

Clinical neuroanatomy of the gyrus and sulcus 脳回と脳溝の臨床解剖

医療法人鉄蕉会 亀田総合病院
脳神経外科 田中 美千裕

【はじめに】

大脳皮質は古い順から原始皮質paleopallium、古皮質 archipallium、新皮質 neopalliumに区分される。新皮質はヒトをヒトたらしめる構造として発達し、我々ホモサピエンスはこの新皮質の発達とともに科学・文明・文化・芸術を発展させてきた。それぞれの皮質の構造の特徴を知るとは脳の理解につながり、我々脳神経外科医にとっては、いくつかの疾患概念を理解する上で有用である。例えば、AVMのnidusはsulcus内やgyrus内に埋没する形で存在することが多いが、個々のnidusの構造や形、そしてterminal feeder やdraining vein の形式は、所属するgyrusやsulcusの系統発生的な区分 (basal ganglia, paleopallium, archipallium, neopallium)の違いにより特徴付けられ、治療におけるリスクマネジメントの観点からもその区分や組織形成の起源を知るとは有用である。

またグリオーマなどの髄内腫瘍の病理学的特徴やその悪性度は、系統発生的な区分 (basal ganglia, paleopallium, archipallium, neopallium)の違いにより異なり、例えばamygdalaやhippocampal gyrusのようなarchipallium (limbic system) で初発したastrocytomaが初期段階でWHO grade IIIやIVになることは無い。一方neopalliumから発生したastrocytomaでは、病期が早くてもglioblastomaで発生することは日常臨床でよく見かける。

今回のcourseではこうした 脳回 (gyrus)と 脳溝(sulcus)についてレビューする。

Keywords: Sulcus, Gyrus, histogenetic units, Pallium,

【歴史】

紀元前のギリシャでは、精神の首座が脳にあるとしたヒポクラテスと、精神の首座は心臓にあるとしたアリストテレスの説があった。ヒポクラテス学派であったヘロフィルス (Herophilus ca. 335-280 BC) はヒトを含めた4足動物の解剖を行い、脳回の数や複雑さと、種の脳機能や知性には関連があると推測していた。またヘロフィルスは神経伝達経路には運動系と感覚系が備わっており、それらに投射する1次ニューロンとしての脳回があるという仮説をすでに持っていたと言われる。

万能の天才レオナルド・ダ・ヴィンチはルネサンス期の新技術であった遠近法と写実的画法を駆使し、人体の詳細な解剖図譜を描いていたが、死体解剖を保存するホルマリンなどの固定技術がなかったため、死後直ぐに融解してしまう大脳新皮質の脳回・脳溝に関する正確な記述はできなかった。それでも近代解剖学の父アンドレア・ヴェサリウス(Andrea Vesalius)はダ・ヴィンチよりは正確に脳室や脈管を描いていたが、同じく遺体の保存技術が確立されていなかったため、脳回の部位による違いなどは描写されていない。

脳底部動脈輪の記載で有名な トーマス・ウィリス(Thomas Willis ,1621-1675) はneurology, hemisphere, lobe, corpus striatum, peduncle, pyramidなど今日広く使われている中枢神経解剖にとって不可欠な数々の用語を導入、世に広めたが、いまだ脳回・脳溝に関しては葉間で形状や形態が異なる点についての詳細な解析には至っていなかった。

大脳新皮質に関連する頭蓋骨の部位から分類したのは、ルイ・ピエール・グラチオレ (Louis Pierre Gratiolet 1815-1865) であった。彼はフランスの解剖学者、動物学者、1815年にフランス南西部ジロンド県の小村サント＝フォア＝ラ＝グランドで生まれた。イジドール・ジョフロワ・サンティレール (Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, 1805-1861年) の後に、パリ大学理学部の動物学の教授を務めたという。グラチ

オレは神経解剖学、人相学、形質人類学といった領域での研究で知られている。中でも霊長類の脳の比較解剖の研究が有名である。グラチオレはヒトとほかの様々な霊長類の脳の間差と類似性を精力的に研究し、そこで得た知見をもとに、歴史上初めて大脳を5つの脳葉（前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉、島葉）に分けて記述した。

またグラチオレは、大脳の中にある視覚情報を運ぶ長さ十センチの白質繊維の集まりである視放線について初めて記述したことで知られる。ここから視放線はグラチオレ放線（Gratiolet's radiation）とも呼ばれる。

Paul Broca (ポール・ブローカ, 1824-1880)と共に、前頭葉と失語症の関係についての研究も行った。しかしグラチオレはブローカが主張していた「体積の大きい脳が高い知性を持つ」という考えに対しては批判的であった。ちなみにブローカとグラチオレは共にサント・フォア・ラ・グランド生まれの同郷である。

【発生】

大脳半球は発生の初期の前脳 胞の前端部が終脳となり、外方に向かって強大に発達してできる。大脳半球は多くの溝を有する巨大な外套(pallium)と、その深部にある大脳基底核からなる。外套の外側部には神経細胞体が密集する大脳皮質(neopallium)があり、内側部には線維が密集している髄質からなり、髄質(深部白質)には葉間や脳回間を連絡する線維構造 deep fiber architecture や錐体路や錐体外路などが存在する。

神経系の発達を系統発生的にみると、細胞の突起が互いに連絡する神経網（腔腸動物）、次いで細胞が集まって神経節（環形、軟体、節足動物）を作り、分節化し体軸が定まるとハシゴ状に左右の神経節が連なり、中枢化がすすみ脳神経節が発達する。最後に、脊索動物、脊椎動物の段階で背中の中を走る神経管が現れる。(Fig.1,2,3)

胎生3週には受精卵が細胞分裂し、増殖・成長し、内、中、外の3胚葉が形成される (Fig.1)。この段階においても、胚は機能獲得のために基板より細胞増殖し、機能分化のための陥入が起こり、ついにはfoldすることで原腸や中枢神経管などの管腔器官を形成する。

3胚葉の形成後、外胚葉の表皮が陥入し、胎生4週のはじめに神経板の左右の外側縁が癒着し、神経管が形成される。(Fig.1) 神経板の外縁部は神経冠（神経堤）となる。神経冠の細胞の一つは体表外胚葉の直下を、他は胚体内を移動する。こうして最終的に神経管系統からは中枢神経系が、また神経冠系統からは最終到着部位に応じて脊髄神経節、自律神経節後ニューロン、シュワン細胞Schwann cell、色素細胞が分化してくる。

さらに外胚葉からは、嗅上皮、レンズ、内耳の原基を作る部分が肥厚してプラコードと呼ばれる組織が生じる。(Fig.8)

神経管の腹側には、脊索が脊髄管全長と脳管の後半にわたって位置する。脊索が位置しない脳管の前半から終脳と間脳が分化し、脊索が位置する脳管の後半から中脳と菱脳が分化する。管腔構造した脳と神経は三つの膨らみをもち、胎生4-6週にはすでに前方から前脳胞、中脳胞、菱脳胞を形成する。これらの"膨隆"ないし"肥厚"は脳室層（神経上皮層）における細胞の増殖・分化および次いで形成される外套層内の細胞移動により発生する。外套層が腹方へ膨らんだ部位を基盤、背方へ膨らんだ部位を翼板という（両生類以上に認められる）。

前脳胞の前端部の左右から終脳胞が膨れて形成される。残りの部分が間脳胞でその左右から眼胞が突出して網膜が分化する。また、菱脳胞の背側前端部から小脳が分化する。この小脳と橋になる部分を後脳胞、この後方に続いて延髄になる部分を髄脳胞と呼ぶ。この形成過程でヒトの神経管は、脳の部分で二つの大きな屈曲を示す。それらは、脊索の前端から前へ前脳胞が中脳域に続く部位（頭屈）と両側に耳胞、背側に小

脳原基が生ずる後脳と髄脳の境界域（橋屈）である。ほかに、菱脳と脊髄との境に屈曲（頸屈）がみられる。(Fig.4)

終脳は前脳胞の前端部の背外側壁が外方、次いで背外方に袋状に膨出することによって発生を始める。特に嗅脳の前基は早期より膨大し、胎生2か月の中ごろから半球胞の腹側壁（脳室面神経上皮）においてさかんな細胞増殖が起こる。ここで発生した幼若線条体ニューロンは、まず脳室下層を形成し、そこからさらに深部へ放射状に移動する。(Fig.8,11)

