

脳科学からみた「青少年の意欲」の問題

- 意欲に関与する脳部位とその発達の臨界期 -

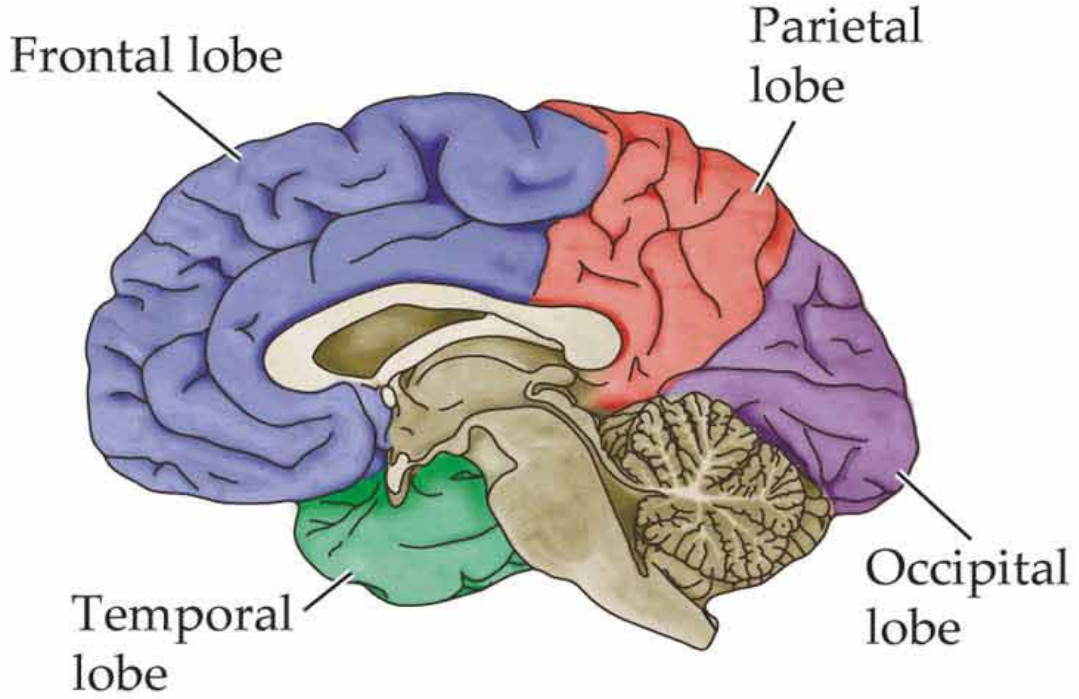
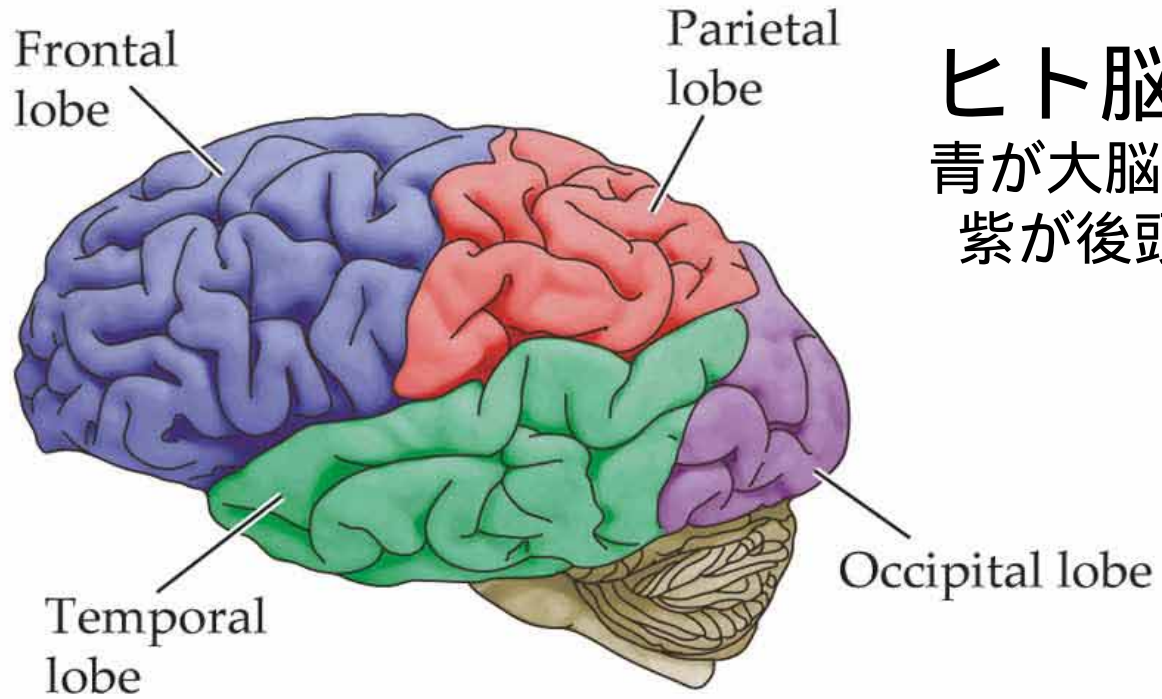
つもと ただはる
津本 忠治

独立行政法人理化学研究所脳科学総合研究センター

- 1 . 脳の概観と構成要素
- 2 . 脳発達の特徴
- 3 . 脳機能発達の臨界期 (感受性期)
- 4 . 大脳皮質前頭連合野と意欲との関係
- 5 . 前頭連合野の発達と臨界期
- 6 . その他脳科学の知見からの提言

ヒト脳の外側面と内側面

青が大腦皮質前頭葉、赤が頭頂葉、
紫が後頭葉、緑が側頭葉を示す。



脳の構成要素

神経細胞 (ニューロン)

神経信号の入力部位として樹状突起, 出力ケーブルとして軸索 (神経線維) をもつ。

シナプス (神経細胞同士の接点)

