

**Sistema autonomo
(vegetativo)**

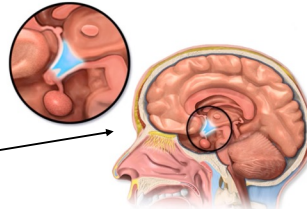
Via efferente simpatica,
parasimpatica e
metasimpatica

E' VEGETATIVO

Regola le funzioni di base corporee atte alla sopravvivenza
Non coinvolge la coscienza
Non coinvolgono la corteccia cerebrale

CENTRO DI CONTROLLO: Ipotalamo

FUNZIONE: Mantenere l'omeostasi dell'intero organismo. Ruolo di controllo delle funzioni vitali dell'organismo.



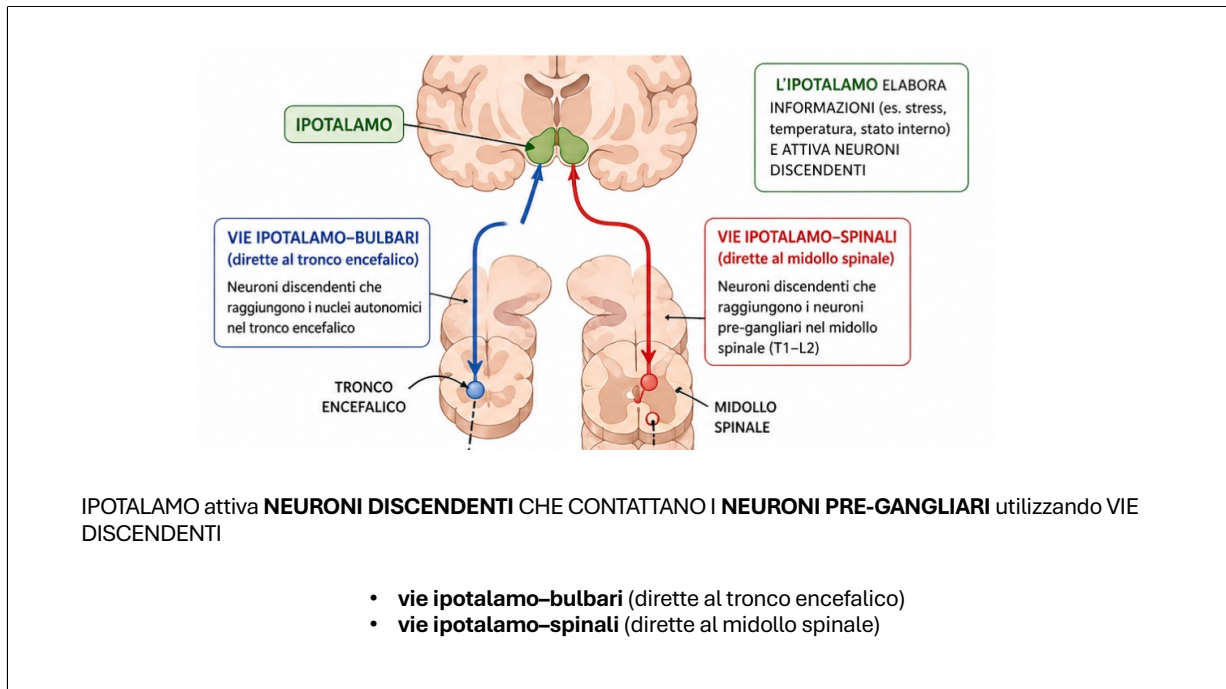
Sistema motorio somatico

circuito va direttamente dalla corteccia all'organo bersaglio

Il sistema autonomo

opera attraverso più livelli

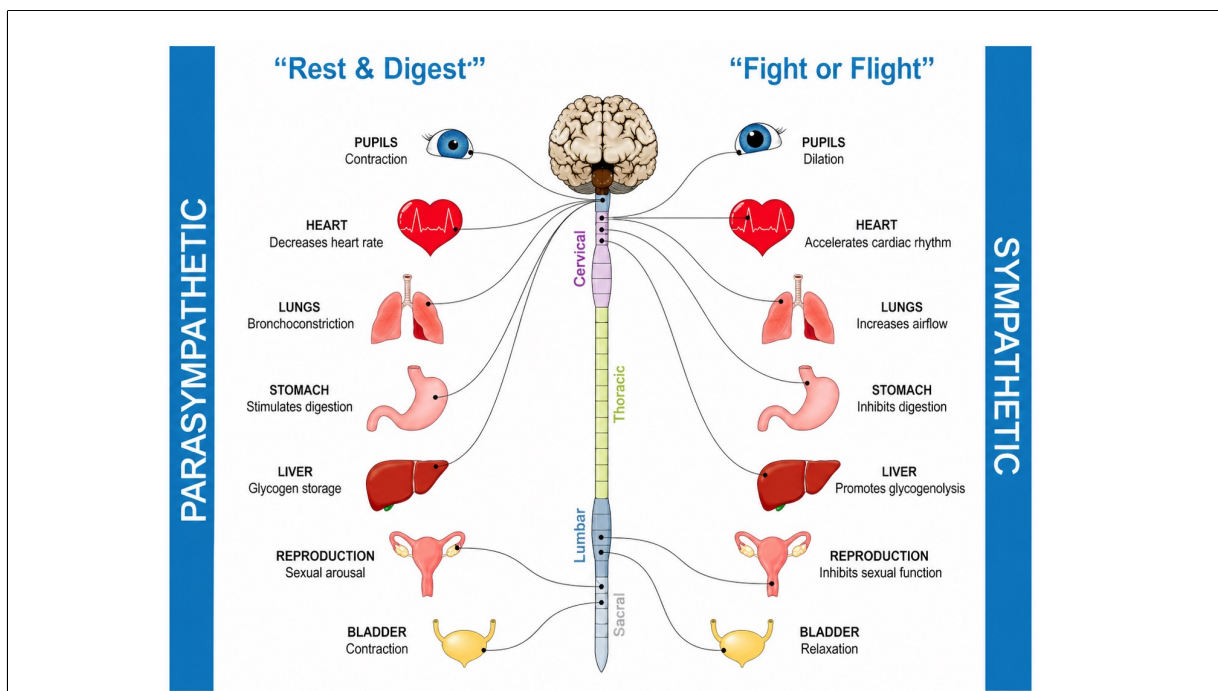
E' formati da **nervi periferici** e **gangli**



L'ipotalamo si trova in una posizione perfetta mediana in cui può prendere contatto con diverse strutture: Encefalo, il tronco dell'encefalo, il sistema limbico fino ad arrivare al midollo spinale.

L'ipotalamo attiva **NEURONI DISCENDENTI** CHE CONTATTANO I **NEURONI PRE-GANGLIARI** utilizzando VIE DISCENDENTI:

- vie ipotalamo-bulbari** (dirette al tronco encefalico)
- vie ipotalamo-spinali** (dirette al midollo spinale)



Il sistema nervoso autonomo è responsabile della regolazione delle funzioni viscerali involontarie e si attiva in risposta a stimoli interni ed esterni, inclusi gli stati emotivi. Un esempio tipico è rappresentato dall'ansia prima di un esame: in questa situazione si osservano modificazioni fisiologiche quali aumento della frequenza cardiaca, sudorazione, secchezza delle fauci e stato di agitazione. Tali