LA STRUTTURA DEL SISTEMA NERVOSO CENTRALE E PERIFERICO

www.fisiokinesiterapia.biz

Notizie utili

- Testo consigliato: Carlson N., *Fondamenti di Psicologia Fisiologica*, V edizione, ed. it. a cura di L. Petrosini, L. De Gennaro e C. Guariglia, Casa Editrice Piccin 2003.

- Figure di questa lezione prese dai testi (i) Eusebi e Gatti, *Fisiologia e Scienza dell'Alimentazione*, Masson, 1998; (ii) Costanzo, *Fisiologia*, EdiSES, 1998; (iii) Gertmann e Stanfield, EdiSES, 2003. Copie dei lucidi disponibili su sito WEB; (iv) Carlson N., *Fondamenti di Psicologia Fisiologica*

U"S1

Il sistema nervoso centrale (SNC)

Termini per la localizzazione anatomica nel sistema nervoso: anteriore (testa), posteriore (coda), laterale (verso i lati), mediale (verso la linea mediana o nevrasse), dorsale (verso il dorso), ventrale (verso il ventre), rostrale (verso il naso), caudale (verso la coda), ipsilatrale (stesso lato), contralaterale (lato opposto), sezione coronale (parallelo alla superficie del viso), sezione sagittale (parallelo alla superficie della guancia), sezione orizzontale (parallelo al pavimento). **Componenti del sistema nervoso:** sistema nervoso centrale o SNC (cervello e midollo spinale) e sistema nervoso periferico o SNP (nervi cranici, nervi spinali e gangli periferici). ***Il SNC***: e' rivestito dalle meningi (dura madre, membrana aracnoidea, pia madre). ***Il SNP:*** è rivestito dalle meningi. ***Ventricoli cerebrali:*** lo spazio sotto la membrana aracnoidea delle meningi contiene il liquido cerebrospinale o liquor che scorre entro i ventricoli cerebrali. Liquor e ventricoli cerebrali svolgono la funzione di un materasso ad acqua per il sistema nervoso centrale. **Lo sviluppo del SNC:** il tubo neurale primitivo evidenzia tre divisioni principali: proencefalo, mesencefalo e romboencefalo, ognuna delle quali avvolge specifici ventricoli cerebrali. **Proencefalo:** è costituito da telencefalo (avvolge i ventricoli laterali) e diencefalo (avvolge il terzo ventricolo). ***Il telencefalo*:** comprende la corteccia cerebrale, il sistema limbico e i gangli della base. La corteccia cerebrale è suddivisa nei lobi frontali (movimento, piani d'azione e recupero di tracce mnestiche deboli) come anche nei lobi parietale, temporale e occipitale (percezione e memoria). Il sistema limbico comprende la corteccia limbica, l'ippocampo e l'amigdala (emozione, motivazione e apprendimento). I gangli della base sono strutture sottocorticali (fluidità del movimento e transizione tra diversi piani motori). ***Il diencefalo*:** comprende il talamo (distribuisce e regola il flusso d'informazione da e per la corteccia cerebrale) e l'ipotalamo (controlla il sistema endocrino e modula i comportamenti istintuali specie-specifici). **Il mesencefalo:** avvolge l'acquedotto cerebrale ed è composto da tetto (udito, controllo dei riflessi visivi, reazioni agli stimoli in movimento) e tegmento. ***Il tegmento*:** è costituito dalla formazione reticolare (ritmo sonno-veglia, stati della veglia, movimento), la sostanza periacqueduttale (comportamenti specie-specifici, anestesia) come anche dal nucleo rosso e dalla sostanza nera (movimento). **Il romboencefalo:** avvolge il quarto ventricolo.e comprende cervelletto, ponte, e bulbo. ***Il cervelletto*:** gioca un ruolo importante nell'integrazione e nella coordinazione dei movimenti considerando gli aspetti temporali dell'azione e del feed-back ambientale. ***Il ponte:*** numerosi nuclei della formazione reticolare e vie per e dal cervelletto (sonno, regolazione del livello globale di attivazione cerebrale o arousal). ***Il bulbo:*** numerosi nuclei della formazione reticolare (sonno, arousal, regolazione di respirazione, frequenza cardiaca e pressione sanguigna). **Il midollo spinale:** la parte esterna del midollo spinale è formato da sostanza bianca: assoni che trasportano l'informazione verso l'alto (parti caudali del midollo o al cervello) o verso il basso. La porzione centrale, invece, è formata da sostanza grigia, che contiene i corpi cellulari dei neuroni spinali.

La localizzazione delle strutture nervose: i termini dell'anatomia

- Termini per la localizzazione anatomica nel sistema nervoso:

anteriore (testa), posteriore (coda), laterale (verso i lati), mediale (verso la linea mediana o nevrasse), dorsale (verso il dorso), ventrale (verso il ventre), rostrale (verso il naso), caudale (verso la coda), ipsilatrale (stesso lato), contralaterale (lato opposto), sezione coronale (parallelo alla superficie del viso), sezione sagittale (parallelo alla superficie della guancia), sezione orizzontale (parallelo al pavimento)

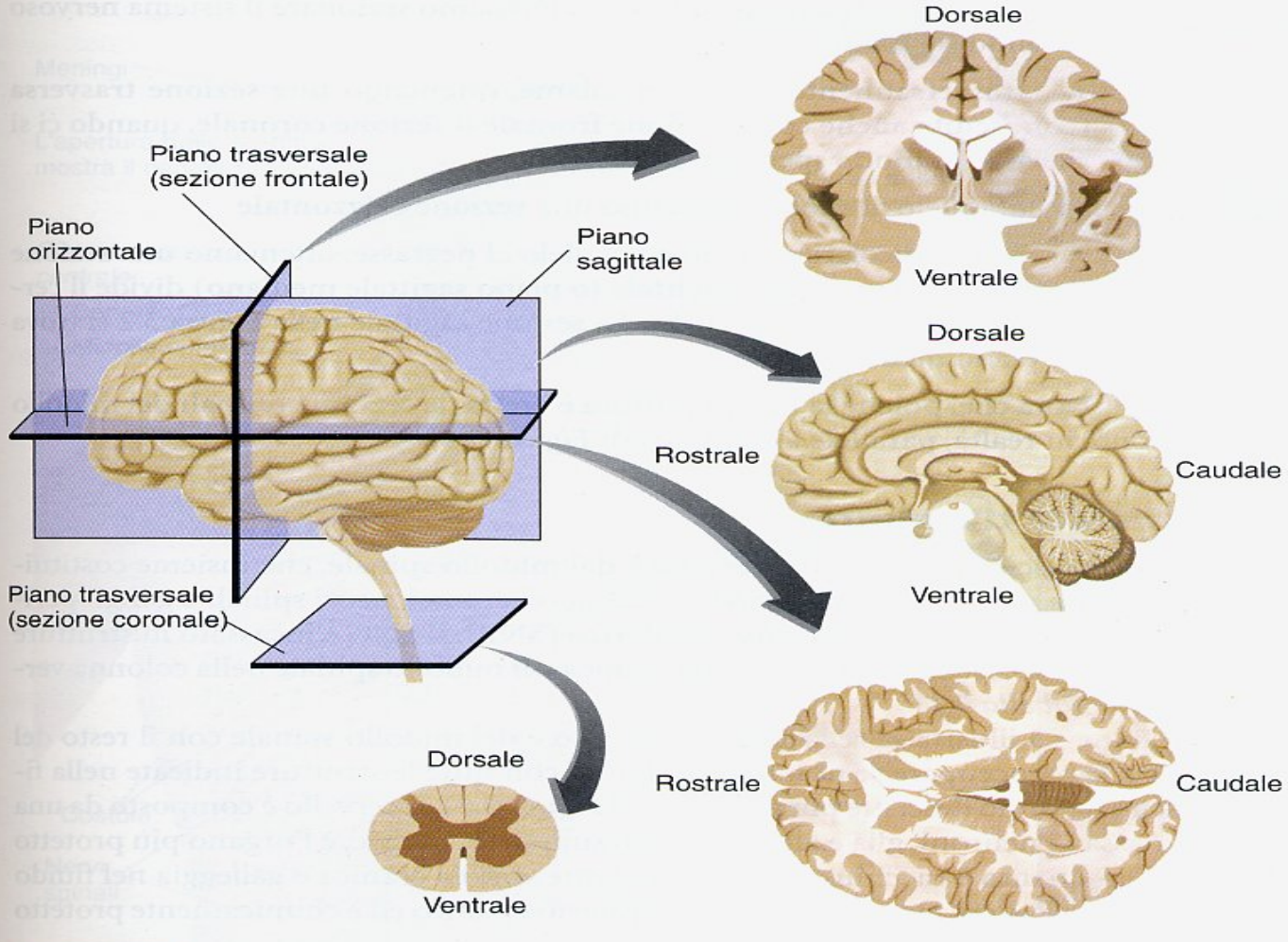


FIGURA 3.2

Piani di sezione riferiti al sistema nervoso centrale umano.

Fig. 3.2 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Il sistema nervoso si divide in “centrale” e “periferico”

- **Le componenti del sistema nervoso:** sono il sistema nervoso centrale o SNC (cervello e midollo spinale) e il sistema nervoso periferico o SNP (nervi cranici, nervi spinali e gangli periferici)
- **Il SNC:** e’ rivestito dalle meningi (dura madre, membrana aracnoidea, pia madre)
- **Il SNP:** è anch’esso rivestito dalle meningi
- **Ventricoli cerebrali:** lo spazio sotto la membrana aracnoidea delle meningi contiene il liquido cerebrospinale o liquor che scorre entro i ventricoli cerebrali. Liquor e ventricoli cerebrali svolgono la funzione di un materasso ad acqua per il sistema nervoso centrale

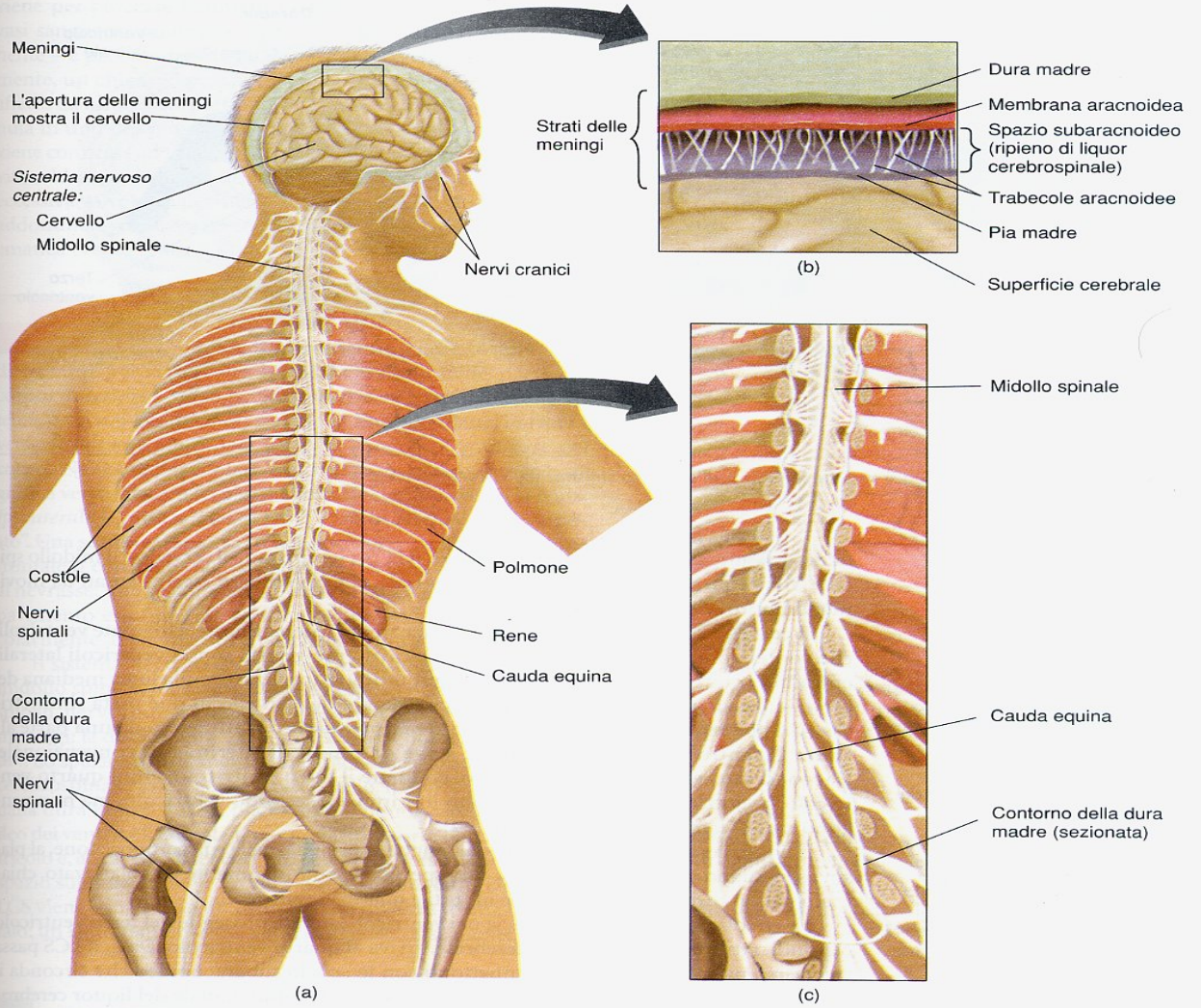


FIGURA 3.3

(a) Relazione tra il sistema nervoso e il resto del corpo. (b) Dettaglio delle meningi che rivestono il sistema nervoso centrale. (c) Particolare della porzione inferiore del midollo spinale e della cauda equina.

