

Capitolo 11

Vie efferenti: il sistema nervoso autonomo e il sistema motorio somatico

Sistema nervoso autonomo e sistema motorio somatico insieme formano il SISTEMA NERVOSO PERIFERICO.

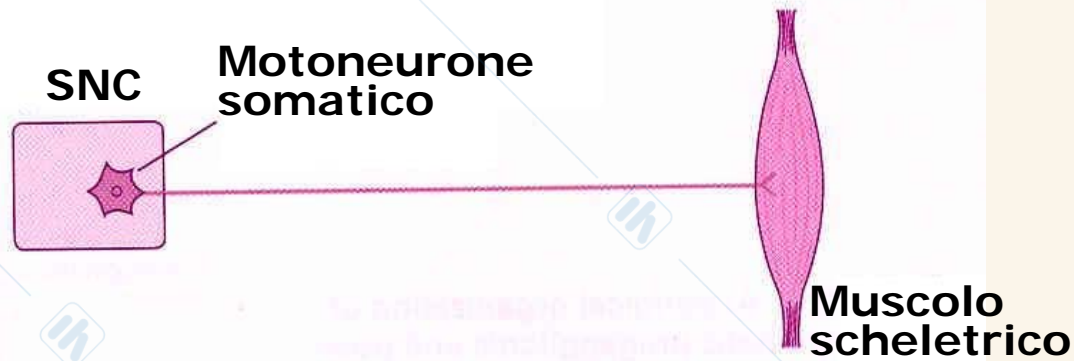
Anche se il sistema nervoso autonomo può lavorare in autonomia, rimane sotto il controllo del SNC a vari livelli, per esempio può essere fortemente controllato da ipotalamo e sistema limbico.

Mentre l'innervazione motoria somatica è sempre eccitatoria, l'innervazione vegetativa degli effettori è duplice, sia eccitatoria sia inibitoria.

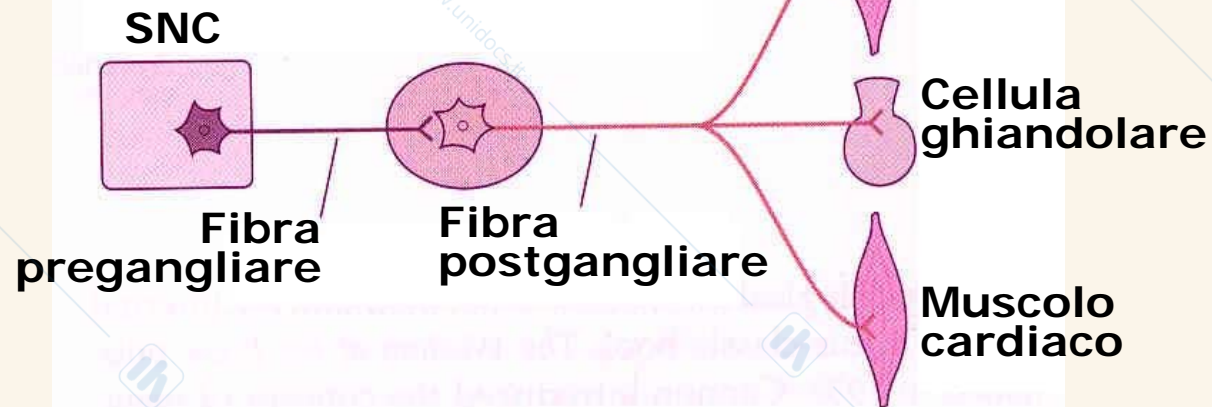
Le vie efferenti somatiche non hanno gangli di interruzione.

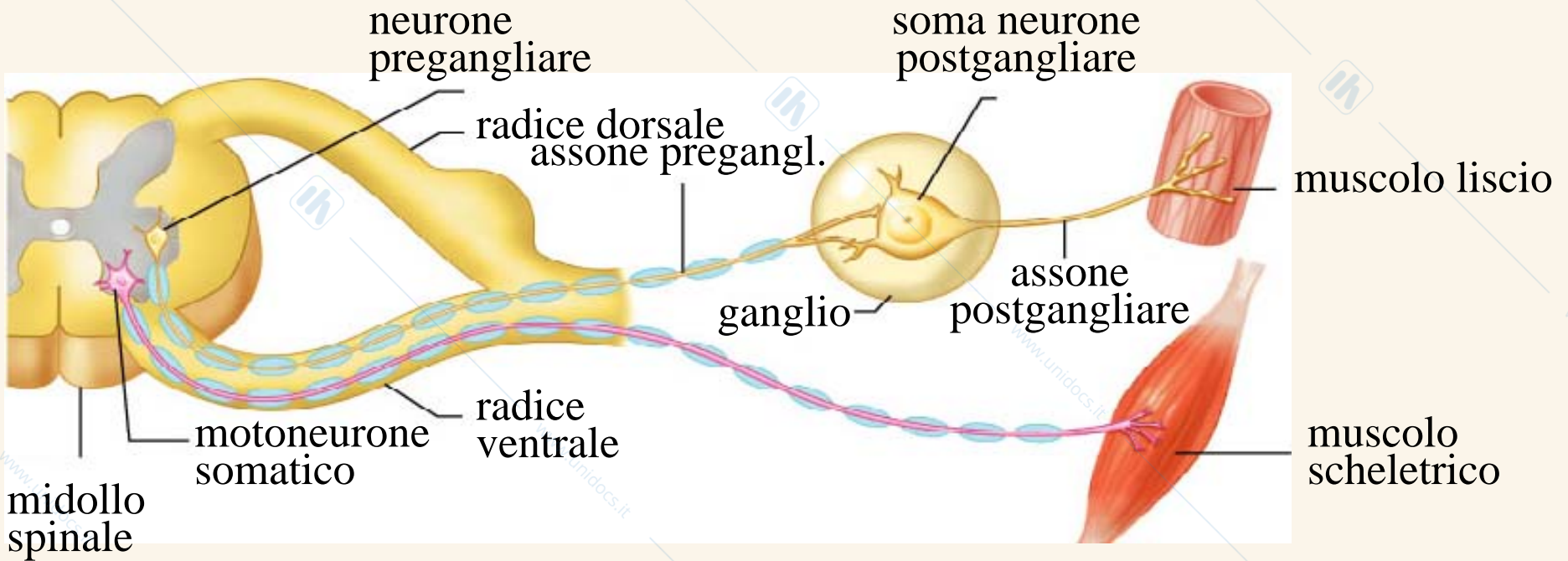
Confronto tra l'organizzazione anatomica delle vie motorie somatiche e autonome

A Sistema motorio somatico



B Sistema motorio autonomo





Il SNA è la parte del sistema nervoso periferico che regola quelle attività corporee che generalmente *non sono sotto il controllo della coscienza*

É costituito da un gruppo speciale di neuroni che innervano:

- **La muscolatura cardiaca**
- **La muscolatura liscia (pareti dei visceri e dei vasi sanguigni)**
- **Gli organi interni**
- **Cute (muscoli piloerettori e ghiandole sudoripare)**

Ipotalamo, bulbo e ponte innescano risposte autonome, endocrine e comportamentali.