この部分は側脳室に向かって丘状に隆起する。これを神経節隆起（基底核隆起、大脳核丘ともいう。のちに線条体となる）という。神経節隆起はその後急速に大きくなり、半球胞の腹側ないし腹外側壁のほぼ全体を形成する。大脳核原基外側端部の神経上皮からは背外側方へ接線方向に移動して新皮質の介在ニューロンに分化するものが発生する。またその内側端部からは扁桃核や旧皮質に移動し分化するニューロンが発生する。(Fig.6)

新皮質を形成する半球の胞は発生の際につれて増大していくが、この際、外套（神経節隆起以外の部分で、大脳の皮質と髄質を作る）および側脳室の拡大が神経節隆起の増大よりもずっと速いので、やがて外套および側脳室が、神経節隆起を前上方と後下方から包むようになる。その結果、前頭葉、頭頂葉、後頭葉および側頭葉が形成される。半球外側面の腹側中央部に外側窩（その底部を島という）と呼ぶ凹みが生じ、それが陥没して外側溝となる。

大脳皮質は前脳胞の吻側部に由来する終脳より発達し形成されるが、構造的にも機能的にも、独立して存在しない。例えば、嗅球と直接あるいは間接的に線維結合する領域もあり、このような系統発生学的に古い領域を嗅脳 (rhinencephalon)と呼ぶ。より下等な脊椎動物では、この領域がかなりの部分を占めるのに対し、哺乳類ではその他の皮質領域が著しく発達する。ここで出現する大脳半球は「新皮質neocortex or neopallium」と呼ばれる。そして新皮質は高等哺乳類やヒトでは大きさを増し、その表面積は体積に比べて増大する。(Fig.9)

また、外套の発育の過程でもっとも早く出現する脳溝は鳥距溝 (calcarine sulcus)・頭頂後頭溝(Parieto-occipital sulcus)・帯状溝 (cingulate sulcus) などであり、中心溝がこれに続く。胎生7か月にはいると、さらに中心前溝(pre CS)・中心後溝(post CS)などの多くの溝が出現し、溝と溝の間の部分は大脳回となる。胎生7か月末になると大脳半球外表面の基本形が完成する。(Fig.14)

side memo: 大脳皮質の表面積はおよそ新聞紙一面の広さ(2,200 cm²)に相当する。前頭葉は41%、側頭葉21%、頭頂葉21%、後頭葉は17%の面積を占める。体性運動をつかさどる中心前回(Pre-CM)は全表面積の2%、視覚領野はその2.2%を占める。前頭葉の占める割合は、チンパンジーで17%、サルで11%、イヌで6.9%、ノウサギで3.4%である。

また皮質の厚さの平均値は外側面で3.3~3.5 mm、底面で3.0~3.2 mm、内側面で2.7~2.8 mmである。大脳皮質の重さは581g、白質464gである。皮質の最も厚い場所は中心前回で3.9~4.5 mm、最も薄い場所は中心後回で1.80~2.29 mmあるいは視覚野で1.40~2.50 mmである。そして、注意しなければならないのは同じ場所であっても外表面からみえる皮質である峰と溝の壁にあたる腹溝の底である谷で皮質の厚さが異なっていることである。谷は峰の1/2になり、腹は両者の中間値を示す。I層とII層は谷で厚くなり、V層とVI層は薄くなる。

【神経細胞移動と軸索伸長のダイナミクス】

成熟した大脳皮質は、異なる形態と機能をもつ神経細胞が6層からなる層構造をとるが、それらの細胞ははじめからその場所で生まれるのではなく、側脳室に面した脳室帯 (Ventricular zone) と呼ばれる増殖層において神経前駆細胞から最終分裂の結果生成された神経細胞が、自身の細胞体長の何百倍もの距離を遊走

(migration)して、遺伝的プログラムによって定められた大脳皮質内の位置に到達し、厳密に制御された6層構造を構築する。

神経細胞遊走 Neuronal migration とは
ヒトの大脳皮質形成過程は大まかに次のステージからなる。

1. 神経胚形成 (Primary neurulation) 胎生3-4週
2. 終脳発達 (Telencephalic development) 胎生2-3ヶ月
3. 神経細胞増殖 (Neuronal proliferation) 胎生2-4ヶ月
4. 神経細胞遊走 (Neuronal migration) 胎生2-5ヶ月
5. 組織化 (Organization) 胎生5ヶ月～生後
6. 髄鞘化 (Myelination) 周生期～生後

【終脳の発達と外部からの入力】

外界と通信機能を持たないコンピュータ(例えばインターネットに接続されていないコンピュータ)が無用の長物であるのと同様、外界からの入力がない脳は、外界へ出力もできないし、そもそも大脳新皮質の発達も伴わない。つまり大脳新皮質の発達において、体性感覚の入力と視床からの投射はもちろん重要な情報処理系の1つであり、系統発生学上も脊椎動物のtelencephalonの発達に最も大きな入力系として特に陸棲4足動物にとって重要な入力嗅覚と視覚であり、この入力に対応すべく、olfactory bulbと optic cap が発生初期のtelencephalon 発達の中心となっている。

大脳は、自己と他者、右脳と左脳、現実の3次元空間と脳内で認知・構成される空間、の2者の間の中で発達する。またホムンクルスに代表される体性感覚も左右大脳新皮質に投射される。

side memo: 魚の大脳半球を切り取っても普通に泳いでいるのは、魚の運動発現の仕組みが主に中脳以下にあるためである。胴体や尾を使う運動から四肢を使う運動へ進化し、さらに、手や足の指を自由に使うようになる、運動発現の仕組みは上位脳に移り、人間では大脳半球新皮質がprimary motor cortexとして一番重要な役割をはたす。

【比較解剖学】

一見無秩序に並んでいるかに見える脳回・脳溝も、すべてに名称があり、機能局在もわかってきて、しかもこの大脳半球の葉・脳回・脳溝の基本配列は哺乳類においては種を越えて保存されている。つまり霊長類の脳回・脳溝はヒトもチンパンジーも各々のgyrusの容量や形状に差はあっても基本構造は同じで、中心構より腹側側には運動においても言語においても出力系の機能に関与する脳回が存在し、一方中心構より背側側の葉においては、体性感覚や視覚・聴覚など入力系の機能に関与する脳回が存在する。(Fig.15)

またラットから霊長類に至るまで、哺乳動物の脳回の基本構造には相同性があり、たとえば大脳の側面像で、中心構の線を引くと、島皮質の中心構とほぼ一致し、その最も尾側には limen insulae (島限)がpivotのように位置している。

これはneopallium (新皮質)がinsulae を発生母地としていること表している。

【臨床現場での応用】

日常臨床のカンファランスなどの場においては、たとえば “径2cmのring enhanceされる massが左前頭葉にあります” などのプレゼンテーションをよく聞く。しかし、この情報では機能解剖的にも、また外科的切除術を行う上でも全くナンセンスの情報ということになる。なぜなら“径2cmのring enhanceされる massが左前頭葉にある”という情報は“大阪は東アジアにあります”という情報量にほぼ等しいのである。それではどう表現すればいいのか。答えは簡単である。frontal lobeのより小さな単位であるgy-

rusの名前を属性として付記すれば良いのである。つまり”径2cmのring enhanceされるmassが左 inferior frontal gyrus pars opercularisにあります”と答えれば機能解剖的にも、また外科的切除術を行う上でも必要にして十分なのである。ここまで表現してはじめて”大阪はアジアの日本列島の本州の関西地域にあります”という必要にして十分な、そしてtopographicalにも有用な情報となりうるのである。術前にMRIや脳血管撮影で、腫瘍や病変の局在が、一つ一つのgyrusごとに、同定しかつ、アプローチルートを決定すれば、（例えば径2cmを超える髄内腫瘍の発生母地が、inferior frontal gyrus pars opercularisであると同定できれば）functional MRIも術中のナビゲーションシステムも不要となる。