Fig. 3.3 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Lo sviluppo del SNC evidenzia la relazione tra grandi regioni anatomiche cerebrali e ventricoli che contengono liquor

- Il tubo neurale primitivo: evidenzia tre divisioni principali: proencefalo, mesencefalo e romboencefalo, ognuno dei quali avvolge specifici ventricoli cerebrali

Fig. 3.6 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

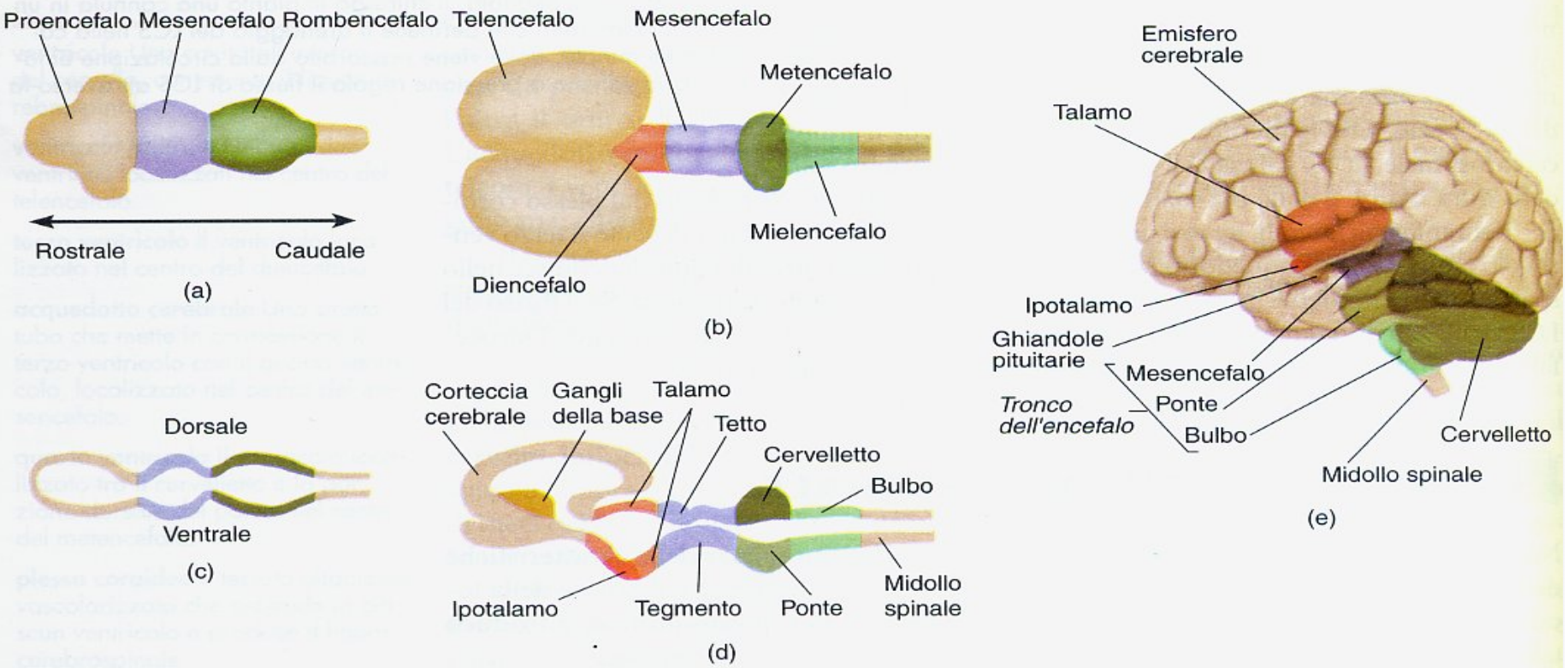


FIGURA 3.6

Disegno schematico che illustra lo sviluppo cerebrale e la relativa relazione con i ventricoli. (a) e (c) Stadio precoce dello sviluppo embrionale. (b) e (d) Stadi successivi dello sviluppo. (e) Visione laterale dell'emisfero sinistro di un cervello umano semitrasparente, che mostra il tronco dell'encefalo. I colori di tutte le figure indicano le regioni corrispondenti.

Il proencefalo è formato da telencefalo e diencefalo

- **Il proencefalo:** è costituito da telencefalo (avvolge i ventricoli laterali) e diencefalo (avvolge il terzo ventricolo)
- **Il telencefalo:** comprende la corteccia cerebrale, il sistema limbico e i gangli della base
- **La corteccia cerebrale:** è suddivisa nei lobi frontali (movimento, piani d'azione e recupero di tracce mnestiche deboli) come anche nei lobi parietale, temporale e occipitale (percezione e memoria)
- **Il sistema limbico:** comprende la corteccia limbica, l'ippocampo e l'amigdala (emozione, motivazione e apprendimento)

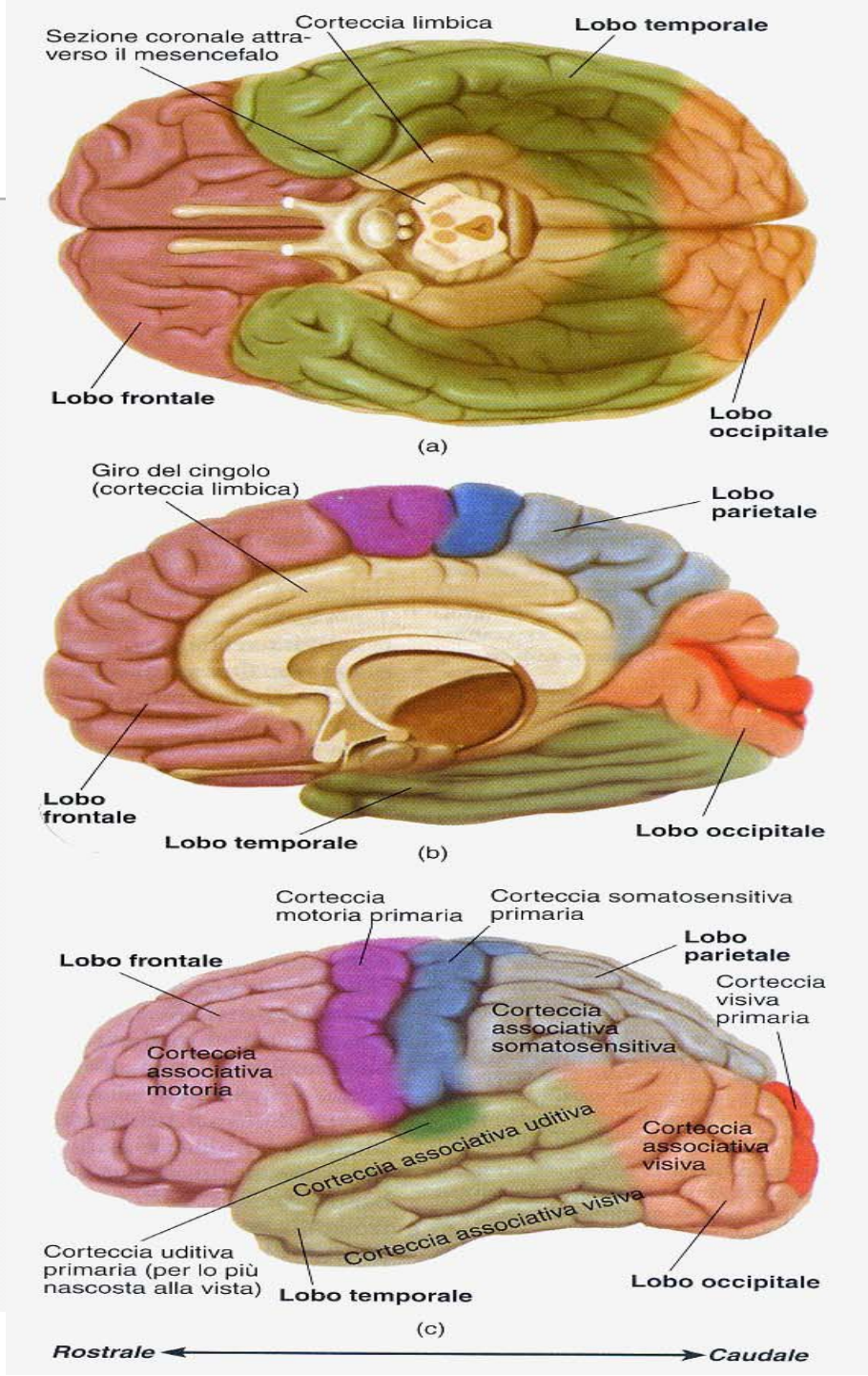


Fig. 3.11 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Il diencefalo e' formato da talamo e ipotalamo

- **Il diencefalo:** comprende il talamo e l'ipotalamo
- **Il talamo:** distribuisce e regola la maggior parte del flusso d'informazione da e alla corteccia. E' diviso da parecchi nuclei. I nuclei sensoriali proiettano in corteccia segnali sensoriali dalla periferia, i nuclei motori segnali motori provenienti da cervelletto, gangli della base e aree cerebrali motorie. Altri nuclei (reticolari) proiettano diffusamente a tutta la corteccia e sono implicati nei ritmi sonno-veglia e nella vigilanza.
- **L'ipotalamo:** regola il sistema nervoso autonomo e diverse funzioni vegetative. Controlla il sistema endocrino mediante la regolazione dell'ipofisi e modula i comportamenti istintuali specie-specifici

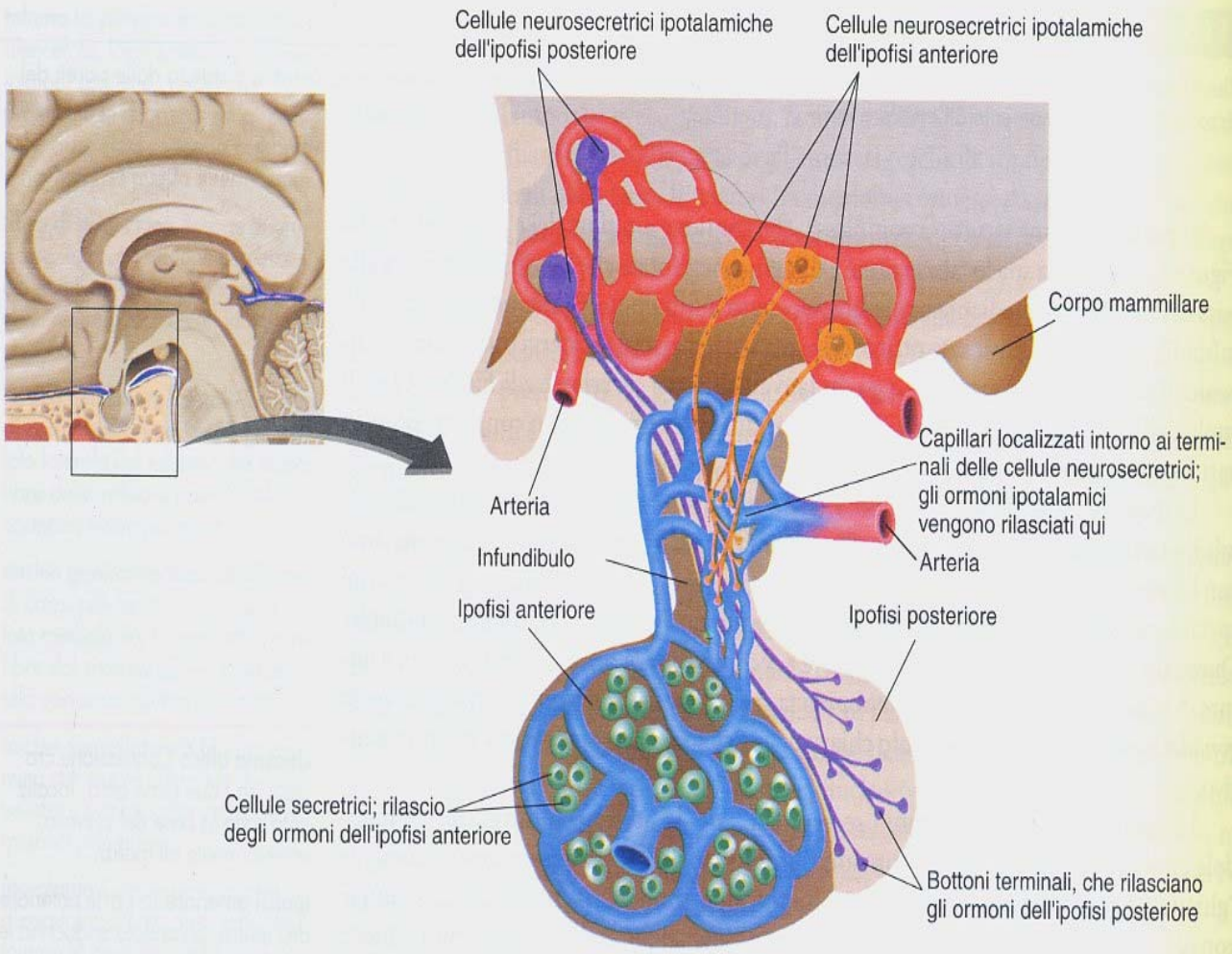


FIGURA 3.16

Ipofisi. Gli ormoni rilasciati dalle cellule neurosecretrici ipotalamiche penetrano nei capillari e sono trasportati all'ipofisi anteriore, dove controllano la secrezione ormonale. Gli ormoni dell'ipofisi posteriore sono prodotti nell'ipotalamo e trasportati nell'ipofisi posteriore mediante trasporto assoplasmatico.

