



Il sistema linfatico

a cura di Antonio Incandela

Il **s. linfatico** è il sistema responsabile, grazie ai suoi organi, dell'immunità acquisita, svolgendo, in tal modo, una fondamentale funzione omeostatica, ma risulta impegnato anche a:

- asportare l'eccesso di liquido interstiziale dai tessuti che, attraverso la linfa, viene immesso nel sangue
- trasportare i lipidi e le vitamine liposolubili (A,D,E, K) introdotti con l'alimentazione e assorbiti a livello intestinale dai vasi linfatici affinché vengano veicolati nel sangue

Esso risulta costituito da:

- ❖ **vasi linfatici** che formano una rete entro cui scorre la linfa
- ❖ **organi linfoidi primari** quali il timo e il midollo osseo
- ❖ **organi linfoidi secondari** quali la milza, i linfonodi, i MALT (Tessuti Linforeticolari Associati alle Mucose) che comprendono, ad es., tonsille e placche di Peyer intestinali

Il significato di immunità

L'**immunità** è la condizione, innata o acquisita, in base alla quale un organismo risulta in grado di neutralizzare tutto ciò che gli è estraneo, utilizzando le proprie difese chimiche e fisiche.

Si distinguono due tipi di immunità

- ❖ **immunità innata** o aspecifica che è riferita alle difese presenti fin dalla nascita, in grado di fornire risposte rapide senza il riconoscimento specifico dei patogeni.
Essa presenta 2 « linee di difesa »
 - **Prima linea di difesa:** barriere anatomiche come pelle e mucose
 - **Seconda linea di difesa:** cellule NK e fagociti, infiammazione, febbre e sostanze antimicrobiche quali, ad es., il lisozima

- ❖ **immunità acquisita** o adattativa o specifica che si riferisce alle difese che prevedono il riconoscimento specifico di un patogeno che ha superato le difese dell'immunità innata.
È lenta nella risposta e possiede "memoria".



I vasi linfatici

I **vasi linfatici** formano un sistema aperto e a senso unico (unidirezionale) che parte dai capillari linfatici, i quali raccolgono l'eccesso di liquido interstiziale e lo convogliano al sistema cardiovascolare alla confluenza giugulo-succlavia

Si distinguono:

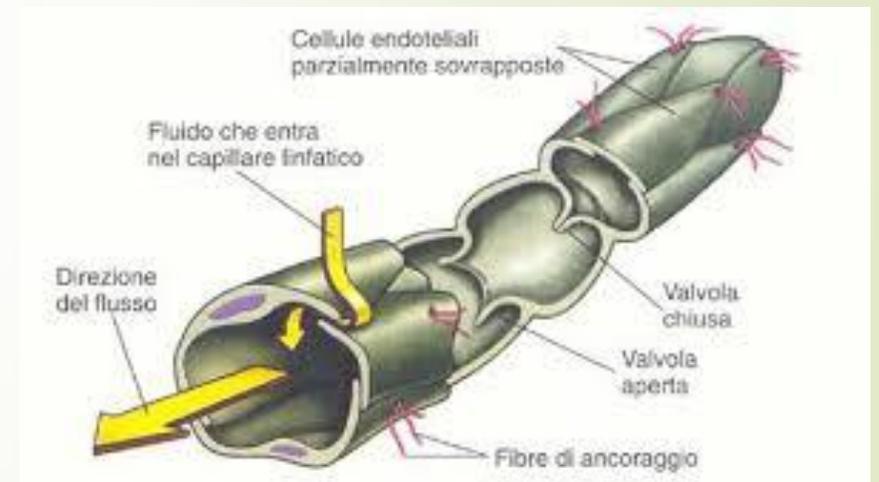
capillari linfatici : piccoli vasi a fondo cieco, posti negli spazi tra le cellule e presenti in tutto il corpo **tranne che nel**

sistema nervoso centrale, nel midollo osseo rosso e nei tessuti privi di capillari sanguigni

Essi presentano pareti dotate di cellule endoteliali non congiunte, ma in parte sovrapposte alle estremità, che permettono l'entrata del liquido interstiziale, ma impediscono l'uscita della linfa

