

# Autonomic Nervous System

- ❖ Regulate activity of **smooth muscle, cardiac muscle & certain glands**
- ❖ Structures involved
  - general visceral afferent neurons
  - general visceral efferent neurons
  - integration center within the brain
- ❖ Receives input from **limbic system** and other regions of the **cerebrum**
- ❖ Functionally, the ANS usually operates **without conscious control**.
- ❖ The ANS is regulated by the **hypothalamus** and **brain stem**.

1

# Peripheral Nervous System

- I. Afferent division
- II. Efferent division
  - A. **Somatic nervous system (SNS)**
  - B. **Autonomic nervous system (ANS)**
    - 1. Sympathetic division
    - 2. Parasympathetic division
    - 3. Enteric division

2

# SNS & ANS

**TABLE DIFFERENCES BETWEEN SOMATIC AND AUTONOMIC NERVOUS SYSTEMS**

**Somatic**

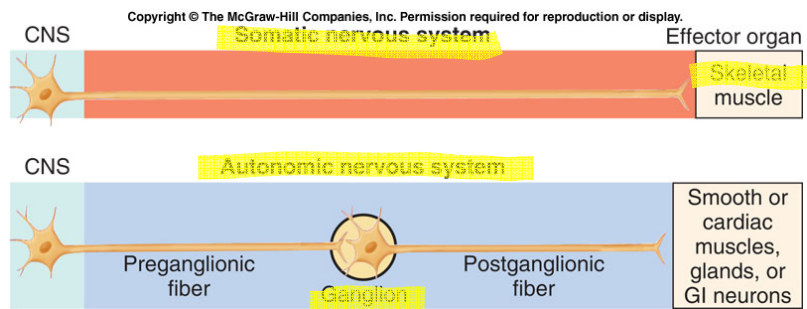
1. Consists of a single neuron between central nervous system and skeletal-muscle cells
2. Innervates skeletal muscle
3. Can lead only to muscle excitation

**Autonomic**

1. Has two-neuron chain (connected by synapse) between central nervous system and effector organ
2. Innervates smooth and cardiac muscle, glands, and GI neurons
3. Can be either excitatory or inhibitory

3

# SNS & ANS



(自主神經節)

4

## Basic Anatomy of ANS

### ❖ Preganglionic neuron

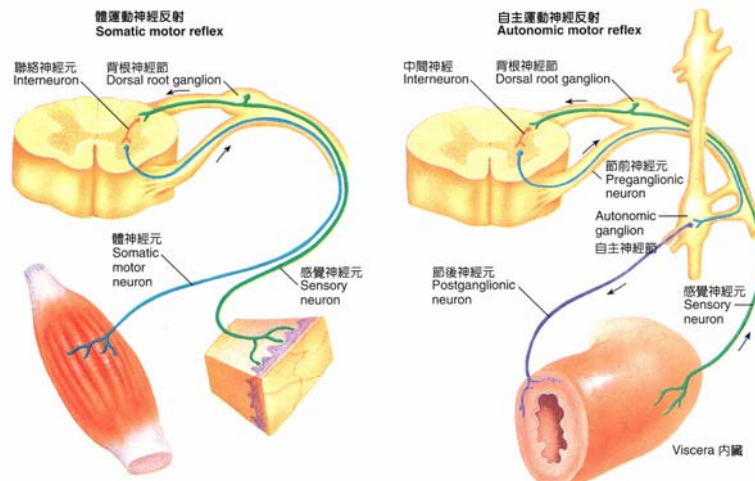
- cell body in brain or spinal cord
- axon is **myelinated type B fiber** that extends to autonomic ganglion

### ❖ Postganglionic neuron

- cell body lies outside the CNS in an autonomic ganglion
- axon is **unmyelinated type C fiber** that terminates in a visceral effector

5

## SNS & ANS



■ 圖 9.1 體運動神經反射和自主運動神經反射的比較。骨骼肌反射中，體運動神經元由中樞神經系統到達骨骼肌。在自主神經反射中，節前神經元由中樞神經系統到自主神經節，並且與第二個自主神經元產生突觸，透過第二個自主神經元（或稱節後神經元）來支配平滑肌、心肌或腺體。

