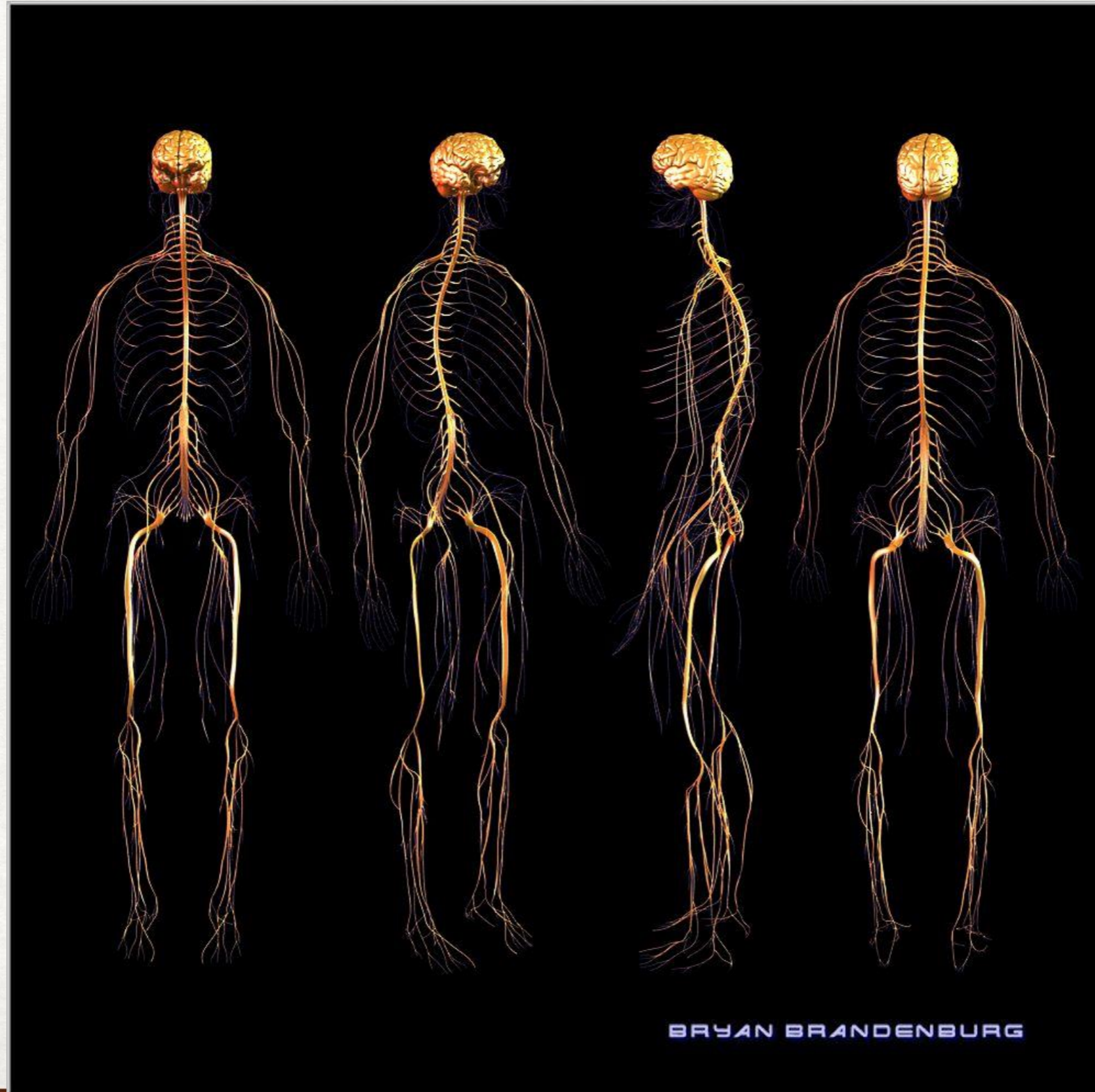


第八章 神經系統



神經系統的組成

對**刺激**做出**反應**

- 神經系統可分成二個部分
 - 中樞神經系統(central nervous system ; CNS)
 - 周邊神經系統(peripheral nervous system ; PNS)
- 周邊神經系統又可分為
傳入(刺激)系統與傳出(反應)系統。
- 傳出系統又可分為
軀體神經系統(隨意)與**自主神經系統(不隨意)**。

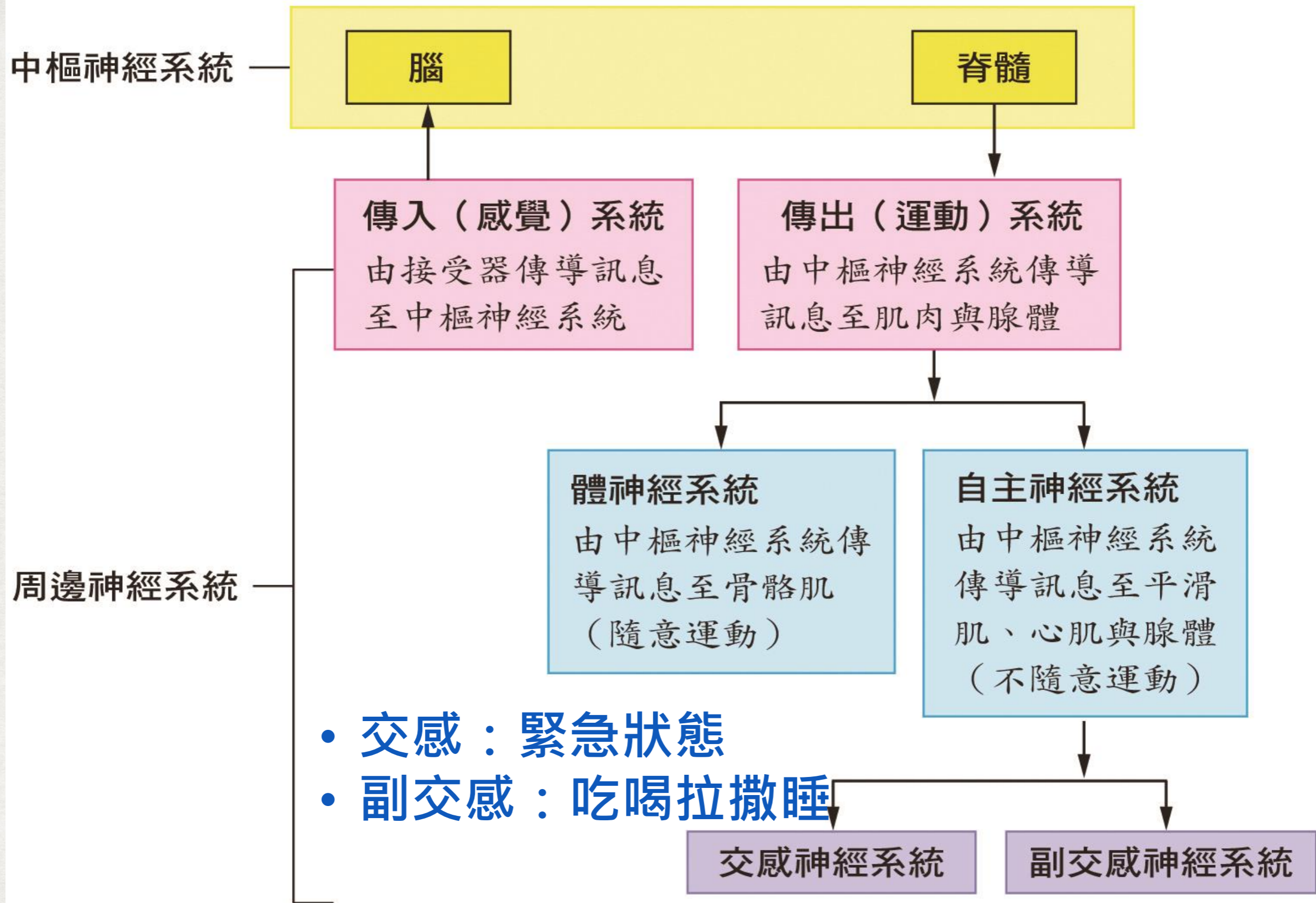


圖 8-1 神經系統的組成

神經組織學

胚胎**外胚層**發育而成，由神經膠細胞與神經元構成

• (一)神經膠細胞(Neuroglia)

- 數目很多，是神經元的10~50倍。
- 由於構造上及功能上的差異，可將神經膠細胞細分為如表所列之種類。

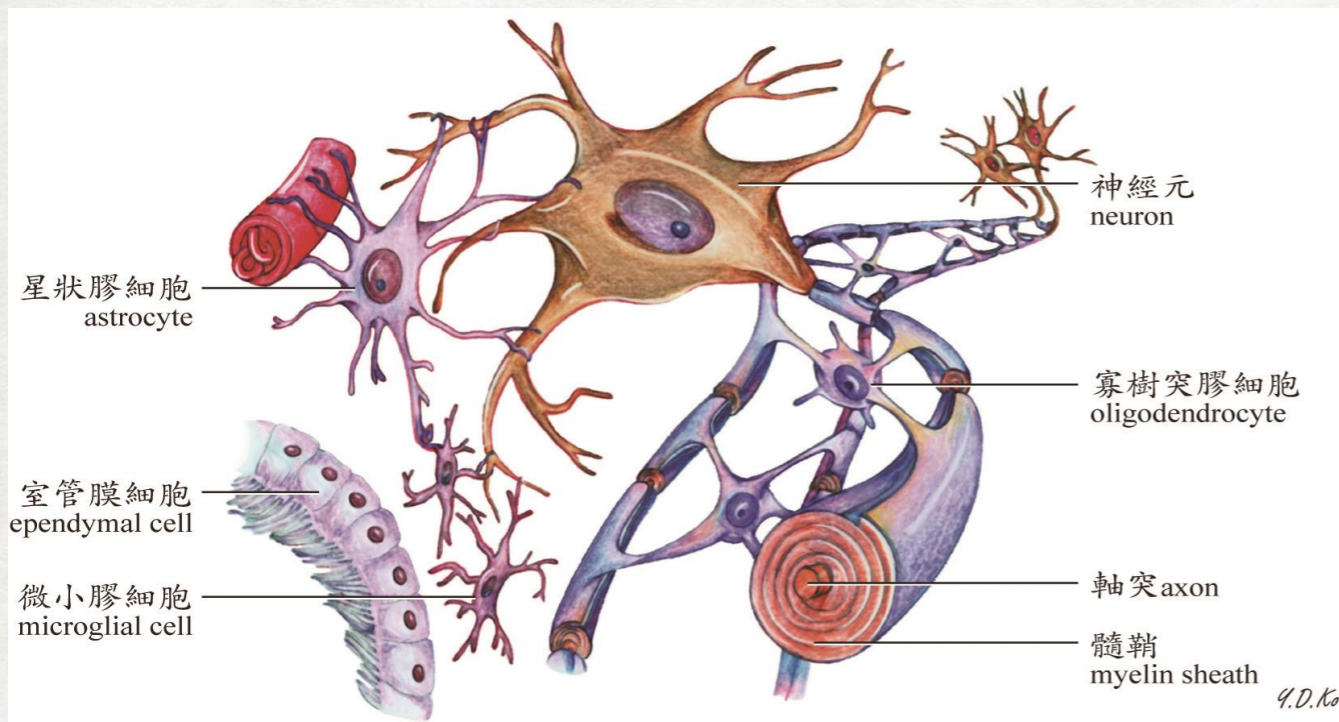


圖 8-2 中樞神經系統的神經膠細胞

胚層	分化組織
外胚層	表皮、神經系統為主
中胚層	骨骼、肌肉、循環系統、腎臟、腎上腺皮質
內胚層	與外界相通的臟器內襯和腺體

一般器官往往並非僅由單一胚層形成

表 8-1 神經膠細胞的種類與功能

種類	位置	特徵	功能
星狀膠細胞 astrocyte	中樞	位於中樞神經系統血管旁；為數目最多的膠細胞；含有突起數目最多；其血管端的末梢膨大形成血管周足	<ul style="list-style-type: none"> • 支持神經組織 • 連接神經元與微血管，可營養神經元，亦可構成血腦障壁 BBB • 神經組織受傷後，構成疤痕組織
寡樹突膠細胞 oligodendrocyte	中樞	突起的數目較少、較短	<ul style="list-style-type: none"> • 形成中樞神經系統之髓鞘
微小膠細胞 microglial cell	中樞	由單核球轉化而成之吞噬細胞	<ul style="list-style-type: none"> • 負責神經組織受傷發炎時之吞噬作用，是血管進入神經系統的清除細胞
室管膜細胞 ependymal cell	中樞	單層立方或柱狀細胞，具有纖毛；形成腦室與脊髓中央管的內襯，並參與構成脈絡叢	<ul style="list-style-type: none"> • 分泌腦脊髓液 CSF • 協助神經組織與腦脊髓液間物質的交換
許旺氏細胞 Schwann cell	周邊	又稱為神經鞘細胞 (neurolemmocyte)	<ul style="list-style-type: none"> • 構成周邊神經系統的髓鞘 • 協助周邊神經受傷後之再生與修復
衛星細胞 satellite cell	周邊	圍繞於神經節細胞的細胞體周圍	<ul style="list-style-type: none"> • 支持神經節細胞

