

基礎人体科学演習

Chapter 11 The Senses

弘前大学大学院 医学研究科 脳神経生理学講座

上野伸哉

学習目標

感覚にはどんなものがあるか説明できる

受容器の具体例をあげて説明できる

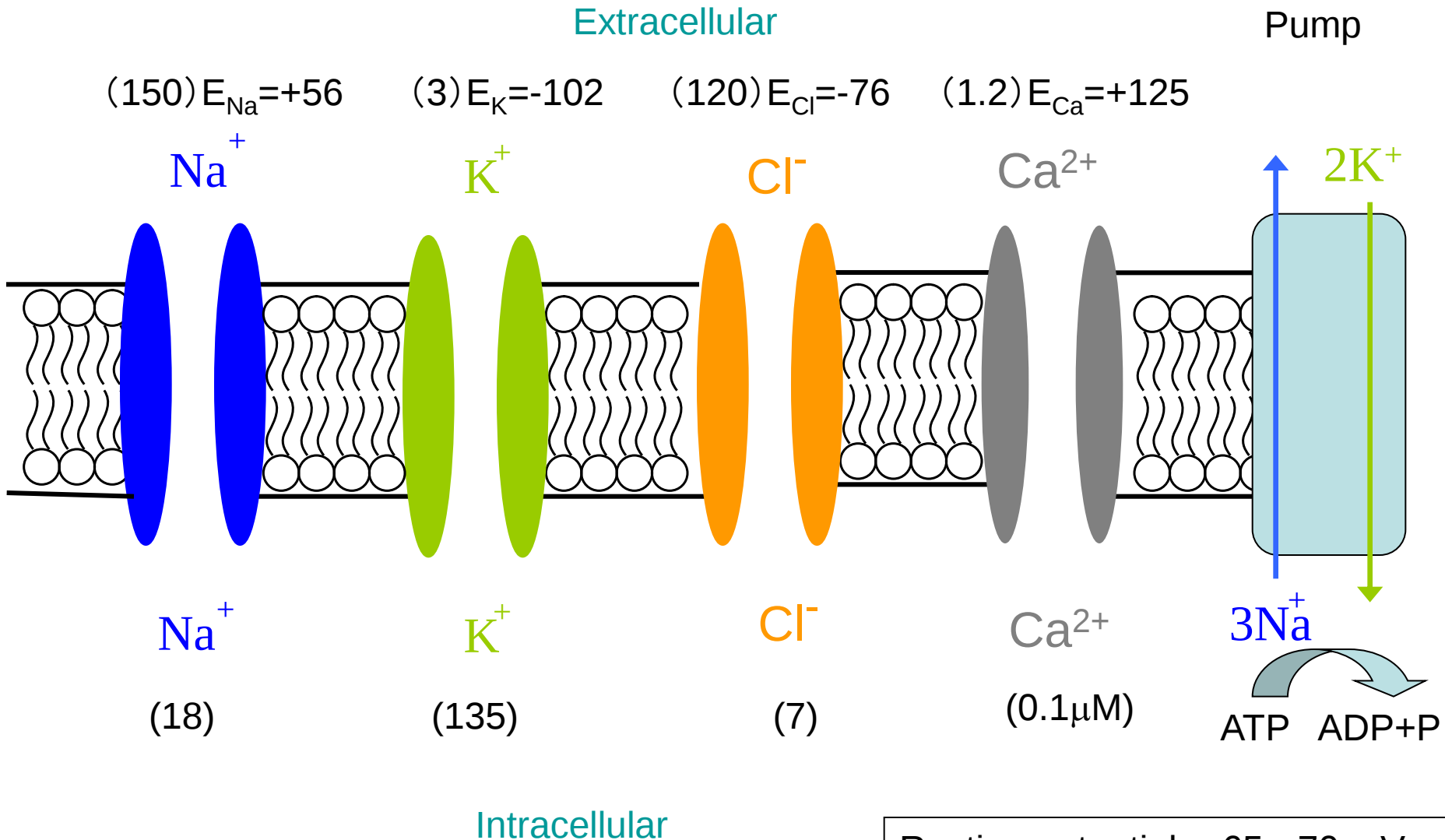
感覚伝達の経路を説明できる

神経系の分類

中枢神経系 Central Nervous system (CNS)
頭蓋骨内にある脳、脊柱管内にある脊髄

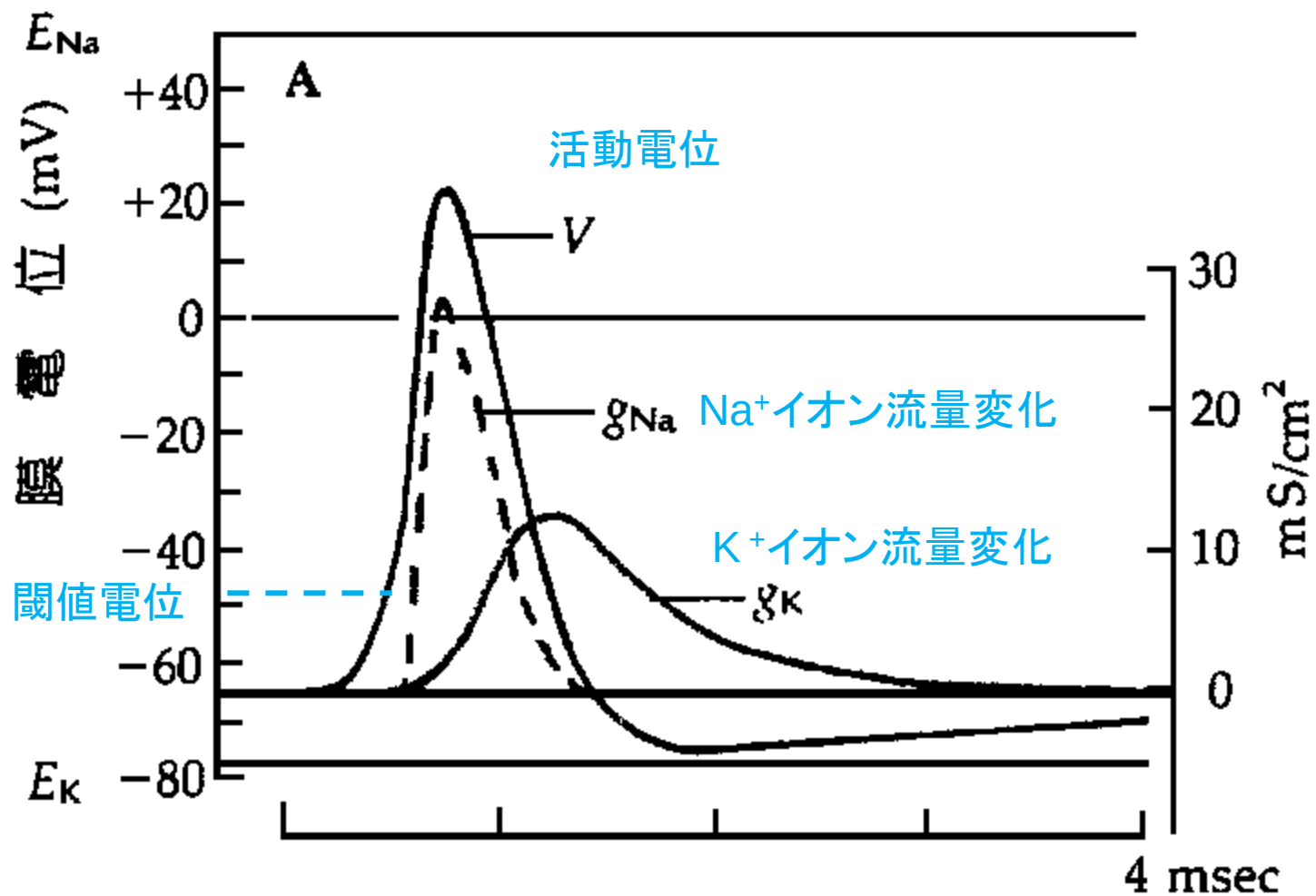
末梢神経系 Peripheral Nervous system
脳からでる12対の脳神経
脊髄からでる31対脊髄神経

神経細胞内外のイオン濃度の違い



Resting potential = -65~-70 mV

活動電位とそれを担うイオンの流れ



感覚とは

- 外界からの様々な刺激を、感覚器と呼ばれる器官の受容器で受け取る過程を感覚という。
- 受け取った感覚の種類, 性質を認識する働きを認知と呼ぶ。

感覚器

- 感覚情報を受け取り、神経へ感覚情報を伝達する器官
- 感覚受容器は、脳への情報伝達を可能にする電気信号を発生する
- この過程を感覚変換 sensory transductionという
- 末梢神経の一部もしくは、感覚受容器として別個の細胞からなる

刺激の種類と対応する受容器

- 光 視覚器
- 音 聴覚器
- 化学物質 嗅覚器・味覚器
- 機械刺激 触覚器・圧覚器・痛覚器
- 温度刺激 温覚器・冷覚器
- 加速度 平衡感覚器

感覚受容器

感覚受容器は外界のエネルギーを神経情報に変換する

化学受容器

味覚 嗅覚 侵害受容器(皮膚)

頸動脈小体の化学受容器

(血液中のCO₂ O₂ pH)

感覚の種類

- 体性感覚
- 内臓感覚
- 特殊感覚

脳機能における感覚機能

生体

脳 機 能

外的刺激 ⇒

感
覚
機
能

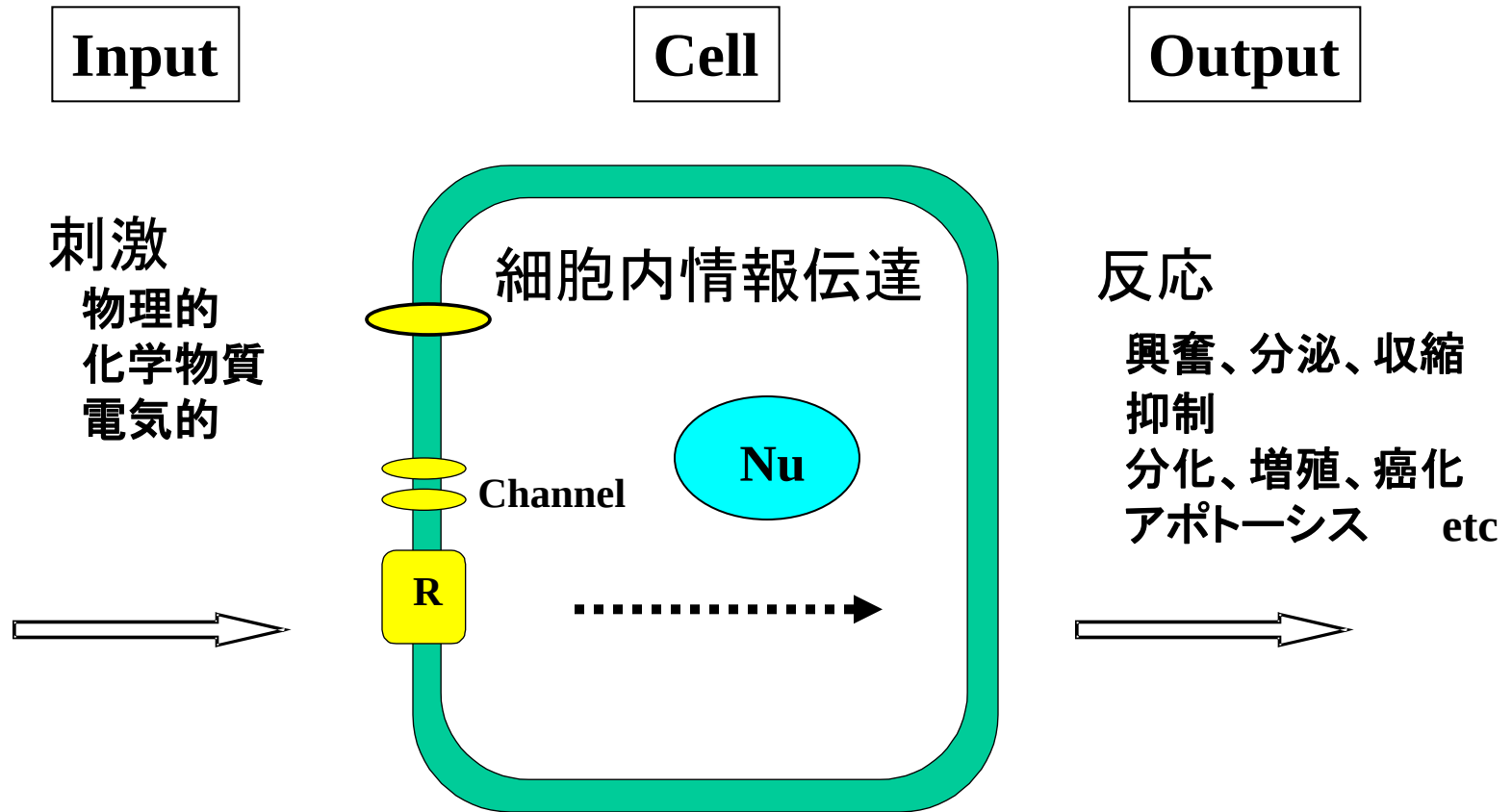


情
報
処
理
判
断



運
動
機
能

細胞を介する情報伝達



感覚の分類

特殊感覚

嗅覚 視覚 聴覚 平衡感覚 味覚

体性感覚

表在覚

触覚 痛覚 温度覚

深部覚

振動覚 関節覚(位置覚、運動覚) 深部痛覚(圧痛覚)