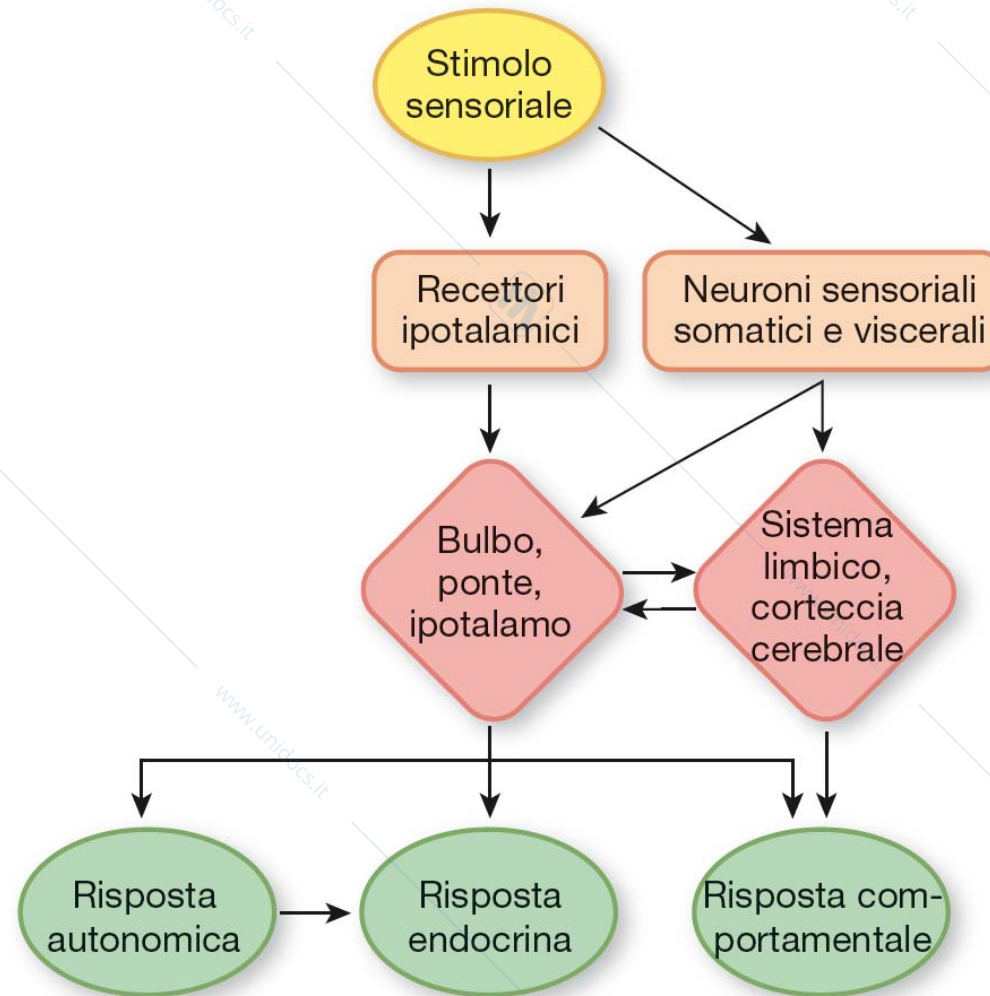


FIGURA 11.2

CENTRI DI CONTROLLO AUTONOMICI

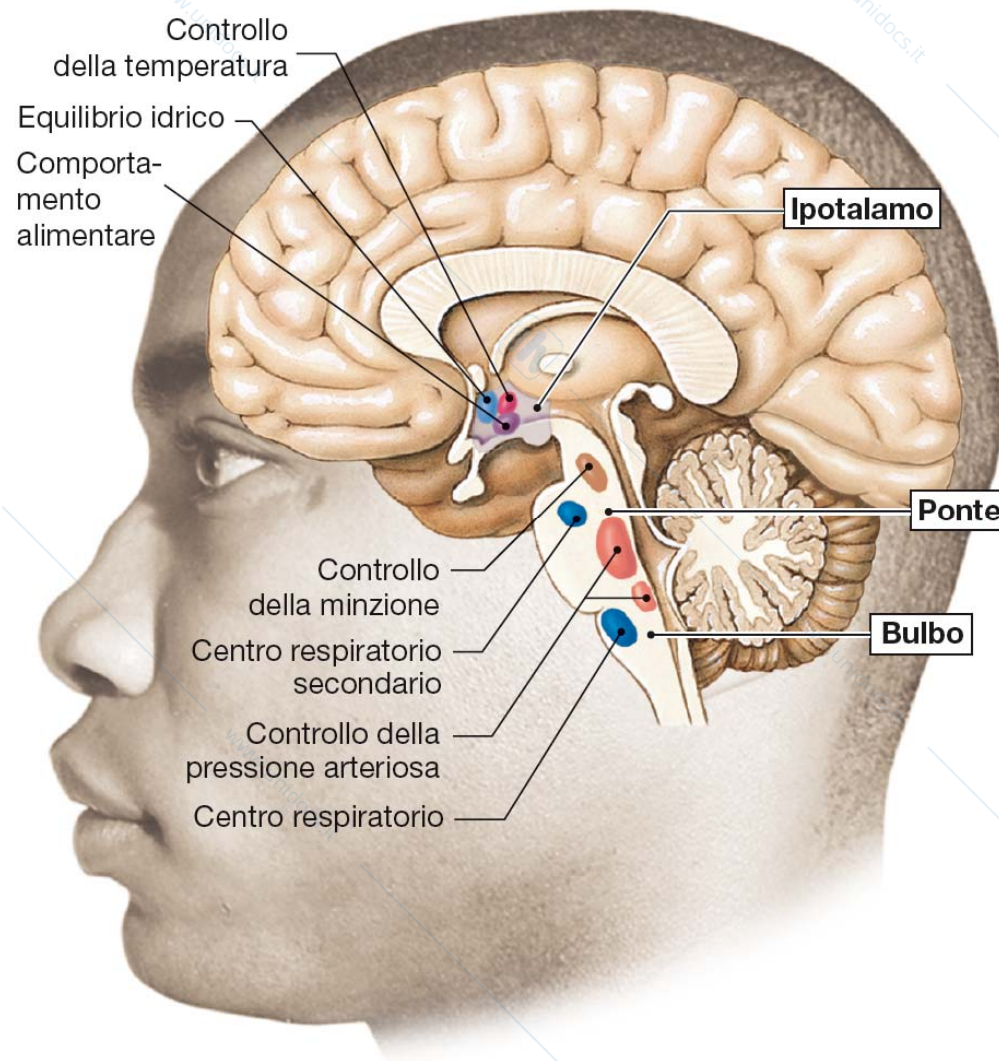


FIGURA 11.3

Le vie autonome sono costituite da due neuroni che fanno sinapsi a livello di un ganglio autonomico.