(二)神經元(NEURON)

• 構造與功能

人類的神經系統約含有 10^{11} 個神經元，可作為神經衝動的傳導。其構造如下：

• 1.細胞體(cell body; soma)：

尼氏體：顆粒性**(核糖體)**內質網→合成蛋白質 (細胞體、樹突)

脂褐質：與老化有關 (神經、肝、腎、心、視網膜)

神經微纖維：支持與運送 (軌道)

2.樹突(dendrite): **接受訊號**

3.軸突(axon): **傳出訊號**

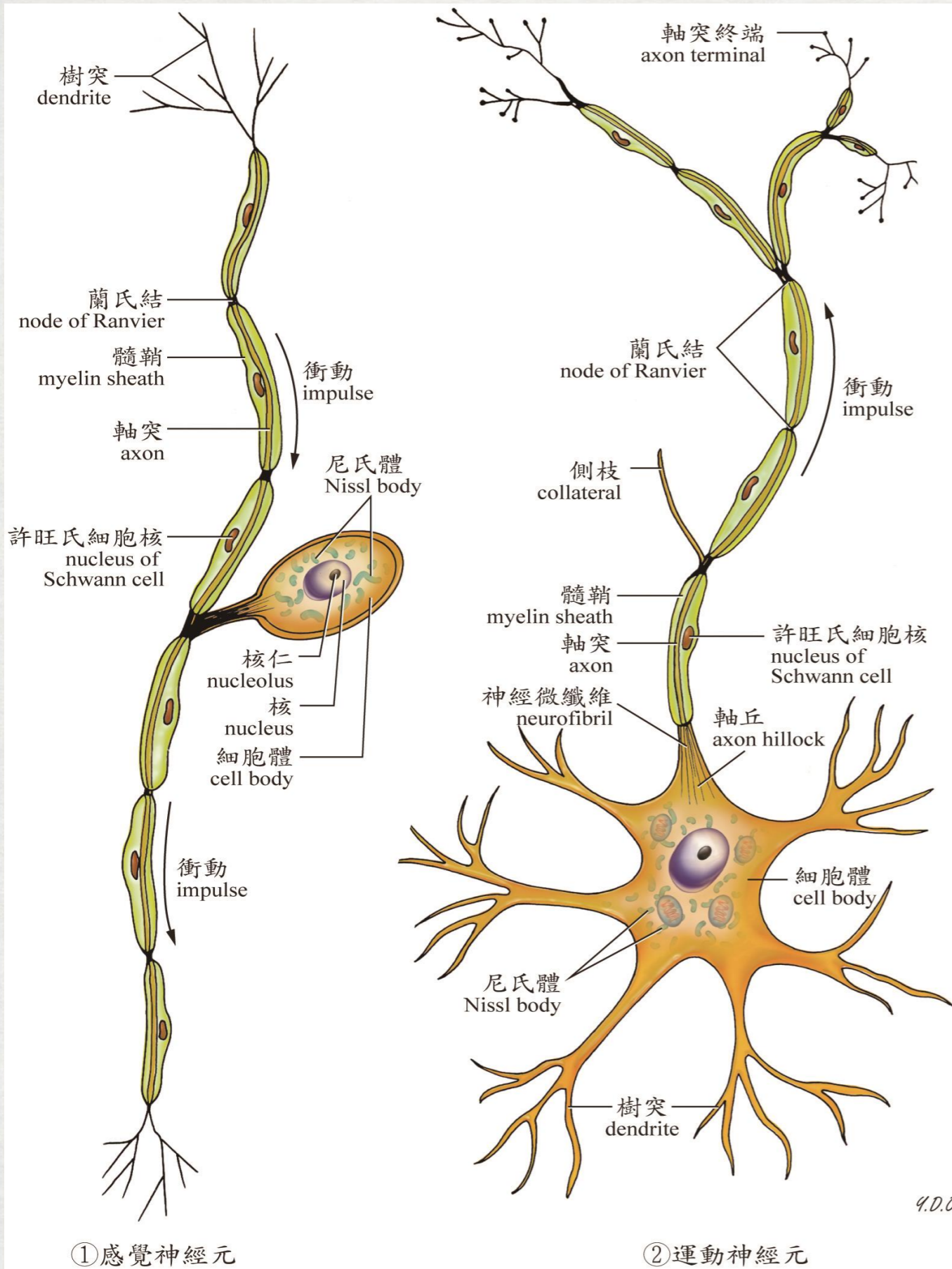
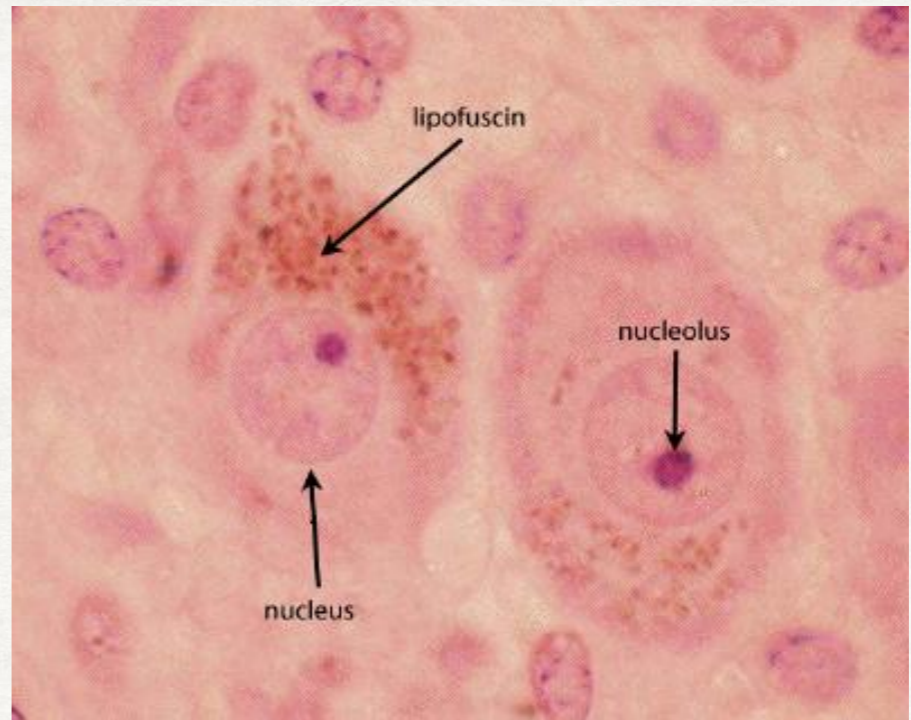


圖 8-3 神經元的構造



脂褐質



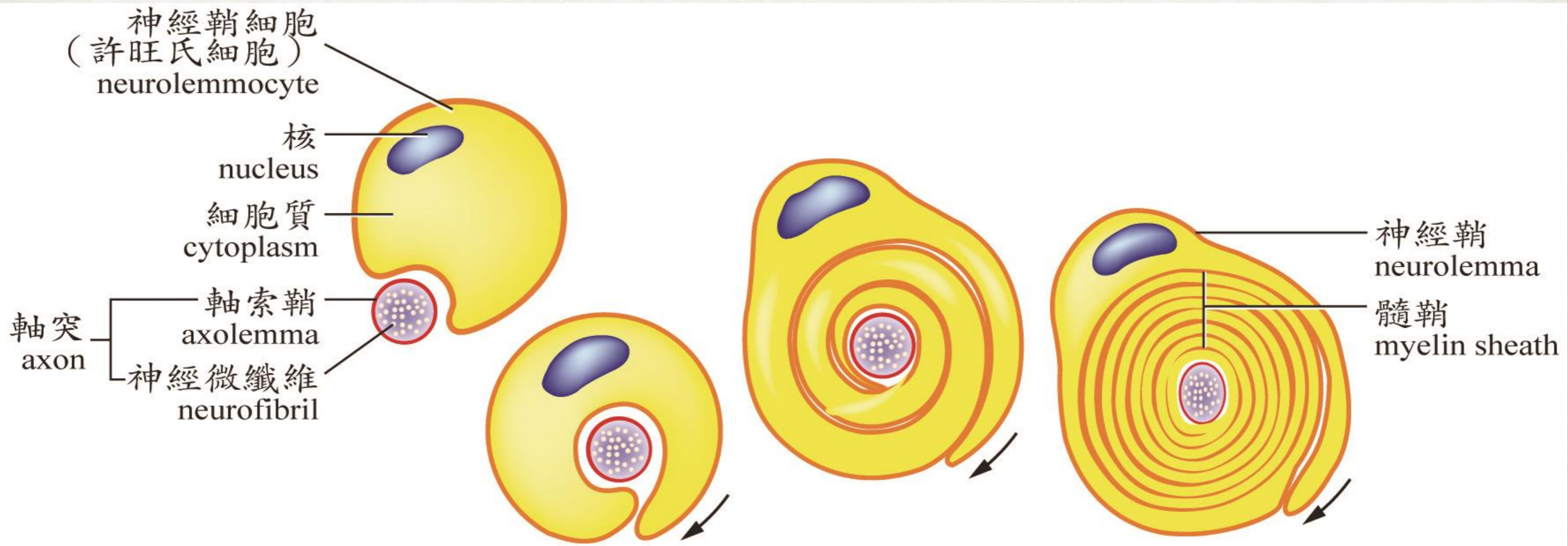
神經微纖維

4.D.Orange

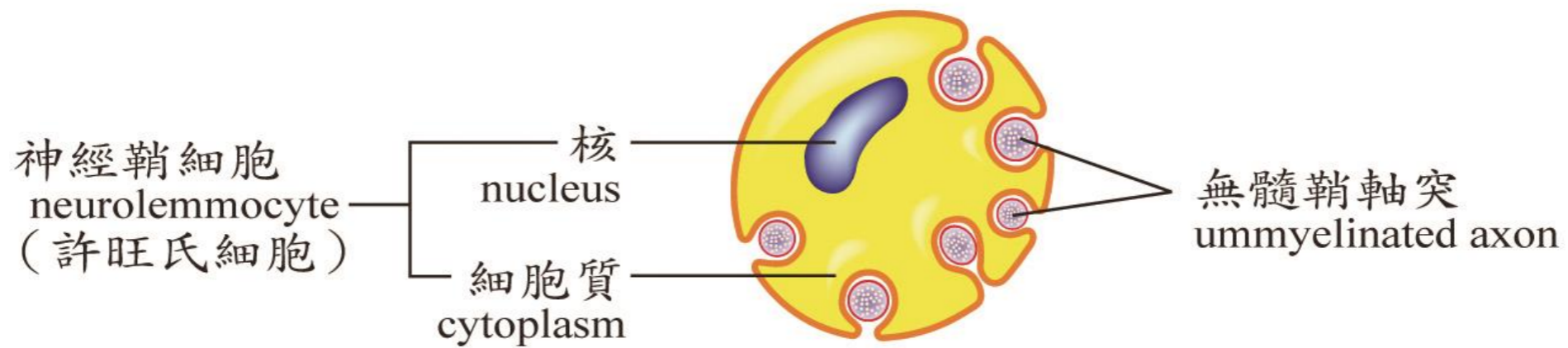
- 神經纖維(nerve fiber)一般是指軸突及包於其外的構造，軸突外有的包有**髓鞘**(myelin sheath)，有的則無。
- **中樞神經系統髓鞘**：**寡突膠細胞**所形成**(無再生能力)**
- **周邊神經系統髓鞘**：**許旺氏細胞**所形成**(有再生能力)**

