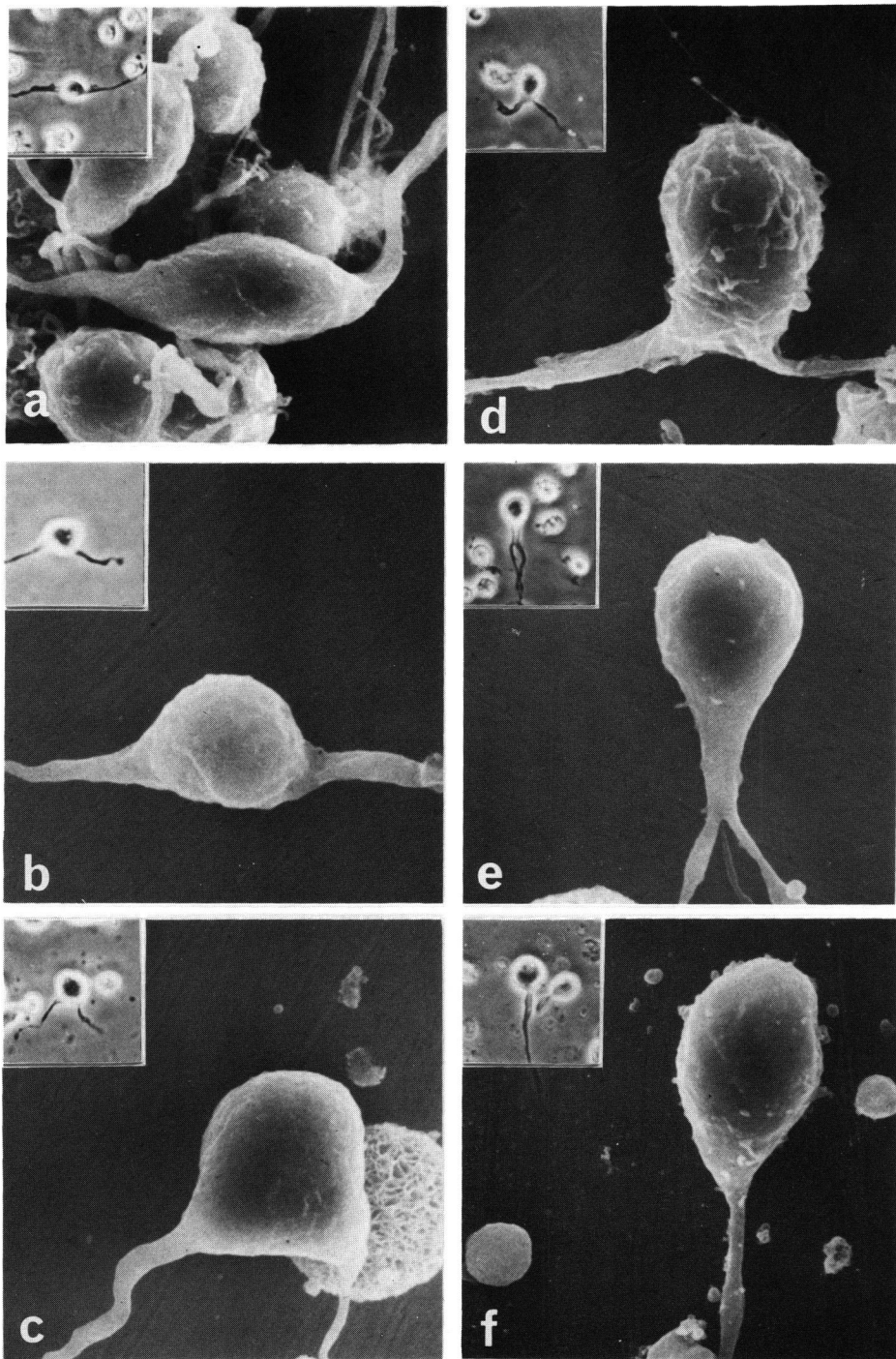
#### 4 考 察

脊椎動物のDRG細胞の突起形成については、古くから主として渡銀法などにより、多くの研究者によって観察されている<sup>2-6)</sup>。発生初期におけるDRG細胞は紡