内臓感覚

臓器感覚 吐き気など

内臓痛覚

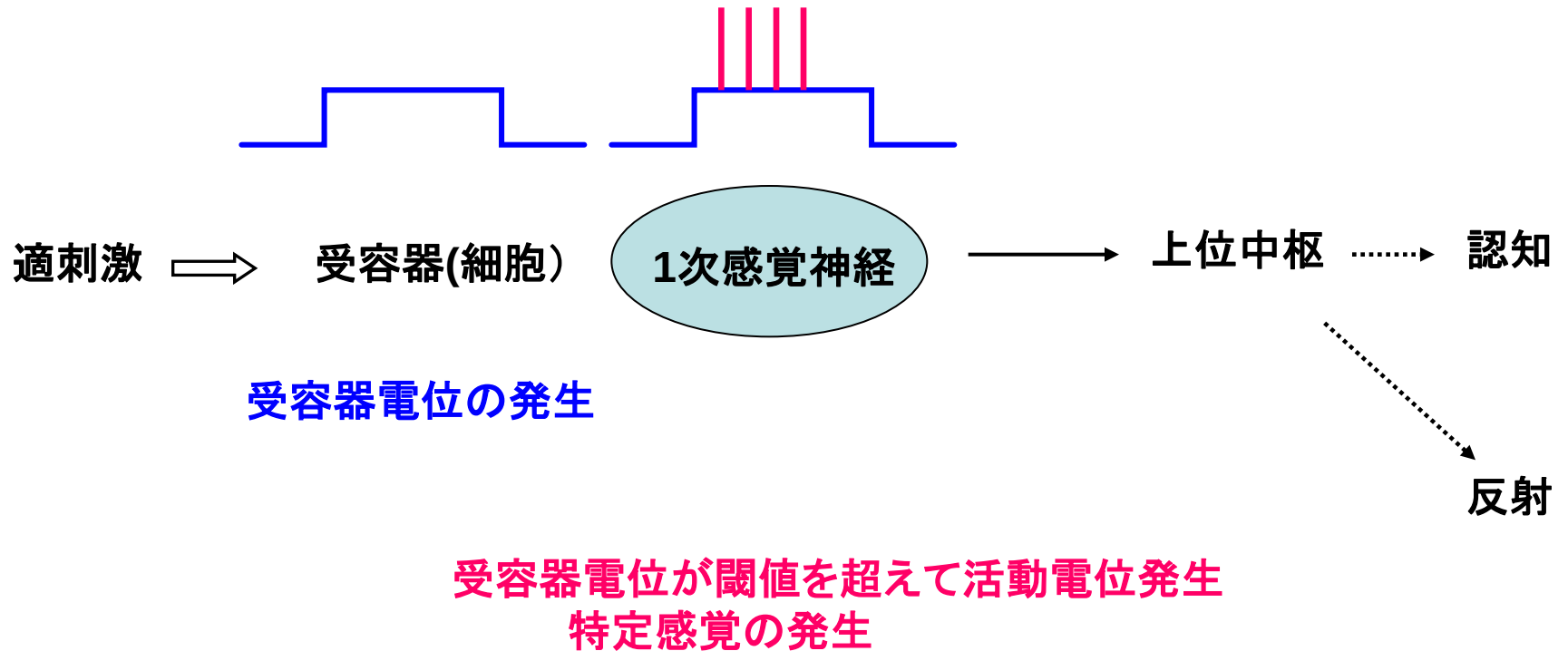
一般感覚

口渇 空腹 疲労 性欲

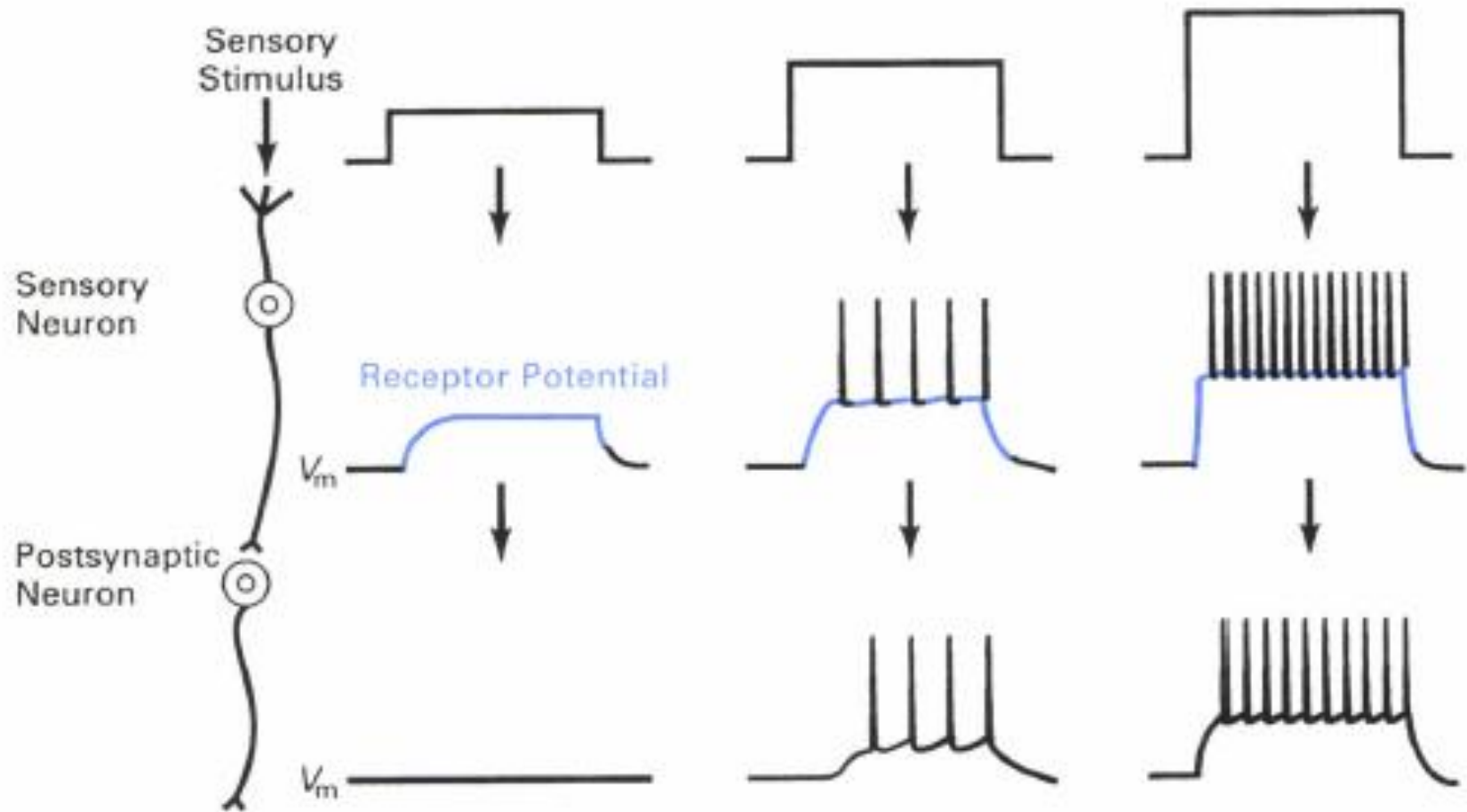
感覚の特徴

- 感覚のそれぞれに適合した刺激，適刺激がある。
例）視覚----光，聴覚----音
- 電気刺激は，どのような感覚器の受容器（細胞）も刺激することが可能である。
- 感覚器の適刺激による活性化は、大脳に至って，それぞれの感覚として知覚される。
- 感覚の投射：感覚を感じるのは刺激のある場所である。
例）痛み---痛み刺激を受けた皮膚の部位に感じる

感覚器における情報伝達



受容体電位およびA-D変換



受容器電位と閾値の例

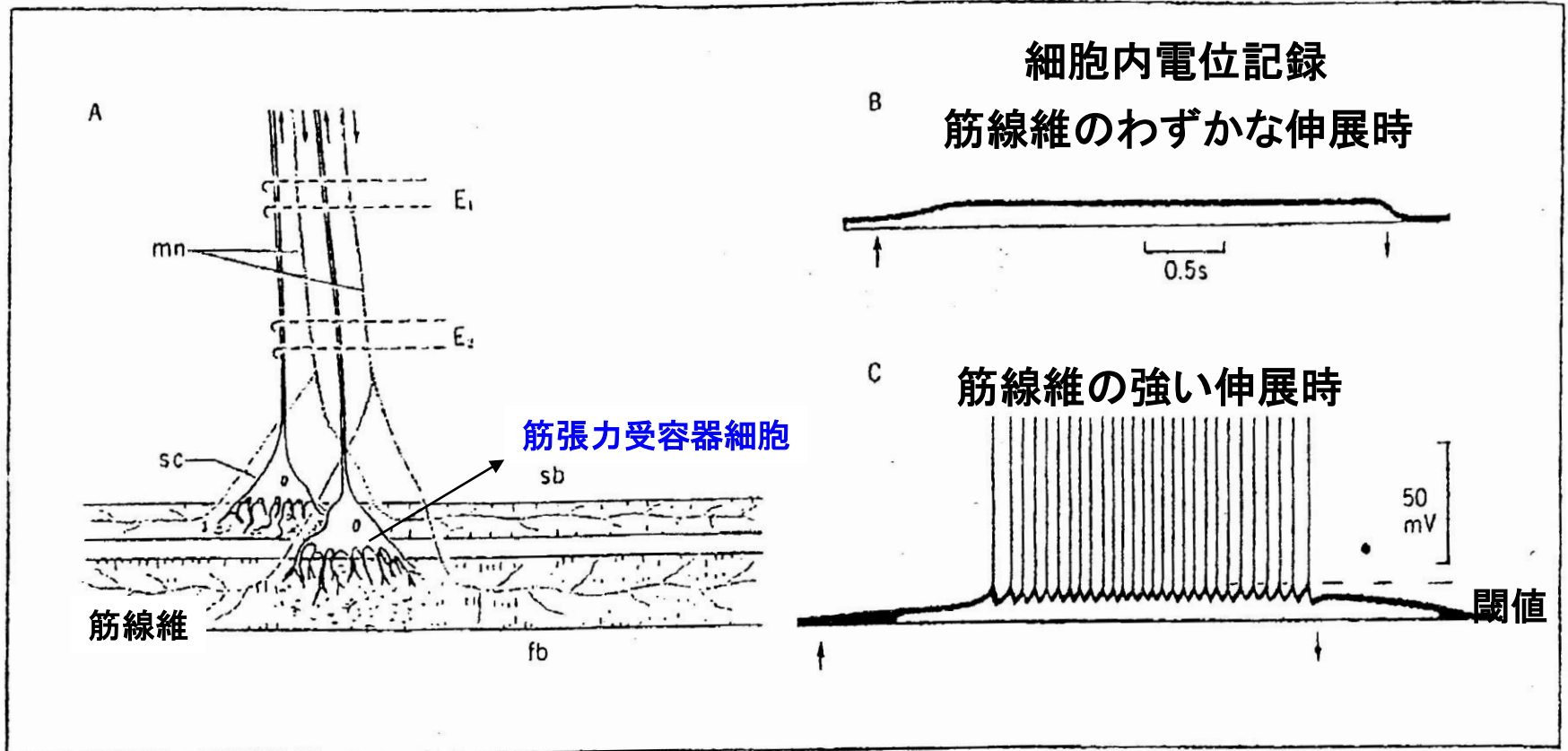


図 7-1 筋張力受容器の筋伸展に対する反応

感覚受容細胞

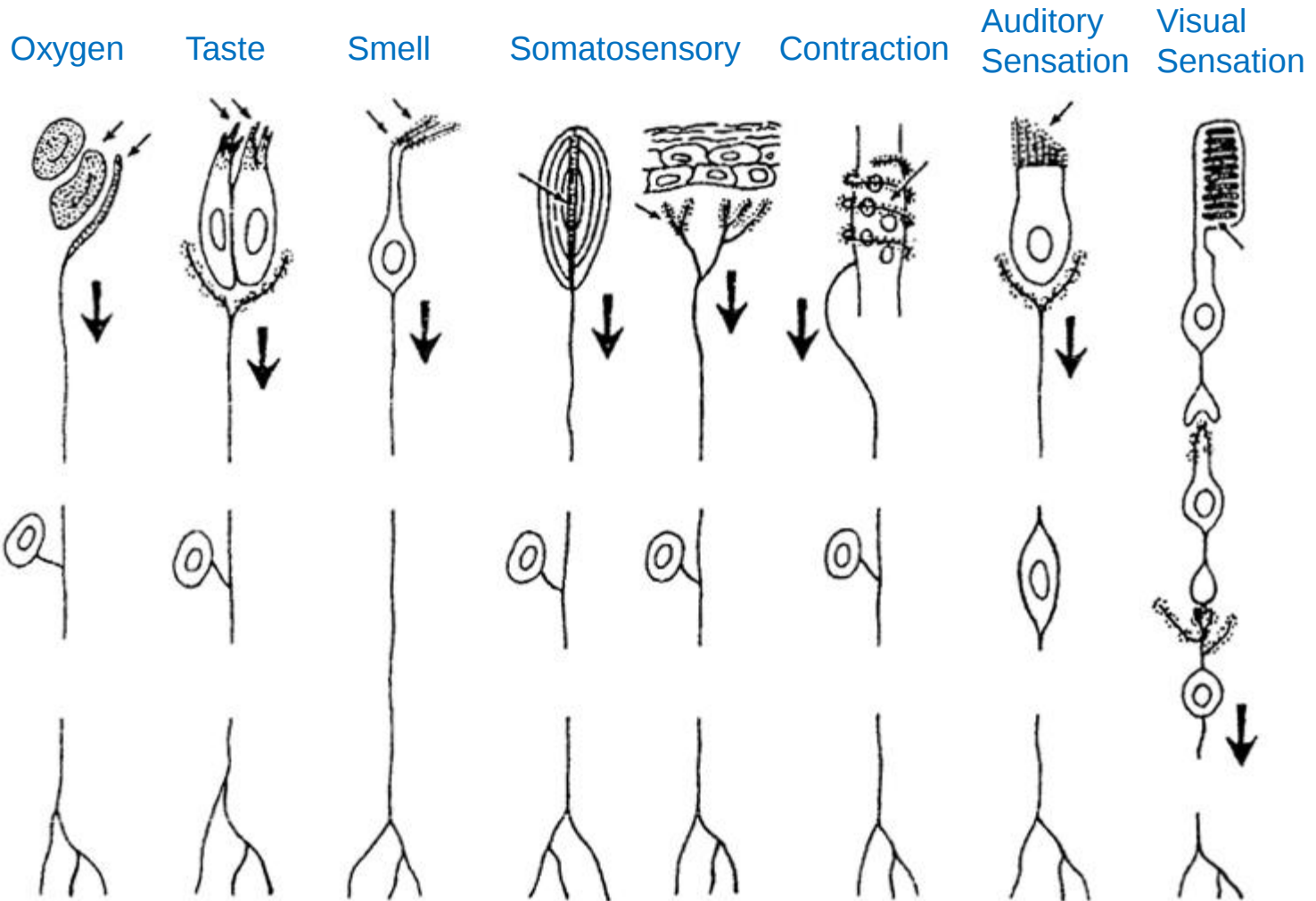
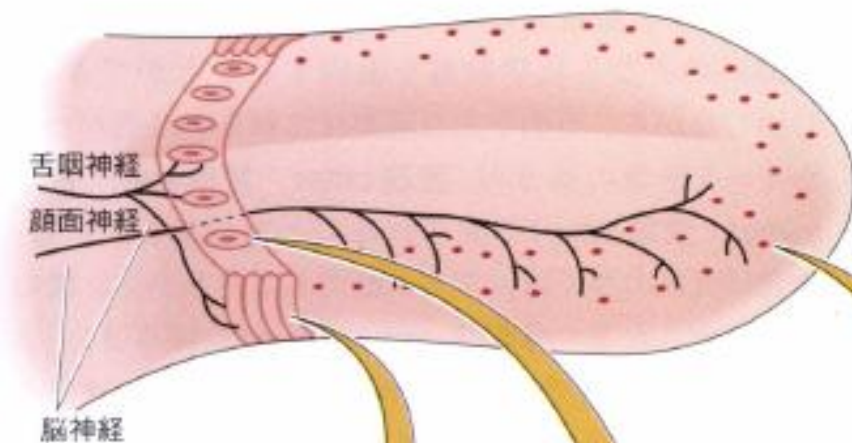