白質：有髓鞘的神經纖維

灰質：無髓鞘的神經纖維和細胞體



①神經鞘細胞形成髓鞘之各個階段



②無髓鞘軸突

G.D. Orange

圖 8-4 有髓鞘軸突與無髓鞘軸突

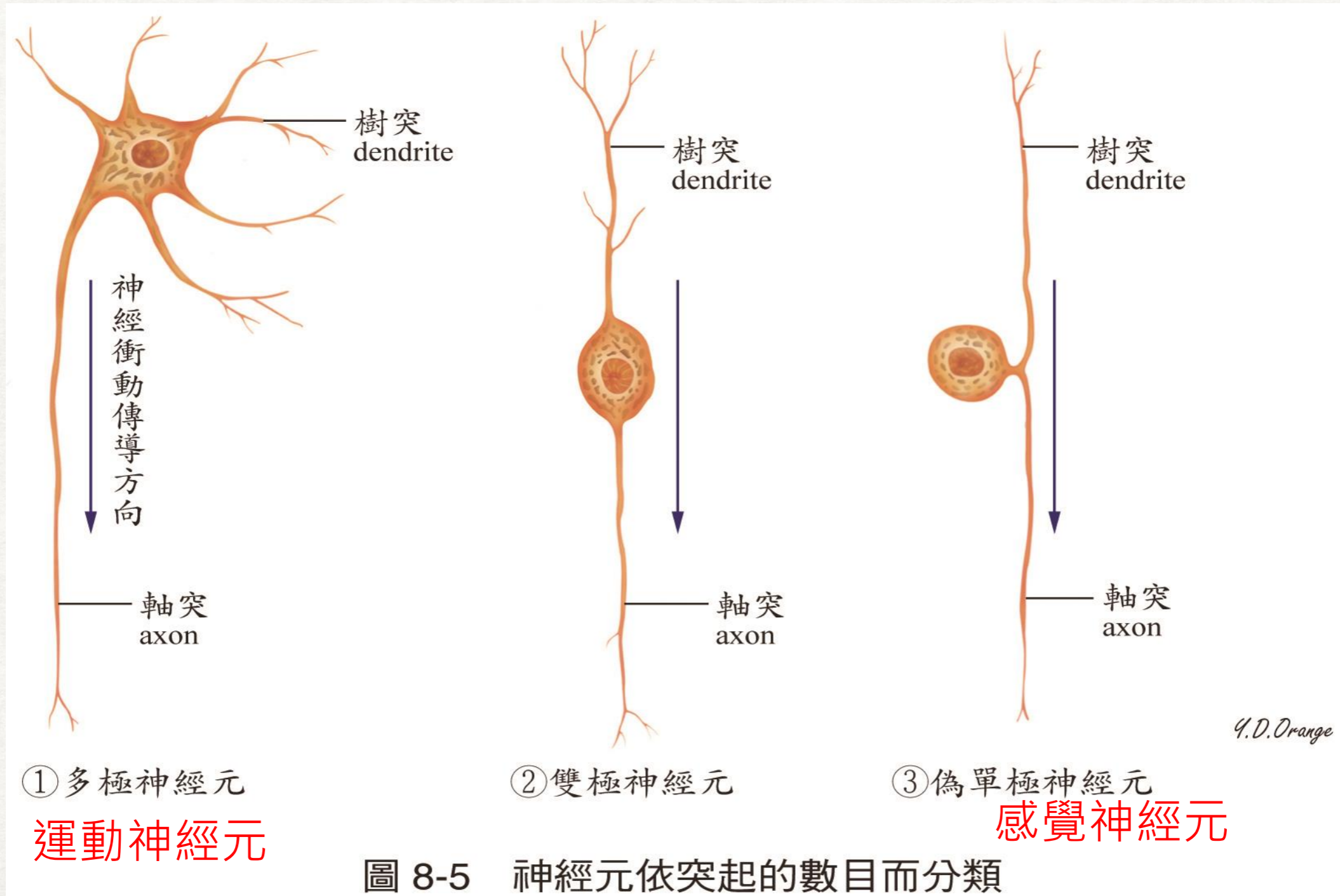
- 髓鞘是蛋白、磷脂質的複合物，在各段髓鞘間的無髓鞘間隙稱為**蘭氏結**(node of Ranvier)。(Na⁺通道)
- 神經元細胞體所合成的物質可經由**軸突漿流**(axoplasmic flow)及**軸突運輸**(axonal transport)二種方式運送至軸突

<https://www.youtube.com/watch?v=y-uuk4Pr2i8>

- 由於**神經元**再生能力有限，受傷後以**星狀膠細胞**填補受損部位而造成疤痕組織

分類

- 神經元在構造上依其細胞體突起數目的多寡可分為三類：



神經生理學

• (一) 膜電位

- 細胞膜內外帶有電荷的離子分布不平均，使細胞膜內的電壓較細胞膜外為負，這個電位差稱為靜止膜電位（resting membrane potential; RMP），形成原因主要有二：

1. 鈉—鉀幫浦：**3鈉出2鉀進**

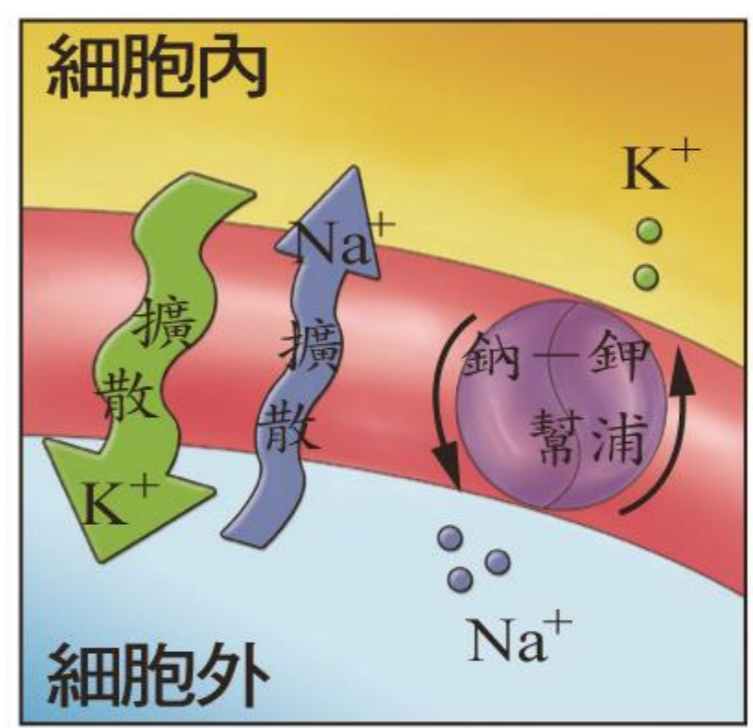
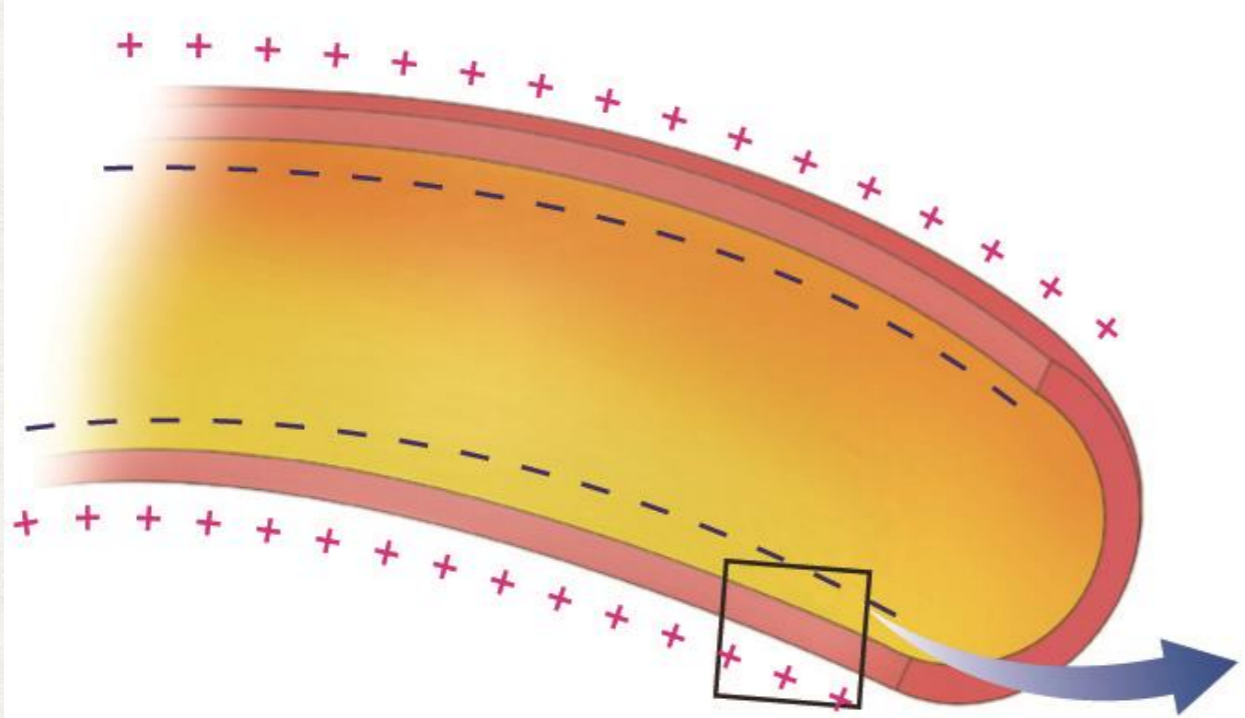
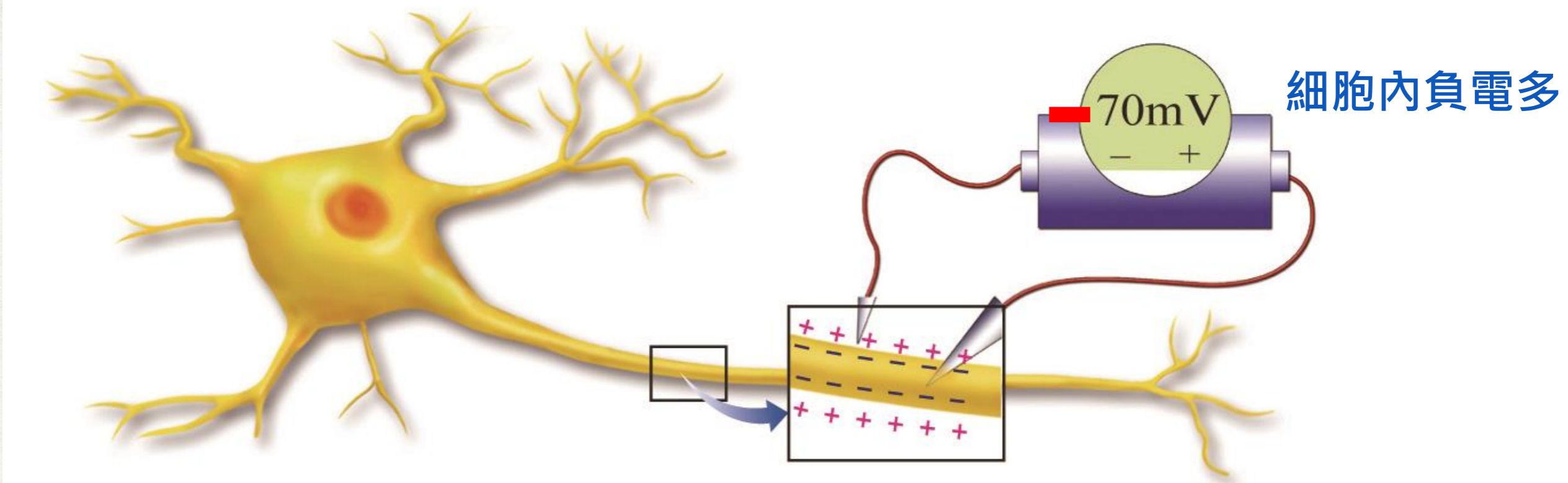
2. 細胞膜內的蛋白分子大、**帶負電荷**，無法通過細胞膜，使細胞膜內的電荷高於細胞外。

