

6th NNAC ニッチ Niche Neuro-Angiology Conference 2012 05 26

Course d'anatomie
Clinical neuroanatomy of
the gyrus and sulcus

脳回・脳溝の基礎と臨床

医療法人鉄蕉会 亀田総合病院 脳神経外科

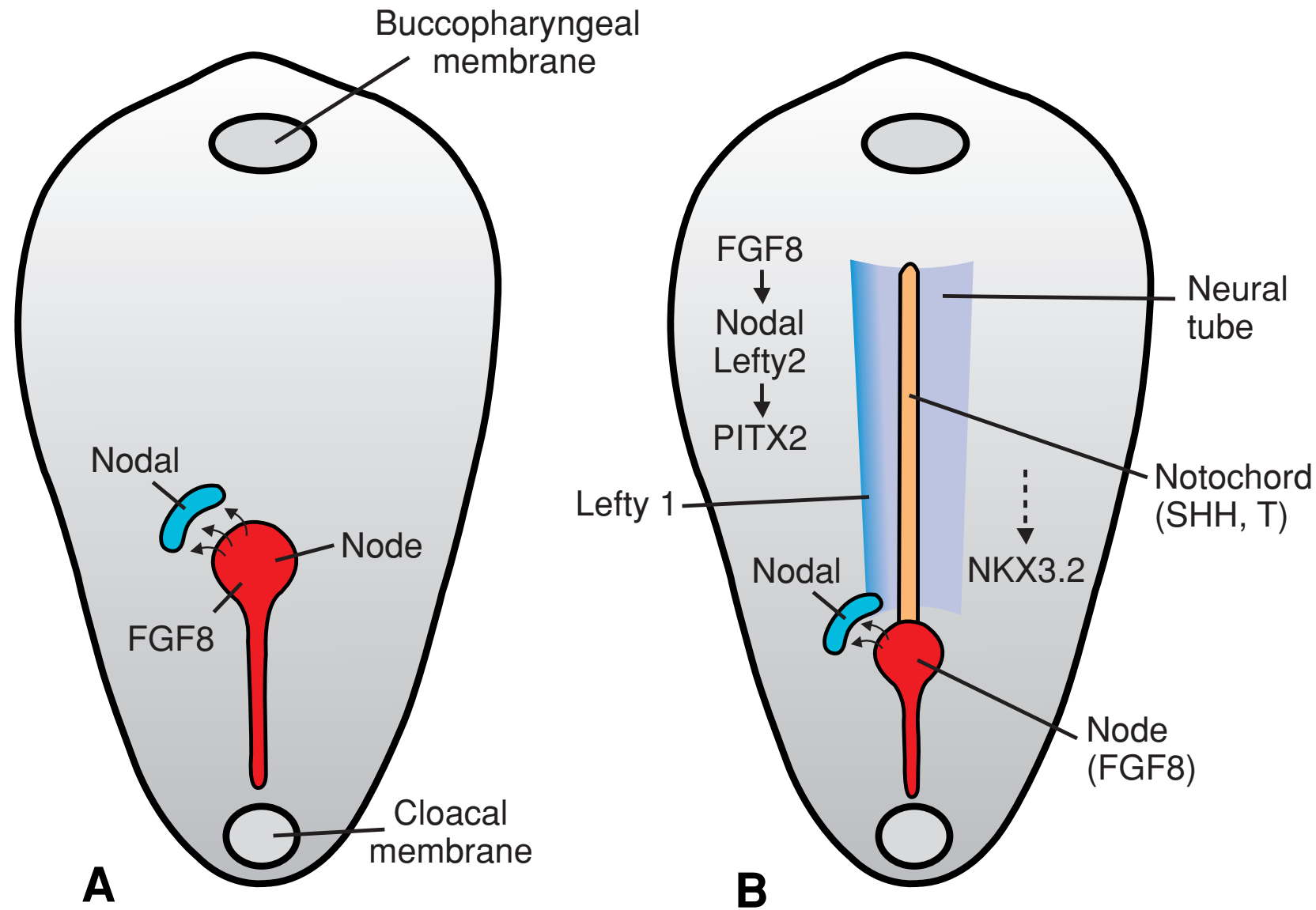
田中 美千裕

Michihiro TANAKA, MD, Ph.D.

Kameda Medical Center

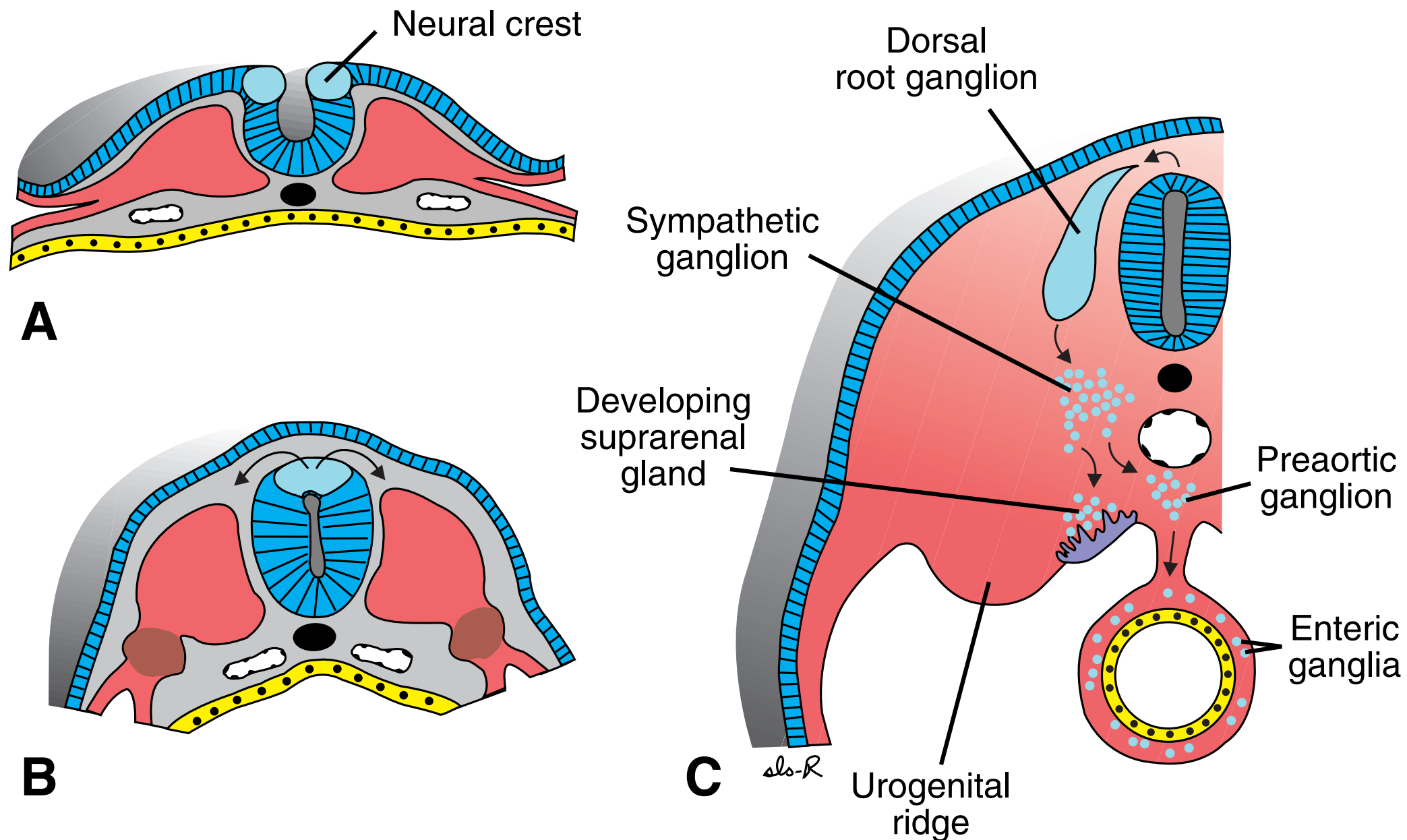
Department of Neurosurgery

Service de neuroanatomie et thérapeutique neuroangiographie



胎生の初期に現れるsulcusはNotochordの窪み

Fig.1



Formation and migration of neural crest cells in the spinal cord.

A and B. Crest cells form at the tips of neural folds and do not migrate away from this region until neural tube closure is complete.

C. After migration, crest cells contribute to a heterogeneous array of structures, including dorsal root ganglia, sympathetic chain ganglia, adrenal medulla, and other tissues

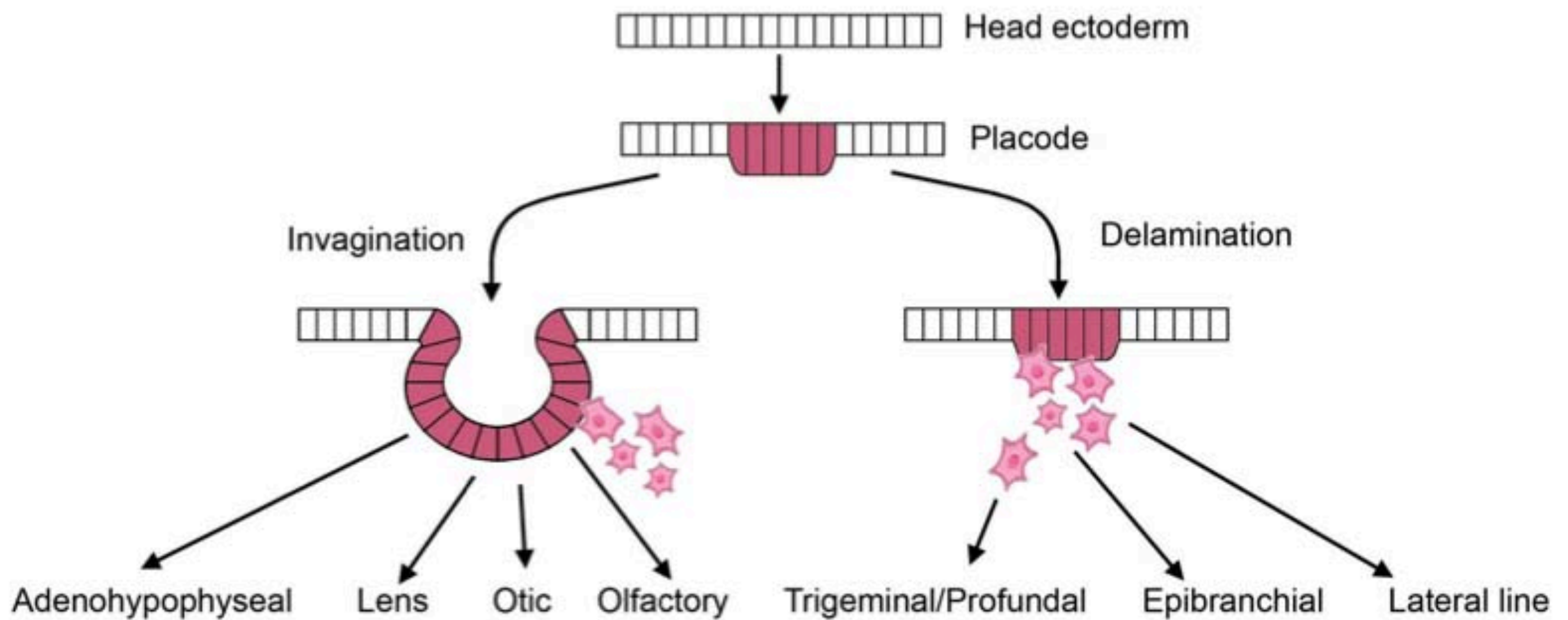
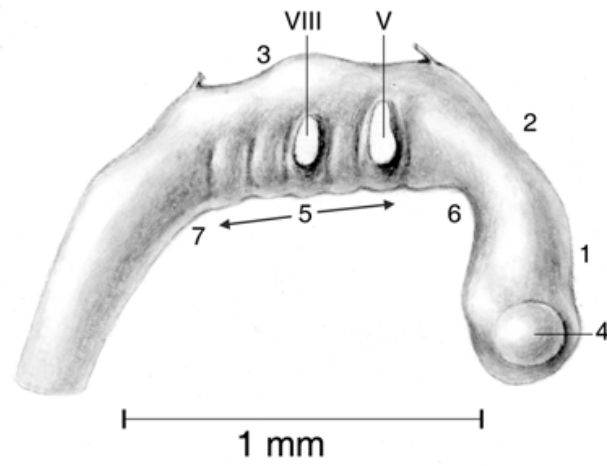


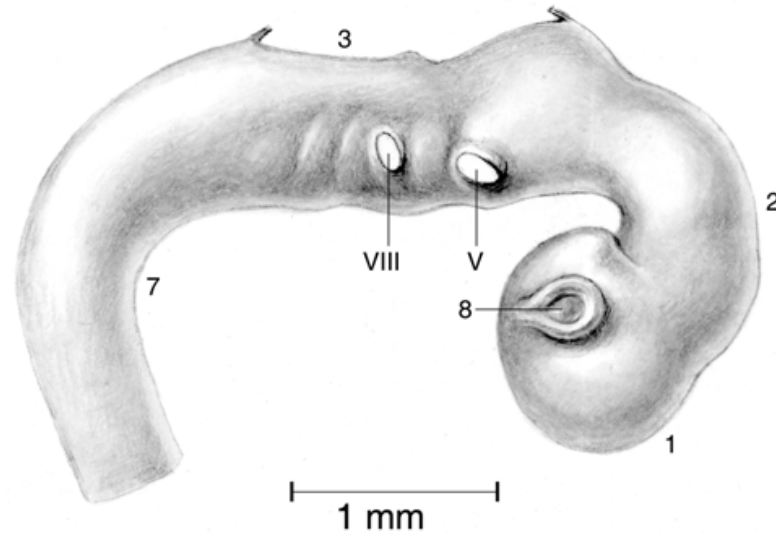
Fig.3

Schematic representation of the early morphogenetic processes associated with the development of the cranial placodes. All cranial placodes develop from a thickening of the head ectoderm. Adenohypophysis, olfactory epithelium of the nose, lens, and inner ear form by invagination of the placodal epithelium into a vesicle.

