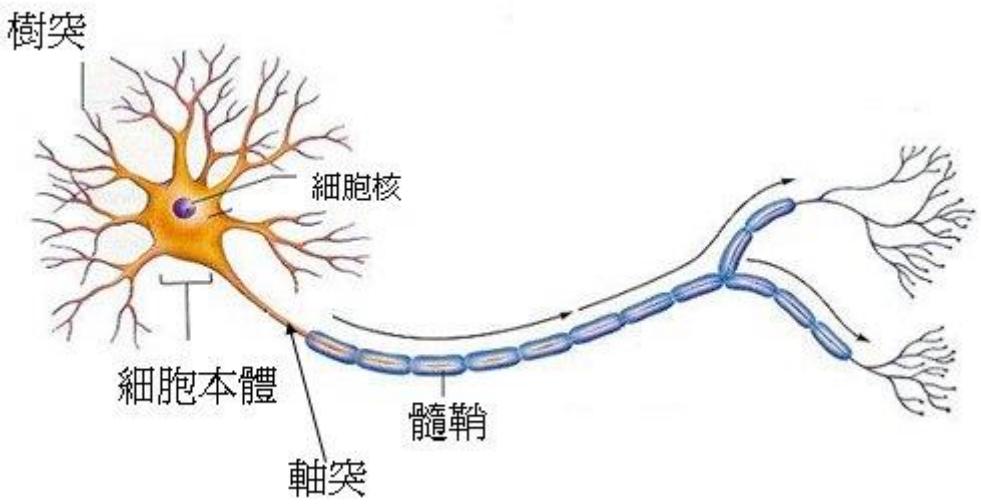
9-1 神經元

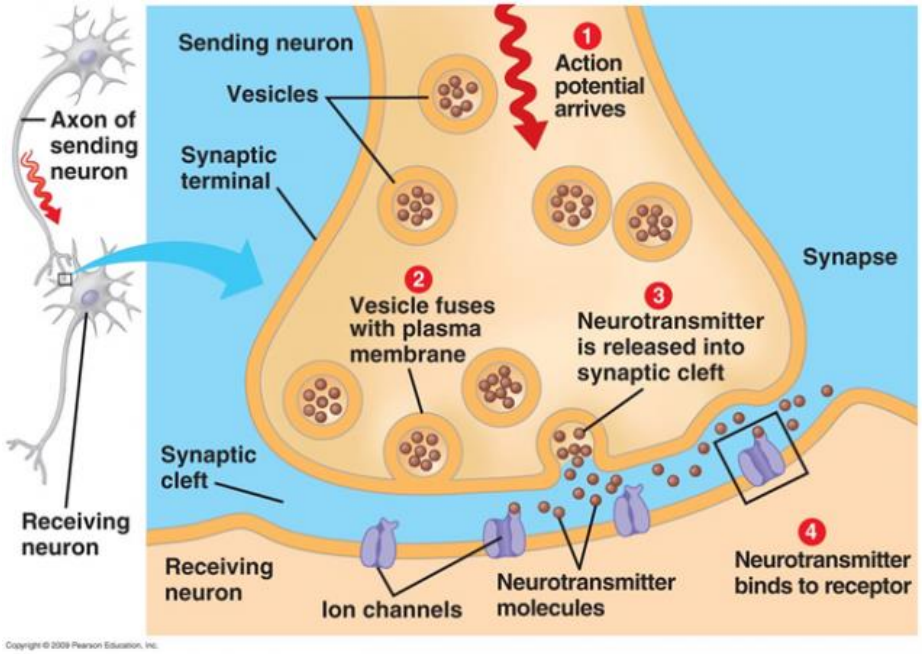
神經系統

一、 神經元（神經細胞）：神經系統構造與功能的基本單位。

1. 構造

細胞本體	1. 含有細胞核、大部分細胞質及胞器，負責神經元的生長代謝 2. 神經細胞本體受損時幾乎無法再生或修補 3. 細胞本體聚集的區域：在中樞神經中稱為神經核或灰質 在周圍神經中稱為神經節	
細胞質突起	細胞質向外延伸，又稱神經纖維 神經纖維的集合：在中樞神經中稱為白質 在周圍神經中稱為神經	
	樹突	1. 具有受體，可接受訊息並傳入細胞體 2. 分枝多，可增加接收訊息的表面積
	軸突	1. 軸突通常較樹突長，可將訊息傳出細胞體 2. 軸丘：軸突靠近細胞本體的隆起處，為動作電位的產生處 3. 人體最長的軸突：脊髓到腳趾的坐骨神經