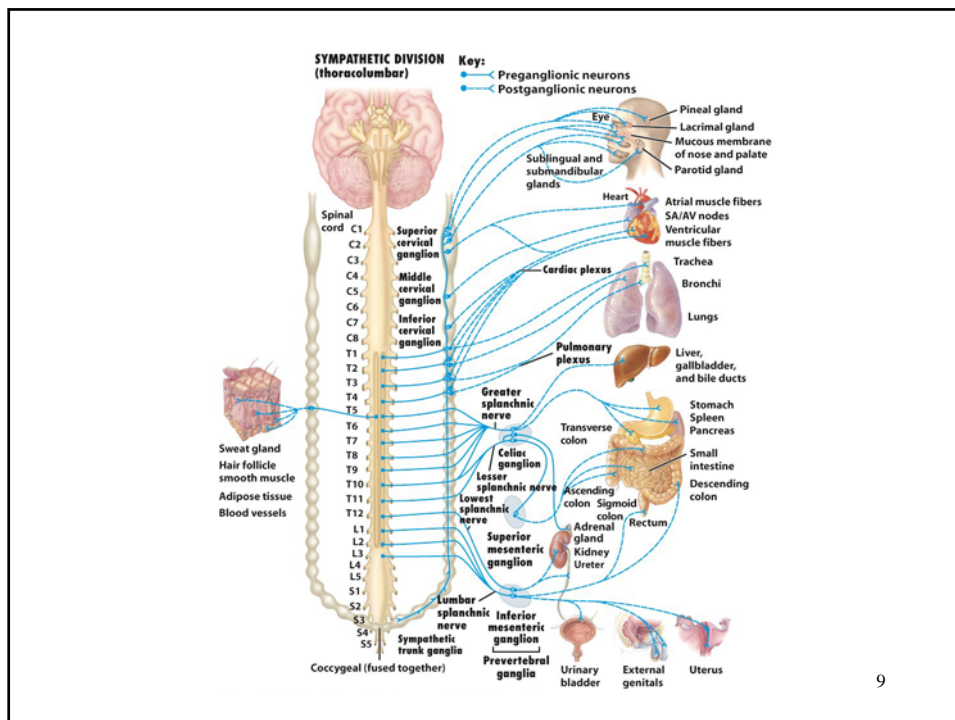
6

特徵	SNS	ANS
作用器官	骨骼肌	心肌、平滑肌、腺体、GI(腸胃道)
神經節	不含神經節	椎前(稱副神經節)、椎旁神經節(交感神經系統)，終末神經節(副交感神經系統)
CNS到作用器含神經元的數目	1個	2個
神經肌肉接合處的種類	運動終板	沒有特化性的運動終板，只是一般性的突觸後細胞膜，其上面有神經傳導素的接受器
神經衝動對肌肉的影響	興奮反應(骨骼肌收縮)	興奮和抑制反應
神經纖維的種類	傳導性較快(直徑較大)有髓鞘，跳躍式傳導)	傳導性較慢(因節前纖維含髓鞘但直徑較小，節後纖維不含髓鞘且直徑非常小)
切除神經之後的效應	癱瘓、萎縮或沒有力量	肌肉張力及功能仍在，但它所作用的細胞會產生過度敏感的現象