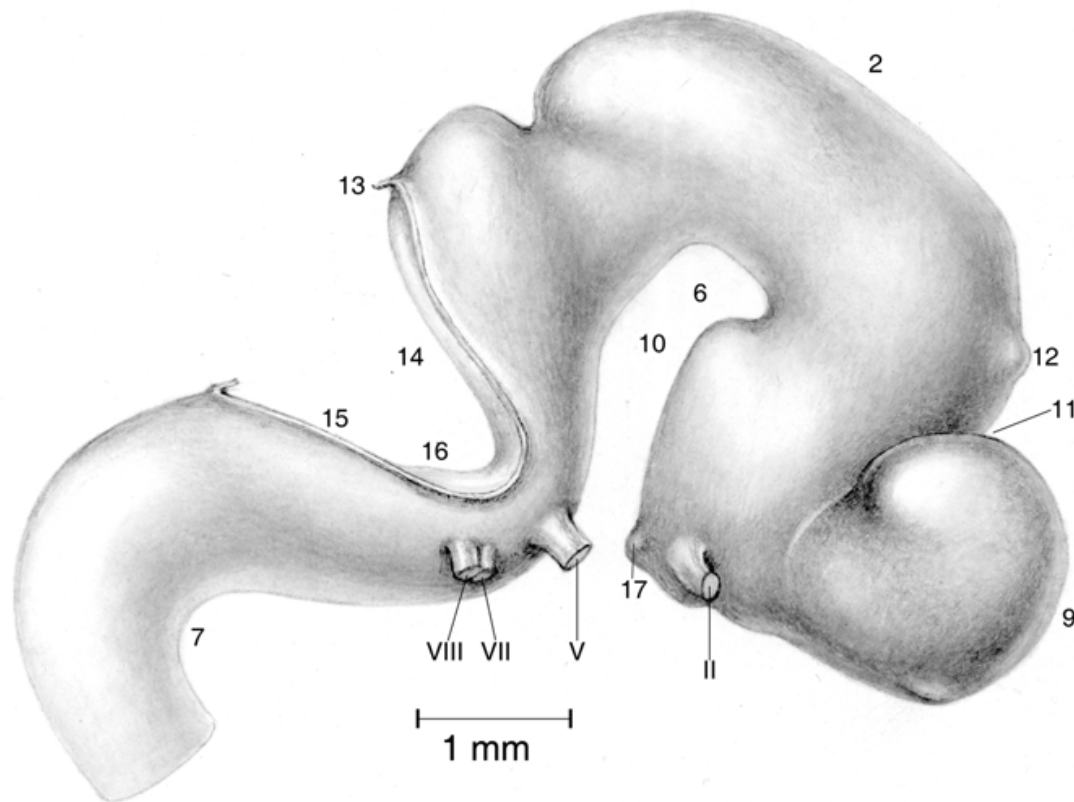
A, 26 days



B, 30 days



C, 41 days



- 1 Prosencephalon
- 2 Mesencephalon
- 3 Rhombencephalon
- 4 Optic vesicle
- 5 Rhombomeres
- 6 Cephalic flexure
- 7 Cervical flexure
- 8 Optic cup
- 9 Cerebral hemisphere
- 10 Diencephalon
- 11 Hemispheric sulcus
- 12 Epiphysis
- 13 Cerebellum
- 14 Metencephalon
- 15 Myelencephalon
- 16 Pontine flexure
- 17 Infundibulum
- II, V etc. Cranial nerves

神経管の最初のダイナミックなfolding
は胎生30~40日に起こる

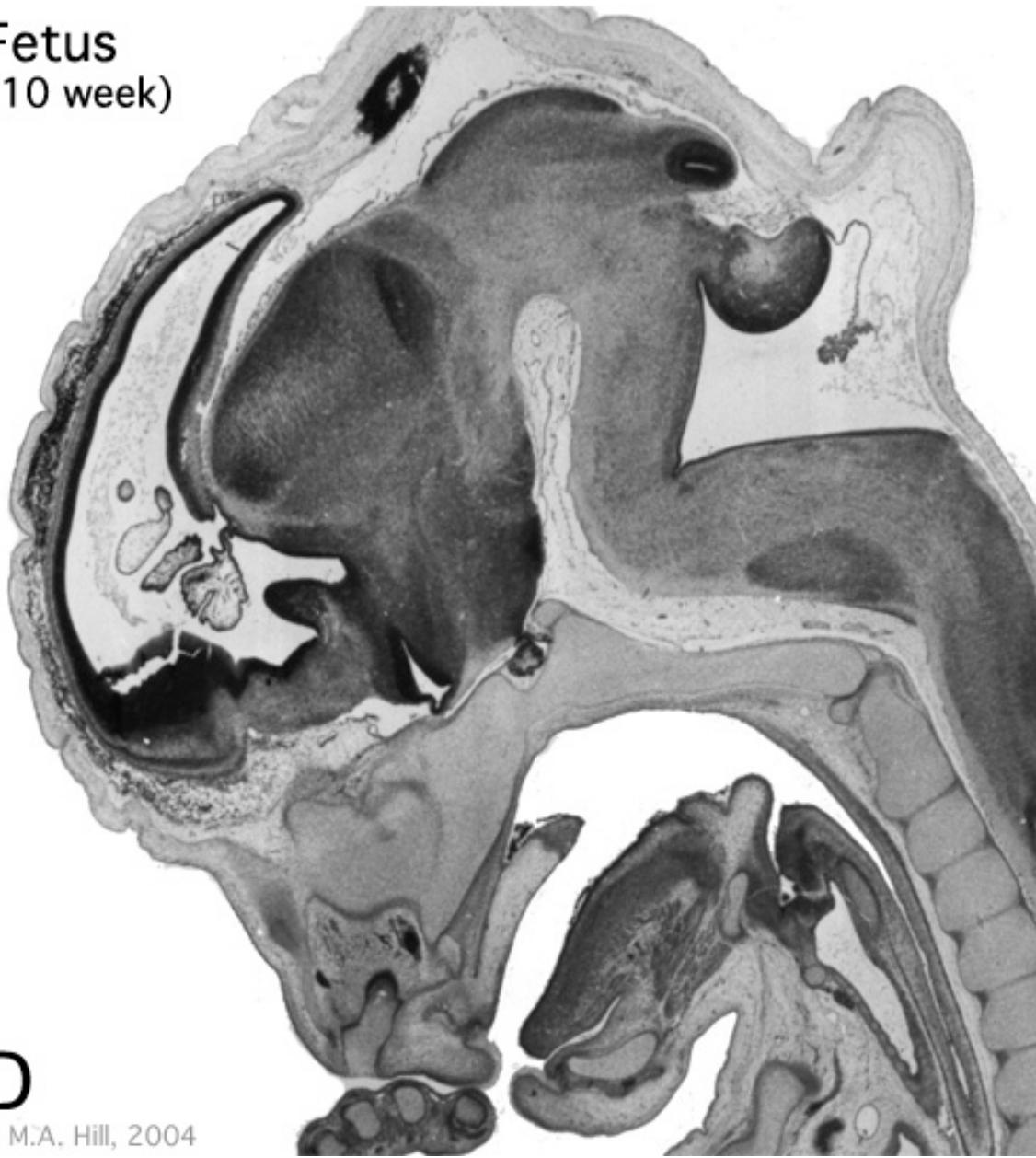
metencephalon と myelencephalon
が谷を作り、菱脳・橋(三叉神経節)が
形成される。

Nieuwenhuys R "The Human
Central Nervous System"

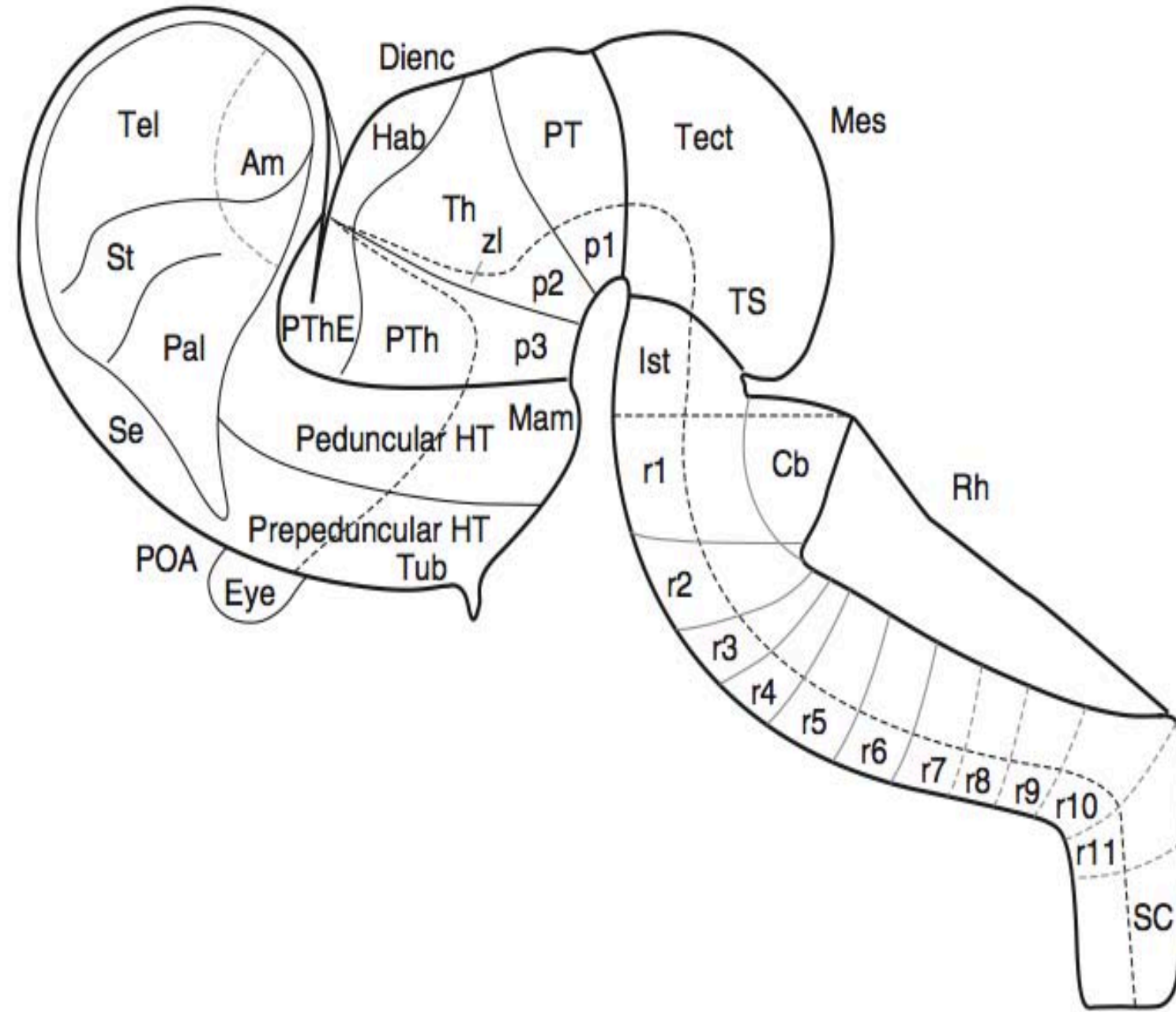
4th Edition

Fig.4

Fetus
(10 week)



Head

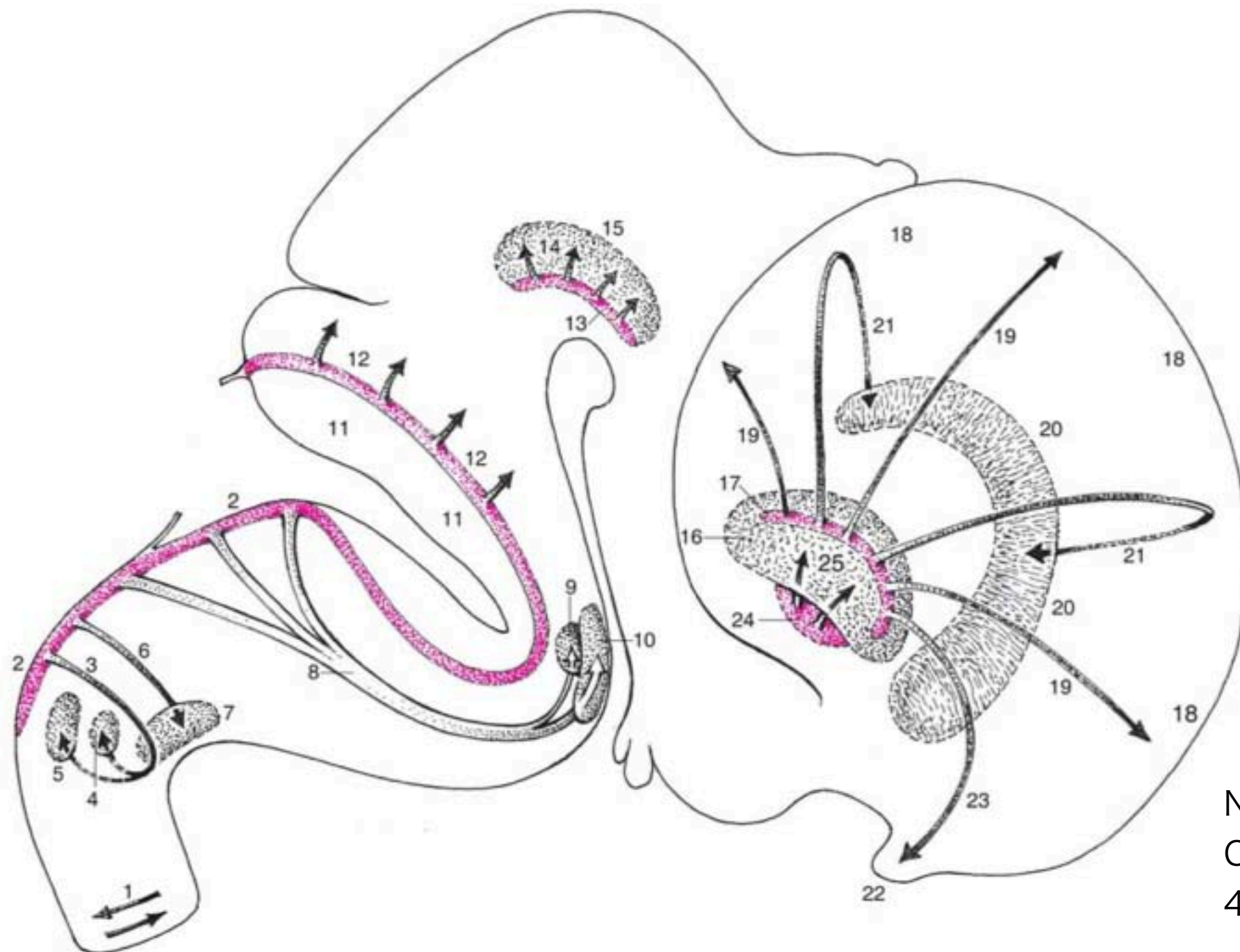


D

© M.A. Hill, 2004

10週ではmetencephalon とmyelencephalonが分化し、菱脳・橋(三叉神経節)が形成されるが、telencephalonにはまだ脳回・脳溝の形成はみられない。

Fig.5

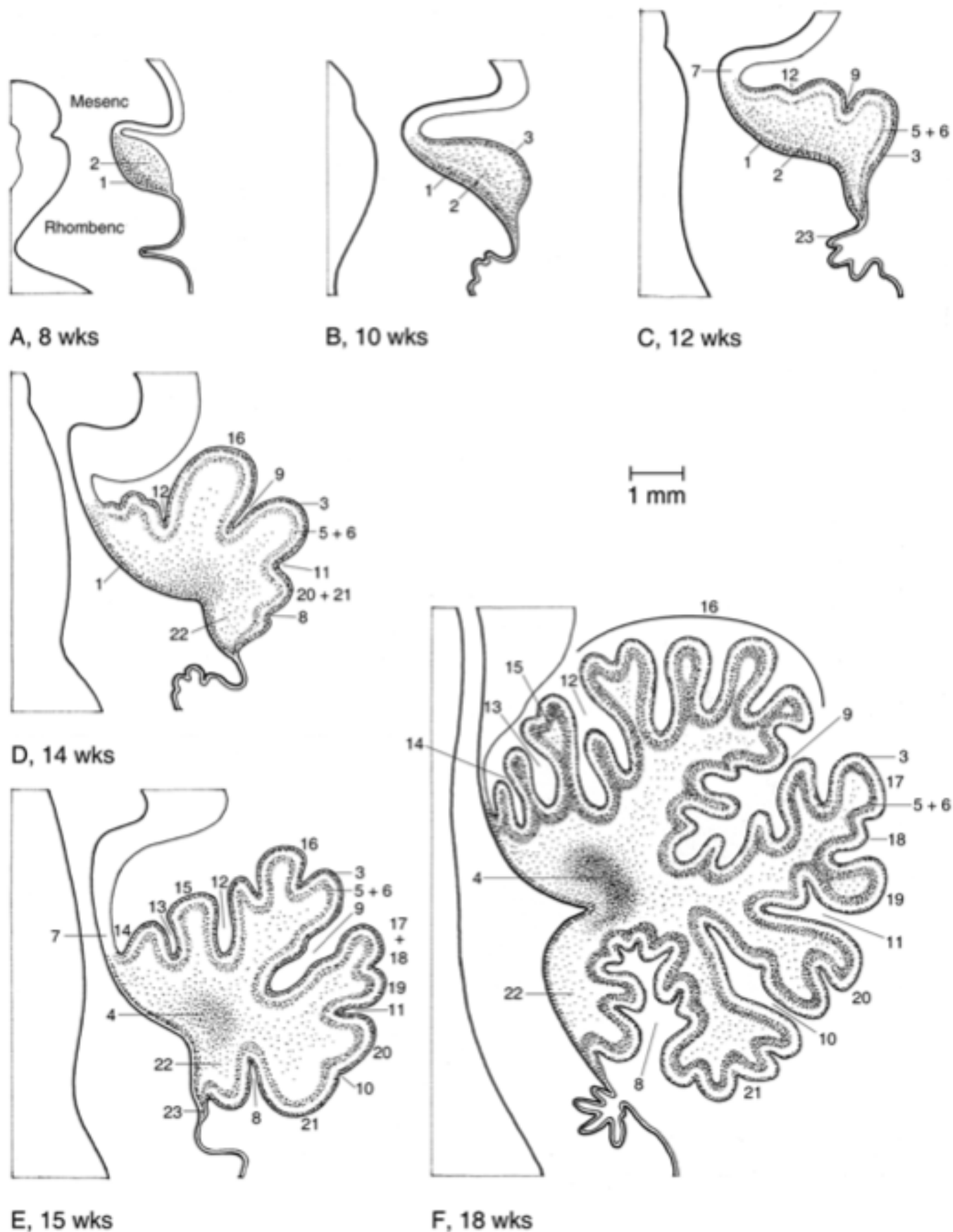


Nieuwenhuys R "The Human Central Nervous System" 4th Edition

Diagrammatic representation of the principal tangential migrations of neuronal precursors in the human CNS, using a lateral view of an embryo of about 8 weeks as a topographical framework.