突觸	1. 神經元與神經元之間的聯絡構造 2. 包含： a. 突數前神經元的軸突末梢，軸突末端具有囊泡，可以胞吐作用釋出神經傳導物質傳遞訊息 b. 突觸間隙：約為 200～300Å c. 突觸後神經元的樹突或細胞本體	

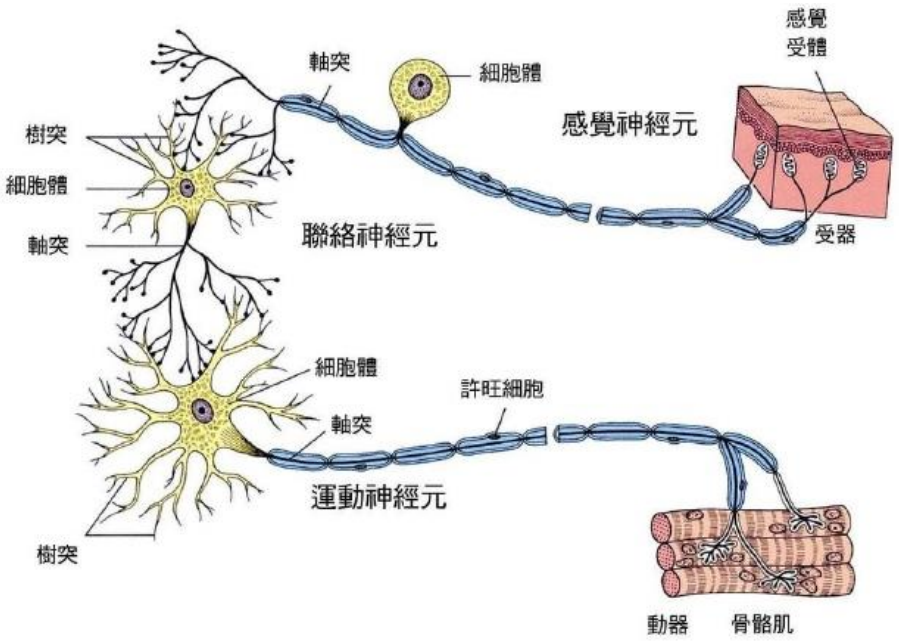




2. 神經元種類

a. 依傳遞方向

感覺神經元	1. 功能：將受器的訊息傳入中樞神經系統 2. 傳導方向：受器→中樞神經
聯絡神經元	1. 功能：介於感覺神經元與運動神經元 2. 傳導方向：感覺神經元→運動神經元 3. 特徵：是數量最多的神經元 扮演訊息整合、聯繫與溝通的角色 主要位於中樞神經系統中
運動神經元	1. 功能：將中樞神經系統的神經衝動傳導至肌肉或腺體等動器 2. 傳導方向：中樞神經→動器