神経信号の伝達や情報の蓄積が行われる。

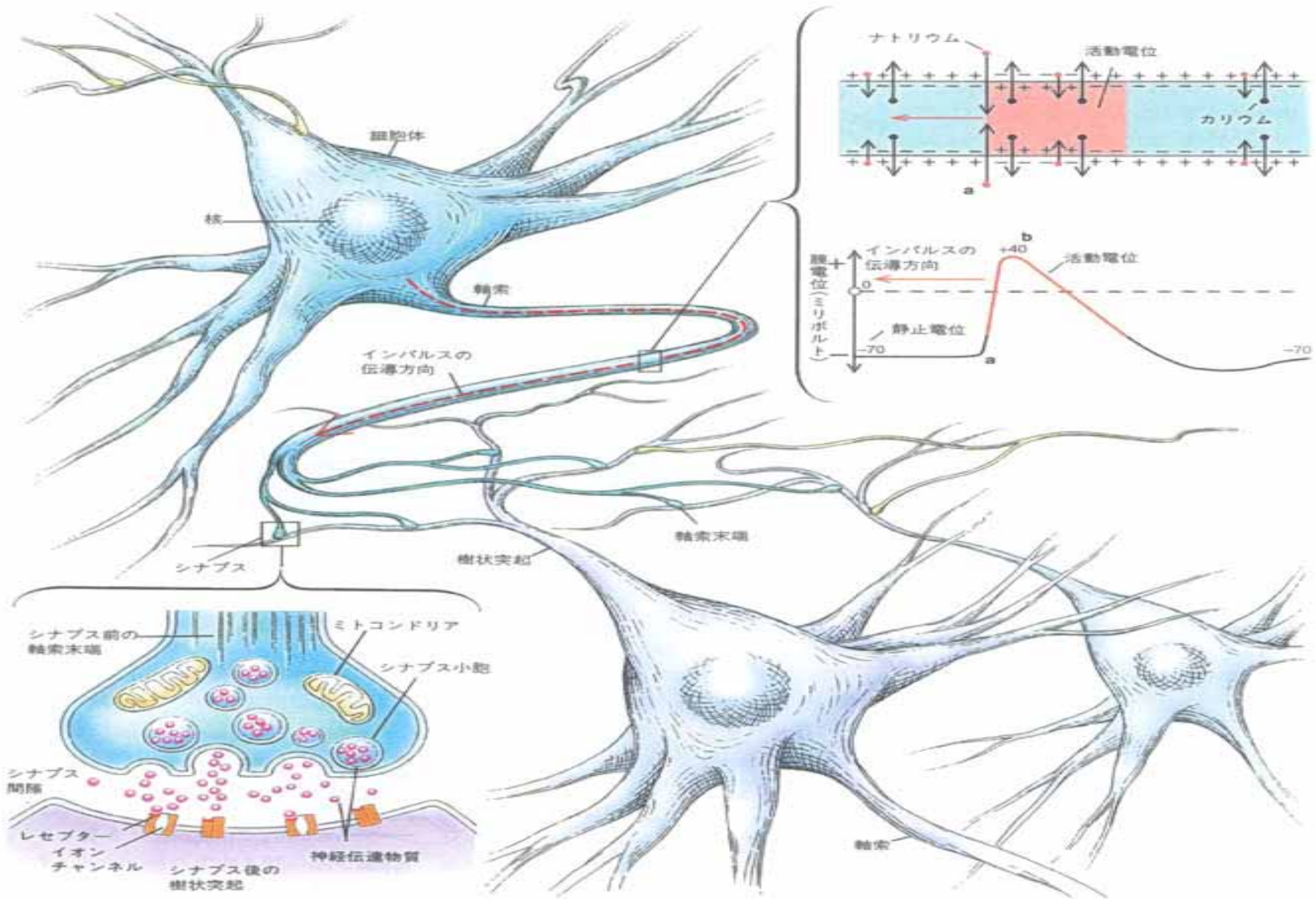
グリア細胞

神経細胞に対する栄養補給や種々の物質を供給する。

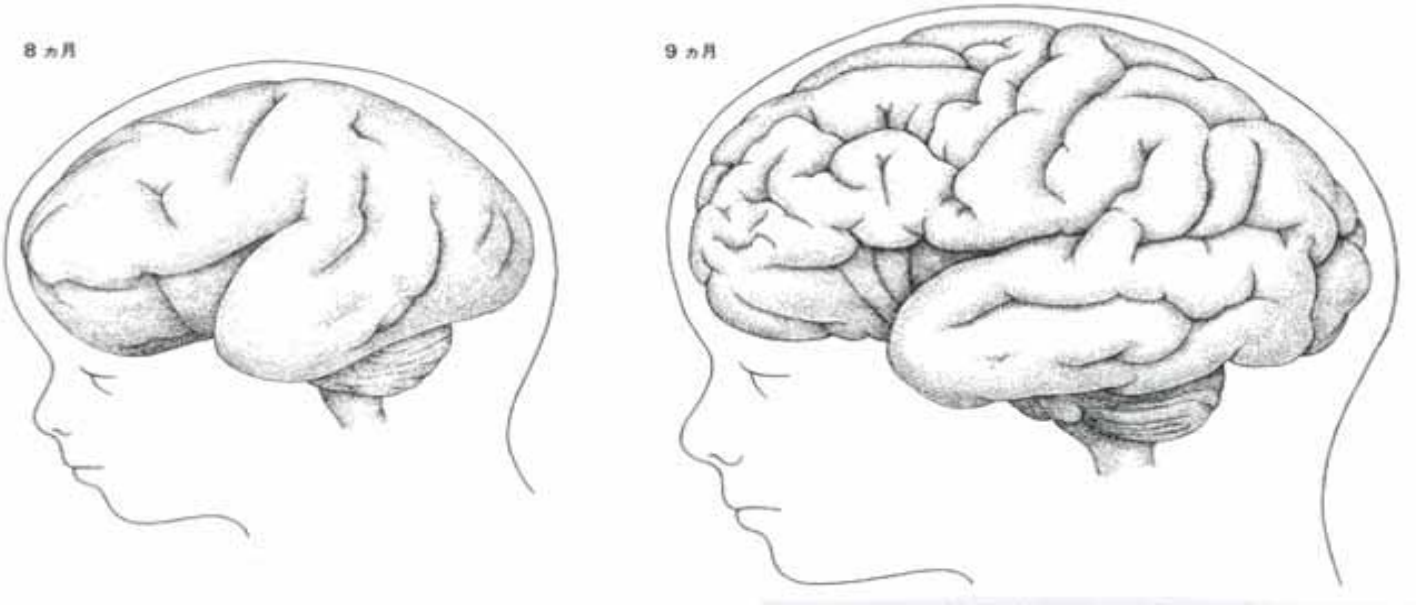
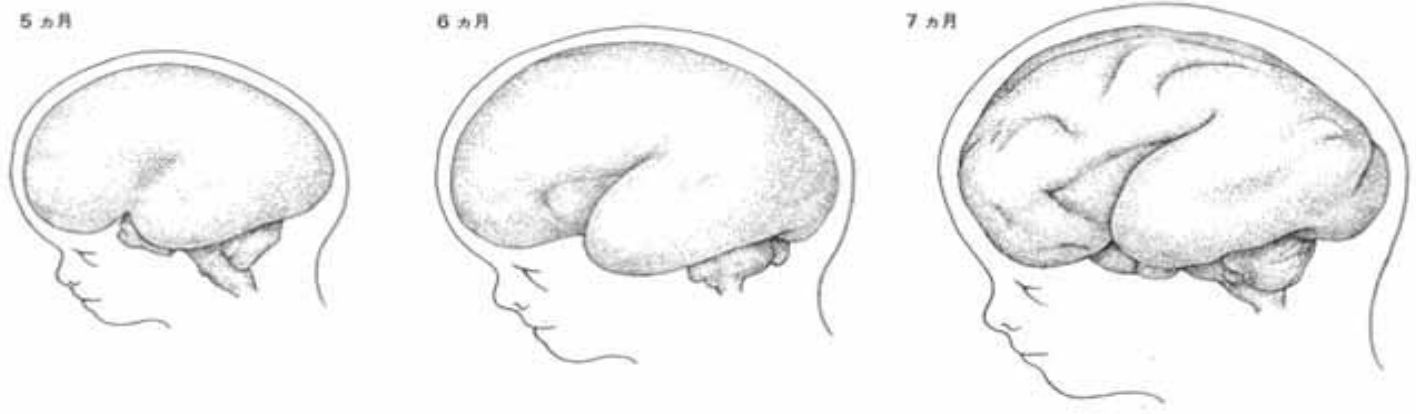
血管

酸素やブドウ糖を供給する。

神経細胞の軸索が他の神経細胞と作る接点……シナプス⁵

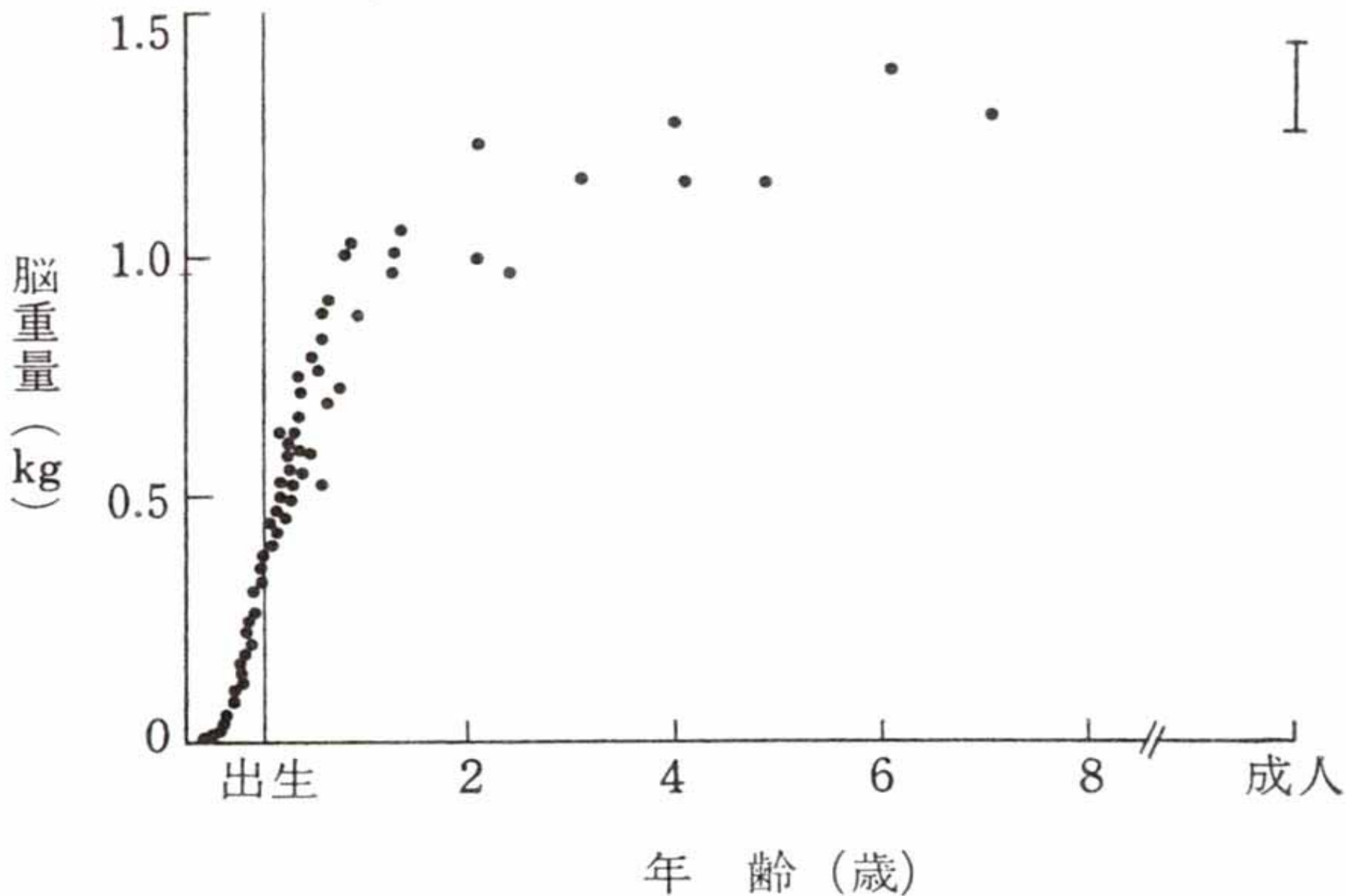


出生までの脳の発達



脳の大きさ（重量）の発達にともなう変化

(Dobbing, J. & Sands, J., 1973)



最近の研究より判明した脳の設計原理

1. 遺伝情報による回路網形成 (胎児期)

神経細胞 (ニューロン)、神経線維、シナプス (接点) の過剰形成

余裕 (あそび) のある回路網の形成。

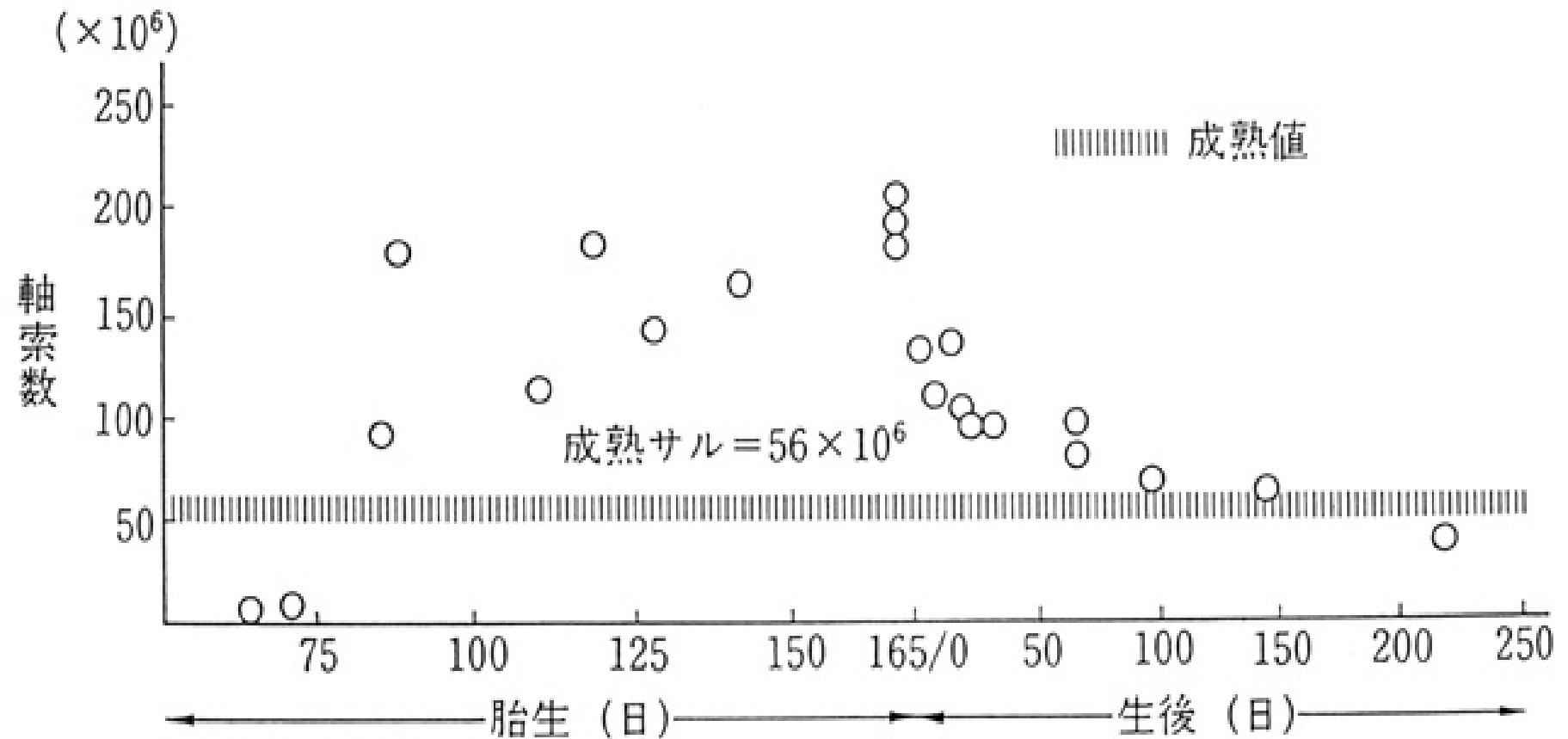
2. 入力・神経活動による調整 (主に生後)