## Divisions of the ANS

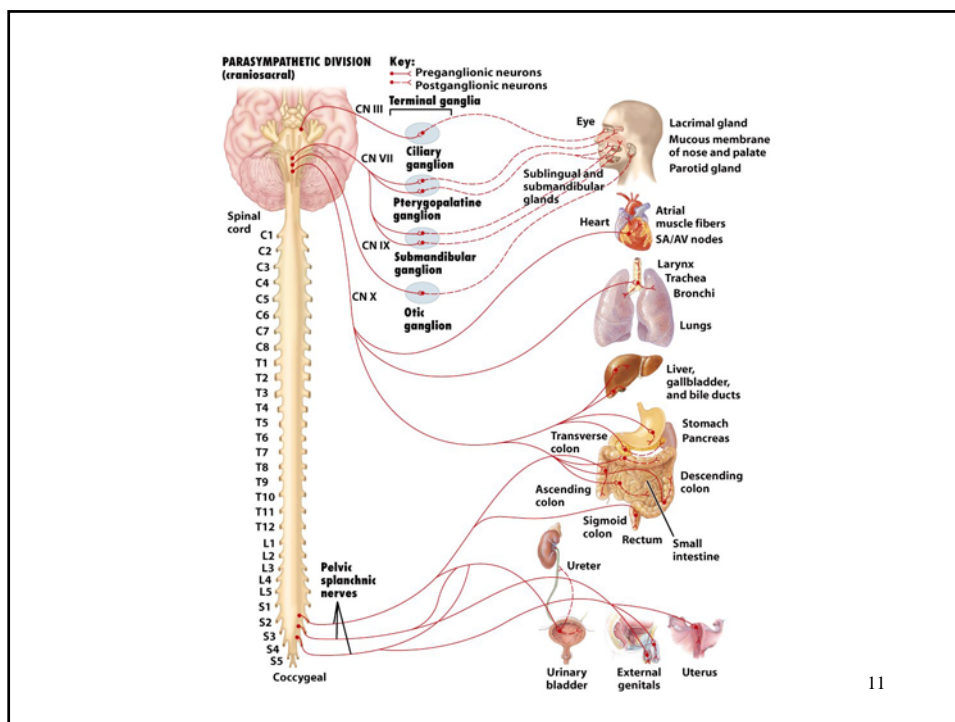
- ❖ Sympathetic (thoracolumbar) division
  - preganglionic cell bodies in thoracic and first 2 lumbar segments of spinal cord
- ❖ Ganglia
  - trunk (chain) ganglia near vertebral bodies
  - prevertebral ganglia near large blood vessel in gut (celiac, superior mesenteric, inferior mesenteric)

- ❖ Parasympathetic (craniosacral) division
  - preganglionic cell bodies in nuclei of 4 cranial nerves and the sacral spinal cord
- ❖ Ganglia
  - terminal ganglia in wall of organ



## Sympathetic Nervous System

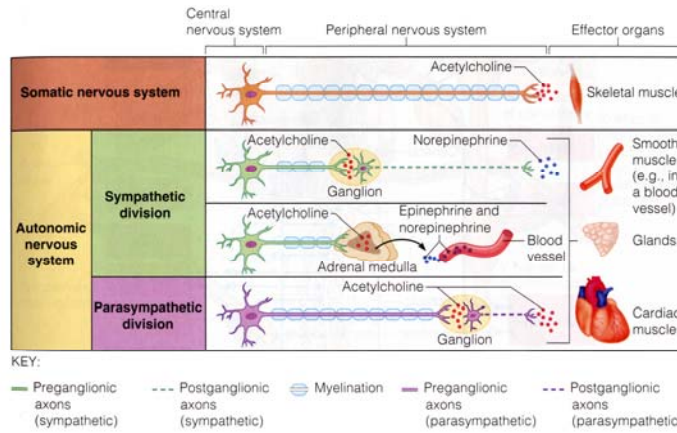
- ❖ SNS的preganglionic neuron分布在spinal cord的第1至第12胸椎(T1~T12)以及第1至第2腰錐(L1~L2)的中側角，因為SNS包含胸及腰，所以又稱胸腰部門(thoracolumbar division)。
- ❖ SNS的自主神經節有兩種：
  - a. 在脊椎兩側的椎旁交感神經鏈
  - b. 在腹腔的椎前神經節，也稱副神經節。



## Parasympathetic Nervous System

- ❖ 副交感神經系統的節前神經元分佈於腦幹（第三、VII、IX、X的腦神經）以及脊髓的第二至第四薦椎（S<sub>2</sub>~S<sub>4</sub>），因此PNS又稱為自主神經系統的頭薦部門(craniosacral division)；因為副交感自主神經節有些非常靠近，有些則位在其所支配的器官裡頭，因此副交感自主神經節也稱為終端神經節（terminal ganglia）。
- ❖ 副交感節前神經纖維分別經由III、VII、IX、X傳到各個不同的自主神經節。例：
  - ① 第三對腦神經：支配眼睛的睫狀肌和虹彩的環狀肌，控制水晶體的凹凸程度以及瞳孔的大小。
  - ② 第七對腦神經：支配淚腺、鼻腺、舌下腺、頰下腺等腺體。
  - ③ 第九對腦神經：控制耳下腺。
  - ④ 第十對腦神經(迷走神經)：最重要的副交感神經，而且支配最多的內臟器官，大約75%的副交感神經纖維是經由X傳到胸腹各部位。像心、肺、腸、胃、腎等內臟器官，都有迷走神經纖維的分佈。