risposte sono mediate dall'attivazione del sistema nervoso autonomo. Successivamente, una volta terminato lo stimolo stressante (ad esempio dopo l'esame), si verifica una progressiva normalizzazione delle funzioni fisiologiche, associata a una sensazione di rilassamento. Anche questo processo è regolato dal sistema nervoso autonomo.

Il sistema nervoso autonomo agisce in maniera involontaria e automatica, senza controllo cosciente, ed è organizzato in due componenti principali:

- sistema nervoso simpatico
- sistema nervoso parasimpatico

Entrambi i sistemi innervano gli stessi organi bersaglio (muscolo liscio, muscolo cardiaco e ghiandole), ma esercitano effetti generalmente opposti e complementari.

Il sistema nervoso simpatico è associato alle condizioni di allerta e stress e media la cosiddetta risposta "fight or flight" (combatti o fuggi), che ha un importante significato evolutivo. In presenza di una minaccia, reale o percepita, l'attivazione simpatica determina una serie di adattamenti fisiologici:

- midriasi (dilatazione della pupilla) per aumentare l'ingresso di luce
- inibizione della salivazione
- aumento della frequenza cardiaca e della gittata cardiaca
- bronco-dilatazione e aumento della ventilazione
- inibizione della motilità e delle secrezioni gastrointestinali
- mobilizzazione delle risorse energetiche (glicogeno, lipidi)
- secrezione di adrenalina dalla midollare del surrene

Queste modificazioni preparano l'organismo a una risposta rapida ed efficace a situazioni di emergenza.