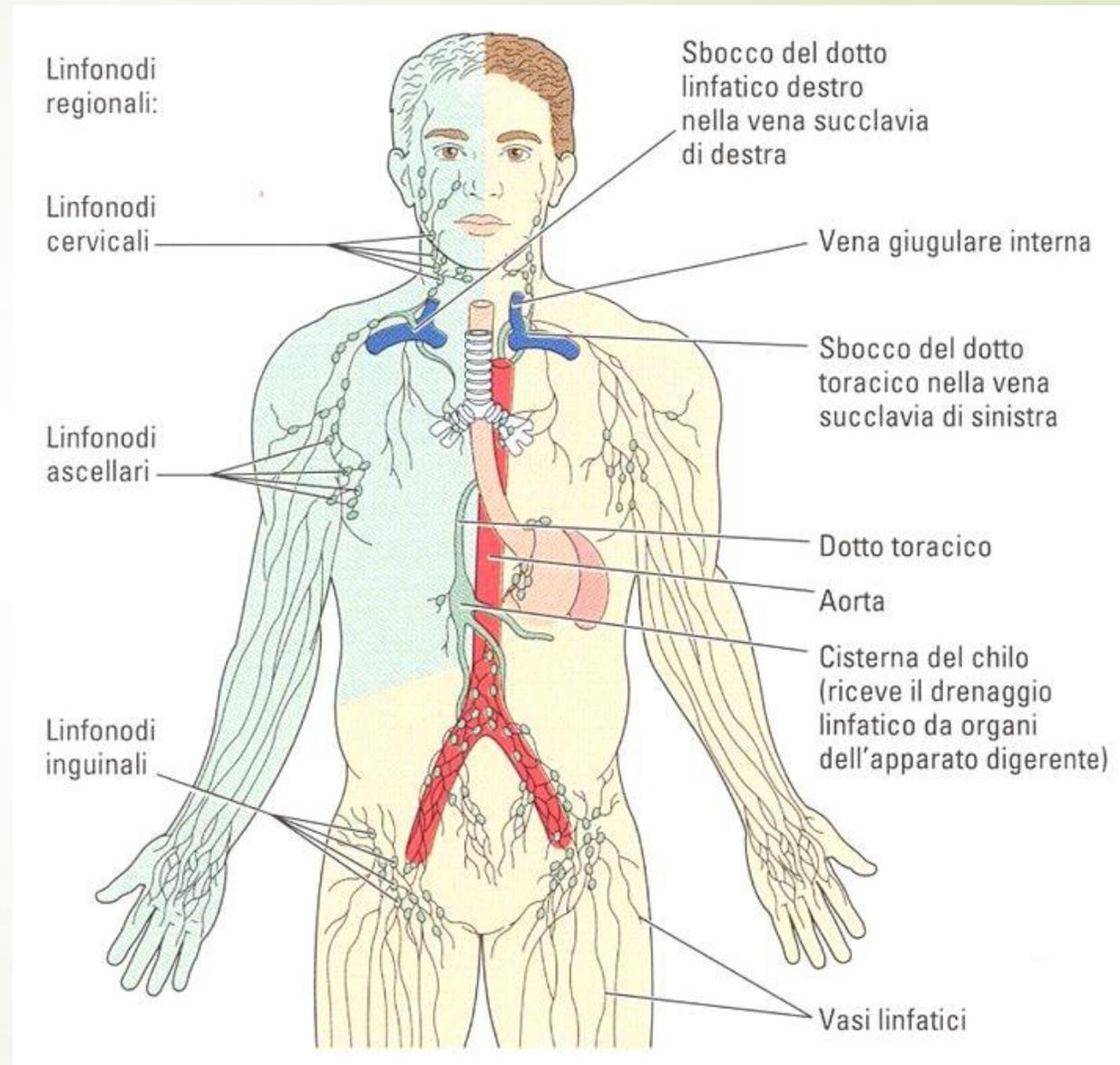
Tali vasi trasportano la linfa, che contiene acqua, lipoproteine, ioni, gas, proteine del liquido interstiziale, e gli anticorpi prodotti dai linfociti

vasi linfatici: vasi di calibro maggiore, con struttura simile alle vene, ma con pareti più spesse e **valvole a nido di rondine** più numerose.





- Si hanno due vasi principali:
- ❖ **il dotto toracico** (dotto linfatico sinistro) che riceve la linfa drenata dalla parte inferiore del corpo, dal lato sinistro di collo, testa e torace, dal braccio sinistro e che sbocca nella convergenza tra le **vene giugulare interna** e **succlavia di sinistra**
 - ❖ **il dotto linfatico destro**, più piccolo che drena la linfa proveniente dal lato destro del collo e della testa, dal braccio destro e da parti del torace destro e che sbocca all'unione tra la **vena succlavia destra** e la **vena giugulare interna di destra**

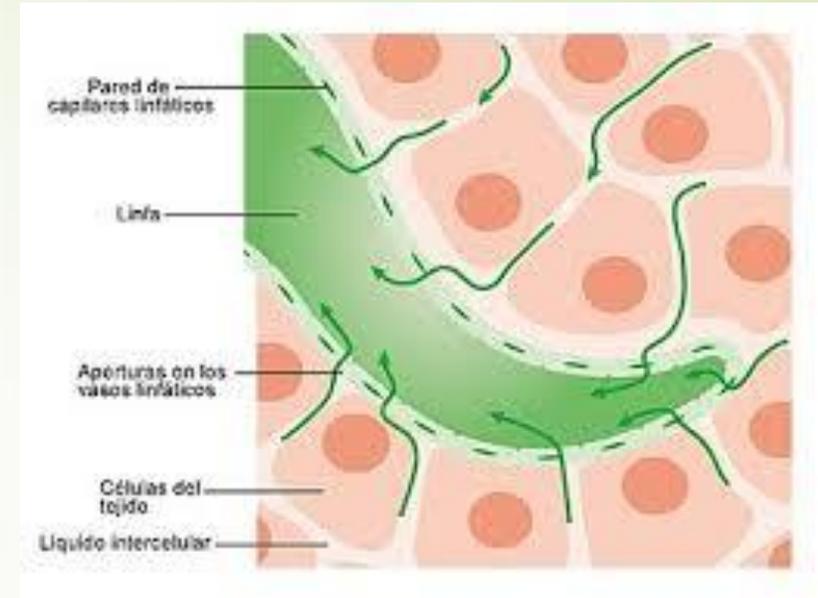


La **linfa** è un liquido a reazione debolmente alcalina, che circola nel sistema dei vasi linfatici.

Essa è costituita essenzialmente da acqua, proteine, elettroliti, grassi, e da elementi figurati, soprattutto linfociti; a causa del suo contenuto in fibrinogeno, coagula se viene estratta dai vasi linfatici.