# Neurotransmitters of ANS



- Prgan./ANS & postgan./parasymp: ACh (cholinergic fibers)
- Postgan./sym: NE (adrenergic fibers)
- Postgan./sym: ACh/腎上腺髓質、汗腺、骨骼肌的血管

13

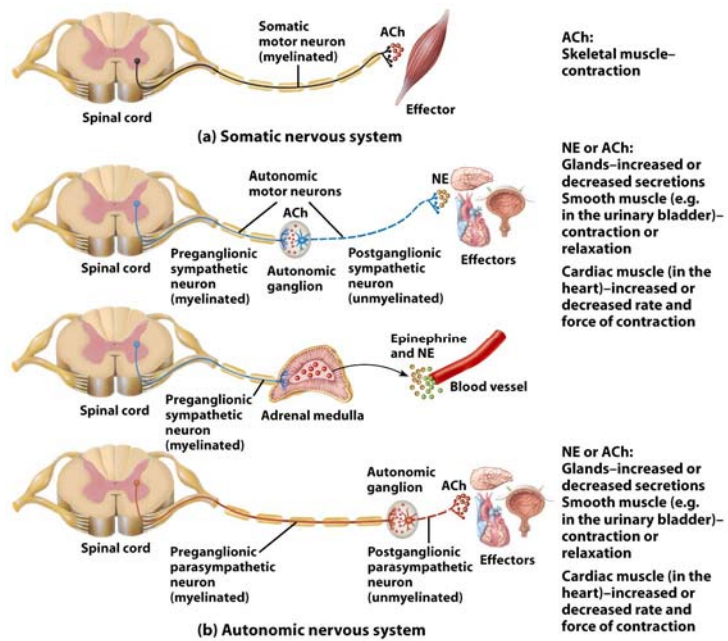


Figure 15-1 Principles of Anatomy and Physiology, 11/e  
© 2006 John Wiley & Sons

14

## Neurotransmitters of ANS

1. 所有的自主神經系統，不管是SNS和PNS節前神經元所分泌的神經傳導物質都是ACh。PNS的節後神經所分泌的是ACh。
2. SNS的節前神經元由spinal cord的胸腰部發出神經纖維到達自主神經節，節後神經元再從這些自主神經節發出神經纖維，到達各內臟器官，唯一例外的是腎上腺髓質，因為節前神經纖維並未通過任何自主神經節即直接支配腎上腺髓質，因此腎上腺髓質的細胞可視為一種交感節後神經元---腎上腺髓質的節前神經會一直延伸到腎上腺，都沒有看到節後神經，這是因為節後神經細胞是位於腎上腺髓質，所以才稱腎上腺髓質是節後神經元細胞。交感節後神經纖維所釋放的神經傳導物質是正腎上腺素(norepinephrine)，而腎上腺髓質釋放主要的神經傳導物質有: NE 和 EP(1:4)。
3. SNS的節後神經所分泌的是NE。除了少數例外，如 a. 腎上腺髓質 b. 皮膚的豎毛肌 c. 汗腺 d. 骨骼肌的血管等這些都只有交感神經纖維的分布，但其皆分泌ACh，而除此之外大部分的器官都有PNS和SNS的控制。

15

## Neurotransmitter Receptor

- ❖ 副交感節後神經纖維末梢所釋放的ACh，若與接受器(Muscarinic)結合，則這一型的接受器稱之Muscarinic接受器。若ACh與Muscarinic接受器結合，會使心跳減慢，而Muscarinic接受器又因對不同藥物的專一性而又分成多種亞型。
- ❖ NE或EP與接受器相結合，這類的接受器稱之腎上腺素性接受器。腎上腺素接受器和Muscarinic接受器相似，都是透過G Pt來完成其功能，而腎上腺素受體也因對不同藥物的專一性分為：
  - (1)  $\alpha$ 型：又分為 $\alpha 1$ 和 $\alpha 2$
  - (2)  $\beta$ 型：又分為 $\beta 1$ ， $\beta 2$ 和 $\beta 3$
  - $\alpha 1$ -receptor :  $\uparrow [Ca^{++}]_{ICF}$
  - $\alpha 2$ -receptor :  $\downarrow [cAMP]_{ICF}$
  - $\beta 1$  &  $\beta 2$ -receptor :  $\uparrow [cAMP]_{ICF}$
  - $\beta 3$ -receptor (brown fat) :  $\uparrow$  thermogenesis
- ❖ 因為 $[Ca^{++}]$ 的增加或 $[cAMP]$ 的下降，都會造成平滑肌收縮的強度，所以含 $\alpha$ 型接受器發生在血管，若腎上腺素分泌出去，則會與 $\alpha$ 型接受器結合，而引起血管收縮。
- ❖  $\beta 1$ 和 $\beta 2$ -receptor可 $[cAMP]_{ICF}$ 的增加，因此腎上腺素會舒張含 $\beta$ 接受器的平滑肌。