b. 依型態構造

	單極神經元	雙極神經元	多極神經元
突起數量	一枝	兩枝	多枝
人體神經例子	感覺神經元	嗅細胞 視網膜的雙極細胞	運動神經元 聯絡神經元

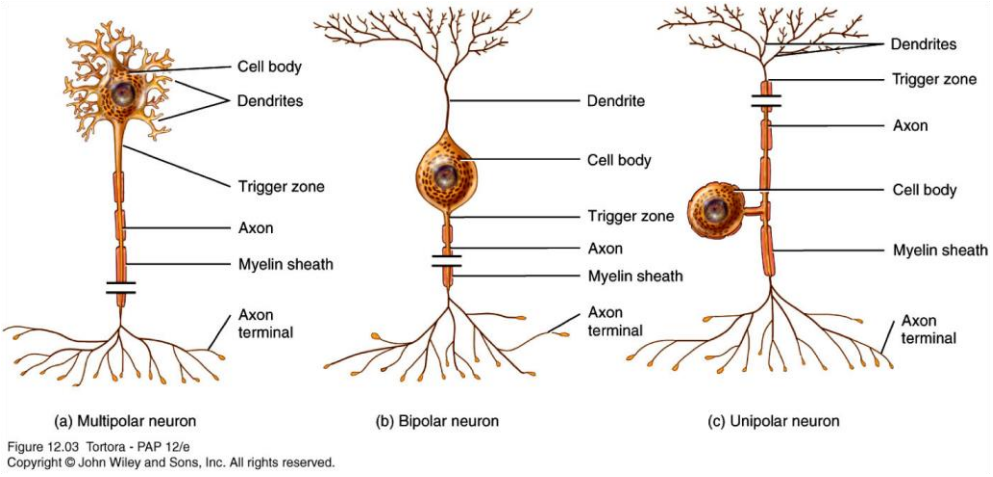
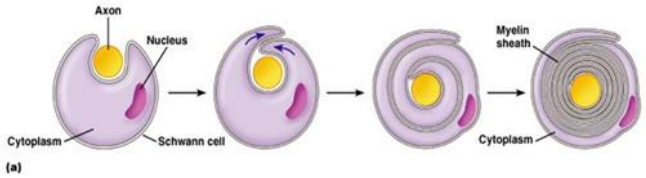
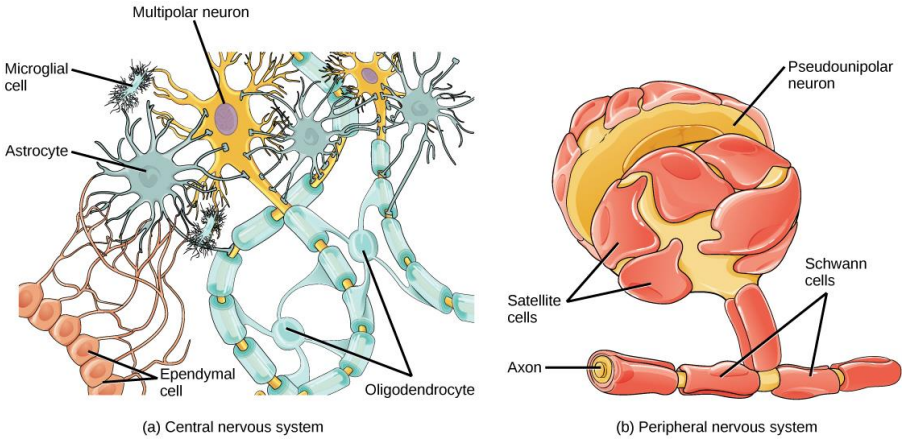


Figure 12.03 Tortora - PAP 12/e
Copyright © John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

二、 神經膠細胞：數量約為神經細胞的 10 倍

1. 不直接參與訊息傳遞、無法傳遞神經衝動。
2. 主要功能為提供支持及營養、維持環境穩定、提供絕緣環境。
3. 髓鞘
   a. 軸突上被神經膠細胞包裹的部份。
      →軸突上未包裹髓鞘的裸露處稱為郎氏結
   b. 髓鞘上的神經膠細胞含大量磷脂質，形成絕緣層，可加速神經衝動傳導。
   c. 部份髓鞘可修護受損的軸突。
   d. 可形成髓鞘的神經膠細胞：中樞神經內為寡突膠細胞
      周圍神經內為許旺細胞
   e. 目前僅有脊椎動物及部份橈足類動物具有髓鞘。