使わない回路の刈り込み、よく使う回路の強化

生後環境、体験、学習、教育の重要性。

胎児期・新生児期の過剰回路の例

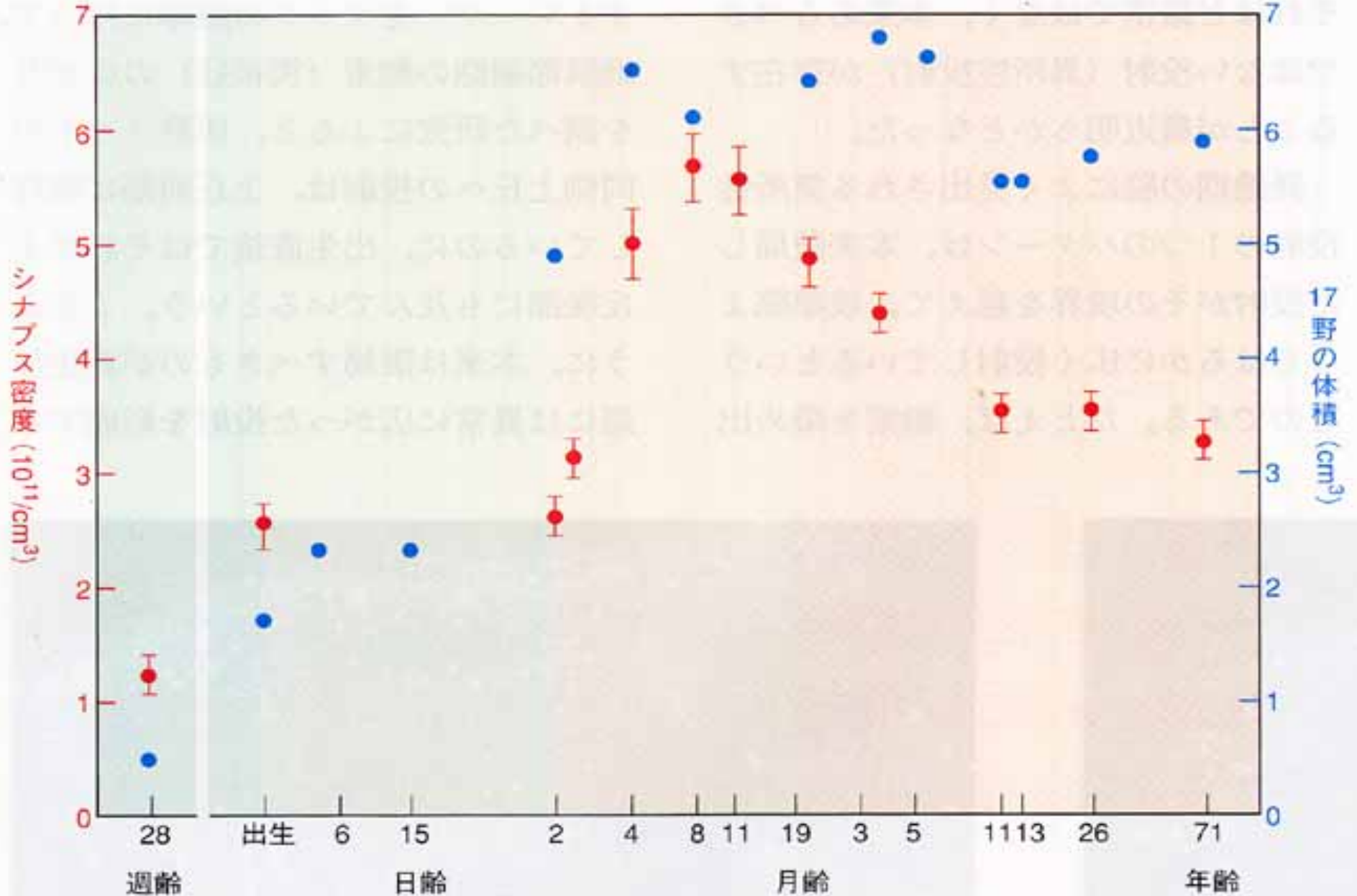
サルの右脳と左脳を結ぶ脳梁線維数の変化。成熟時には約5千6百万本であるが、胎生期には約2億本の神経線維が作られる。



サルの脳梁線維数とその発達による変化 (LaMantia A-S & Rakic P, 1990)

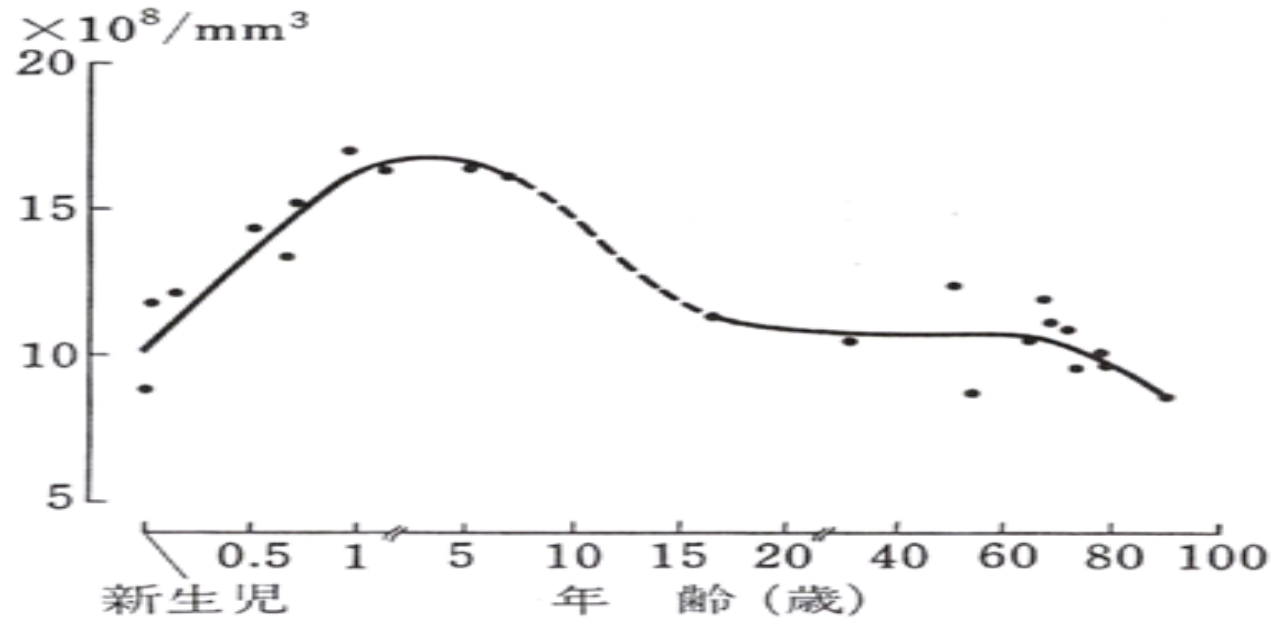
ヒト大脳一次視覚野の体積とシナプス密度の変化¹⁰

シナプス密度は生後6-8ヶ月にピークとなり、その後減少 (Huttenlocher, P.R.ら, 1982)

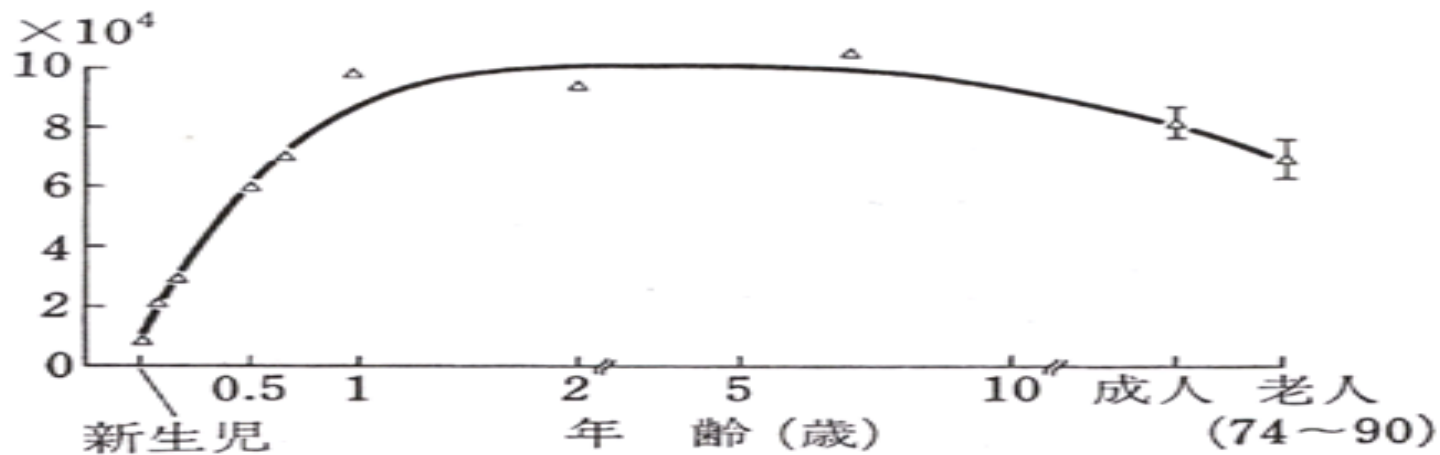


前頭葉におけるシナプス密度の変化

(Huttenlocher, P.R., , 1979)