そこで重要なのが、すべてのgyrus, sulcusには名称がついていて、今日のMRIではその全てが神経放射線学的に正確に同定できる時代なので、なんとなく前頭葉や側頭葉と漫然と表現するのは極力やめて、AVMなら”前頭葉にnidusがある”という代わりに、”superior frontal sulcus pars posteriorに存在するsulcal typeのAVM”と表現すべきであるし、脳梗塞の領域も頭頂葉の脳梗塞と言わずに、”inferior parietal lobe supramarginalisに梗塞巣がある”と言うべきであろう。

また、AVM塞栓術時、マイクロカテーテルの走行を観察することで、正確にカテ先がどの脳回と脳溝の皮質動脈を経由してnidusに到達したかを知ることができる。(Fig.16-23)

以下に回と溝についての名称を並べるので、これらを同定しながらMRIを読影することが推奨される。

SFS: superior frontal sulcus 上前頭溝
IFS: inferior frontal sulcus 下前頭溝
SyF: sylvian fissure シルビウス裂
SFG: superior frontal gyrus 上前頭回
MFG: middle frontal gyrus 中前頭回
IFG: inferior frontal gyrus 下前頭回
AAR: anterior ascending ramus 前上行枝
pOp: pars opercularis of IFG 弁蓋部
AHR: anterior horizontal ramus 前水平枝
pOr: pars orbitalis of IFG 眼窩部
PHR: posterior horizontal ramus 後水平枝
pTr: pars triangularis of IFG 三角部
STS: superior temporal sulcus 上側頭溝
HS: Heschl's sulcus Heschl溝
PrCS: precentral sulcus 中心前溝
PoCS: postcentral sulcus 中心後溝
rCS: rolandic central sulcus 中心溝
iCS: insular central sulcus 島中心溝
pM: pars marginalis of cingulate sulcus 帯状溝縁部
IPS: intraparietal sulcus 頭頂間溝
TPS: transverse parietal sulcus 横頭頂溝
STG: superior temporal gyrus 上側頭回
HG: Heschl's gyrus Heschl回
PrCG: precentral gyrus 中心前回
PoCG: postcentral gyrus 中心後回
SPL: superior parietal lobule 上頭頂小葉
IPL: inferior parietal lobule 下頭頂小葉
(SMG + AG) PrCn: precuneus 楔前部
AG: angular gyrus 角回
SMG: supramarginal gyrus 縁上回

【遺伝子発現からみた脳回】

21世紀に入り、ノックアウトマウスを用いたgene targeting法はさらに進歩し、neopalliumの構造を規定するEmx2, Pax6, Gli3, Emx1/2, Ngn1/2等各種遺伝子発現が解析され、哺乳類の新皮質はこれらにより規定されたGABAなどのneurotransmitterにより増殖していく様子が証明された。そしてhistogenetic unitsという脳回2~3個を一つの単位として計16のunitから構成されることが示された。(Fig.24~27) この組織原性単位(histogenetic units)は1930年代にEconomoらによる大脳のmappingやさらに遡ること19世紀の神経解剖学者Luysにより提唱されていた新皮質のmap(Fig.28)によく一致し、多くのgliomaやAVMの局在もhistogenetic unitsごとに配列罹患していくことが知られており、興味深い。

【まとめ】

1. すべての脳回・脳溝には名称があり、各々はMRIで同定可能であり、その機能局在の全貌が明らかになりつつある。

→血管障害、髄内腫瘍病変はその局在を脳回・脳溝の単位で同定することで、正確な診断と低侵襲な治療に結びつけることができる。

2. 大脳新皮質の動脈支配は、脳回単位で、静脈支配は脳溝単位で形成される。

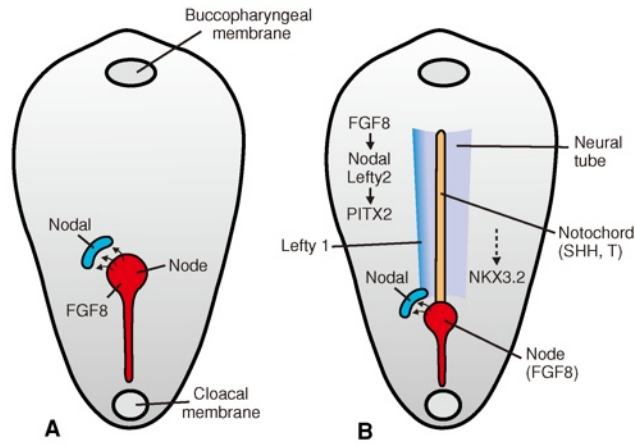
→ シヤント疾患、AVM nidusのangioarchitectureの理解と塞栓術の治療戦略を立てる上で有用である。

3. 脳回を構成する単位は、BroadmannやEconomoの細胞構築の観察から50~100に分類されるが、近年のgene markerによる解析では、主に16のhistogenetic unitに分類され、これは種を越えて保存されており、終脳の系統発生を考察する上で強力なツールとなる。

→ 脳回と脳溝をhistogenetic unitという新しい観点で観察することは、脈管・血管の機能解剖学を理解する上で有用である。

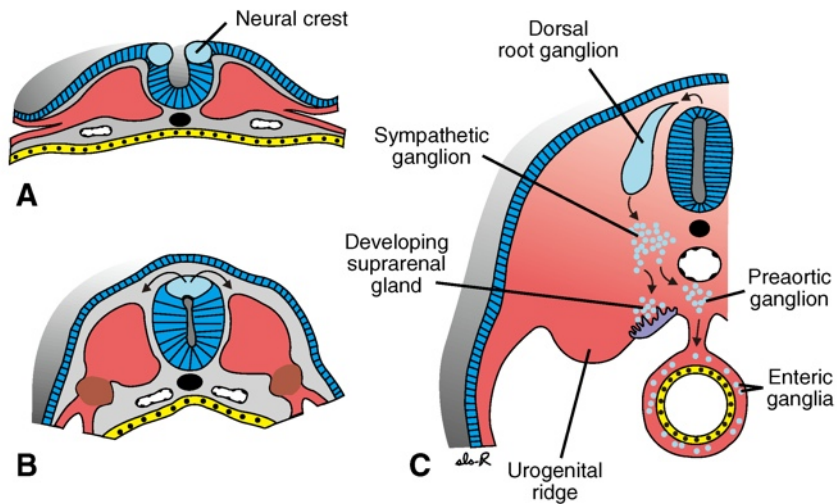
【references】

1. Atlas of Cytoarchitectonics of the Adult Human Cerebral Cortex
Constantin von Economo, Georg N. Koskinas 1924
2. Jules-Bernard Luys, Recherches sur le système nerveux cérébro-spinal: sa structure, ses fonctions, et ses maladies: atlas de 40 planches, Paris: J.-B. Baillière et fils, 1865.
3. Takahashi et. al “ Manipulating gene expressions by electroporation in the developing brain of mammalian embryos.” Differentiation. 2002. 70:155-62.
4. Kawasaki T et al. “Netrin 1 regulates ventral tangential migration of guidepost neurons in the lateral olfactory tract” Development. 2006. 133(5):845-853.
5. Schuurmans C, Guillemot F. 2002. Molecular mechanisms underlying cell fate specification in the developing telencephalon. Curr Opin Neurobiol 12, 26-34.
6. Smart I et al. Evolution, Development, and Initial Function of the Mammalian Neocortex: Response of the Germinal Zones to Endothermy The Anatomical Record 291:28-48, 2007
7. Puelles L “Brain segmentation and fore- brain development in amniotes.” Brain Res Bull 55:695-710.2001