膜電位

一、 發現：1950 年代英國霍奇金及赫胥黎利用微電極測量烏賊具大的神經軸突膜電位。

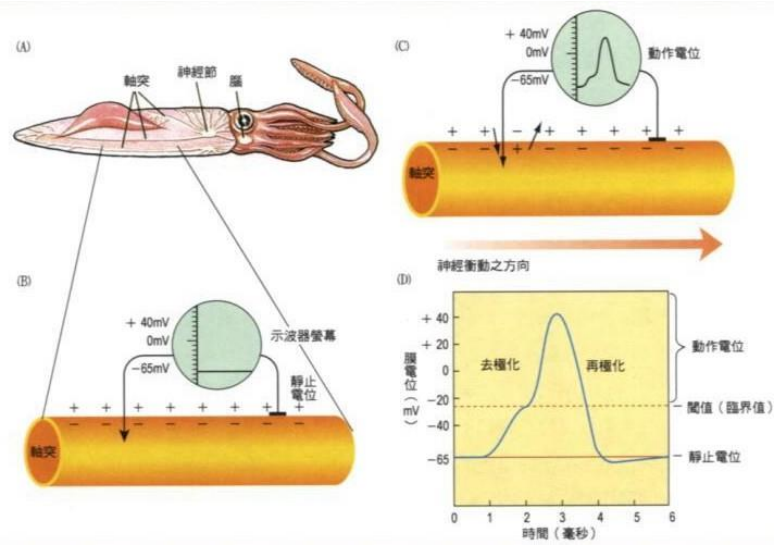
二、 形成原因：細胞膜上具有多種運輸蛋白，使離子與蛋白質在細胞膜兩側不均勻分佈，而造成細胞膜內外的電位差異。

三、 電荷分佈

1. 細胞外：鈉離子、氯離子較多。
2. 細胞內：鉀離子、蛋白質較多。

→體液 pH 環境多使蛋白質的胺基酸側鏈帶負電

	細胞內濃度(mM)	細胞外濃度(mM)
鈉離子 Na^+	5～20	130～160
鉀離子 K^+	130～160	4～8
鈣離子 Ca^{2+}	$5x10^{-5}$～$5x10^{-3}$	1.2～4
鎂離子 Mg^{2+}	10～20	1～5
氯離子 Cl^-	1～60	100～140
碳酸氫根 HCO_3^-	1～3	20～30



四、 離子運輸蛋白種類：依開啟方式及耗能與否區分

1. 幫浦蛋白：為主動運輸的載體蛋白，可維持膜內外分子濃度差。
   →鈉鉀幫浦蛋白：耗能將 3 鈉離子送出、2 鉀離子送入細胞
2. 電位敏感離子通道：因膜電位改變而開啟或關閉的離子通道。
3. 化學敏感離子通道：通道蛋白上具有特殊受體，可與細胞外化學分子結合而開啟或關閉的離子通道。

※電位及化學敏感離子通道可讓離子順濃度梯度運輸，不需消耗能量。

五、 神經元靜止膜電位

1. 定義：神經元未受刺激，處於靜止狀態下的膜電位。
2. 靜止膜電位值：人類神經元的靜止膜電位為-70mV（細胞內負外正）。
   一般動物細胞的靜止膜電位為-50～-100mV 之間。