図 10.1 脊椎動物に見られるいろいろな種類の感覚受容細胞。小さな矢印は感覚刺激の作用部位を示す。点打ちした部分は感覚刺激の情報変換部位とシナプス伝達のおこる部位。この両部位で漸次的な信号伝達が行なわれる。大きな矢印はインパルス始発部位。(Bodian, 1967 より)

味覚

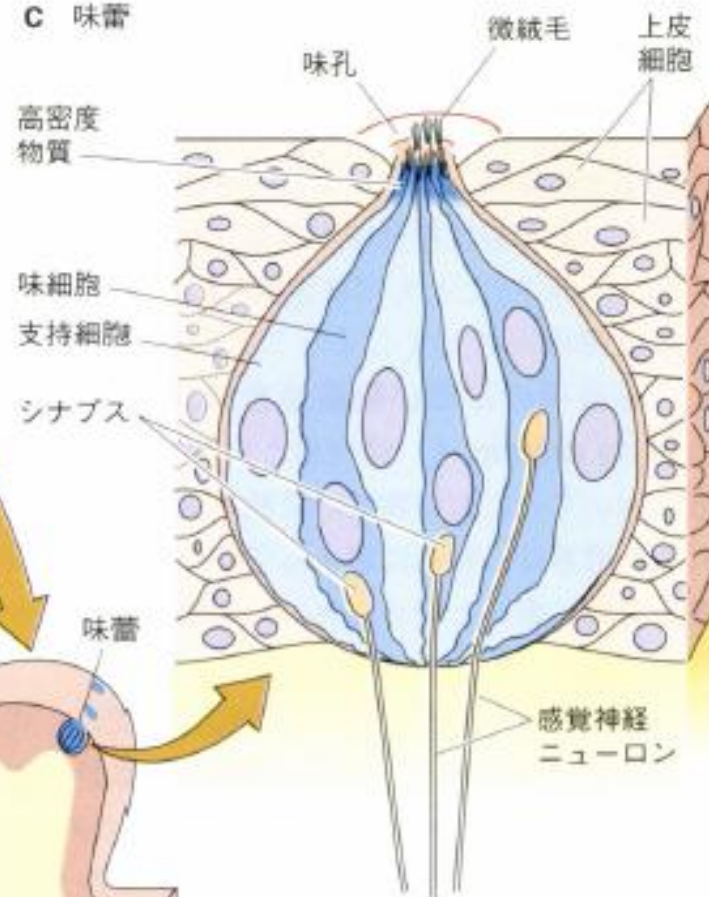
A 舌



B 乳頭のタイプ



C 味蕾



5つの基本味

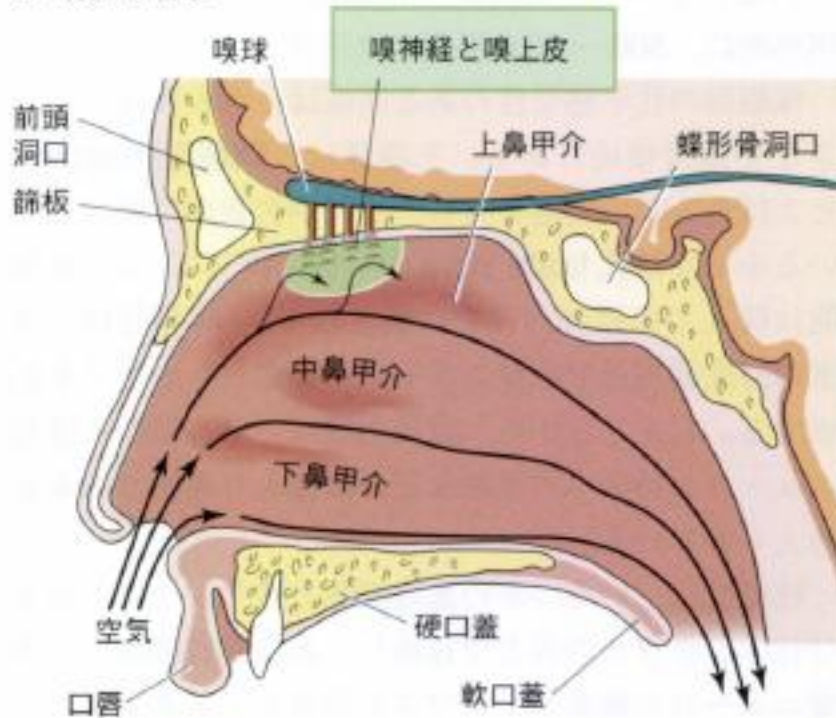
苦味	bitter
塩味	salt
甘味	sweet
酸味	sour
うま味	umami

味覚情報はこれら基本味の強さの組み合わせ

ヒトの認識する物の味は、
味覚＋嗅覚＋触覚＋温度＋辛みの感覚の複合したもの

嗅覚

A 鼻腔と嗅球



B 嗅上皮

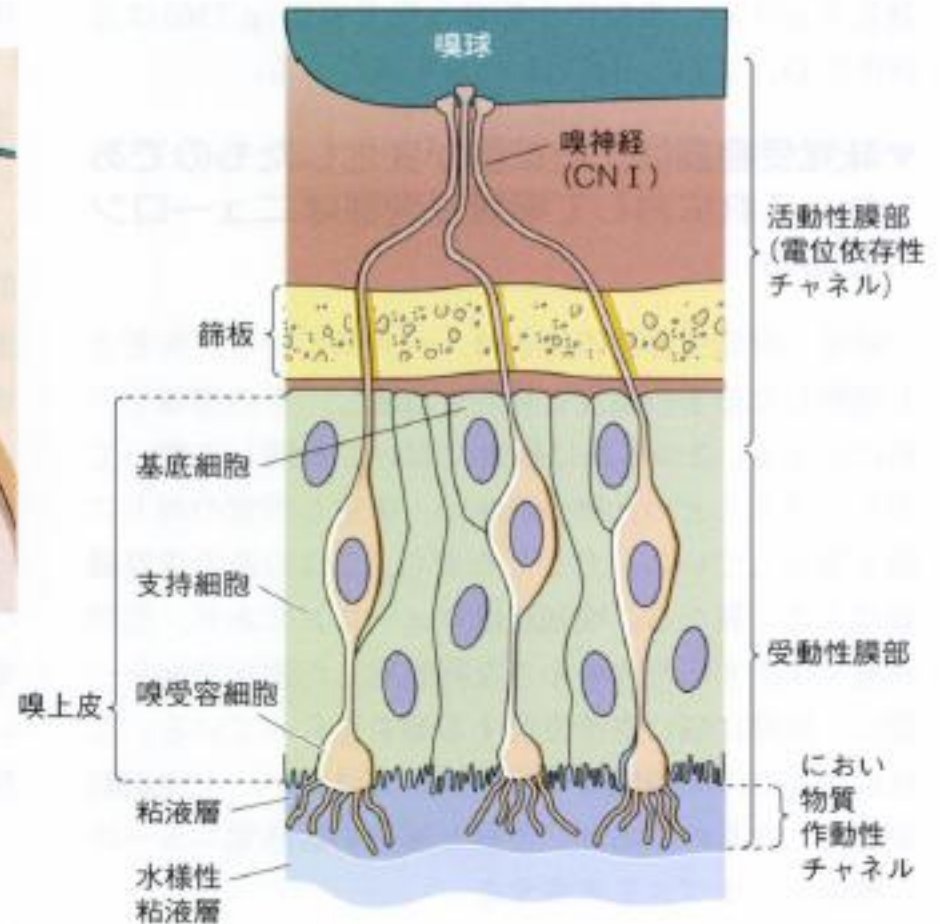


図 13-2 においの受容

受容器電位および活動電位

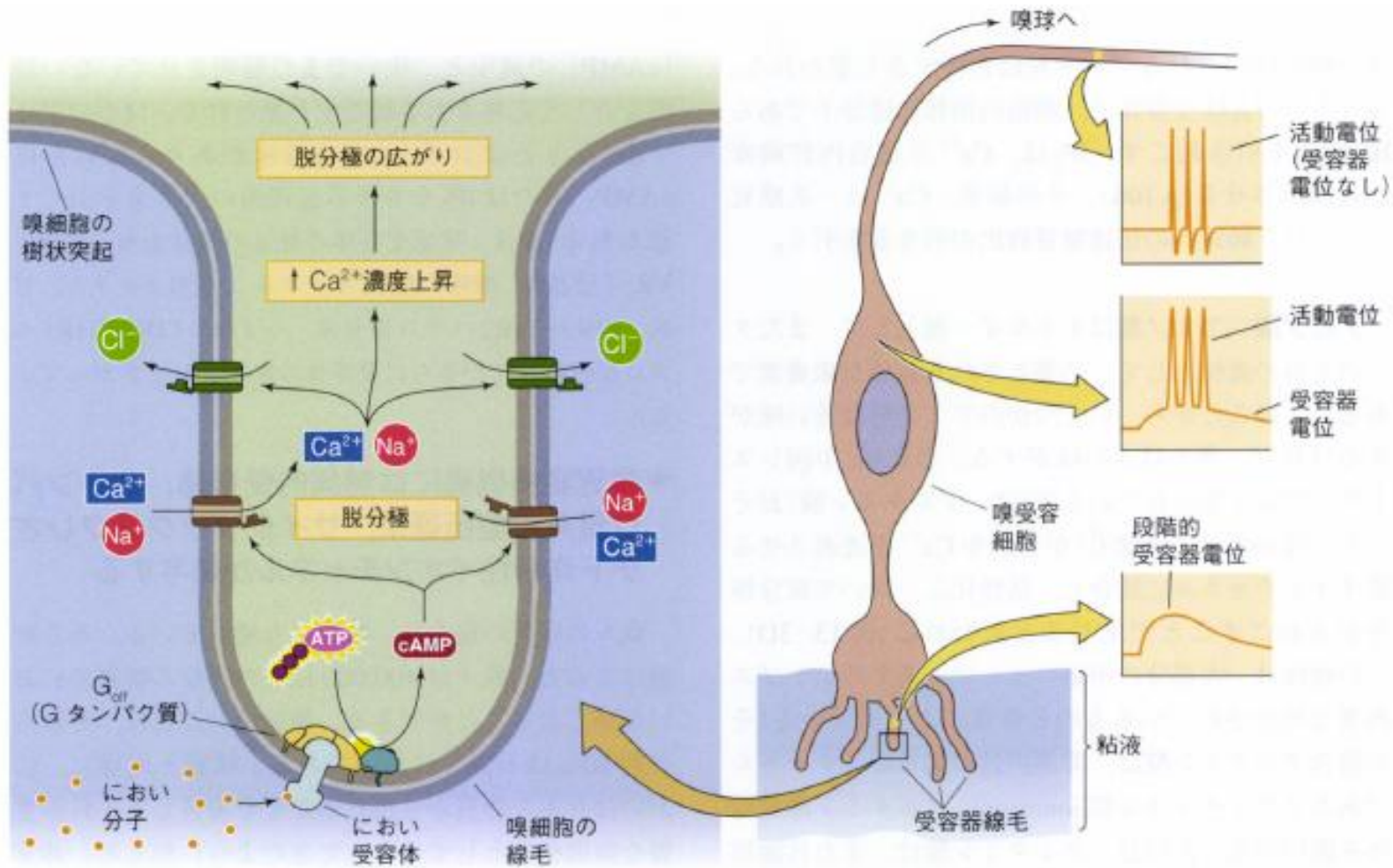
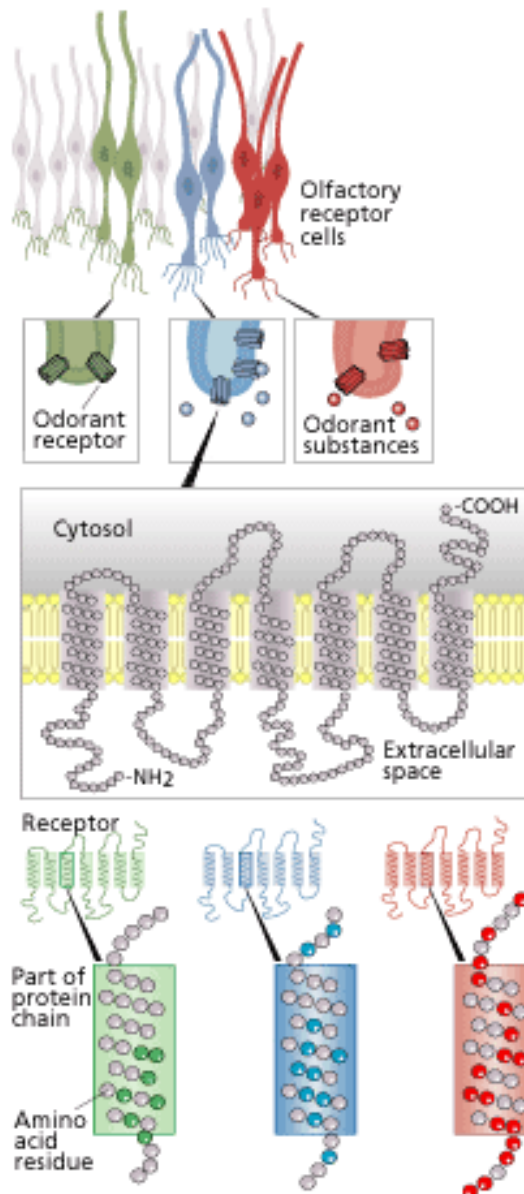


図 13-4 嗅覚の細胞機構。ATP：アデノシン三リン酸、cAMP：サイクリックアデノシンリン酸



A large family of odorant receptors

Richard Axel and Linda Buck published their fundamental paper in 1991, in which they described the genes coding for a large family of odorant receptors.