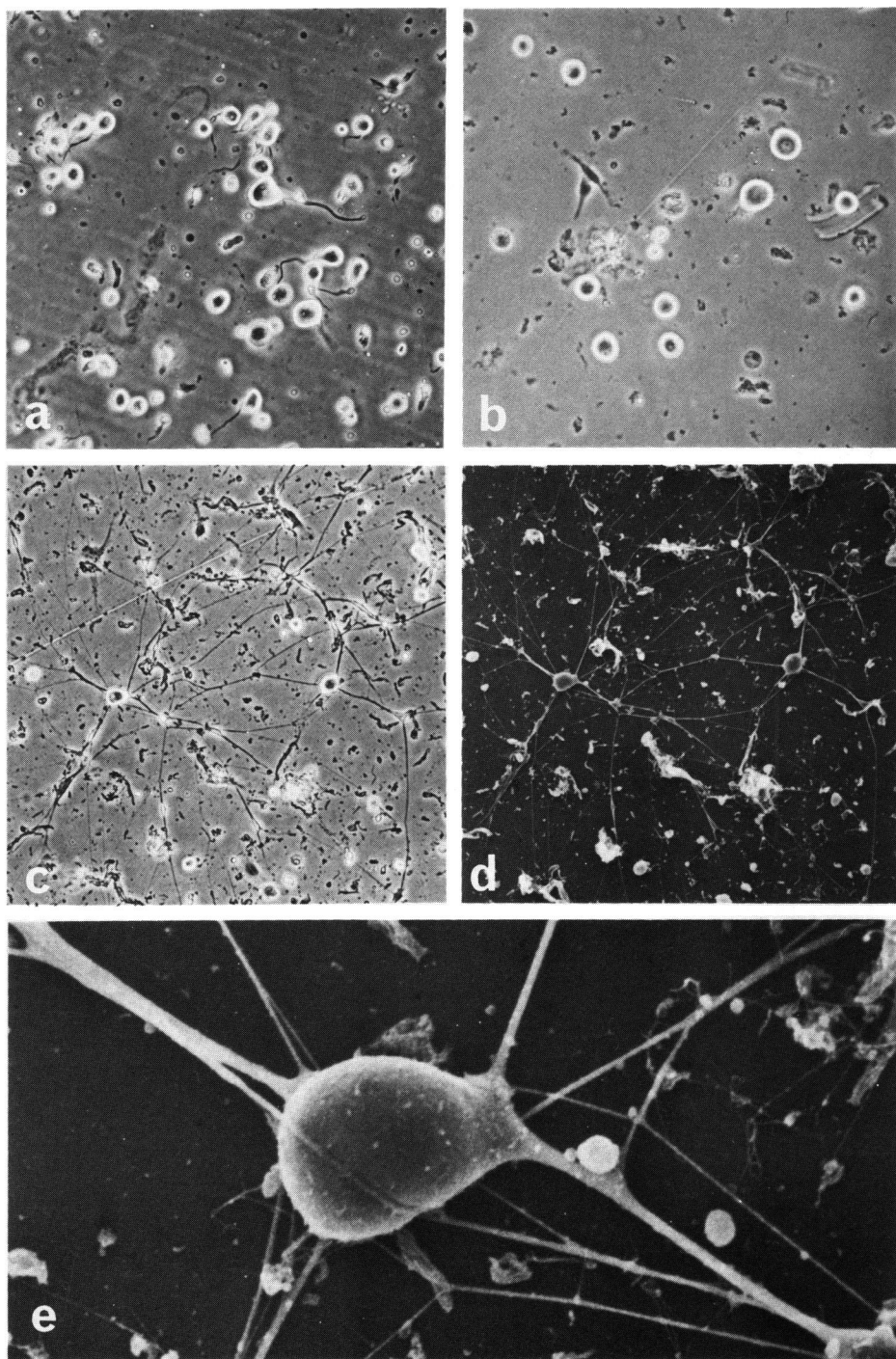
錘形の細胞体とその両端より2本の突起を出すいわゆる双極細胞であるが、分化の進展にともない偽単極細胞へと変化する。細胞体から出る2本の突起が1本になる経過について、現在出版されている内外の組織学教科書は、入手され得たもののすべて<sup>22-34)</sup>が2本の突起の癒合による単極化として記載している。これに対して、Tennyson<sup>8,10)</sup>とPannese<sup>9,12)</sup>は渡銀染色や透過型電顕を用い、細胞体の伸長による単極化を唱えているが、方法論的にもまだ不明な点が多い。