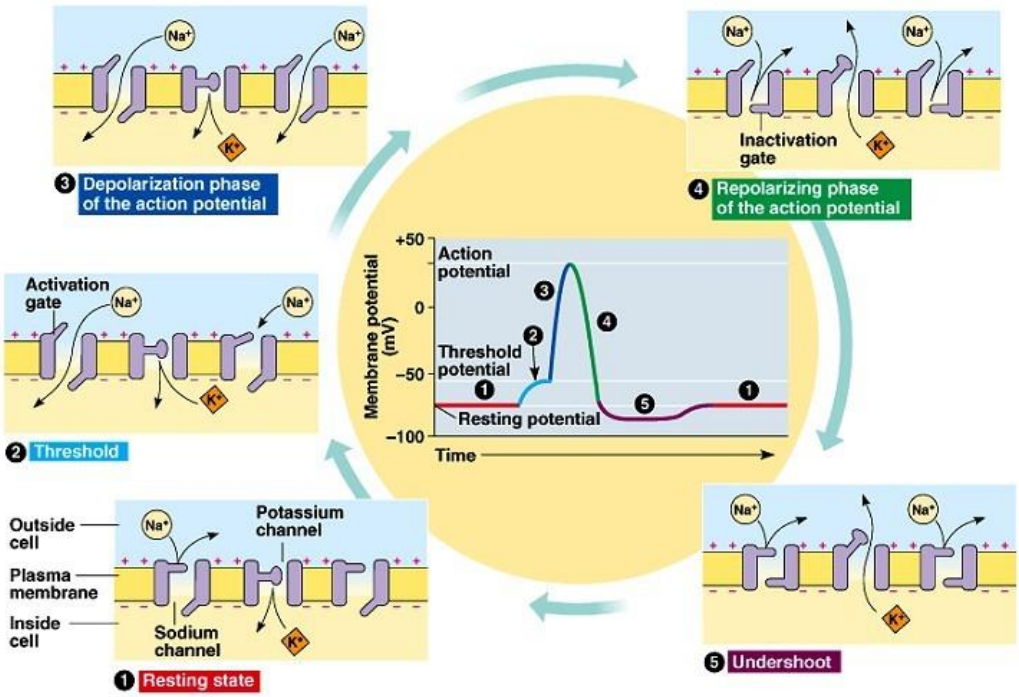
3. 靜止膜電位形成原因
   a. 內負：蛋白質多帶負電且大量出現於細胞內。
   b. 外正：細胞膜對鉀離子通透性高於鈉離子以及鈉鉀幫浦蛋白的作用
4. 膜電位變化原因：因膜上通道對離子的通透性改變，造成膜內外的離子流動。

六、 膜電位變化
1. 極化：靜止膜電位的狀態。
2. 去極化：膜電位上升，膜內外電位差減少。
3. 過極化：膜電位下降，低於靜止膜電位。

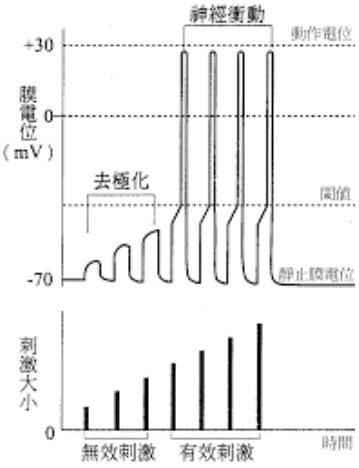
神經衝動

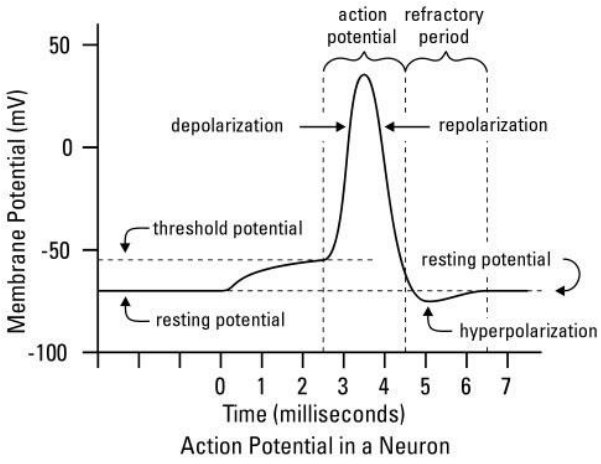
一、 定義：神經元受刺激，離子通道的開啟或關閉會造成膜電位變化，
二、 閾電位：神經元膜電位上升到足以產生動作電位的臨界電位，通常為-50～-55mV。
→不同細胞的閾電位可能不同，如痛覺受器的閾電位較高，故較不敏感
三、 動作電位：膜電位超過閾電位時即可引發動作電位。
四、 動作電位產生
1. 發生處：神經元軸丘及肌肉細胞。
→軸丘閾電位較低，且具有電位敏感型鈉離子、鉀離子通道
2. 產生過程