16



內臟器官	PNS刺激	SNS刺激
<b>眼睛</b> ①睫狀肌 ②瞳孔環狀肌 ③瞳孔輻射肌	收縮(M <sub>3</sub> 看近物,水晶體呈圓球狀) 收縮(M <sub>3</sub> 瞳孔變小) 無	鬆弛(β <sub>2</sub> 型)看遠物,水晶體呈扁平狀 無 收縮(α <sub>1</sub> 型)瞳孔放大
<b>心臟</b> ①竇房結 ②心肌	心跳速率減慢(M <sub>2</sub> ) 收縮力減小(M <sub>2</sub> )	加快(β <sub>1</sub> 型) 加強(β <sub>1</sub> 型)
<b>血管</b> ①冠狀動脈 ②腹腔器官 ③骨骼肌	舒張(M <sub>3</sub> ) 無 無	收縮(α型);舒張(β <sub>2</sub> 型) 收縮(α型);舒張(β <sub>2</sub> 型) 收縮(α型);舒張(β <sub>2</sub> 型)-膽鹼類受體
<b>肺臟</b> 支氣管	收縮(M <sub>3</sub> )	舒張(β <sub>2</sub> 型)
<b>腸胃</b> ①蠕動及張力 ②括約肌 ③分泌胃液	增加(M <sub>3</sub> ) 鬆弛(M <sub>3</sub> ) 增加(M <sub>3</sub> )	降低(α <sub>2</sub> , β <sub>2</sub> 型) 收縮(α <sub>1</sub> 型) 抑制(α <sub>2</sub> 型)
<b>膀胱</b> ①逼尿肌 ②括約肌	收縮(M <sub>3</sub> ) 鬆弛(M <sub>3</sub> )	鬆弛(β <sub>2</sub> 型) 收縮(α <sub>1</sub> 型)
<b>腎上腺髓質</b>	無	分泌腎上腺素及NE
<b>男性生殖器官</b>	勃起	射精(α <sub>1</sub> 型)

17

## Sympathetic Responses

- ❖ Dominance by the sympathetic system is caused by **physical or emotional stress** -- “E situations”
  - emergency, embarrassment, excitement, exercise
- ❖ **Alarm** reaction = flight or fight response
  - dilation of pupils
  - increase of heart rate, force of contraction & BP
  - decrease in blood flow to nonessential organs
  - increase in blood flow to skeletal & cardiac muscle
  - airways dilate & respiratory rate increases
  - blood glucose level increase
- ❖ **Long lasting** due to lingering of NE in synaptic gap and release of norepinephrine by the adrenal gland

18

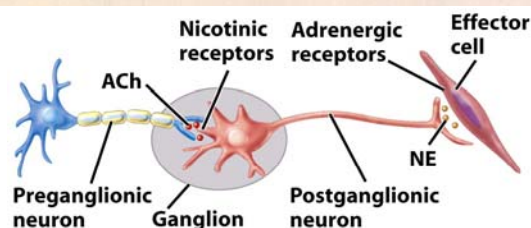
## Parasympathetic Responses

- ❖ Enhance “**rest-and-digest**” activities
- ❖ Mechanisms that help **conserve** and **restore** body energy during times of rest
- ❖ Normally dominate over sympathetic impulses
- ❖ **SLUDD** type responses = salivation, lacrimation, urination, digestion & defecation and 3 “**decreases**”--- decreased HR, diameter of airways and diameter of pupil
- ❖ **Paradoxical fear** when there is no escape route or no way to win
  - causes massive activation of parasympathetic division
  - loss of control over urination and defecation