#### 4.1 *In vivo*におけるDRG細胞の観察

最近に至り、Matsuda and Uehara<sup>14)</sup>は胎生期におけるラットDRGの結合組織をトリプシン-塩酸処理法<sup>15,16)</sup>により除去し、走査型電顕を用いて観察しているが、双極細胞は胎生期のみに認められ、新生仔の細胞はすべて単極化していた。これを今回の著者の実験結果と比較すると、*in vivo*のラットDRGでは、胎生13日から16日では双極細胞が多く約70%を占め、胎生18日以降では単極細胞が90%以上を占めるようになった。また生後1日の新生仔においても双極細胞(とくにbell-shaped bipolar cell)が多少認められ、単極化は完了していない。この点についての著者とMatsuda and Ueharaの結果の違いについては、DRG細胞を分離細胞として観察した著者の場合と、DRGの表面のみを観察しているMatsuda and Ueharaの結果の差と考えられる。すなわちDRGの表面には分化の進んだ細胞が多く、中心部には分化の遅れた細胞があるものと考えられる。一方、成熟した脊椎動物(ネコ、イヌ、家兎、ウ

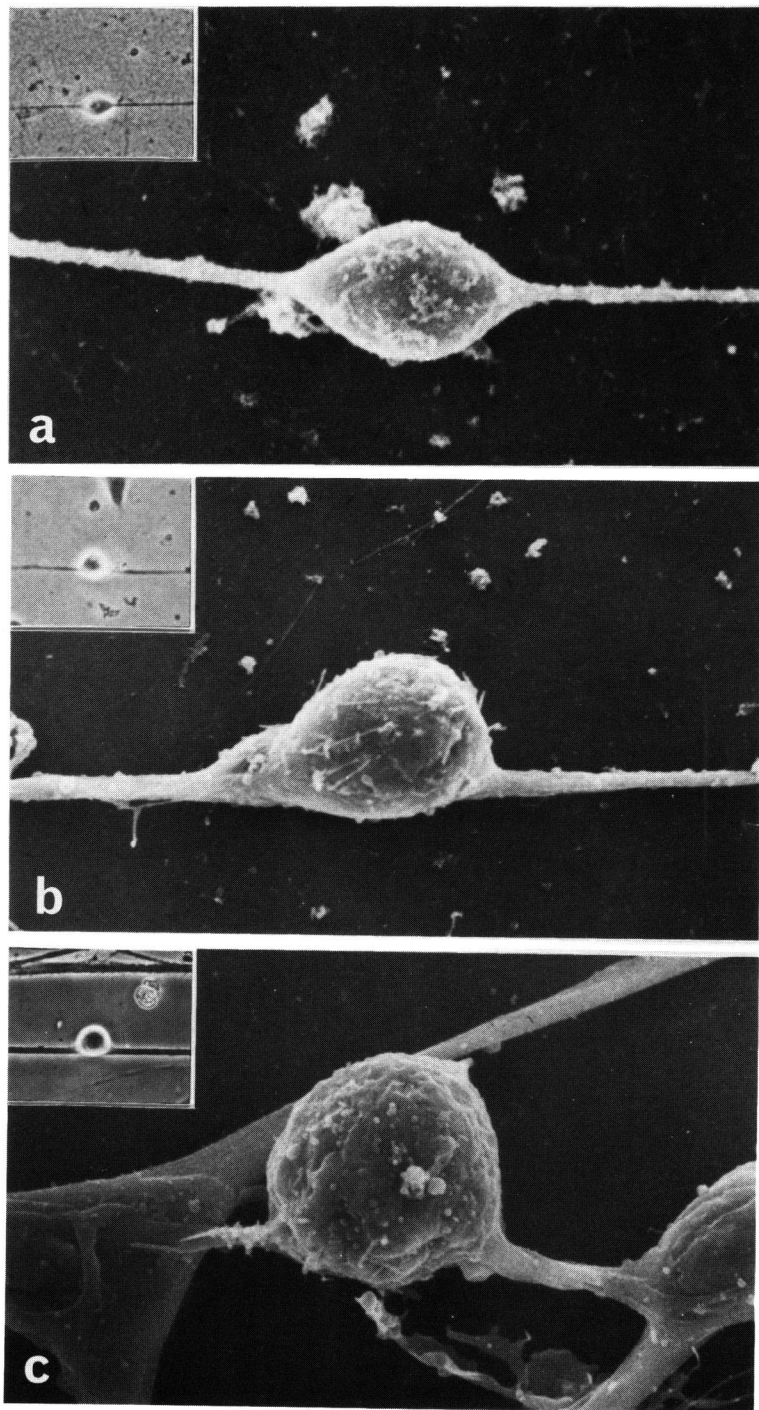


**Fig. 3** Scanning electron micrographs of developing cell types of rat DRG cells *in vivo*. Each inset photograph is phase contrast micrograph corresponding to the scanning electron micrograph. a: Spindle-shaped bipolar cell; b: Eccentric bulged bipolar cell; c: Bell-shaped bipolar cell; d: Bell-shaped bipolar cell prior to becoming unipolar cell; e: Short-stem unipolar cell; f: Long-stem unipolar cell. a-f  $\times 2,700$  (Inset  $\times 450$ ).