A シナプス密度



B ニューロン当りのシナプス数

後頭葉の視覚野より減少する時期が遅い

発達期における脳機能の環境 からの入力による変化

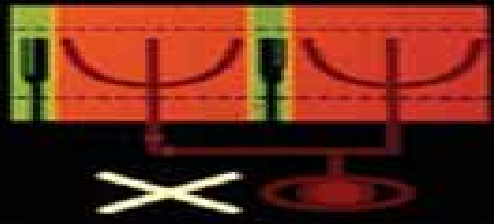
動物実験による知見と臨界期
(感受性期)の発見

視覚の神経回路と臨界期(感受性期)における片眼遮蔽による変化

A. 視覚上行路



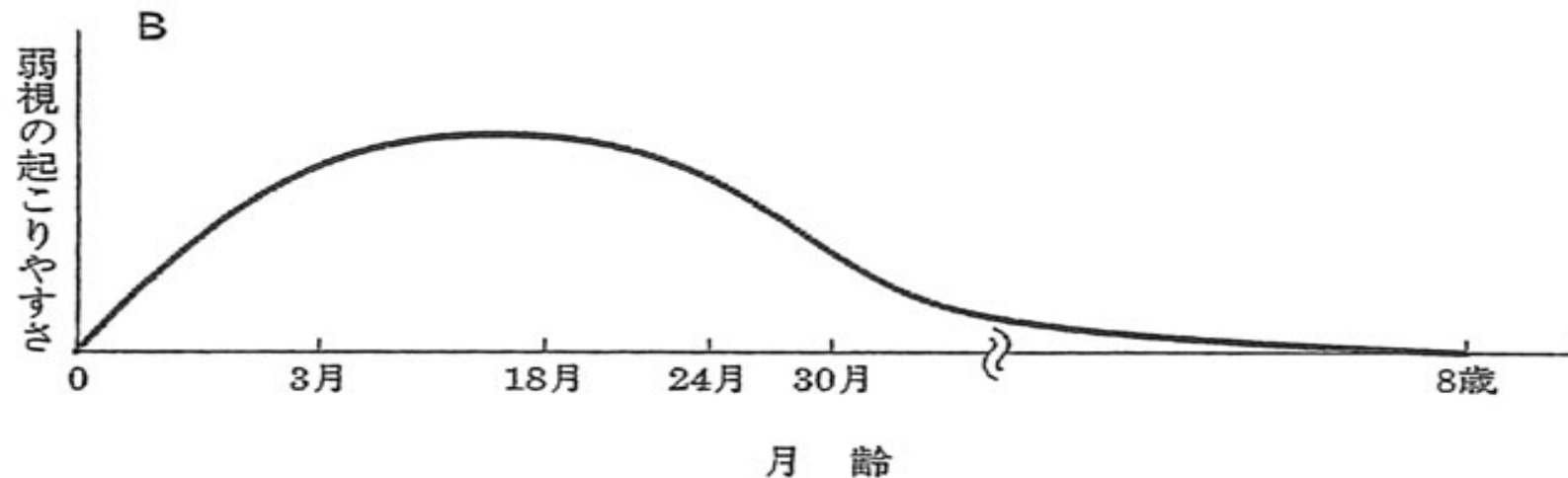
片眼遮閉



ヒト両眼視機能発達の臨界期 (Awaya, S. et al., 1973)

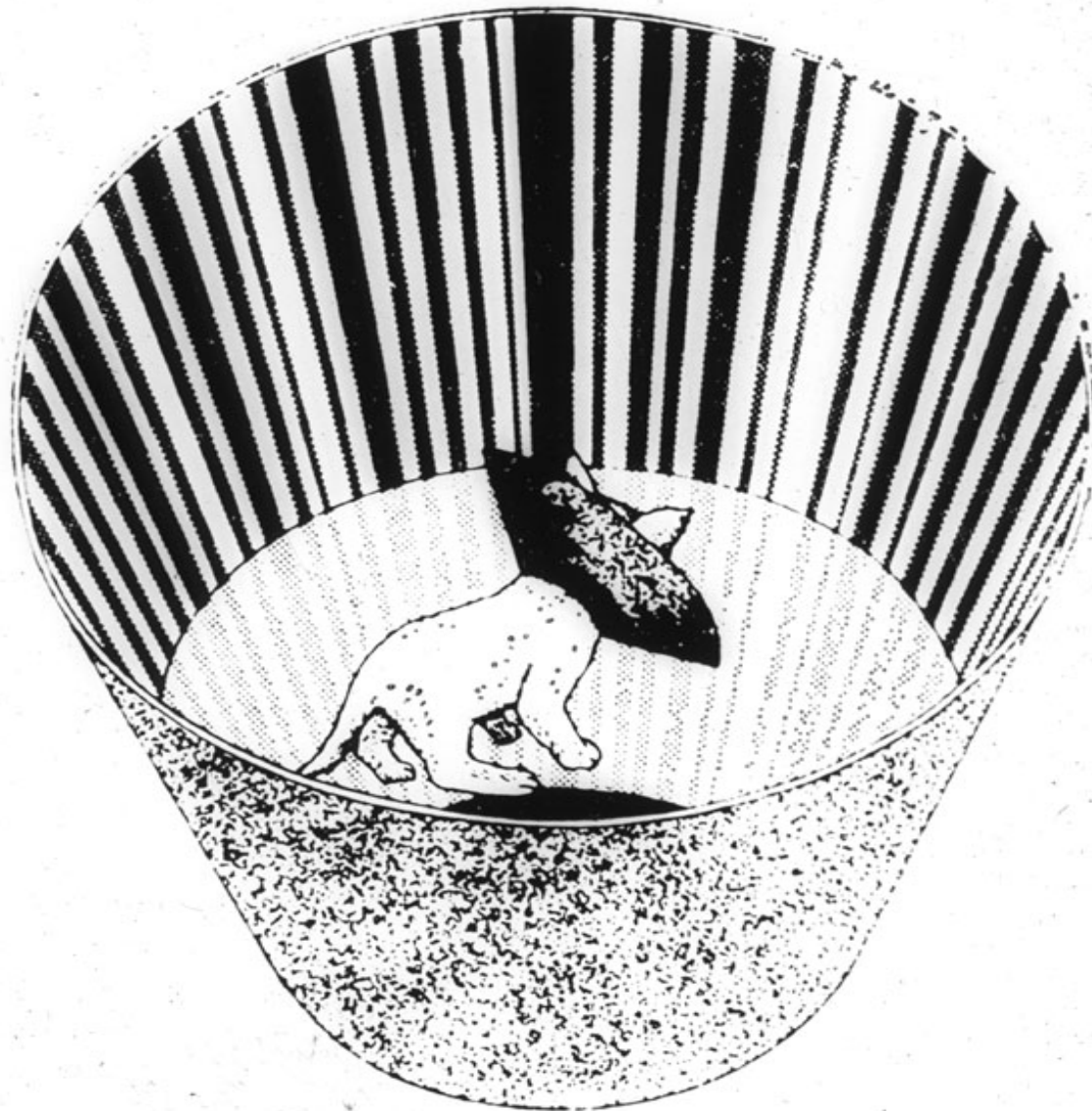
A 弱視(片眼)の子どもの手術歴

| | 視力検査時 | 性別 | 手術時 | 手術眼 | 視力 | |
|----|-------|----|-------|-----|------|------|
| | | | | | 右眼 | 左眼 |
| 1 | 5 (歳) | 男 | 3 (月) | 左→右 | 0.1 | 1.2 |
| 2 | 8 | 女 | 5 | 右→左 | 1.5 | 0.07 |
| 3 | 6 | 男 | 5 | 右→左 | 1.2 | 0.03 |
| 4 | 5 | 女 | 6 | 左→右 | 0.01 | 1.2 |
| 5 | 4 | 女 | 6 | 左→右 | 0.15 | 0.8 |
| 6 | 6 | 男 | 6 | 左 | 1.0 | 0.09 |
| 7 | 5 | 男 | 7 | 右 | 0.1 | 1.5 |
| 8 | 7 | 男 | 9 | 右 | 0.1 | 1.5 |
| 9 | 4 | 男 | 10 | 右→左 | 0.8 | 0.03 |
| 10 | 4 | 男 | 13 | 右→左 | 1.0 | 0.03 |
| 11 | 4 | 男 | 25 | 左 | 1.2 | 0.08 |
| 12 | 4 | 女 | 36 | 左→右 | 0.06 | 1.2 |



臨界期の環境が脳機能を変えることを示した実験の一例¹⁵

(Blakemore, C. & Cooper, G.F., 1970)



大脳皮質視覚野の神経細胞の多くは縦じまに良く反応するようになる。

縦じまは細かいところまで見えるが、それ以外の模様はよく見えなくなる。

臨界期は片目遮蔽とは異なる。

脳機能ごとに臨界期は異なる。

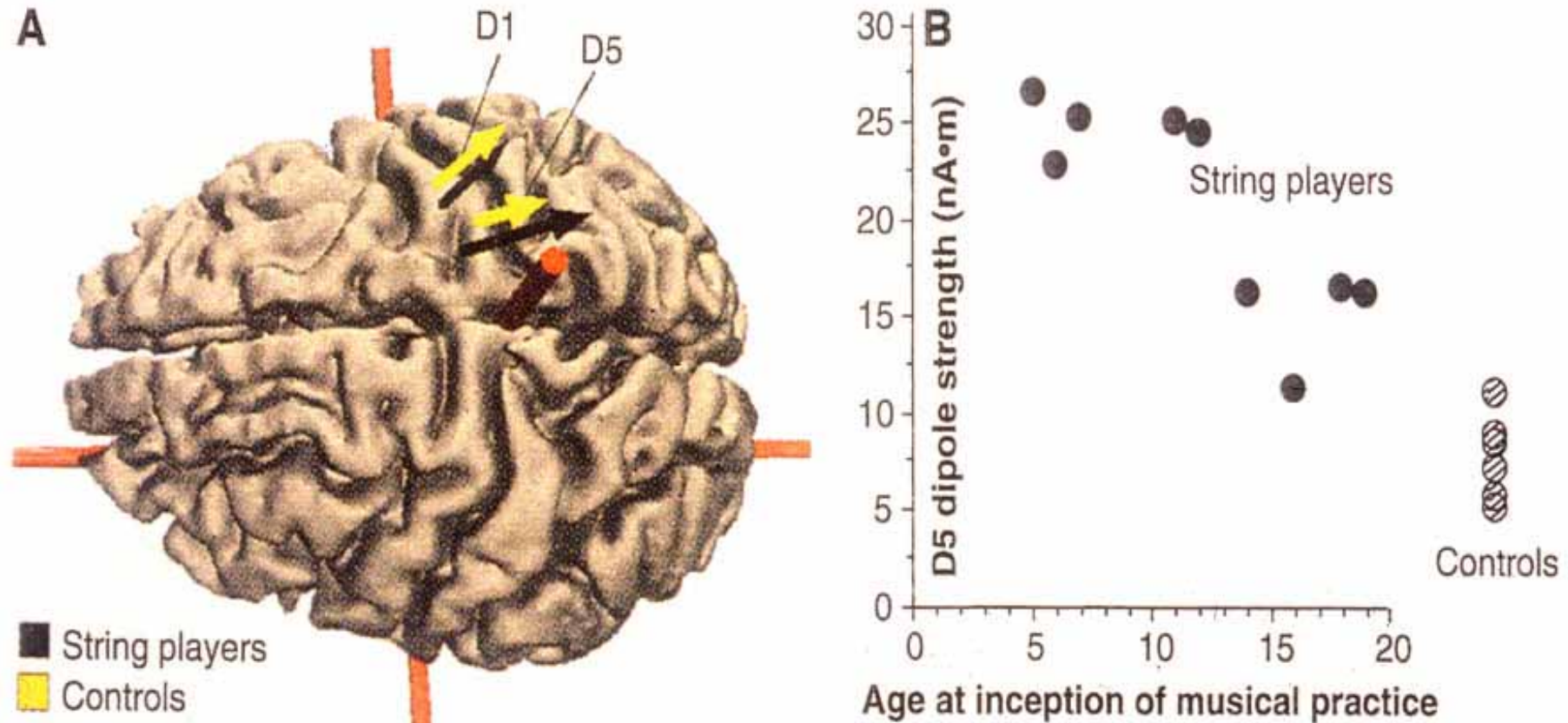
最近開発された非侵襲的脳機能イメージングの一例

functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)