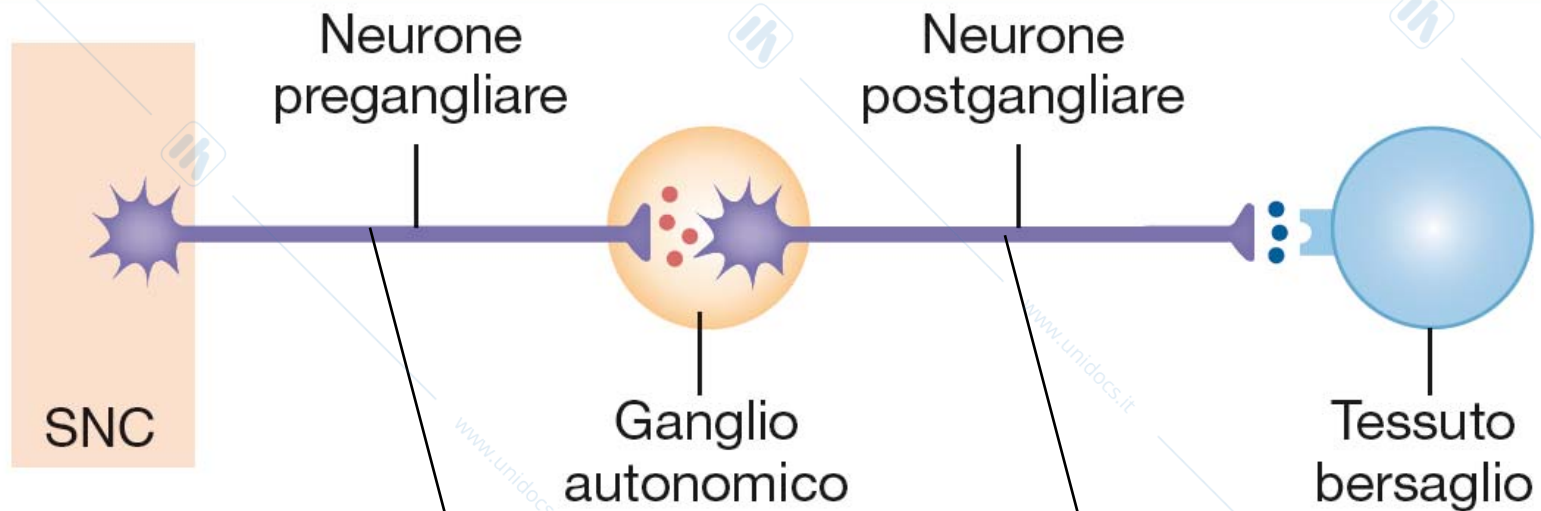


FIGURA 11.4

Fibra mielinica

Fibra amielinica

DIVISIONI DEL SISTEMA NERVOSO AUTONOMO

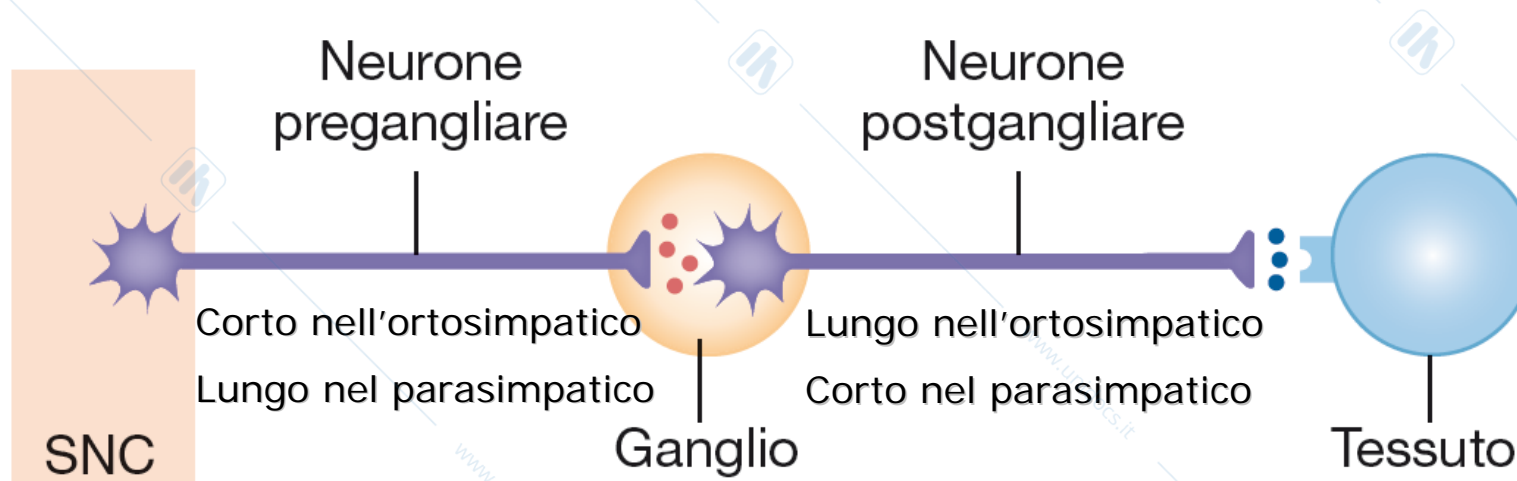
L'omeostasi è mantenuta grazie a uno stato di equilibrio dinamico tra le branche del sistema nervoso autonomo.



FIGURA 11.1

Ortosimpatico (sezione toraco-lombare):

Il primo neurone è localizzato nelle corna laterali della sostanza grigia dei 12 segmenti toracici e dei primi 3-4 segmenti lombari. Gangli pregangliari in prossimità del midollo spinale, estesa ramificazione e divergenza.



Parasimpatico (sezione cefalo-sacrale):

Il primo neurone ha il corpo cellulare localizzato nella sostanza grigia del tronco encefalico (associato ai nervi oculomotore, facciale, glossofaringeo, vago) e in quella dei segmenti sacrali del midollo spinale.

Ortosimpatico

Comprende la catena dei gangli paravertebrali (disposti a formare due catene ai lati della colonna vertebrale e i gangli prevertebrali (celiaco ed epigastrico, disposti davanti all'aorta addominale)).

Cenni sulle vie postgangliari ortosimpatiche

Dai gangli cervicali: innervazione ai vasi encefalici e della testa, alle vie respiratorie, all'esofago, al corpo ciliare e al muscolo radiale dell'iride, alle ghiandole lacrimali e salivari e al cuore.

Dai gangli toracici: innervazione alla muscolatura vasale, alle ghiandole cutanee e ai muscoli piloerettori degli arti superiori e del tronco.

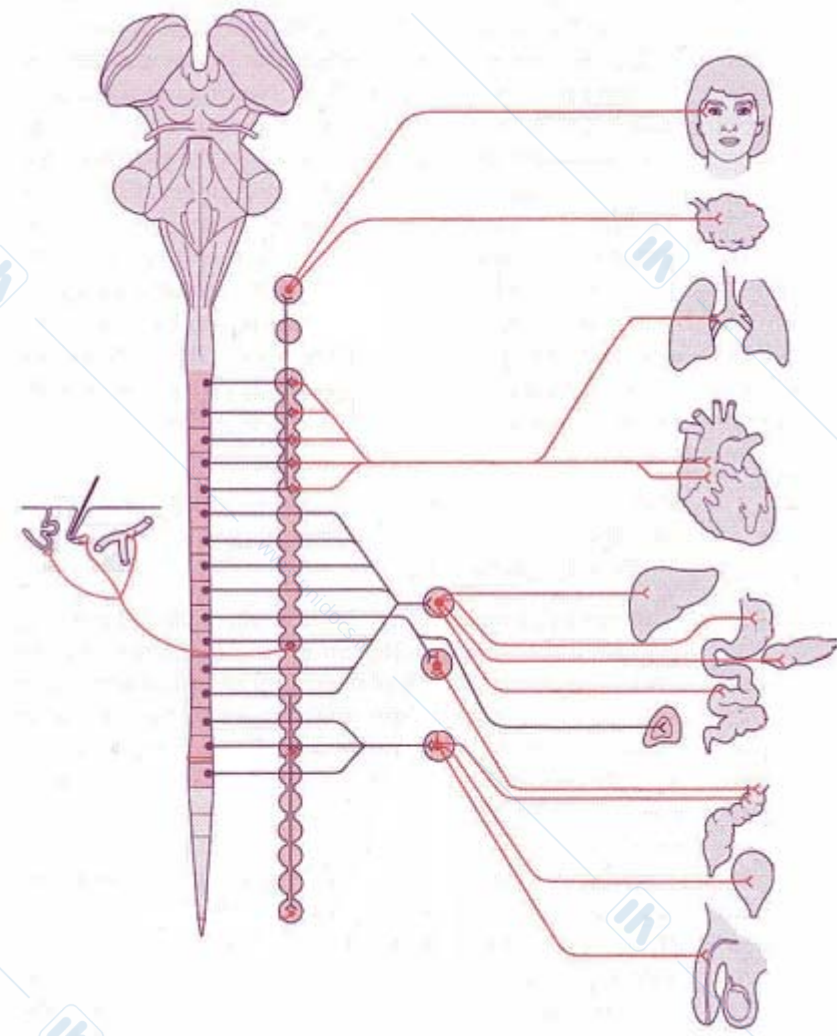
Dai gangli prevertebrali: muscolatura liscia e vasi dell'addome, ghiandole dell'apparato digerente, vasi e ghiandole dell'apparato genitale. Un importante contingente di fibre va a formare i nervi splanchnici, che raggiungono anche la midollare del surrene, dove sinaptano a livello delle cellule cromaffini che producono adrenalina e noradrenalina.

Gangli lombari: innervazione della muscolatura vasale, delle ghiandole cutanee e dei muscoli piloerettori degli arti inferiori.

La sezione ortosimpatica

Organizzazione di base:

- Fuoriuscita da T₁-L₂
- Alimenta gli organi viscerali e strutture delle regioni superficiali del corpo
- Contiene più gangli della divisione parasimpatica



Parasimpatico

Porzione mesencefalica

Origina dal nucleo di Edinger-Westphal, le fibre pre- decorrono nel nervo oculomotore e raggiungono il ganglio ciliare; le fibre post- innervano la muscolatura dell'iride e del corpo ciliare.