Normalmente è un liquido trasparente o leggermente giallognolo (emolinf), ma la sua composizione può variare a seconda del distretto di provenienza: es. la linfa che circola nei vasi linfatici del tubo intestinale si chiama **chilo**, ed è ricca in chilomicroni, goccioline di grasso finemente sospese.

La linfa si forma quando il liquido interstiziale (il liquido che si trova negli interstizi di tutti i tessuti del corpo) viene raccolto attraverso capillari linfatici.



In **condizioni fisiologiche**

- liquido interstiziale che si forma sul versante arterioso: circa 24 l al giorno
- liquido interstiziale che viene assorbito a livello della parte venosa: circa 22 l al giorno
- liquido interstiziale residuo: **1,5-2 l** al giorno che viene a formare la linfa

Il movimento della linfa all'interno dei vasi

Il movimento della linfa nel sistema linfatico è dovuto in parte all'attività della muscolatura liscia presente nelle pareti dei vasi linfatici, in parte ad altri fattori quali la contrazione dei muscoli scheletrici, la pulsazione dei vasi sanguigni che accompagnano i vasi linfatici, i movimenti respiratori.

La **contrazione dei muscoli scheletrici** comprime i vasi linfatici e spinge la linfa verso le vene succlavie.

Quando tale azione viene meno, per esempio a causa dell'eccessiva immobilità, la linfa tende a ristagnare accumulandosi nei tessuti (**edema**)



Linfedema arti inferiori

I **movimenti respiratori** mantengono il flusso linfatico grazie alle variazioni di pressione associate alla ventilazione.

Durante l'**inspirazione** la linfa fluisce dall'addome (pressione maggiore) verso il torace (pressione minore)

Durante l'**espirazione** la pressione si inverte, ma le valvole impediscono il reflusso della linfa

Il timo è un organo situato nel mediastino anteriore e, per una piccola parte, nel collo.

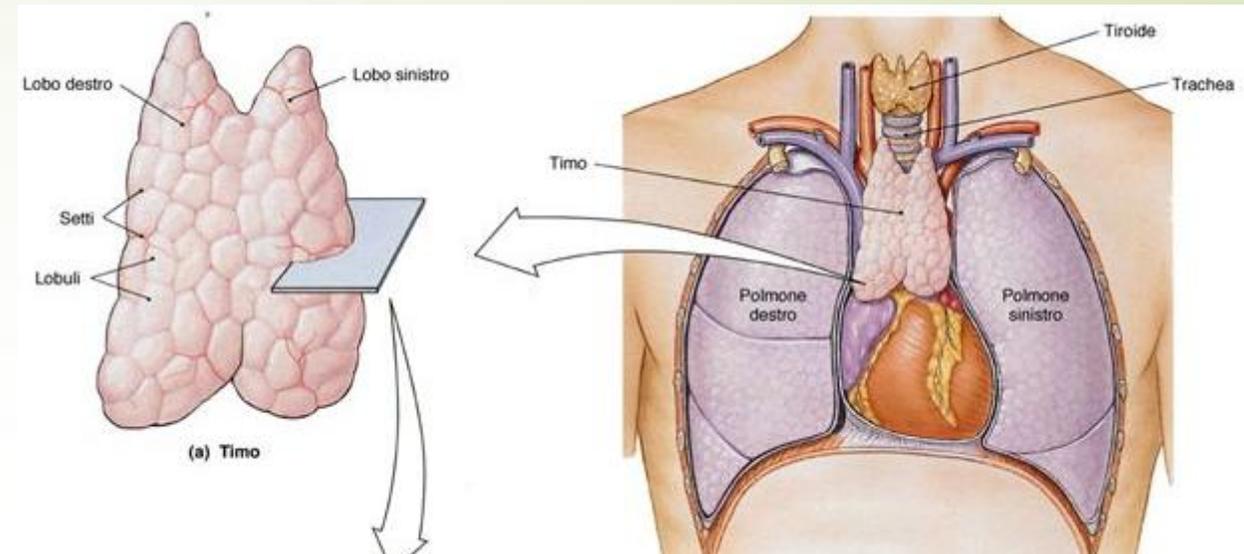
Dal momento della nascita, il timo va incontro a una progressiva involuzione e una conseguente infiltrazione di tessuto adiposo.

Una quota di parenchima timico rimane, comunque, funzionale anche nell'adulto producendo l'ormone **timosina** che stimola il sistema immunitario

- ❑ la **capsula** di tessuto connettivo fibroso
- ❑ la **corticale**, scura per la presenza di un grande numero di linfociti T che, pervenuti dal midollo osseo, qui si moltiplicano e maturano e di macrofagi che hanno il compito di ripulire i resti delle cellule morte o danneggiate
- ❑ la **midollare** dove i linfociti T maturi si concentrano prima di raggiungere, veicolati dal sangue, la milza e i linfonodi

Soltanto il 2% dei linfociti T che giungono nel timo pervengono a maturazione, gli altri muoiono per **apoptosi**