The odorant receptors are located on the olfactory receptor cells in the nasal cavity. Each olfactory receptor cell expresses only one type of odorant receptor, and each receptor can detect a limited number of odorant substances.

The olfactory receptor

Each receptor consists of a protein chain that traverses the cell membrane seven times.

When an odorant substance attaches to an olfactory receptor, the shape of the receptor protein is altered, leading to a G protein activation.

An electric signal is triggered in the olfactory receptor neuron and sent to the brain via nerve processes.

Small variations

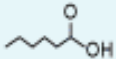
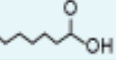
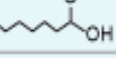
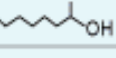
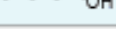
All odorant receptors are related proteins and differ only in some amino acid residues (indicated in green, blue and red).

The subtle differences in the protein chains explain why the receptors are triggered by different odorant molecules.

Combinatorial receptor codes

The odorant receptor family is used in a combinatorial manner to detect odorants and encode their unique identities. Different odorants are detected by different combinations of receptors and thus have different receptor codes. These codes are translated by the brain into diverse odour perceptions.

The immense number of potential receptor combinations is the basis for our ability to distinguish and form memories of more than 10,000 different odorants.

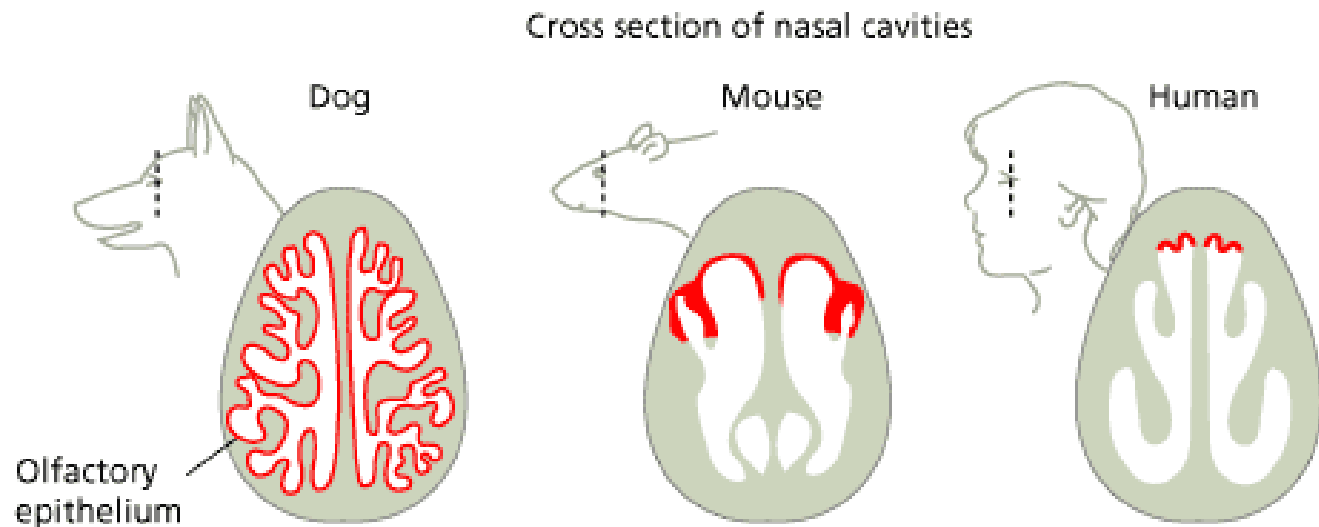
Odorant receptors															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Description
A 															rancid, sour, goat-like
B 															sweet, herbal, woody
C 															rancid, sour, sweaty
D 															violet, sweet, woody
E 															rancid, sour, repulsive
F 															sweet, orange, rose
G 															waxy, cheese, nut-like
H 															fresh, rose, oily floral

MODIFIED AFTER LINDA BUCK AND COLLEAGUES IN CELL VOL 96, MARCH 5, 1999

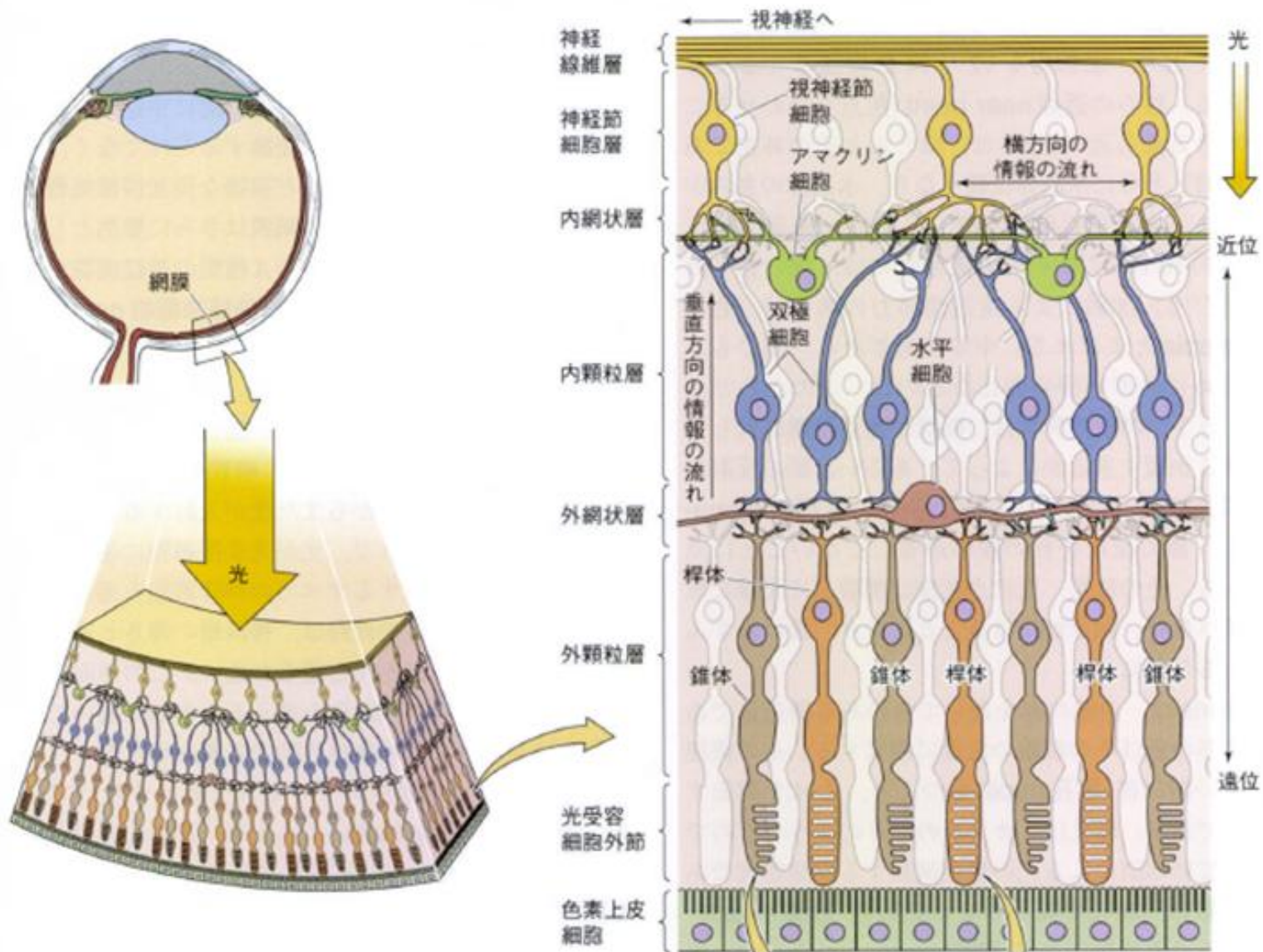
Species differences

The area of the olfactory epithelium (red) in dogs is some forty times larger than in humans. Mice – the species Axel and Buck studied – have about one thousand different odorant receptor types.

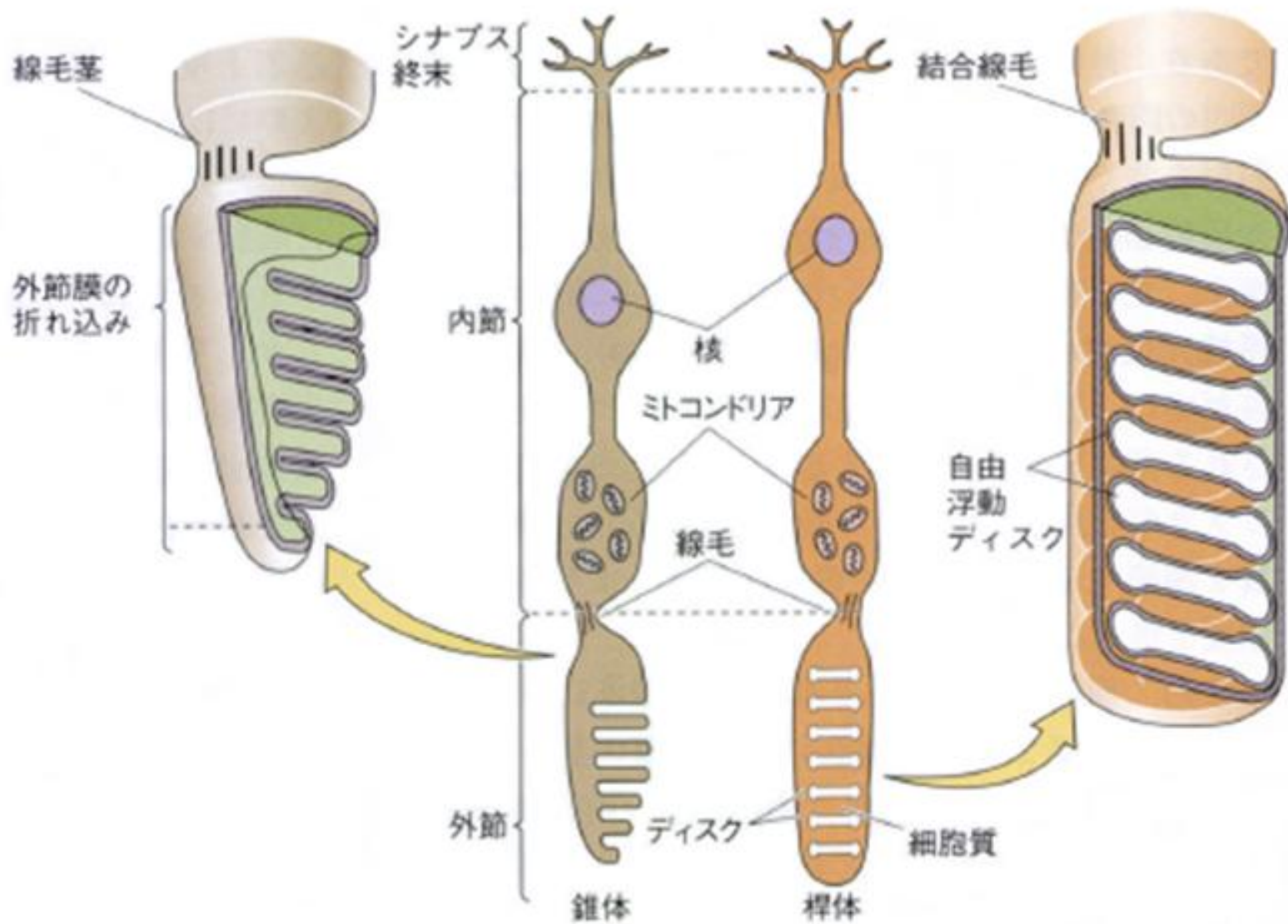
Humans have a smaller number than mice; some of the genes have been lost during evolution. There are several millions of olfactory receptor cells in our olfactory epithelium.