Porzione bulbare (o rombencefalica)

Origina dal pavimento del IV ventricolo, dai neuroni del nucleo salivatorio superiore, le fibre pre- decorrono in parte nel nervo facciale e raggiungono i gangli sfenopalatino e sottomandibolare; le fibre post- innervano le ghiandole lacrimali, e le salivari sottomascellari e sottolinguali; dal nucleo salivatorio inferiore proviene l'innervazione (nervo glosso-faringeo) per il ganglio otico, con fibre post- destinate alla ghiandola parotide. Il 70% delle fibre bulbari origina dai neuroni del nucleo motore del nervo vago, le cui fibre pre- raggiungono numerosissimi piccoli gangli da cui si dipartono le fibre post- dirette al cuore, al tratto gastrointestinale, alle ghiandole annesse.

Porzione sacrale

Origina dai neuroni della sostanza grigia del midollo spinale (segmenti sacrali S2-S4). Le fibre formano i nervi pelvici (o erigenti), che raggiungono colon discendente, retto, sfinteri anale e vescicale, organi genitali).

La sezione parasimpatica

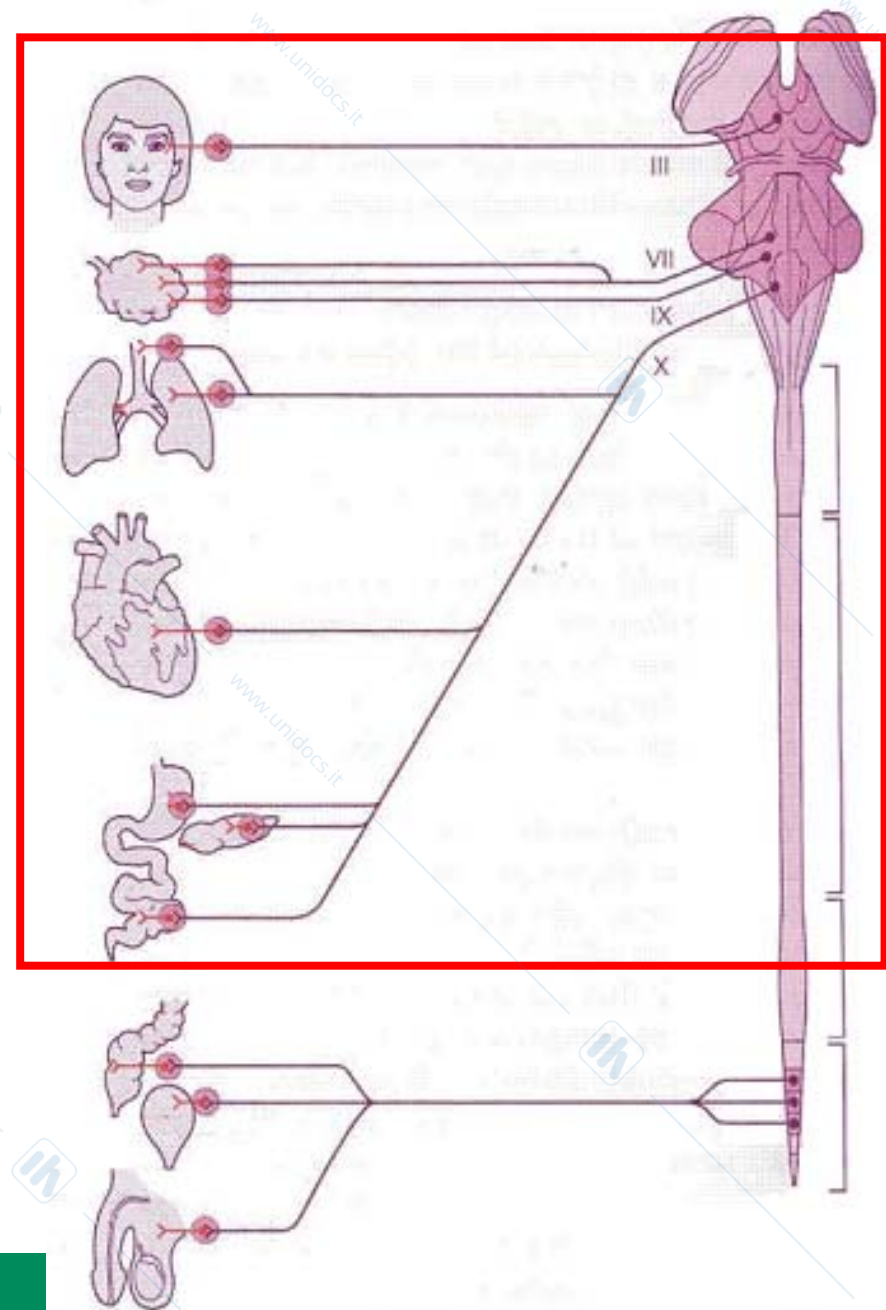
Uscita craniale

- Proviene dal cervello
- Innerva gli organi della testa, collo, torace, e addome

Le fibre pregangliari corrono attraverso:

- Il nervo oculomotore (III)
- Il nervo facciale (VII)
- Il nervo glossofaringeo (IX)
- Il nervo vago (X)

I corpi cellulari dei neuroni pregangliari sono localizzati nei nuclei dei nervi cranici del **tronco encefalico**



La sezione parasimpatica (cont.)

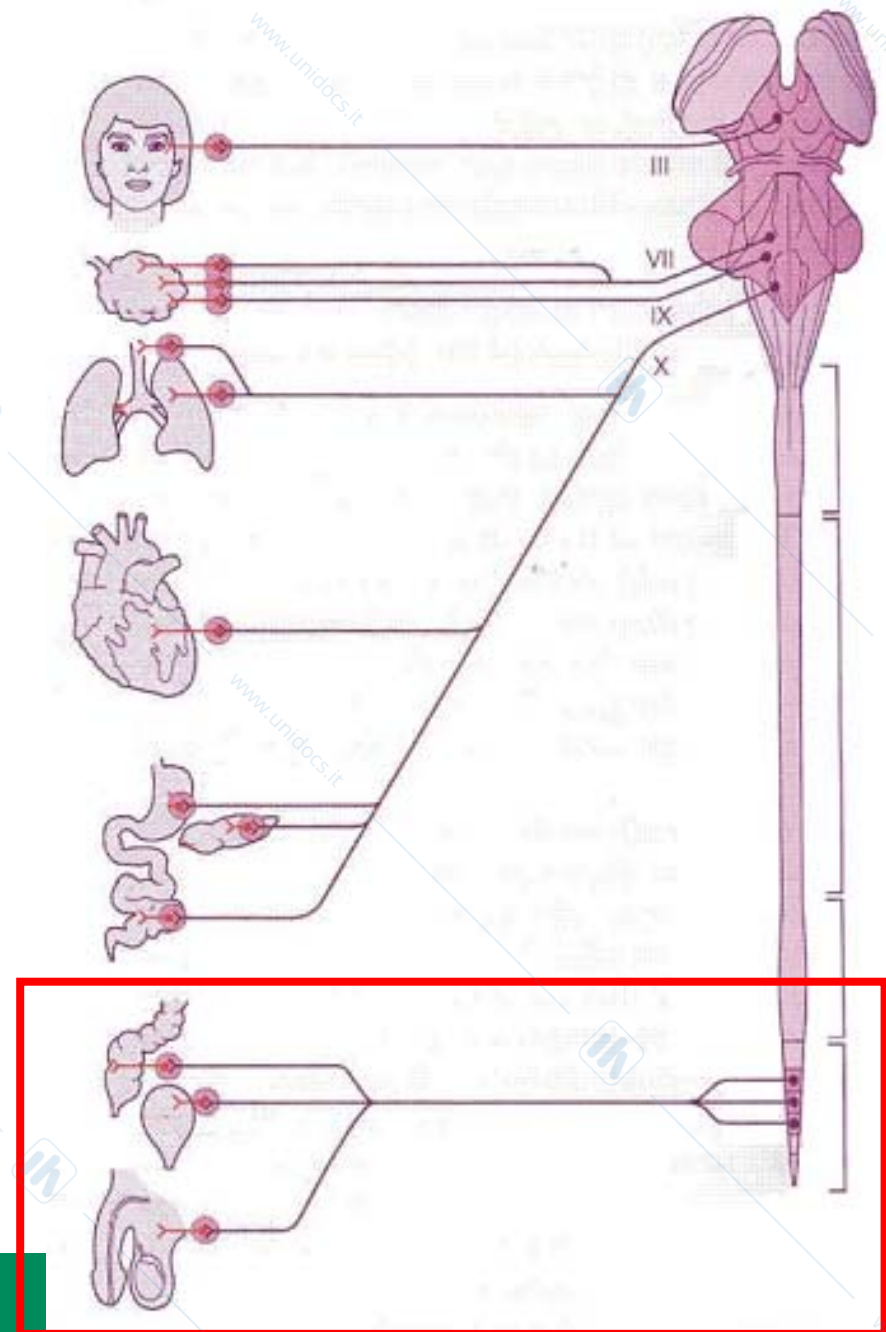
- **Uscita sacrale**

- Innerva i rimanenti organi addominali e pelvici

- Emerge da S₂-S₄

- Corpi cellulari pregangliari

- Localizzati nella regione motoria viscerale della sostanza grigia spinale



E le vie afferenti del sistema nervoso periferico?