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

Langman's Medical Embryology 10th edition

Fig.2

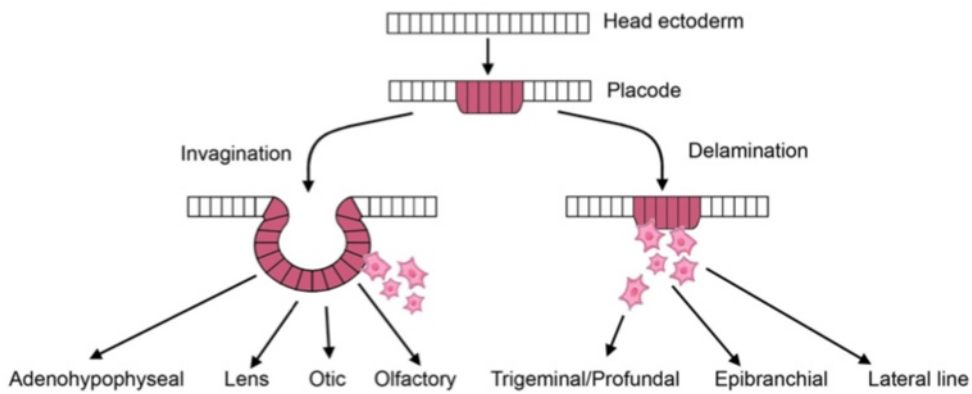
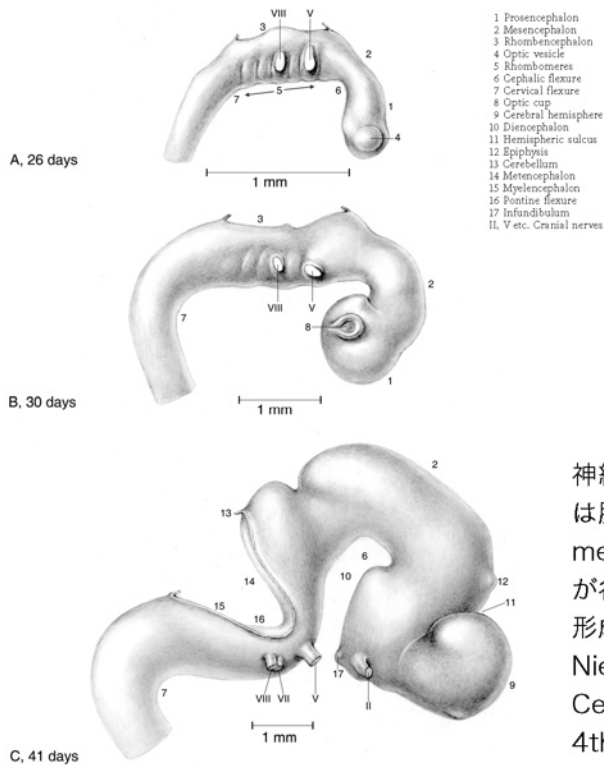


Fig.3

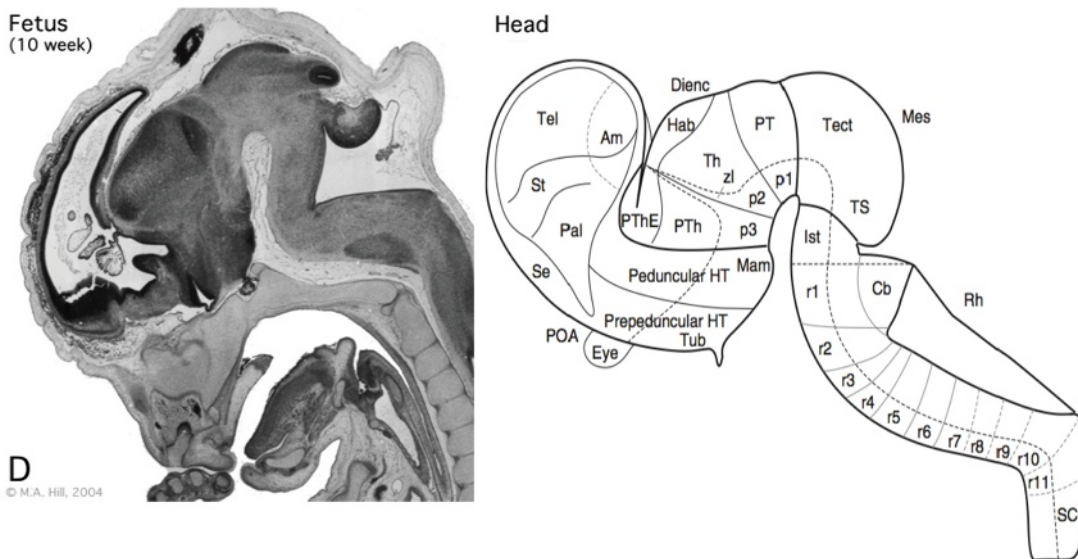
Schematic representation of the early morphogenetic processes associated with the development of the cranial placodes. All cranial placodes develop from a thickening of the head ectoderm. Adenohypophysis, olfactory epithelium of the nose, lens, and inner ear form by invagination of the placodal epithelium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

Langman's Medical Embryology 10th edition



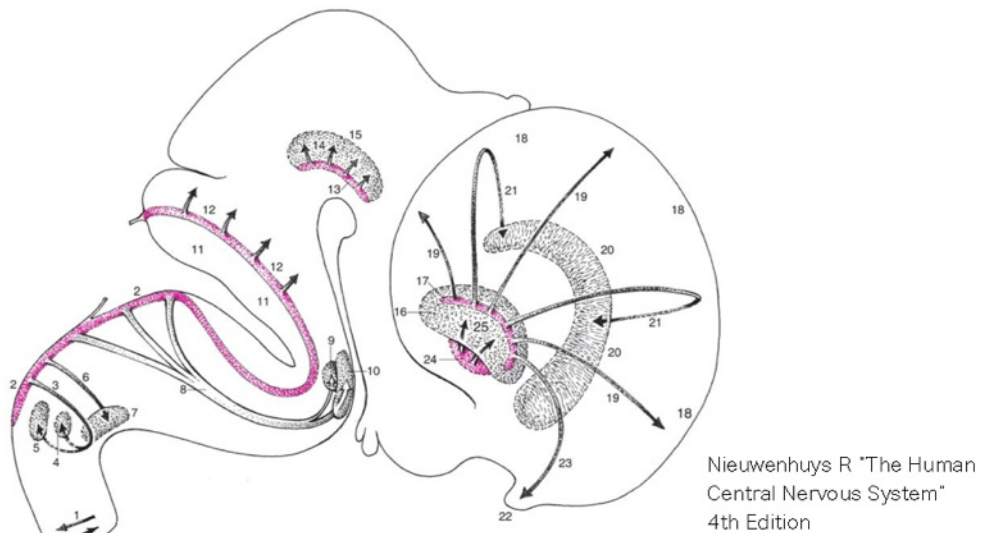
神経管の最初のダイナミックなfoldingは胎生30~40日に起こる
metencephalon と myelencephalon が谷を作り、菱脳・橋(三叉神経節)が形成される。
Nieuwenhuys R "The Human Central Nervous System"
4th Edition

Fig.4



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。

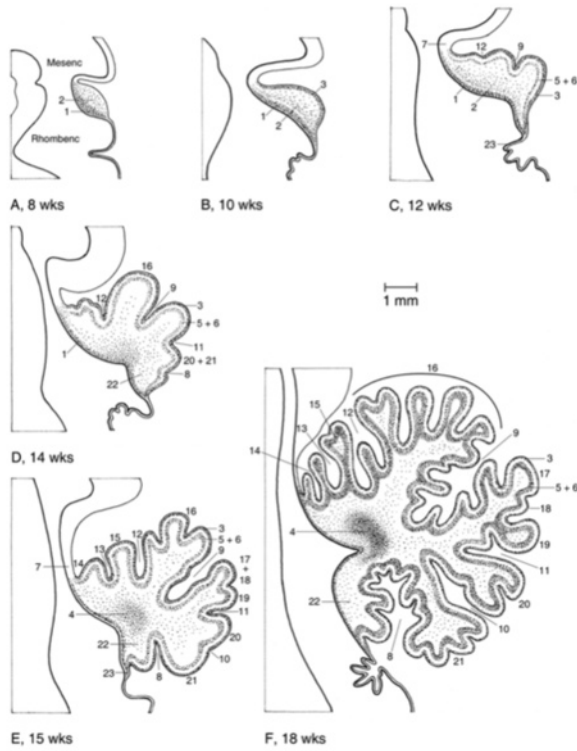
Fig.5



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。

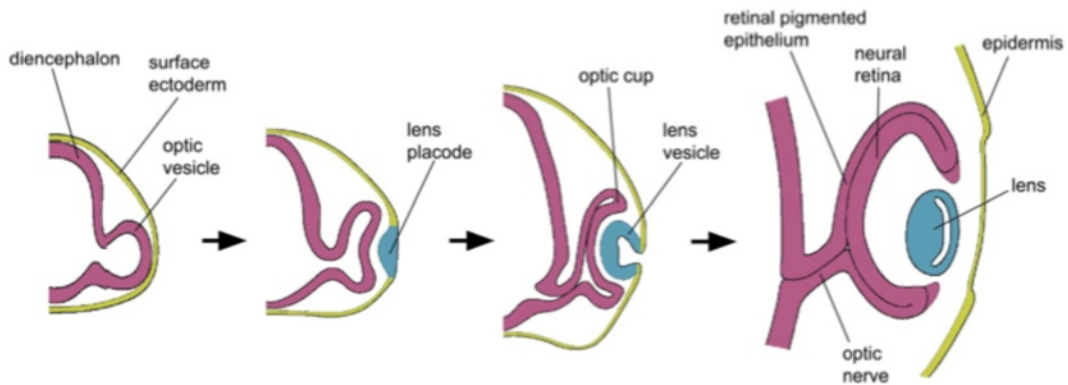
Fig.6



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).

