

Cristina Cavazzuti
Daniela Damiano

Biologia

Terza edizione

Capitolo 7

La circolazione e l'immunità

1. Composizione e funzioni del sangue
2. L'apparato cardiovascolare e la circolazione del sangue
3. Il sistema immunitario

Lezione 1

Composizione e funzioni del sangue

1. Il sangue

Il **sangue** è un *tessuto connettivo fluido* che svolge varie funzioni:

- funzione di **regolazione**, in quanto aiuta a mantenere costante la temperatura corporea, regola lo scambio di acqua tra tessuti e vasi sanguigni e controlla il pH dei liquidi;
- funzione di **protezione**, grazie alla presenza di sostanze deputate alla difesa del nostro corpo;
- funzione di **trasporto**, in quanto, scorrendo in tutto il corpo, raggiunge tutti i tessuti distribuendo sostanze nutritive e ormoni e raccogliendo scorie metaboliche o prodotti di scarto.

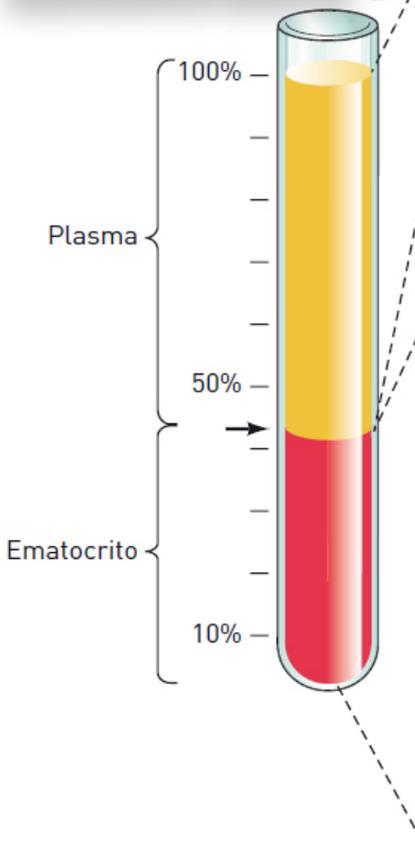
Il **sangue** è costituito da cellule e da una parte liquida detta plasma.

Il **plasma** è soluzione acquosa contenente numerose sostanze inorganiche e organiche.

Le cellule del sangue sono chiamate **elementi figurati** (*globuli rossi, globuli bianchi e piastrine*) e si generano nel midollo osseo rosso.

1. Il sangue

Il sangue, posto in una provetta e centrifugato, si separa in due frazioni.



Porzione plasmatica

Componenti	Acqua 31%	Proteine plasmatiche (7%): albumina fibrinogeno immunoglobuline	Sali (2%): sodio, potassio, calcio, magnesio, cloruro, bicarbonato
------------	--------------	---	--

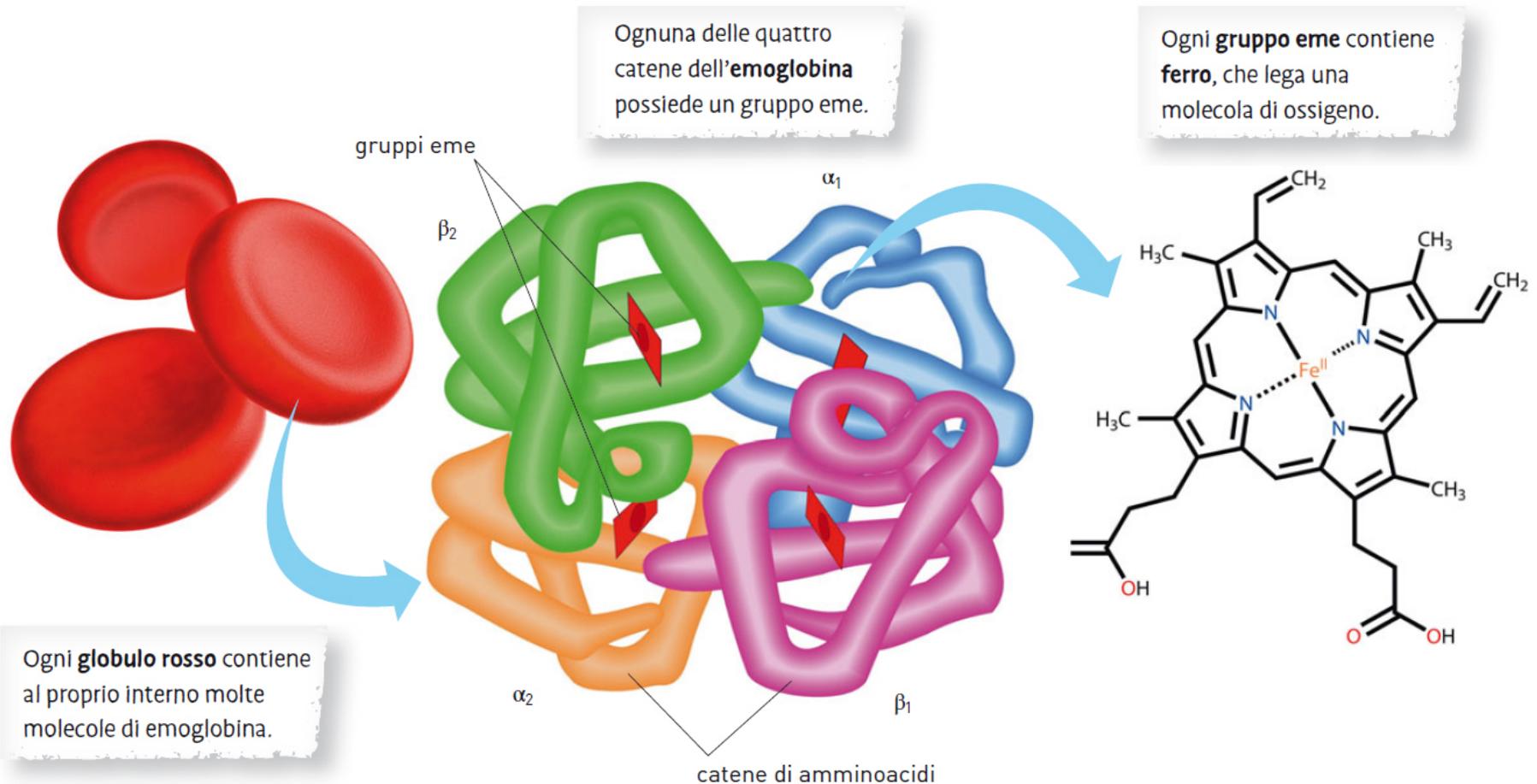
In un campione di sangue la percentuale di volume occupato dagli elementi figurati è detta **ematocrito**: nei maschi varia tra 40 e 50%, nelle femmine tra 36 e 52%.