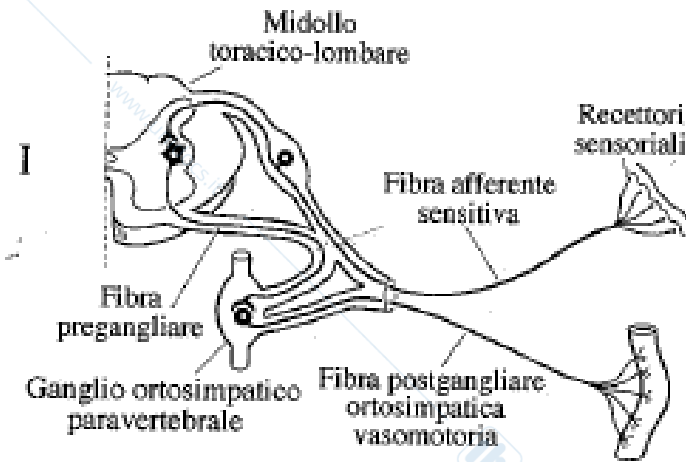
Le vie afferenti sono rappresentate dalle fibre sensitive che entrano, a vari livelli, nel midollo spinale e nel tronco encefalico.

Queste vie non sono per larga parte distinte da quelle dei riflessi che regolano il movimento muscolare, provengono quindi dai neuroni bipolari dei gangli sensitivi che, mandando le loro fibre nel SNC, inviano collaterali ai primi neuroni delle vie orto- e parasimpatiche.

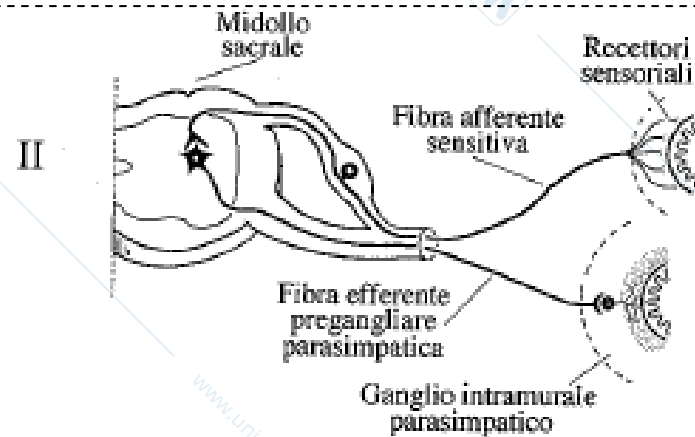
Si tratta, pertanto, di veri e propri ARCHI RIFLESSI VEGETATIVI.

Alcune vie afferenti sono esclusivamente di natura vegetativa, quali quelle deputate al trasporto delle informazioni provenienti dai recettori del circolo sanguigno e del cuore, dell'apparato digerente e degli organi genito-urinari.

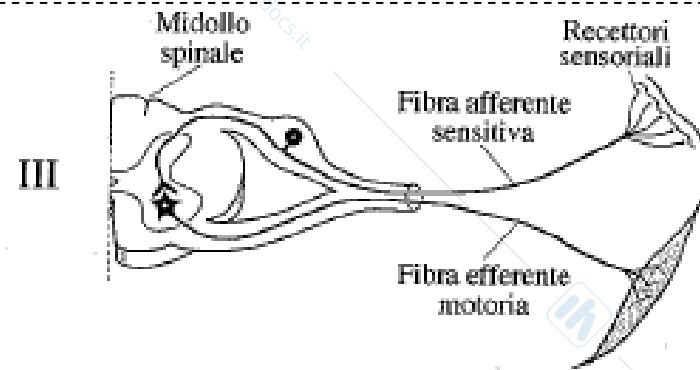
Gli archi riflessi vegetativi non sono quasi mai distinti da quelli somatici, ma appaiono per lo più di natura mista, quali quelli deputati alla regolazione cardio-vascolare, a quella del respiro, della tosse, dello starnuto, della deglutizione e del vomito.



Arco riflesso ortosimpatico



Arco riflesso parasimpatico



Arco riflesso somatico

ESEMPI DI CONTROLLO SIMPATICO E PARASIMPATICO SU ORGANI BERSAGLIO

RIFLESSI OCULARI

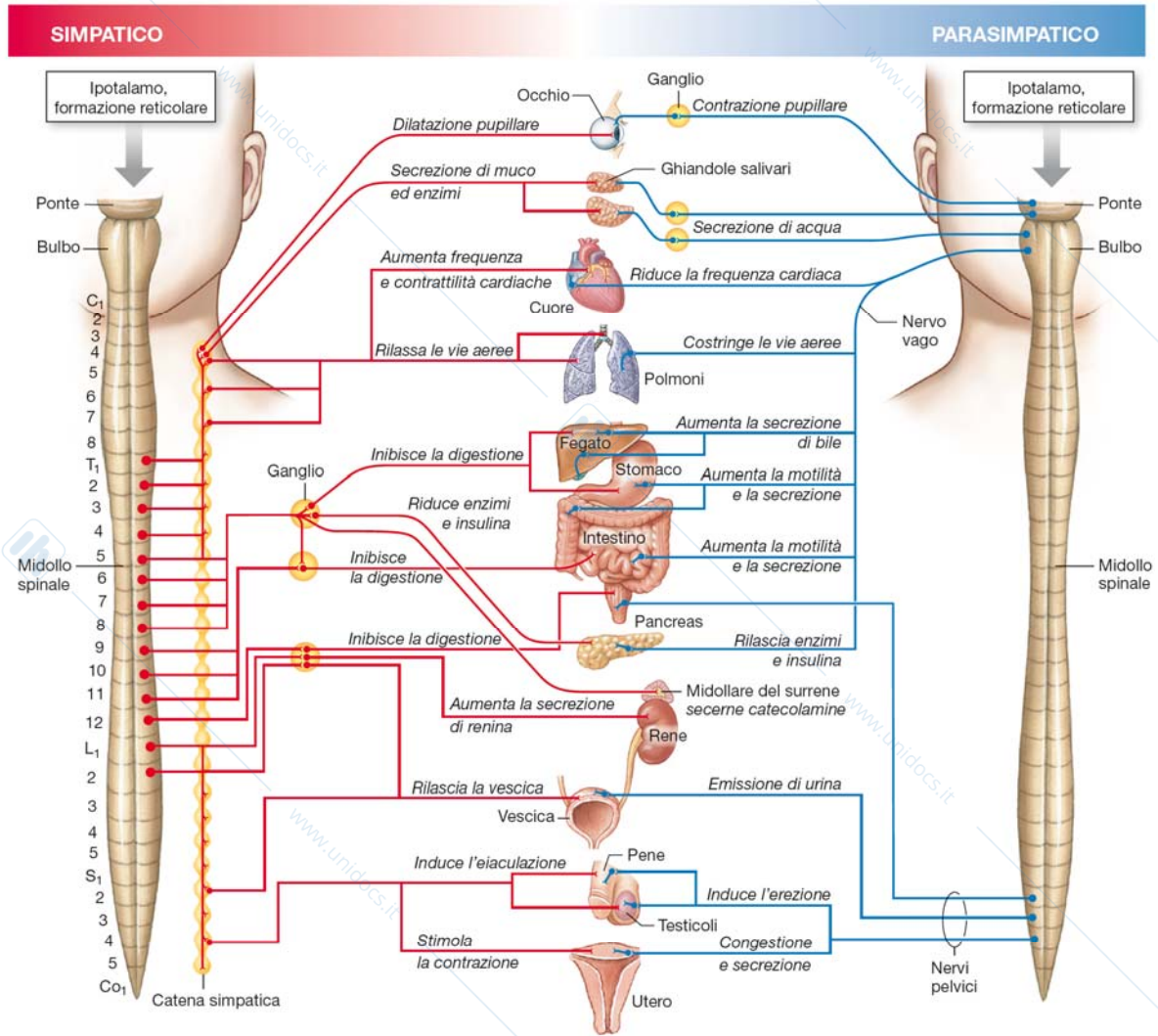
Il SN autonomo controlla i muscoli estrinseci dell'occhio responsabili della regolazione del diametro della pupilla e della convessità del cristallino. Il muscolo dilatatore dell'iride è controllato dal SN simpatico, quello costrittore dal SN parasimpatico. L'esposizione a un fascio di luce evoca una risposta parasimpatica con conseguente restringimento pupillare. Centro del riflesso: nucleo olivare pretettale, che proietta al nucleo di Edinger-Westphal. La convessità del cristallino è regolata dal muscolo ciliare, sotto controllo quasi completamente a carico del SN parasimpatico.