Fig. 3.16 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

I gangli della base (telencefalo) svolgono funzioni cognitivo-motorie in cooperazione con la corteccia frontale

- I gangli della base: sono strutture sottocorticali. Si distinguono il nucleo caudato, il globo pallido e il putamen
- Funzione: in stretta cooperazione con regioni frontali corticali sono responsabili della fluidità del movimento e della transizione tra diversi piani motori
- La malattia di Parkinson: è causata dalla degenerazione di alcuni neuroni localizzati nel mesencefalo che inviano i loro assoni al nucleo caudato e al putamen. I sinotmi sono debolezza, tremore, rigidità degli arti, disturbi dell'equilibrio, difficoltà ad iniziare il movimento, lentezza del movimento

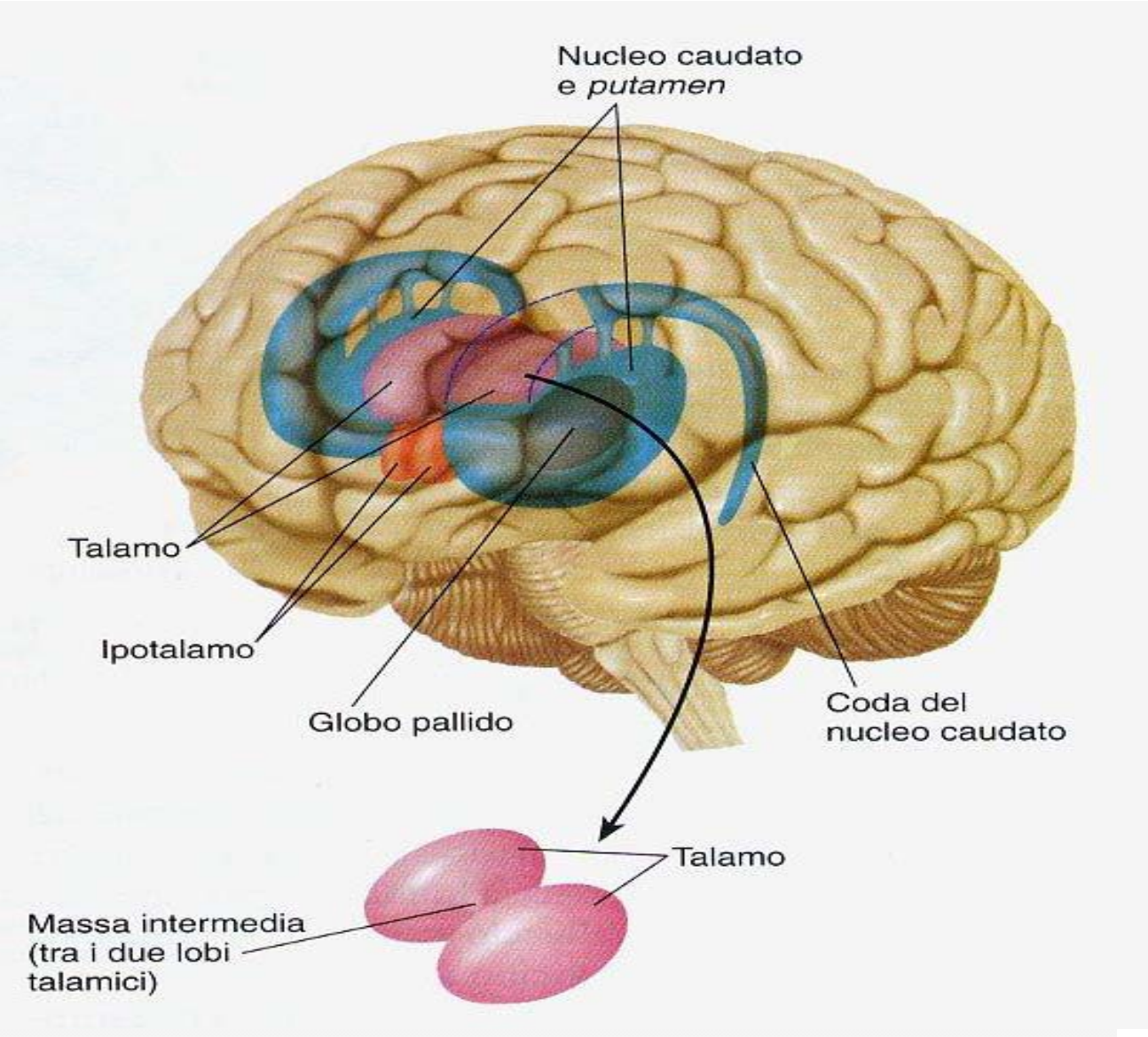


Fig. 3.14 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Il mesencefalo è formato da tetto e tegmento

- **Il mesencefalo:** avvolge l'acquedotto cerebrale ed è composto da tetto (parte dorsale) e tegmento (parte ventrale)
- **Tetto:** comprende i collicoli superiori e inferiori. I collicoli superiori svolgono funzioni di integrazione visuo-motoria per attività automatiche. I collicoli inferiori svolgono simili funzioni di integrazione audio-motoria. Tali funzioni includono il controllo dei riflessi audio-visivi e reazioni automatiche agli stimoli in movimento

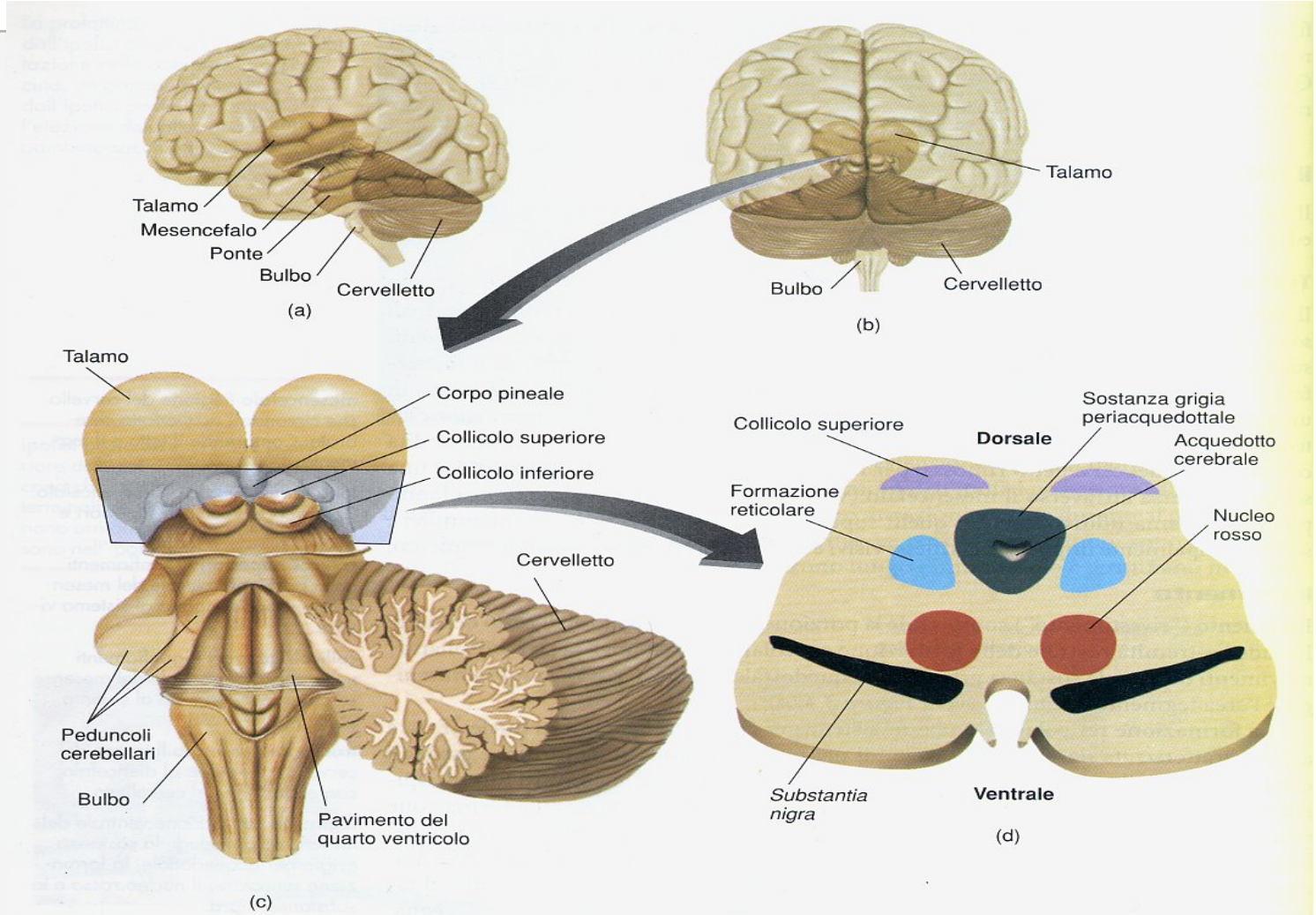


FIGURA 3.17

Cervelletto e tronco dell'encefalo. (a) Visione laterale di un cervello semitrasparente, che mostra il cervelletto e il tronco dell'encefalo in trasparenza. (b) Visione da dietro. (c) Visione dorsale del tronco dell'encefalo. L'emisfero sinistro del cervelletto e parte dell'emisfero destro sono stati rimossi per mostrare l'interno del quarto ventricolo e i peduncoli cerebellari. (d) Sezione coronale del mesencefalo.

Fig. 3.17 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Strutture e funzioni del tegmento

- **Il tegmento:** è costituito da formazione reticolare, sostanza grigia periacqueduttale, nucleo rosso e sostanza nera
- **formazione reticolare:** estesa rete di tessuto neurale localizzato nelle regioni centrali del tronco dell'encefalo, dal bulbo al diencefalo. E' implicata nel ritmo sonno-veglia, negli stati della veglia, nel movimento
- **La sostanza grigia periacqueduttale:** la regione del mesencefalo che circonda l'acquedotto cerebrale. Contiene i circuiti neurali coinvolti nei comportamenti specie-specifici e in fenomeni di anestesia endogena.
- **Nucleo rosso:** è un grande nucleo del mesencefalo. Riceve afferenze dal cervelletto e della corteccia motoria (movimento). Invia fibre nervose ai motoneuroni del midollo spinale
- **Sostanza nera:** regione nerastra che contiene neuroni connessi con i gangli della base (caudato e putamen)