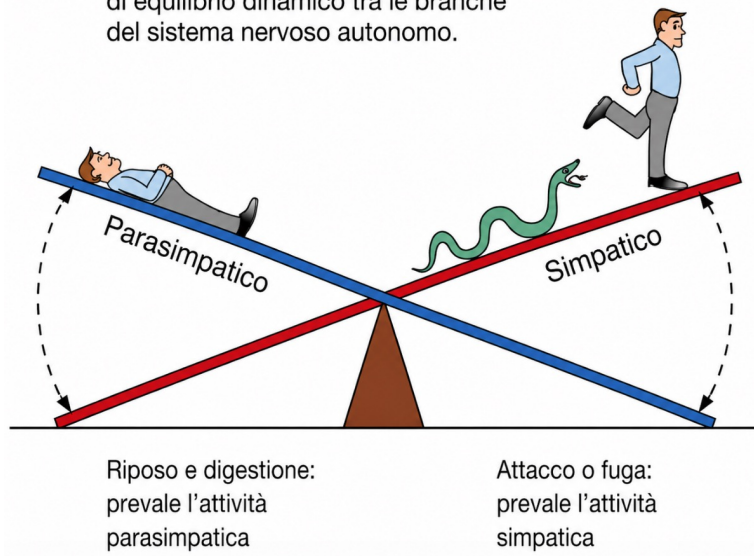
Al contrario, il sistema nervoso parasimpatico è associato a condizioni di riposo e recupero, ed è spesso descritto con l'espressione "rest and digest" (riposo e digestione). Esso promuove:

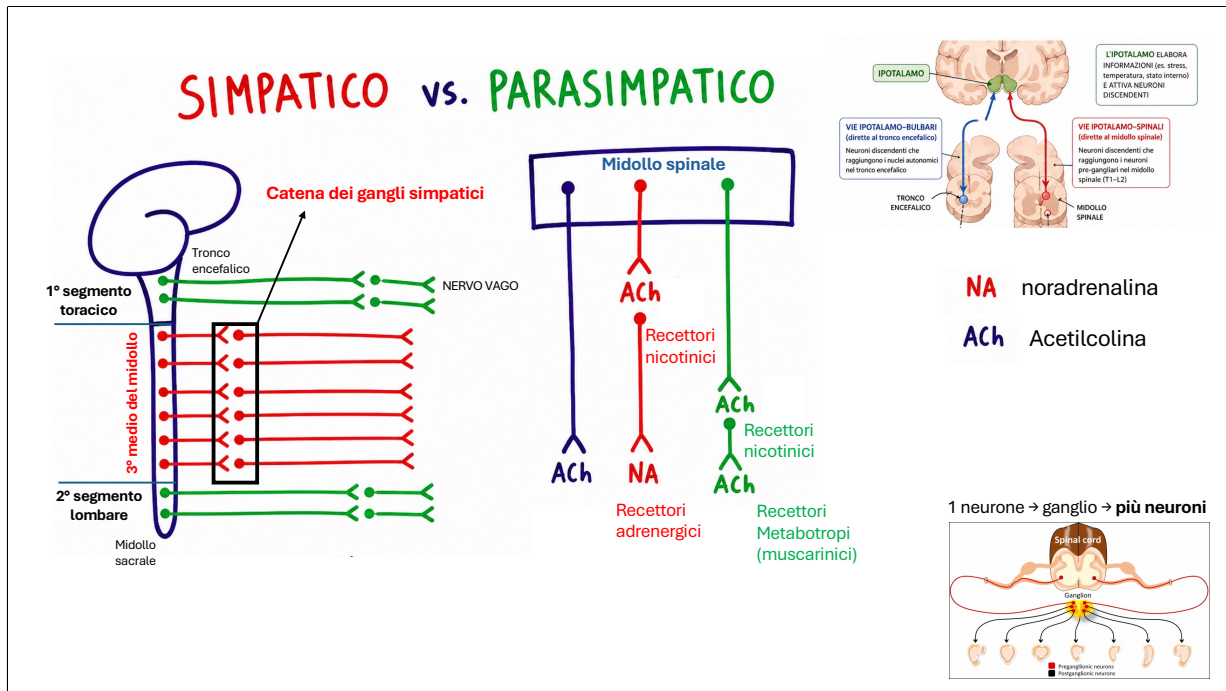
- riduzione della frequenza cardiaca
- aumento della salivazione

stimolazione della digestione e della motilità intestinale
condizioni favorevoli al recupero energetico

Inoltre, il parasimpatico contribuisce al mantenimento dell'omeostasi e, indirettamente, favorisce anche l'attività del sistema immunitario, mentre una prolungata attivazione del sistema simpatico può avere effetti inibitori su quest'ultimo.

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





Il sistema nervoso autonomo è costituito da due componenti principali, il sistema nervoso simpatico e il sistema nervoso parasimpatico, che si distinguono per origine anatomica, organizzazione delle vie nervose e modalità di trasmissione del segnale.