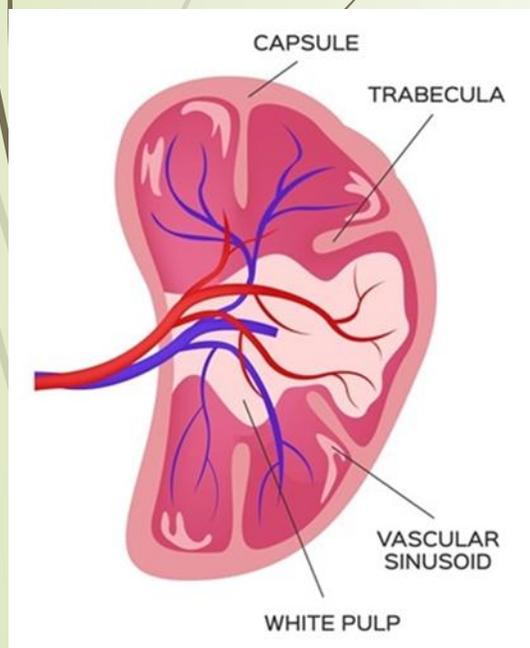
Al contrario della necrosi, che è una forma di morte cellulare risultante da uno stress o trauma cellulare, l'**apoptosi** è portata avanti in modo ordinato e regolato, richiede consumo di energia (ATP) e generalmente porta a un vantaggio durante il ciclo vitale dell'organismo, contribuendo al mantenimento del numero di cellule di un sistema



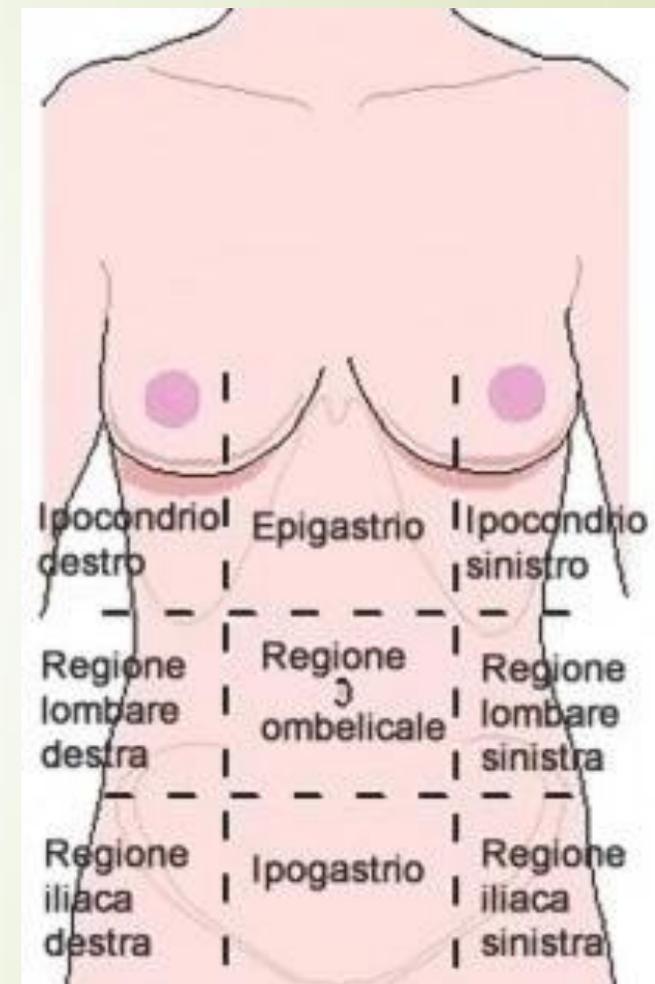
Il Timo ha una struttura composta da tre strati:

La **milza** è l'organo linfoide secondario più grande del sistema linfatico umano; è un organo impari, posizionato nell'**ipocondrio sinistro**.

Si presenta ricoperta da una capsula di connettivo denso e, in sezione trasversale, rivela due tipi di tessuto: la **polpa rossa** e la **polpa bianca**



- ❖ la **polpa rossa** è ricca di seni venosi ripieni di sangue e, grazie ai **macrofagi** in essa presenti, rimuove le piastrine e gli eritrociti invecchiati
- ❖ la **polpa bianca** appare composta di noduli (corpuscoli di Malpighi ricchi di **linfociti B** e di **linfociti T**) e **macrofagi**, intervenendo, in tal modo, a combattere le infezioni



La milza presenta molteplici funzioni:

- **immunitaria acquisita:** essa ospita nella sua polpa bianca sia linfociti T che centri germinativi contenenti soprattutto linfociti B. Grazie al suo collegamento diretto con i vasi sanguigni, è l'unico organo in grado di contrastare direttamente le infezioni ematiche, soprattutto quelle di batteri incapsulati come *Haemophilus influenzae* e *Streptococcus pneumoniae*.

Essa è stata paragonata ad un "grande linfonodo", con la fondamentale differenza che sia i patogeni che i linfociti entrano ed escono per mezzo di vasi sanguigni e non dei vasi linfatici.

-**emocateretica:** essa ospita nella sua polpa rossa macrofagi che degradano eritrociti e le piastrine "invecchiati"

-**marziale:** essa degrada i componenti dell'eme presenti nell'emoglobina

-**riserva:** essa è in grado di immagazzinare una notevole quantità di monociti, di piastrine e una notevole quantità di sangue venoso

-**emopoietica:** questa funzione è esclusiva della vita embrionale, dove la milza costituisce un organo temporaneo capace di emopoiesi

In caso di **splenectomia**, le sue funzioni sono sostituite dal midollo osseo rosso e dal fegato



Tessuto linfoide associato alle mucose

Il termine **MALT** è l'acronimo inglese per **mucose-associated lymphoid tissue** tradotto come tessuto linfoide associato alla mucosa.

Il MALT, quindi, è un tessuto linfoide diffuso a livello di mucose quali quelle del tratto gastrointestinale, delle vie aeree, degli occhi e della pelle.