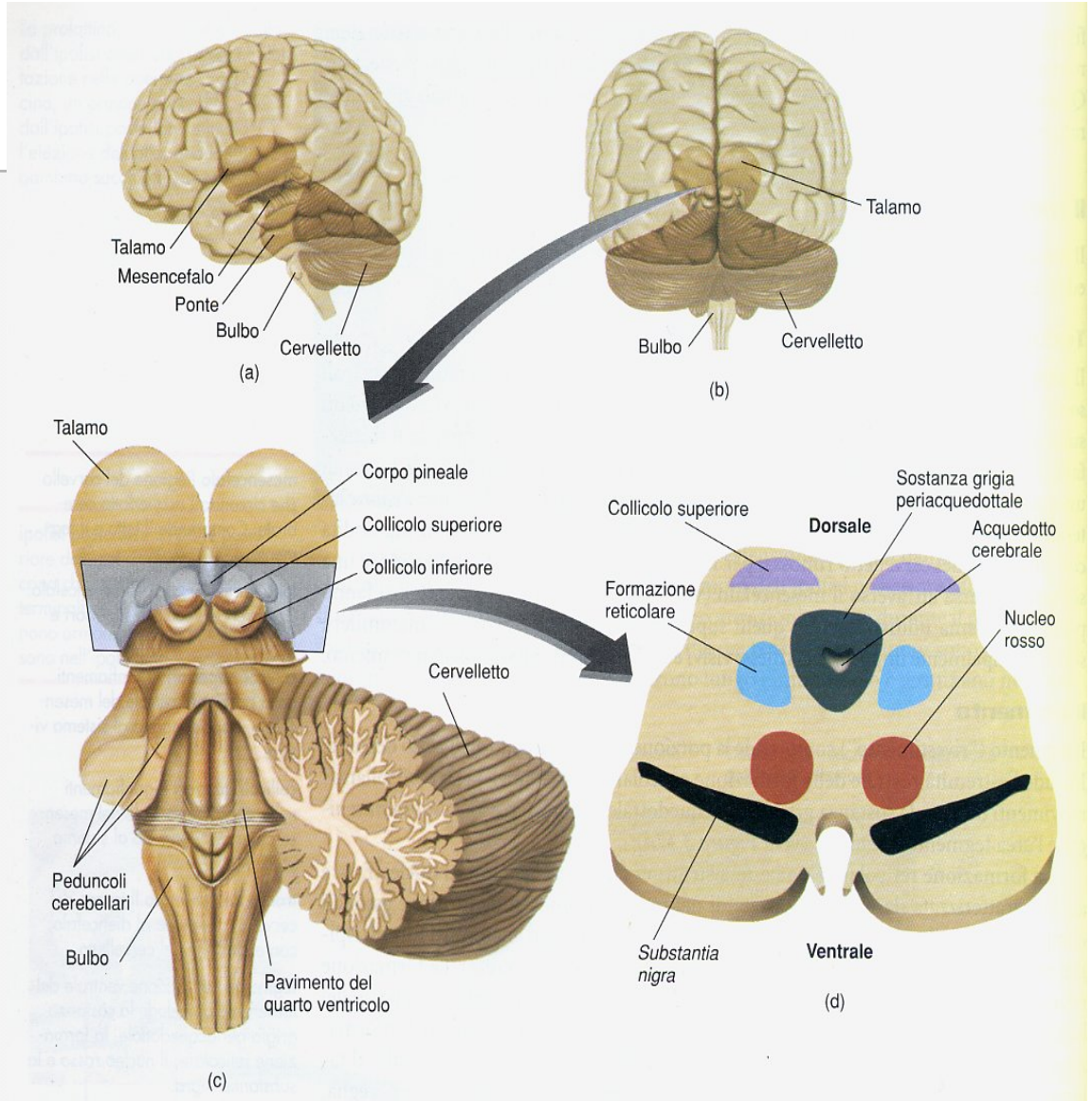


FIGURA 3.17

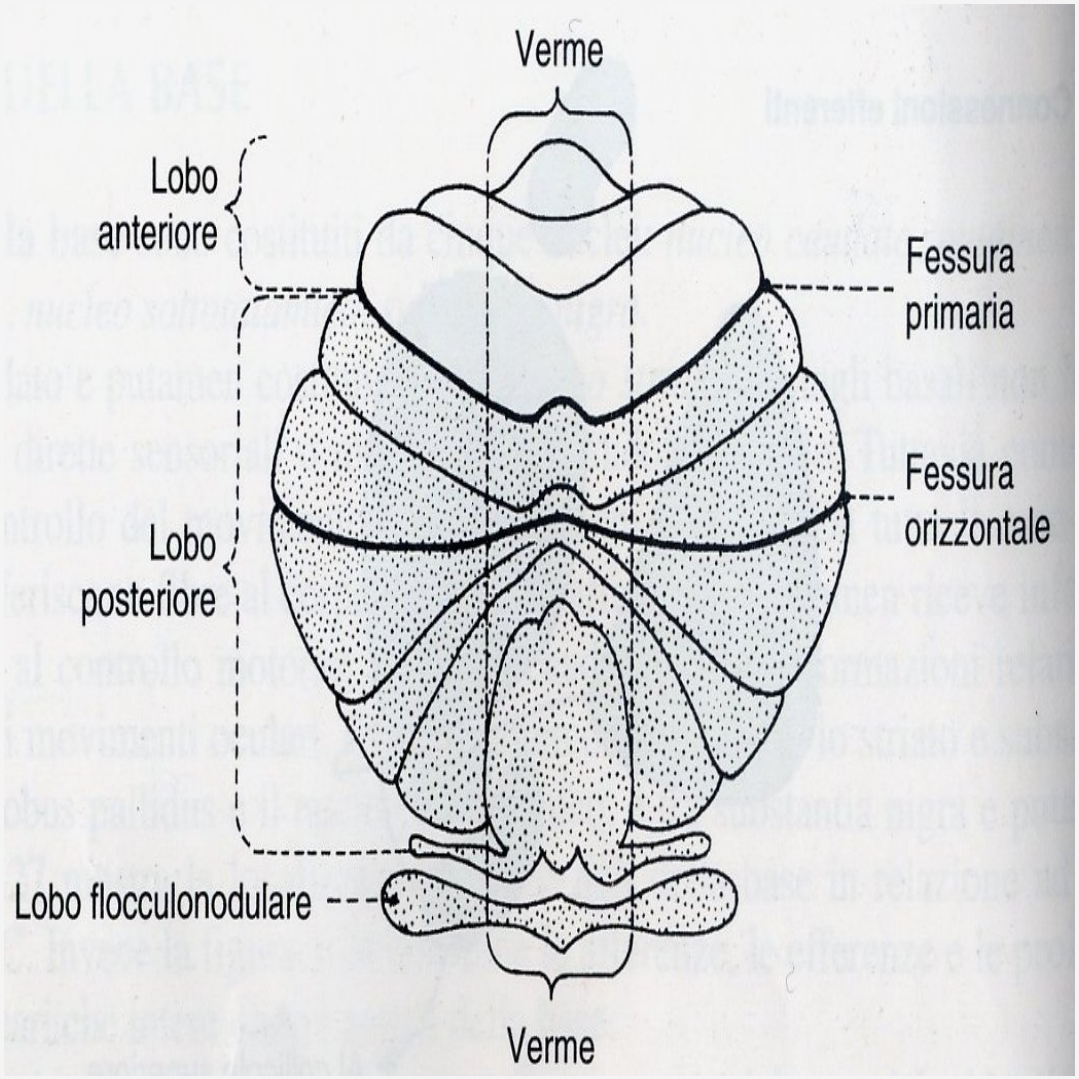
Cervelletto e tronco dell'encefalo. (a) Visione laterale di un cervello semitrasparente, che mostra il cervelletto e il tronco dell'encefalo in trasparenza. (b) Visione da dietro. (c) Visione dorsale del tronco dell'encefalo. L'emisfero sinistro del cervelletto e parte dell'emisfero destro sono stati rimossi per mostrare l'interno del quarto ventricolo e i peduncoli cerebellari. (d) Sezione coronale del mesencefalo.

Fig. 3.17 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Il romboencefalo è formato da cervelletto, ponte e bulbo

- **Il romboencefalo:**
  avvolge il quarto ventricolo.e comprende cervelletto, ponte, e bulbo
- **Il cervelletto:**
  contiene due emisferi cerebellari coperti dalla corteccia cerebellare. Si riconoscono i lobi anteriore, posteriore , il lobo flocculonodulare e il verme
- **Nuclei profondi:**
  sono localizzati all'interno degli emisferi cerebellari. Ricevono fibre dalla corteccia cerebellare e inviano fibre al ponte. gioca un ruolo importante nell'integrazione e nella coordinazione dei movimenti. Elabora aspetti temporali dell'azione e del feed-back ambientale

Fig. 1.29 di Eusebi-Gatti, Fisiologia, Masson, 1998



Struttura e funzioni di ponte e bulbo

- **Il ponte:** è rostrale al bulbo, caudale al mesencefalo e ventrale al cervelletto. Contiene numerosi nuclei della formazione reticolare e vie per e dal cervelletto. Invia anche fibre alla corteccia cerebrale
- **Funzioni del ponte:** sonno, regolazione del livello globale di attivazione cerebrale o arousal
- **Il bulbo:** è la porzione più caudale del cervello, che confina con il midollo spinale. Contiene numerosi nuclei della formazione reticolare
- **Funzioni del bulbo:** sonno, arousal, regolazione di respirazione, frequenza cardiaca e pressione sanguigna

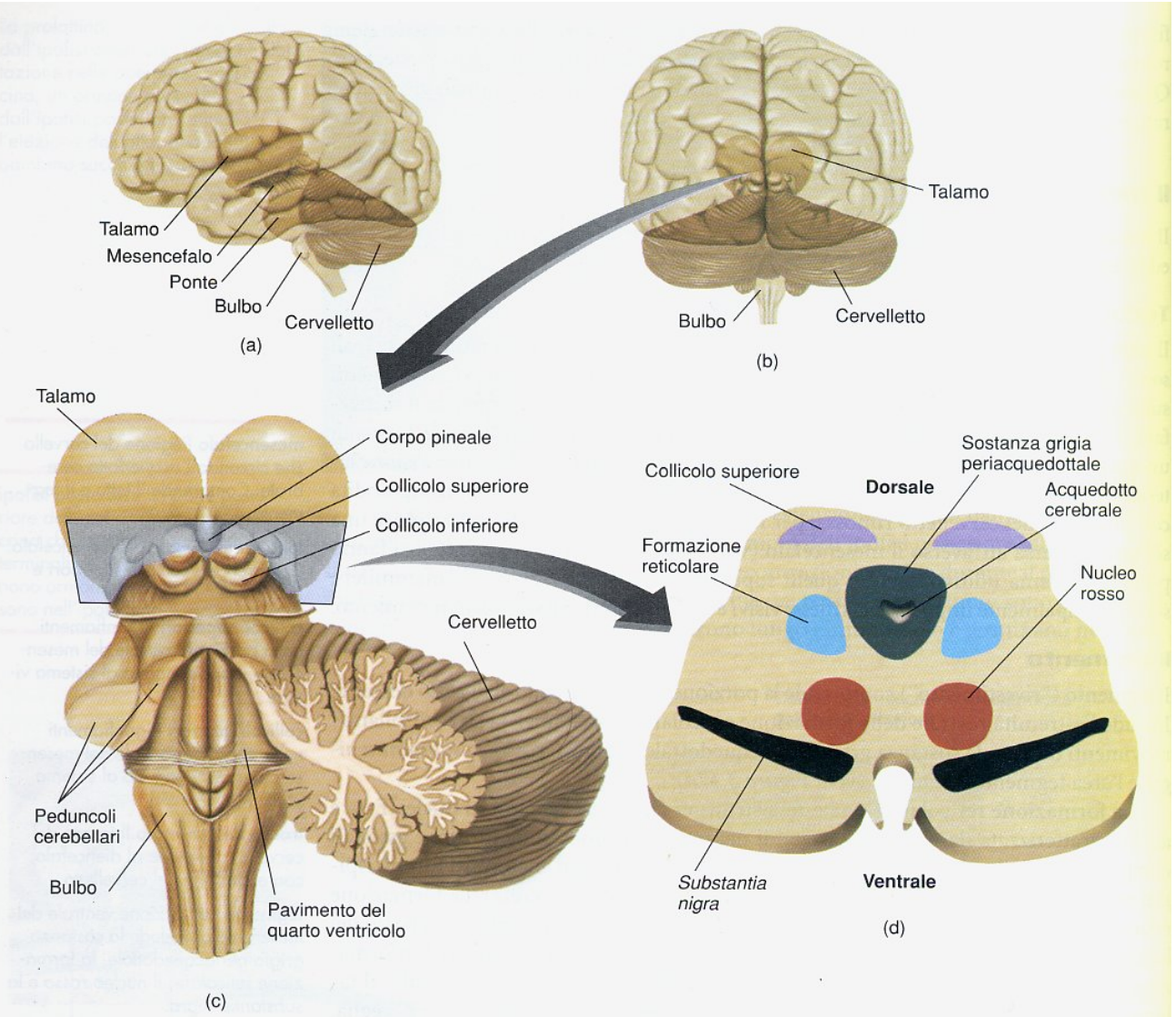


FIGURA 3.17

Cervelletto e tronco dell'encefalo. (a) Visione laterale di un cervello semitrasparente, che mostra il cervelletto e il tronco dell'encefalo in trasparenza. (b) Visione da dietro. (c) Visione dorsale del tronco dell'encefalo. L'emisfero sinistro del cervelletto e parte dell'emisfero destro sono stati rimossi per mostrare l'interno del quarto ventricolo e i peduncoli cerebellari. (d) Sezione coronale del mesencefalo.