Box 8-1 ■ 平衡電位（equilibrium potential; E_x ）



$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[C]^c [D]^d \dots}{[A]^a [B]^b \dots}$$

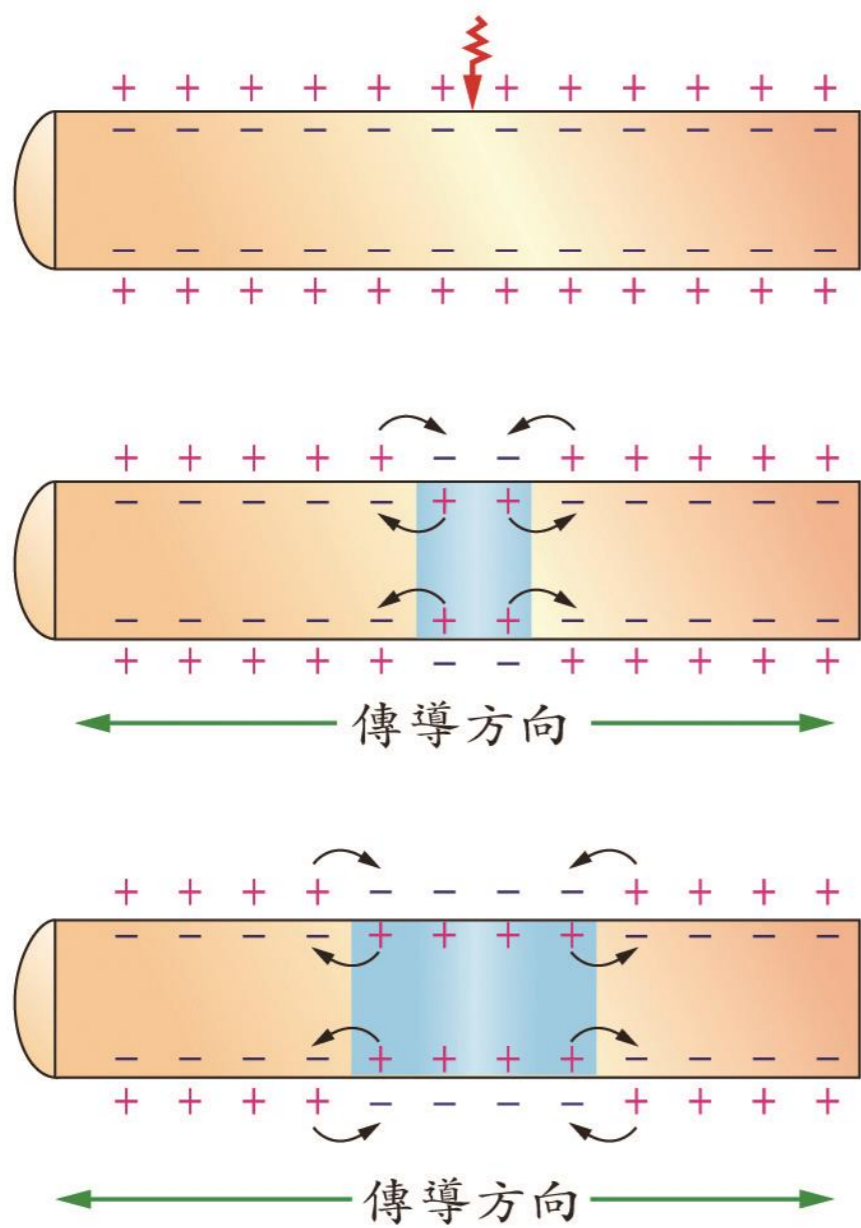
平衡電位是當細胞膜內外的某離子有濃度差異時，若給予一個特定的細胞膜內外電位差，並造成該離子不再有淨移動，即平衡時，就稱為該離子的平衡電位。在一般情況下，鉀離子的平衡電位約為 -80 mV ，鈉離子的平衡電位約為 $+40 \text{ mV}$ 。當已知某離子的細胞內外濃度時，可利用**能斯特公式**（Nerst equation）來計算其平衡電位，其單位為毫伏特（millivolt; mV ）。



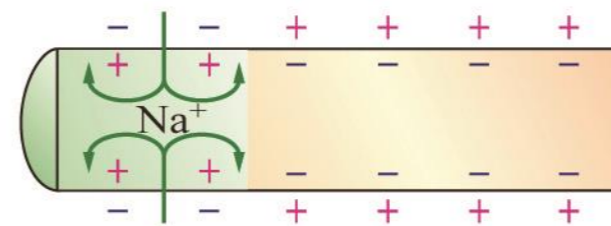
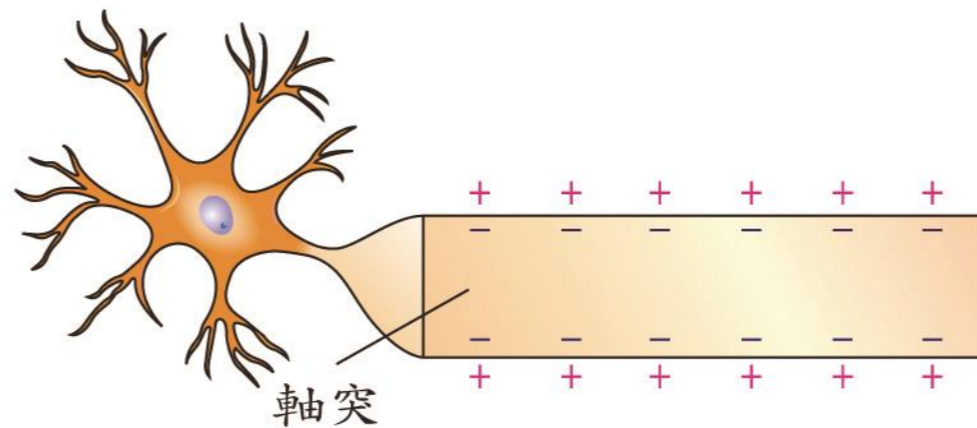
G.D. Orange

圖 8-6 靜止膜電位

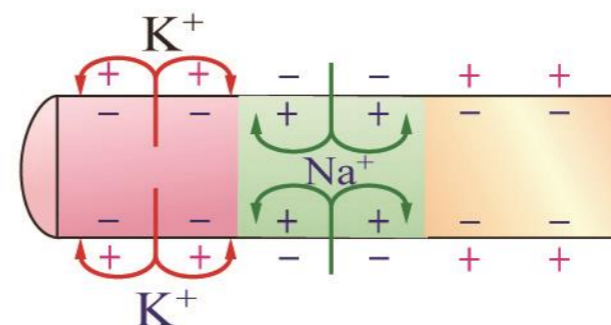
去極化: 鈉離子通道打開
 再極化: 鉀離子通道打開



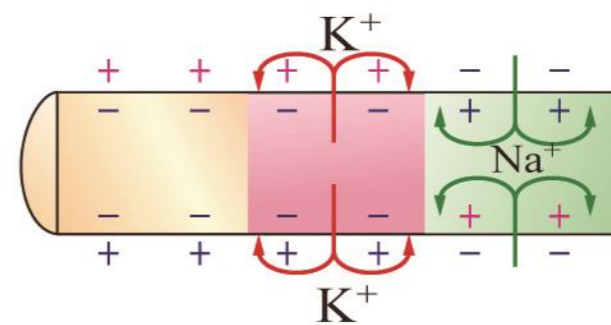
①細胞膜的去極化：由軸突中一點發生的局部電流迴路，沿著傳導性纖維的正反方向傳導。



第一個動作電位開始



第二個動作電位開始



第三個動作電位開始

靜止電位
 去極化
 再極化

②動作電位的產生及傳導。

G.D. Ann

圖 8-7 動作電位

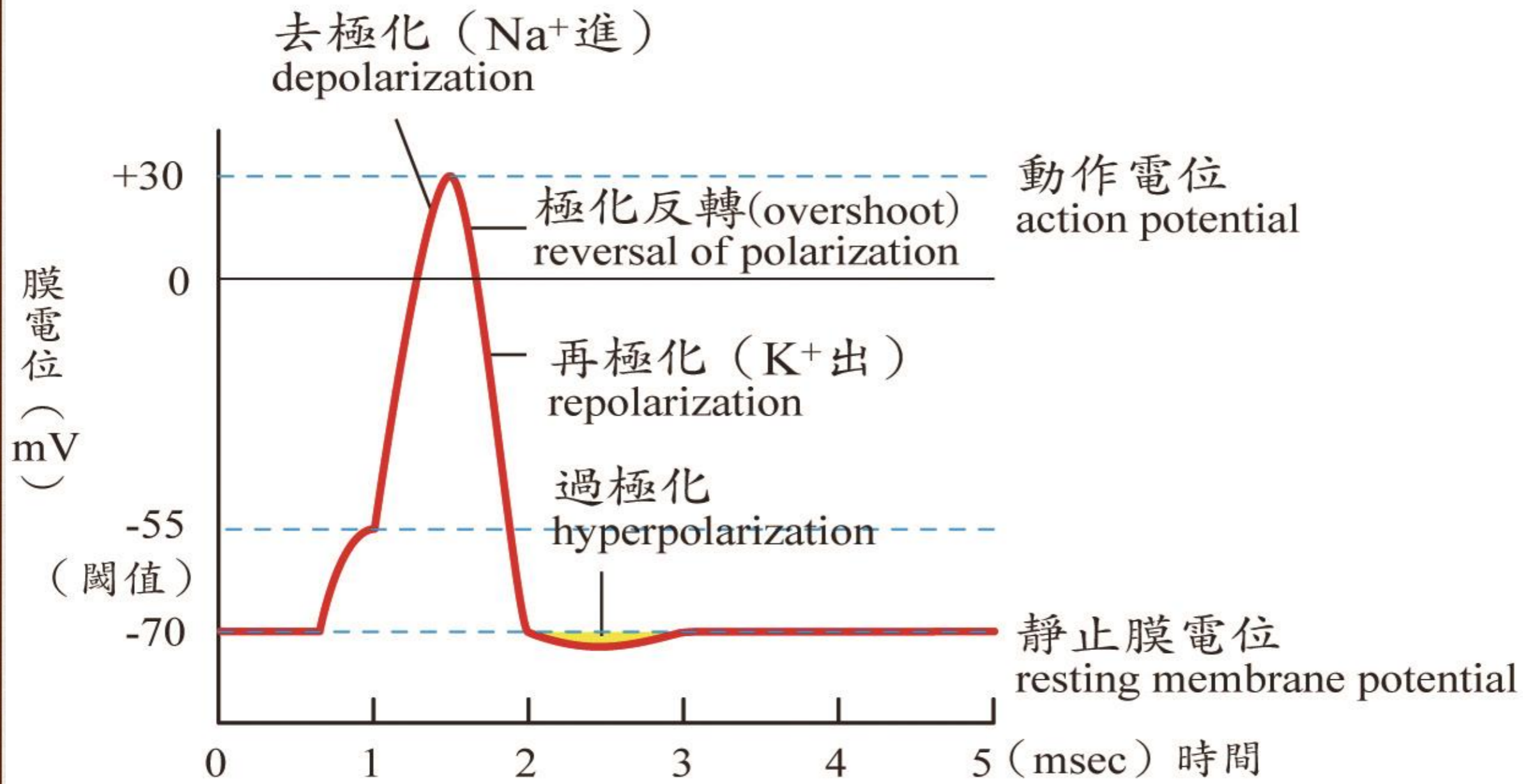


圖 8-8 一個動作電位記錄的特徵

不反應期(Refractory Period)