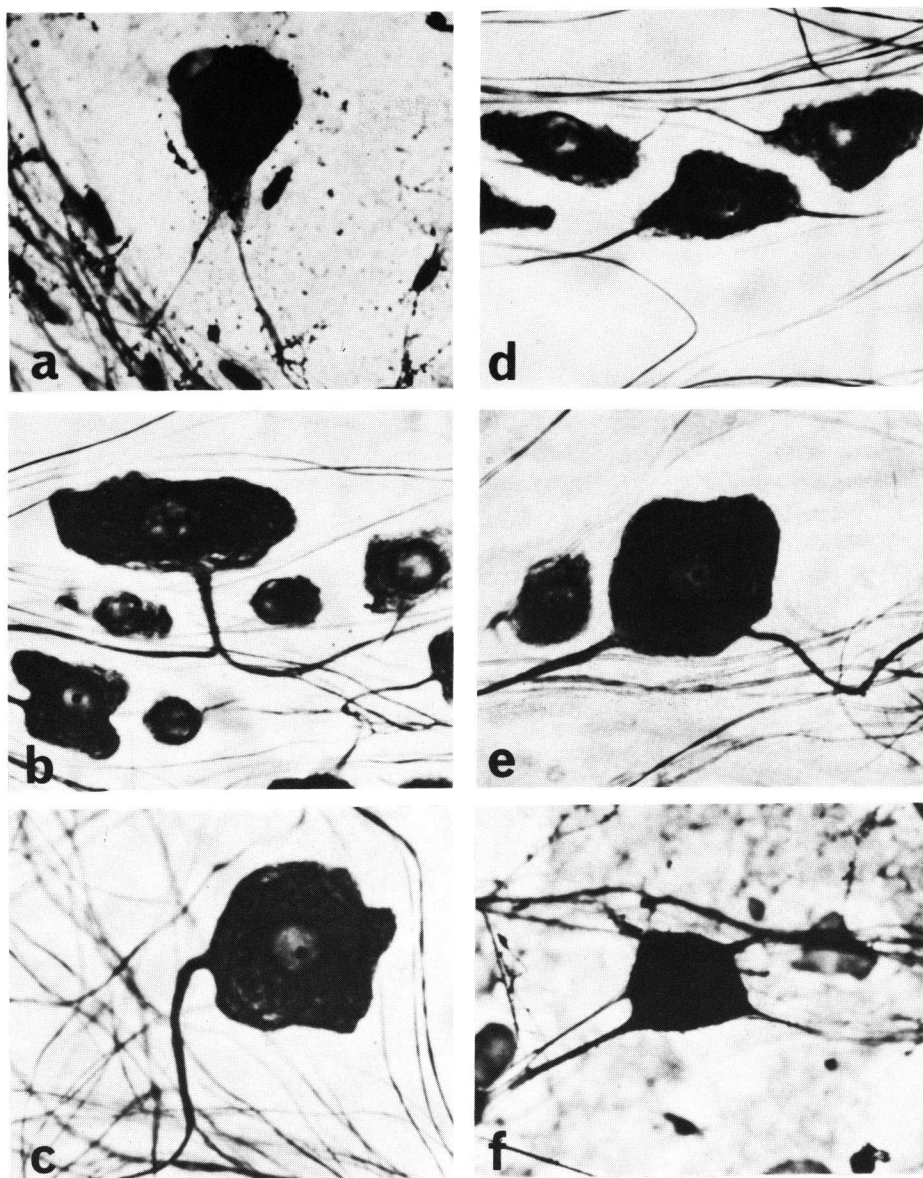


**Fig. 4** Developing process of dissociated DRG cells in early stages of culture. a : Phase contrast micrograph at the beginning of culture. Some of the cell processes are observable.  $\times 450$ . b : 2h culture. Cell processes disappear at this stage.  $\times 450$ . c : 24h culture. Cultured cells protrude two or more processes and make process-network.  $\times 330$ . d : Micrograph of specimen c observed by scanning electron microscope.  $\times 350$ . e : Enlarged scanning electron microscopic view of d.  $\times 3,000$ .





**Fig. 5** Scanning electron micrographs of dissociated DRG cells in culture. Each inset photograph is phase contrast micrograph corresponding to the scanning electron micrograph. a: 6h culture. Spindle-shaped bipolar cell; b: 20h culture. Eccentric bulged bipolar cell; c: 24h culture. Bell-shaped bipolar cell. a-c  $\times 2,800$  (Insets  $\times 450$ ).



**Fig. 6** Photomicrographs of silver-impregnated long-term (27-day) culture cells. a: Short-stem unipolar cell whose process consisted of cell body elongation; b: Short-stem unipolar cell; c: Long-stem unipolar cell; d: Eccentric bulged bipolar cell; e: Bell-shaped bipolar cell; f: Multipolar cell. a-f  $\times 600$ .

シ)の脳脊髄神経節においても双極細胞の存在を認めた報告があり<sup>35-39)</sup>、双極細胞のすべてが偽単極細胞へ分化するとする説<sup>40)</sup>の他に、これらの細胞の分化は別々のものであるとの見方<sup>41,42)</sup>もあるが、一般的には前者の考えをとる人が多い。

またDRGに出現する多極細胞やいわゆる有窓型細胞については、ヒト胎児において、とくに第2, 3頸髄

DRG, 第2, 3, 5腰髄DRGおよび仙髄DRGに多く存在しているといわれる<sup>43)</sup>。今回の観察結果では、胎生13日で多極細胞をわずかに認めただけであり、これは、動物は異なるが、摘出部位が胸髄DRGで、多極細胞の少ないことと関係しているのであろう。ちなみに、この多極細胞は交感性の神経細胞であるとの見方が強い<sup>44-46)</sup>。