脳室側の上皮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

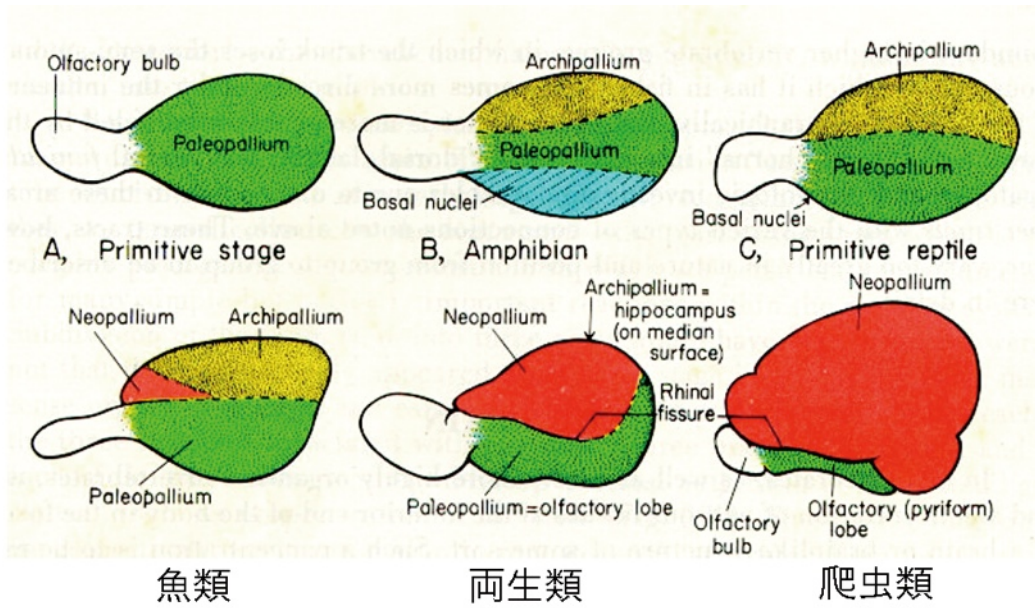


眼杯から眼球の形成過程.

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



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neipalliumの増大に伴って発達してくる。

Fig.9

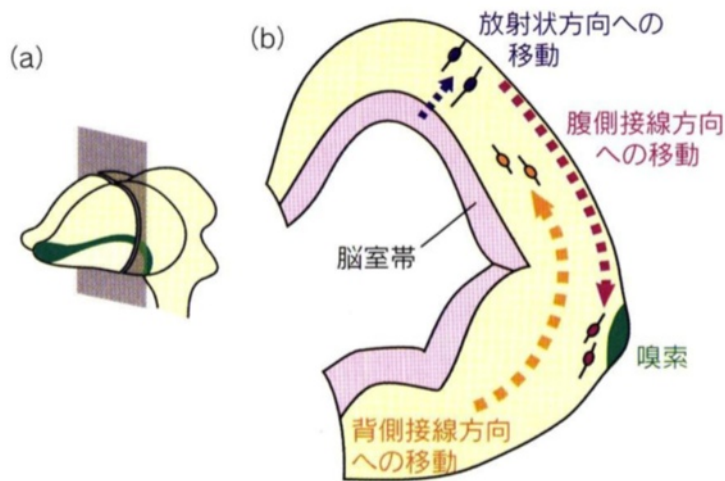
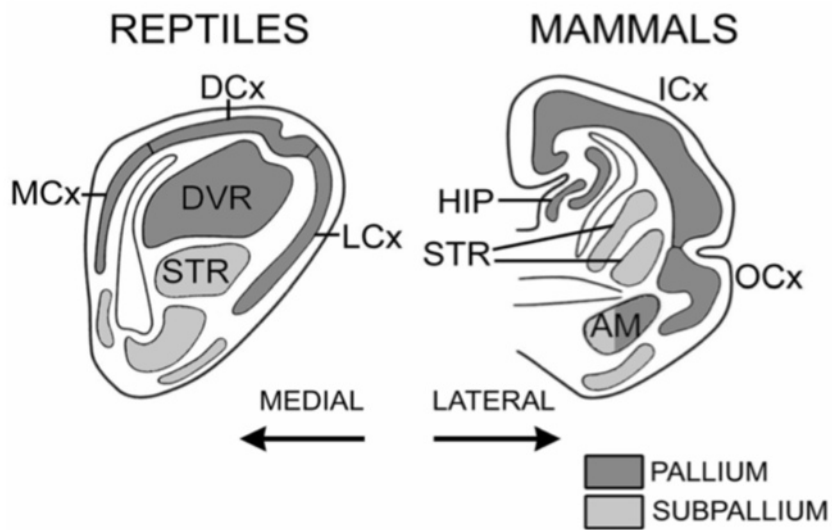


図1 発生期の終脳における神経細胞移動

(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.

Fig.10



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.11

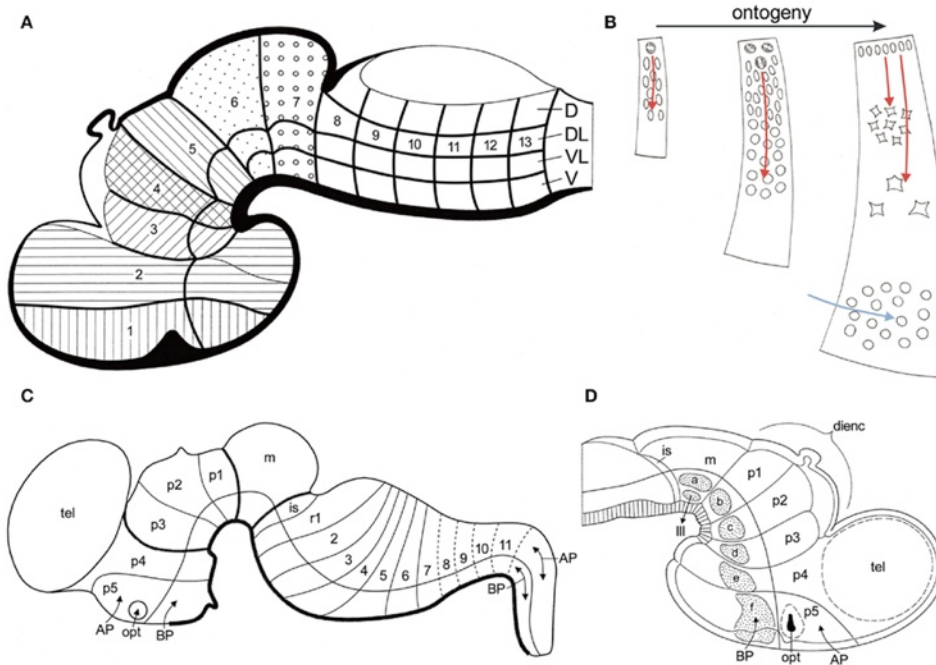
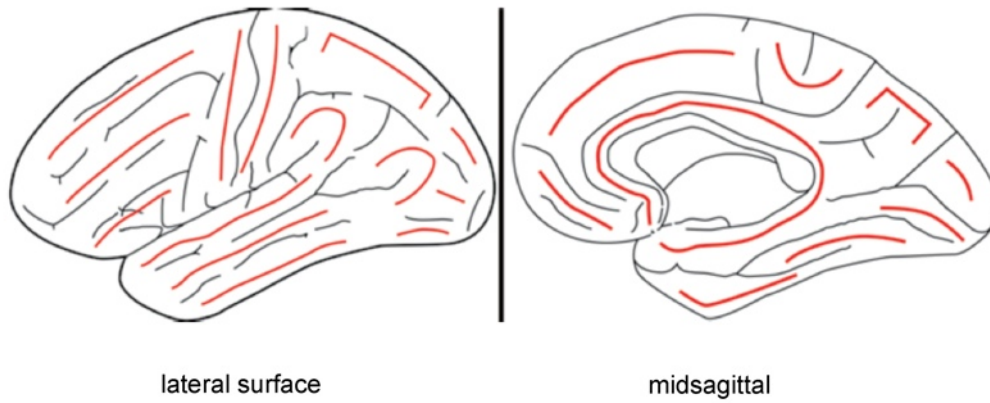