Porzione cellulare

Componenti	Eritrociti (globuli rossi)	Leucociti (globuli bianchi)					Piastrine (frammenti cellulari)
		Basofilo	Eosinofilo	Neutrofilo	Linfocita	Monocita	
Numero per μL di sangue	4-6 milioni	4000-10000					150 000 - 400 000

2. I globuli rossi e l' emoglobina

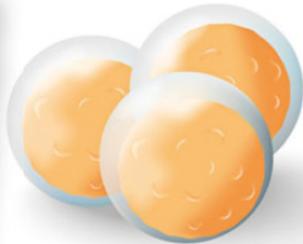
I **globuli rossi** o *eritrociti* sono piccole cellule di forma discoidale biconcava, prodotte dal midollo osseo. Sono prive di nucleo e non possono riprodursi. Contengono l' *emoglobina*, che conferisce il colore rosso alle cellule ed è responsabile del trasporto di ossigeno.



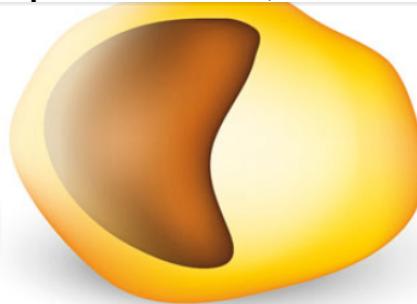
3. I globuli bianchi

I **globuli bianchi** o *leucociti* sono cellule più grandi rispetto ai globuli rossi. Difendono l'organismo dagli agenti patogeni ed eliminano le cellule morte, infette o cancerose. Ce ne sono tre tipi: **linfociti**, **monociti** e **granulociti**.

I **linfociti** si distinguono in *linfociti B*, che producono anticorpi, e *linfociti T*, che intervengono su cellule infettate.

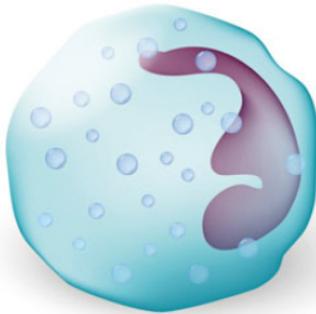


linfociti (35%)

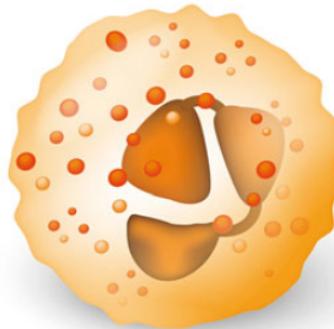


monocita (5%)

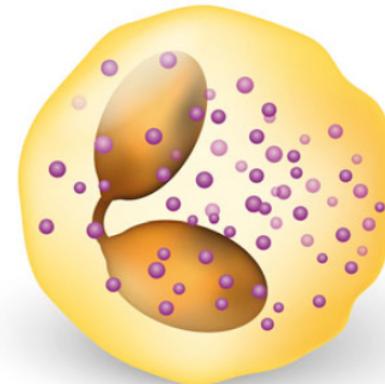
I **monociti** sono grosse cellule con nucleo a ferro di cavallo; quando escono dai vasi sanguigni si trasformano in *macrofagi*, che eliminano i detriti fagocitandoli (per questo sono anche dette *fagociti*).



basofilo



neutrofilo



eosinofilo

granulociti (60%)

Al microscopio, il citoplasma dei **granulociti** presenta grossi granuli che nei *neutrofili* assorbono coloranti neutri, nei *basofili* si colorano con sostanze basiche, mentre negli *eosinofili* reagiscono con i coloranti acidi.

4. Le piastrine e la coagulazione del sangue

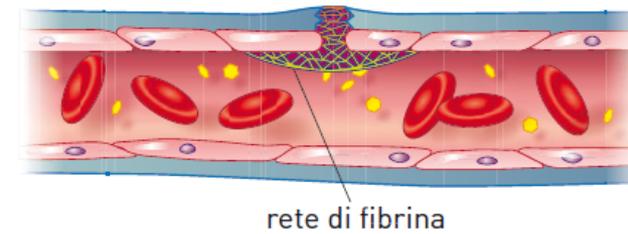
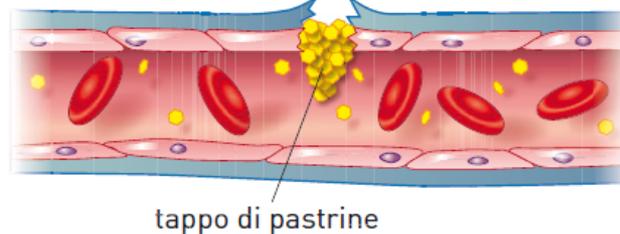
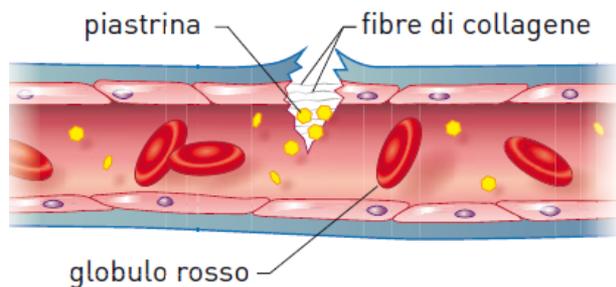
Le **piastrine** o *trombociti* sono frammenti di cellule molto piccole; hanno un ruolo essenziale e irrinunciabile nel favorire la **coagulazione** del sangue. Essa avviene in tre passaggi molto rapidi:

1. il vaso si contrae;
2. si forma un coagulo bianco;
3. si crea un coagulo rosso.

1 Le piastrine aderiscono alle fibre di collagene della ferita, diventano appiccicose e rilasciano sostanze che fanno contrarre il vaso sanguigno e che richiamano altre piastrine.

2 Si produce un **coagulo bianco**, costituito da fibre di collagene e piastrine che rilasciano enzimi e altre sostanze in grado di innescare reazioni a catena.

3 Il **fibrinogeno**, una proteina plasmatica solubile, si trasforma in **fibrina**, una proteina filamentosa e insolubile che forma una rete dove restano intrappolate altre cellule del sangue: si forma così un **coagulo rosso** che blocca l'emorragia.