#### 4.2 *In vitro* における DRG 細胞の観察

分離 DRG 細胞は、培養初期で2本またはそれ以上の突起をのばし、細胞間で network をつくるようになる。その後2本の突起を出した双極細胞は、その突起が徐々に近づきベル状の双極細胞となったが、それ以後は線維芽細胞の増殖により走査型電顕での観察は不可能となった。そこで渡銀染色を行なったところ、偽単極細胞に至るまで分化した細胞を認めることができた。走査型電顕での観察をさらに伸ばすため、線維芽細胞の増殖をおさえ培養を行なったものでは、ベル状の双極細胞までの観察が可能であったが、偽単極細胞まで分化したものは認められなかった。このことから、DRG 細胞が双極細胞から偽単極細胞へ分化するためには、Peterson and Murray<sup>47)</sup> が鶏胚の DRG 細胞を用いた実験で指摘しているように、線維芽細胞の増殖による立体的空間が必要とされるのであろう。

#### 4.3 突起形成への形態変化のまとめ

以上のように、主として走査型電顕および渡銀染色による観察結果を総合すると、DRG 細胞の単極化は2本の突起の癒合によって起こるというよりも、細胞体の2本の突起部分が次第に接近し、次に細胞体の伸長によって突起の単極部分ができるものと考えられる。

今後は、胎生各時期における DRG の透過型電顕による観察を行ない、とくに突起の起始部における微細構造を観察することにより、さらに単極化のメカニズムを解明する予定である。

### 5 結 論

ラット発生初期における後根神経節 (DRG) 細胞の結合組織を酵素消化法により取り去り、分離した DRG 細胞を *in vivo* および *in vitro* で観察し、双極細胞から偽単極細胞へ分化する経過を光顕および走査型電顕で観察した。

1. 胎生期において胎生13日から16日までは双極細胞が多く約70%を占めるが、胎生17日以降では偽単極細胞の出現が多くなり、胎生17日で65%、18日以降では約90%に達する。しかし、生後1日の新生仔においても約5%の双極細胞の存在が認められ単極化は完了していなかった。以上の双極細胞から偽単極細胞へ移行する像を走査型電顕でとらえることができた。

2. 分離 DRG 細胞を培養下で観察すると、培養初期には2本以上の突起を出し、細胞間で network をつくる。走査型電顕の観察では偽単極細胞に近い細胞 (bell-shaped bipolar cell) まで観察できた。また培養7日を経たものでは、線維芽細胞の増殖により DRG 細胞の

走査型電顕での観察は不可能となったが、渡銀染色を用いると、完全に単極化した細胞を認めることができた。線維芽細胞の増殖をおさえた長期培養では、光顕および走査型電顕においても偽単極細胞は認められなかった。したがって、双極細胞から偽単極細胞への分化には、線維芽細胞を含む立体的空間が必要と思われる。

3. *In vivo* および *in vitro* での光顕および走査型電顕による経時的な観察によると、DRG 細胞の単極化は、2本の突起の癒合で起こるというよりも、細胞体の伸長によって起こるものと考えられる。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲下さいました解剖学第1講座、高橋杏三教授に深謝致します。またヒト胎盤血清を御提供下さった小六産婦人科病院院長、小六義久博士に深く感謝致します。