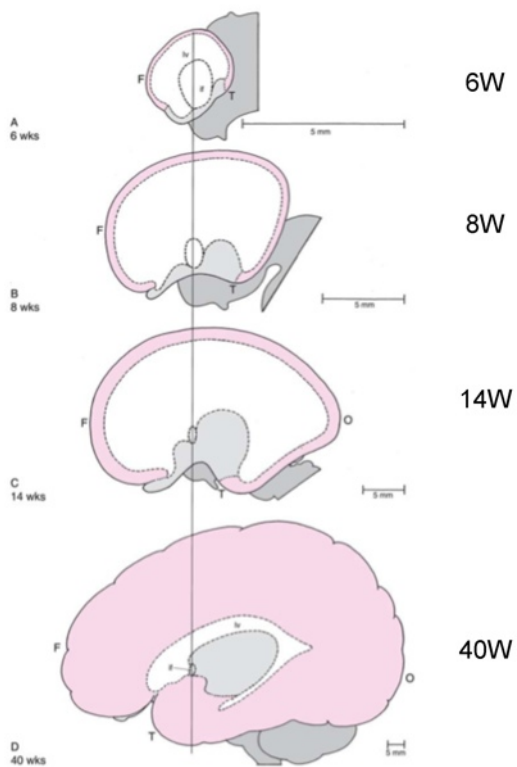
Figure. Fundamental morphological units in the vertebrate brain. Puelles L et al. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (2001)

Fig.12



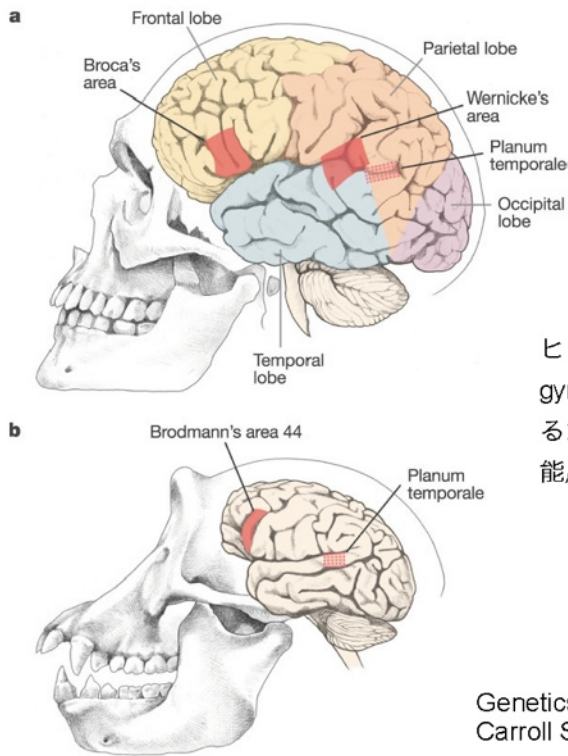
Basic organization of the brain gyri
Red lines indicate the constant arrangement of the brain gyri.

Fig.13



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。

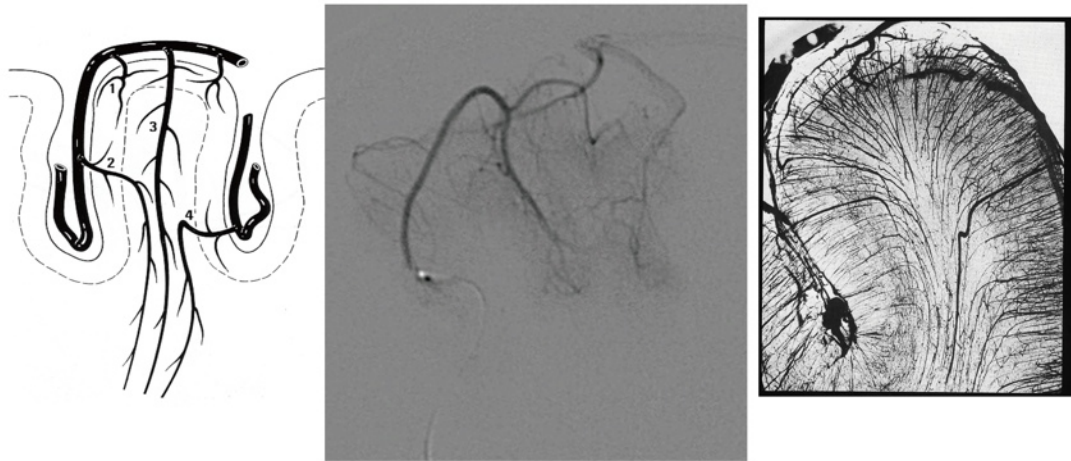
Fig.14



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

Fig.15



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

Vascular patterns relating to the sulcus on neopallium

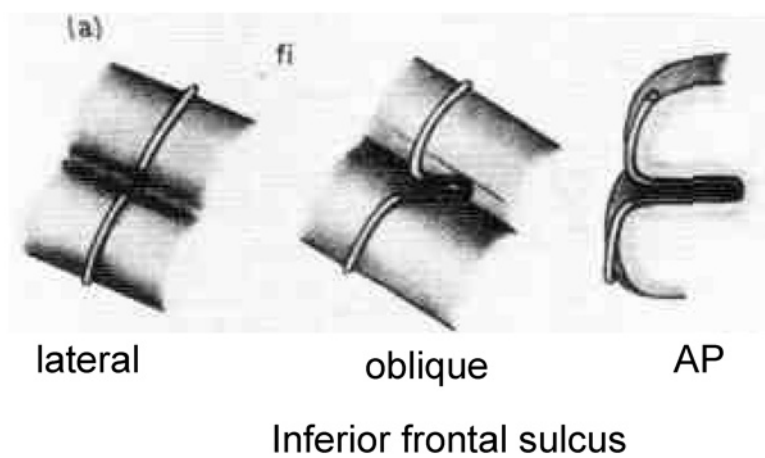


Fig.19

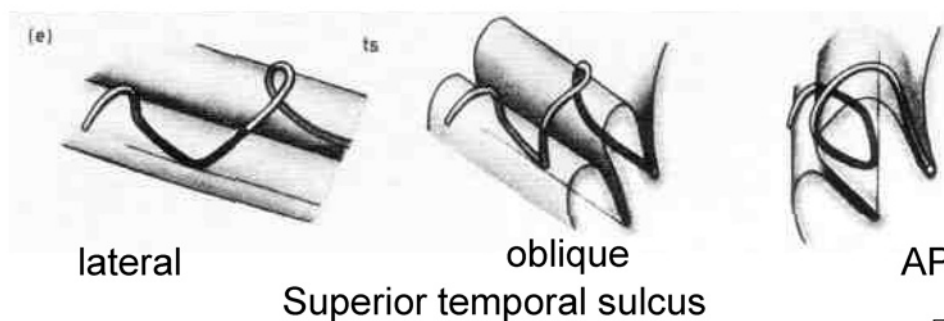
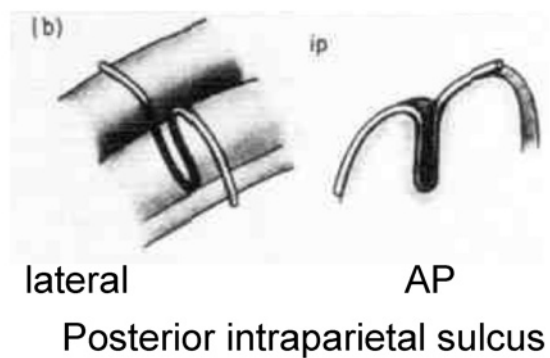