- 當細胞膜正處於動作電位時，它對另外的一個刺激不會產生反應，這段時間稱為不反應期或乏興奮期。

1. 絕對不反應期(absolute refractory period ; ARP)。

2. 相對不反應期(relative refractory period ; RRP)。

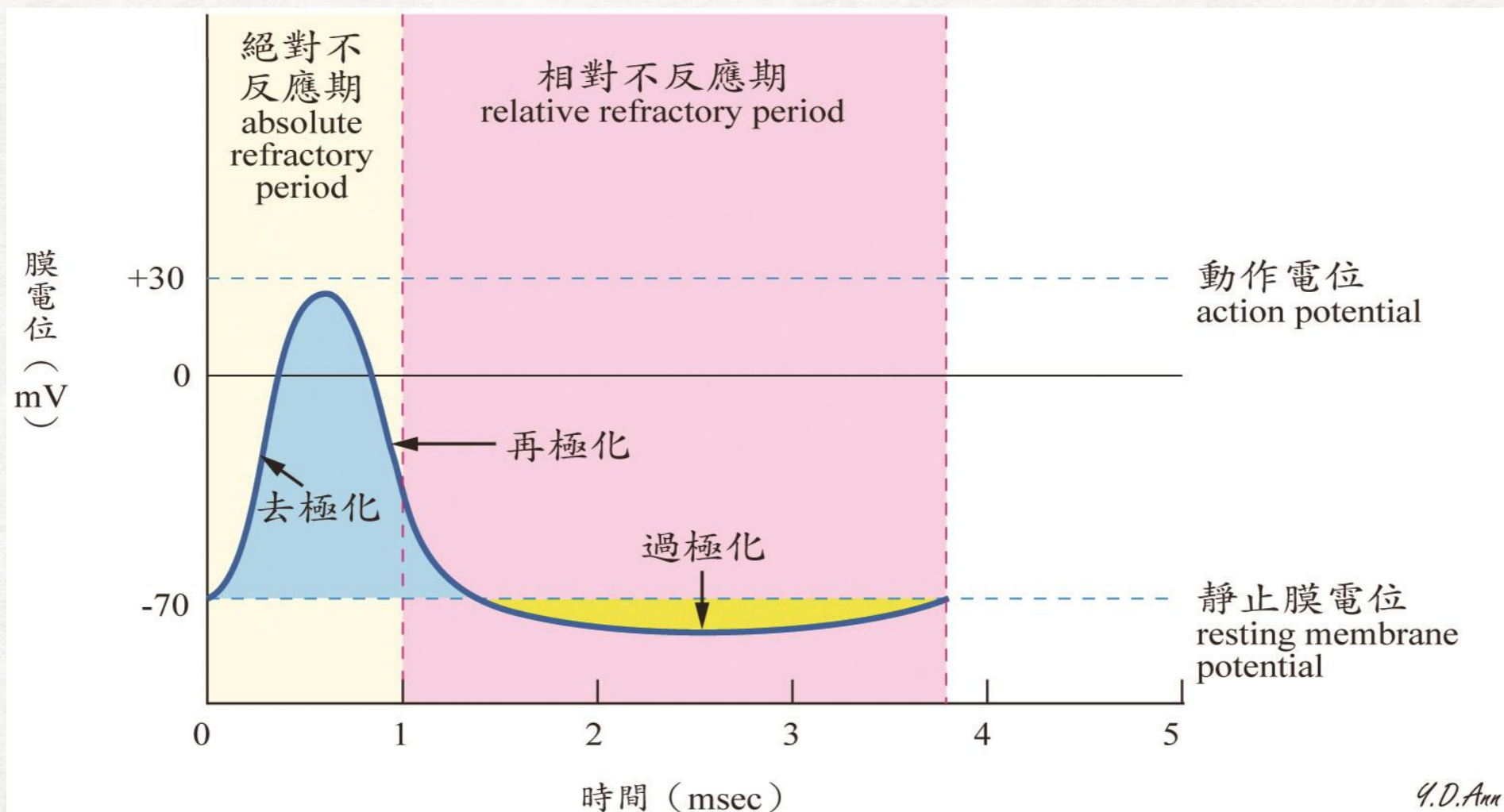


圖 8-9 不反應期

全或無定律(All-or-none Law)

- 強度足以引起一個神經衝動的最小刺激稱為**閾值刺激**，給予閾值以上的刺激強度，則以恆定、最大的強度傳導；若給予閾值以下的刺激，則無法引起一個動作電位，此即為全或無定律(all-or-none law)。

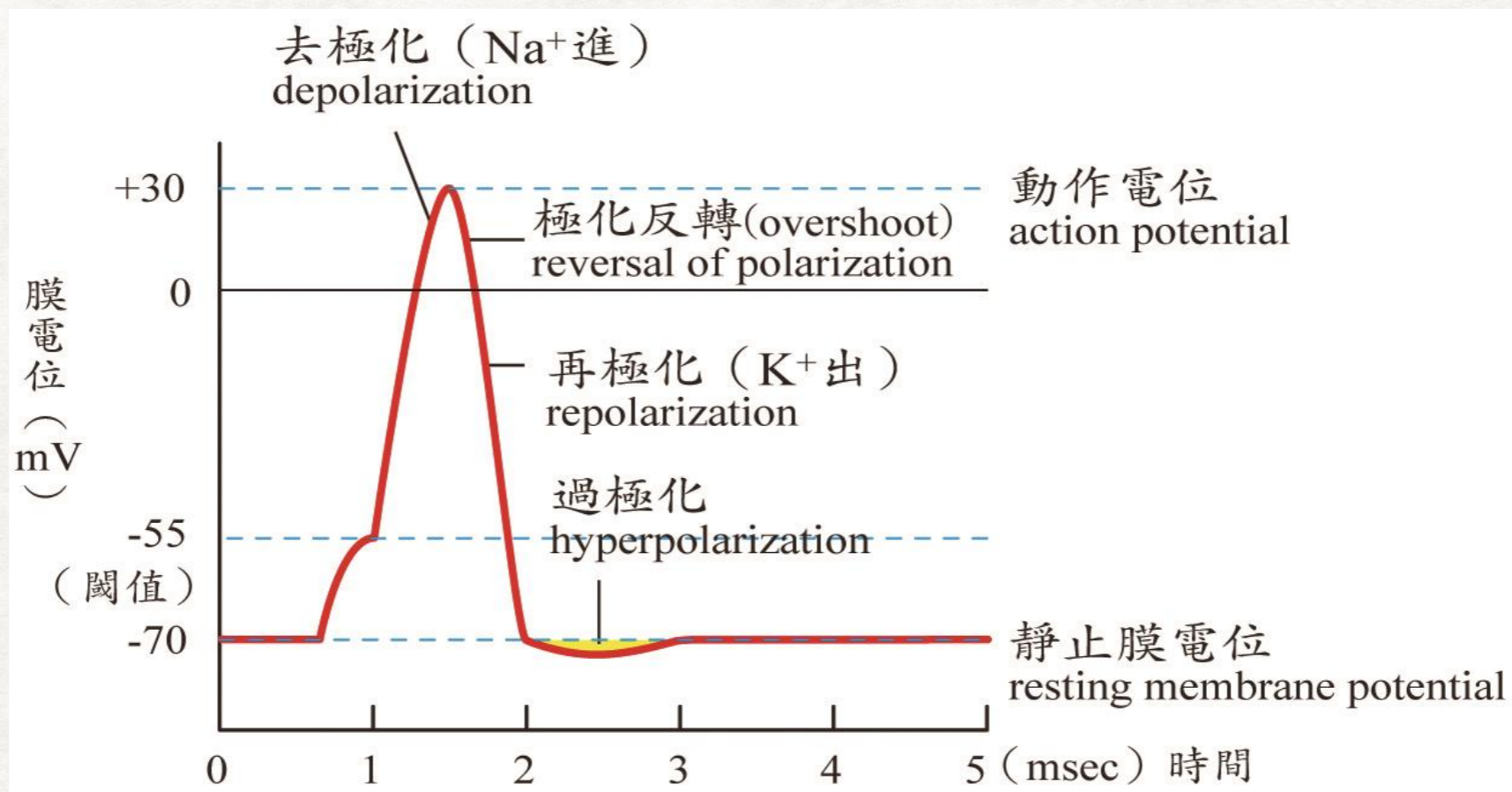


圖 8-8 一個動作電位記錄的特徵

(三)神經衝動的傳導方式

- 1.連續傳導(continuous conduction)：
無髓鞘纖維傳導神經衝動即用此法。(較慢)
- 2.跳躍傳導(saltatory conduction)：
有髓鞘的神經纖維在產生動作電位時，電流是由一個蘭氏結移到另一個蘭氏結的跳躍方式傳導。(較快、耗能少)

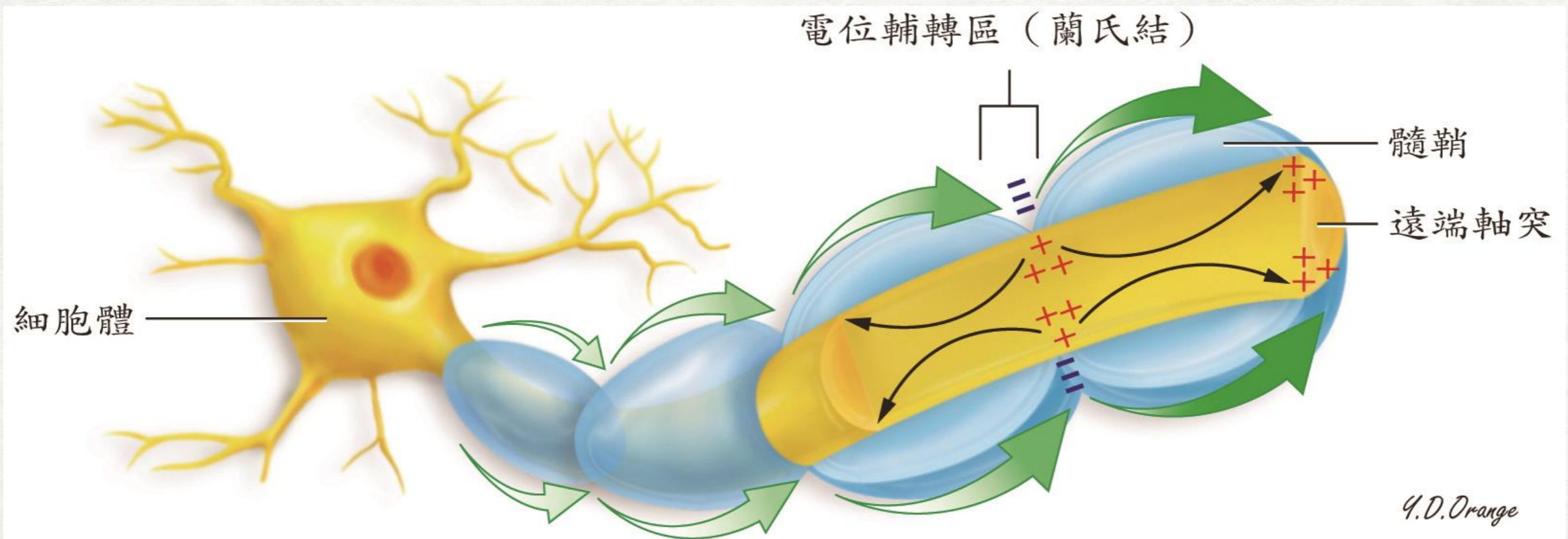


圖 8-10 有髓鞘軸突的跳躍傳導

(四)神經衝動的傳導速度

- **1.溫度：**

- 溫度上升時，傳導速度會增加
- 溫度下降時，傳導速度會減慢。

- **2.壓力：**

- 壓力減少時，傳導速度會加快；壓力增加時，傳導速度會減慢。

- **3.纖維直徑：**

- 纖維直徑愈大者，傳導衝動的速度愈快。

- **4.有無髓鞘**

- 5.其他。

表 8-2 哺乳動物神經纖維的分類

種類	髓鞘	傳導方式	直徑 (μm)	傳導速度 (m/sec)	機能
A α	有	跳躍傳導	12 ~ 20	70 ~ 120	本體感覺、軀體運動 (體運動神經)
β			5 ~ 12	30 ~ 70	觸覺、壓覺
γ			3 ~ 6	15 ~ 30	肌梭運動 監控肌肉收縮情況
δ			2 ~ 5	12 ~ 30	痛覺 (快痛)、溫覺
B	有	跳躍傳導	< 3	3 ~ 15	自主神經節前纖維
C	無	連續傳導	0.4 ~ 1.2	0.5 ~ 2	痛覺 (慢痛)、自主神經節後纖維