本研究は昭和59年度文部省科学研究費 (奨励研究 A, No. 59770052) の補助によって行なわれた。

### 文 献

1. Subcommittees of the International Anatomical Nomenclature Committee ed.: *Nomina Anatomica*, 5th ed., A76, Williams and Wilkins, Baltimore-London (1983).
2. Hiss, N.: Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarkes und der Nervenwurzeln. *Abhandlungen der Sachsischen Akademie der Wissenschaften*. (Leipzig) **13**, 479-513 (1886).
3. Cajal, S. Ramón y: Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moelle embryonnaire. *Anat. Anz.* **5**, 85-95 (1890).
4. Retzius, G.: Zur Kenntnis des centralen Nervensystems; quoted by Scharf J. H. In: v. Möllendorffs Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. IV, 1, Sensible Ganglien, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1891).
5. Lenhossek, M.: Beobachtungen an den Spinalganglien und dem Rückenmark von *Pristiurus*-embryonen. *Anat. Anz.* **7**, 519-539 (1892).
6. Cajal, S. Ramón y: Die Struktur der sensiblen Ganglien des Menschen und der Tiere. *Ergeb. Anat. Entwicklungsgesch.* **16**, 177-215 (1907).
7. Dogiel, A. S.: Der Bau der Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere. **157**, Gustav Fischer, Jena (1908).
8. Tennyson, V. M.: Electron microscopic study of the developing neuroblast of the dorsal root ganglion of the rabbit embryo. *J. Comp. Neurol.*

- 124, 267-318 (1965).
9. Pannese, E.: Electron microscopical study on the development of the satellite cell sheath in spinal ganglia. *J. Comp. Neurol.* **135**, 381-422 (1969).
10. Tennyson, V. M.: The fine structure of the axon and the growth cone of the dorsal root neuroblast of the rabbit embryo. *J. Cell Biol.* **44**, 62-79 (1970).
11. Lawson, S. N., Caddy, K. W. T. and Biscoe, T. J.: Development of rat dorsal root ganglion neurones. Studies of cell birthdays and changes in mean cell diameter. *Cell Tissue Res.* **153**, 399-413 (1974).
12. Pannese, E.: The histogenesis of spinal ganglia. *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.* **47**, 1-97 (1974).
13. Lieberman, A. R.: Sensory ganglia. In: Landon, D. N. ed.: *The Peripheral Nerve*. 188-278, Chapman and Hall, London (1976).
14. Matsuda, S. and Uehara, Y.: Prenatal development of the dorsal root ganglia. A scanning electron-microscopic study. *Cell Tissue Res.* **235**, 13-18 (1984).
15. Uehara, Y. and Suyama, K.: Visualization of the adventitial aspect of vascular smooth muscle cells under the scanning electron microscopy. *J. Electron Microsc.* **27**, 157-159 (1978).
16. Desaki, J. and Uehara, Y.: The overall morphology of neuromuscular junctions as revealed by scanning electron microscopy. *J. Neurocytol.* **10**, 101-110 (1981).