Fig. 3.17 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Il midollo spinale

- Colonna vertebrale: protegge il midollo spinale. E' composta da 24 singole vertebre poste nella regione cervicale (collo), toracica, lombare (fondoschiena) e sacrale coccigea
- La parte esterna del midollo spinale: consiste di sostanza bianca, vale a dire le fibre assonali ricoperte di mielina che trasportano l'informazione verso l'alto (parti caudali del midollo o al cervello) o verso il basso
- La porzione centrale del midollo spinale: consiste di sostanza grigia, vale a dire i corpi cellulari dei neuroni spinali
- Le meningi: sostanza bianca e sostanza grigia sono avvolte dalle meningi, analogamente a quanto accade nel cervello

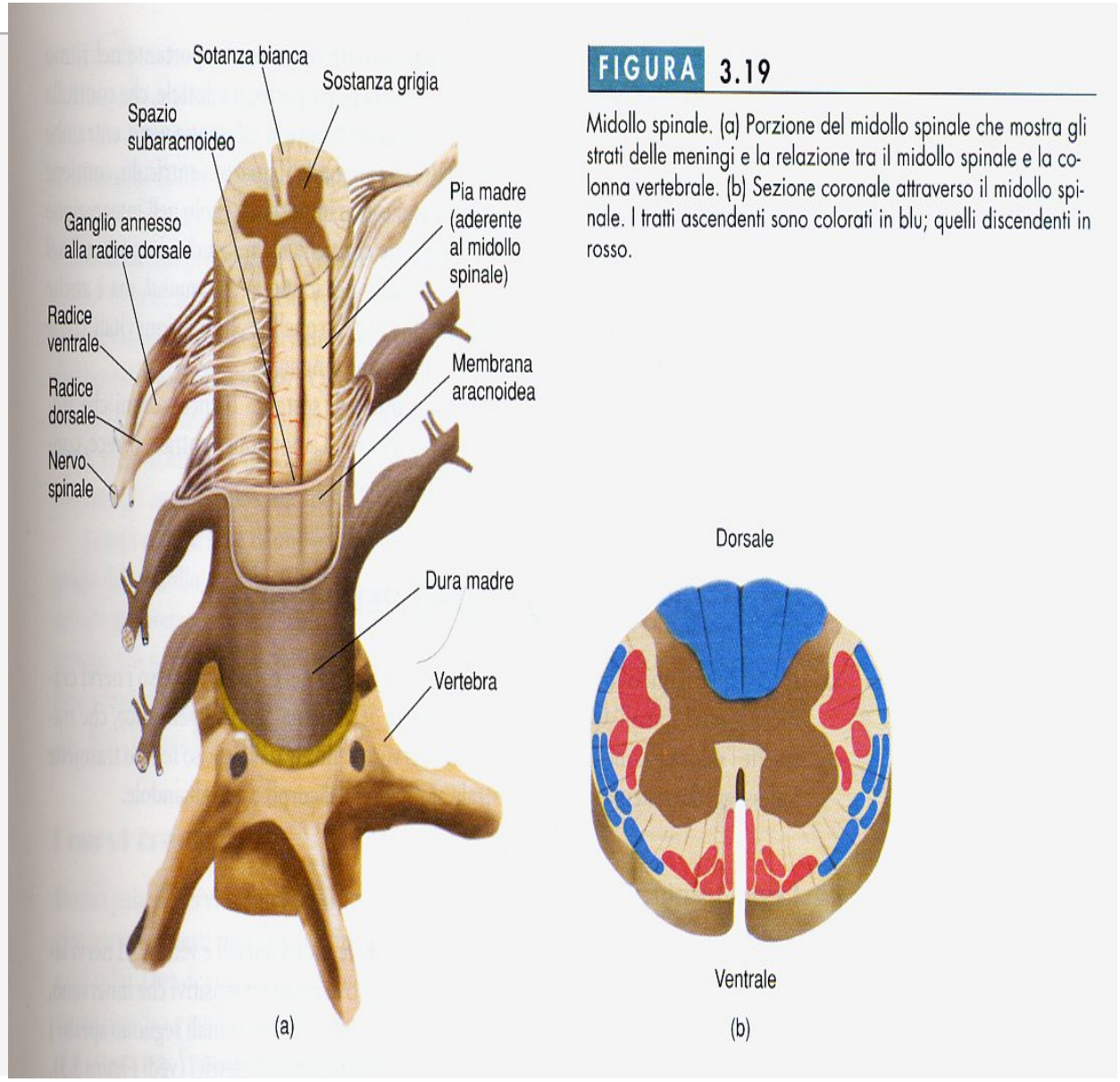


FIGURA 3.19

Midollo spinale. (a) Porzione del midollo spinale che mostra gli strati delle meningi e la relazione tra il midollo spinale e la colonna vertebrale. (b) Sezione coronale attraverso il midollo spinale. I tratti ascendenti sono colorati in blu; quelli discendenti in rosso.

Fig. 3.19 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Il sistema nervoso periferico (SNP)

Nervi spinali e cranici: spediscono fibre sensitive nel sistema nervoso centrale e fibre motorie fuori da esso. I nervi spinali sono formati dall'unione delle radici dorsali del midollo spinale, che contengono i corpi cellulari degli assoni entranti (afferenze sensoriali), con le radici ventrali, che contengono gli assoni uscenti (efferenze motorie). **Il sistema nervoso autonomo:** è un sistema efferente che regola, fuori dal controllo della volontà, il funzionamento di muscoli cardiaci e lisci (vasi sanguinei, peli, occhi, cuore, bronchi, s. digerente, vescica, genitali, etc.) come anche di ghiandole endocrine (midollare surrenale) ed esocrine (salivari, lacrimali e sudoripare). Esso regola le variazioni termiche, cardiovascolari, bronchiali, metaboliche ed endocrine che accompagnano gli stati emozionali (ansia, paura, rabbia, stupore, amore ed eccitazione sessuale, etc.) e adattano l'organismo ai contesti di esplorazione, interazione sociale, concentrazione, sforzo fisico, dolore, freddo/caldo, attacco, difesa, fuga, riposo, riproduzione etc. **Regolatori del sistema nervoso autonomo:** il sistema nervoso autonomo agisce sia in via "riflessa" dopo stimoli adeguati (es. costrizione della pupilla alla luce) sia su comandi di centri integratori troncoencefalici, ipotalamici, limbici e neocorticali che sono responsabili del comportamento finalizzato e della regolazione della temperatura, della sete, della fame, della minzione, del respiro, delle funzioni cardiorespiratorie e della riproduzione. **Struttura del sistema nervoso autonomo:** si compone di una divisione simpatica e una divisione parasimpatica che hanno effetti tipicamente contrapposti sugli organi innervati. Si compone, inoltre, di un sistema mesenterico per la regolazione dei muscoli lisci del tubo digerente. Le divisioni simpatica e parasimpatica sono formate da due fibre effettrici in serie, una fibra pre-gangliare colinergica nel sistema nervoso centrale (midollo, troncoencefalo) e una fibra post-gangliare colinergica o noradrenergica nel sistema nervoso periferico. **Le fibre simpatiche:** le fibre pre-gangliari colinergiche originano nel midollo toracico e lombare e si connettono a fibre post-gangliari colinergiche (solo ghiandole sudoripare e muscoli lisci dei vasi dei muscoli scheletrici) o noradrenergiche, localizzate nei gangli paravertebrali o nei plessi celiaco e mesenterico. La midollare surrenale è un ganglio simpatico specializzato che riversa nel circolo adrenalina (80%) e noradrenalina con effetti generalizzati. **Le fibre parasimpatiche:** le fibre pre-gangliari colinergiche originano nei nuclei dei nervi cranici tronoencefalici (III oculomotore, VII facciale, IX glossofaringeo, X vago) o nel midollo sacrale e si connettono a fibre post-gangliari colinergiche localizzate in gangli vicini o dentro l'organo innervato. **Funzioni del simpatico:** induce l'ammiccamento e l'allargamento della pupilla, l'incremento della frequenza cardiaca e della pressione sanguinea, la broncodilatazione, il riempimento della vescica, l'eiaculazione, il blocco della digestione e la mobilitazione di riserve energetiche in situazioni stressanti/emozionanti di interazione sociale, concentrazione, sforzo fisico, freddo, dolore, attacco, difesa, fuga e riproduzione. **Funzioni del parasimpatico opposte a quelle simpatiche:** induce la costrizione della pupilla, la riduzione della frequenza cardiaca e della pressione sanguinea, la broncocostrizione, lo svuotamento della vescica, l'erezione, lo svolgimento della digestione e il deposito di riserve energetiche in situazioni di riposo, recupero e riproduzione. **Coordinamento simpatico-parasimpatico (un esempio):** il riempimento della vescica si basa sul rilasciamento del rivestimento muscolare e sulla contrazione dello sfintere interno (simpatico), mentre lo svuotamento della vescica si basa sulla contrazione del rivestimento muscolare e sul rilascio dello sfintere interno (parasimpatico) ed esterno (volontà su muscolo scheletrico). Come eccezione, vi è un'esclusiva innervazione simpatica per ghiandole sudoripare, muscolatura liscia dei vasi sanguinei, muscoli piloerettori, cellule epatiche (mobilizzazione di glucosio: gluconeogenesi e gliconeogenesi), cellule adipose (mobilizzazione di grassi: lipolisi) e renali (secrezione di renina per il riassorbimento di acqua e sodio). **La trasmissione nervosa autonoma:** la fibra pre-gangliare simpatica e parasimpatica riversa acetilcolina sui recettori nicotinici post-sinaptici, collegati a canali ionici (Na+, K+) analogamente ai recettori colinergici della giunzione neuromuscolare. La fibra post-gangliare riversa sull'organo bersaglio acetilcolina (recettori muscarinici simpatici e parasimpatici) o noradrenalina (recettori noradrenergici simpatici alfa e beta). I recettori post-gangliari sono associati ad una proteina di membrana (G) che amplifica gli effetti fisiologici del neurotrasmettitore. **I recettori colinergici muscarinici:** attivano tramite la proteina G l'enzima fosfolipasi C, producendo secondi messaggeri (IP3 e DIAG) che mediano gli effetti fisiologici. Alternativamente, la proteina G attiva direttamente canali ionici di membrana (effetto iperpolarizzante dell'apertura del canale K+ sulle cellule del nodo senoatriale del cuore). **I recettori (simpatici) noradrenergici**: sono 4 (agiscono tramite proteina G). I recettori alfa 1 attivano l'enzima fosfolipasi C producendo secondi messaggeri (IP3 e DIAG) che mediano la contrazione dei muscoli lisci di vasi cutanei e della regione splancnica, di sfinteri gastrointestinali/vescicali, e dell'iride. I recettori beta attivano l'enzima adenilciclasi producendo secondi messaggeri (AMP ciclico) che mediano la contrazione dei muscoli cardiaci (beta 1) e il rilasciamento di muscoli lisci di vasi del muscolo scheletrico, di bronchioli e di pareti gastrointestinali/vescicali (beta 2). I recettori alfa 2 inibiscono l'adenilciclasi riducendo i livelli di AMP ciclico con effetti di rilasciamento della parete gastrointestinale.

Il sistema nervoso periferico (SNP): i nervi spinali

- **Nervi spinali e cranici:** permettono la comunicazione in ingresso (informazione afferente-sensitiva) e in uscita (informazione efferente-effettrice) tra cervello/midollo spinale e il resto del corpo (muscoli, sensori, ghiandole)
- **Nervi spinali:** spediscono fibre sensitive nel sistema nervoso centrale e fibre motorie fuori da esso. I nervi spinali sono formati dall'unione delle radici dorsali del midollo spinale, che contengono i corpi cellulari degli assoni entranti (afferenze sensoriali), con le radici ventrali, che contengono gli assoni uscenti (efferenze motorie)

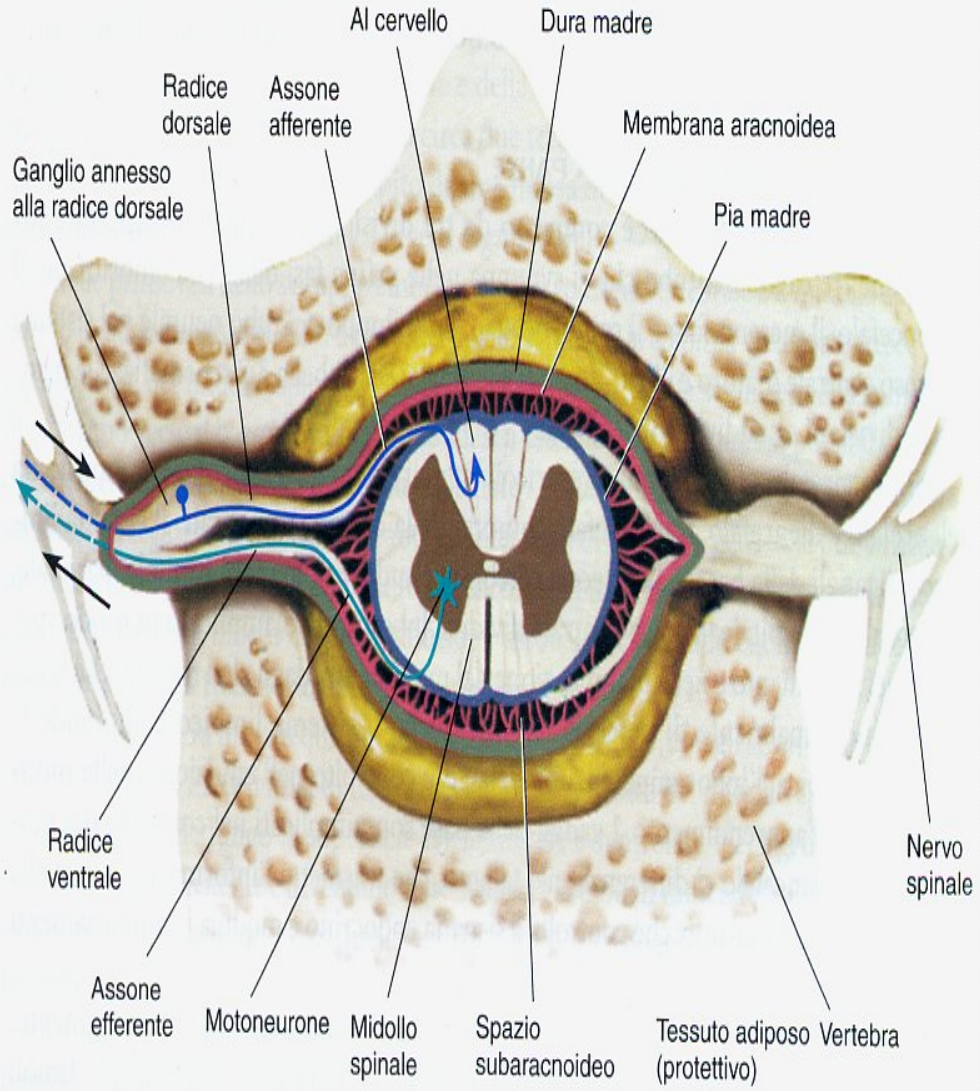


FIGURA 3.20

Sezione trasversa del midollo spinale che mostra la strada presa dai tratti afferenti ed efferenti, rispettivamente attraverso le radici dorsali e ventrali.