髄鞘化する以前の神経細胞は、GABAなどのneurotransmitterのstreamに沿って矢印の方向へそれぞれ細胞増殖し、皮質・髄質を形成する。その基本骨格は脊椎動物では種族間で大きな相違がない。

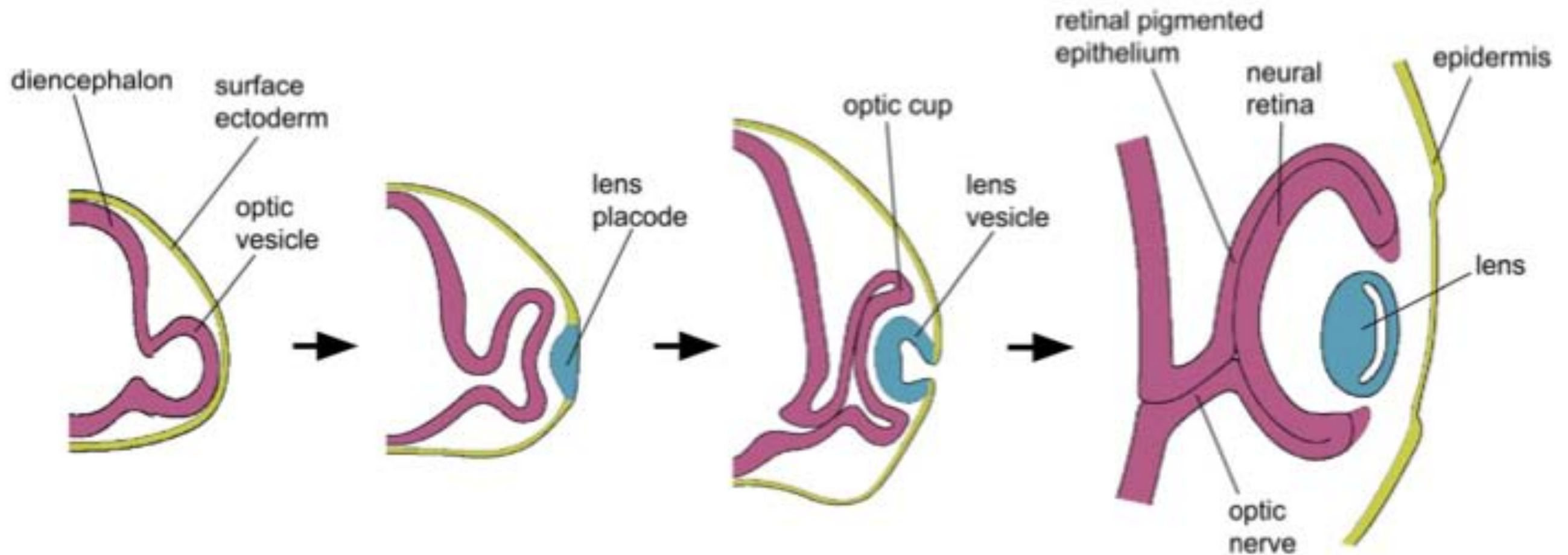
Fig.6



Sagittal sections of the developing cerebellum at 8 weeks (A), 10 weeks (B), 12 weeks (C), 14 weeks (D), 15 weeks (E) and 18 weeks (F).

脳室側の上衣神経細胞と外套側の小脳皮質細胞の増殖速度と細胞数に大きな差異があり、deep cerebellar nucleiから発現される遺伝子誘導酵素により制御されていると考えられている。

Fig.7

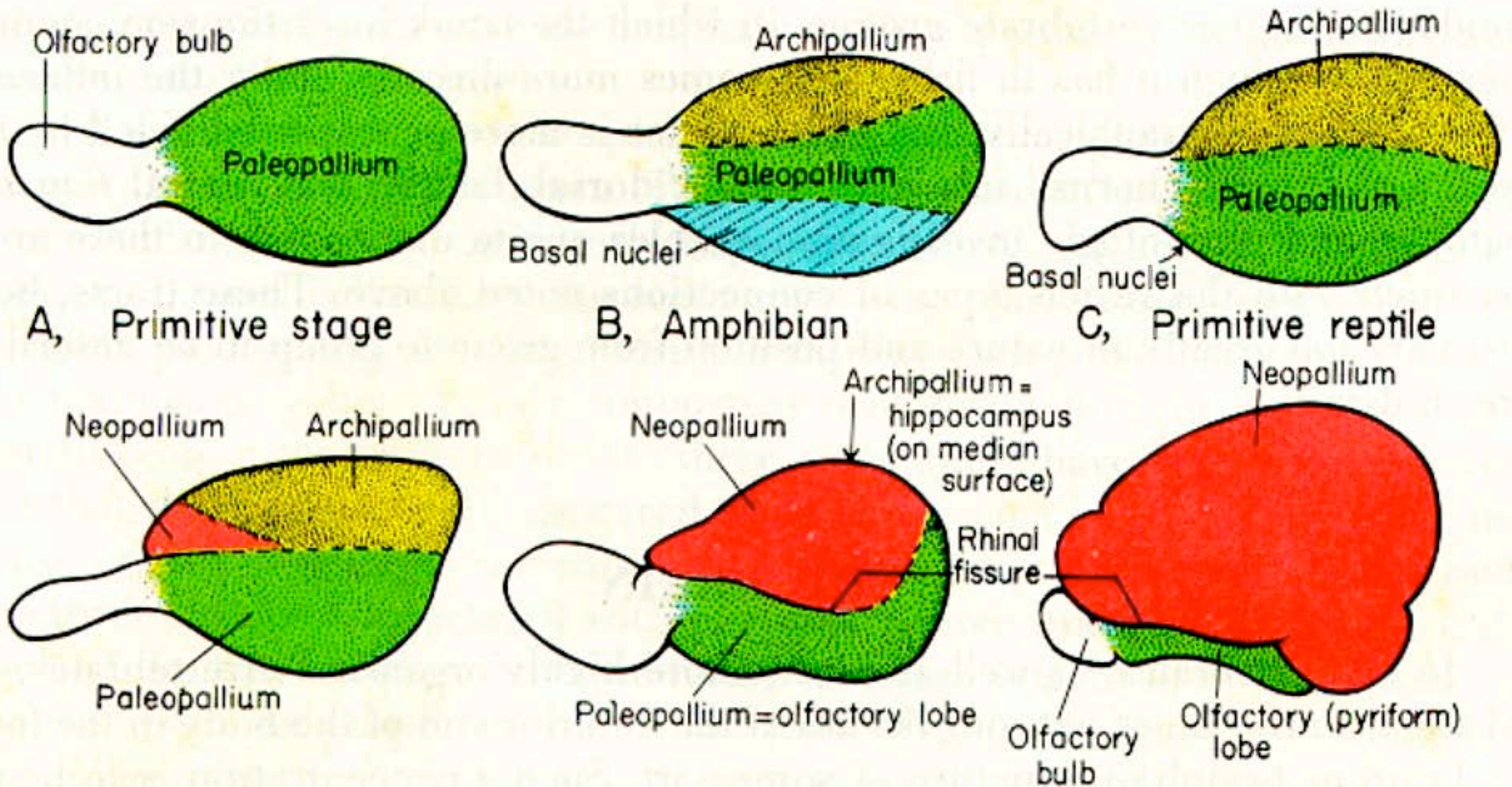


眼杯から眼球の形成過程.

neural retina (神経網膜)も脳回の一つと捉えることができる。眼は終脳の出店と言われる所以である。

Development of the lens placode into the mature lens. Diagrams illustrating the sequence of events leading to formation of the lens in a vertebrate embryo. Park BY. Induction and Segregation of the Vertebrate Cranial Placodes

Fig.8



魚類

両生類

爬虫類

Paleopallium, Archipallium, Neopalliumの系統発生上段が頭側、下段は側面像
 初期の終脳は嗅脳とPaleopalliumが優位であることがわかる。Sulcus, Gyrus
 の形成は爬虫類以降のneopalliumの増大に伴って発達してくる。

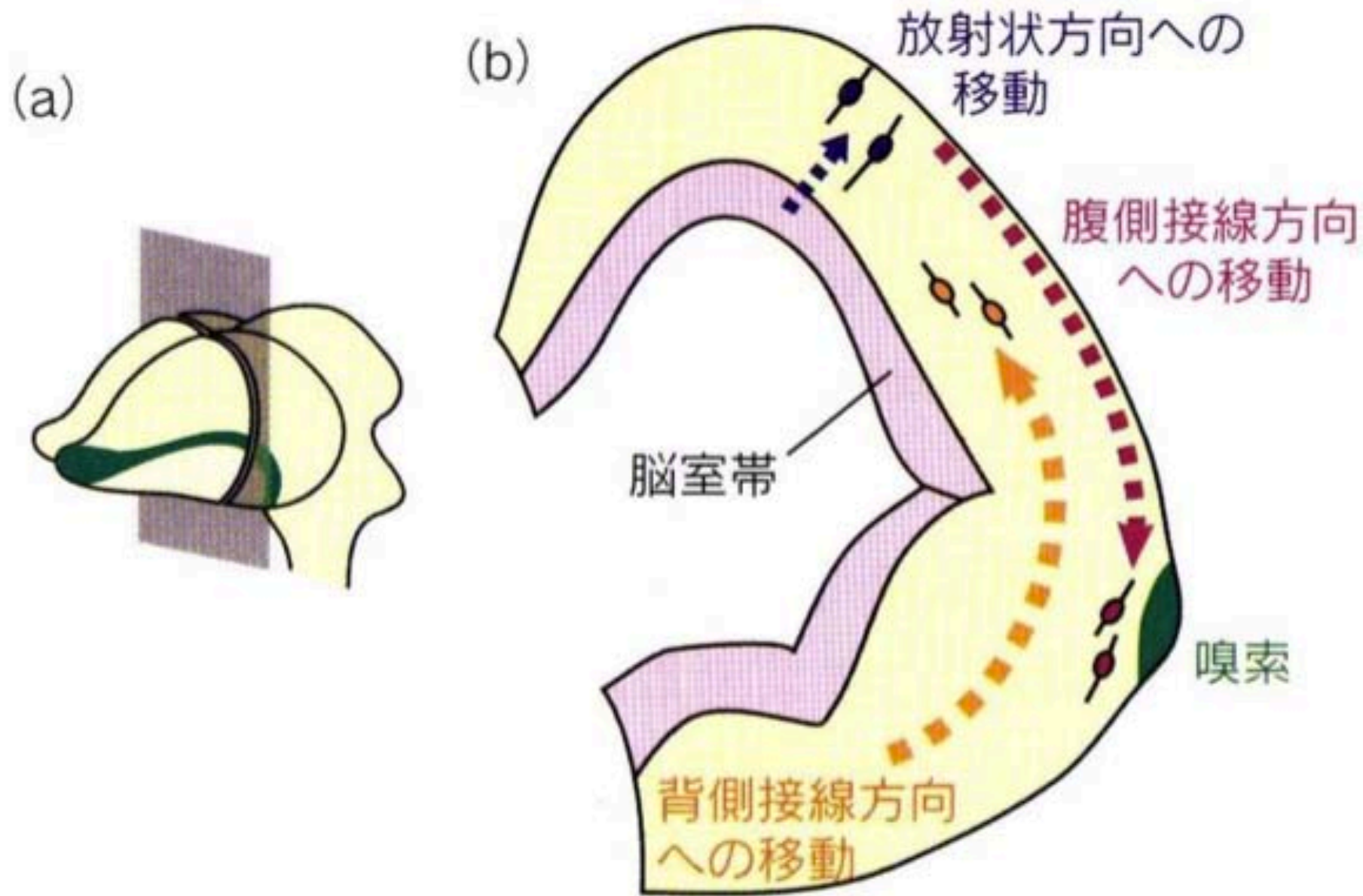
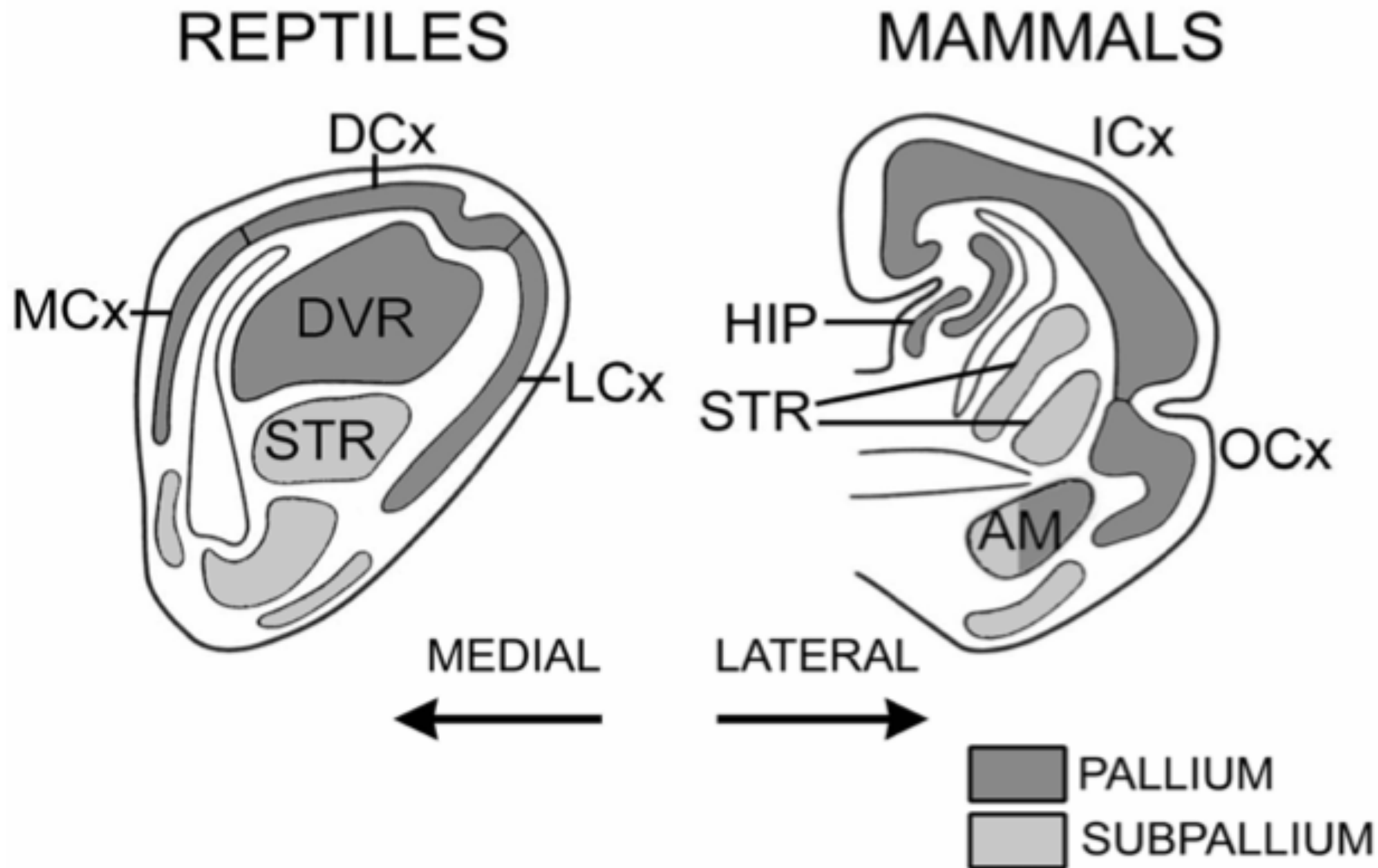


図1 発生期の終脳における神経細胞移動

(a)側面から見た胎生14日 目ころのマウス胚の脳.上 が背側,(b)終脳をaで示した coronal view (上が背側に相当) 脳の内腔に面した領域 は脳室帯とよばれ.この領域で神経細胞は神経上皮細胞から分裂する.おもな細胞移動の経路である放射状方向への細胞移動と背側接線方向への細胞移動に加えて,本 稿で紹介する腹側接線方向への細胞移動を示した .終脳表層に伸長する 嗅球の軸索の束(嗅索)を緑色で示してある.