C纖維易受局部麻醉抑制

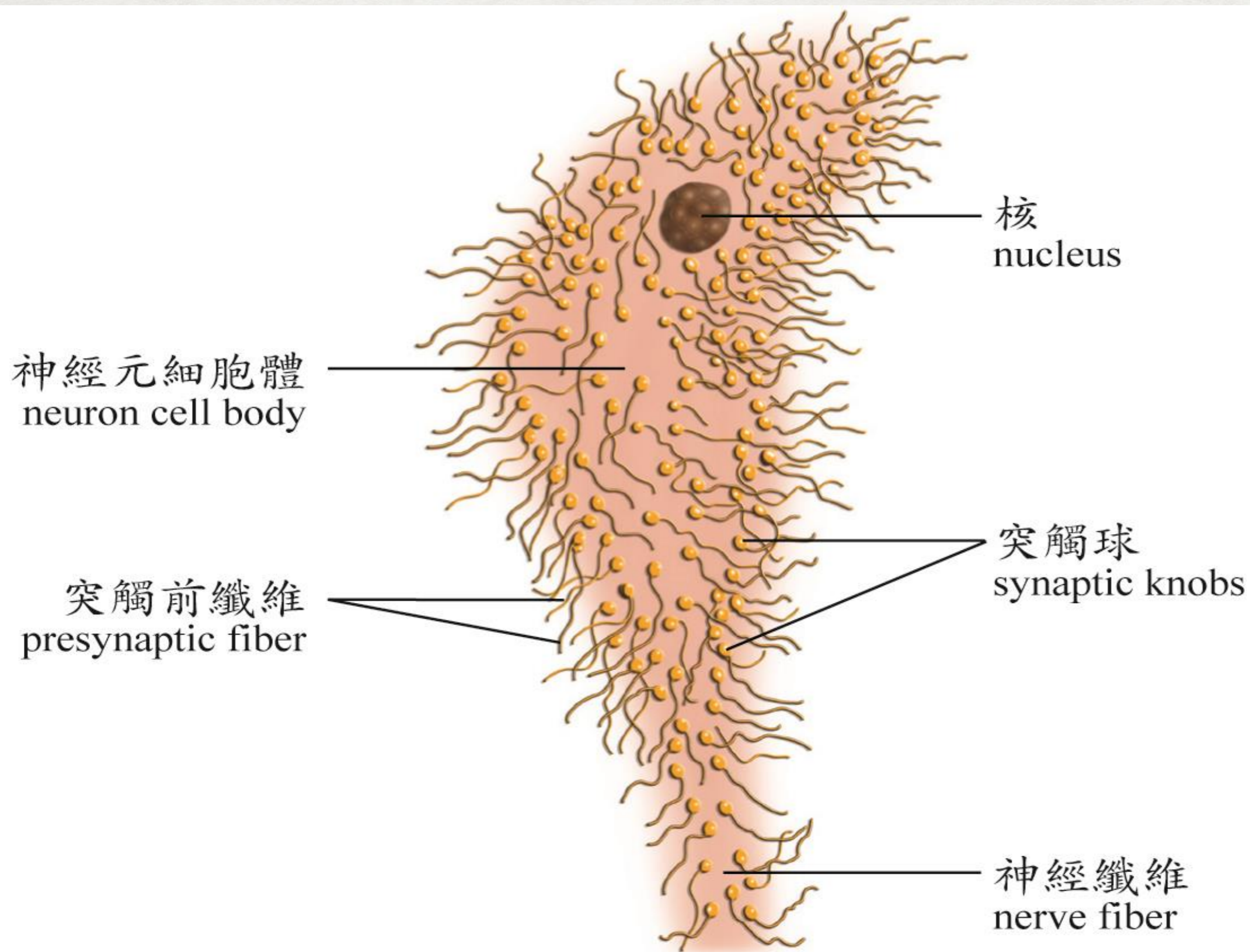
痛覺神經同時被活化，但分開傳遞

快痛：主要功能為痛覺定位

慢痛：為後續的，感知細胞受傷仍然存在，比較不易疲勞

(五)突觸(SYNAPSE)

- 神經元間是以**突觸**相連接。
- **突觸前神經元**(presynaptic neuron)：訊息的發送者
- **突觸後神經元**(postsynaptic neuron)：訊息的接受
- 大部分的神經元同時具有突觸前及突觸後的功能。
 1. 神經元與**肌肉**細胞間的突觸稱為神經肌肉接合。
 2. 神經元與**腺體**細胞間的突觸稱為神經腺體接合。

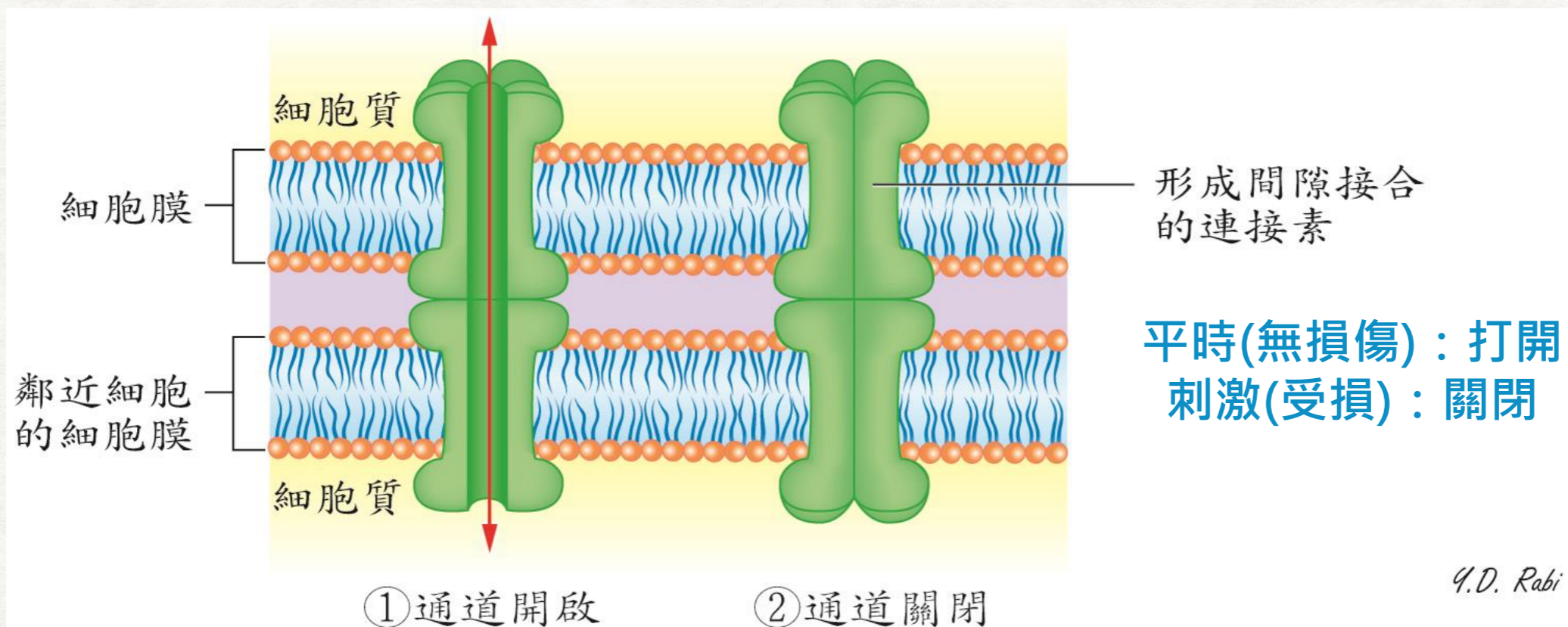


G.D. Orange

圖 8-11 一個神經元可與很多神經纖維的突觸球形形成突觸

電性突觸(ELECTRICAL SYNAPSE)

- 常見於**心肌與平滑肌**，它含有**連接素(蛋白質)**形成的通道，可使相鄰的神經元細胞質相通，提供了低電阻的電性通道而使離子流到下一個神經元。
- 重要特徵：**雙向傳遞、速度快**



突觸前神經元與突觸後神經元以間隙接合連接，形成通道。
每個間隙接合是由上下6個連接素組成。傳導方向為雙向。

圖 8-12 電性突觸

化學性突觸 (CHEMICAL SYNAPSE)

- 藉由突觸前神經元的**突觸囊泡**釋放化學的**神經傳遞物質** (neurotransmitter)，經由擴散作用通過突觸裂，而引起突觸後細胞產生反應，稱為化學性突觸(chemical synapse)。

受到電位改變刺激
而開啟

髓鞘

化學性突觸傳導分成七個步驟。傳導方向為單向：

- ①神經傳遞物合成後包裝於突觸小泡內。
- ②動作電位傳遞到軸突末梢的突觸。
- ③電位管制鈣通道 (voltage-gated Ca^{2+} channels) 打開, Ca^{2+} 進入突觸內。
- ④ Ca^{2+} 濃度上升, 促使突觸小泡移至突觸裂, 藉由胞吐作用將突觸小泡的神經傳遞物釋放於突觸裂。
- ⑤神經傳遞物作用於突觸後神經元之接受器。
- ⑥促使突觸後神經元活化。
- ⑦神經傳遞物被回收或代謝。

註：分解酶可能在突觸前或突觸後, 也可能在突觸裂。

鈣通道
calcium channel

神經傳遞物
neurotransmitter

無直接接觸
突觸裂
synaptic cleft

接受器
receptor

Ca^{2+} ③

Na^{+}

①

③

④

⑤

⑥

突觸小泡
synaptic vesicle

鈣離子幫浦

分解酶

胞吐作用

神經傳遞物被代謝

神經傳遞物被回收

突觸後神經元

(六)突觸的傳導

- **興奮性傳導(Excitatory Conduction)**

興奮性的傳遞物質與突觸後細胞膜上的接受器作用，使其易於興奮（**膜電位增加**），此種電位變化稱為興奮性突觸後電位(excitatory postsynaptic potential；**EPSP**)。若有70個突觸球約在同一時間釋出其神經傳遞物質，則合併的效果可能引發一次神經衝動，此為加成作用(summation)。