RIFLESSI CARDIOVASCOLARI

I barocettori e i chemocettori presenti nei vasi inviano informazioni riguardanti la pressione arteriosa, i livelli di ossigeno, anidride carbonica e pH del sangue al nucleo del tratto solitario (nel bulbo), che proietta al tegmento del tronco encefalico. Da qui partono le vie efferenti. Per esempio, un aumento della pressione arteriosa determina una inibizione dell'attività tonica dei neuroni pregangliari simpatici del midollo spinale, con conseguente rilascio della muscolatura vasale; in parallelo, vengono stimulate le fibre parasimpatiche che rallentano la frequenza cardiaca.

Risposta flight-fight

Risposta rest-digest



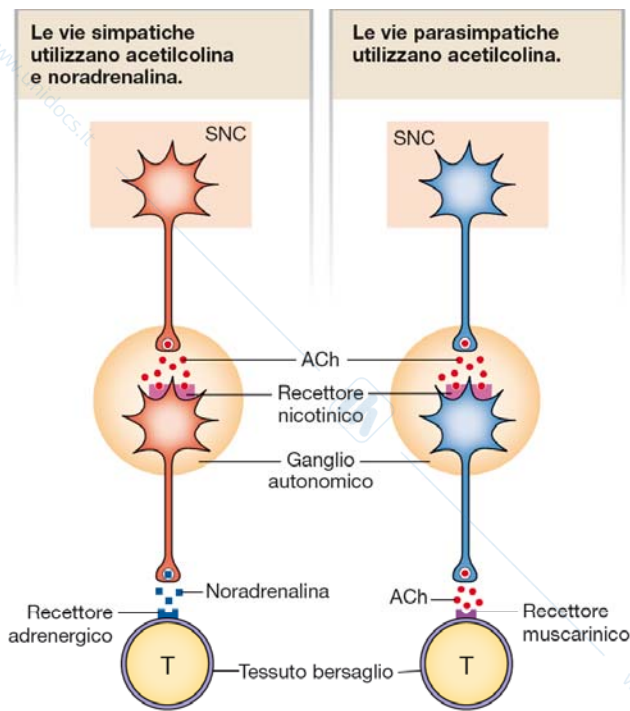
DOMANDE SULLA FIGURA

1. Elencate le regioni del SNC da cui hanno origine le due branche.
2. Descrivete dove sono situati i gangli delle due branche (rispetto al midollo spinale).
3. Qual è un vantaggio di avere i gangli simpatici connessi in una catena?

LEGENDA
 ● Simpatico
 ● Parasimpatico

FIGURA 11.5

ORGANO EFFETTORE	RISPOSTA SIMPATICA	RECETTORE ADRENERGICO	RISPOSTA PARASIMPATICA**
Pupilla	Dilata	α	Costringe
Ghiandole salivari	Muco, enzimi	α e β_2	Secrezione acquosa
Cuore	Aumenta la frequenza e la forza di contrazione	β_1	Rallenta la frequenza
Arteriole e vene	Costringe Dilata	α β_2	—
Polmoni	Broncodilatazione	β_2^*	Broncocostrizione
Tratto digestivo	Diminuisce la motilità e la secrezione	α, β_2	Aumenta la motilità e la secrezione
Pancreas esocrino	Diminuisce la secrezione enzimatica	α	Aumenta la secrezione enzimatica
Pancreas endocrino	Inibisce la secrezione di insulina	α	Stimola la secrezione di insulina
Midollare del surrene	Secrezione delle catecolamine	—	—
Rene	Aumenta la secrezione di renina	β_1	—
Vescica urinaria	Ritenzione urinaria	α, β_2	Minzione
Tessuto adiposo	Lipolisi	β	—
Organi sessuali maschili e femminili	Eiaculazione (maschio)	α	Erezione
Utero	Dipende dallo stadio del ciclo	α, β_2	Dipende dallo stadio del ciclo
Tessuto linfatico	In genere inibitorio	α, β_2	—
	*Solo l'ormone adrenalina		**Tutte le risposte parasimpatiche sono mediate da recettori muscarinici.



Eccezioni:

- I neuroni post-gangliari simpatici che innervano le ghiandole sudoripare secernono acetilcolina invece di noradrenalina.

- Un piccolo numero di neuroni autonomici non secerne né acetilcolina né noradrenalina (secernono, per esempio, sostanza P, somatostatina, peptide intestinale vasoattivo, monossido di azoto e ATP).

DOMANDE SULLA FIGURA

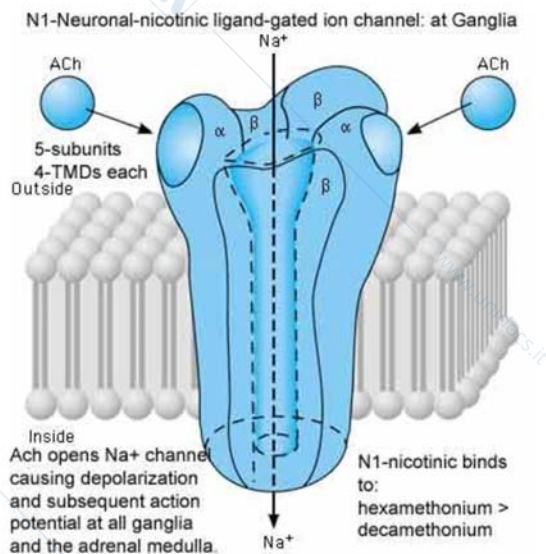
- Identificate tutti i:
 - neuroni colinergici;
 - neuroni adrenergici;
 - neuroni pregangliari;
 - neuroni postgangliari.
- Quale via avrà i neuroni pregangliari più lunghi?
(Suggerimento: vedi Figura 11.5)

FIGURA 11.6 Le vie simpatiche e parasimpatiche si distinguono per i loro neurotrasmettitori e recettori.

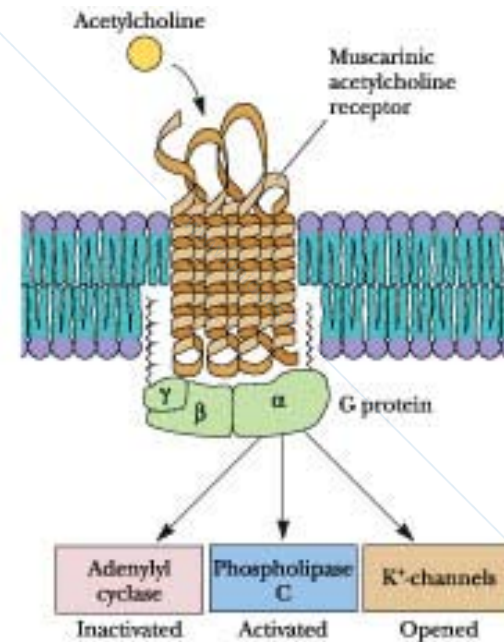
N.B.