Fig.20

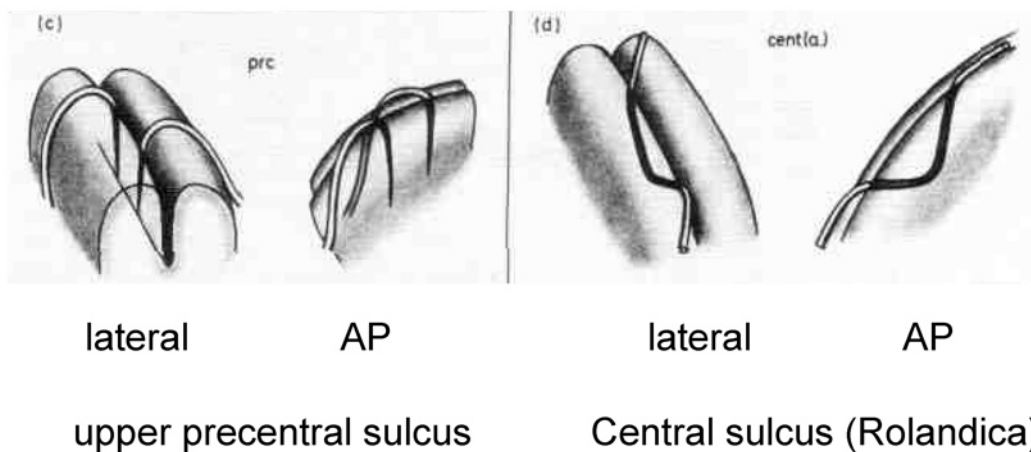


Fig.21

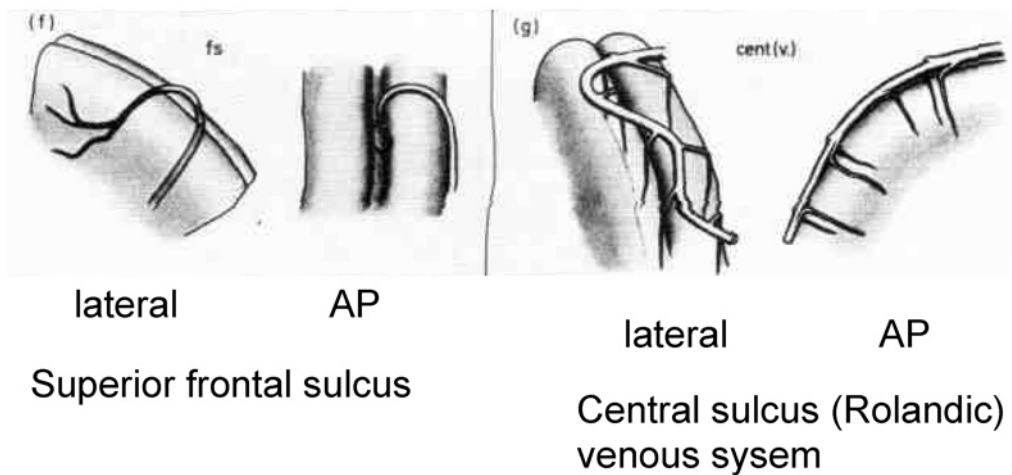
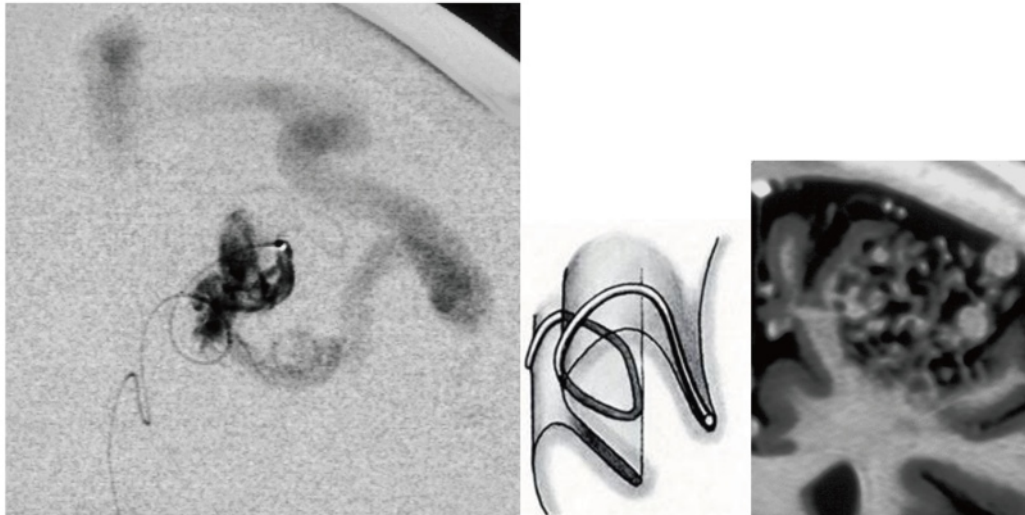


Fig.22



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を経由し、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 sulcs内のterminal feederに至っている。

Fig.23

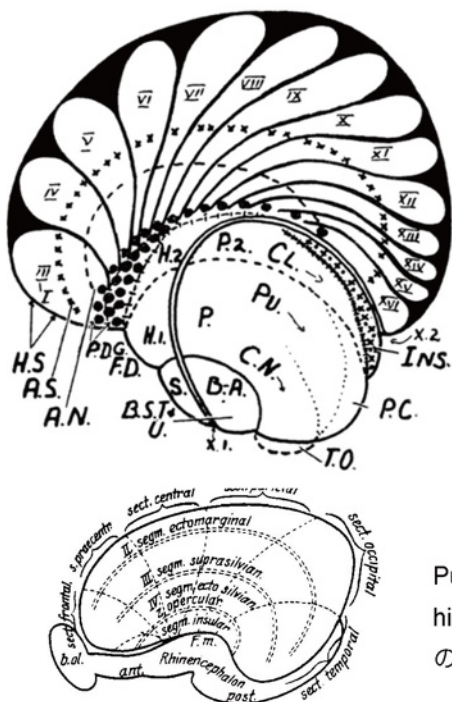
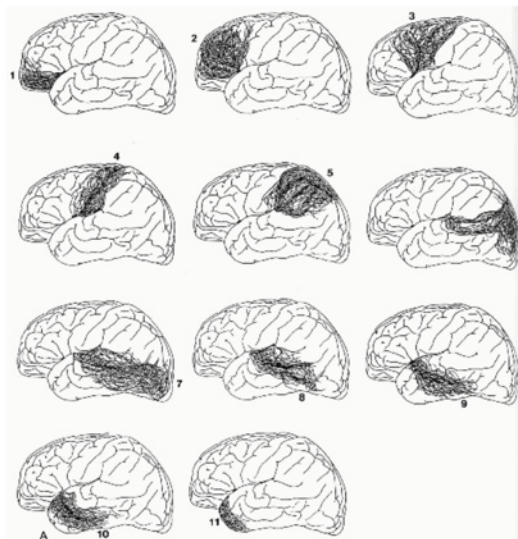
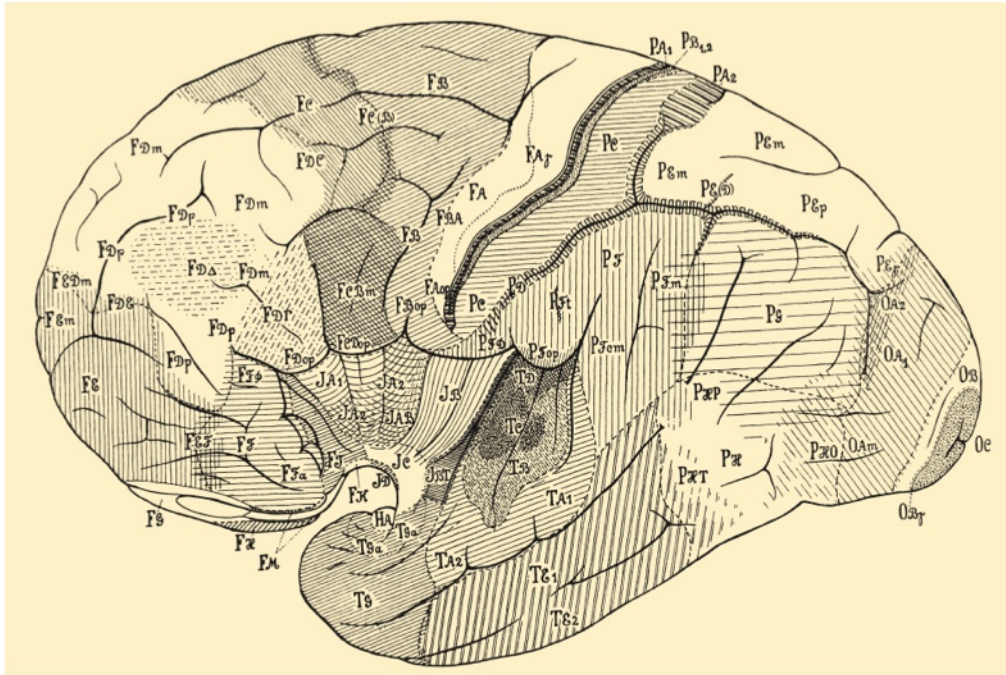