活動している脳部位における血中ヘモグロビンの変化を検出し活動部位を画像化する。



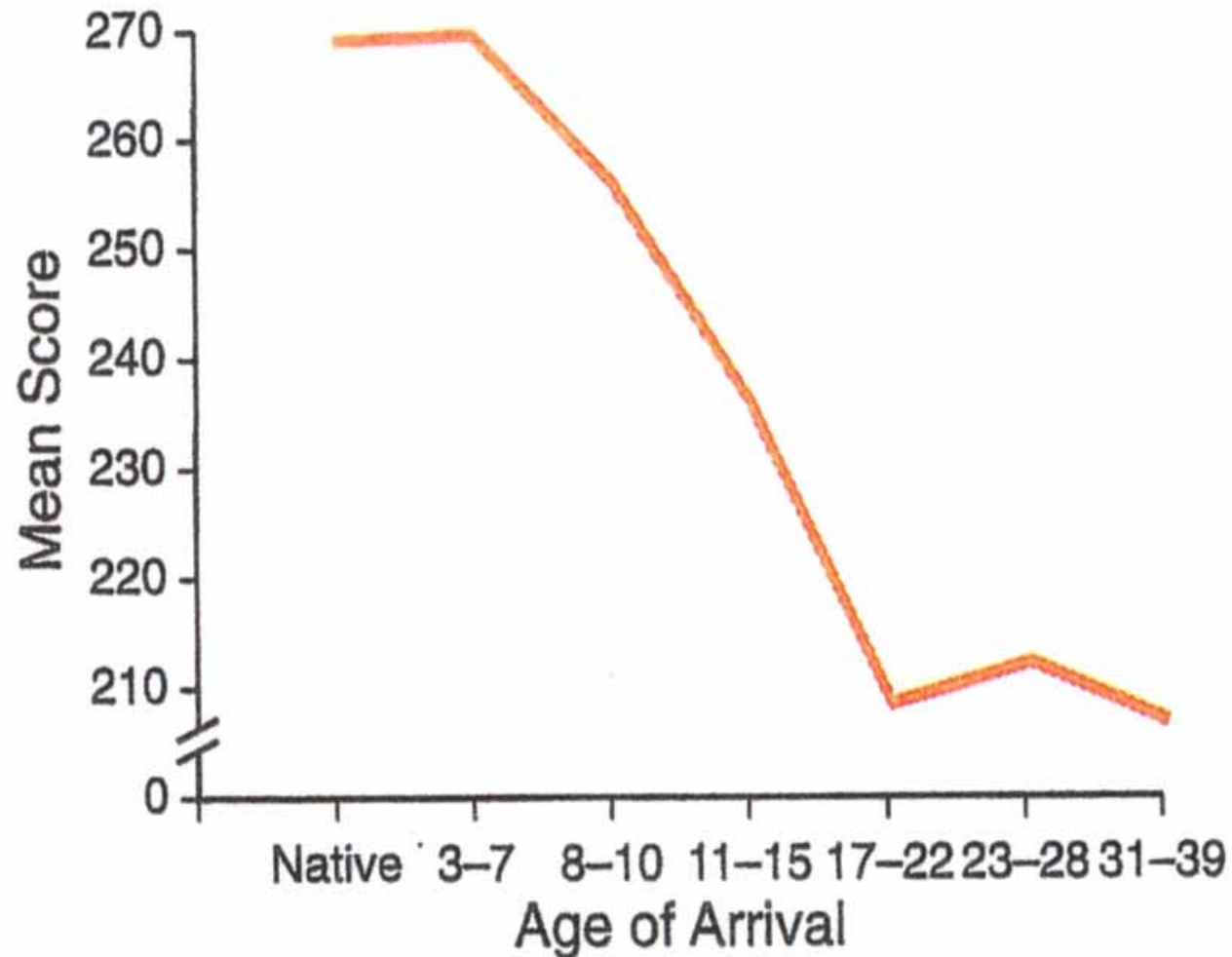
非侵襲的脳機能解析法(脳磁図)によって明らかにされた¹⁷ 弦楽器奏者における大脳左小指領域拡大と年齢依存性



Elbert, T. et al., Science 270, 305-307, 1995

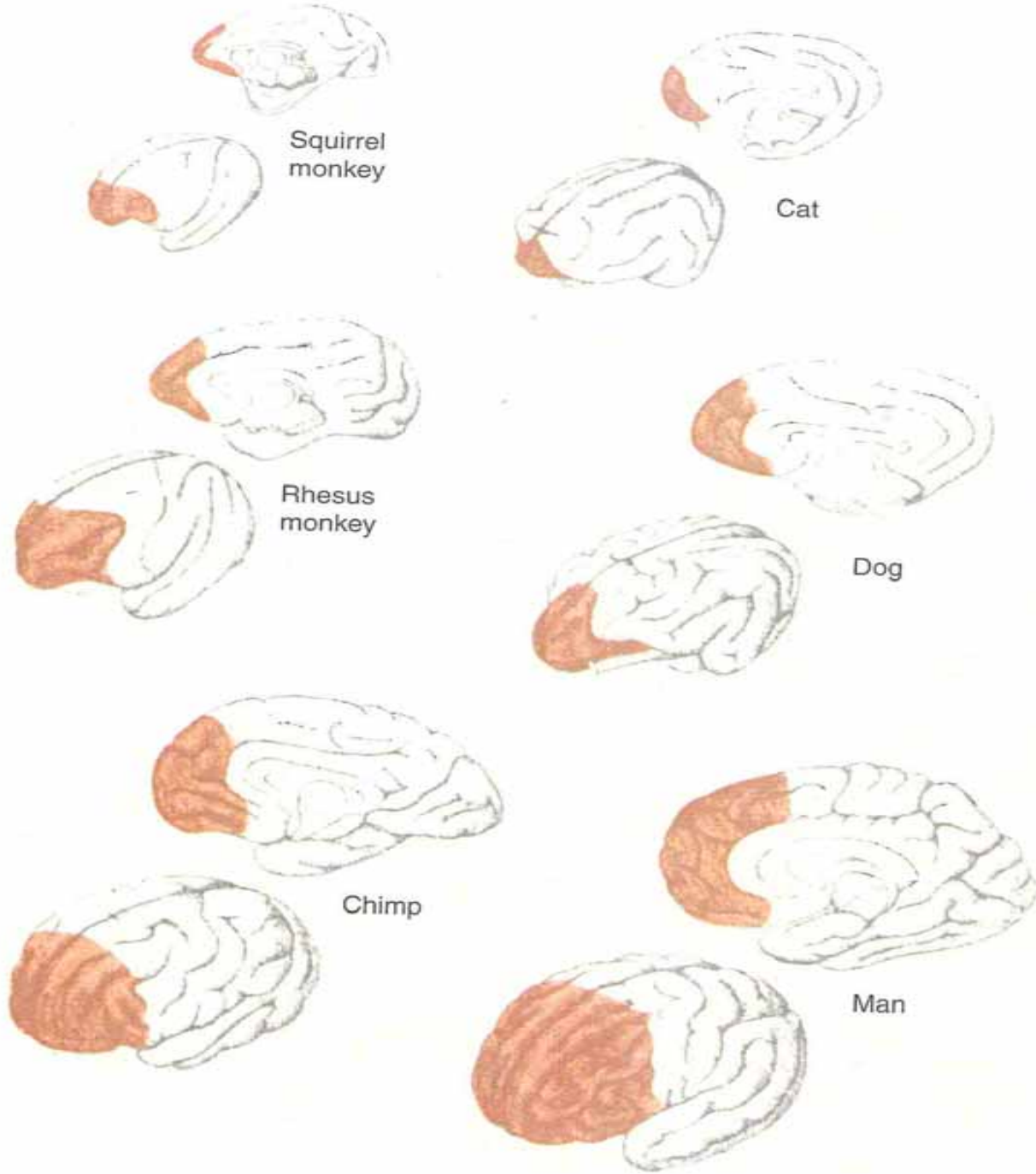
英語獲得能力の年齢依存性

(Barinaga, M., Science 288, 2116-2119, 2000)