Le fibre del sistema nervoso simpatico originano nella porzione toraco-lombare del midollo spinale, in particolare tra i segmenti T1 e L2. Al contrario, le fibre del sistema nervoso parasimpatico originano a livello del tronco encefalico e del midollo sacrale, nei segmenti S2–S4. Questa organizzazione è definita rispettivamente toraco-lombare per il simpatico e cranio-sacrale per il parasimpatico.

Tra le componenti del sistema parasimpatico, il nervo vago rappresenta una struttura fondamentale, in quanto innerva numerosi organi viscerali, tra cui cuore, polmoni e tratto gastrointestinale. A livello cardiaco, esso esercita un effetto bradicardizzante, contribuendo al mantenimento di una frequenza cardiaca basale ridotta. Alterazioni della sua funzionalità possono determinare tachicardia e disturbi gastrointestinali, come nausea e vomito.

Una differenza fondamentale tra sistema motorio somatico e sistema nervoso autonomo riguarda l'organizzazione delle vie efferenti. Nel sistema motorio somatico, un singolo motoneurone origina dal sistema nervoso centrale e innerva direttamente il muscolo scheletrico.

Nel sistema nervoso autonomo, invece, la via efferente è costituita da una catena di due neuroni: un neurone pregangliare, il cui corpo cellulare è localizzato nel sistema nervoso centrale, e un neurone postgangliare, il cui corpo cellulare è situato in un ganglio periferico. Il neurone pregangliare stabilisce una sinapsi nel ganglio con uno o più neuroni postgangliari, determinando un fenomeno di divergenza che consente l'amplificazione del segnale e la distribuzione della risposta a più organi bersaglio.

Le due componenti del sistema autonomo differiscono anche per la lunghezza delle fibre e la localizzazione dei gangli. Nel sistema simpatico, i neuroni pregangliari sono relativamente corti e fanno sinapsi in gangli localizzati in prossimità del midollo spinale, organizzati nella catena paravertebrale. Nel sistema parasimpatico, invece, i neuroni pregangliari sono più lunghi e raggiungono gangli situati vicino o all'interno degli organi bersaglio.

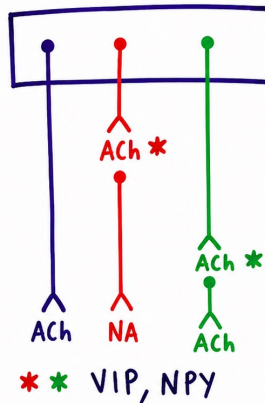
Dal punto di vista della trasmissione chimica, sia nel sistema simpatico sia in quello parasimpatico, il neurone

pregangliare rilascia acetilcolina, che agisce su recettori nicotinici presenti sul neurone postgangliare. A livello della sinapsi effettoria, tuttavia, si osservano differenze: i neuroni postgangliari del sistema simpatico rilasciano prevalentemente noradrenalina, che agisce su recettori adrenergici degli organi bersaglio, mentre i neuroni postgangliari del sistema parasimpatico rilasciano acetilcolina, che si lega a recettori muscarinici di tipo metabotropico.

Dal punto di vista morfologico, i neuroni coinvolti nelle vie discendenti, così come i neuroni pregangliari e postgangliari, sono neuroni multipolari. I neuroni discendenti e pregangliari possiedono assoni mielinizzati, che consentono una conduzione più rapida del segnale, mentre i neuroni postgangliari sono generalmente amielinici e presentano una conduzione più lenta.

Nel complesso, questa organizzazione consente al sistema nervoso autonomo di esercitare un controllo fine, modulato e diffuso sulle funzioni viscerali, contribuendo al mantenimento dell'omeostasi dell'organismo.

Peptidi co-trasmittitori ed amplificatori del segnale



VIP (peptide intestinale vasoattivo)

Serve a:

rilassare (muscoli lisci, vasi)

aumentare secrezioni (ghiandole)

In pratica:

rende la risposta **più “fluida” e più intensa**

tipico del **parasimpatico**

NPY (neuropeptide Y)

Serve a:

rafforzare la risposta del simpatico

aiutare a **risparmiare energia**

spesso → **vasocostrizione**

In pratica:

rende la risposta **più forte e duratura**

tipico del **simpatico**

Per potenziare gli effetti dell'acetilcolina il neurone pre-gangliare (in simpatico e parasimpatico) rilascia anche alcuni peptidi, quali:

Peptide intestinale vasoattivo (VIP; tipico del parasimpatico)

Neuro peptide y (NPY; tipico del simpatico)

Possiamo definirli come dei co-trasmittitori che modulano e potenziano l'azione dei neurotrasmettitori principali nel sistema nervoso autonomo.