Fig. 3.20 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Il SNP: i nervi cranici

- **Nervi cranici:** 12 paia di nervi sono connessi alla superficie ventrale del cervello. La maggior parte di essi svolge funzioni sensoriali e motorie per la regione della testa e del collo. Uno di essi (n. vago) regola le funzioni degli organi della cavità toracica e addominale
- **Informazioni sensoriali:** i nervi cranici ricevono Informazioni somatosensoriali dalla testa e dal collo, informazioni gustative dalla lingua, informazioni uditive e vestibolari (relative all'equilibrio) dalle orecchie, informazioni visive dagli occhi e informazioni olfattive dal naso

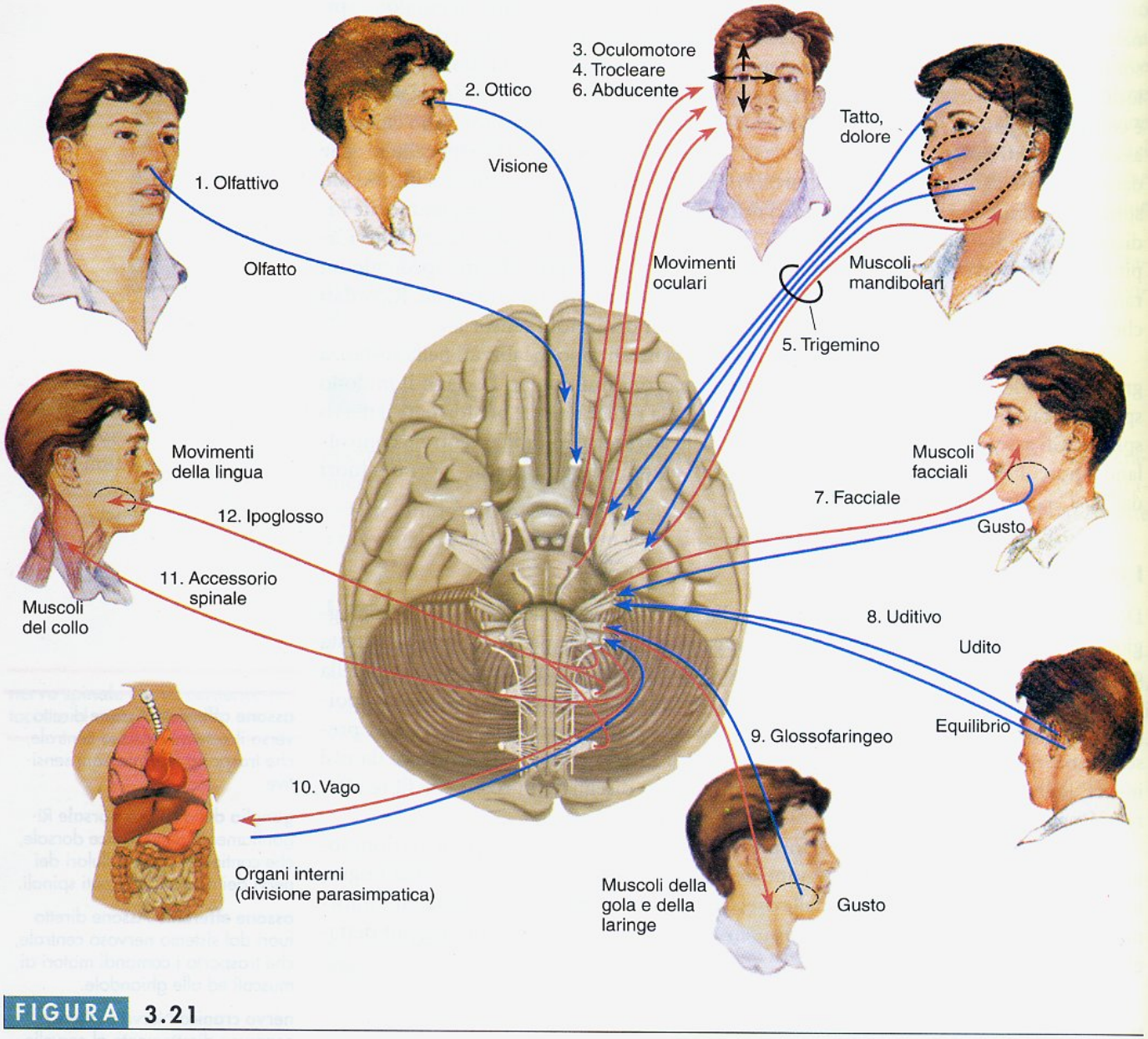


FIGURA 3.21

I dodici nervi cranici e le regioni e le funzioni in cui sono coinvolti. Le linee rosse rappresentano gli assoni che controllano i muscoli e le ghiandole; le linee blu indicano gli assoni sensitivi.

Fig. 3.21 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

Generalità sul sistema nervoso autonomo

- Il sistema nervoso autonomo è un sistema efferente che regola, fuori dal controllo della volontà, il funzionamento di muscoli cardiaci e lisci (vasi sanguinei, peli, occhi, cuore, bronchi, s. digerente, vescica, genitali, etc.) come anche di ghiandole endocrine (midollare surrenale) ed esocrine (salivari, lacrimali e sudoripare)

- Variabili regolate: esso regola le variazioni termiche, cardiovascolari, bronchiali, metaboliche ed endocrine che accompagnano gli stati emozionali (ansia, paura, rabbia, stupore, amore ed eccitazione sessuale, etc.) e adattano l'organismo ai contesti di esplorazione, interazione sociale, concentrazione, sforzo fisico, dolore, freddo/caldo, attacco, difesa, fuga, riposo, riproduzione etc.

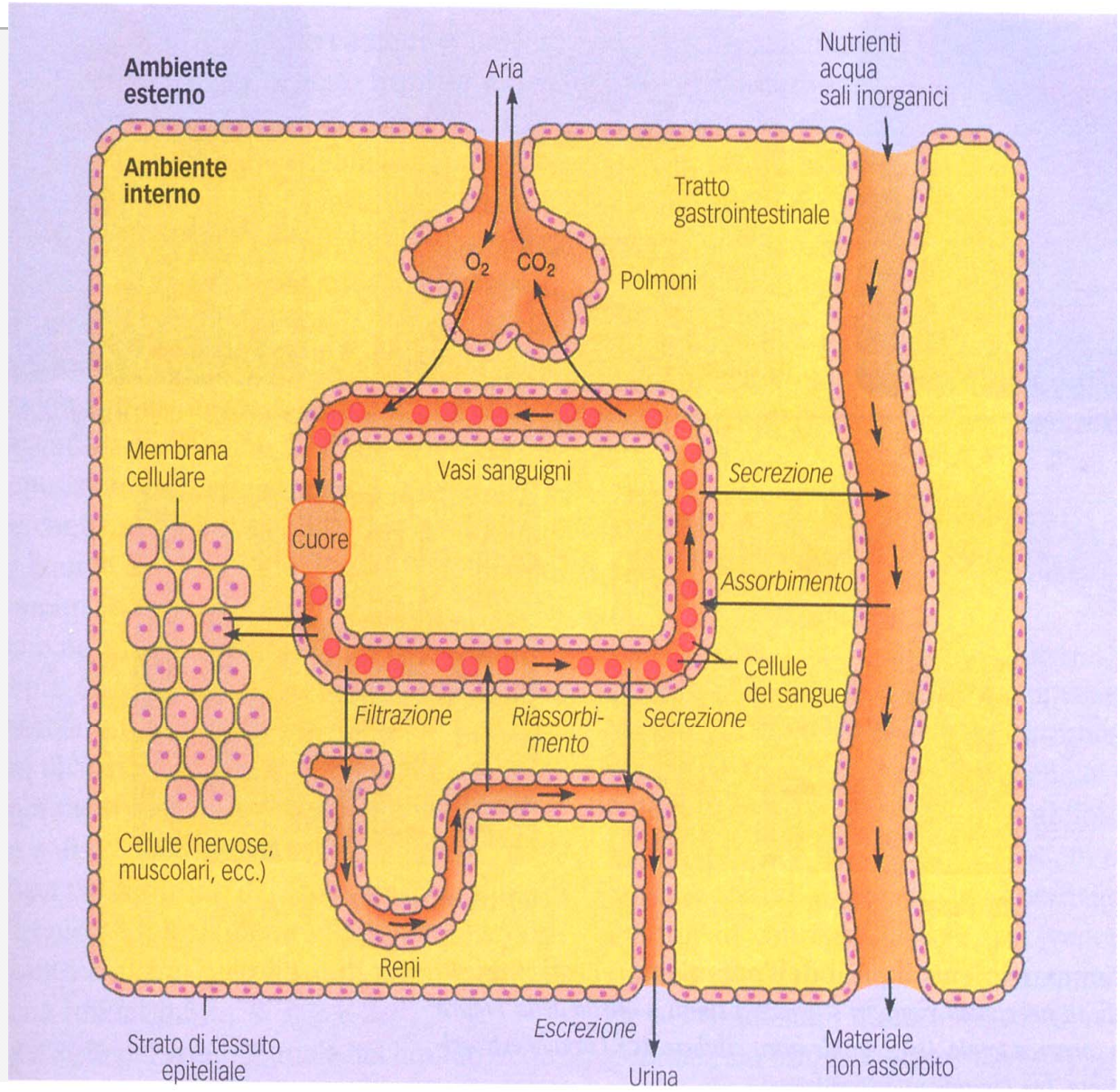


Fig. 1.3 di Germann-Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES, 2003

Chi comanda il sistema nervoso autonomo? I centri autonomici superiori

- Regolatori del sistema nervoso autonomo: il sistema nervoso autonomo agisce sia in via "riflessa" dopo stimoli adeguati (es. costrizione della pupilla alla luce) sia su comandi di centri integratori troncoencefalici, ipotalamici, limbici e neocorticali che sono responsabili del comportamento finalizzato e della regolazione della temperatura, della sete, della fame, della minzione, del respiro, delle funzioni cardiorespiratorie e della riproduzione

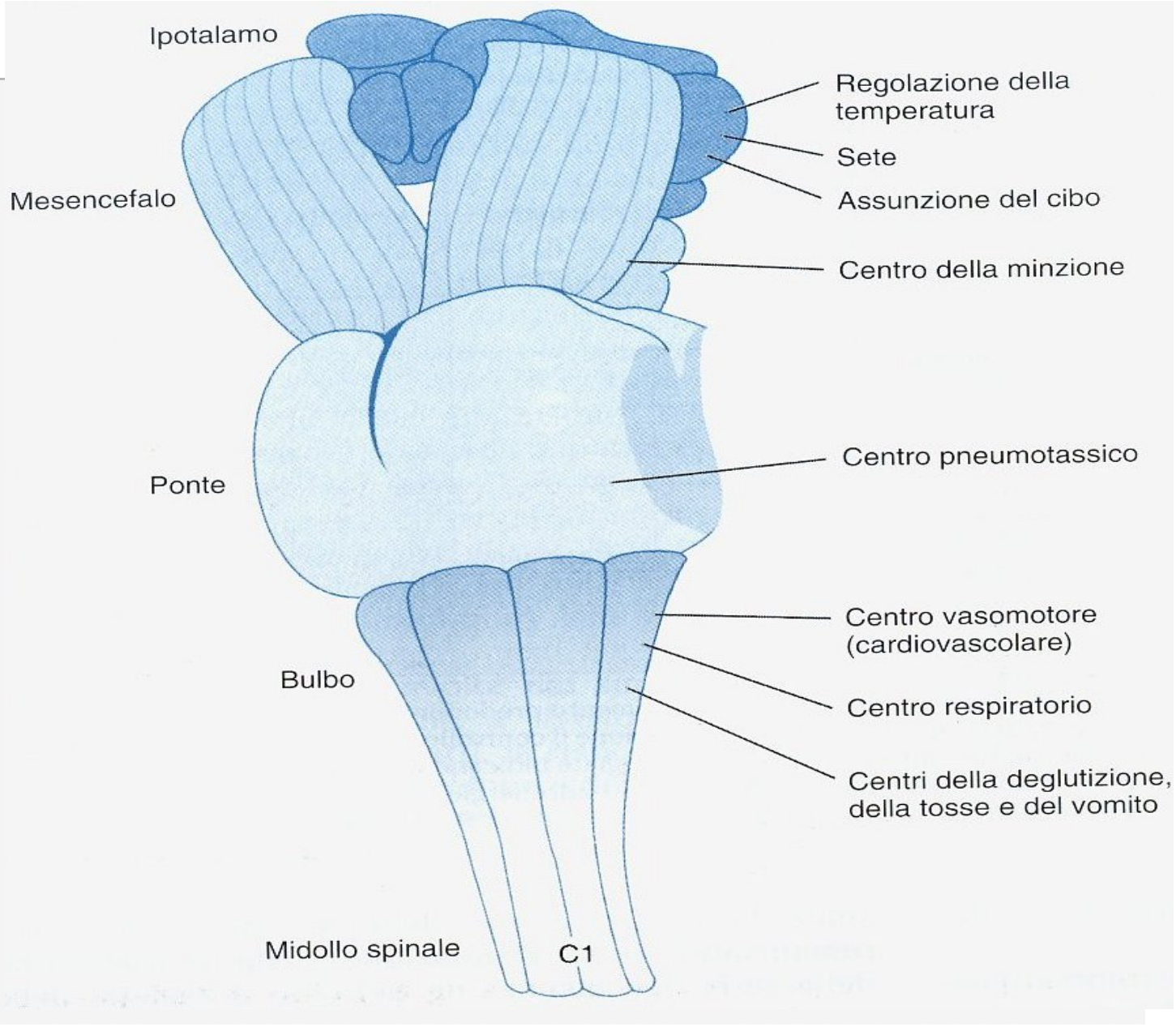


Fig. 2-5 di Costanzo, Fisiologia, EdiSES, 1998

Il sistema nervoso autonomo è formato dal s. simpatica, dal s. parasimpatico e dal s. mesenterico