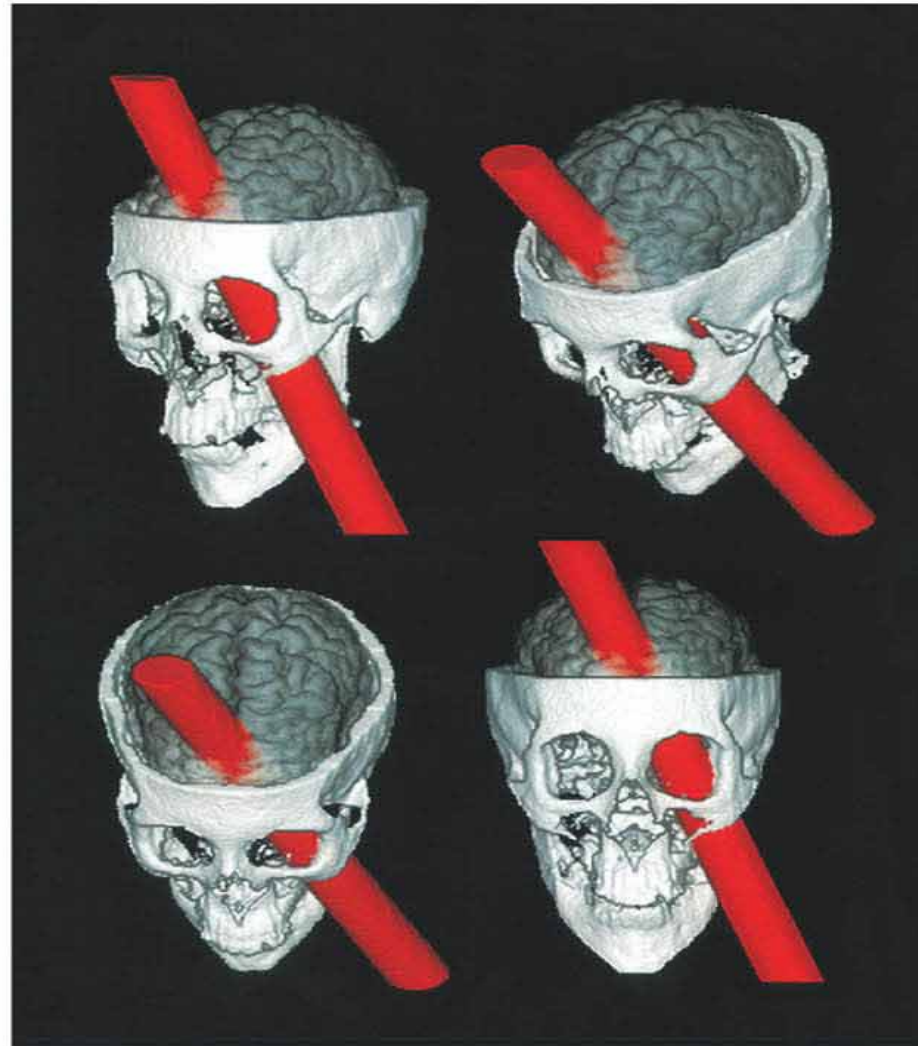


中国と韓国からの
の米国移住者
46人に対して
試験を行った。

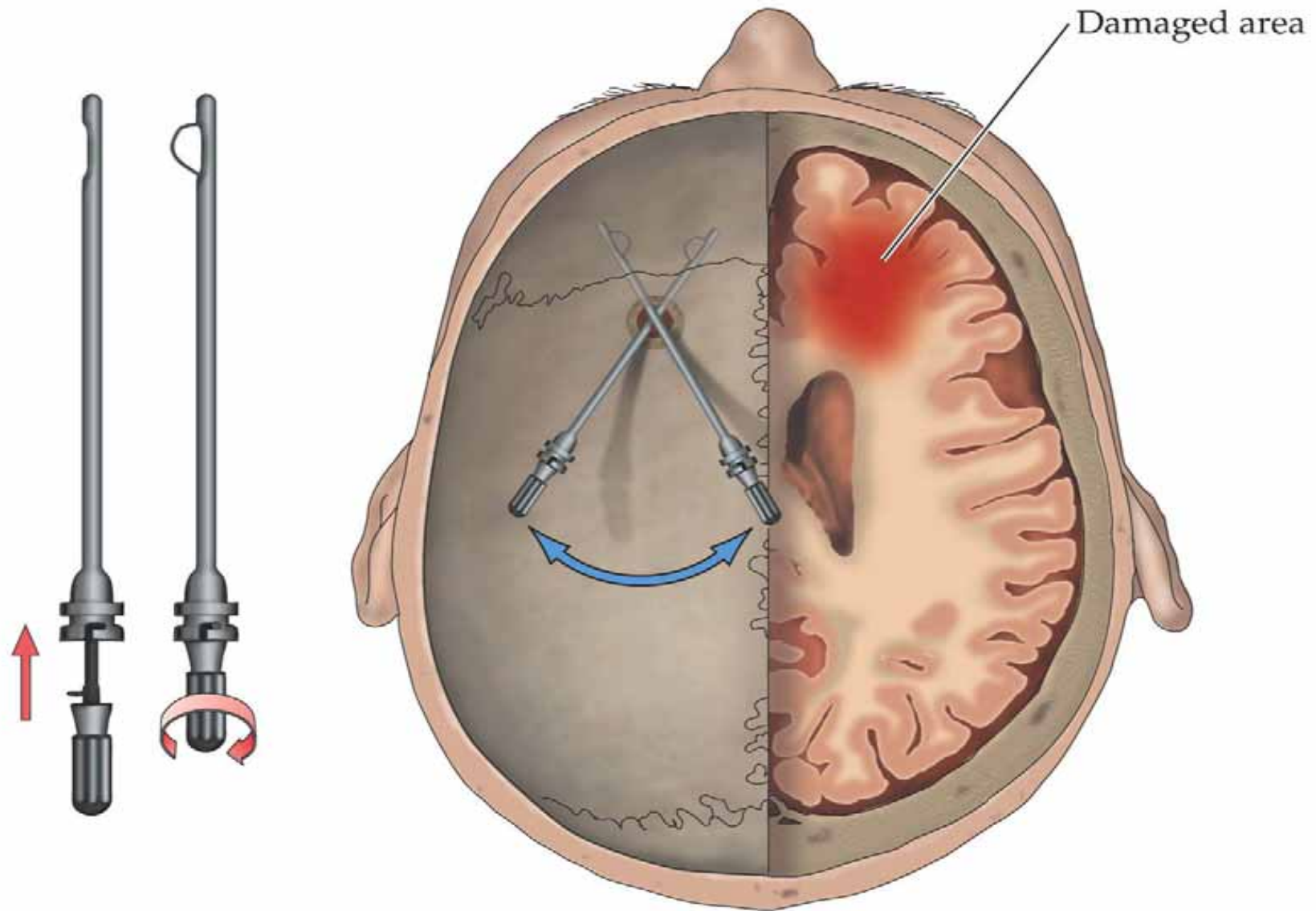
種々の動物の大脳皮質前頭 連合野



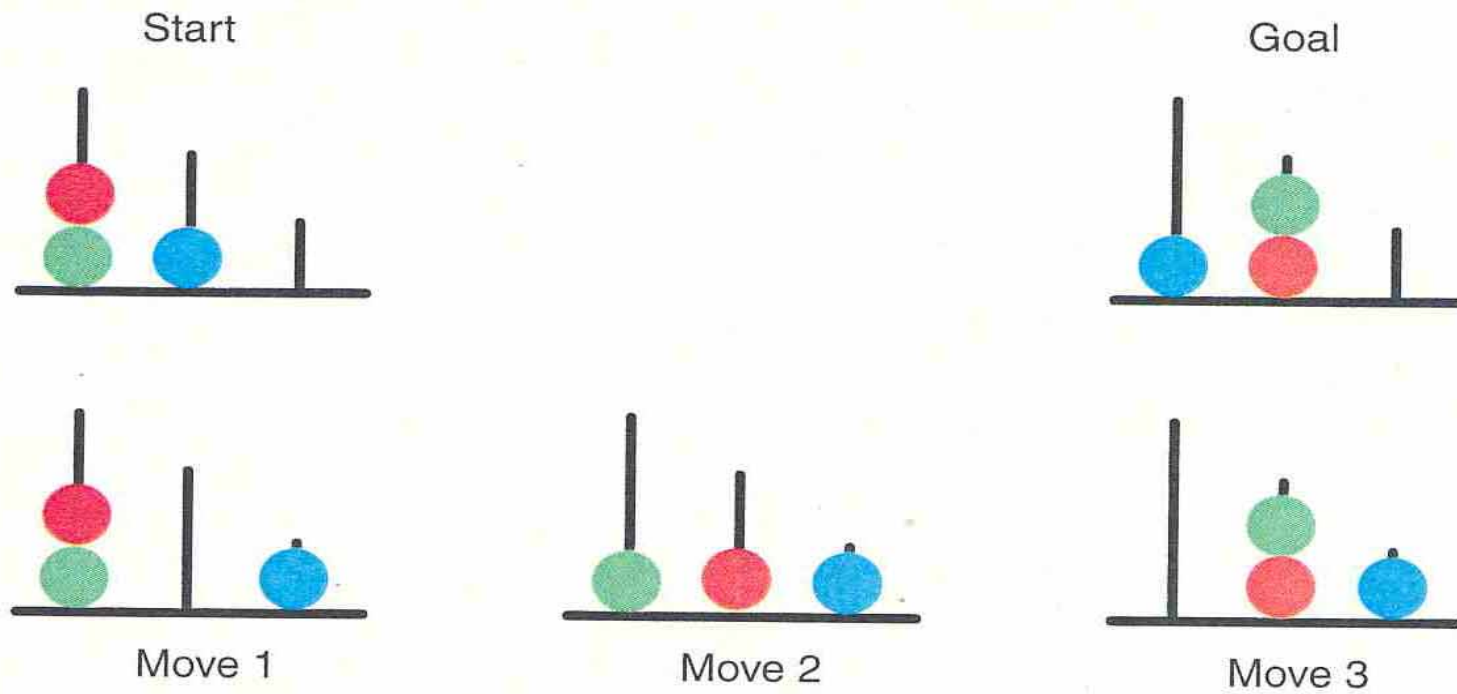
前頭連合野を損傷した症例 (P.G.)。 計画性、自発性を消失。無気力、感情の制御困難となり、衝動的になる。他人のこころの推測が不可。



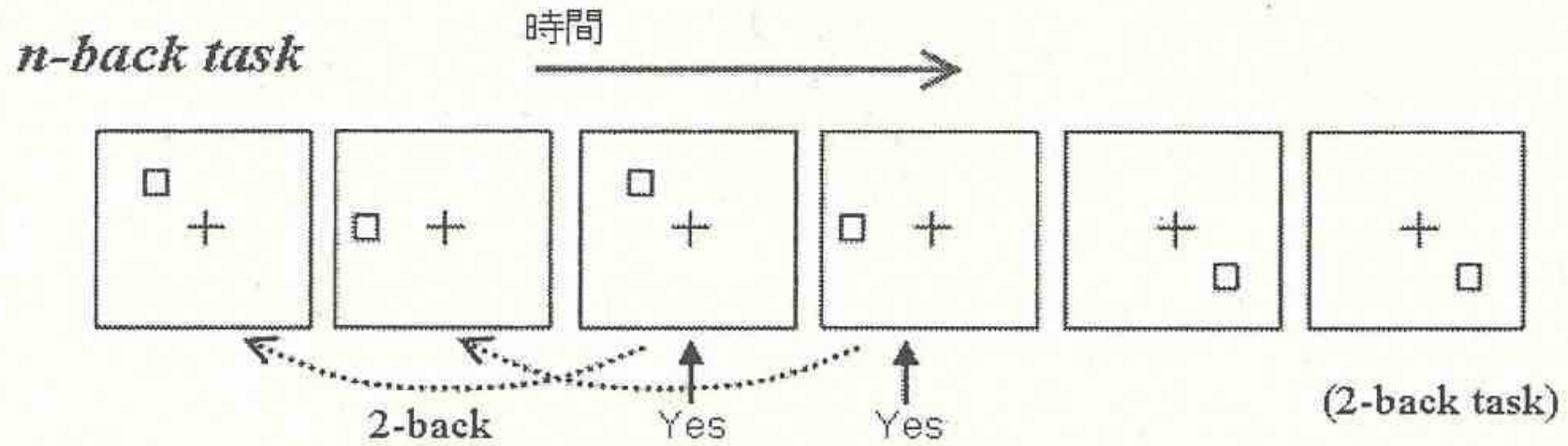
前頭葉ロボトミー (A.E. Monizが考案) 無気力 (apathy)となる²¹