17. Bunge, R. P., Bunge, M. B. and Cochran, M.: Some factors influencing the proliferation and differentiation of myelin forming cells. *Neurology (Minneapolis)* **28**, 59-67 (1978).
18. Wood, P. M.: Separation of functional Schwann cells and neurons from normal peripheral nerve tissue. *Brain Res.* **115**, 361-375 (1976).
19. Brookes, J. P., Fields, K. L. and Raff, M. C.: Studies on culture rat Schwann cells. I. Establishment of purified populations of peripheral nerve. *Brain Res.* **165**, 105-118 (1979).
20. Katsumoto, T., Naguro, T., Iino, A. and Takagi, A.: The effect of tannic acid on the preservation of tissue culture cells for scanning electron microscopy. *J. Electron Microsc.* **30**, 177-182 (1981).
21. Otsuka, N.: Histological and ontogenetic studies on Mauthner's cells in fish. *Z. Zellforsch.* **58**, 33-50 (1962).
22. 石澤政男: 組織学提要. 第1巻, 4版, 192-193, 日本医書出版, 東京・京都 (1945).
23. 尾持昌次, 永田哲士: 最新組織学. 146, 南江堂, 東京・京都 (1965).
24. 山本敏行: 基準組織学. 94, 南江堂, 東京・京都 (1966).
25. Greep, R. O.: *Histology*. 2nd ed., 267-268, McGraw-Hill, New York・London・Sydney・Toronto (1966).
26. Junqueira, L. C. and Carneiro, J.: *Basic Histology*. 3rd ed., 154, Lange Medical Publications, California (1971).
27. Warwick, R. and Williams, P. L.: *Gray's Anatomy*. 35th ed., 130, Longman, Norwich (1973).
28. Bloom, W. and Fawcett, D. W.: *A Textbook of Histology*. 10th ed., 348, Saunders, Philadelphia・London・Toronto (1975).
29. 伊藤 隆: 組織学. 17版, 99, 南山堂, 東京 (1977).
30. Bargmann, V. M.: *Histologie und mikroskopische Anatomie der Menschen*. 174-175, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1977).
31. William, J. K. and Cutt, J. H.: *Concise Text of Histology*. 139, Williams and Wilkins, Baltimore・London (1981).
32. 藤田尚男, 藤田恒夫: 標準組織学(総論). 2版, 226, 医学書院, 東京・大阪 (1982).
33. 渡辺 皓: 脊髓神経節. 小川和朗, 鈴木昭男, 清水眞, 永野俊雄, 橋本一成, 橋本正淑, 山田英智, 山元寅男, 渡辺陽之輔 編集: 人体組織学(神経), 410-420, 朝倉書店, 東京 (1984).
34. Leeson, C. R., Leeson, T. S. and Paparo, A. A.: *Textbook of Histology*. 5th ed., 202, Saunders, Philadelphia・London・Toronto・Mexico City・Rio de Janeiro・Sydney・Tokyo (1985).
35. Takeda, G.: Beiträge zur histologischen Kenntnis des Nervus trigeminus. III Mitt., *Fol. Anat. Jpn.* **2**, 311-324 (1924).
36. Takeda, G.: Beiträge zur histologischen Kenntnis des Nervus trigeminus. IV Mitt., *Fol. Anat. Jpn.* **3**, 17-29 (1925).
37. 楊 武雄: 猫脊髓神経節における2及多極神経節細胞. *弘前医学* **8**, 416-430 (1957).
38. 楊 武雄, 岩井清之助, 米沢 稔, 井沼洋三: 家兎 (*Lepus cuniculus*) 脊髓神経節における2及多極神経節細胞. *弘前医学* **8**, 623-635 (1957).
39. 西川史郎, 楊 武雄, 岩井清之助, 白取省吾: 犬 (*Canis familiaris*) 脊髓神経節における2及多極神経節細胞. *弘前医学* **8**, 611-622 (1957).
40. Cajal, S. Ramón y: Asociación del método del nitrato de plata con el embrionario. Para el estudio de los focos motores y sensitivos. *Trab. Lab. Invest. Biol. Univ. Madrid* **3**, 65-96 (1904).