Abb. 17. Lissencephales (windungsloses) Gehirn, an dem nach CHR. JAKOB die fächer-



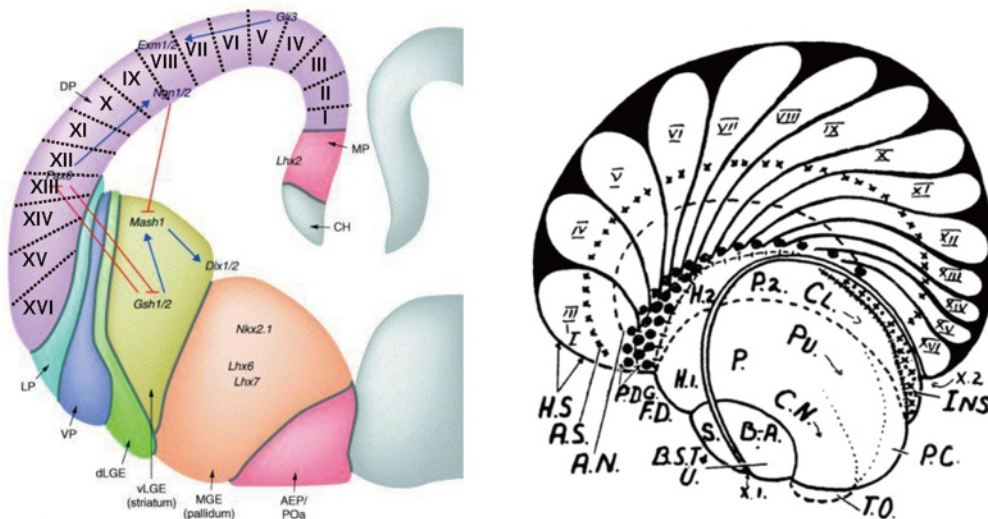
Puelles, Schuurmanらが遺伝子マーカーで証明した histogenetic unitsは、Economoらの古典的細胞構築のmapや、動脈の支配領域に一致する。

Fig.24



1924年に発表されたEconomoらによる脳回の分類.

Fig.25



Current Opinion in Neurobiology

Schuermans 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

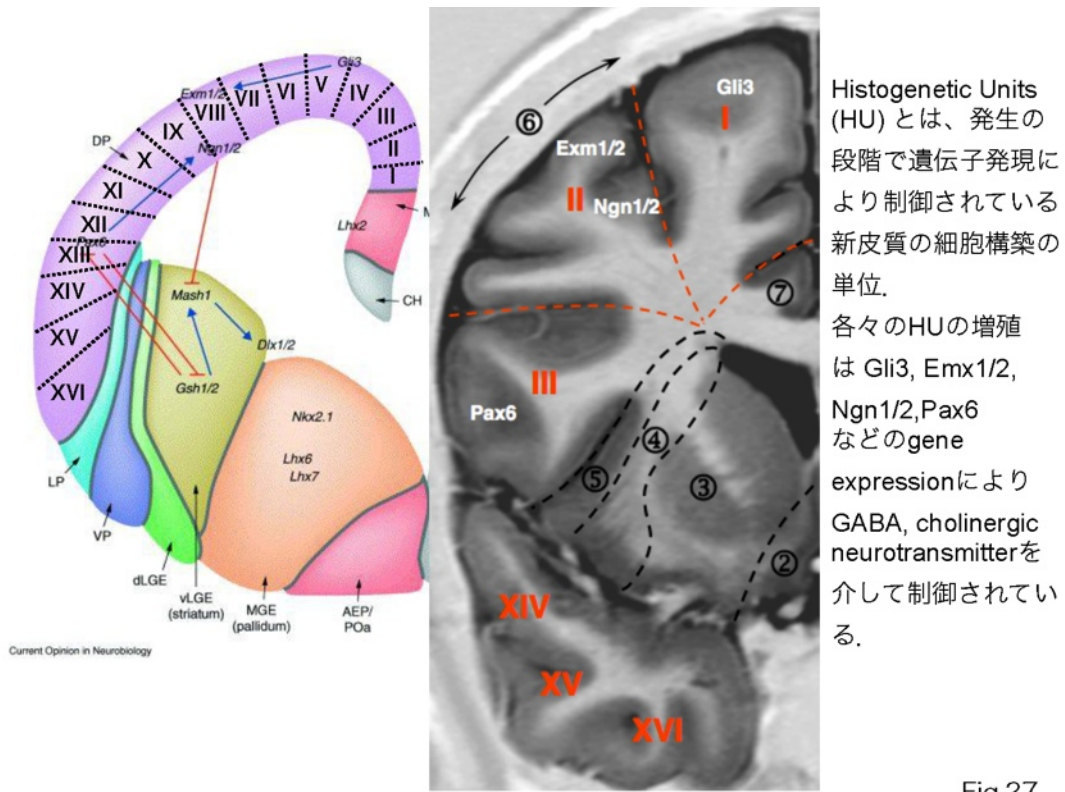
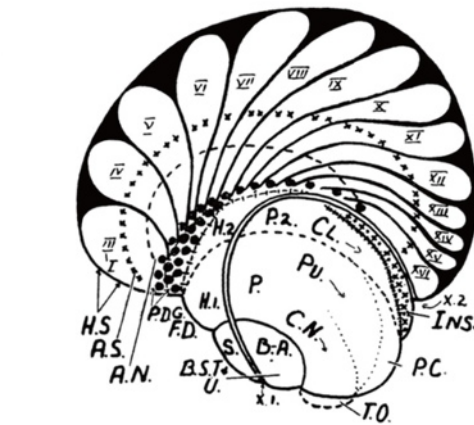
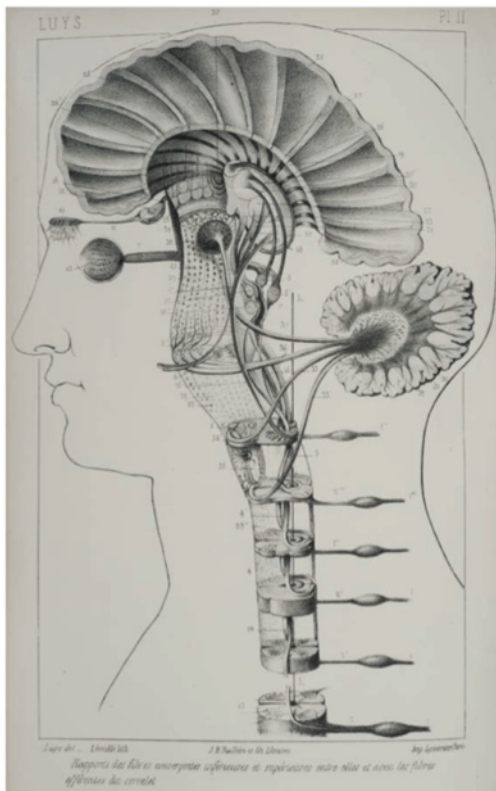


Fig.27



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