出典: 川崎能彦”蛋白質 核酸 酵素 Vol.47No.15,2002.



Medial cortex (MCx), a dorsal cortex (DCx), a lateral cortex (LCx), and a large part of the periventricular dorsal ventricular ridge (DVR).

In mammals, the pallium consists of the hippocampal formation (HIP, which is comparable to the MCx and the dorsomedial cortex), the isocortex (ICx) OCx(olfactory cortex)とICx(isocortex)間のfissureはヒトにおけるRhinal fissure つまり collateral sulcusに相当する.

Fig.1 1

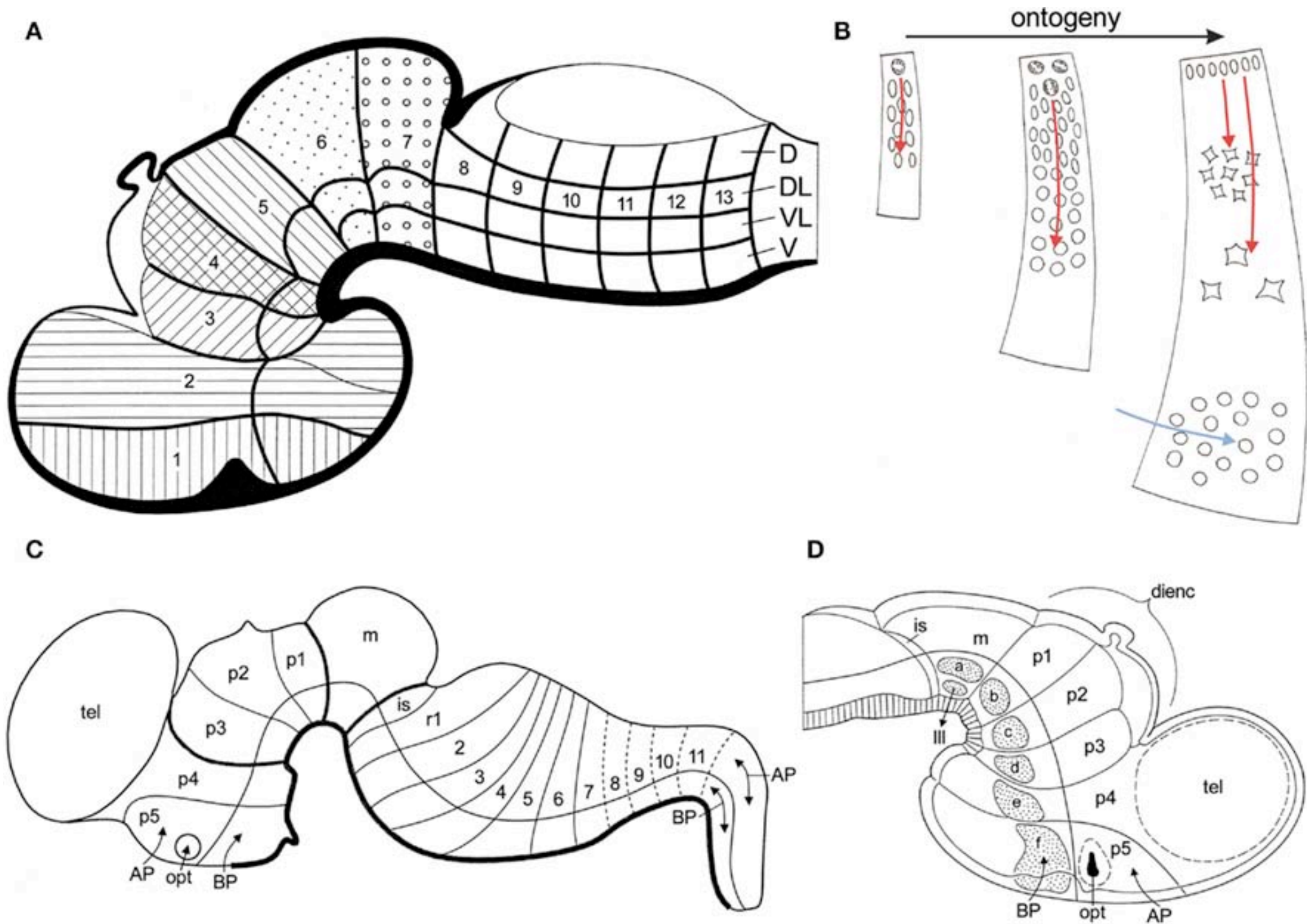
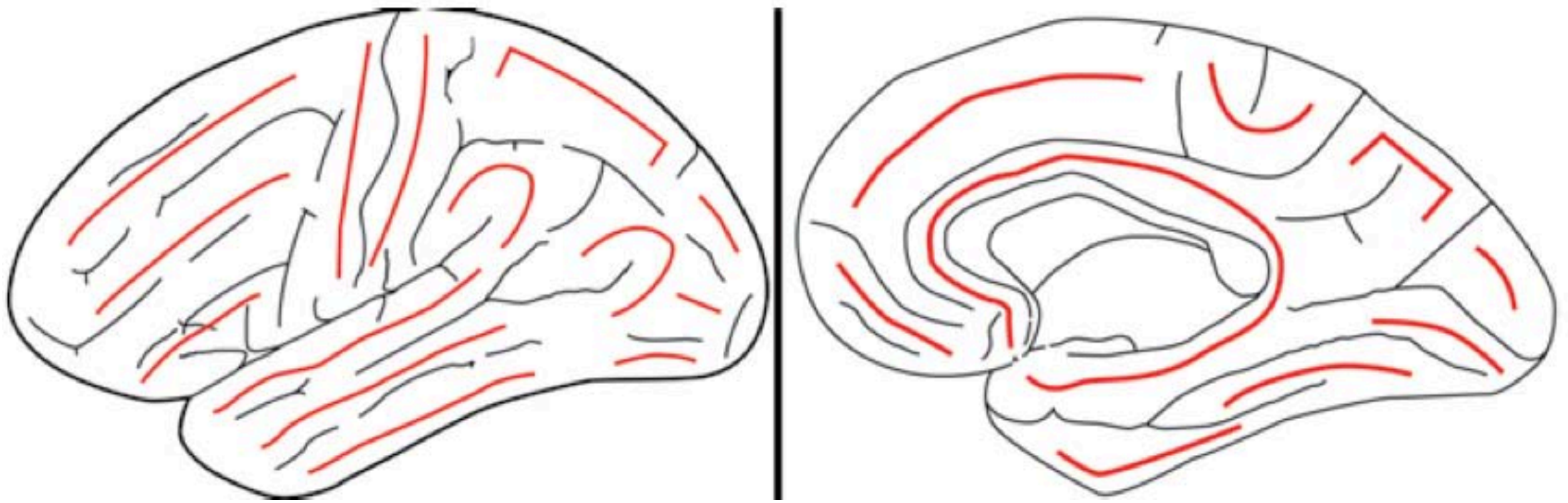


Figure. Fundamental morphological units in the vertebrate brain.
 Puellas L et al. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (2001)

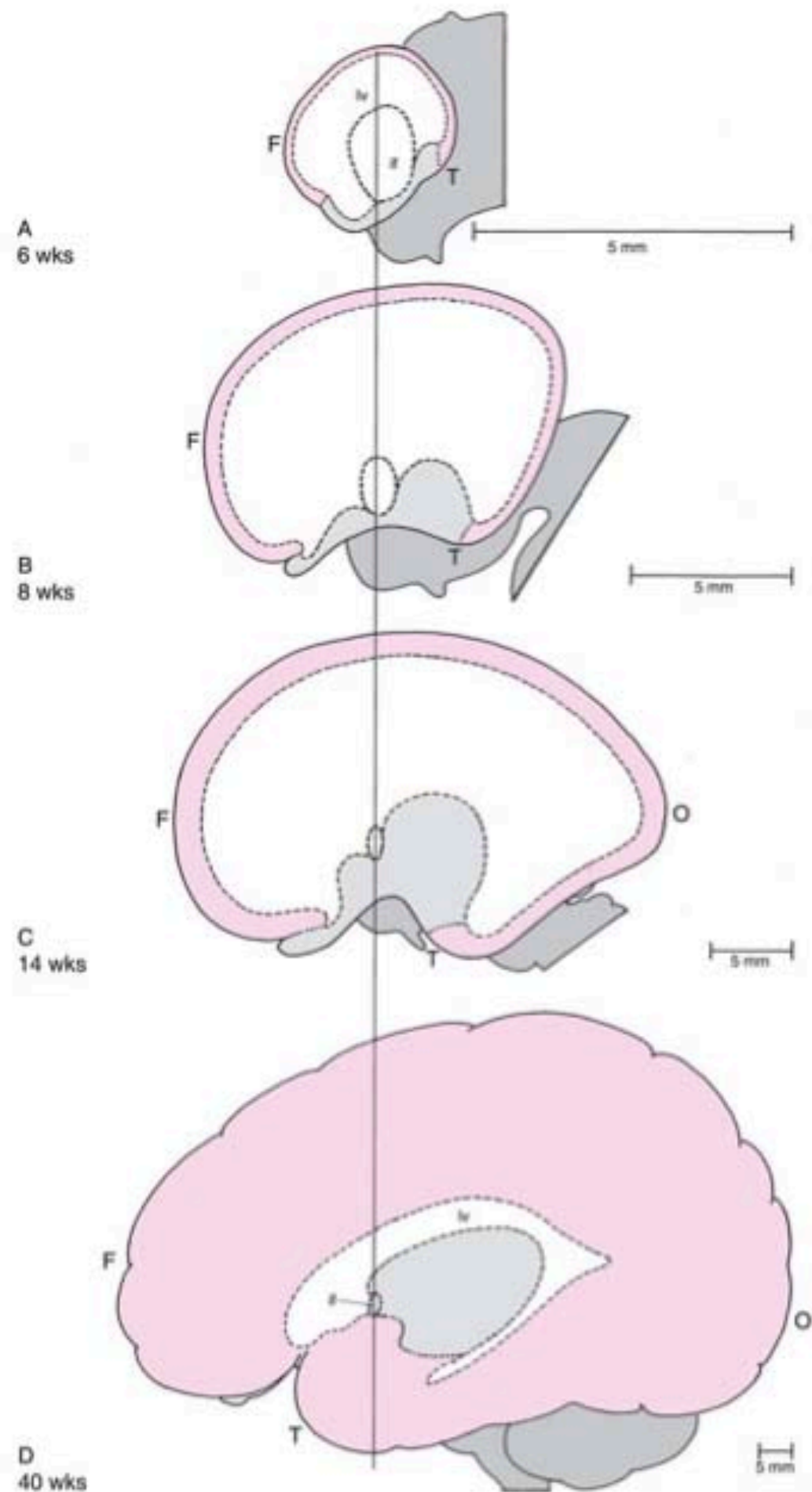


lateral surface

midsagittal

Basic organization of the brain gyri

Red lines indicate the constant arrangement of the brain gyri.



6W

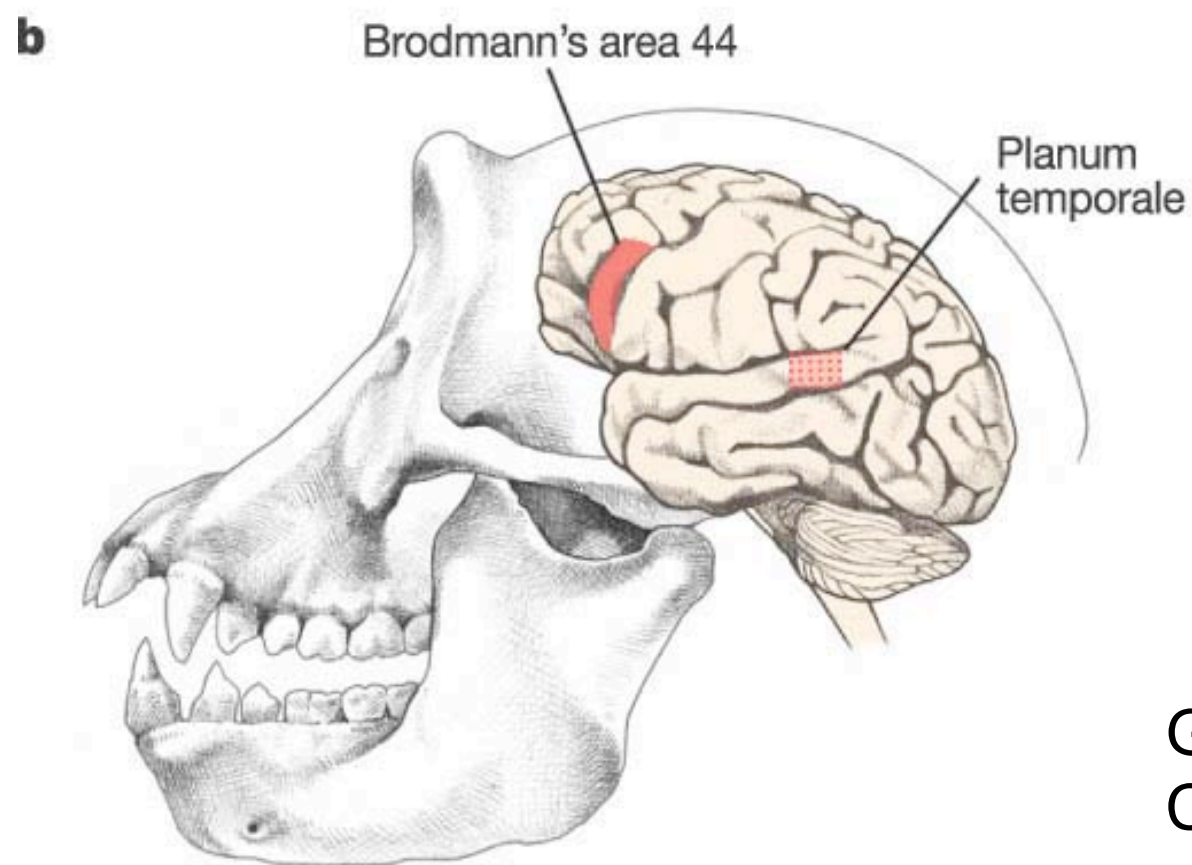
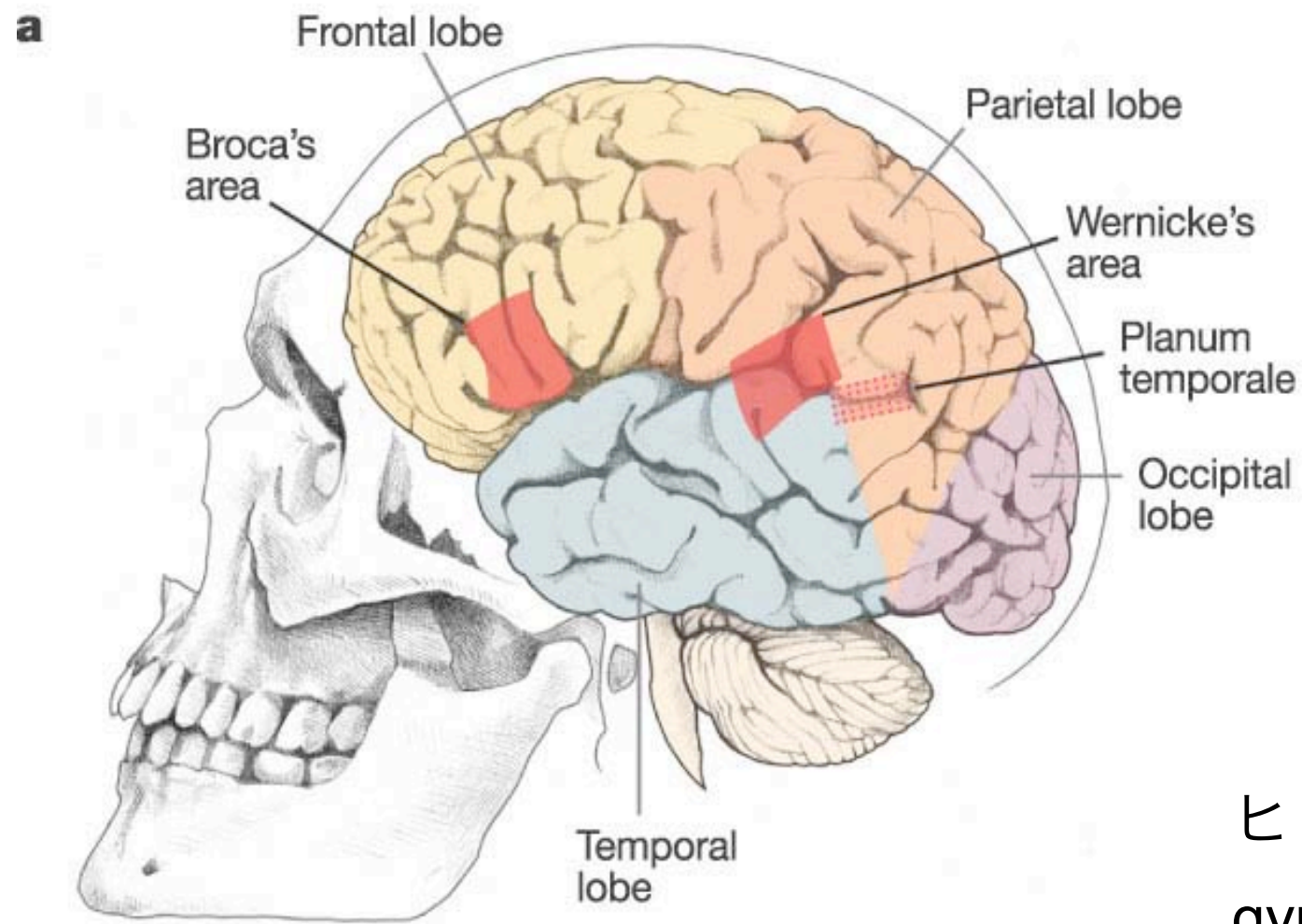
8W