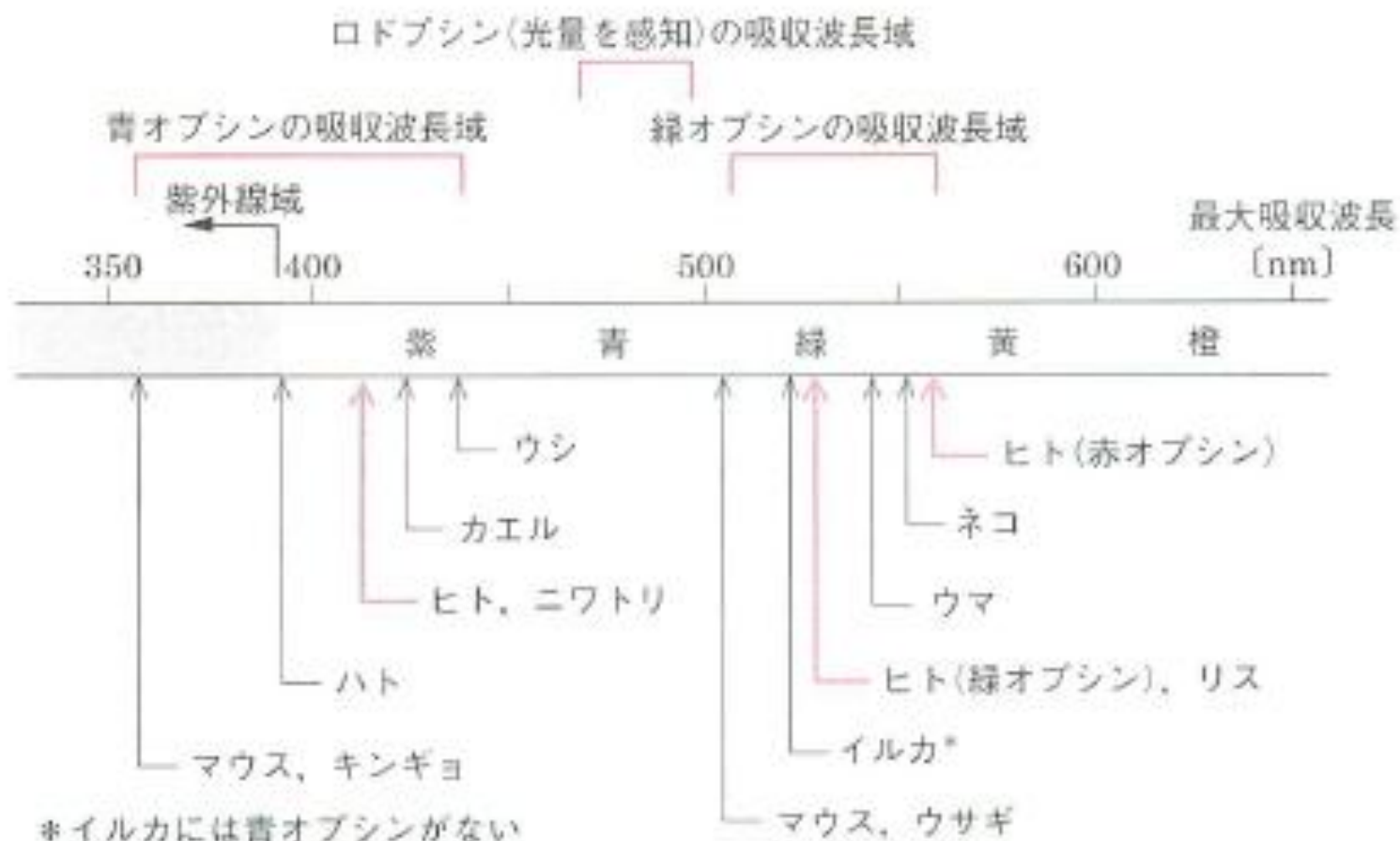


視覚 網膜の構造



視細胞

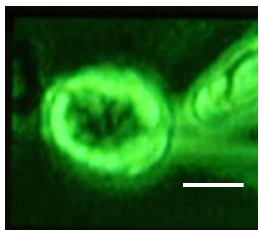
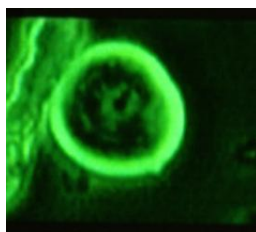
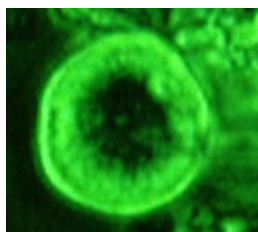




●オプシン吸収波長の動物による違い

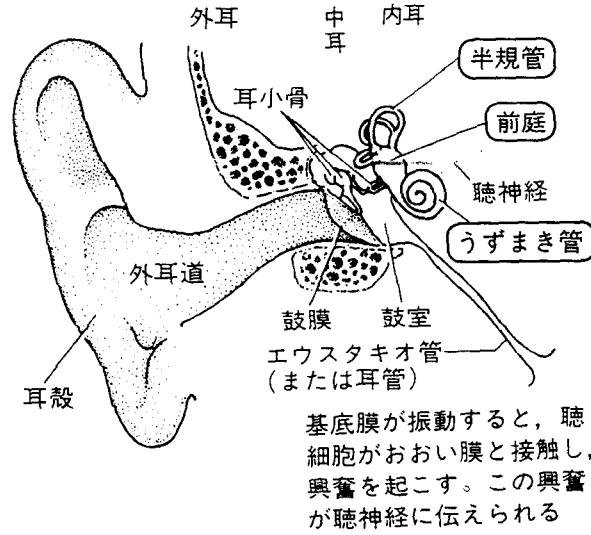
一次感覚神経である後根神経節(DRG)細胞の形態と機能

Fiber	Myelination	Diameter (μm)	Conduction velocity (m/s)	Soma size (μm) (cross-section)
A β	myelinated	>5	> 20	38 (32-43)
A δ	thinly myelinated	1-5	< 20	30 (18-38)
C	unmyelinated	0.3-1.5	< 2	23 (20-28)