Queste formazioni linfoide non sono organizzate a formare organi del sistema linfatico ma piuttosto come noduli linfatici (o anche cellule isolate).

Il ruolo del MALT è di assicurare una risposta immunitaria completa sia **umorale** (mediante linfociti B-anticorpi) che **cellulare** (mediante linfociti T e macrofagi) in seguito a stimoli antigenici locali.

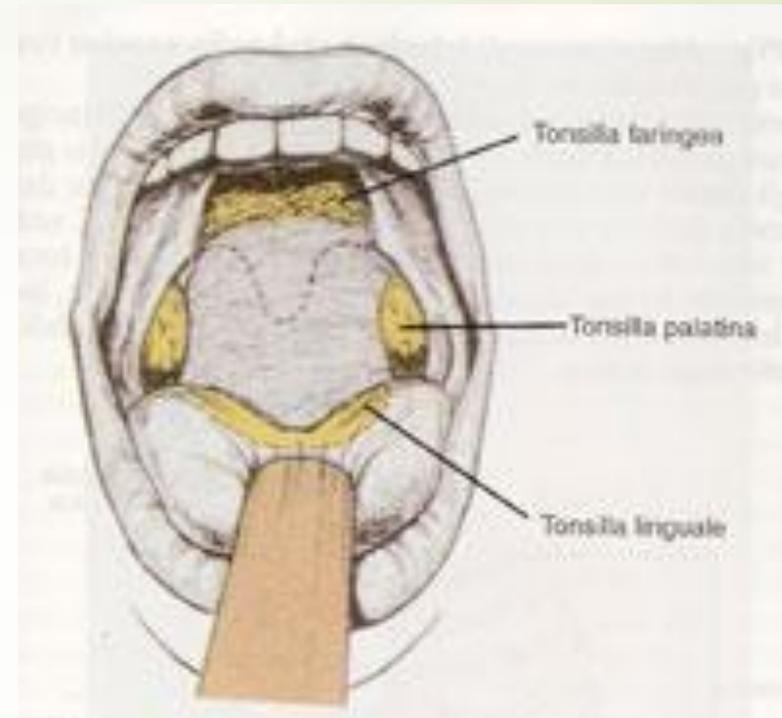
I componenti del tessuto MALT si possono suddividere in:

- BALT** , tessuto linfoide associato alle vie aeree (trachee, bronchi) tra cui le **tonsille**
- GALT** , tessuto linfoide associato all'intestino, tra cui le **placche di Peyer** e gli **aggregati dell'appendice vermiforme**
- NALT** ,tessuto linfoide associato alle vie nasali
- LALT** , tessuto linfoide associato alle vie laringee
- EALT**, tessuto linfoide associato agli occhi, collegato con la congiuntiva e all'apparato lacrimogeno
- VALT**, tessuto linfoide associato ai vasi
- SALT** , tessuto linfoide associato alla pelle.

Le **tonsille** (conosciute anche con il nome di **amigdale**, per la loro forma ovoidale simile a quella di una mandorla) sono organi linfoghiandolari presenti nel cavo orale, parzialmente visibili attraverso la bocca e costituiti da tessuto connettivo ricco di linfociti e di macrofagi.

Trovandosi in posizione strategica all'inizio del tragitto dell'aria che respiriamo e del cibo che ingeriamo, esse svolgono una fondamentale funzione di difesa dell'apparato respiratorio, proteggendolo da possibili microorganismi presenti nell'aria, oltre che da sostanze di varia natura provenienti da corpi estranei.

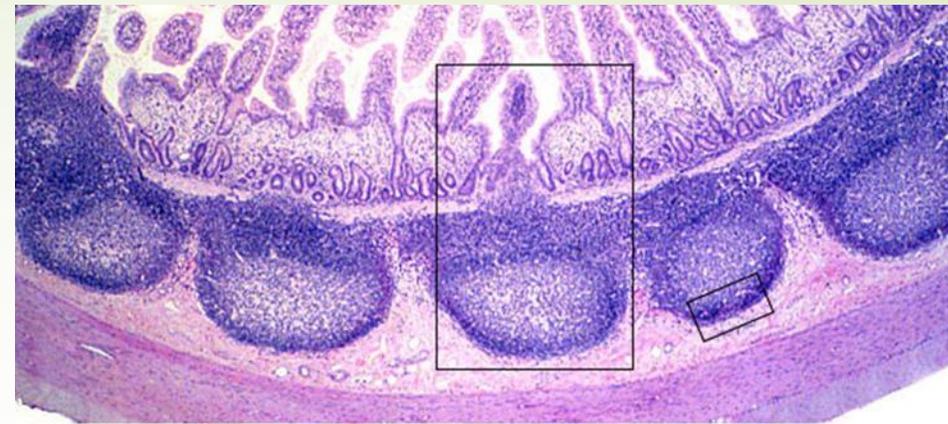
Le **tonsille** raggiungono la massima dimensione all'epoca della pubertà, poi si atrofizzano progressivamente durante il normale invecchiamento.