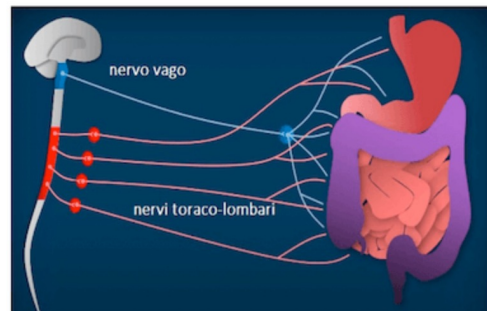
Sistema autonomo Enterico *Metasimpatico*

Esso è rappresentato dai **gangli vegetativi** localizzati all'interno nel tratto digerente (esofago, stomaco e intestino).

Esso governa, dirige, le funzioni principali dell'apparato digerente.

Caratteristiche:

1. Indipendente dal SNC
2. Collegato al SNC in maniera non diretta attraverso
 - il **parasimpatico** che usa il **nervo vago**
 - Il **simpatico** che usa i nervi **toraco-lombari**



Oltre al simpatico ed al parasimpatico c'è anche il sistema enterico definito come sistema metasimpatico. Rappresentato dai gangli vegetativi localizzati nel tratto digerente. Esso governa, dirige, le funzioni principali dell'apparato digerente.

Tale sistema risulta svincolato in parte dal sistema nervoso centrale (SNC). Infatti secondo alcuni autori questo è possibile perché i gangli vegetativi, che sono localizzati dentro le pareti dell'intestino, presentano una genesi antecedente alla formazione delle fibre del sistema nervoso centrale stesso. Prima che le fibre del SNC li raggiungano, essi saranno già formati. La teoria di tali autori è stata formulata per il semplice fatto che durante la macellazione di animali, dopo la morte, la **peristalsi intestinale** rimaneva attiva anche per diverse ore post-mortem. Ad ogni modo, il sistema nervoso enterico o metasimpatico risulta comunque collegato al SNC, seppure in maniera non diretta, attraverso il sistema nervoso parasimpatico di cui il nervo vago ne risulta il reale collegamento, e attraverso il sistema nervoso **simpatico** tramite i nervi **toraco-lombari** che gestiscono l'azione vasomotoria.

Organizzazione in plessi

Due plessi:

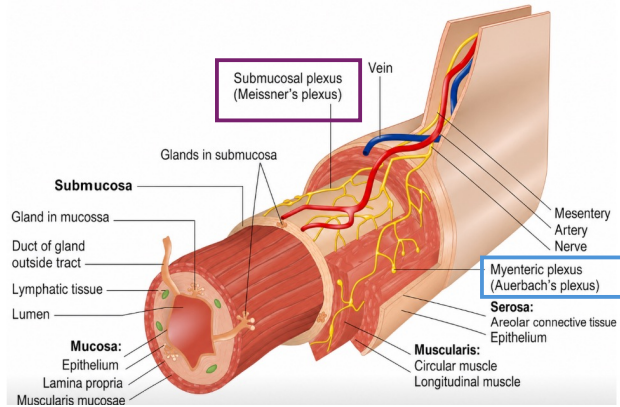
Plesso sottomucoso di MEISSNER (gestisce funzioni secretorie delle ghiandole intestinali)

Plesso mioenterico di AUERBACH (gestisce funzioni motorie intestinali)

Tali plessi gestiscono funzioni differenti che si intersecano fra di loro al fine di garantire una corretta **peristalsi** e **funzione intestinale**.

Essi formano un complesso neuronale composto da differenti neuroni con funzioni differenti:

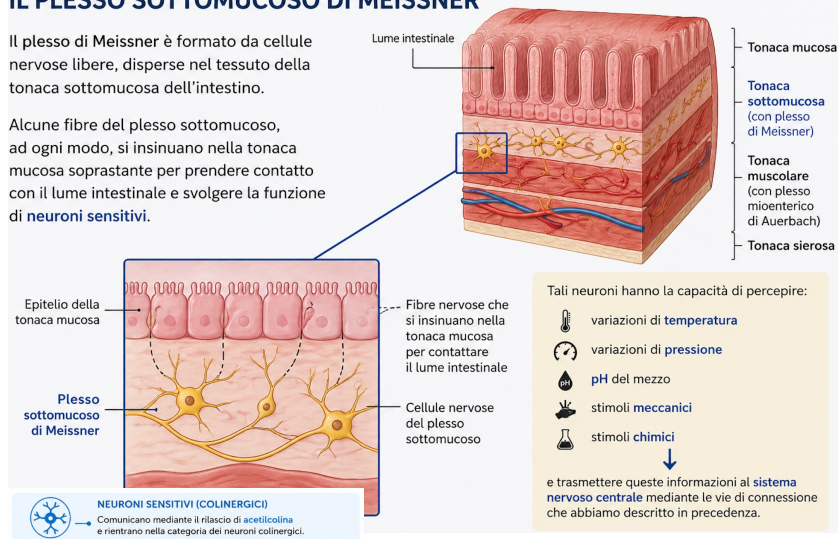
- Motoneuroni
- Neuroni vasomotori
- Neuroni con funzione secretoria
- Neuroni con funzione sensitiva