14W

40W

ピンクはヒトneopalliumの発達、縦のラインはforamen monroを基軸にしている。脳回・脳溝構造がはっきりするのは20週以降である。

Fig.14



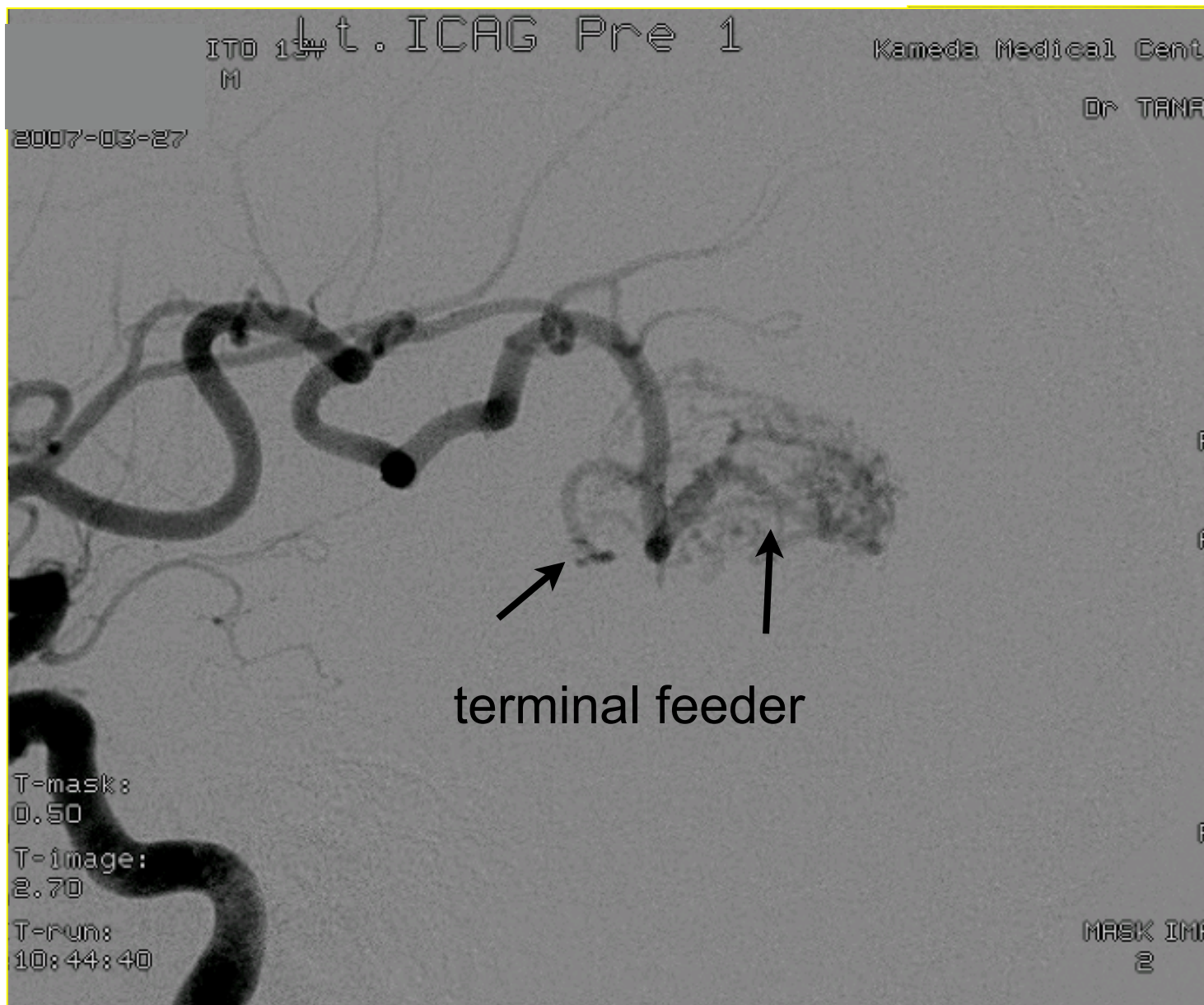
ヒトとチンパンジーの間では、各々の gyrus の容量や unit ごとの脳回の数異なるだけで、大脳新皮質の細胞構築と機能局在は、大きな相違がない。

Genetics and the making of Homo sapiens
Carroll SB. Nature 2003

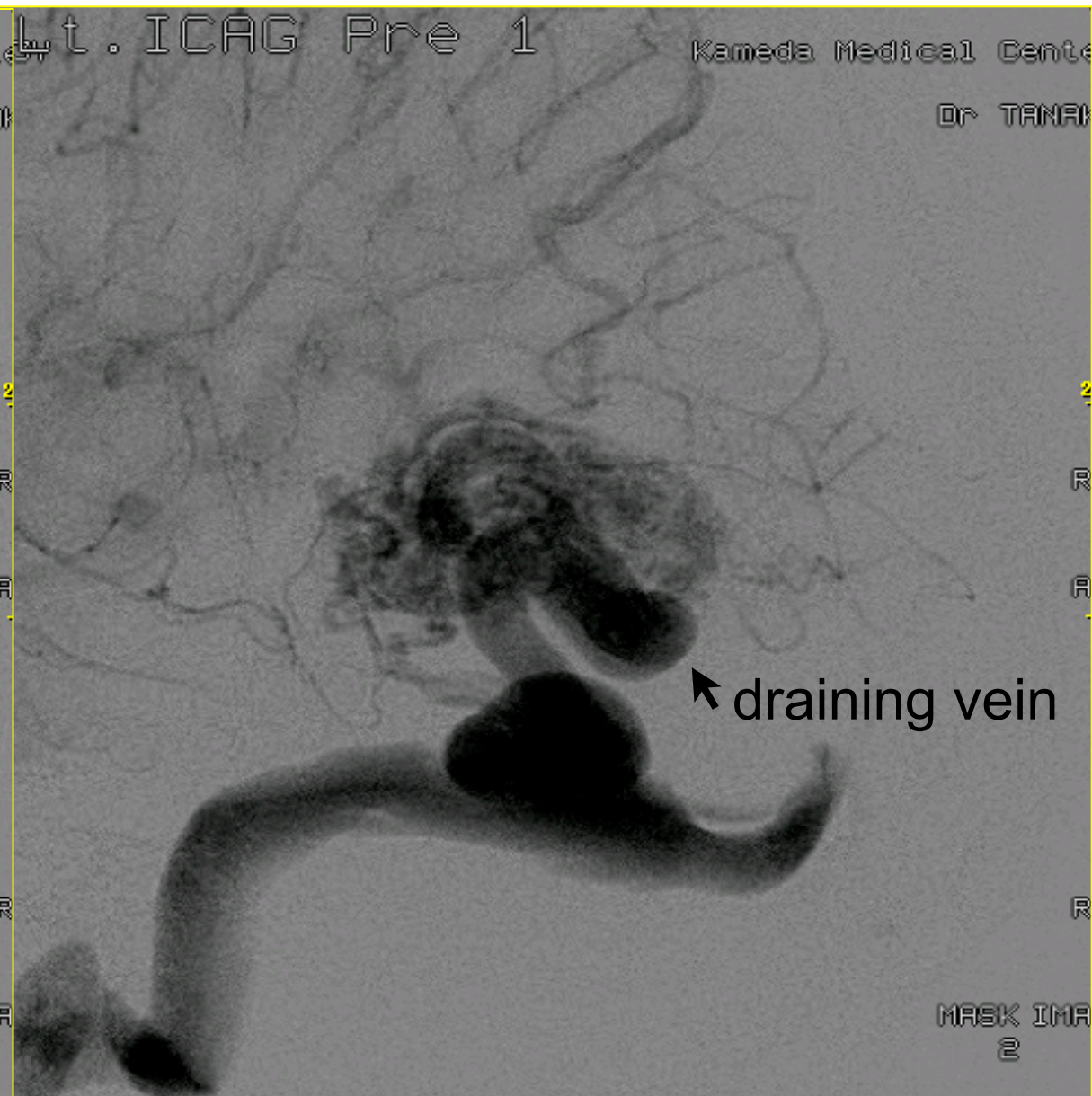


Superior frontal gyrus における superselective angiography cortico-medullary arteryがU-fiberをにより屈曲している様子が分かる。sulcus単位では、arteryはdescending sulcal segment とascending sulcal segment が gyrus単位ごとに認められるが、cortical venous systemでは、隣接する2つのgyrusの ascending sulcal veinが合流し、1本のcortical veinとなる。それゆえ、sulcal typeのAVMでは、terminal feederは常に2本あるが、initial draining veinは1本である。

Fig.16



arterial phase



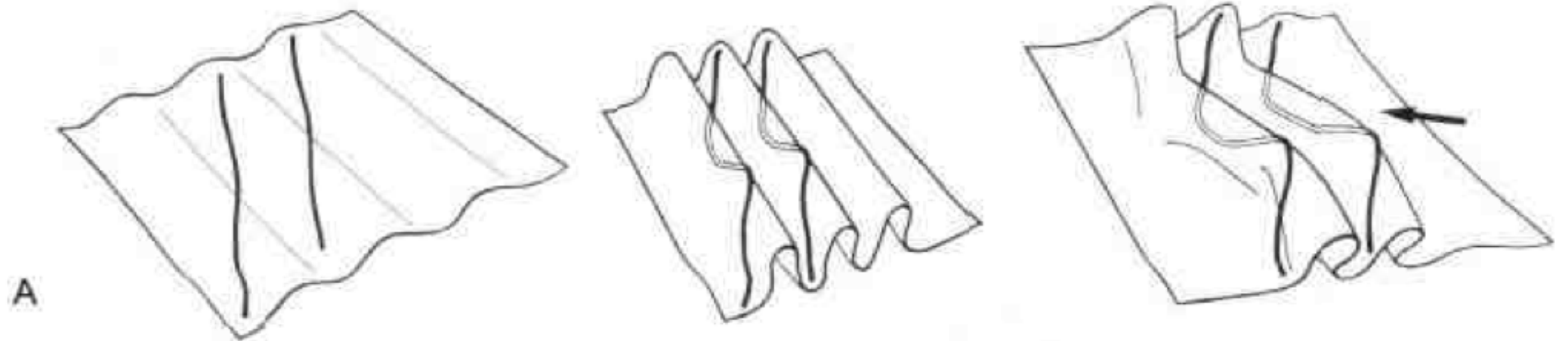
capillary phase

superior temporal sulcal AVM

superior temporal sulcus に局在するAVM

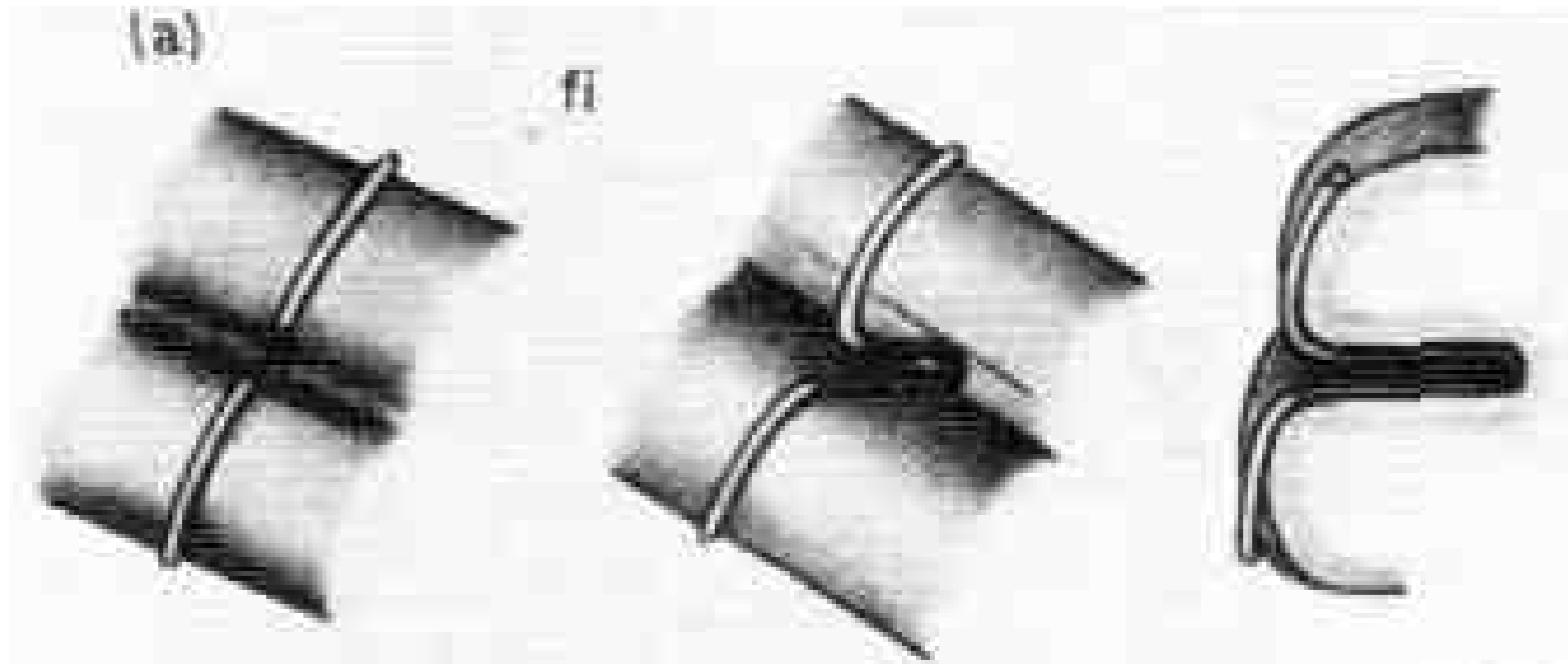
sulcal typeのAVMでは terminal feederは常に2本見られ、
drainerはsulcusに所属する皮質静脈1本である。

塞栓術時、glueのdraining veinへの迷入を防げれば、nidus内の圧の上昇や、隣接する脳回の虚血を起こさずに超選択的にAVMを閉塞できるチャンスがある。