19

**Table 9.6 Selected Adrenergic Effects in Different Organs**

Organ	Adrenergic Effects of Sympathoadrenal System	Adrenergic Receptor
Eye	Contraction of radial fibers of the iris dilates the pupils	$\alpha_1$
Heart	Increase in heart rate and contraction strength	$\beta_1$ primarily
Skin and visceral vessels	Arterioles constrict due to smooth muscle contraction	$\alpha_1$
Skeletal muscle vessels	Arterioles constrict due to sympathetic nerve activity Arterioles dilate due to hormone epinephrine	$\alpha_1$ $\beta_2$
Lungs	Bronchioles (airways) dilate due to smooth muscle relaxation	$\beta_2$
Stomach and intestine	Contraction of sphincters slows passage of food	$\alpha_1$
Liver	Glycogenolysis and secretion of glucose	$\alpha_1, \beta_2$



**Sympathetic division—  
innervation to most effector tissues**

Figure 11-6a Principles of Anatomy and Physiology, 11/e  
© 2006 John Wiley & Sons

20

**Table 9.7 Cholinergic Receptors and Responses to Acetylcholine**

Receptor	Tissue	Response	Mechanisms
Nicotinic	Skeletal muscle	Depolarization, producing action potentials and muscle contraction	ACh opens cation channel in receptor
Nicotinic	Autonomic ganglia	Depolarization, causing activation of postganglionic neurons	ACh opens cation channel in receptor
Muscarinic (M <sub>3</sub> , M <sub>5</sub> )	Smooth muscle, glands	Depolarization and contraction of smooth muscle, secretion of glands	ACh activates G-protein coupled receptor, opening Ca <sup>2+</sup> channels and increasing cytosolic Ca <sup>2+</sup>
Muscarinic (M <sub>2</sub> )	Heart	Hyperpolarization, slowing rate of spontaneous depolarization	ACh activates G-protein coupled receptor, opening channels for K <sup>+</sup>

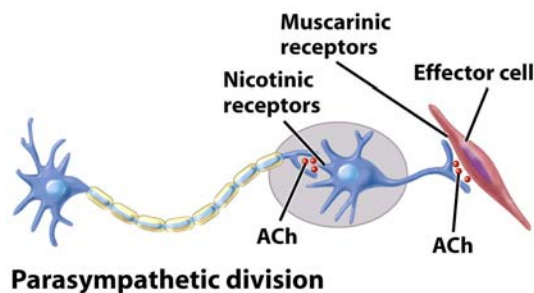


Figure 15-6c Principles of Anatomy and Physiology, 11e  
© 2006 John Wiley & Sons

21

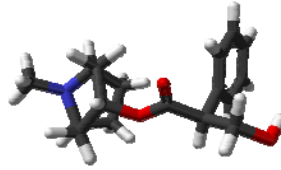
## Adrenergic Receptor antagonist

- ❖ 許多高血壓患者施於β型交感神經受體拮抗劑(**propranolol**)加以治療，此藥劑阻抗位於心臟內的β<sub>1</sub>接受體以降低心跳和血壓。propranolol同時也會阻抗位於肺部支氣管內的β<sub>2</sub>接受體，降低腎上腺素支氣管擴張的作用使支氣管收縮進而造成氣喘。另一種對β<sub>1</sub>接受體更具專一性的拮抗劑**atenolol**，則用以降低心跳和血壓。過去治療氣喘患者都是使用一種可同時刺激呼吸道β<sub>2</sub>接受體及心臟β<sub>1</sub>接受體的腎上腺素噴霧劑。現在則多半使用具選擇性的β<sub>2</sub>作用劑(agonist)-**terbutaline**。
- ❖ **Phenylephrine**是一種可促進鼻黏膜血管收縮的α<sub>1</sub>作用劑，所以也是鼻腔噴霧器的成份之一。**Clonidine**是一種可以選擇性地刺激腦神經元的α<sub>2</sub>接受體的藥物，可減低交感神經腎上腺系統的活化進而降低血壓；致於此種藥物為什麼可以治療鴉片成癮者，原因仍不明。

22



## Atropine



- ❖ 颠茄(*Atropa belladonna*), 萃取出阿托品(**atropine**) <belladonna>本來的意思是美麗的婦人。
- ❖ Atropine抑制ACh之蕁毒素作用。因此atropine可以阻斷ACh的Muscarinic R作用；所以atropine是ACh的**Muscarinic R的拮抗劑**。
- ❖ Atropine 臨床上的用途：
  1. **視力檢查時的瞳孔擴張**
  2. 手術全身麻醉時可以**減少呼吸道黏膜的分泌**
  3. **抑制腸胃道痙攣及胃酸分泌過多**