- Simpatico e parasimpatico: si compone di una divisione simpatica e una divisione parasimpatica che hanno effetti tipicamente contrapposti sugli organi innervati. Si compone, inoltre, di un sistema mesenterico per la regolazione dei muscoli lisci del tubo digerente

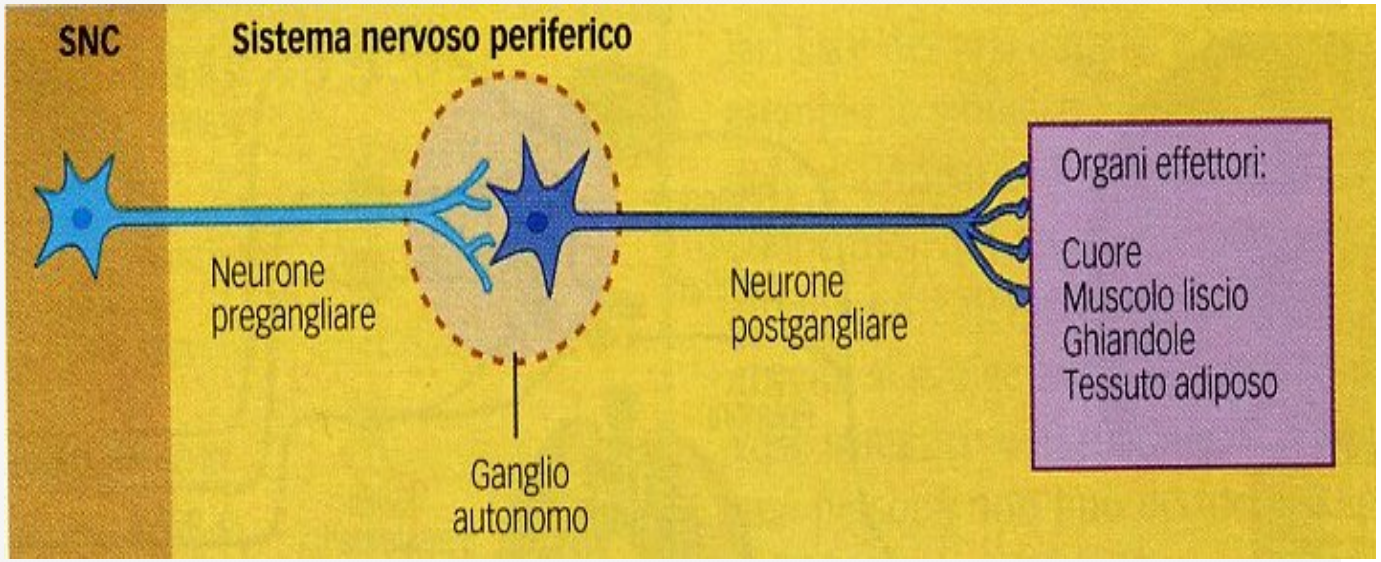


Fig. 10.2 di Germann-Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES, 2003

- Fibre gangliari: le divisioni simpatica e parasimpatica sono formate da due fibre effettrici in serie, una fibra pre-gangliare colinergica nel sistema nervoso centrale (midollo, troncoencefalo) e una fibra post-gangliare colinergica o noradrenergica nel sistema nervoso periferico

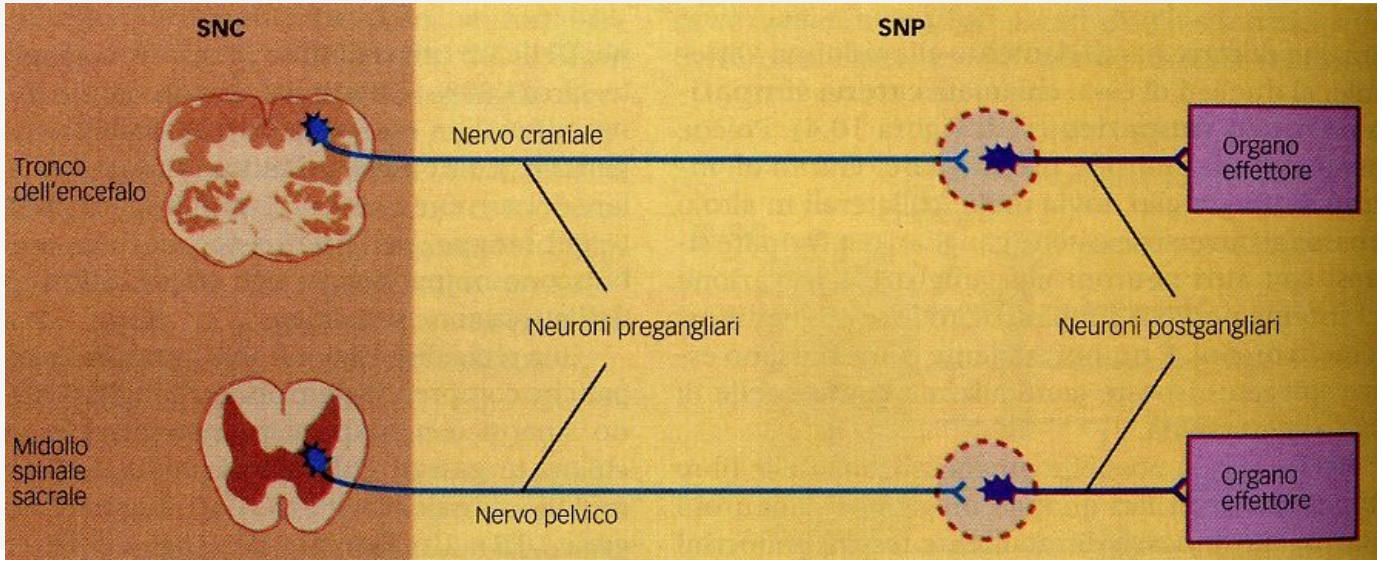


Fig. 10.6 di Germann-Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES, 2003

Origine e bersagli del sistema nervoso autonomo

- **Le fibre simpatiche:** le fibre pre-gangliari colinergiche originano nel midollo toracico e lombare e si connettono a fibre post-gangliari colinergiche (solo ghiandole sudoripare e muscoli lisci dei vasi dei muscoli scheletrici) o noradrenergiche, localizzate nei gangli paravertebrali o nei plessi celiaco e mesenterico. La midollare surrenale è un ganglio simpatico specializzato che riversa nel circolo adrenalina (80%) e noradrenalina con effetti generalizzati
- **Le fibre parasimpatiche:** le fibre pre-gangliari colinergiche originano nei nuclei dei nervi cranici troncoencefalici (III oculomotore, VII facciale, IX glossofaringeo, X vago) o nel midollo sacrale e si connettono a fibre post-gangliari colinergiche localizzate in gangli vicini o dentro l'organo innervato

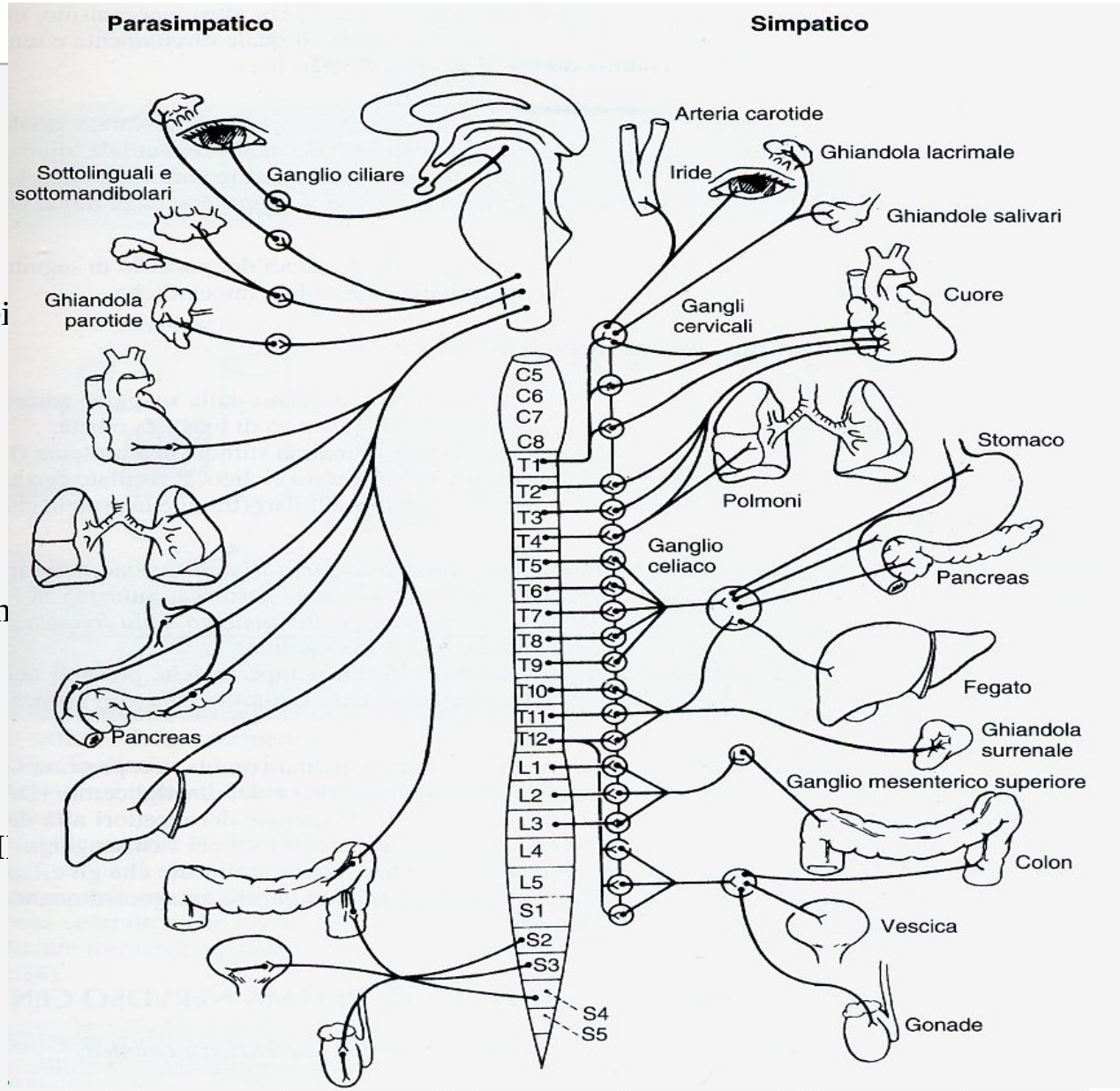


Fig. 1.12 di Eusebi-Gatti, Fisiologia, Masson, 1998

Coordinamento del simpatico e del parasimpatico

- Funzioni del simpatico: induce l'ammiccamento e l'allargamento della pupilla, l'incremento della frequenza cardiaca e della pressione sanguinea, la broncodilatazione, il riempimento della vescica, l'eiaculazione, il blocco della digestione e la mobilitazione di riserve energetiche in situazioni stressanti/emozionanti di interazione sociale, concentrazione, sforzo fisico, freddo, dolore, attacco, difesa, fuga e riproduzione
- Funzioni del parasimpatico (opposte a quelle simpatiche): induce la costrizione della pupilla, la riduzione della frequenza cardiaca e della pressione sanguinea, la broncocostrizione, lo svuotamento della vescica, l'erezione, lo svolgimento della digestione e il deposito di riserve energetiche in situazioni di riposo, recupero e riproduzione
- Un esempio di coordinamento: il riempimento della vescica si basa sul rilasciamento del rivestimento muscolare e sulla contrazione dello sfintere interno (simpatico), mentre lo svuotamento della vescica si basa sulla contrazione del rivestimento muscolare e sul rilascio dello sfintere interno (parasimpatico) ed esterno (volontà su muscolo scheletrico)
- Eccezione al coordinamento: vi è un'esclusiva innervazione simpatica per ghiandole sudoripare, muscolatura liscia dei vasi sanguinei, muscoli piloerettori, cellule epatiche (mobilizzazione di glucosio: gluconeogenesi e gliconeogenesi), cellule adipose (mobilizzazione di grassi: lipolisi) e renali (secrezione di renina per il riassorbimento di acqua e sodio)