5. Dalle cellule staminali agli elementi figurati

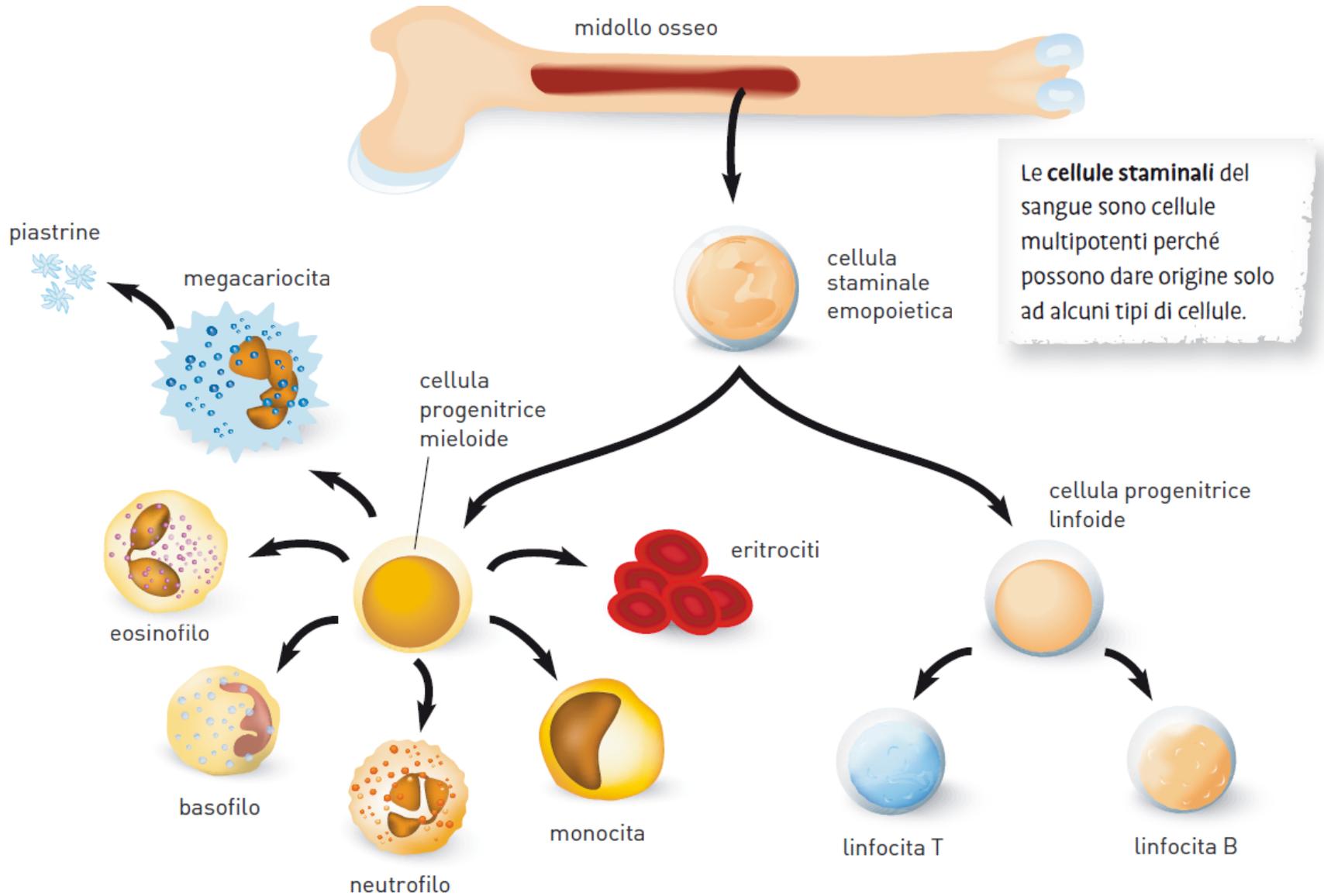
Le **cellule staminali** non differenziate che possono essere:

- **totipotenti**, sono le cellule dell'embrione ai primi stadi di sviluppo e possono generare tutti i tipi di cellule;
- **multipotenti**, possono generare molti tipi di cellule;
- **unipotenti**, danno origine a un solo tipo di cellule.

Le cellule staminali che generano gli elementi figurati sono multipotenti e si trovano nel midollo osseo rosso.

La formazione e la maturazione degli elementi corpuscolari del sangue avviene con un processo detto **emopoiesi**.

5. Dalle cellule staminali agli elementi figurati



6. Le analisi del sangue

L' **emocromo** fornisce una visione generale del quadro clinico del paziente. Comprende il conteggio del numero di globuli rossi, globuli bianchi, piastrine. La **formula leucocitaria** è il conteggio di cinque tipi di globuli bianchi. La **glicemia** misura la concentrazione di glucosio nel sangue. La **colesterolemia** misura la concentrazione di colesterolo abbinato alle proteine che lo trasportano. Attraverso le analisi del sangue è possibile individuare diverse patologie, tra cui anemia, trombocitopenia, leucopenia, diabete, azotemia.

TABELLA 1 Valori di riferimento standard per alcune analisi del sangue.

Indice	Sigla e unità di misura	Valori di riferimento nell'adulto
Globuli bianchi	WBC (<i>White Blood Cells</i>): numero di cellule per mm ³ di sangue	4000 – 10 000/mm ³
Globuli rossi	RBC (<i>Red Blood Cells</i>): milioni di cellule per mm ³ di sangue	4,5 – 6,3 milioni/mm ³
Emoglobina	Hb (<i>Hemoglobin</i>): grammi di Hb per dL (decilitro) di sangue	11,5 – 17,2 g/dL
Ematocrito	Ht (<i>Hematocrit</i>): percentuale del volume di cellule sul volume totale di sangue	31 – 49%
Conteggio piastrinico	PLT (<i>Platelets</i>): migliaia di piastrine per mm ³ di sangue	150 000 – 400 000/mm ³

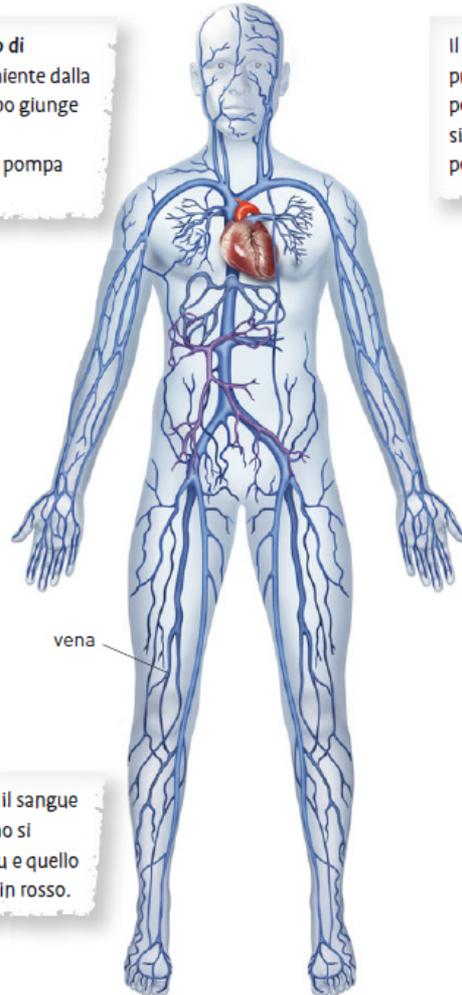
Lezione 2

L' apparato cardiovascolare e la circolazione del sangue

7. La struttura dell' apparato circolatorio

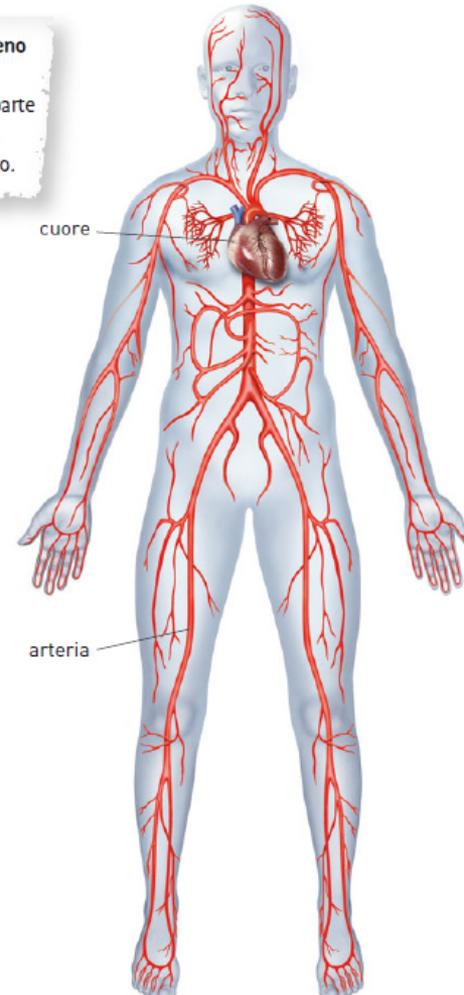
Il sangue scorre all' interno di **vasi sanguigni** ed è tenuto in movimento dal **cuore**. L' insieme di vasi sanguigni e cuore forma l' **apparato circolatorio o cardiovascolare**.