Recettori colinergici nicotinici: recettori canale cationici, veicolano l'ingresso di sodio e calcio e la fuoriuscita di potassio. Hanno azione veloce, come nei muscoli scheletrici.

Recettori colinergici muscarinici: recettori ad azione indiretta, formazione di secondi messaggeri intracellulari (AMPC nelle fibre muscolari lisce o miocardiche; DAG-IP3 nelle cellule secernenti). Hanno una trasmissione sinaptica più lenta.



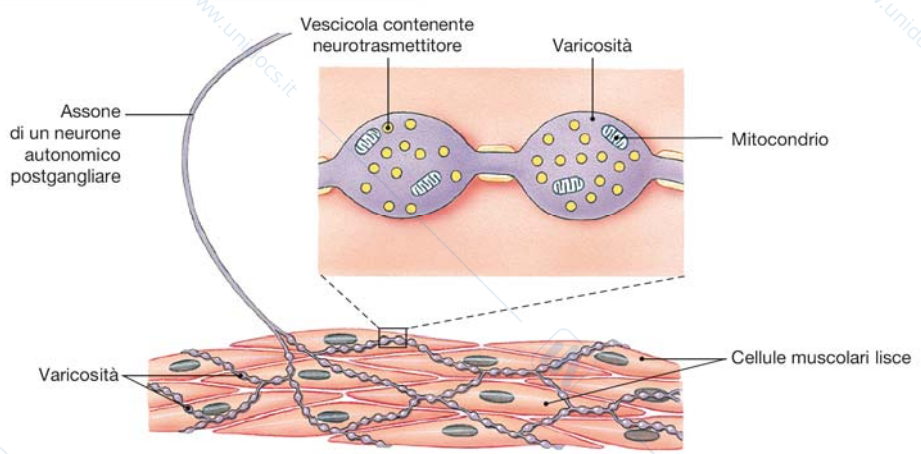
Recettore nicotino



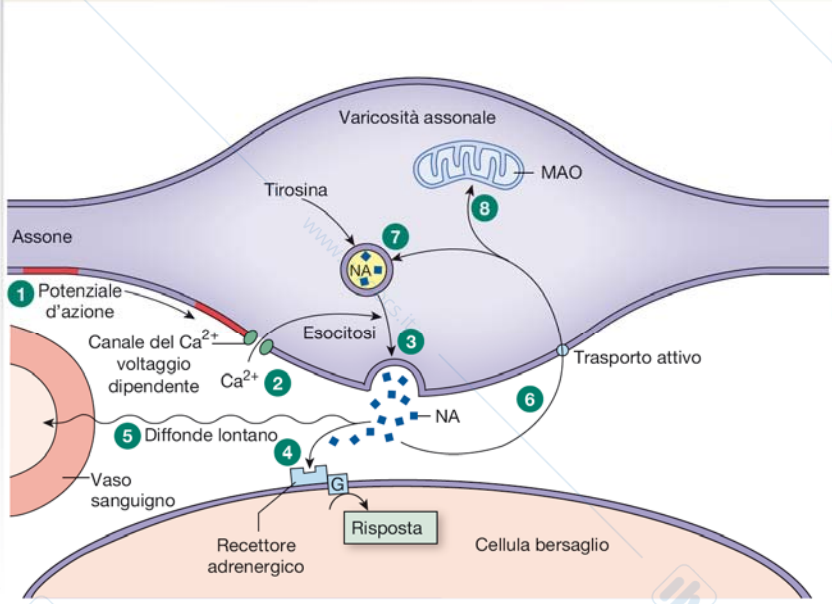
Recettore muscarinico

SINAPSI AUTONOMICHE

(a) Le varicosità delle fibre autonome rilasciano neurotrasmettitore sulla superficie delle cellule bersaglio.



(b) Rilascio e rimozione di noradrenalina (NA) dalla giunzione di un neurone efferente.



- 1 Il potenziale di azione raggiunge la varicosità.
- 2 La depolarizzazione fa aprire i canali voltaggio-dipendenti per il Ca²⁺.
- 3 L'entrata di Ca²⁺ innesca l'esocitosi delle vescicole sinaptiche.
- 4 La NA si lega al recettore adrenergico sulla cellula bersaglio.
- 5 L'attivazione del recettore cessa quando la NA diffonde lontano dalla sinapsi.
- 6 Rimozione della NA dalla sinapsi.
- 7 La NA può essere riportata nelle vescicole sinaptiche per poi essere di nuovo rilasciata.
- 8 La NA viene metabolizzata dalle monoamino-ossidasi (MAO).

FIGURA 11.7

RECETTORE	LOCALIZZAZIONE
Alfa ($\alpha 1$)	Muscolatura liscia
Alfa ($\alpha 2$)	Terminazioni presinaptiche adrenergiche, piastrine, adipociti, muscolatura liscia
Beta ($\beta 1$)	Miocardio, adipociti, neuroni del SNC, terminazioni presinaptiche adrenergiche e colinergiche, cellule iuxtaglomerulari, epitelio ciliare
Beta ($\beta 2$)	Muscolatura liscia, miocardio
Beta ($\beta 3$)	Adipociti

I recettori alfa rispondono intensamente alla noradrenalina, debolmente all'adrenalina; i recettori beta-1 e beta-3 sono più sensibili alla noradrenalina, i recettori beta-2 più sensibili all'adrenalina. Tutti i recettori adrenergici sono accoppiati a proteine G. I recettori beta inducono una regolazione dei livelli interni di AMPc, quelli alfa-1 attivano la produzione di DAG e IP3, quelli alfa-2 una diminuzione dei livelli di AMPc-

LA MIDOLLARE DEL SURRENE SECERNE ADRENALINA NEL SANGUE.