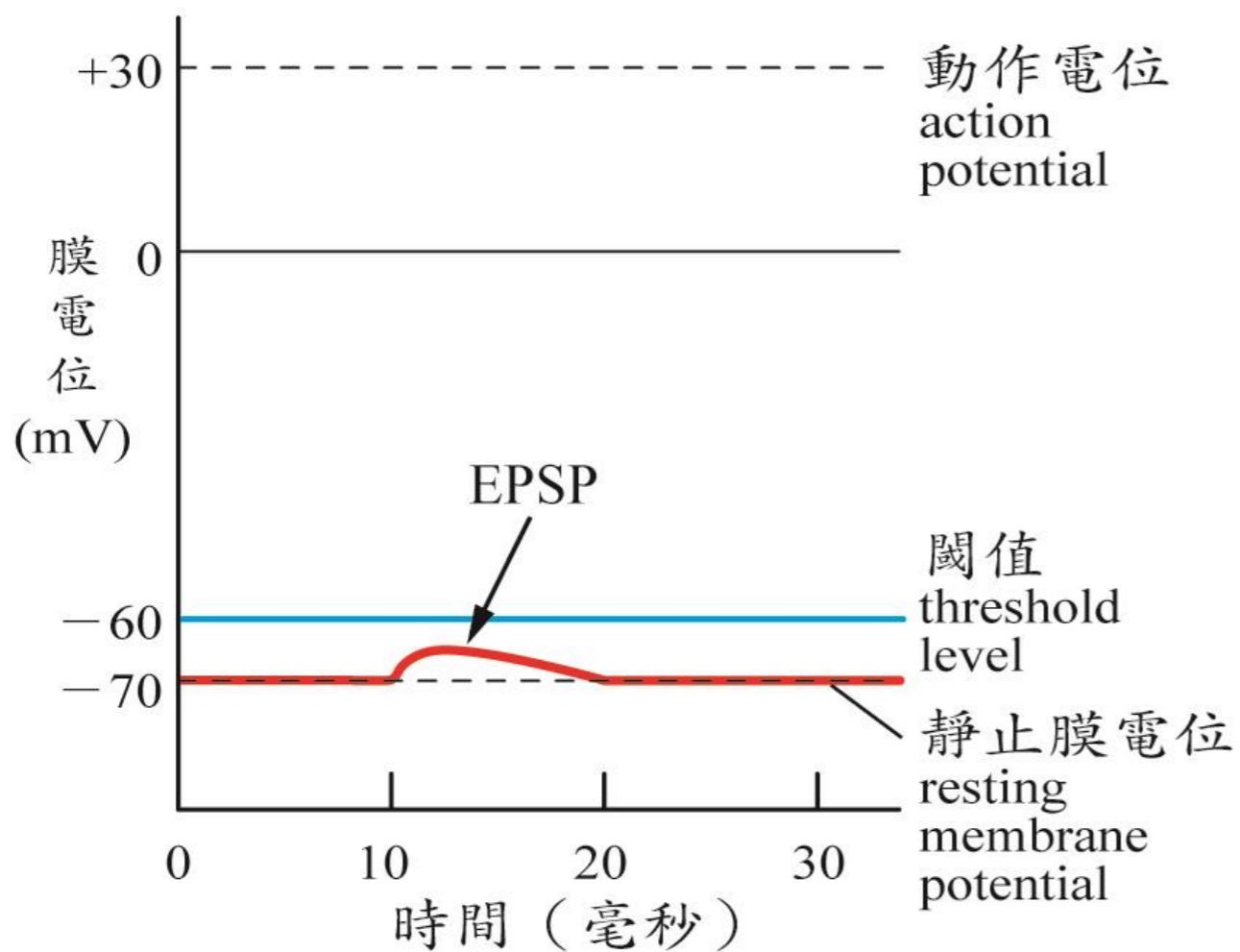
- **抑制性傳導(Inhibitory Conduction)**

抑制性的傳遞物質與突觸後細胞膜上的接受器作用，使細胞內的電位產生過極化，這種使突觸後神經元的**靜止膜電位更負**的變化，稱為抑制性突觸後電位(inhibitory postsynaptic potential；**IPSP**)。

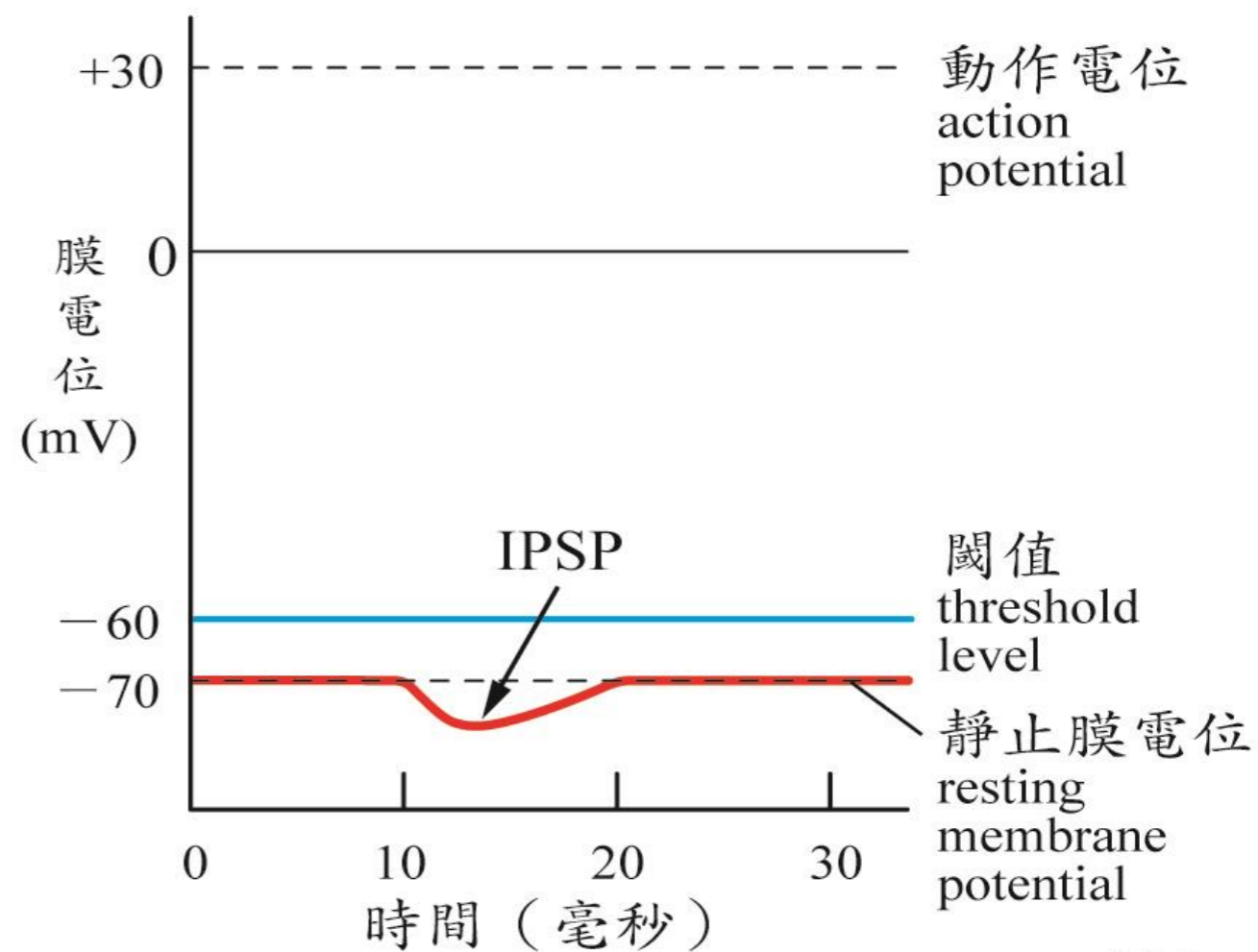
Na^+ : 通透性**降低** (進不來)

K^+ : 通透性**增加** (到細胞**外**)

Cl^- : 通透性**增加** (到細胞**內**)



①興奮性突觸後電位



②抑制性突觸後電位

G.D. Orange

圖 8-14 突觸的傳導

與全有全無律無關

表 8-3 興奮性突觸後電位（EPSP）與抑制性突觸後電位（IPSP）特徵的比較

電位名稱 比較項目	興奮性突觸後電位	抑制性突觸後電位
化學傳遞物	興奮性	抑制性
突觸後膜對離子 通透性的改變	增加對 Na^+ 的通透性，使 Na^+ 流入胞內	降低對 Na^+ 的通透性，但增加對 Cl^- 及 K^+ 的通透性，使 Cl^- 流入胞內及 K^+ 流出胞外。
膜電位值	介於 -70mV （靜止膜電位）與 -60mV （閾值）間	低於 -70mV （過極化）

細胞外液：鈉離子、氯離子、重碳酸根離子

細胞內液：鉀離子、鎂離子、磷酸根離子

突觸的整合

- 突觸後神經元是一個整合器(integrator)，它能接收**興奮**或**抑制**訊號並整合之，然後據以反應出去。
 1. **空間**性加成 (spatial summation)
 2. **時間**性加成(temporal summation)
- 突觸後神經元可能以下列幾種方式反應：
 - 1. 興奮性作用大於抑制性作用，但**總合小於刺激的閾值水平**，則只產生促進作用，而**不能引起衝動**。
 - 2. 興奮性作用大於抑制性作用，且其總合等於或**高於刺激**的閾值水平，則產生一個衝動。
 - 3. 抑制作用大於興奮作用，則會抑制衝動的產生。

(七)神經傳遞物(NEUROTRANSMITTER)

- 神經傳遞物質必須具備下列三要項：
 1. 它必須存在於**突觸球**。
 2. 它能**改變突觸後膜對離子的通透性**。
 3. 它能在**突觸裂內被酶分解而失去活性**，或被回收**到突觸球內**。

• 依化學結構的不同，可將神經傳遞物質分成：

• 乙醯膽鹼(acetylcholine ; ACh)：中樞缺乏導致失智症

接受器被自體抗體阻斷→重症肌無力症

• 生物胺類(biogenic amine)：多巴胺缺乏→巴金森氏症

多巴胺過多→精神分裂

血清胺缺乏→憂鬱症

• 氨基酸類(amino acid)：GABA缺乏導致漢丁頓氏舞蹈症

• 多胜肽類(polypeptide)

• DA抑制GABA釋放

• Ach促進GABA釋放

• 脂類(lipid)

• 氣體類(gas)

	節前神經	節後神經
交感神經	ACh	NE
副交感神經	ACh	ACh

表 8-4 神經傳遞物的分類與功能

分類	神經傳遞物	功能
膽鹼類 choline	乙醯膽鹼 (acetylcholine; ACh)	自主神經節前傳遞物；副交感神經節後傳遞物；骨骼肌收縮
生物胺類 amines	多巴胺 (dopamine)	在中樞參與行為及精神活動
	正腎上腺素 (norepinephrine; NE)	交感神經節後傳遞物
	腎上腺素 (epinephrine; Epi)	
	血清胺 (serotonin; 5HT)	與睡眠、情緒、行為有關
	組織胺 (histamine)	與過敏反應有關，使血管舒張
氨基酸類 amino acids	麩氨酸 (glutamate; Glu)	中樞主要興奮性氨基酸
	甘氨酸 (glycine; Gly)	中樞主要抑制性氨基酸
	γ -氨基丁酸 (GABA)	