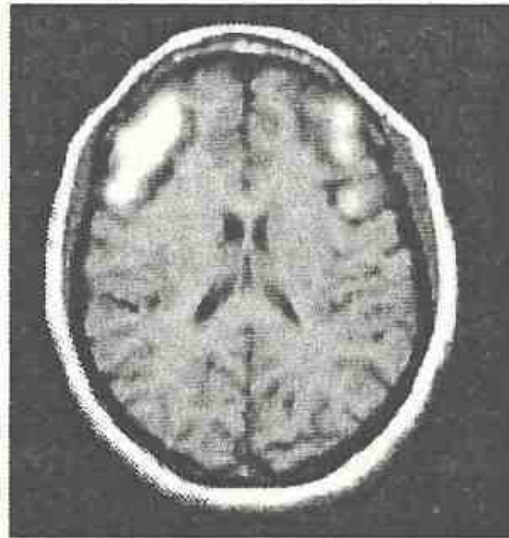
前頭連合野機能のテスト課題 - ロンドンタワー課題



ワーキングメモリー課題（視空間性2バック課題）による前頭連合野の活性化



□ 標的
+ 注視点

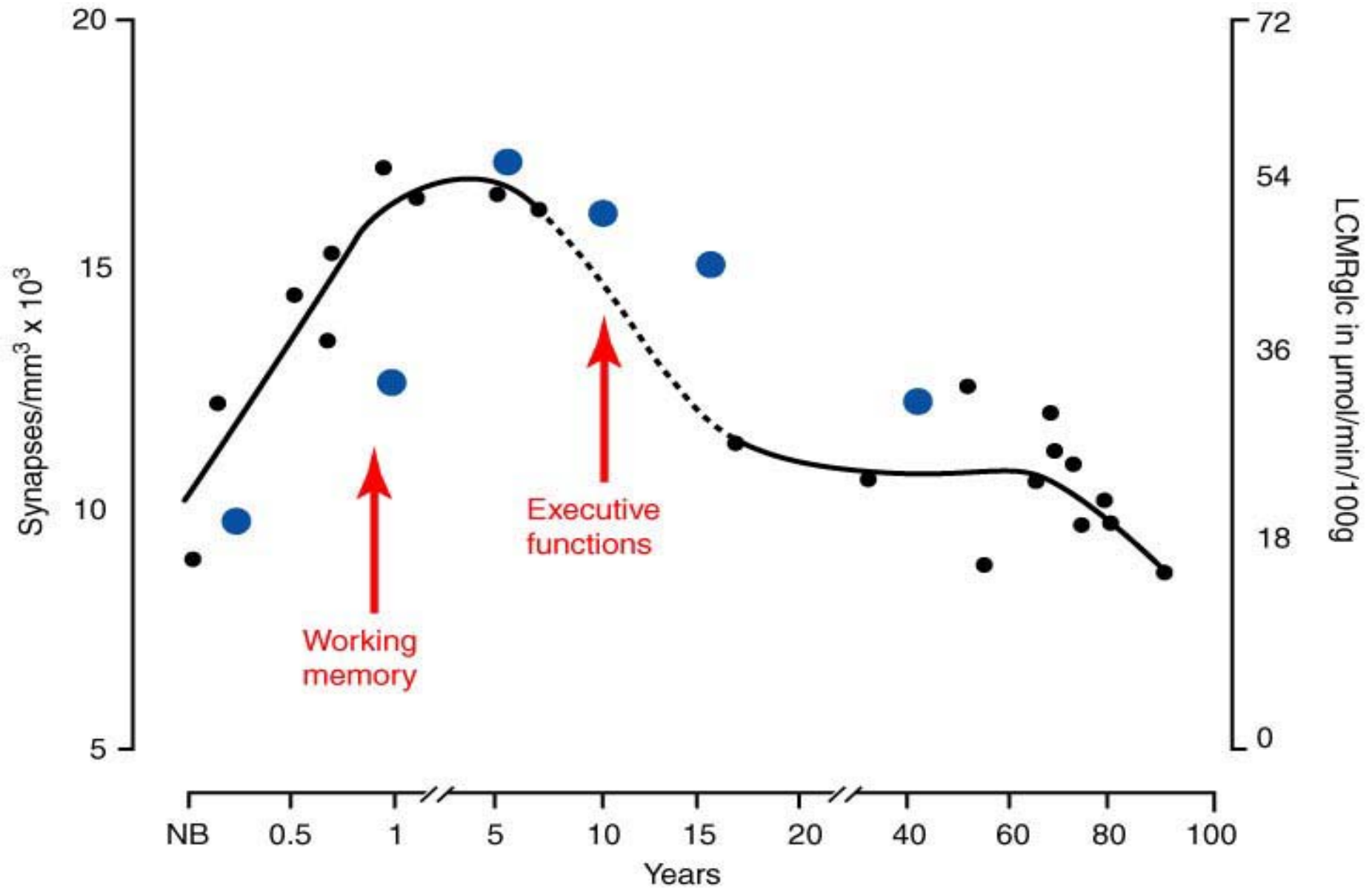


前頭連合野の機能

1. 将来への展望、計画性
2. 意欲、注意力、集中力
3. ワーキングメモリー能力(思考力、問題解決能力)
4. 感情や行動の制御
5. 好奇心、探究心
6. 他人のマインドリーディング