IL PLESSO SOTTOMUCOSO DI MEISSNER

Il plesso di Meissner è formato da cellule nervose libere, disperse nel tessuto della tonaca sottomucosa dell'intestino.

Alcune fibre del plesso sottomucoso, ad ogni modo, si insinuano nella tonaca mucosa soprastante per prendere contatto con il lume intestinale e svolgere la funzione di **neuroni sensitivi**.



NEURONI SENSITIVI (COLINERGICI)
Comunicano mediante il rilascio di **acetilcolina** e rientrano nella categoria dei neuroni colinergici.

Responsabili del dolore viscerale

Tali neuroni hanno la capacità di percepire:

- 🌡️ variazioni di **temperatura**
- 📉 variazioni di **pressione**
- 🧪 pH del mezzo
- 👉 stimoli **meccanici**
- 🧪 stimoli **chimici**

e trasmettere queste informazioni al **sistema nervoso centrale** mediante le vie di connessione che abbiamo descritto in precedenza.

Gli altri neuroni del plesso:

MOTONEURONI INIBITORI (ADRENERGICI)
Sono neuroni adrenergici e utilizzano come neurotrasmettitore la **noradrenalina**.

NEURONI SEROTONINERGICI
Comunicano mediante il rilascio di **serotonina** e hanno la funzione di stimolare la secrezione ghiandolare e di agire sulla capacità di contrazione della muscolatura intestinale, stimolandola o inibendola in base alla zona nella quale agiscono.

Curiosità:

Che tipo di segnali attivano i neuroni sensitivi nell'intestino?

- Il più importante è lo **stiramento**: quando l'intestino è troppo pieno, quando c'è presenza di gas o in caso di occlusione. Questo è lo **stimolo principale del dolore viscerale**.

- Un altro stimolo è la **pressione**, per esempio quando aumenta la pressione interna o quando le contrazioni sono troppo forti.

- Ci sono poi gli **stimoli chimici**, come quelli dovuti a infiammazione, sostanze irritanti o mediatori infiammatori.

- Infine, anche l'**ischemia**, cioè la riduzione del flusso di sangue e quindi di ossigeno all'intestino, può attivare questi neuroni e causare un dolore spesso intenso.

IL PLESSO DI AUERBACH (PLESSO MIOENTERICO)

I neuroni sono raggruppati in microgangli avvolti da un rivestimento di cellule dette **cellule satelliti**.

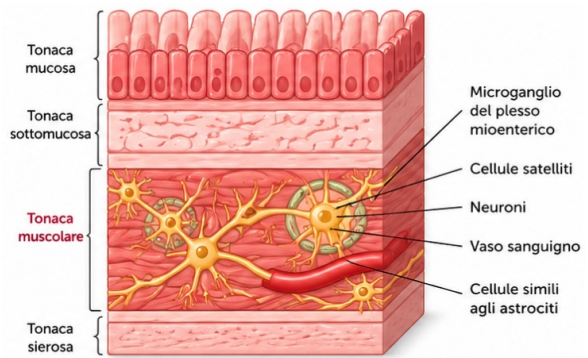
All'interno di questi microgangli troviamo i neuroni associati a vasi sanguigni e a cellule che ricordano, per struttura e funzione, gli **astrociti** del SNC.

Funzione degli astrociti:
filtrare il materiale nutritivo destinato ai neuroni
rendere più agevole il passaggio dell'impulso nervoso

- formano una protezione che prende il nome di **barriera emato-mioenterica**

Tipi di neuroni

- Neuroni **colinergici**: non hanno funzione sensitiva ma **stimolano la contrazione** della muscolatura.
 - Neuroni **adrenergici**: **inibiscono** la contrazione motoria (come nel plesso di Meissner).
 - Neuroni **serotoninergici**: si comportano come nel plesso sottomucoso.
- Si aggiungono altre due tipologie di neuroni:
- Neuroni **purinergici**: utilizzano **ATP** come neurotrasmettitore.
 - Neuroni **peptidergici**: utilizzano **peptidi** ad azione neurostimolante.