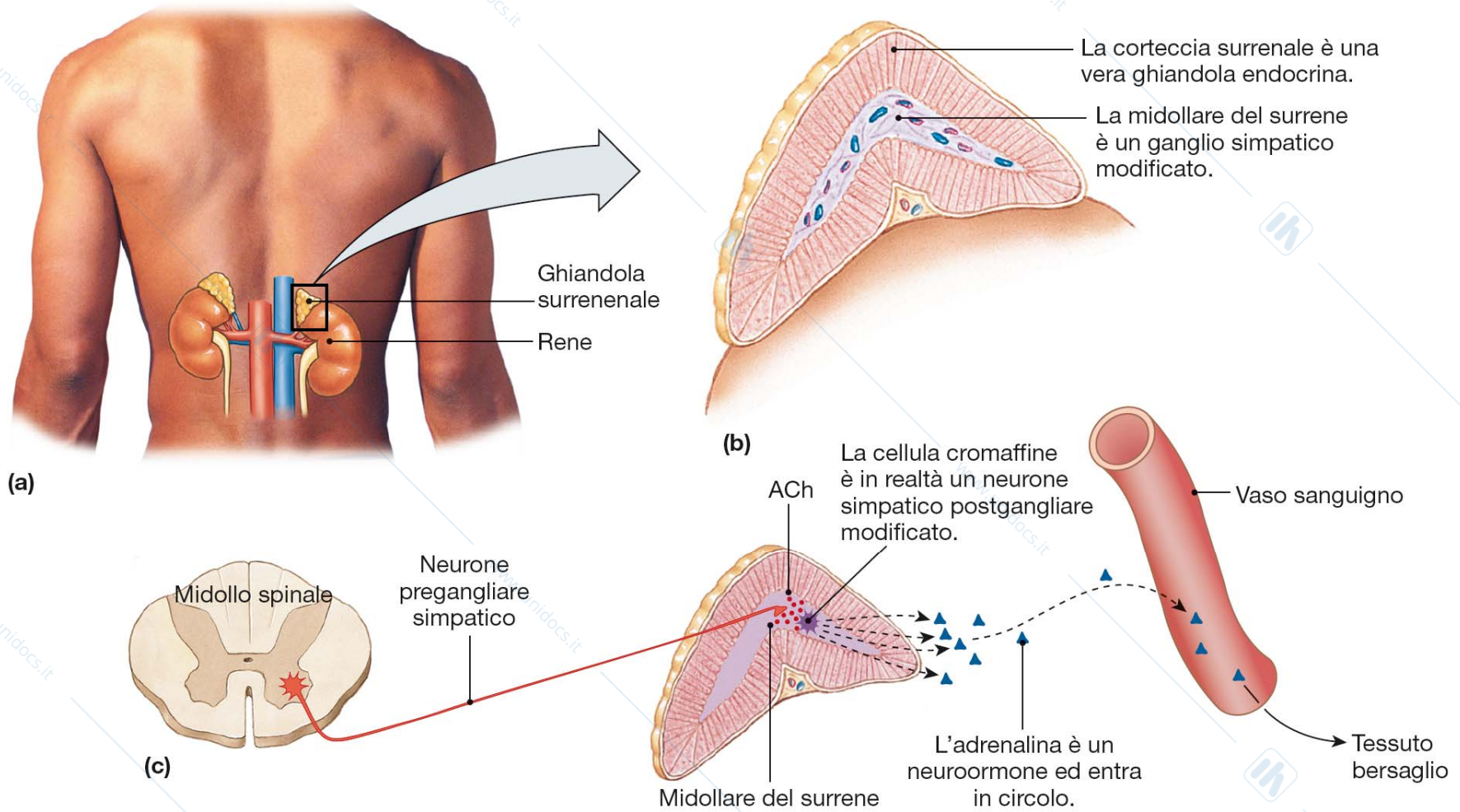


FIGURA 11.8

Cenni di farmacologia del SN autonomo

Farmaci che agiscono a livello gangliare	
<u>Facilitanti:</u> colino-mimetici	<u>Azione</u>
Nicotina	Ortosimpatico-mimetica su cuore e circolatorio, parasimpatico-mimetica su tubo digerente
Lobelina (nel Tabacco indiano)	
Eserina (bloccante dell'acetilcolinesterasi), Insetticidi quali il paration e il malation (organofosfati)	Azione su recettori muscarinici e nicotinici e sulle giunzioni neuromuscolari

Farmaci che agiscono a livello gangliare	
<u>Bloccanti:</u> Ganglioplegici:	<u>Azione</u>
Esametonio	Competono con l'acetilcolina senza attivarne i recettori. Effetto vasodilatatore, anti-ipertensivi
Tetraetilammonio	
Pentolinio	

Farmaci che agiscono sulle sinapsi colinergiche periferiche

Facilitanti: Parasimpatico-mimetici	Azione
Muscarina (veleno)	Bradycardia, nausea, vomito, minzione, miosi
Pilocarpina	Lacrimazione, salivazione, sudorazione

Farmaci che agiscono sulle sinapsi colinergiche periferiche

Bloccanti: Antimuscarinici o atropinici	Azione
Atropina	Inibitori competitivi dell'acetilcolina sui recettori muscarinici. Causano un'eccessiva stimolazione dell'ortosimpatico: deprimono le secrezioni salivari, sudoripare e bronchiali, inibiscono la motilità della vescica e quella gastroenterica, inducono midriasi e tachicardia. Azione rilassante sulla muscolatura liscia addominale.
Scopolamina	

Farmaci che agiscono sulle sinapsi adrenergiche periferiche	
Facilitanti: simpatico-mimetici	Azione
Isoproterenolo	Attiva i recettori beta. Aumento della frequenza e della forza di contrazione, vasodilatazione muscolare, rilasciamento muscolatura bronchiale.
Fenilefrina	Attiva i recettori alfa-1. Vasocostrizione e aumento della pressione, dilatazione pupillare. Usata come decongestionante nasale.
Adrenalina	Usata per risolvere l'arresto cardiaco
Efedrina e anfetamine	Stimolano il rilascio di neurotrasmettitore. Cardiotrofici, broncodilatatori, dimagranti, anoressizzanti

Farmaci che agiscono sulle sinapsi colinergiche periferiche	
Bloccanti: simpatico-litici	Azione
Ergotamina, ergotossina	Alfa-antagonisti. Azione vasodilatatoria periferica, ma anche vomito, depressione respiratoria e termoregolatoria.
Propranololo e affini	Beta-antagonisti. Ipotensivi, antiaritmici
Guanetidina e Reserpina	Deplezione di neurotrasmettitore.

FIGURA 11.9 ELEMENTI ESSENZIALI

Divisione efferente del sistema nervoso

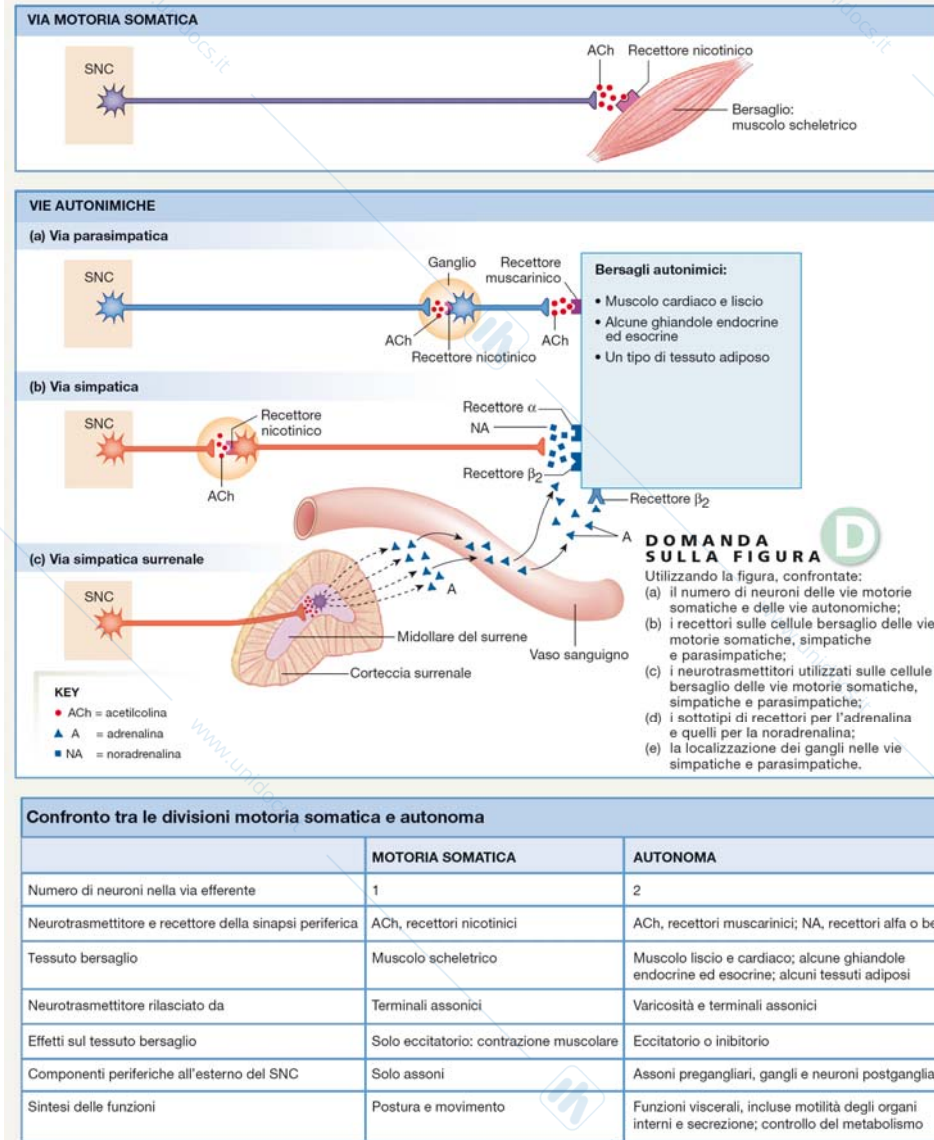


FIGURA 11.10 ELEMENTI ESSENZIALI

Motoneuroni somatici e giunzione neuromuscolare