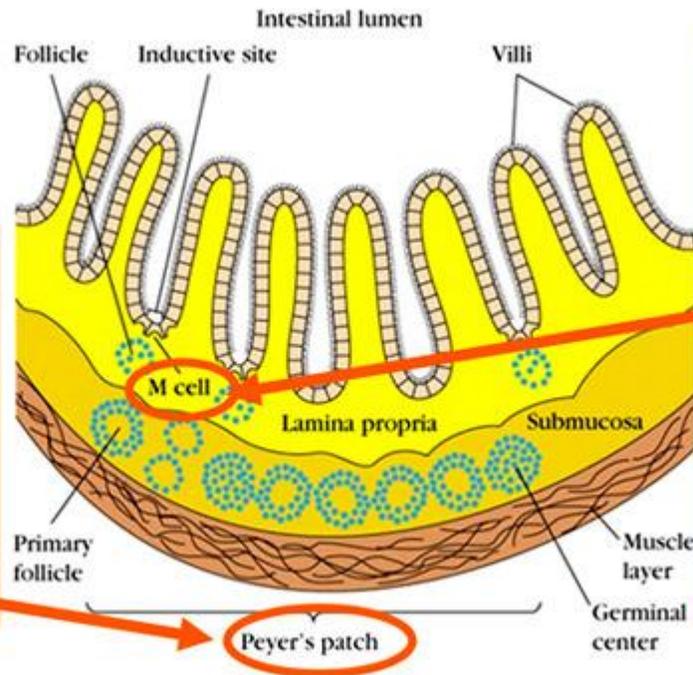
Esse sono divise in 4 grandi categorie: **tonsille faringee** (adenoidi), **tubariche**, **palatine**, e **linguali**.

Le **Placche di Peyer** nell'intestino tenue svolgono un ruolo simile alle tonsille distruggendo gli agenti patogeni che penetrano attraverso l'apparato digerente.

L'epitelio delle placche di Peyer accoglie le **cellule M**, che hanno la capacità di inglobare antigeni presenti nel lume intestinale, trasferendoli ai linfociti accumulati nella lamina basale



Ileo: placche di Peyer

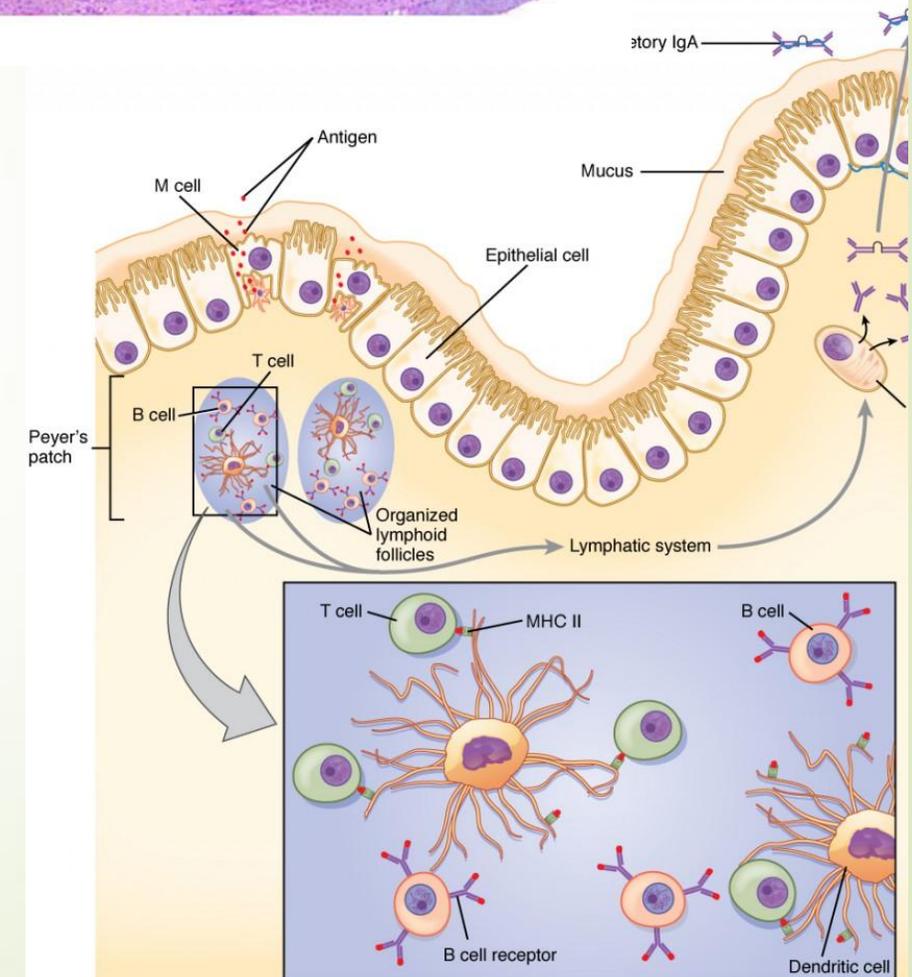


Le **placche del Peyer** sono gruppi di follicoli linfoidi, appartenenti al **GALT** (*gut associated lymphoid tissue*).

Sono distinguibili al microscopio come piccoli aggregati di forma sferoidale sporgenti tra i villi intestinali.

L'assorbimento a livello delle placche del Peyer avviene attraverso le **cellule M**.

Queste possono rappresentare "il cancello d'ingresso" preferenziale per antigeni o altre sostanze assorbite a livello intestinale, anche per la successiva elaborazione da parte del sistema immunitario.