A Diagram of the embryonic formation of the deep vascular pattern in the central region: arteries cross the sulci obliquely, the pressure of neighboring developing areas leads to typical secondary deformations: a retrograde obliquity in depth (postcentral gyrus covers part of the precentral) and the formation of the genu inferior within the originally straight central sulcus, continuing the process of lower frontal infolding.
 Yasarigil MG. Microneurosurgery Vol.IIIA 1987

Vascular patterns relating to the sulcus on neopallium

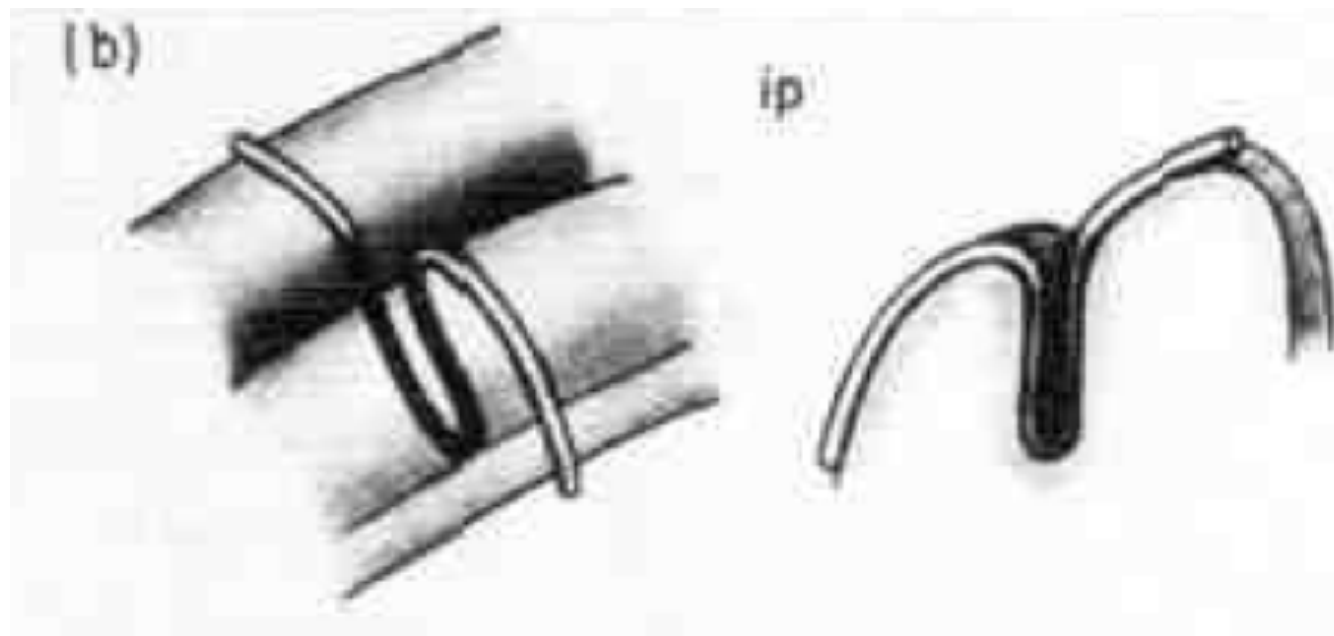


lateral

oblique

AP

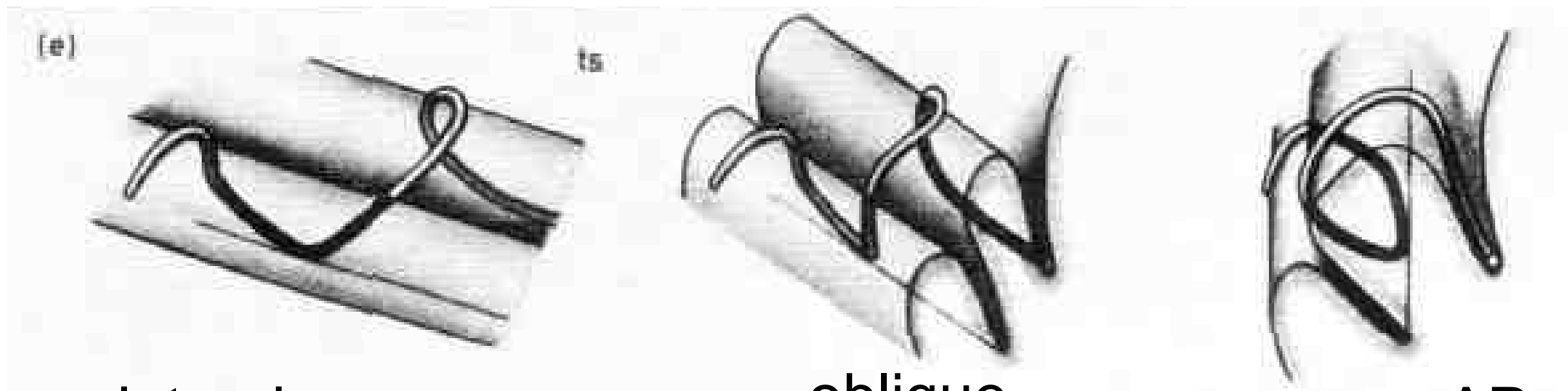
Inferior frontal sulcus



lateral

AP

Posterior intraparietal sulcus

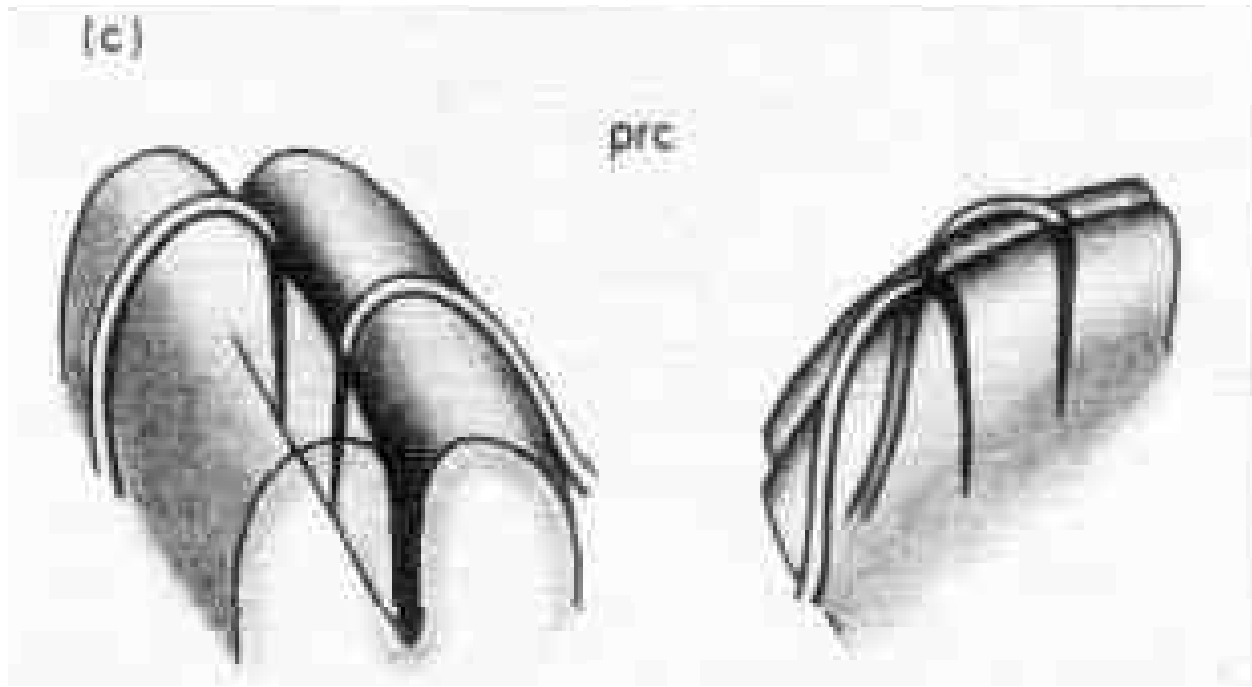


lateral

oblique

AP

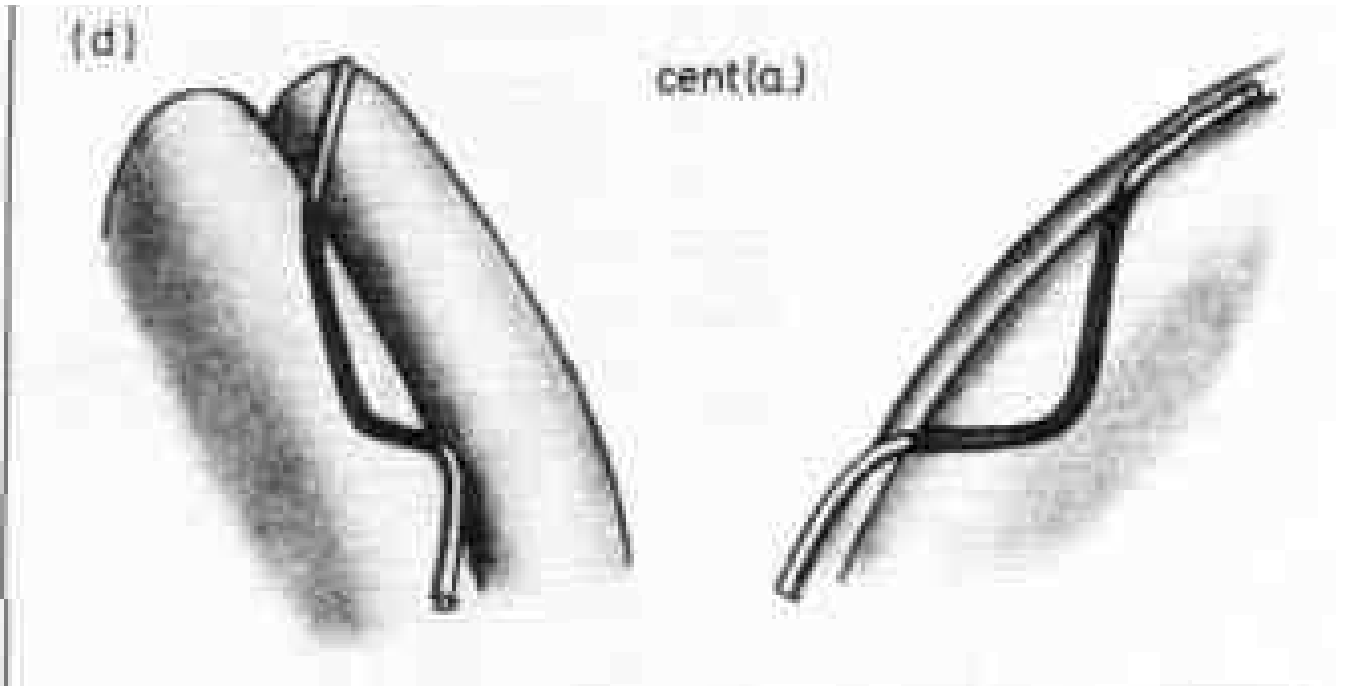
Superior temporal sulcus



lateral

AP

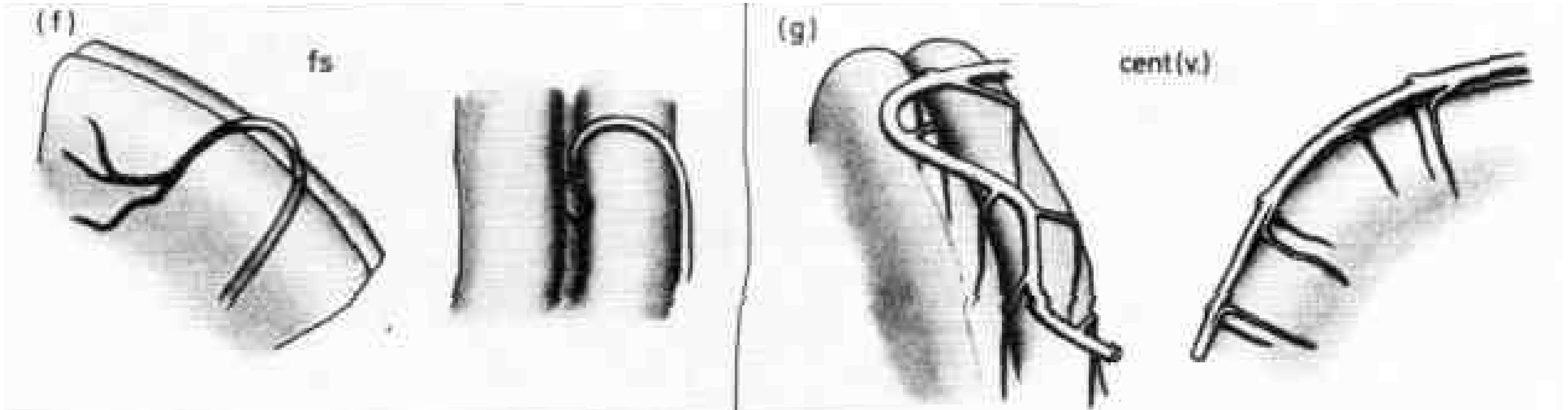
upper precentral sulcus



lateral

AP

Central sulcus (Rolandica)



lateral

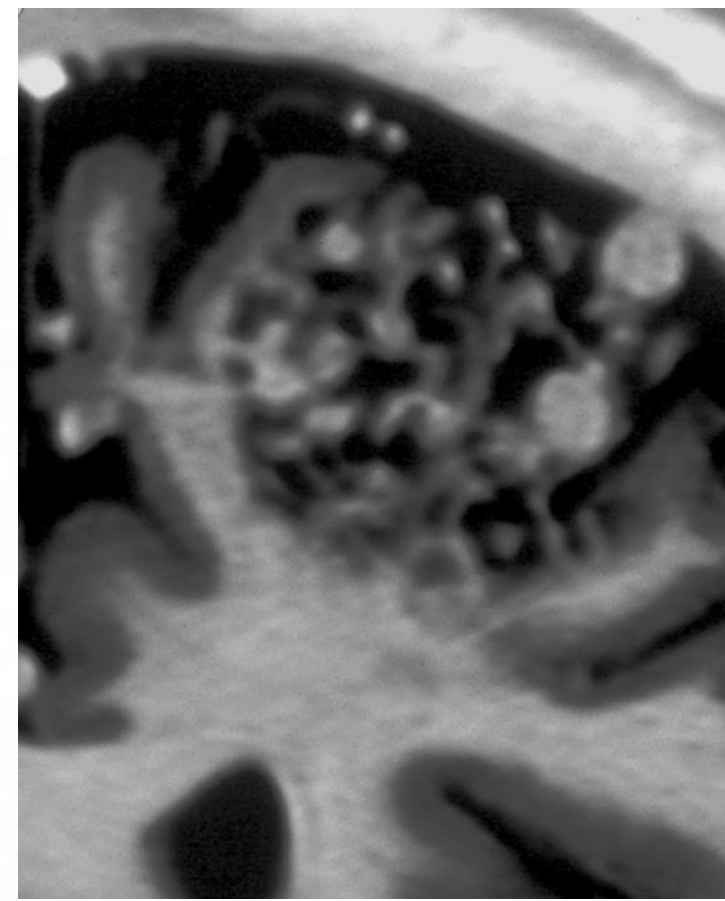
AP

Superior frontal sulcus

lateral

AP

Central sulcus (Rolandic)
venous sysem



Central sulcal AVM (Rolandic AVM)におけるsuperselective angiography
マイクロカテーテルは、ACAよりsuperior frontal sulcus pars posteriorからdescending sulcal segmentを經由し、ループを形成してprecentral sulcus ascending sulcal segmentへと以降し、precentral gyrusを超えて、central sulcus内のterminal feederに至っている。