Il sangue povero di ossigeno proveniente dalla periferia del corpo giunge alla parte destra del cuore, che lo pompa verso i polmoni.



vena

Il sangue ricco di ossigeno proveniente dalle vene polmonari giunge alla parte sinistra del cuore che lo pompa al resto del corpo.



cuore

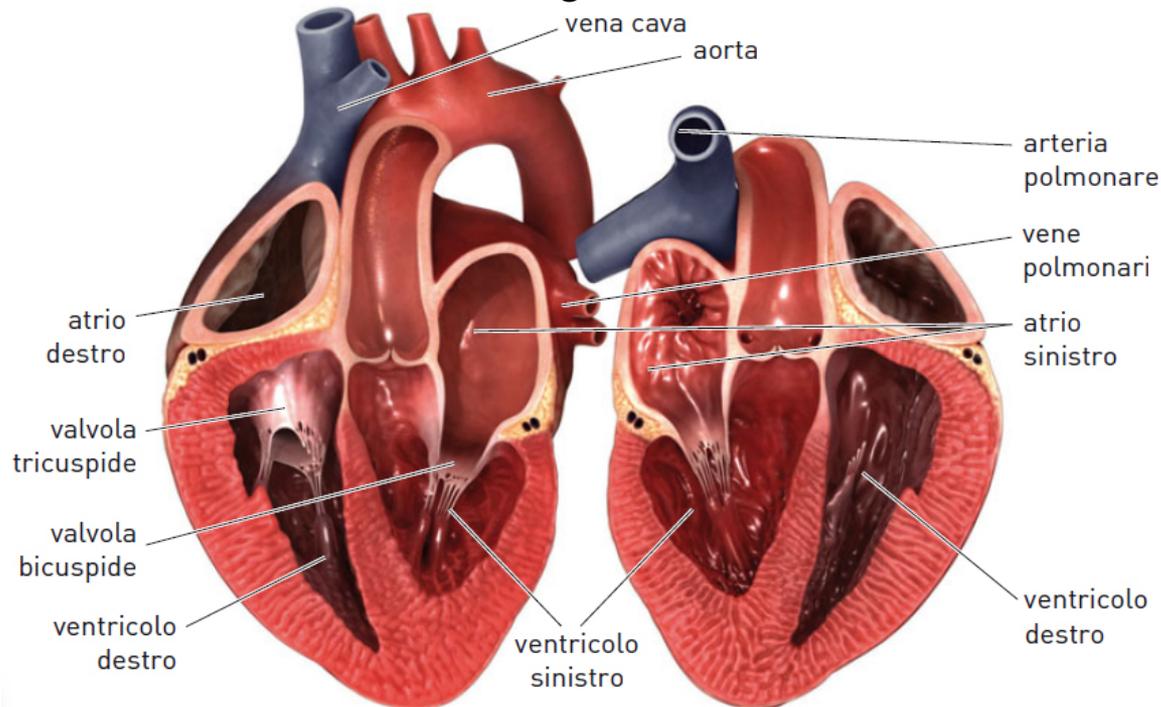
arteria

Per convenzione, il sangue povero di ossigeno si rappresenta in blu e quello ricco di ossigeno in rosso.

8. Il cuore

Il **cuore** si trova in una cavità al centro del torace tra i due polmoni. È costituito da tessuto muscolare involontario detto **miocardio** ed è rivestito da due membrane, il *pericardio* e l' *endocardio*.

Il cuore è diviso in quattro cavità, quelle superiori si chiamano **atri**, quelle inferiori **ventricoli**. La parte destra e sinistra del cuore sono separate. Gli atri e i ventricoli di ciascuna parte sono messi in comunicazione tra loro da *valvole* che bloccano il reflusso di sangue.