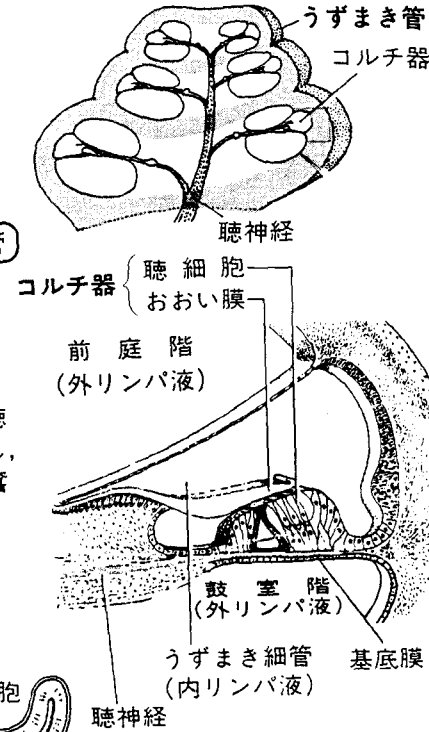


10 μm

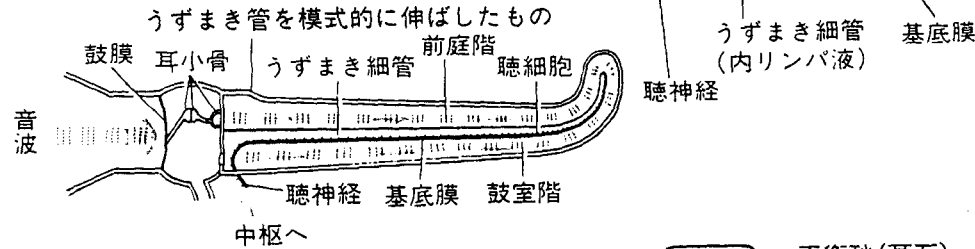
(a) 耳の構造



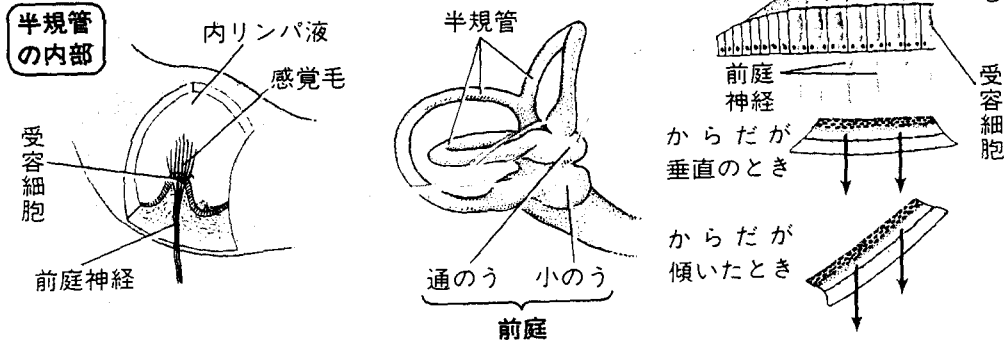
(b) 音受容器



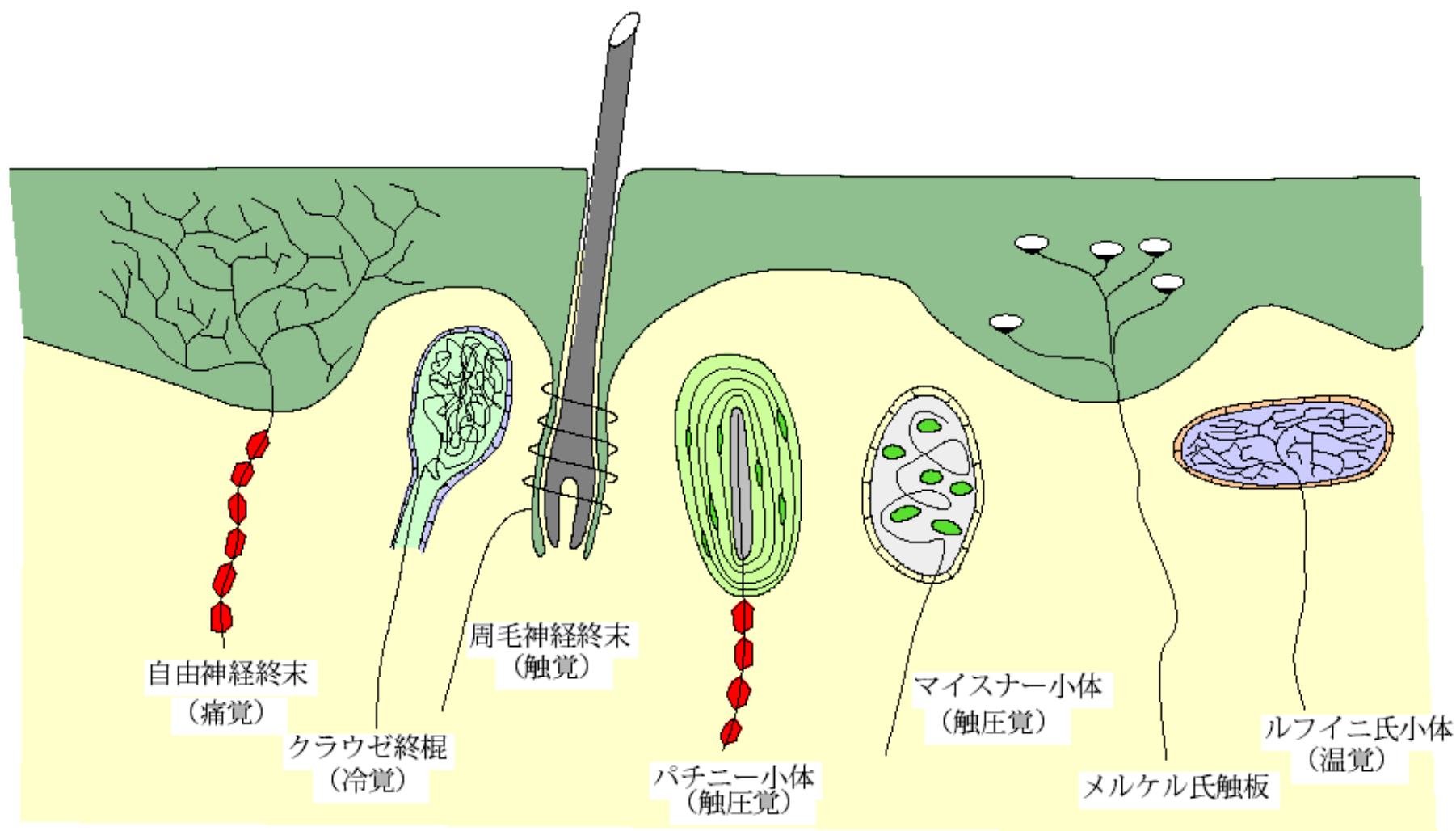
(c) 音波の流れ



(d) 平衡受容器

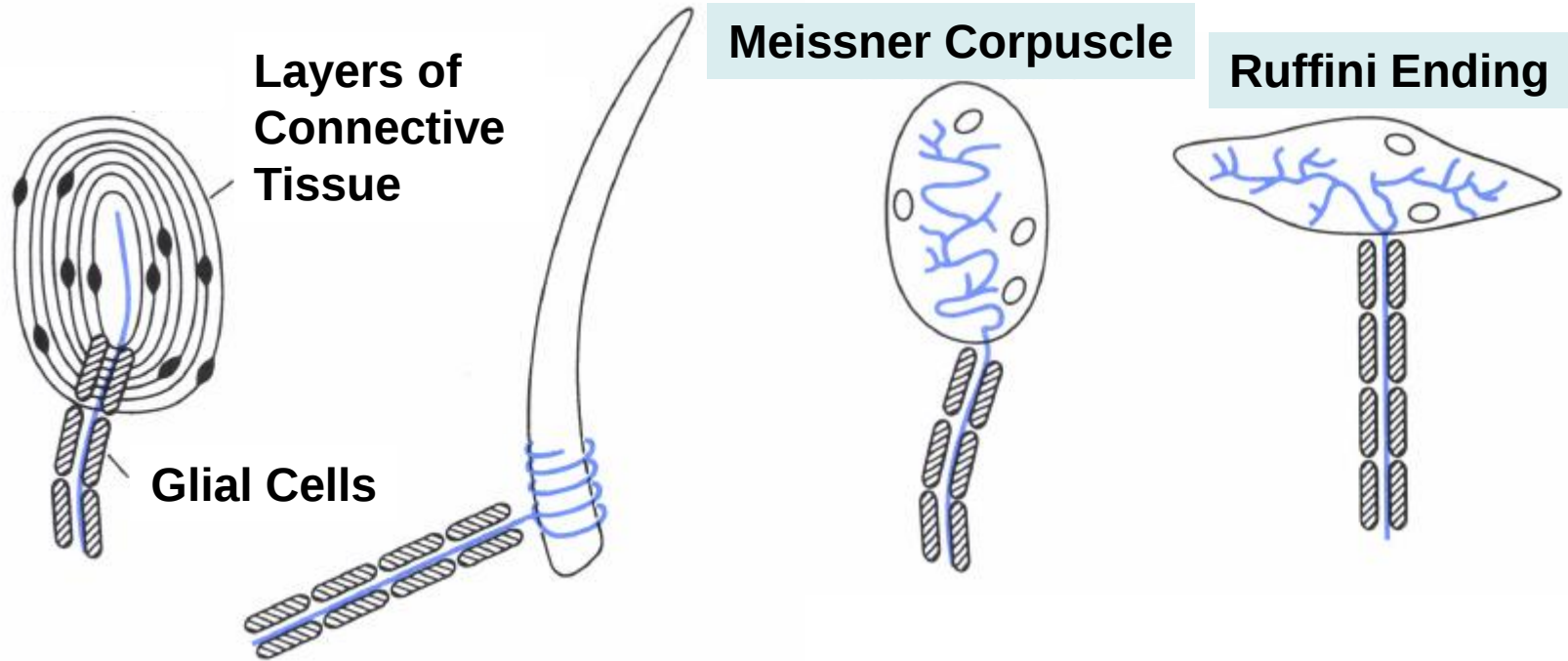


皮膚受容器



Mechanoreceptors in the skin

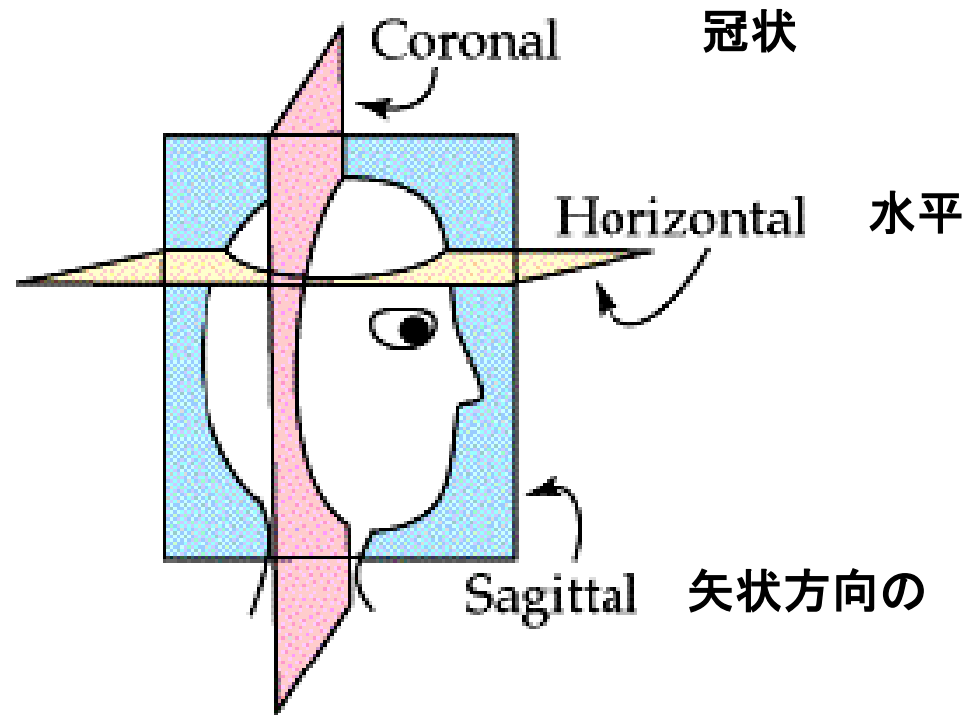
皮膚の機械受容器



Pacinian Corpuscle

Hair Receptor

断面 (section) の名称



Median 正中の

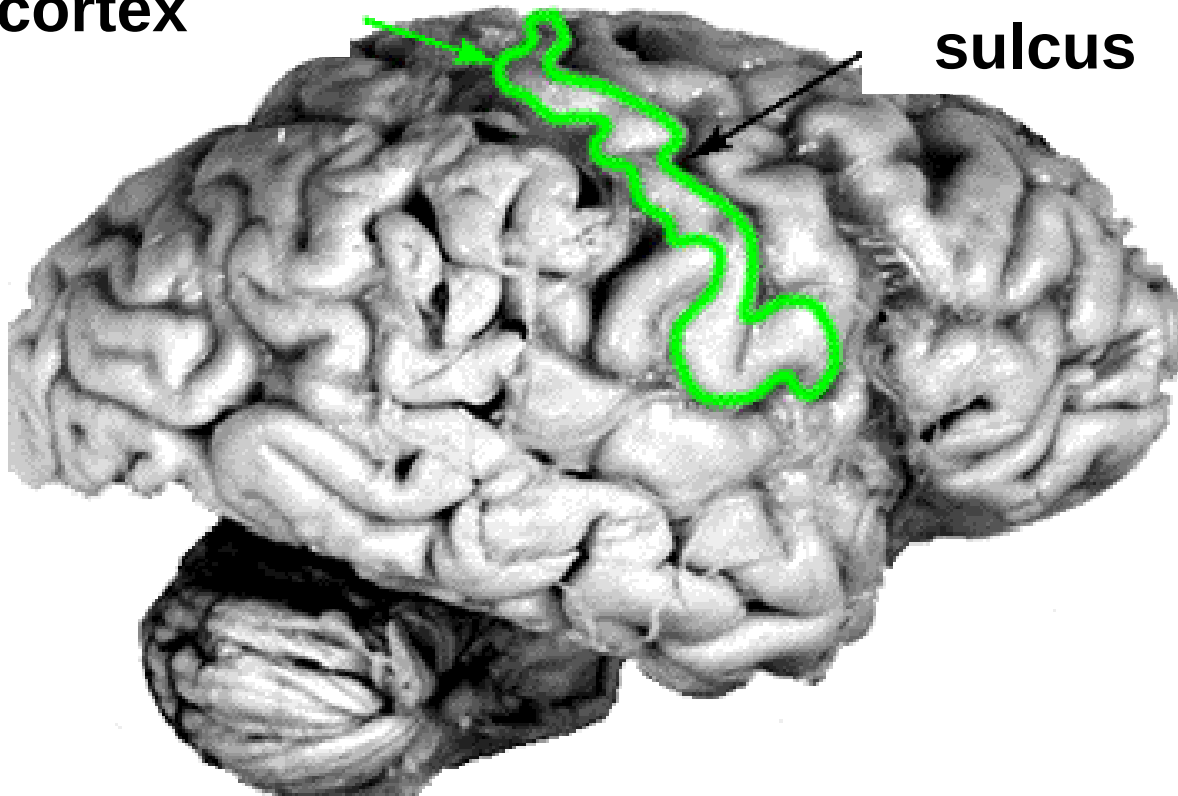
Medial 内側(ないそく)の

Lateral 外側(がいそく)の

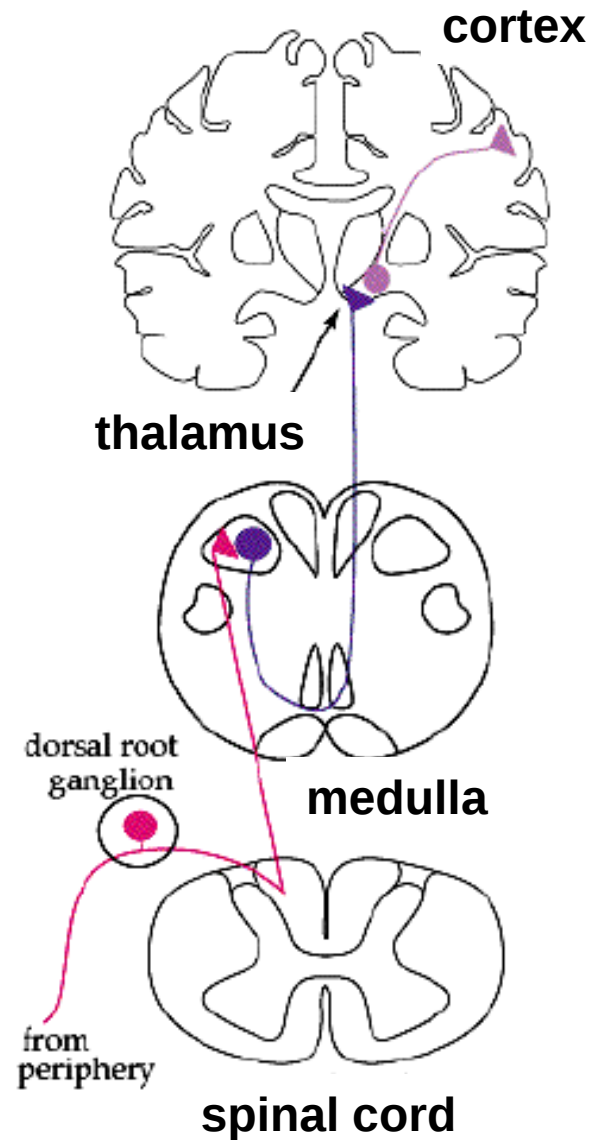
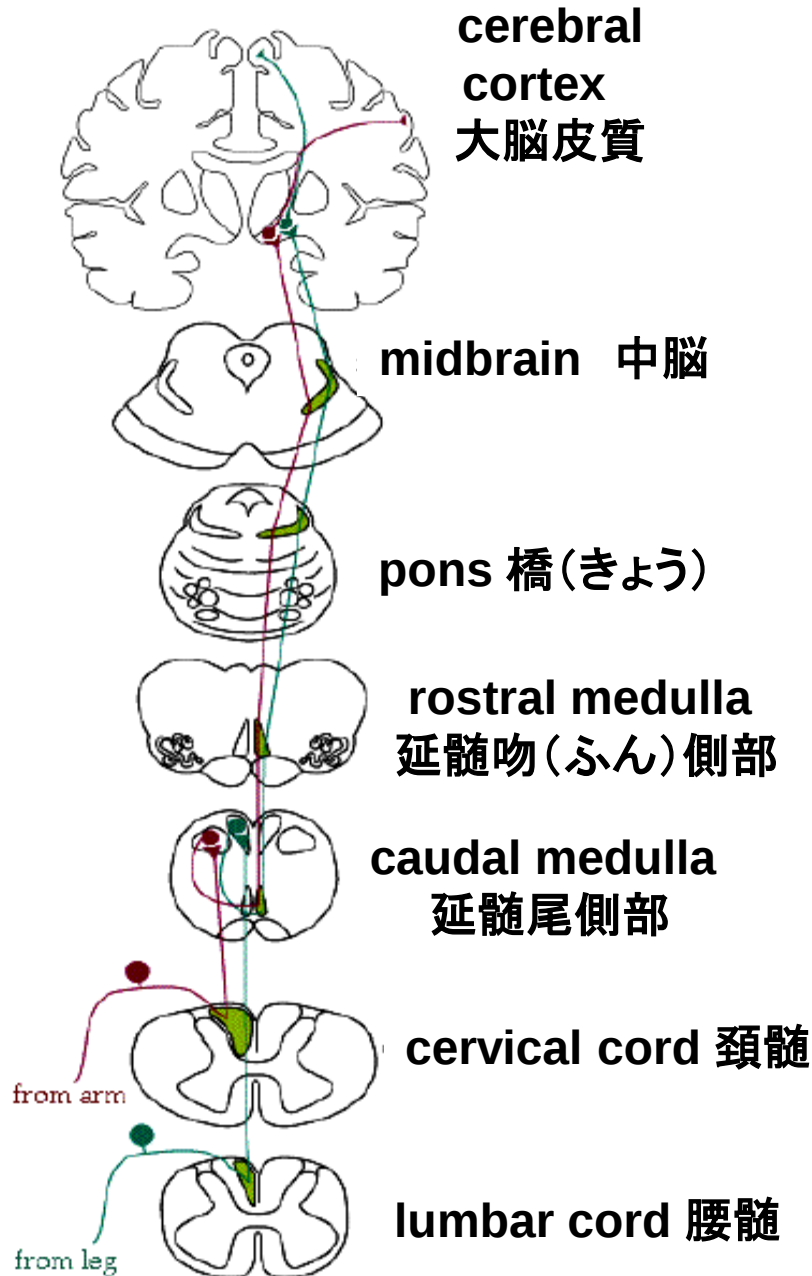
Somatosensory cortex

**somatosensory
cortex**

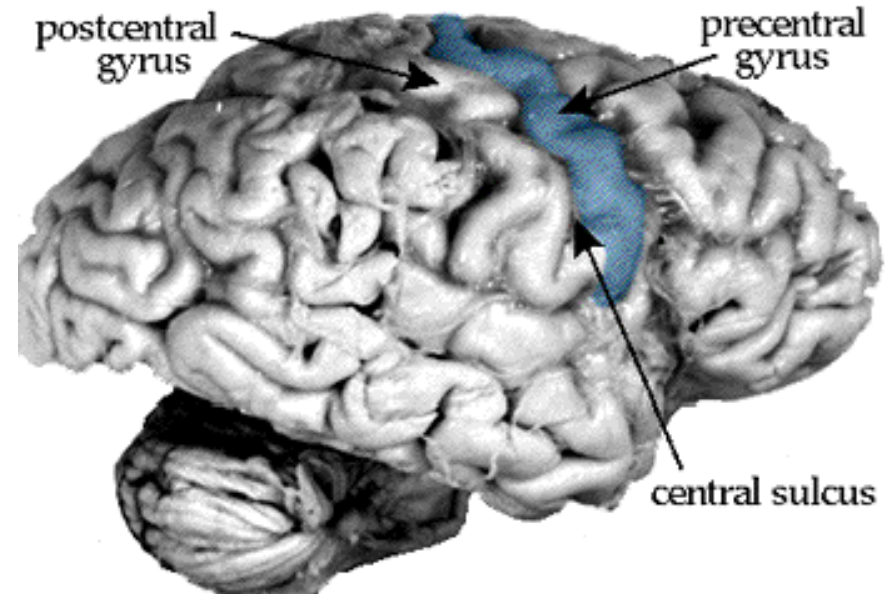
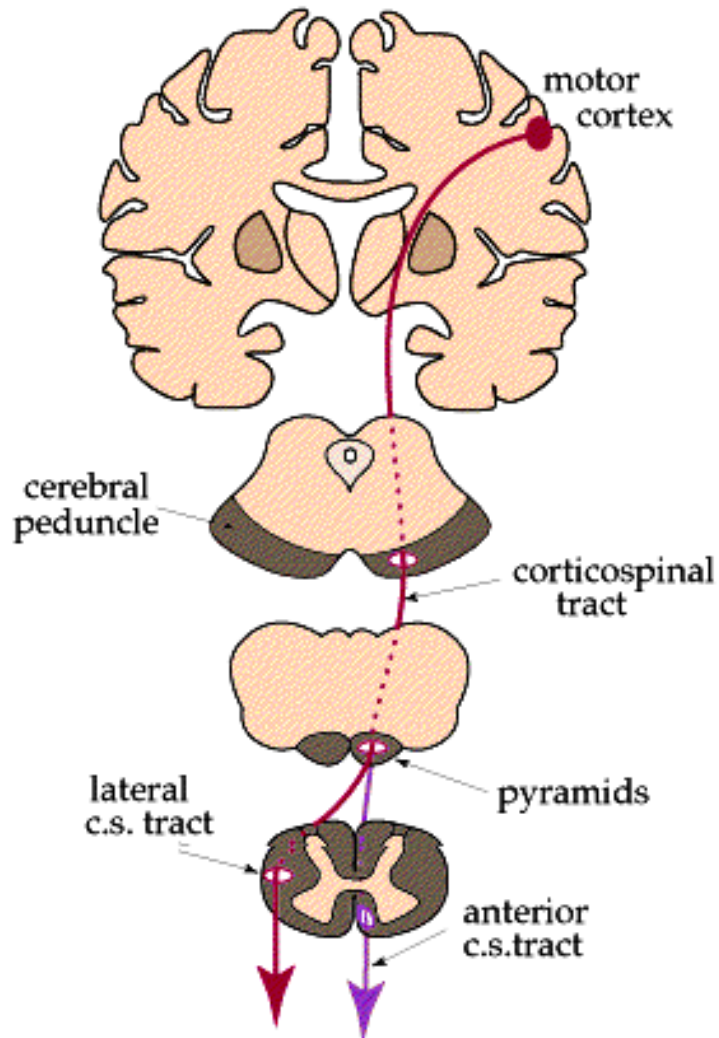
**central
sulcus**