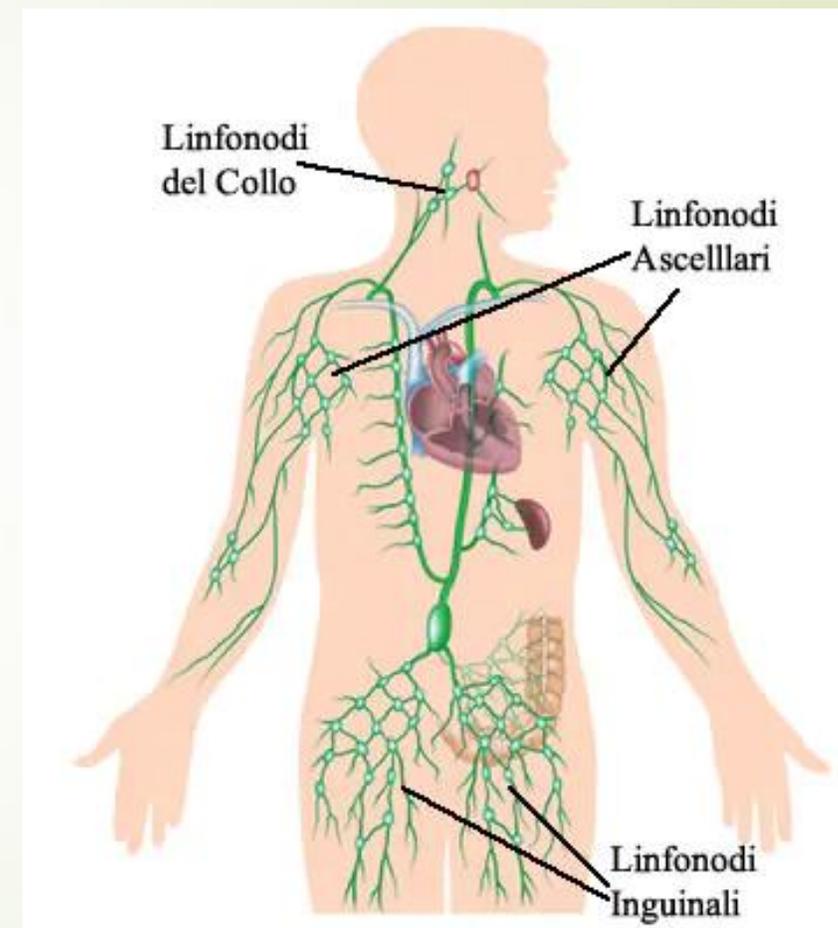
I **linfonodi** sono organi linfoidei periferici, di forma ovoidale, situati lungo il decorso di vasi linfatici drenanti i tessuti.

Le loro dimensioni sono molto variabili, da pochi millimetri a più di 1 cm.

Essi rivestono tre funzioni:

- ❖ **filtrano la linfa**
- ❖ **eliminano i frammenti cellulari e particelle estranee** presenti nella linfa prima che questa venga a riversarsi nel sangue
- ❖ **producono linfociti**

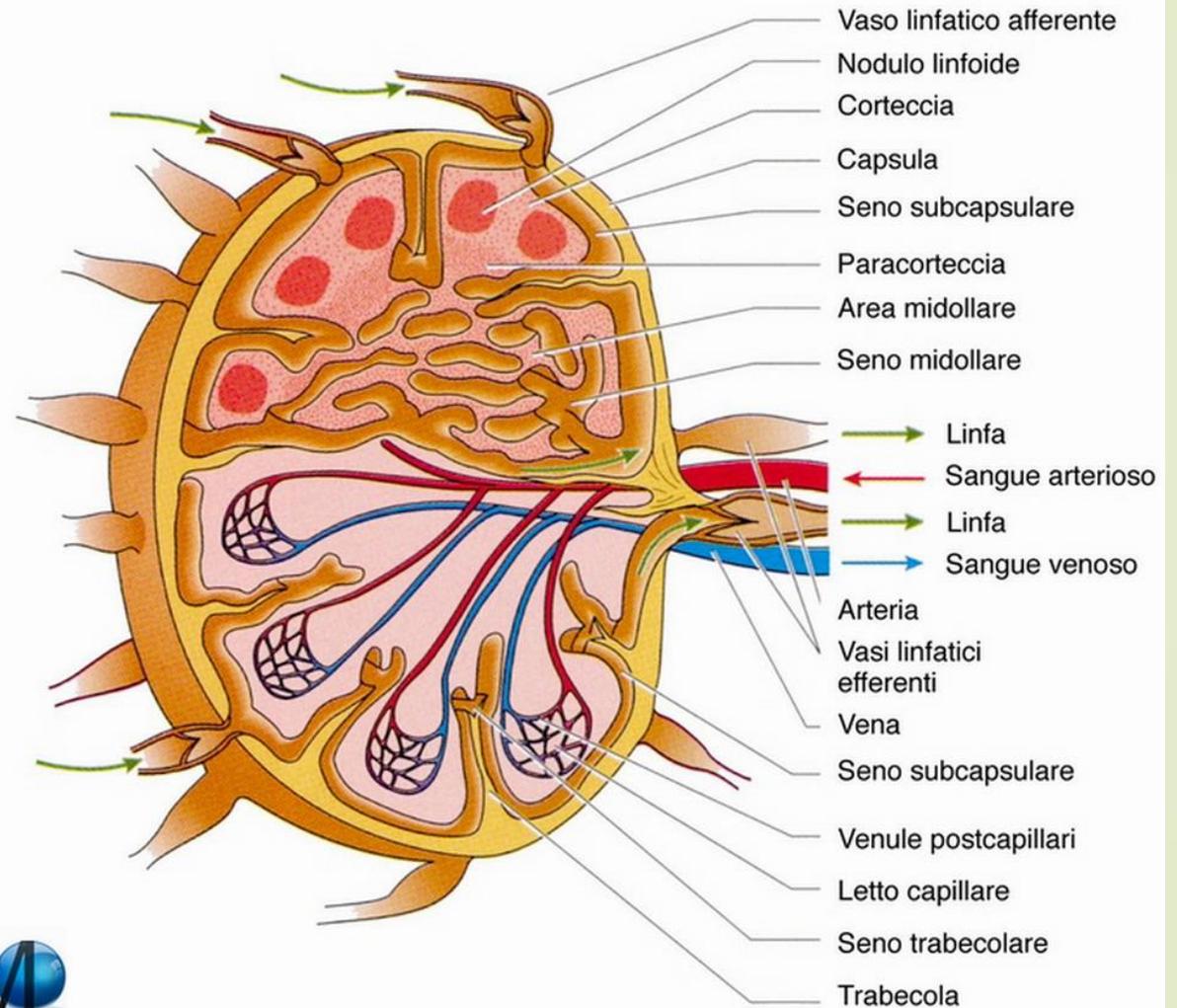
Nel corpo umano esistono determinate zone (collo, ascelle, inguine e mediastino) ricche di linfonodi per la loro particolare posizione rispetto ai territori drenati.