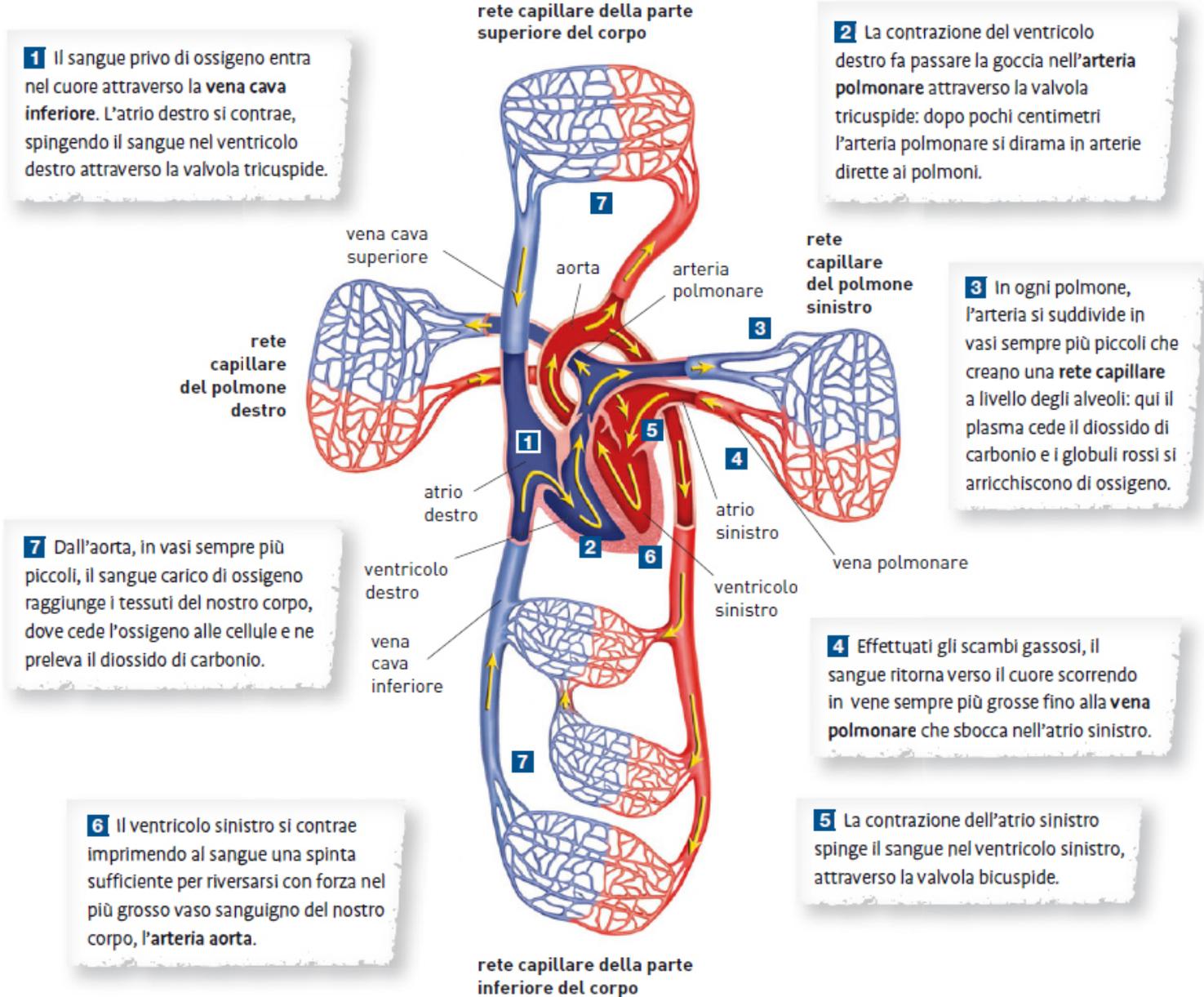
9. La circolazione sanguigna

La circolazione umana è **doppia e completa**. Infatti, il sangue passa due volte dal cuore in due circuiti distinti, e il sangue ricco di ossigeno e quello ricco di diossido di carbonio non si mescolano mai.

Il circuito cuore-polmoni-cuore si chiama **piccola circolazione**, o circolazione polmonare, e permette l'ossigenazione del sangue.

Il circuito che consente il trasporto del sangue dal cuore al resto del corpo e poi nuovamente al cuore è la **grande circolazione**, o circolazione sistemica.

9. La circolazione sanguigna



10. Il ciclo cardiaco

La circolazione sanguigna è determinata dalla successione di contrazioni del muscolo cardiaco che funziona come una pompa.

La successione ritmica di contrazioni e distensioni è detta **ciclo cardiaco**. Esso è suddiviso in due fasi principali: diastole e sistole.

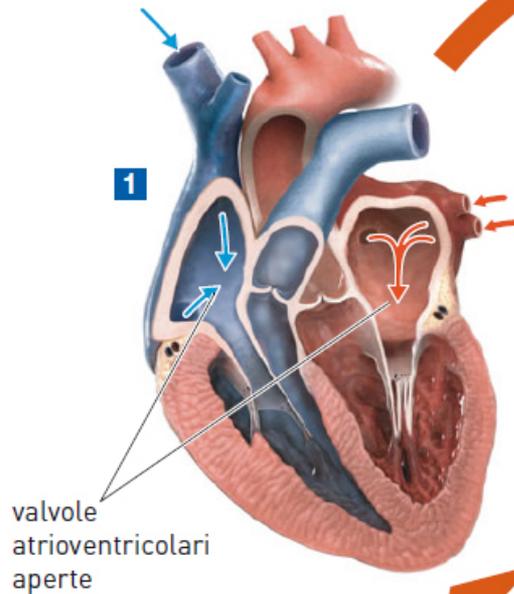
Durante la fase di **diastole** il cuore è rilassato, le valvole atrioventricolari sono aperte e il sangue fluisce all'interno degli atri e, in parte, dei ventricoli.

Durante la fase di **sistole** avviene la contrazione, le valvole atrioventricolari si chiudono mentre quelle semilunari si aprono, il sangue viene immesso nell'aorta e nell'arteria polmonare.

10. Il ciclo cardiaco

1 Diastole

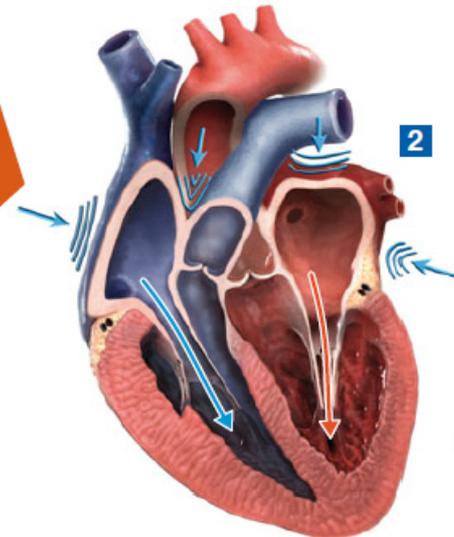
Il cuore è rilassato e le valvole atrioventricolari sono aperte: Il sangue fluisce nel cuore.



2

2 Sistole atriale

Gli atri si contraggono; Il sangue fluisce nei ventricoli.