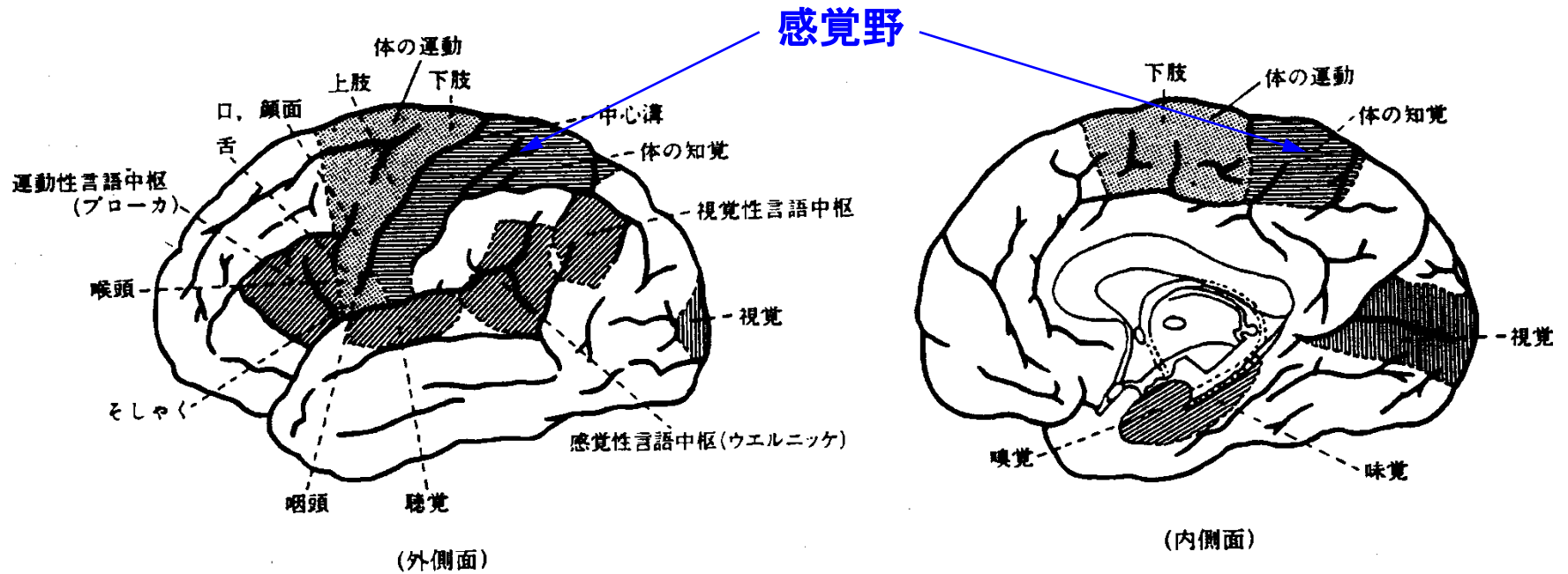
Somatosensory Pathway



Motor pathway

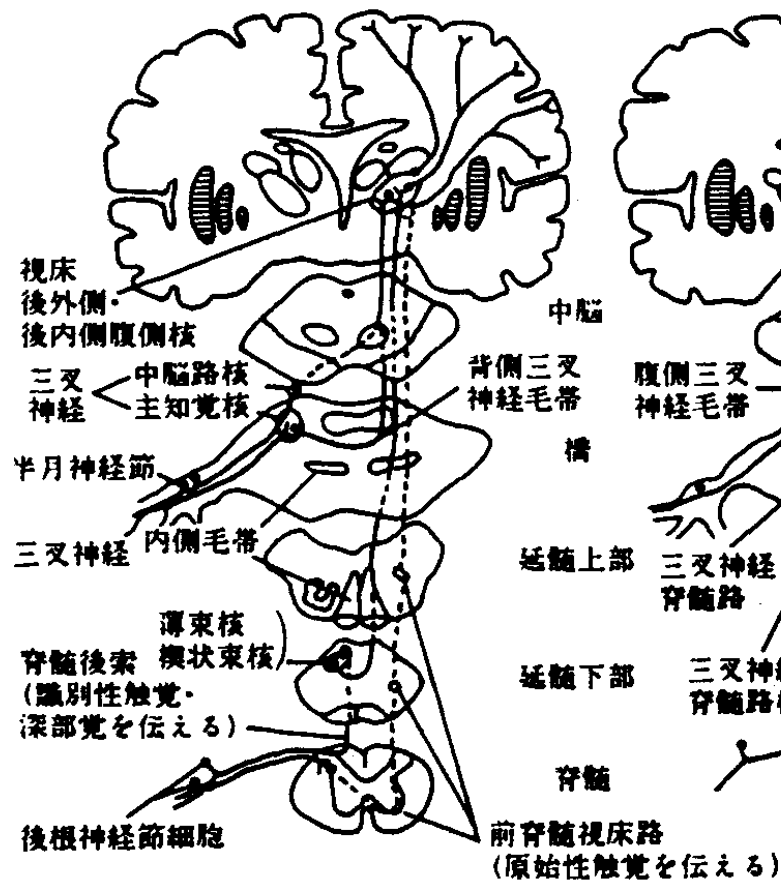


脳機能の局在

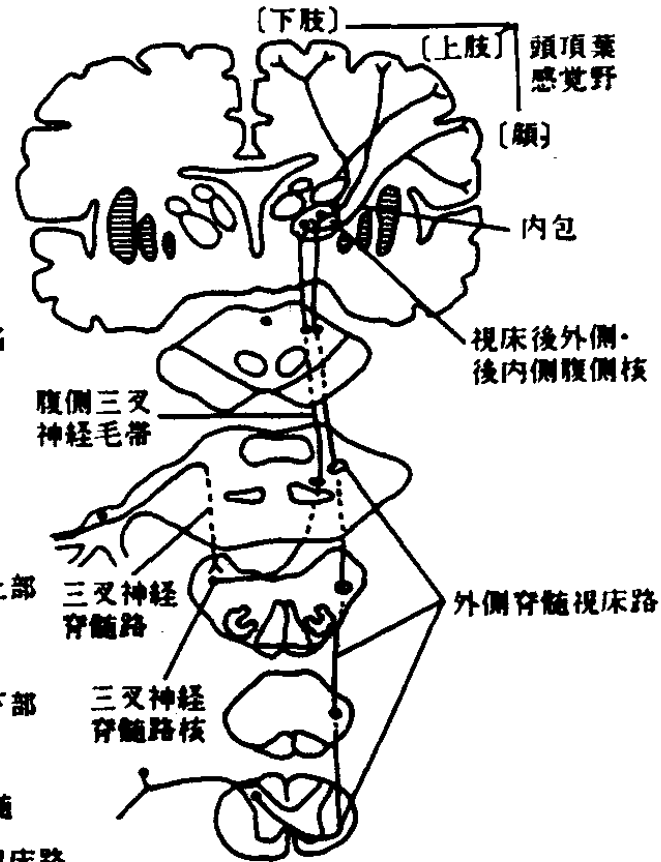


体性感覚の伝導路

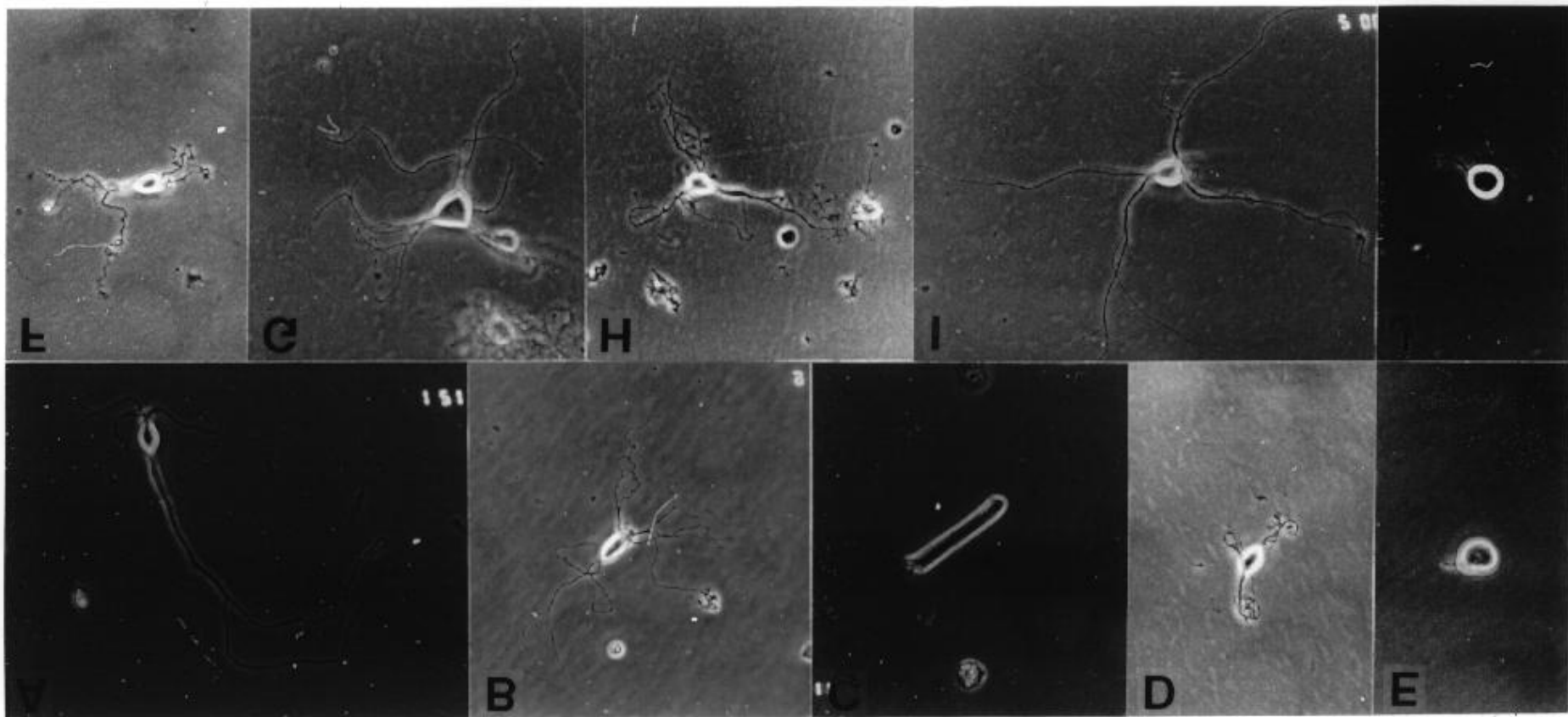
A. 触覚(識別的)・深部覚



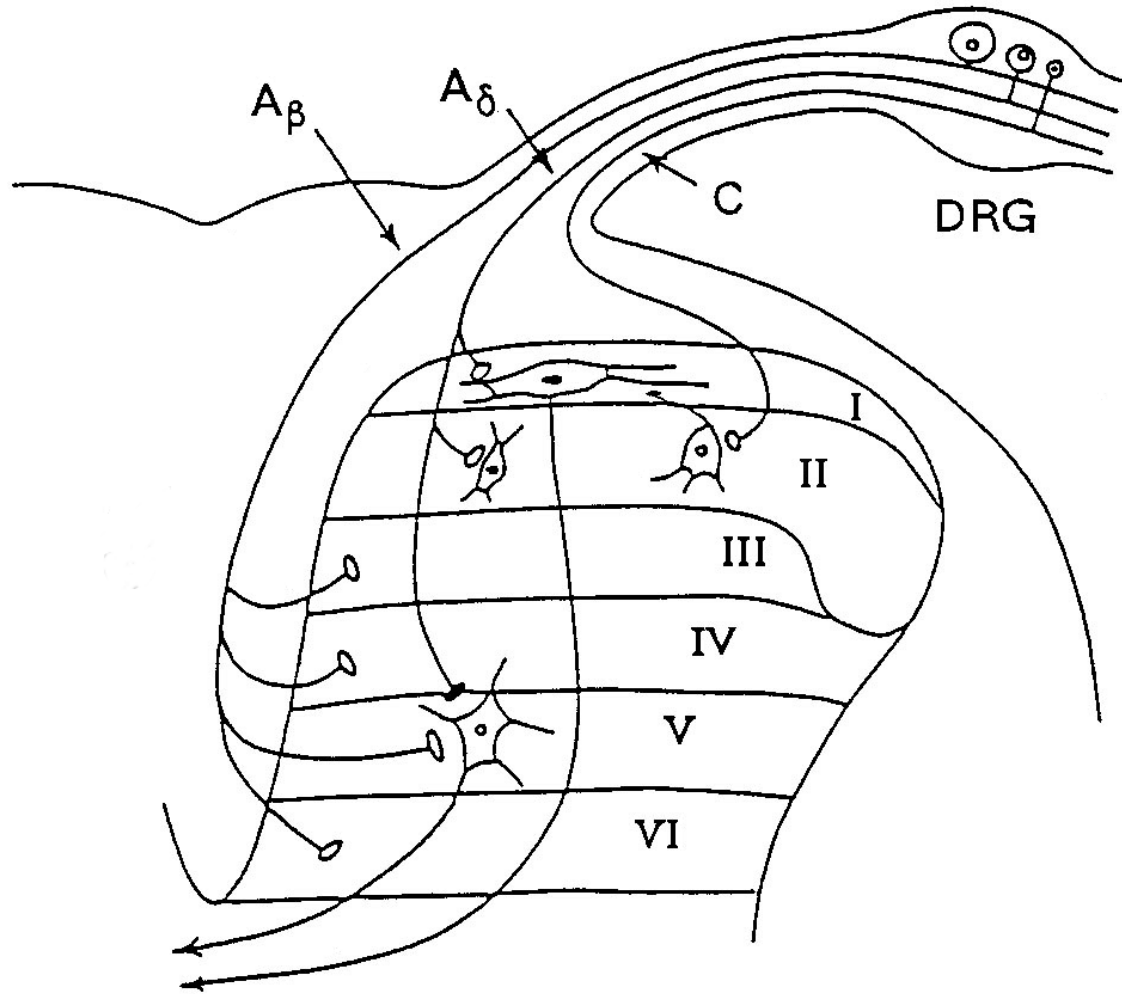
B. 温度覚・痛覚



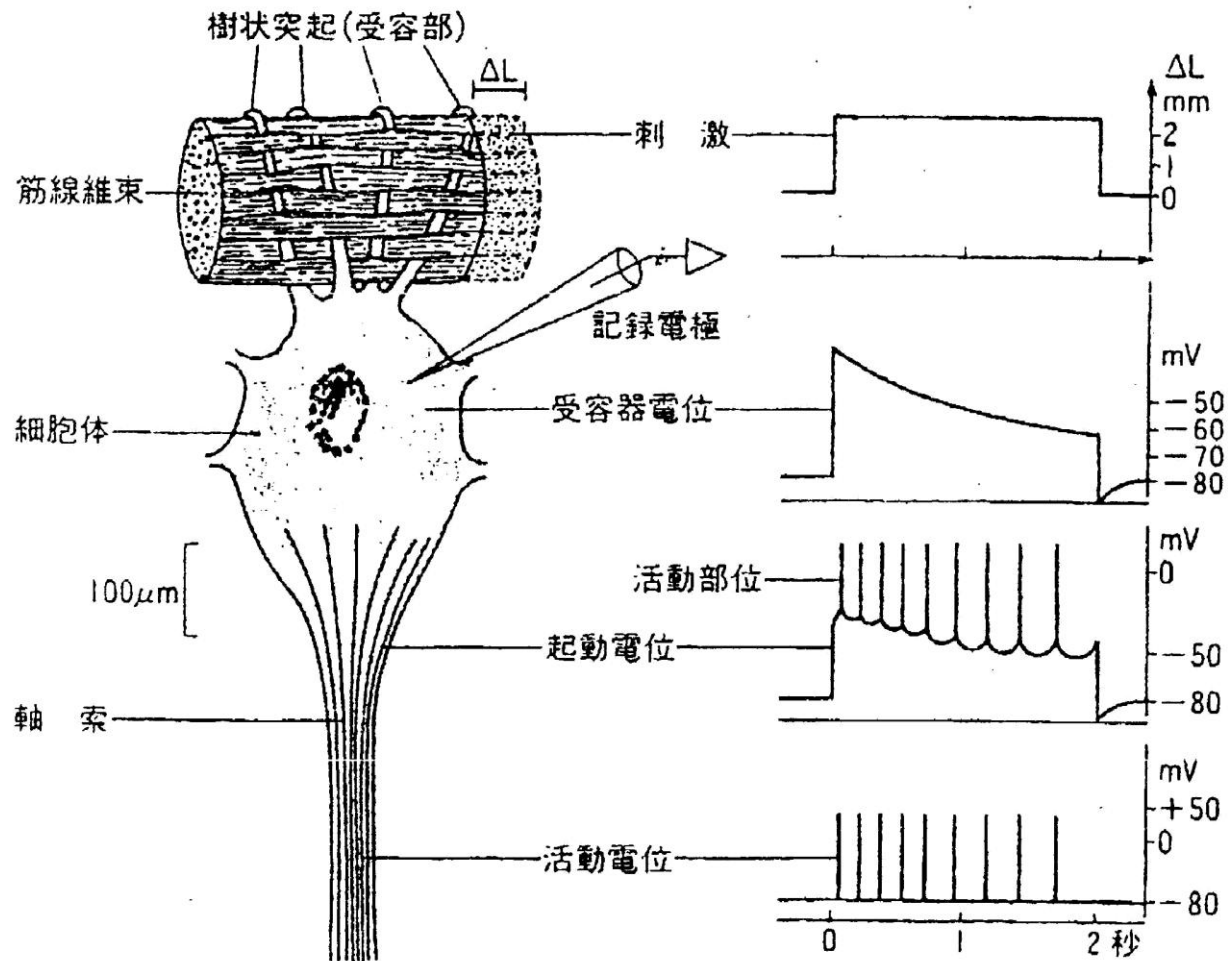
単離細胞



DRGと脊髄後角の線維連絡



受容器電位による活動電位発生