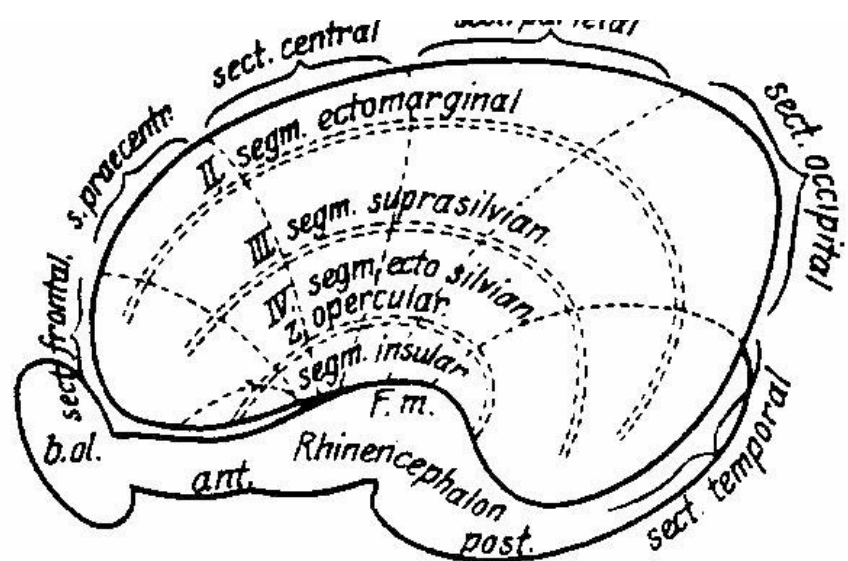
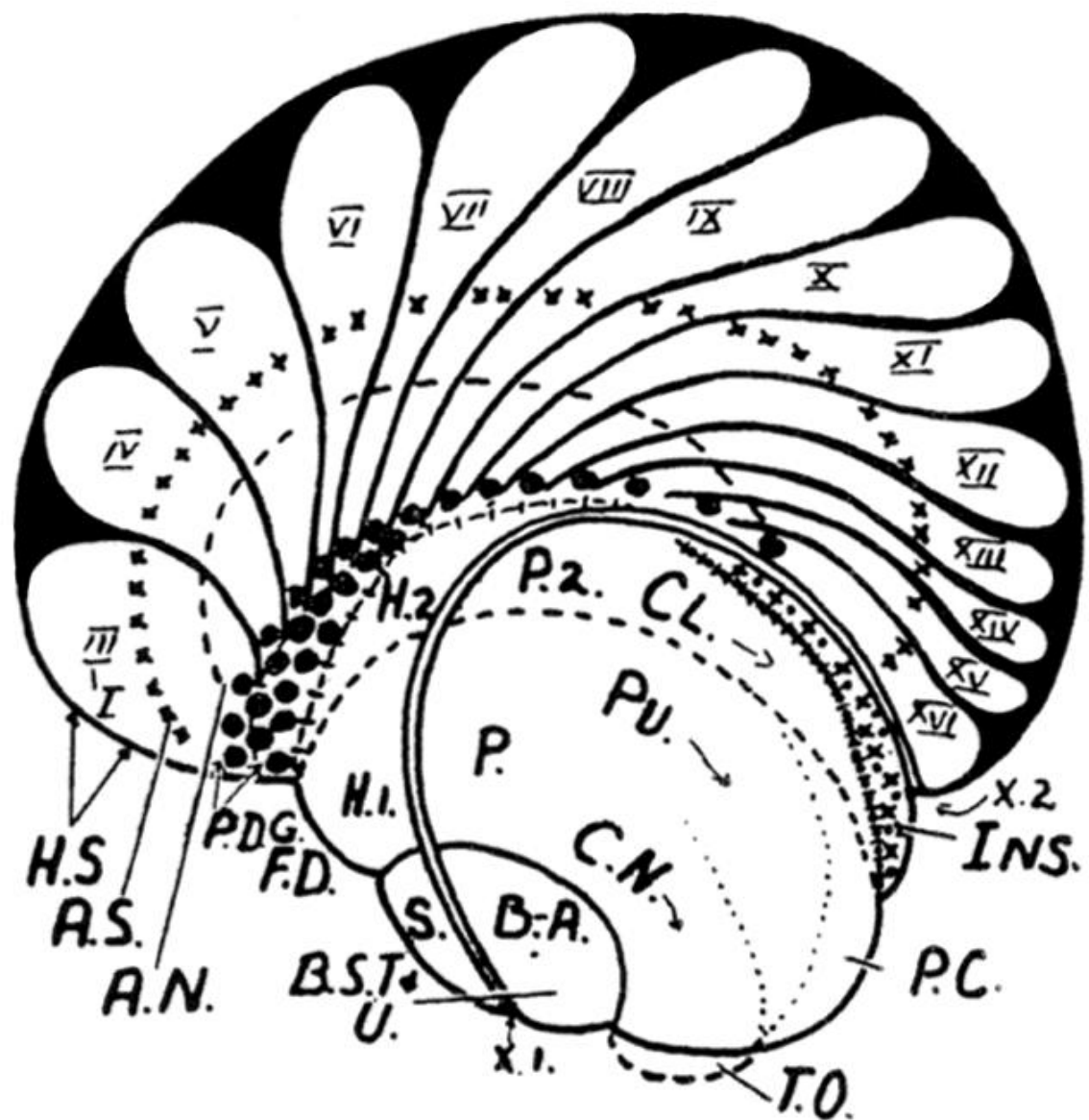
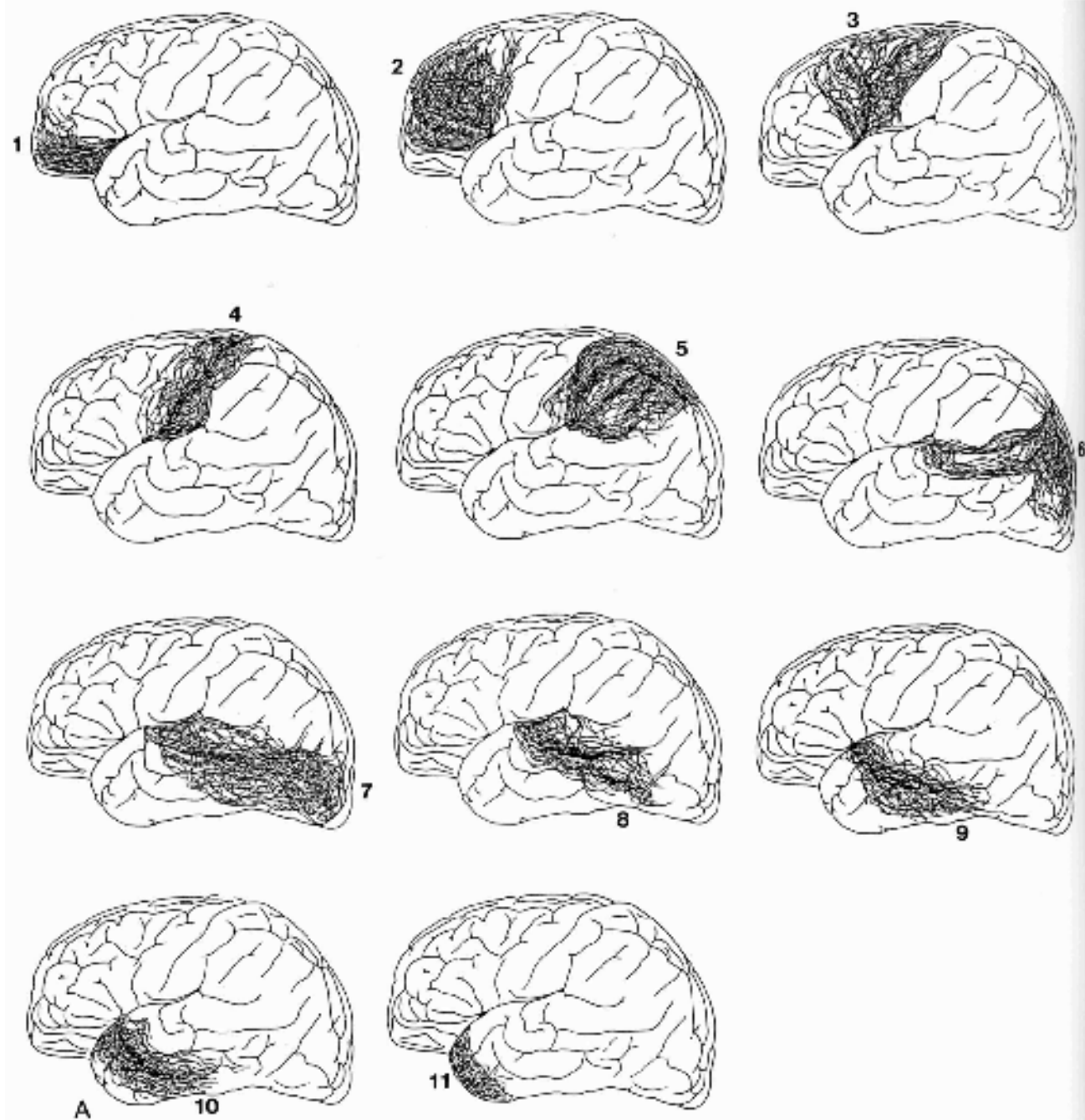
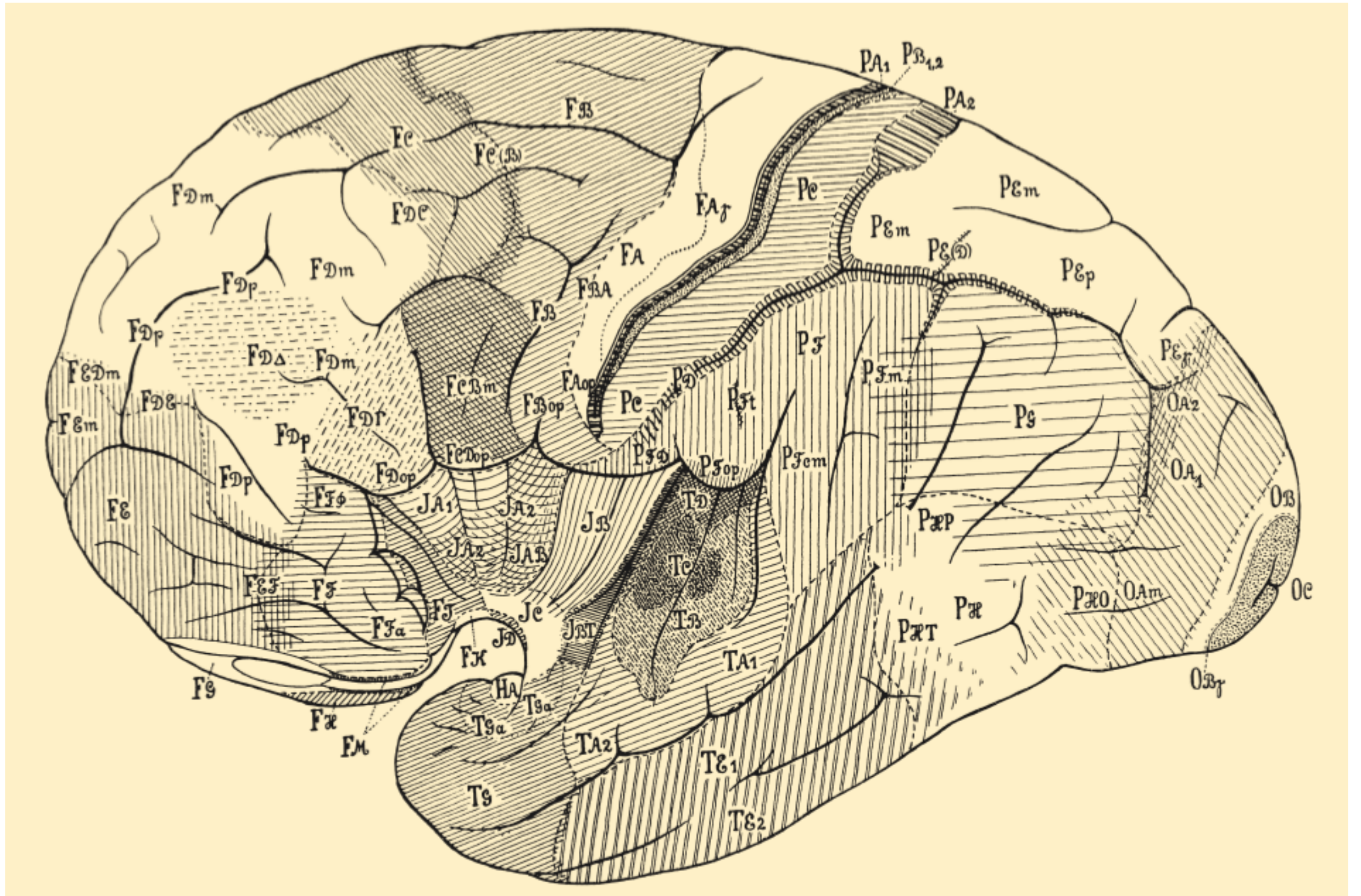


Abb. 17. Lissencephales (windungsloses) Gehirn, an dem nach CHR. JAKOB die fächer-



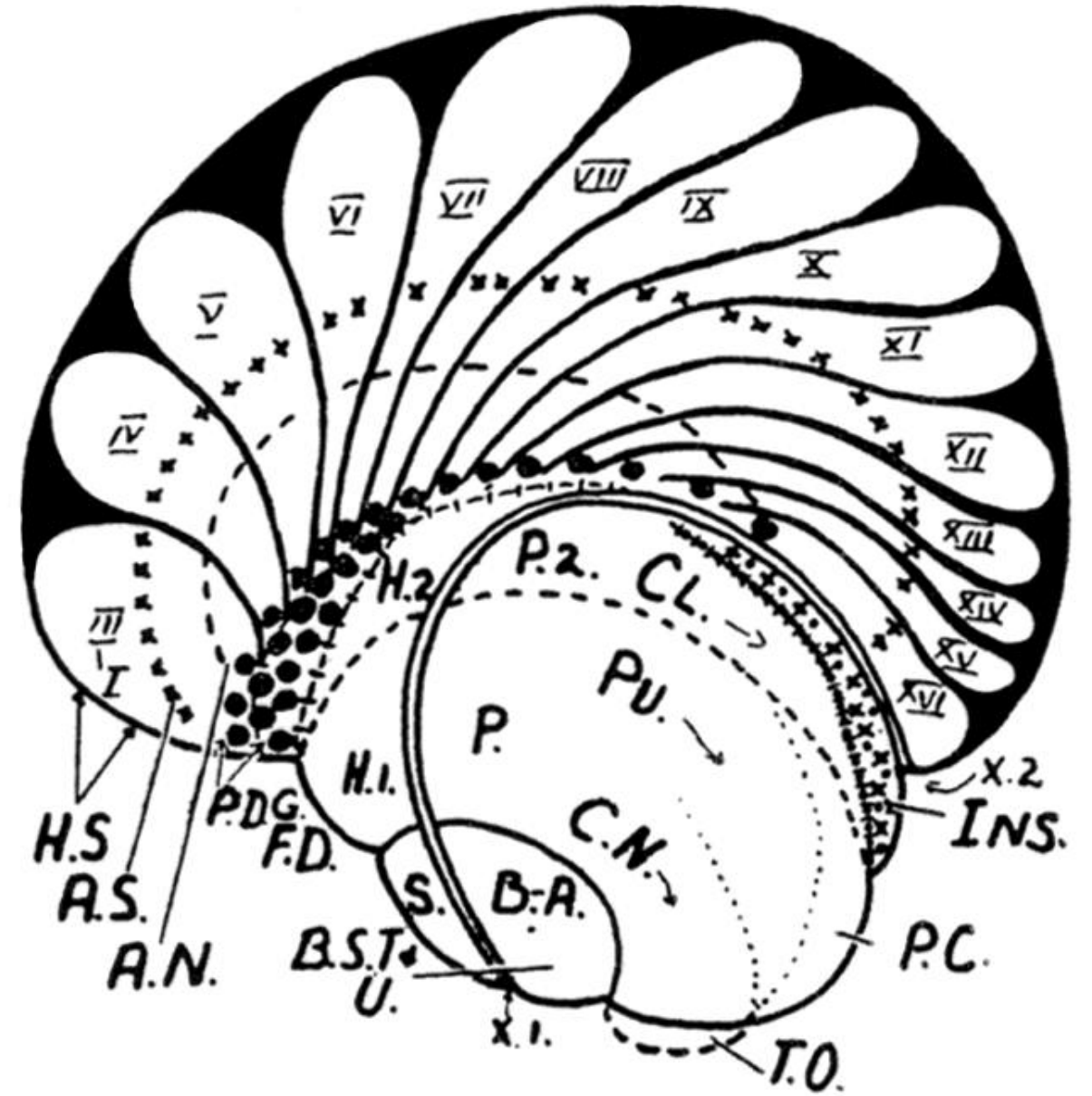
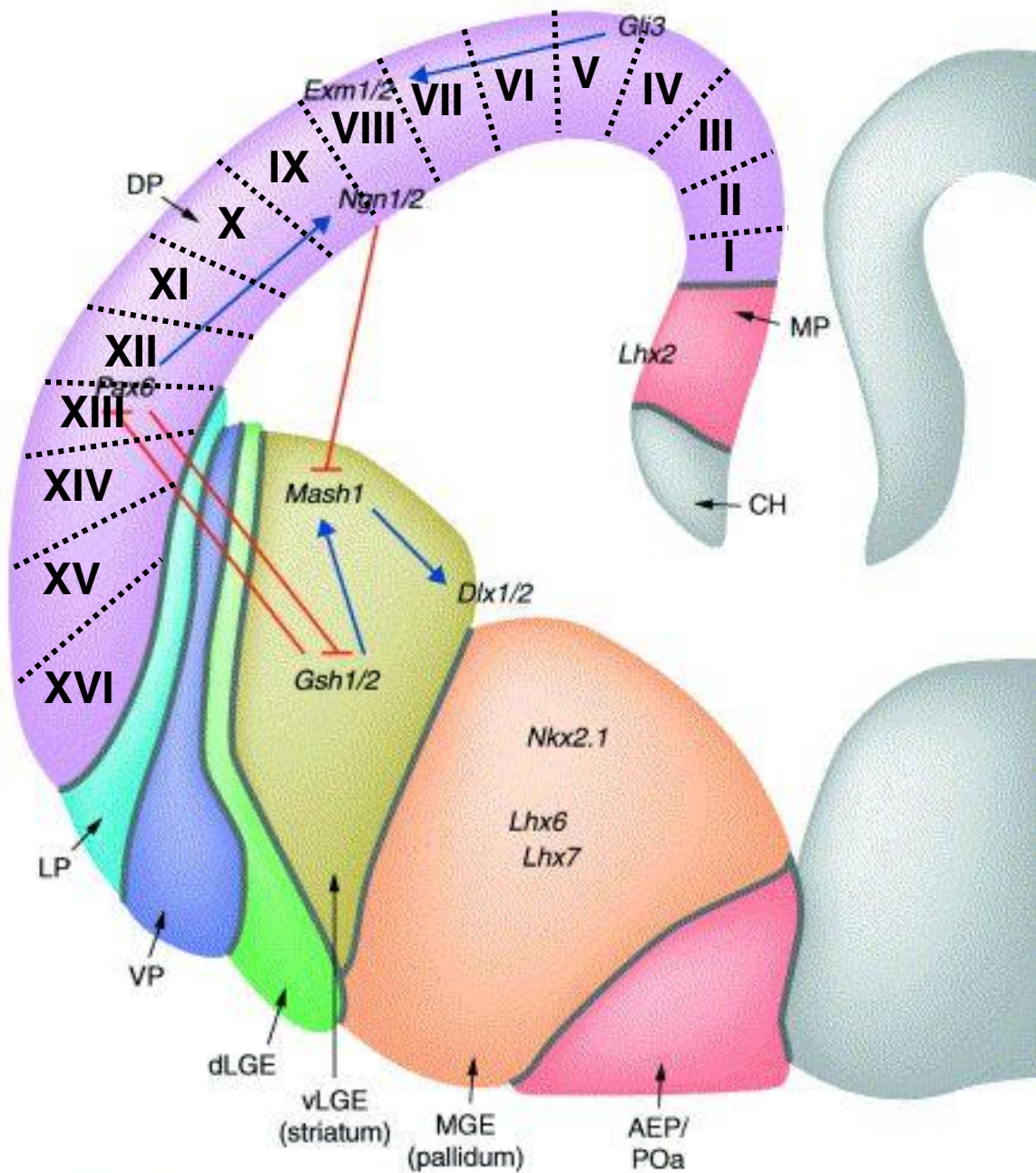
Puelles, Schuurmanらが遺伝子マーカーで証明した histogenetic unitsは、Economoらの古典的細胞構築のmapや、動脈の支配領域に一致する。