La trasmissione nervosa autonoma

- La fibra pre-gangliare
simpatica e parasimpatica riversa acetilcolina sui recettori nicotinici post-sinaptici, collegati a canali ionici (Na+, K+) analogamente ai recettori colinergici della giunzione neuromuscolare

- La fibra post-gangliare
riversa sull'organo bersaglio acetilcolina (recettori muscarinici simpatici e parasimpatici) o noradrenalina (recettori noradrenergici simpatici alfa e beta)

- La proteina G: i recettori post-gangliari sono associati ad una proteina di membrana (G) che amplifica gli effetti fisiologici del neurotrasmettitore

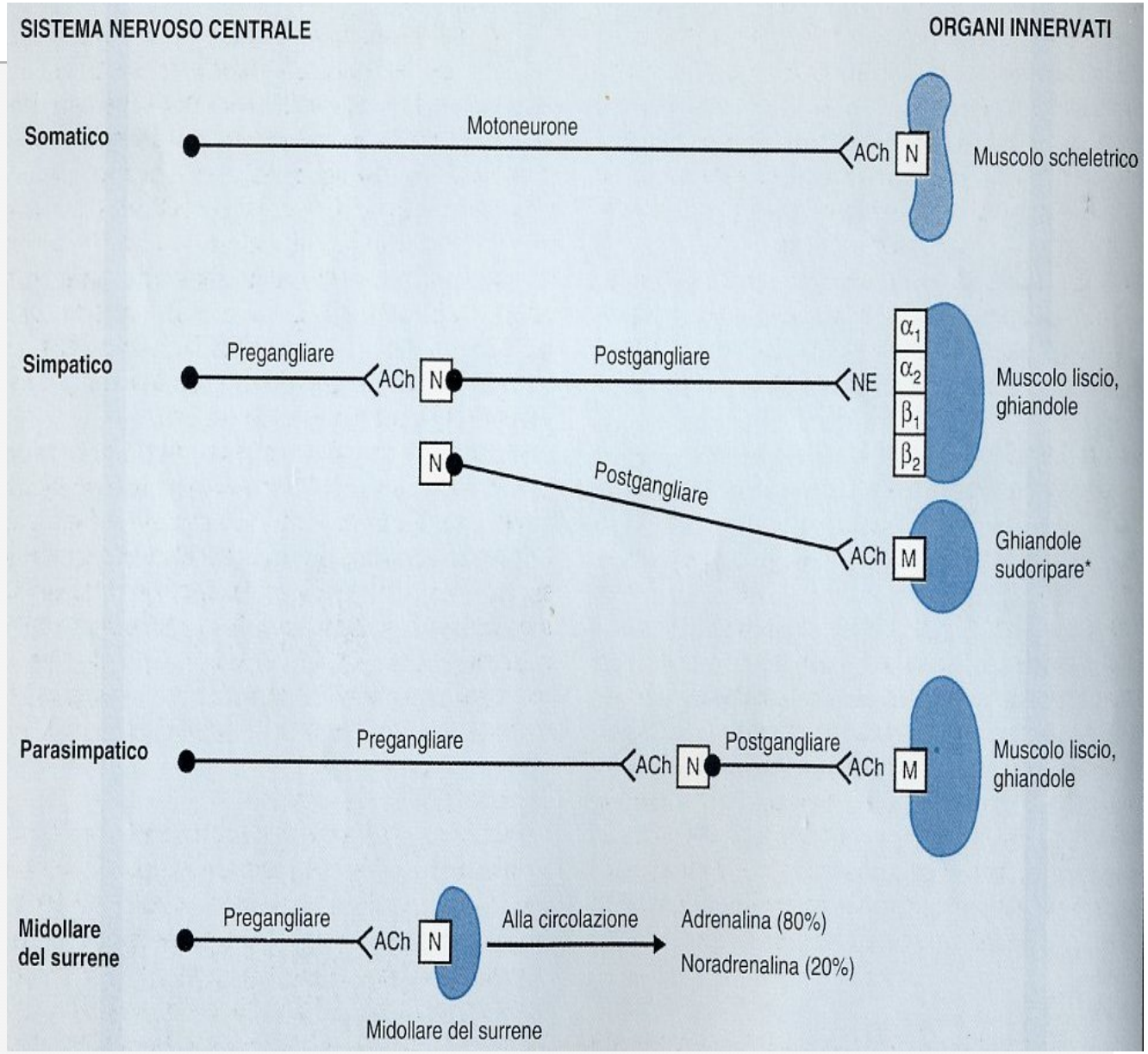


Fig. 2-1 di Costanzo, Fisiologia, EdiSES, 1998

La trasmissione colinergica

- I recettori colinergici muscarinici: attivano tramite la proteina G l'enzima fosfolipasi C, producendo secondi messaggeri (IP3 e DIAG) che mediano gli effetti fisiologici. Alternativamente, la proteina G attiva direttamente canali ionici di membrana (effetto iperpolarizzante dell'apertura del canale K+ sulle cellule del nodo senoatriale del cuore). Gli effetti dei recettori muscarinici sono molto piu' amplificati e generalizzati rispetto a quelli della trasmissione colinergica basata sui recettori nicotinici (collegati direttamente a specifici canali per K+ e Na+)

TABELLA 10.1 RECETTORI COLINERGICI

TIPO DI RECETTORE	MECCANISMO DI TRASDUZIONE DEL SEGNALE	CELLULA BERSAGLIO	EFFETTO SULLA CELLULA BERSAGLIO
Nicotinico	Apertura di canali per il sodio e per il potassio	Cellule postgangliari cellule cromaffini, muscolo scheletrico	Eccitatorio
Muscarinico	Accoppiamento con proteine G apertura o chiusura di specifici canali ionici	Organi effettori parasimpatici	Eccitatorio o inibitorio

Tabella. 10.1 di Germann-Stanfield, Fisiologia umana, EdiSES, 2003

La trasmissione noradrenergica (simpatico post-gangliare)

- I recettori (simpatici) noradrenergici sono 4 (agiscono tramite proteina G). I recettori alfa 1 attivano l'enzima fosfolipasi C producendo secondi messaggeri (IP3 e DIAG) che mediano la contrazione dei muscoli lisci di vasi cutanei e della regione splancnica, di sfinteri gastrointestinali/vescicali, e dell'iride. I recettori beta attivano l'enzima adenilciclasi producendo secondi messaggeri (AMP ciclico) che mediano la contrazione dei muscoli cardiaci (beta 1) e il rilasciamento di muscoli lisci di vasi del muscolo scheletrico, di bronchioli e di pareti gastrointestinali/vescicali (beta 2). I recettori alfa 2 inibiscono l'adenilciclasi riducendo i livelli di AMP ciclico con effetti di rilasciamento della parete gastrointestinale.

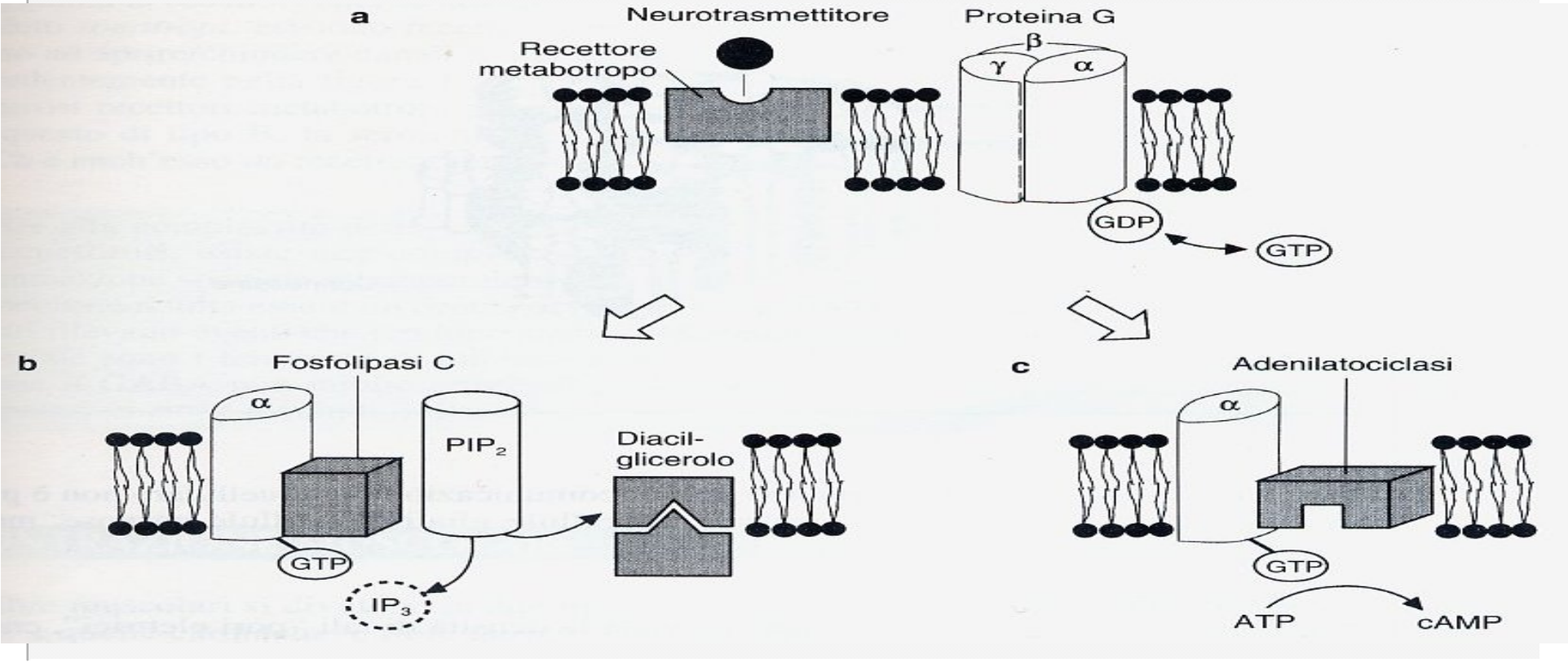


Fig. 1.13 di Eusebi-Gatti, Fisiologia, Masson, 1998

Riepilogo dei recettori del sistema nervoso autonomo

Tabella 2–3. Localizzazione e funzionamento dei recettori nel sistema nervoso autonomo

Recettore	Localizzazione	Funzionamento
Recettori adrenergici		
α_1	Muscolatura liscia vasale, cute e vasi splancnici Sfinteri del tratto gastrointestinale Sfinteri vescicali Muscolo radiale dell'iride	IP_3, ↑ $[Ca^{2+}]$ intracellulare
α_2	Parete del tratto gastrointestinale Neuroni adrenergici presinaptici	Inibizione dell'adenilciclasi, ↓ AMP ciclico
β_1	Cuore Ghiandole salivari Tessuto adiposo Rene	Stimolazione dell'adenilciclasi, ↑ AMP ciclico
β_2	Muscolatura liscia dei vasi del muscolo scheletrico Parete del tratto gastrointestinale Parete della vescica Bronchioli	Stimolazione dell'adenilciclasi, ↑ AMP ciclico
Recettori colinergici		
Nicotinici	Muscolo scheletrico, placca motrice Neuroni postgangliare, SNS e SNP Midollare del surrene	Apertura dei canali per gli ioni Na^+ e K^+ → depolarizzazione
Muscarinici	Tutti gli organi innervati, SNP Ghiandole sudoripare Muscolatura liscia dei vasi del muscolo scheletrico	IP_3, ↑ $[Ca^{2+}]$ intracellulare

AMP, adenosinmonofosfato; SNP, sistema nervoso parasimpatico; SNS, sistema nervoso simpatico.

Tabella 2-3 di Costanzo, Fisiologia, EdiSES, 1998

AUTOVALUTAZIONE

IL SISTEMA NERVOSO AUTONOMO
Regolatori del sistema nervoso autonomo
Struttura del sistema nervoso autonomo
Origine e bersagli delle fibre simpatiche
Origine e bersagli delle fibre parasimpatiche
Funzioni del simpatico parasimpatico
La trasmissione nervosa autonoma: tipi di recettori colinergici e noradrenergici e ruolo della proteina G

www.fisiokinesiterapia.biz