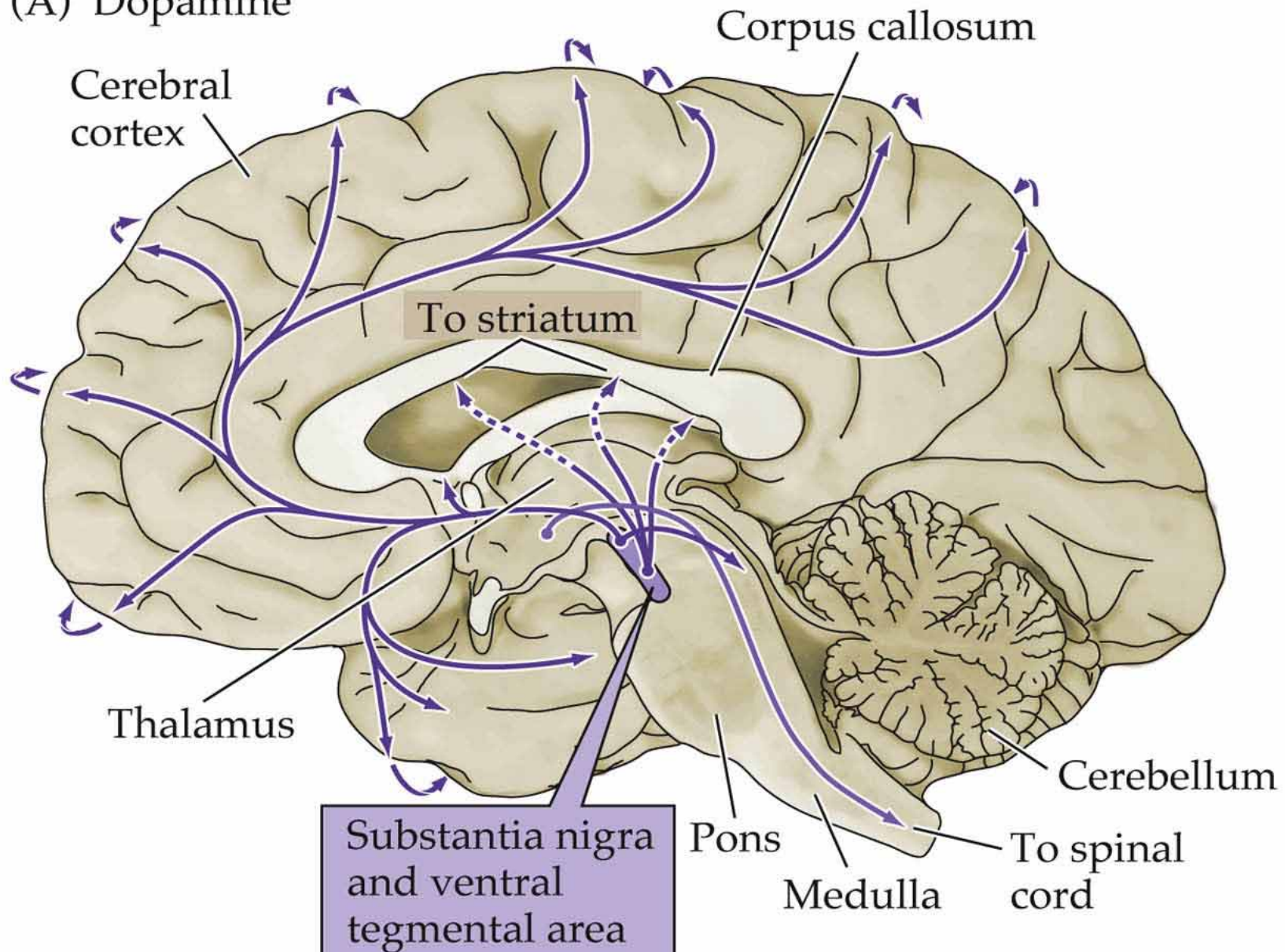
前頭葉におけるシナプス密度()とグルコース取り込み量()の変化⁵

Huttenlocker, 1990; Chugani et al., 1993



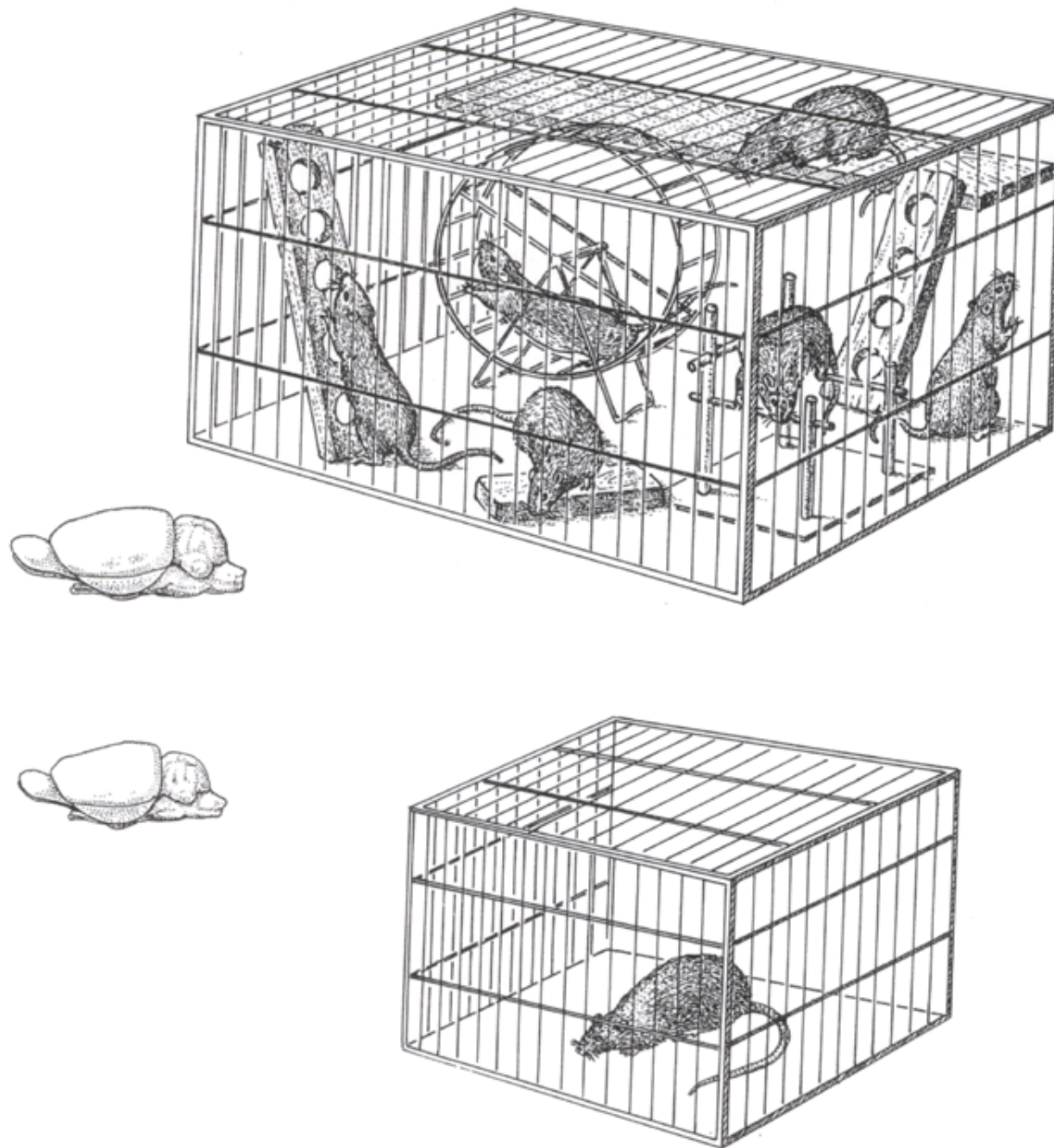
前頭葉機能を制御している脳内物質 — ドーパミン²⁶

(A) Dopamine



飼育環境と脳の大きさ

(Rosenzweig, et al., 27

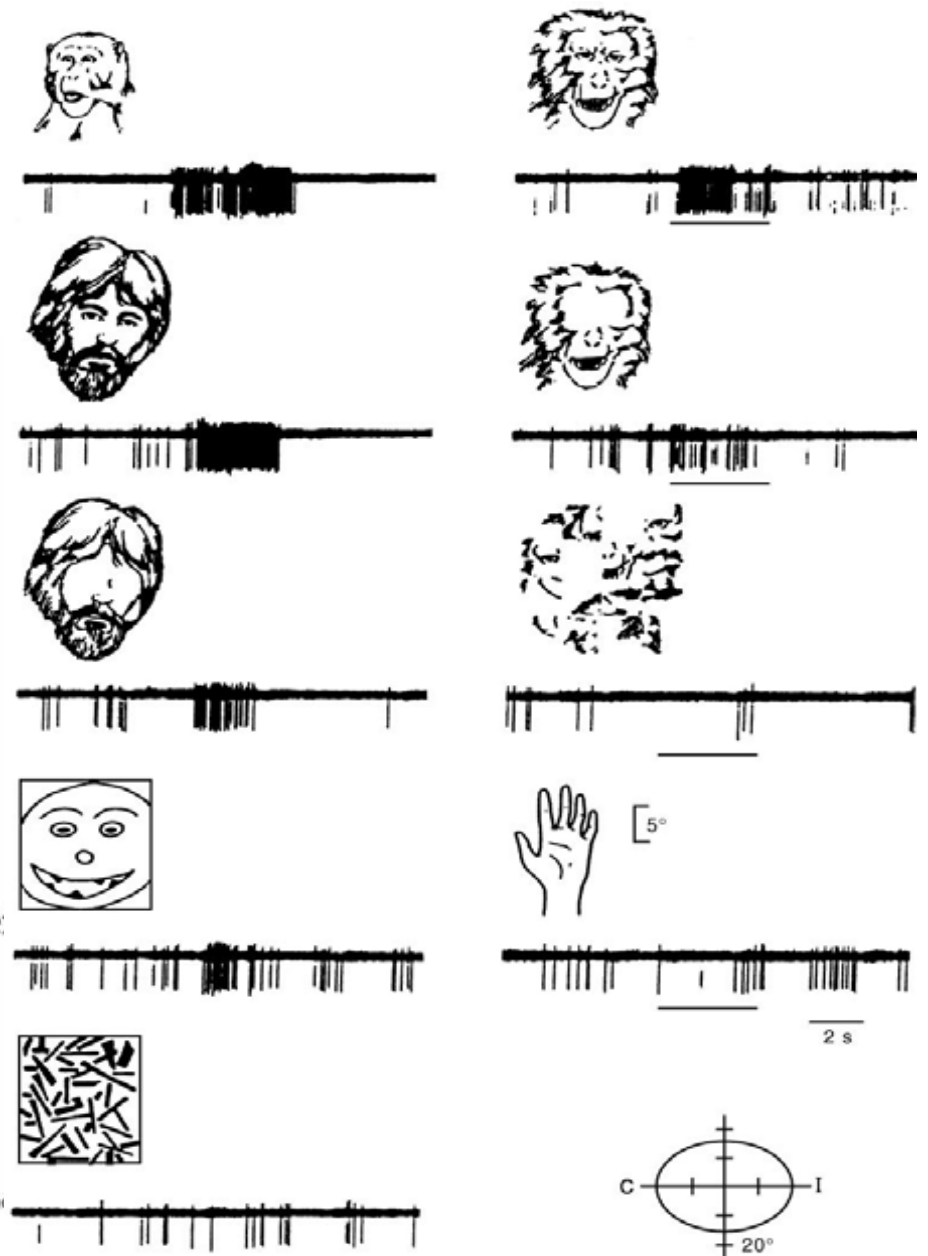
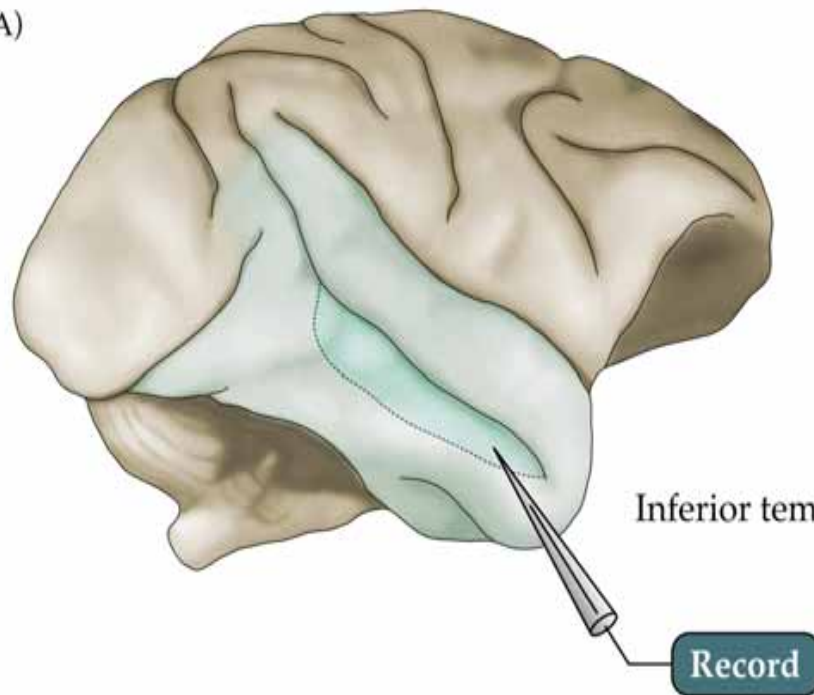


- 刺激に富み集団で遊びのできる環境は大脳皮質を厚くする可能性を示唆

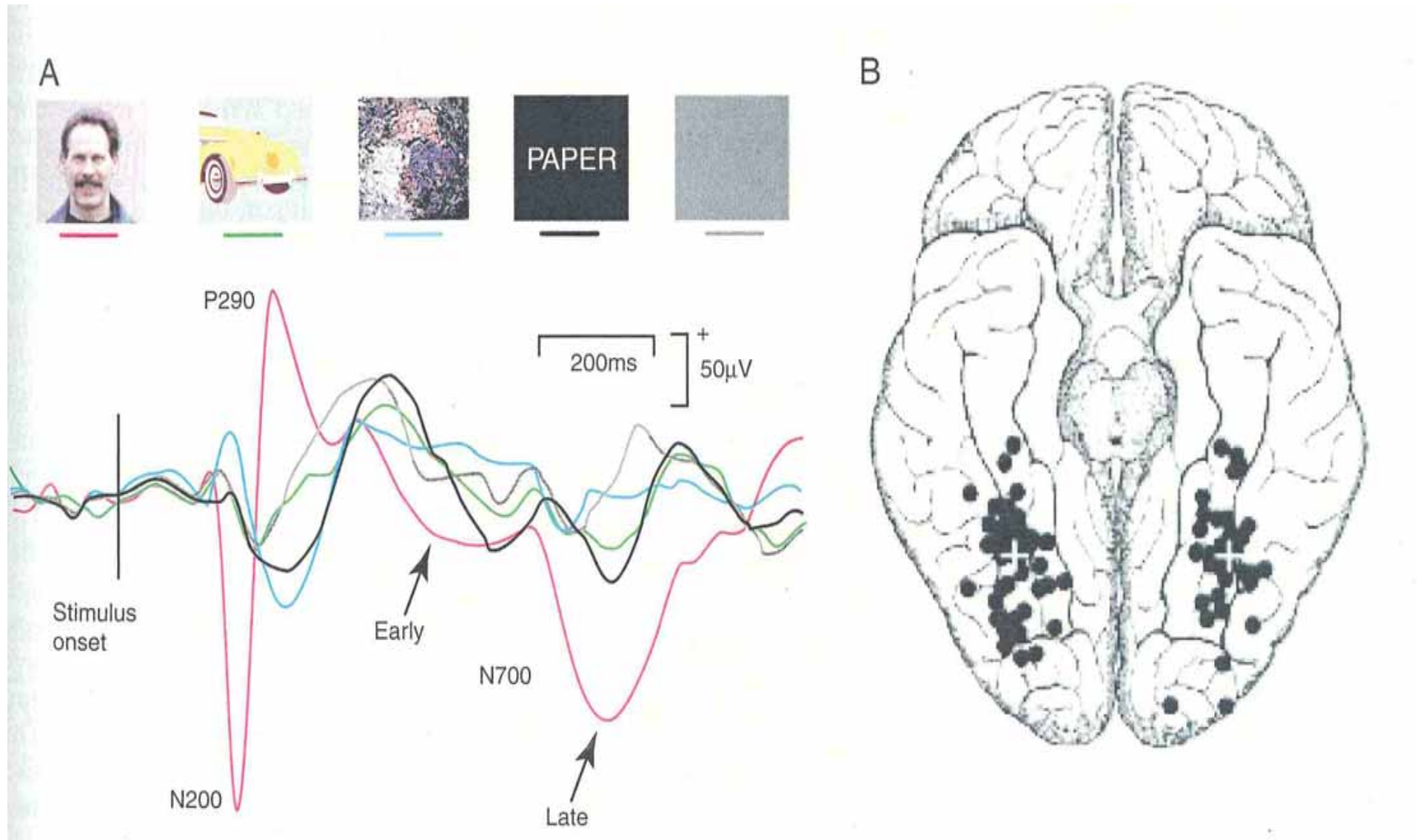
- 刺激に乏しい環境

大脳下側頭野に広く存在する顔ニューロン (顔の特徴を持つ 28 つ刺激には反応するが、他の刺激には反応しないニューロン。Bruce ら, 1981)

(A)



種々の写真を見せた時の誘発電位反応 (A) とその²⁹ 反応が得られるヒトの脳領域 (B)



face-to-face コミュニケーションはヒト
脳に組み込まれた人間関係形成の基本的
的方法

インターネット、携帯情報機器の氾濫等、
ヒト脳の基本的機能を無視した高度情報化
(IT) 社会は子どもの脳機能発達に深刻な影
響を及ぼす危険性がある。

まとめ

- 乳幼児の脳は過剰のシナプスなど余裕のある神経回路からできていて、経験、学習、訓練などによって容易に変わる。
- このような変化は臨界期（感受性期）と呼ばれる生後の一定の時期に起こり易いが、その時期は脳機能によって異なる。
- 意欲、注意力、集中力、計画性、探究心などは主に大脳皮質前頭連合野の機能と関係していると思われる。
- 前頭連合野の発達の臨界期は、視覚野より遅いが、それでも8-15歳くらいまでと思われる。前頭連合野機能の健全な発達にはそれまでの経験、学習、訓練などが重要と思われる。
- 最近の高度情報化、少子化等の日本社会の変容は本来ヒト脳に備わっている能力の正常な発達、ひいては子どもや青少年の健全な発達を損なう危険性がある。