Struttura del linfonodo

In un linfonodo si distingue:

- ❖ una **capsula esterna** di connettivo denso con funzioni di sostegno e di protezione, dalla quale si originano delle **trabecole** che attraversano l'interno del linfonodo
- ❖ uno **stroma interno reticolare** che accoglie linfociti e altre cellule che costituiscono il **parenchima** del linfonodo

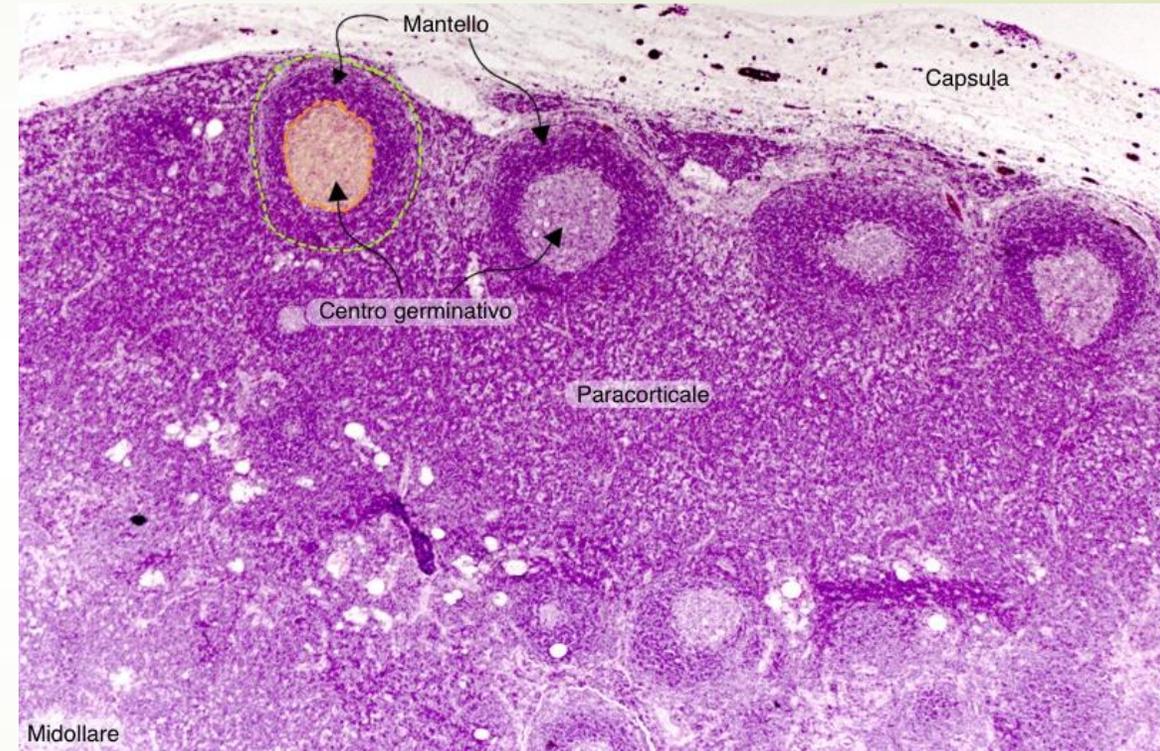


Nel parenchima si distinguono tre regioni :

1. **Corticale** con numerosi linfociti B organizzati in **follicoli**. Al centro del follicolo appare una zona più chiara, il **centro germinativo del Flemming**, circondata dal **mantello**, una zona esterna più scura.

2. **Paracorticale** si trova in profondità rispetto alla zona corticale. Essa presenta struttura uniforme e contiene molti linfociti T, insieme a macrofagi, cellule dendritiche e rari linfociti B in migrazione verso la midollare

3. **Midollare** organizzata in cordoni cellulari costituiti da numerose plasmacellule, macrofagi e piccoli linfociti. I cordoni midollari sono tra loro separati da ampi **seni linfatici**



Circolazione della linfa nei linfonodi

La linfa che arriva dall'esterno, attraverso i **vasi linfatici afferenti**, permea tutto il parenchima del linfonodo e, nell'attraversarlo, viene filtrata dalle cellule infiammatorie, dalle sostanze estranee dagli agenti infettivi.

Un **vaso linfatico efferente** trasporta, successivamente, la linfa in uscita dal linfonodo