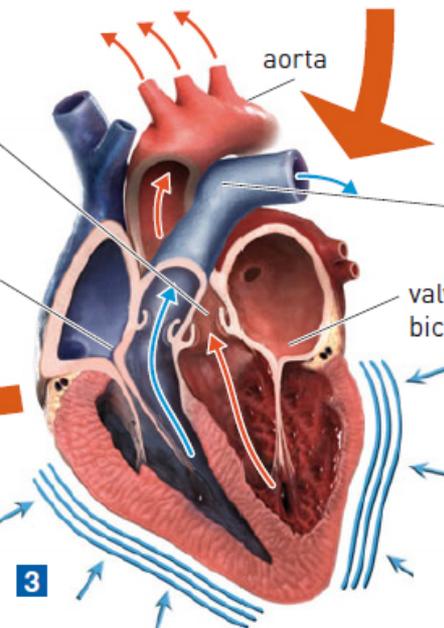
valvole semilunari aperte

valvola tricuspidè chiusa

aorta

arteria polmonare

valvola bicuspidè chiusa



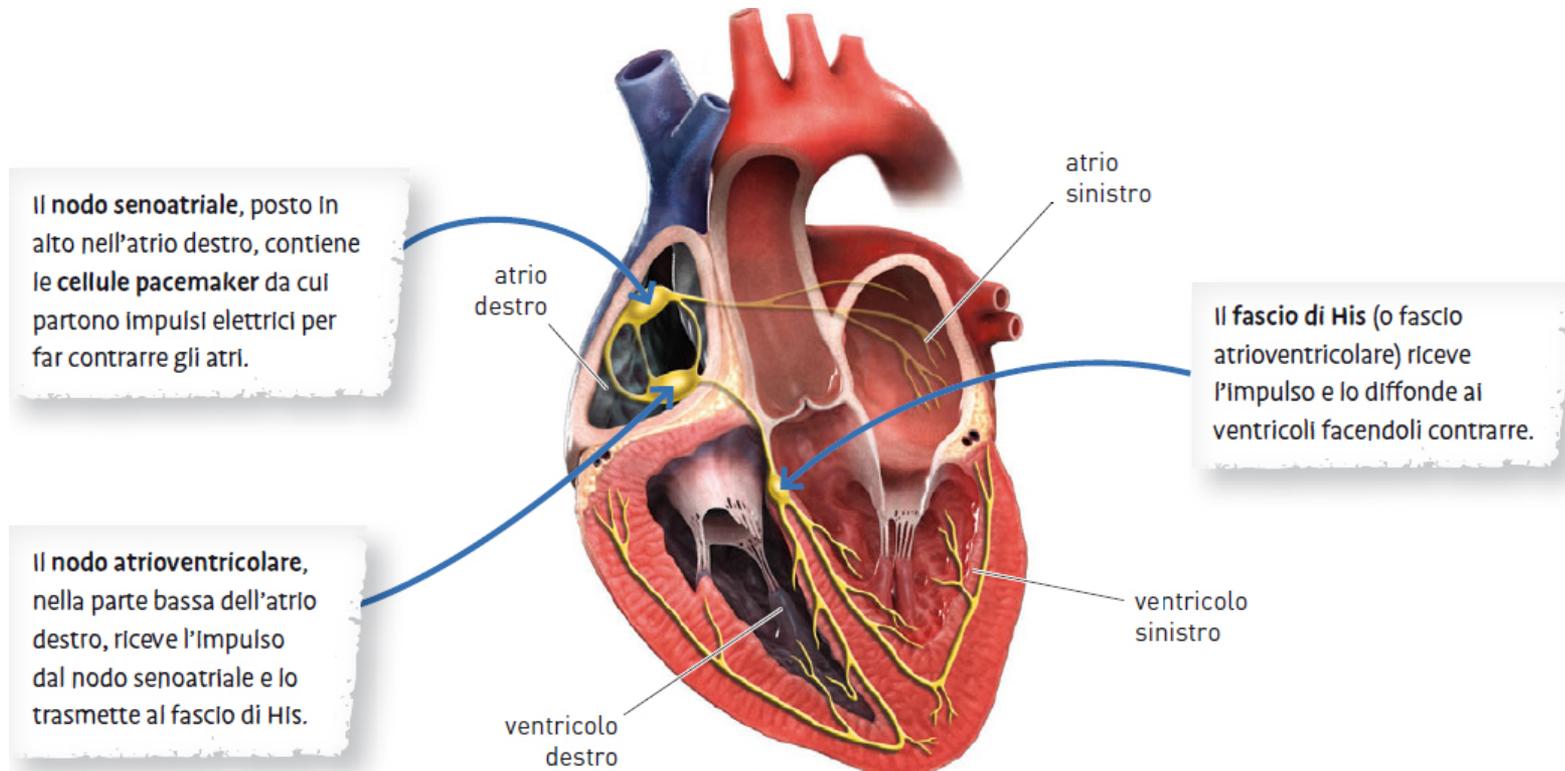
3 Sistole ventricolare

I ventricoli si contraggono, chiudendo le valvole atrioventricolari e aprendo quelle semilunari; Il sangue fluisce nelle arterie.

10. Il ciclo cardiaco

Una serie di impulsi elettrici genera il regolare alternarsi di sistole e diastole. Questi impulsi sono trasmessi dal **nodo senoatriale** alle cellule del miocardio.

La pressione esercitata dal sangue sulle pareti delle arterie è chiamata **pressione sanguigna**. Durante la sistole la pressione è massima, mentre è minima quando il cuore è in diastole.

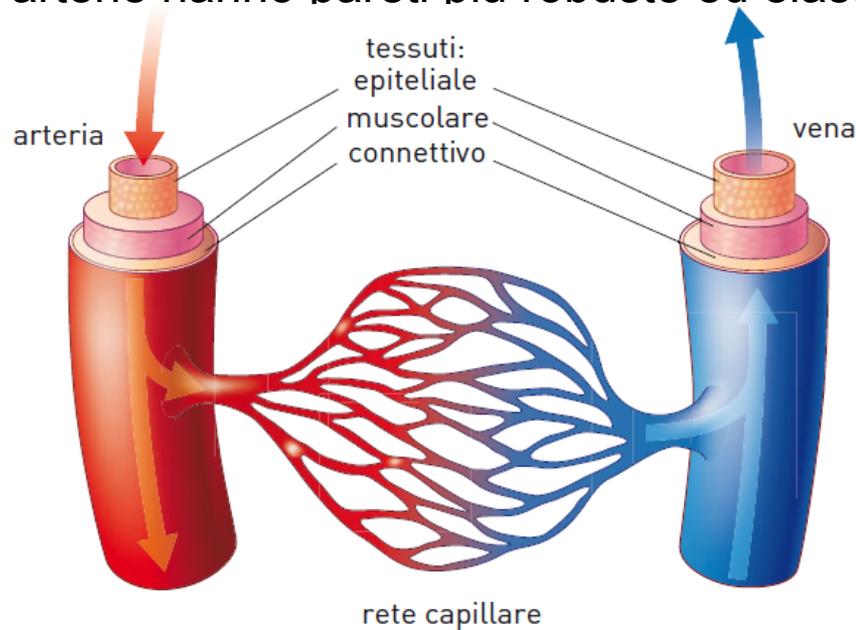


11. I vasi sanguigni

I vasi sanguigni che partono dal cuore si chiamano **arterie**, quelli che riportano il sangue dalla periferia verso il cuore sono le **vene**.

Il sangue povero di ossigeno è detto *sangue venoso*, quello ricco di ossigeno è detto *arterioso*.

Le pareti delle arterie e delle vene sono costituite dagli stessi *tre strati di tessuto*, ma le arterie hanno pareti più robuste ed elastiche delle vene.



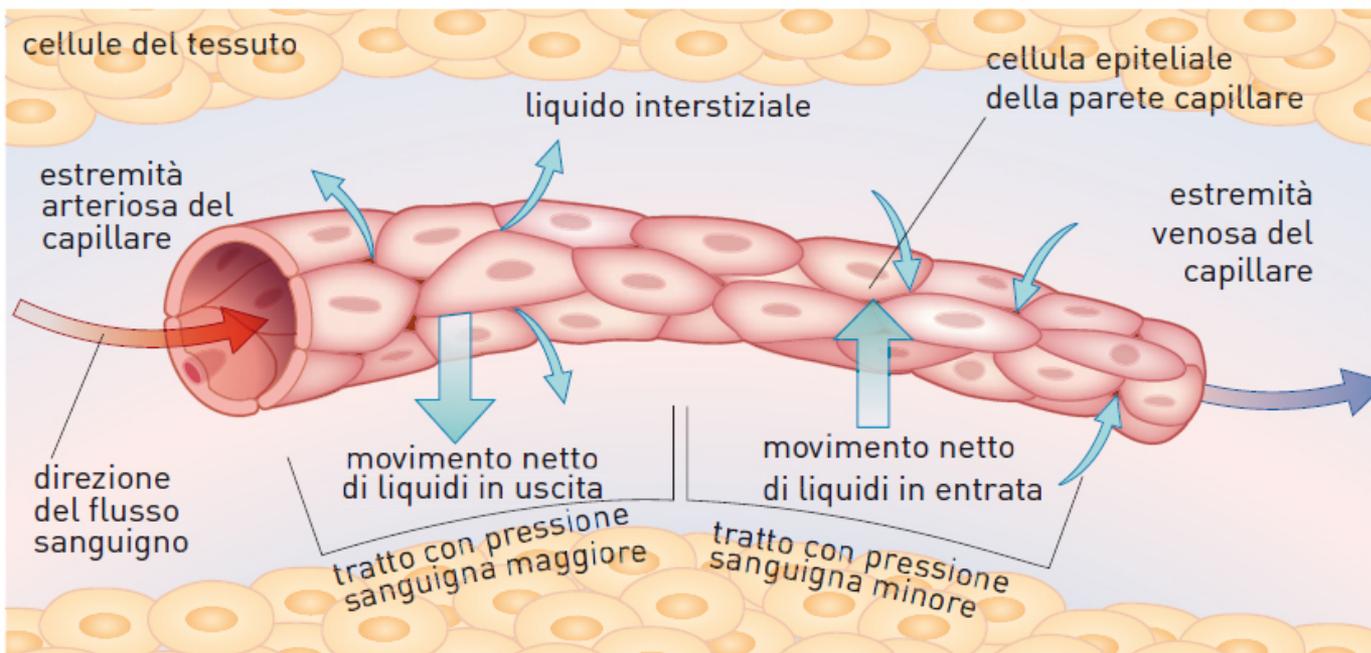
Le pareti delle arterie sono più spesse di quelle delle vene perché sopportano una pressione maggiore.