Nota:

In maniera analoga alla barriera emato-encefalica, che protegge i neuroni del sistema nervoso centrale selezionando il materiale che dal circolo sanguigno entra in contatto con le cellule nervose, questi elementi simili agli astrociti formano una protezione che prende il nome di barriera emato-mioenterica.

Accenni al Sistema Limbico

*Il nostro corpo ha un **sistema automatico** che mantiene sempre attive le funzioni vitali (battito cardiaco e la respirazione)*

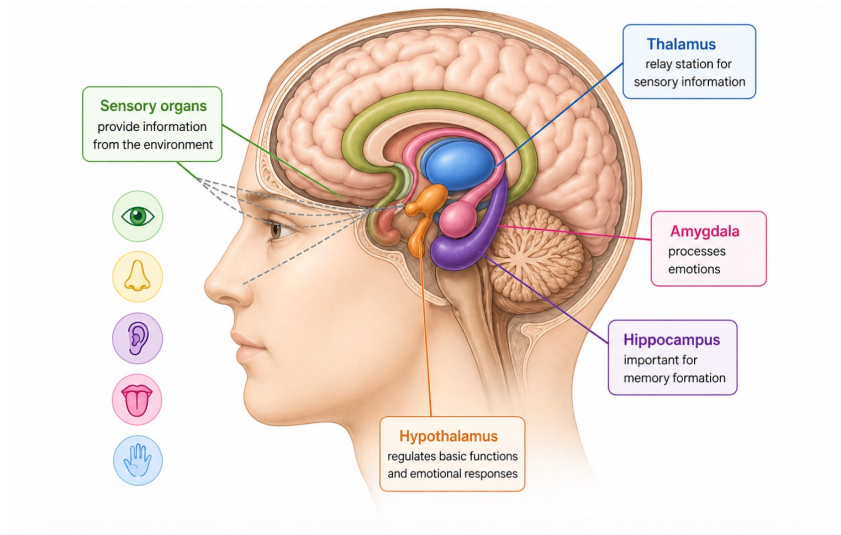
- questo è il sistema nervoso autonomo (ipotalamo)

*A questo si aggiunge il **sistema limbico**, che è il sistema delle emozioni. Quando proviamo emozioni come paura o stress, il sistema limbico attiva l'ipotalamo, che modifica l'attività del sistema autonomo.*

IL SISTEMA AUTONOMO MANTIENE L'EQUILIBRIO DI BASE

IL SISTEMA LIMBICO MODULA L'EQUILIBRIO IN BASE ALLE EMOZIONI

Accenni al Sistema Limbico



Il sistema limbico è il sistema coinvolto quando proviamo emozioni e diventa attivo nella nostra vita emotiva. La parola limbico si riferisce a tutte le strutture cerebrali coinvolte nelle emozioni. Per questo motivo, è anche chiamato cervello emotivo. Include sia strutture corticali sia sottocorticali, come:

organi di senso
talamo
amigdala
ippocampo
ipotalamo

Accenni al Sistema Limbico



Stimolo al talamo

↓

Amigdala → emozione

↓

Ippocampo → memoria associata

↓

Ipotalamo → risposta corporea (ormoni + corpo)

Uno stimolo viene percepito dai sensi e inviato al cervello, in particolare al talamo. Da qui l'informazione raggiunge l'amigdala, che valuta rapidamente il significato emotivo dello stimolo.