41. Mikami, Sh.: Spinal ganglia in human embryo, especially, in its earlier stage. *Tohoku J. Exp. Med.* **58**, 367-380 (1953).
  42. 瀬戸八郎: 人の知覚. 22-26, 医学書院, 東京・大阪 (1957).
  43. 米沢 稔: 7ヵ月人胎児脊髓神経節における2及び多極神経節細胞. *弘前医学* **14**, 479-493 (1962).
  44. Kiss, F.: Sympathetic elements in the cranial and spinal ganglia. *J. Anat.* **66**, 488-498 (1931-2).
  45. Bacsich, P. and Wyburn, G. M.: Formalin-sensitive cells in spinal ganglia. *Quart. J. Microsc. Sci.* **94**, 89-92 (1953).
  46. Parfianowicz, J., Hawrylko, S., Pietrzak, J. and Kmiec, B.: Morphology and cytochemistry of the nerve-cells of spinal ganglia. *Folia Morphol. (Warsaw) (Engl. Transl.)* **30**, 475-484 (1971).
  47. Peterson, E. R. and Murray, M. R.: Myelin sheath formation in cultures of avian spinal ganglia. *Am. J. Anat.* **96**, 319-355 (1955).
- 

別刷請求先:

(〒 060) 札幌市中央区南1条西17丁目

札幌医科大学解剖学第1講座 二宮孝文