		鈉離子通道	鉀離子通道
極化	未受刺激時的靜止膜電位	關閉	關閉
去極化	接受興奮性刺激後，膜電位上升	部份開啟 （鈉離子進入細胞）	關閉
膜電位超過閾電位（-55mV）			
去極化	膜電位的上升引發電位敏感型鈉離子通道大量開啟，膜電位更正	大量開啟	關閉
膜電位達動作電位			
再極化	鈉離子通道迅速關閉，電位敏感型鉀離子通道開啟	迅速關閉	開啟 （鉀離子離開細胞）
過極化	鉀離子通道延遲關閉，使膜電位降至靜止膜電位以下 →此時不易產生新的動作電位	關閉	逐漸關閉
極化	鉀離子通道關閉，回到靜止膜電位	關閉	關閉



3. 動作電位的全有全無律
   a. 刺激過小：去極化未達閾電位，不引發動作電位及神經衝動。
      刺激夠強：去極化達到閾電位，引發動作電位及神經衝動。
   b. 刺激強度增加：動作電位大小不變，但動作電位產生頻率增加。



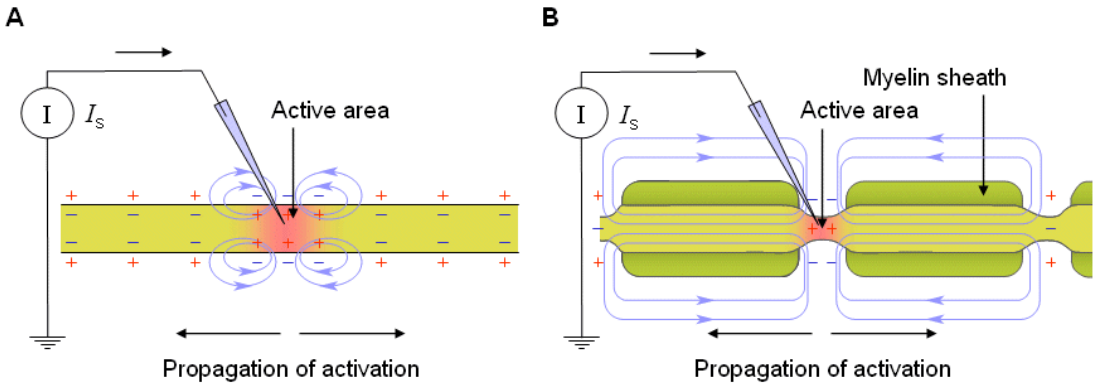


4. 不反應期
   a. 絕對不反應期：動作電位開始後 1.5 毫秒內（再極化期），因電位敏感型鈉離子通道關閉，任何刺激皆無法引發動作電位。
      →使動作電位在軸突上維持單向傳遞
   b. 相對不反應期：過極化回復到靜止膜電位的期間，因此時膜電位比靜止膜電位更低，故需要更強的刺激才能引發動作電位。

五、 動作電位傳導

1. 動作電位僅能於單一神經元內傳導，其速度與軸突構造有關。
   →較短、較粗或具有髓鞘的神經傳導較快
2. 動作電位產生後，因去極化造成細胞膜周圍電荷分佈改變，引發鄰近區域發生去極化。