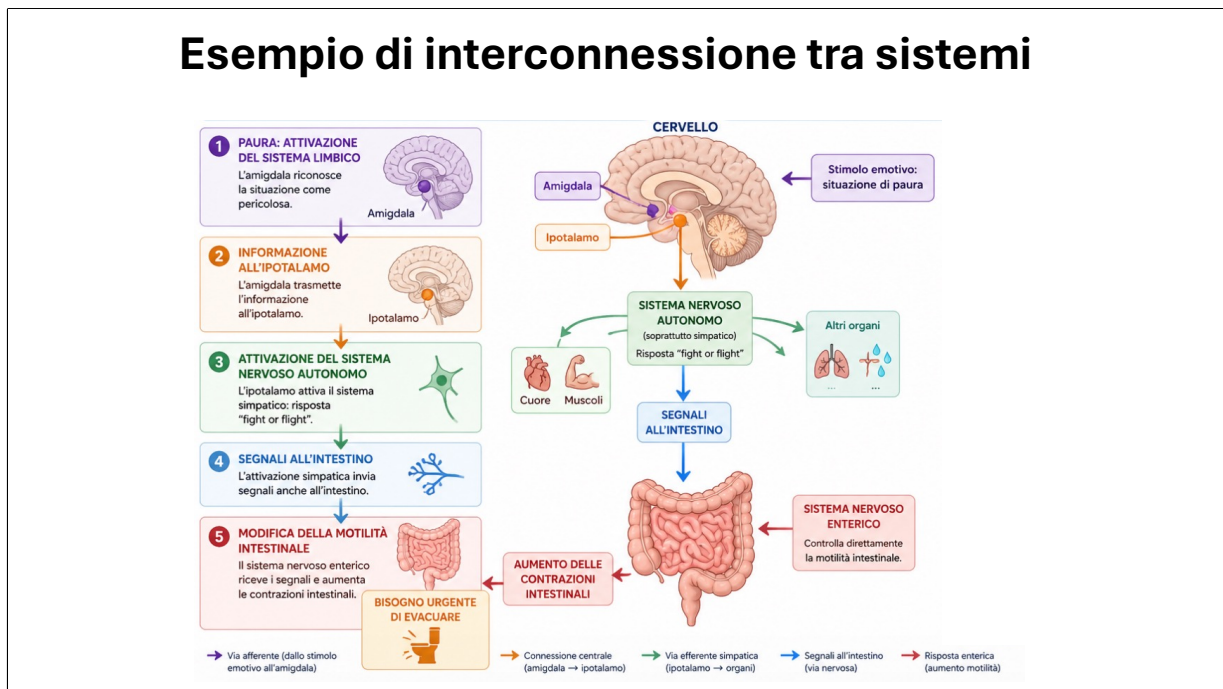
Se lo stimolo è rilevante, l'amigdala attiva l'ipotalamo, che produce una risposta corporea tramite il sistema nervoso autonomo e gli ormoni.

Contemporaneamente, l'ippocampo collega lo stimolo alla memoria, mentre la corteccia prefrontale elabora in modo più razionale l'esperienza.

L'unico organo di senso che è filogeneticamente ed evolutivamente collegato al sistema limbico senza passare per il talamo è l'olfatto; infatti il sistema limbico si è proprio venuto a creare in associazione con quello olfattivo.

Credo vi sia capitato di sentire un profumo o un odore particolare che vi ha provocato un determinato ricordo e una determinata emozione positiva o negativa. Questo è perché questi due sistemi viaggiano all'unisono in tutti i mammiferi, anche in quelli meno evoluti dove il sistema olfattivo gioca un ruolo estremamente importante nel meccanismo di attacco difesa.

Esempio di interconnessione tra sistemi



Finora abbiamo analizzato separatamente le **vie afferenti**, le **vie efferenti** e le diverse componenti del sistema nervoso. Tuttavia, nell'organismo questi sistemi non operano in maniera isolata, ma sono strettamente integrati e funzionano in modo continuo e coordinato.

Per comprendere questa integrazione, è utile considerare un esempio comune: la risposta fisiologica associata alla paura, come l'urgenza improvvisa di evacuare.

Quando un individuo percepisce una situazione come minacciosa, l'informazione viene inizialmente elaborata a livello corticale, in particolare nella **corteccia prefrontale**, coinvolta nei processi cognitivi e decisionali. L'attività neuronale in queste aree genera potenziali d'azione che, attraverso proiezioni cortico- limbiche, raggiungono l'Amigdala.

L'amigdala svolge un ruolo chiave nel riconoscimento degli stimoli emotivamente rilevanti, in particolare quelli associati alla paura, e trasmette tali informazioni all'Ipotalamo.

L'ipotalamo, a sua volta, attiva le vie efferenti del **sistema nervoso autonomo**, con prevalente coinvolgimento della componente simpatica, responsabile della risposta di tipo **"fight or flight"**.

Questa attivazione non si limita agli apparati cardiovascolare e muscolare, ma coinvolge anche il tratto gastrointestinale.

Il Sistema nervoso enterico, che regola localmente la funzione intestinale, riceve input dal sistema nervoso autonomo e modula la **motilità intestinale**.

In condizioni di stress o paura, tali segnali possono determinare un aumento della peristalsi e delle contrazioni intestinali, con conseguente sensazione di urgenza evacuativa.

Pertanto, manifestazioni come la sensazione di "stomaco sottosopra" o il bisogno improvviso di andare in bagno rappresentano il risultato dell'integrazione funzionale tra **sistema limbico**, **sistema nervoso autonomo** e **sistema nervoso enterico**.