伸張刺激による受容器電位と活動電位発生の関係を示す。筋線維束を ΔL だけ引き伸ばすと、樹状突起がひずみを受け、受容細胞体に受容器電位が発生する。軸索への移行部で、活動電位が生じ、中枢へ伝導していく。

痛みの伝達

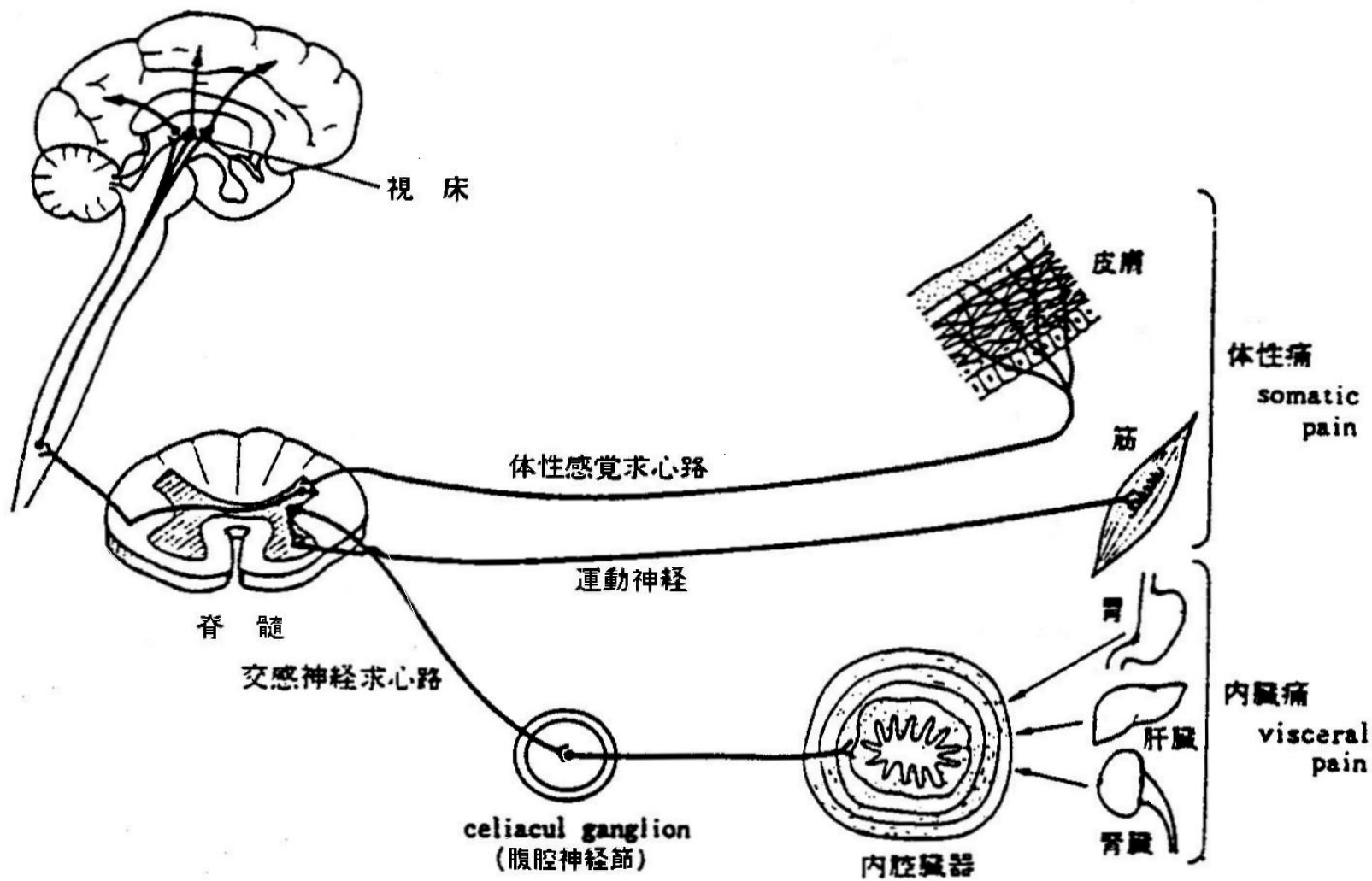


図 1.20

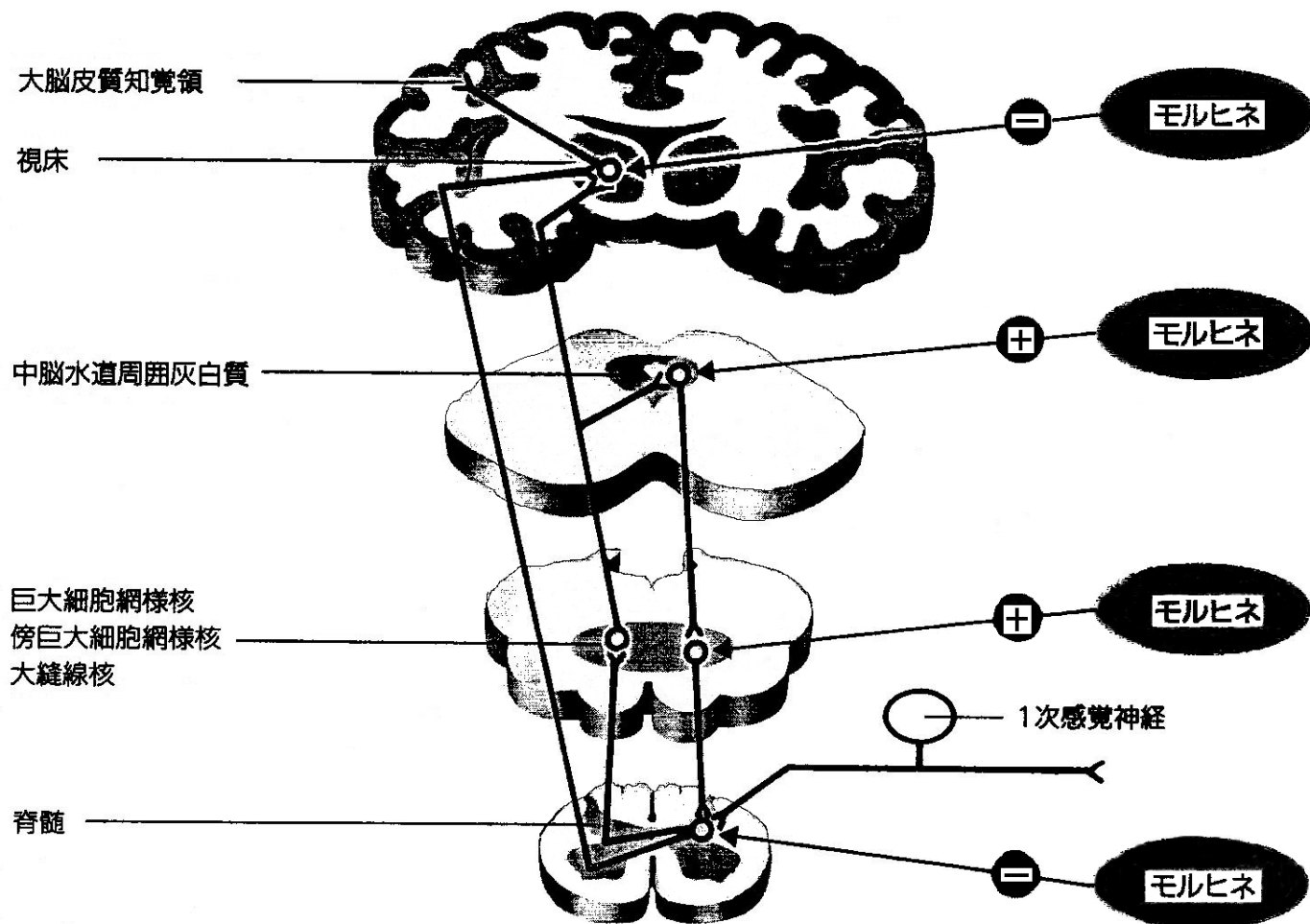


図3 モルヒネの鎮痛作用機序

モルヒネの鎮痛作用機序としては、①脊髄後角に作用し、シナプス前の1次感覚神経終末からの神経伝達物質遊離を抑制するとともに、シナプス後の脊髄ニューロンの興奮を抑制する、②中脳水道周囲灰白質や延髄の巨大細胞網様核、傍巨大細胞網様核および大縫線核に作用し、延髄-脊髄下行性ノルアドレナリン神経およびセロトニン神経の賦活化を介し、間接的に脊髄後角における痛覚情報伝達を抑制する、③視床ニューロンの興奮を抑制する、などの機序が考えられている。

⊕→：興奮 ⊖→：抑制