星狀膠細胞回收 Glutamate \rightarrow Glutamine

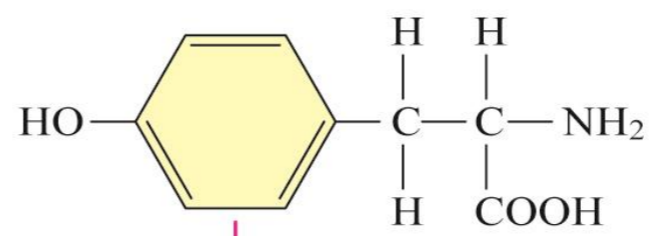
酪氨酸 (tyrosine)：多巴胺、正腎上腺素、腎上腺素

色氨酸 (tryptophan)：血清胺

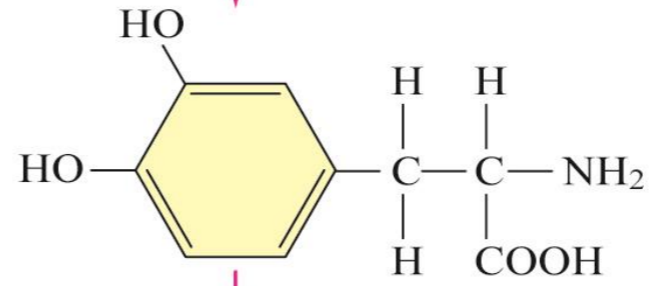
表 8-4 神經傳遞物的分類與功能

分類	神經傳遞物	功能
多胜肽類 polypeptides	血管收縮素 II (angiotensin II)	血管收縮
	升糖素 (glucagon)	增加血糖
	胰島素 (insulin)	降低血糖
	P 物質 (substance P)	與痛覺有關
	血管加壓素 (vasopressin)	血管收縮
	抗利尿激素 (ADH)	腎小管水分再吸收 尿少血壓高
	神經胜肽 Y (neuropeptide Y)	參與反應壓力及心血管功能調控；食慾刺激劑
	腦內啡 (endorphines)	為內生性鴉片類；與止痛有關
	腦啡肽 (enkephalines)	
脂類 lipids	內生性大麻類 (endocannabinoids)	與止痛有關
氣體類 gases	一氧化氮 (nitric oxide; NO)	血管舒張
	一氧化碳 (carbon monoxide; CO)	

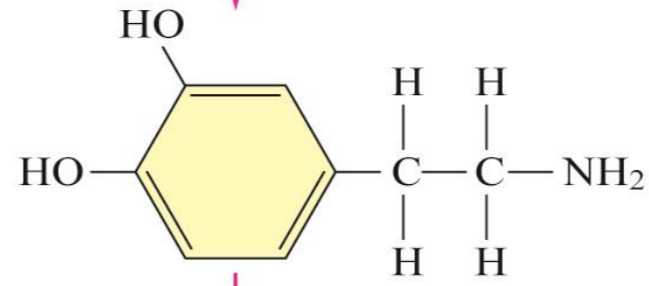
酪胺酸
 (胺基酸)
 tyrosine
 (an amino acid)



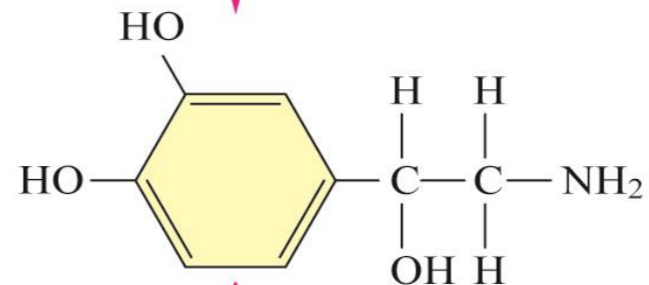
多巴
 (二羥苯丙酸)
 dopa
 (dihydroxyphenylalanine)



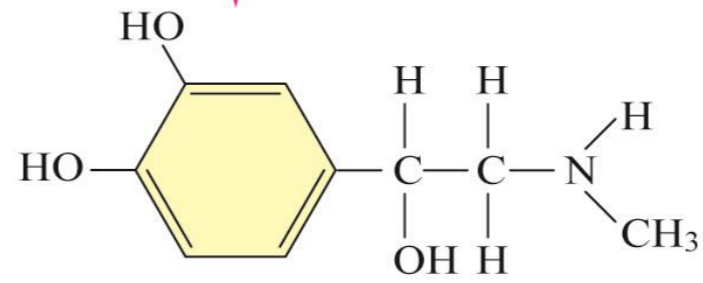
多巴胺
 (神經傳遞物)
 dopamine
 (a neurotransmitter)



正腎上腺素
 (神經傳遞物及激素)
 norepinephrine
 (a neurotransmitter
 and hormone)



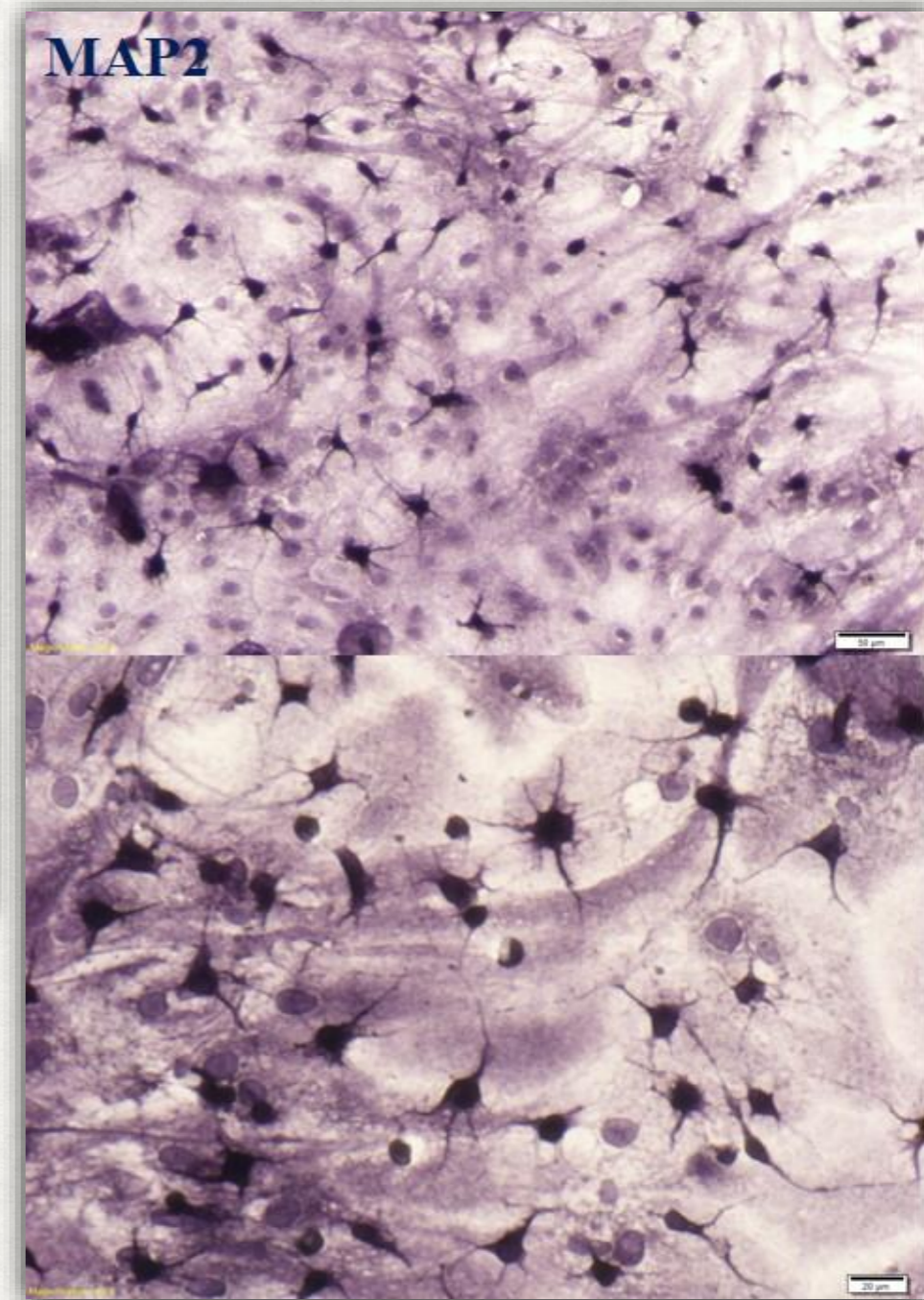
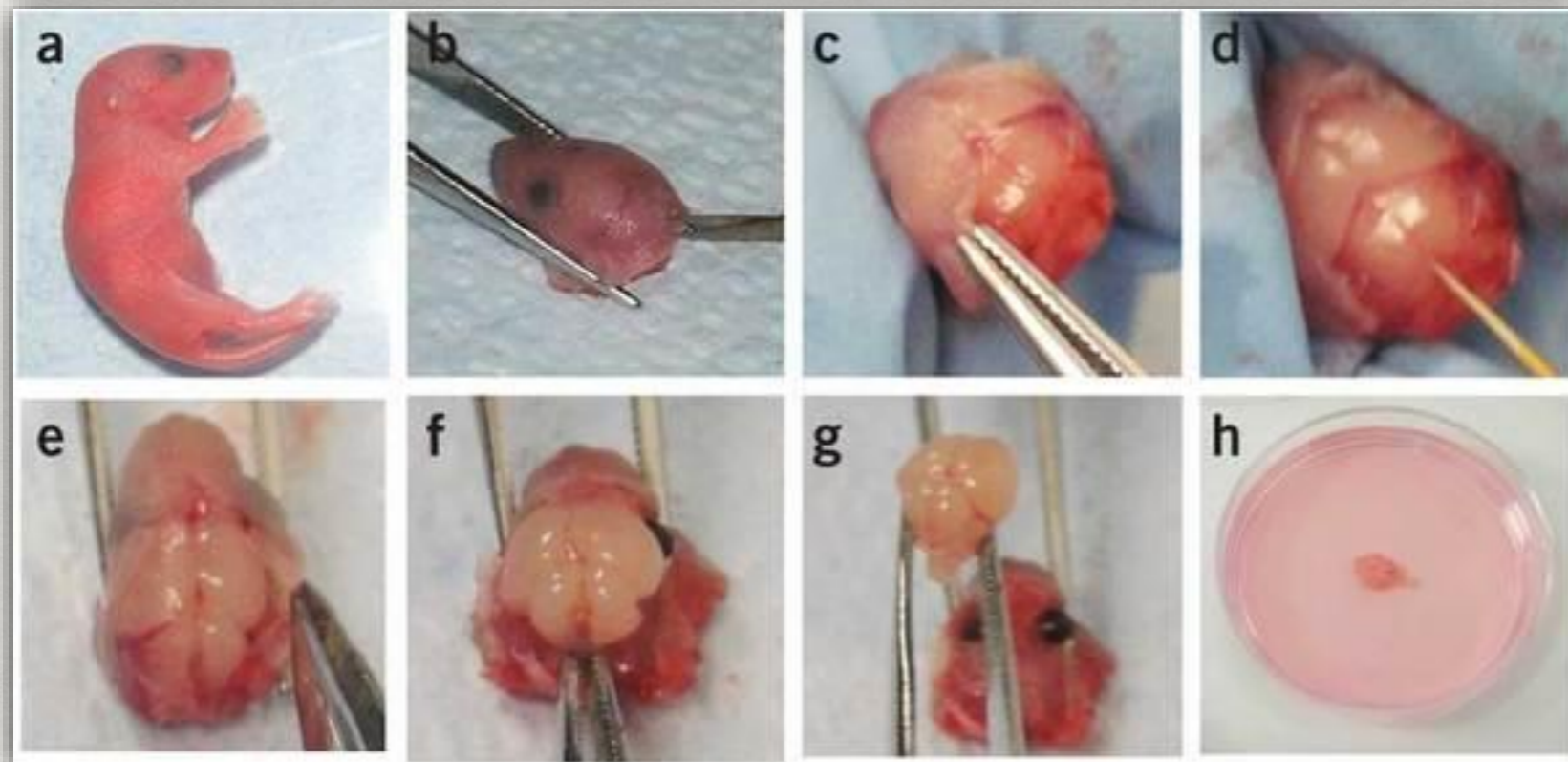
腎上腺素
 (腎上腺髓質主要分泌的激素)
 epinephrine
 (major hormone of
 adrenal medulla)



G.D.Lin

圖 8-15 兒茶酚胺類 (catecholamines)

Cortical neuron culture



6-OHDA lesion for PD rat model