Fig.24



1924年に発表されたEconomoらによる脳回分類.

Fig.25

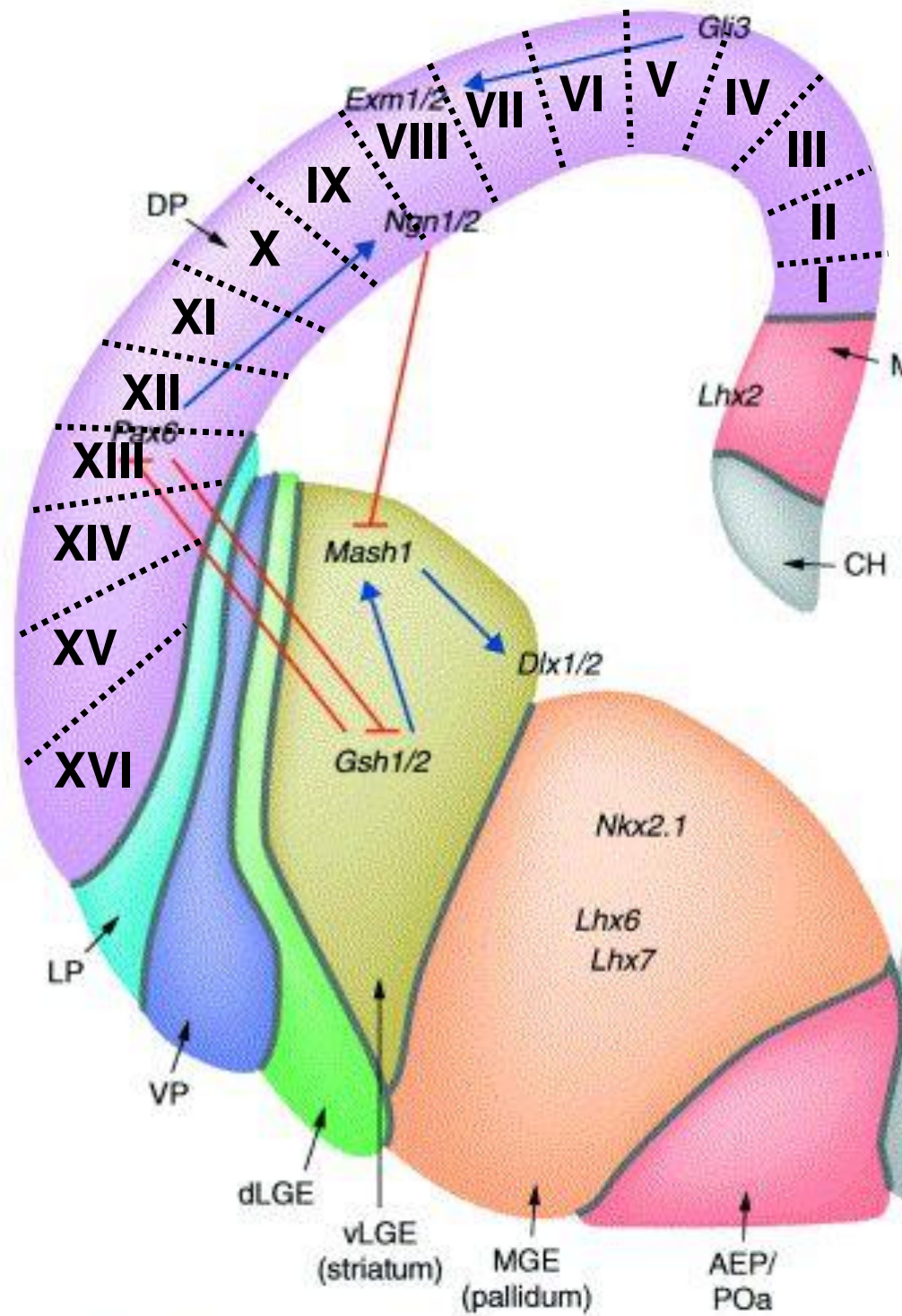


Current Opinion in Neurobiology

Schuurmans C, et al. Molecular mechanisms underlying cell fate specification in the developing telencephalon. *Curr Opin Neurobiol* 12, 2002.

近年、新皮質に成長する細胞群はinsular cortex の原基であるlateral pallium近傍より発生し神経細胞遊走 Neuronal migrationを経て計16のhistogenetic units を構成することがわかってきた。各々の細胞配列を規定する遺伝子も同定されている。つまり脳回・脳溝の数や、配列の様式は、発生の初期段階から遺伝子により規定されている。

Fig.26

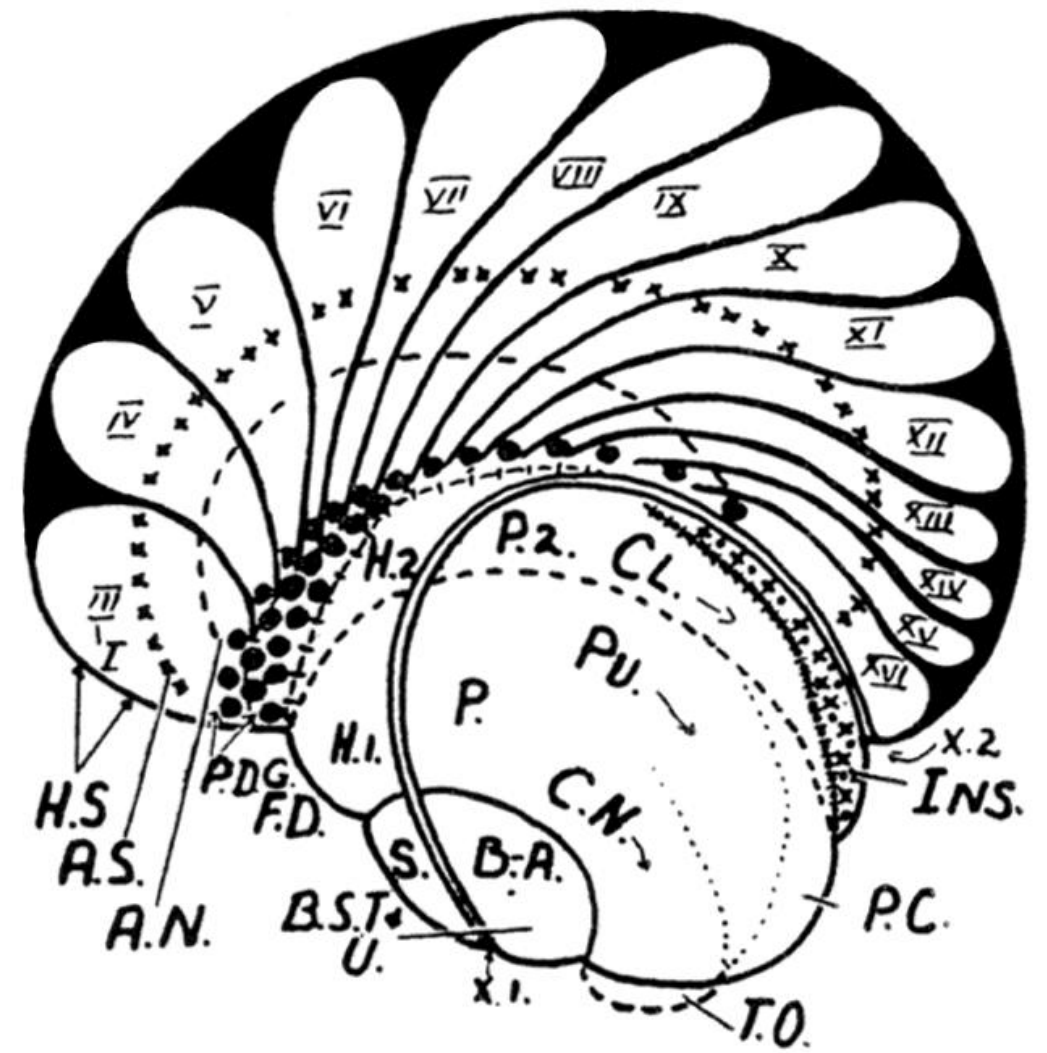
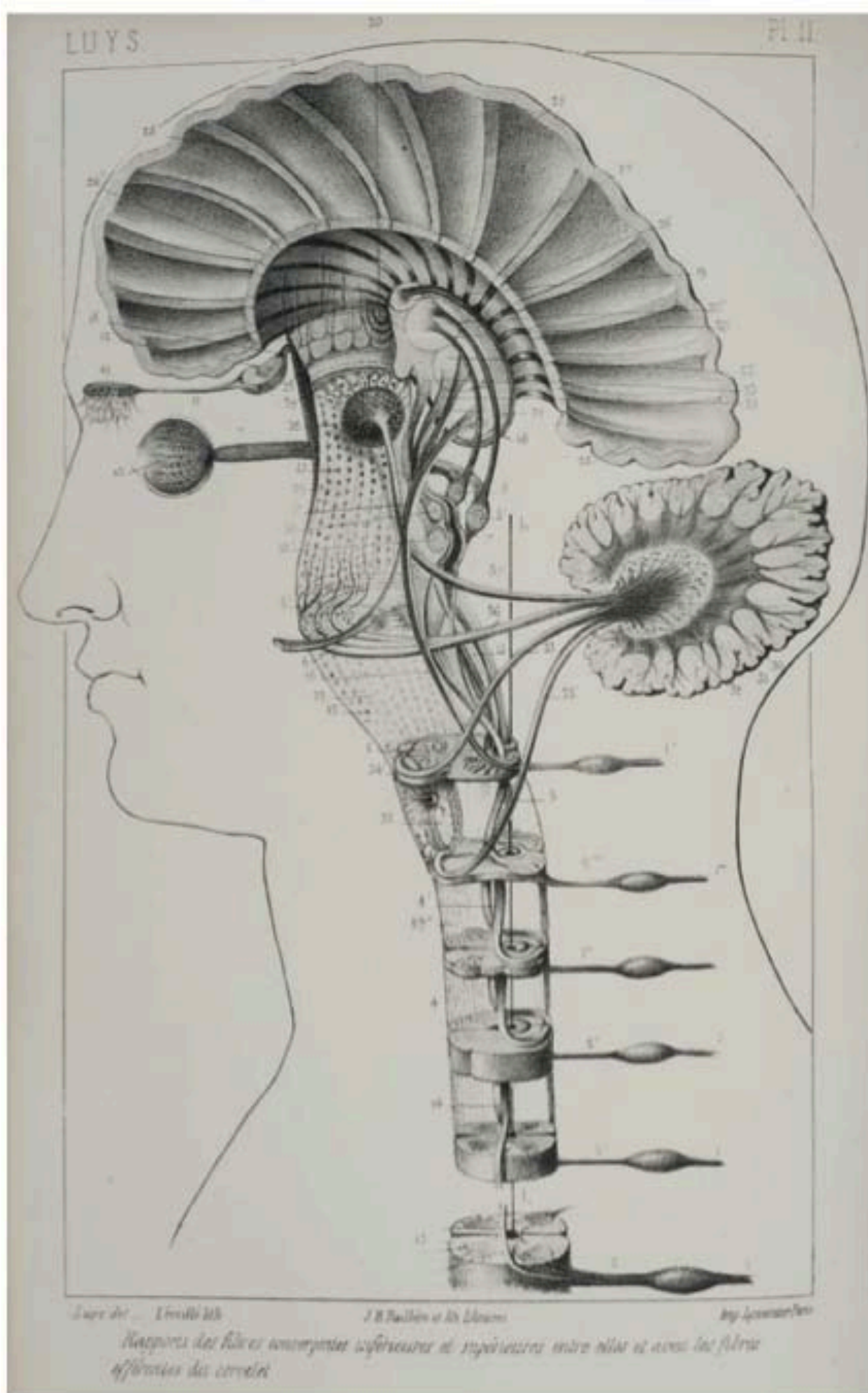


Current Opinion in Neurobiology



Histogenetic Units (HU) とは、発生の段階で遺伝子発現により制御されている新皮質の細胞構築の単位。
 各々のHUの増殖は Gli3, Emx1/2, Ngn1/2, Pax6 などのgene expressionにより GABA, cholinergic neurotransmitterを介して制御されている。

Fig.27



Histogenetic unitsという概念は21世紀に入って gene markerなどの技術により初めて証明されたことであるが、 Jules-Bernard Luys は驚くべきことに、1865年に数百体の脳解剖知見から、特に深部白質と脳回を結ぶfiber architectonics について詳細な観察を行い、ヒトのneopallium は16のユニットより形成されていることを記述した。

Fig.28