11. I vasi sanguigni

Allontanandosi dal cuore, i vasi sanguigni sono sempre più sottili e ramificati, fino ad arrivare alla rete di **capillari** dove avvengono gli scambi tra sangue e tessuti.

Le pareti dei capillari sono pertanto sottili e permeabili, costituite da un solo strato di tessuto epiteliale, l' *endotelio*.

Attraverso i capillari passano anche i globuli bianchi, mentre i globuli rossi non sono in grado di attraversarne la parete.



Il lento scorrere del sangue nei capillari permette lo scambio tra tessuti e sangue.

Il diametro dei capillari è talmente ridotto che gli eritrociti si dispongono in fila indiana per attraversarli.

12. Il sistema linfatico

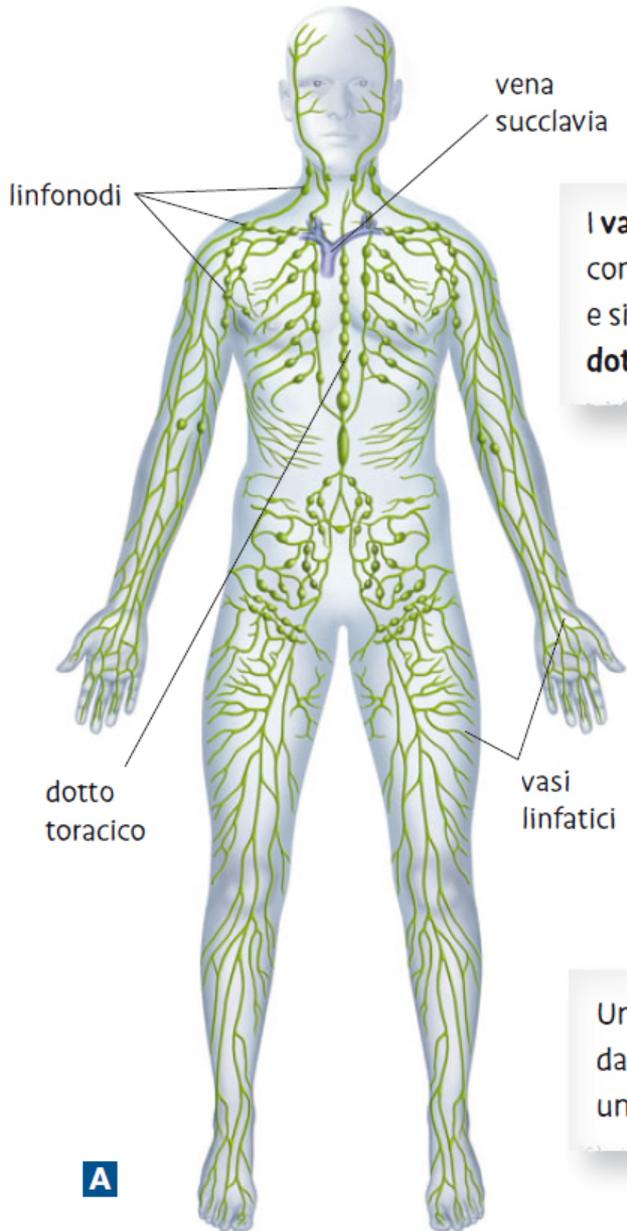
Il **liquido interstiziale** fuoriesce dai capillari e bagna le cellule del nostro corpo.

Il **sistema linfatico** raccoglie il liquido interstiziale proveniente dai tessuti, che prende il nome di **linfa**, e lo riporta alla circolazione sanguigna.

Il sistema linfatico è costituito da un grosso vaso centrale, il *dotto toracico*, che si riversa nella vena succlavia e da vasi sempre più piccoli man mano che ci si sposta nei tessuti del nostro corpo. Qui, infatti, si trovano i *capillari linfatici*, tubicini a fondo cieco.

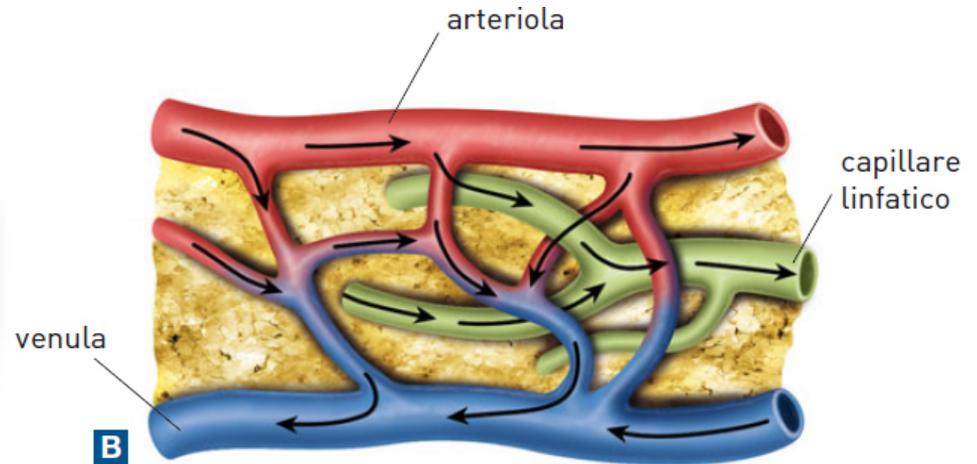
I **linfonodi** si trovano nei punti di incontro tra due o più vasi e sono masse di tessuto spugnoso in grado di neutralizzare virus, batteri e agenti patogeni presenti nella linfa.