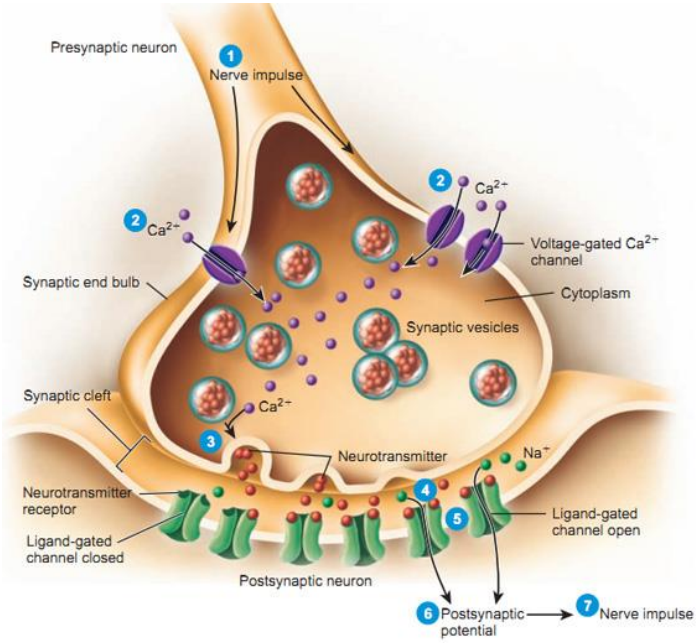
3. 動作電位在單一神經元內為單向傳遞。
   →因前一區域仍處於不反應期，不易產生新的動作電位
4. 跳躍傳導
   a. 髓鞘具有絕緣效果，動作電位僅能在郎氏結上傳導。
   b. 跳躍傳導可增加動作電位傳遞速度並減少能量損耗。
      →無髓鞘神經元傳導速度為 0.5～2m/s
      →有髓鞘神經元傳導速度為 120m/s



神經元間的訊息傳遞

一、 突觸傳導方式：突觸傳遞為單一方向傳遞

1. 軸突末端膨大，含有許多突觸囊泡，囊泡內含有神經傳導物質。
2. 神經衝動達到軸突末梢，開啟鈣離子通道。
3. 鈣離子擴散進入軸突，促突觸囊泡移到軸突末梢的邊緣。
4. 突觸囊泡以胞吐作用釋放其中的神經傳導物質到突觸間隙。
5. 突觸後神經元的樹突膜上受體和神經傳導物質結合，造成：
   a. 突觸後神經元特定離子通透性增加，造成膜電位改變。
   b. 突觸後神經元內特定酵素活化，啟動細胞生理活動。



二、 神經傳導物質種類

	分泌處	功能
正腎上腺素	交感節後神經元	1. 協助身體活動及情緒控制 2. 多數可開啟突觸後神經元的鈉離子通道，使膜電位上升（去極化），易引發動作電位 →屬於興奮性神經傳導物 3. 少數為開啟突觸後神經元的鉀離子通道，使膜電位下降（過極化），更不易產生動作電位
乙醯膽鹼	交感節前神經元 副交感節前神經元 副交感節後神經元 運動神經元末梢	1. 多數可開啟突觸後神經元的鈉離子通道，使膜電位上升（去極化），易引發動作電位 2. 阿茲海默症與乙醯膽鹼分泌量不足有關

三、 神經傳導物質功能

1. 興奮性突觸後電位（EPSP）：造成化學敏感型鈉離子通道開啟，引發去極化。
2. 抑制性突觸後電位（IPSP）：造成化學敏感型鉀離子通道開啟，引發過極化。

→一個突觸後神經元可接受多個突觸前神經元的軸突末梢訊息，若電位整合後達閾值則突觸後神經元引發新的動作電位

四、 運動終板

1. 定義：運動神經元軸突末梢與肌纖維表面連接的構造。
2. 神經訊息傳遞過程
   a. 神經衝動傳到運動神經元軸突末梢，使膜上鈣離子通道開啟，囊泡內的乙醯膽鹼釋放至突觸間隙。
   b. 乙醯膽鹼與肌纖維膜上的受體結合，使鈉離子通道開啟引發去極化。
   c. 肌纖維平滑型內質網釋出儲存的鈣離子，使肌絲滑動變短，肌纖維收縮。
   d. 間隙處的乙醯膽鹼可快速被乙醯膽鹼脂酶分解。
3. 運動單位：一個運動神經元及其控制的所有肌纖維。
   a. 一個運動神經元軸突可有許多分枝，每一分枝可控制一條肌纖維。但每一條肌纖維僅受一個運動神經元控制。
   b. 當一個運動神經元產生動作電位時，其所有控制的肌纖維皆會收縮。
   c. 運動單位越大，包含的肌纖維數量越多，調控動作的精細程度越低。運動單位越小，包含的肌纖維數量越少，可調控精巧細緻的動作。
   →運動單位控制的肌纖維數目與運動精密度成反比