12. Il sistema linfatico

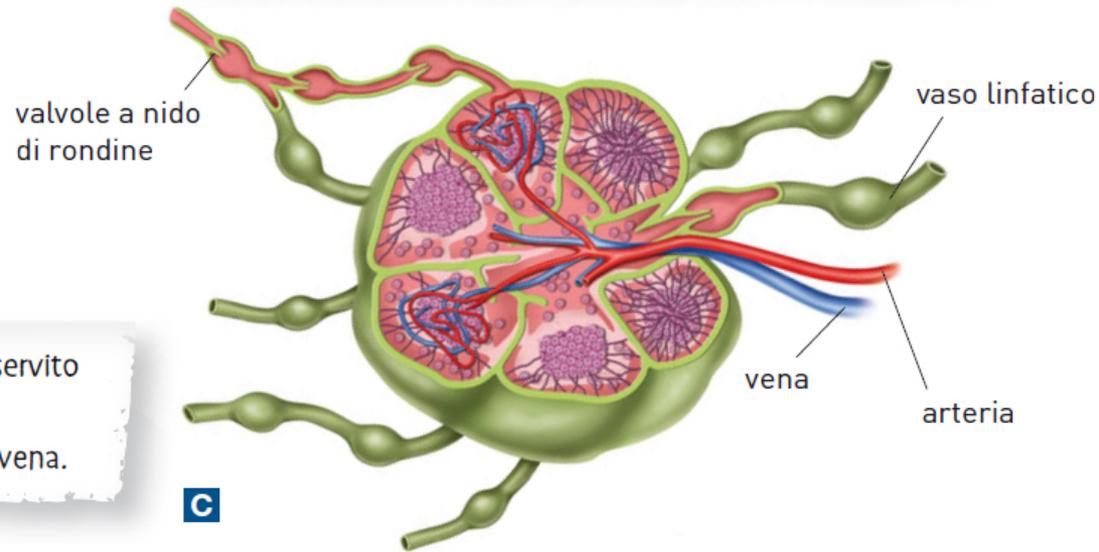


I vasi linfatici contengono la linfa e si raccolgono nel **dotto toracico**.

Un **linfonodo** è servito da vasi linfatici, un'arteria e una vena.



I capillari linfatici sono a fondo cieco e hanno il compito di riassorbire il liquido interstiziale in eccesso.



Lezione 3

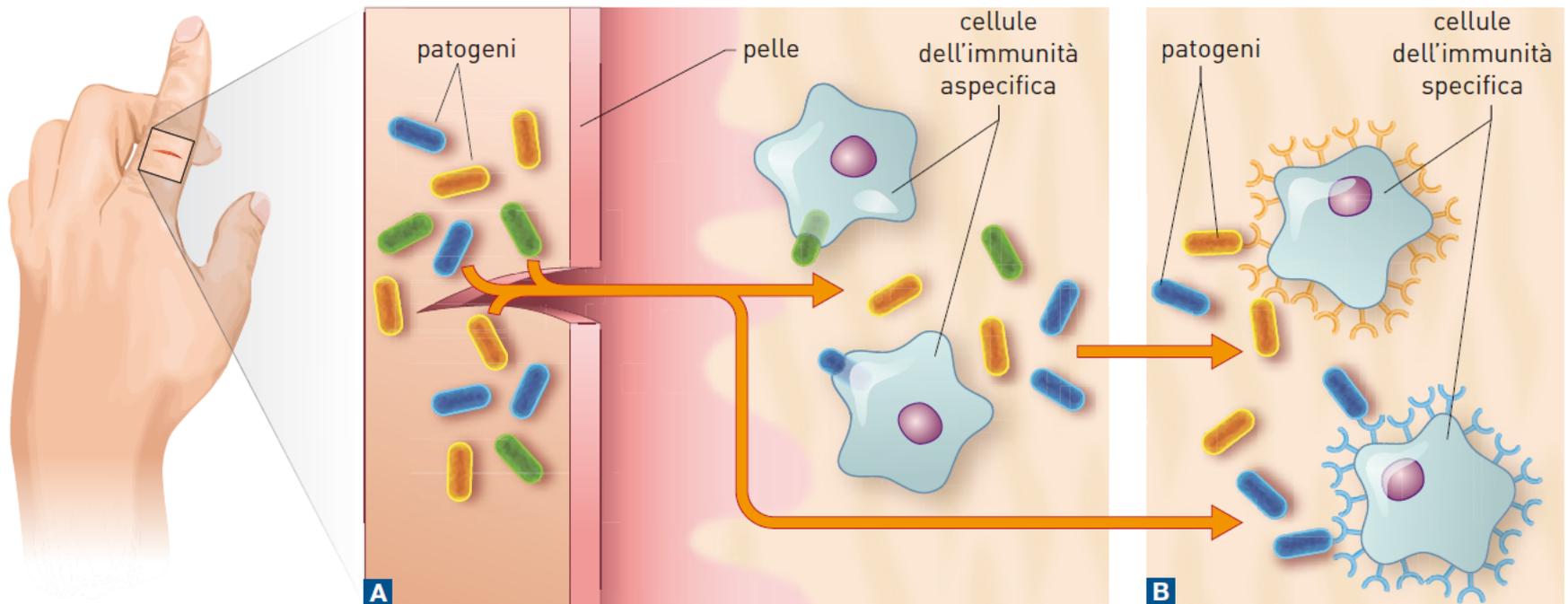
Il sistema immunitario

13. Le linee di difesa del nostro corpo

Tutti gli ambienti della Terra sono popolati da microrganismi, di cui molti sono **patogeni**, ossia in grado di causare malattie.

Il nostro organismo si difende dagli agenti patogeni grazie all'azione del **sistema immunitario**.

Le linee di difesa sono organizzate in **immunità innata o aspecifica (A)** e **immunità acquisita o specifica (B)**.



14. L'immunità innata

L' **immunità innata** è una difesa *aspecifica* perché non distingue un agente patogeno da un altro.

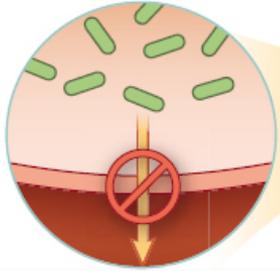
Agisce in modo passivo grazie a *barriere chimiche e fisiche* e in modo attivo attraverso una *risposta cellulare*.

La **pelle** è la prima barriera difensiva del corpo, è passiva perché non implica alcuna azione delle nostre cellule.

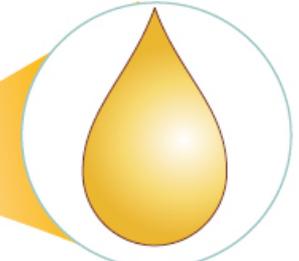
Anche il **sudore**, la **saliva** e le **lacrime** sono barriere difensive poiché contengono il *lisozima*, un enzima in grado di neutralizzare molti batteri.

Inoltre, le parti del corpo comunicanti con l' esterno, come bocca e naso, sono protette da difese non specifiche.

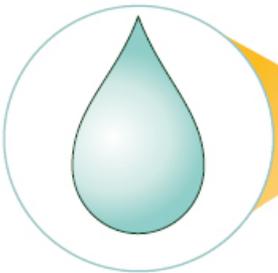
14. L'immunità innata



A La pelle forma una barriera fisica contro i patogeni.



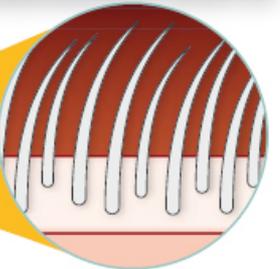
C Il cerume intrappola i patogeni nel canale uditivo.



B Le lacrime, la saliva e il sudore contengono il **lisozima** che uccide alcuni batteri.



D I succhi gastrici proteggono il canale digerente grazie alla loro acidità.

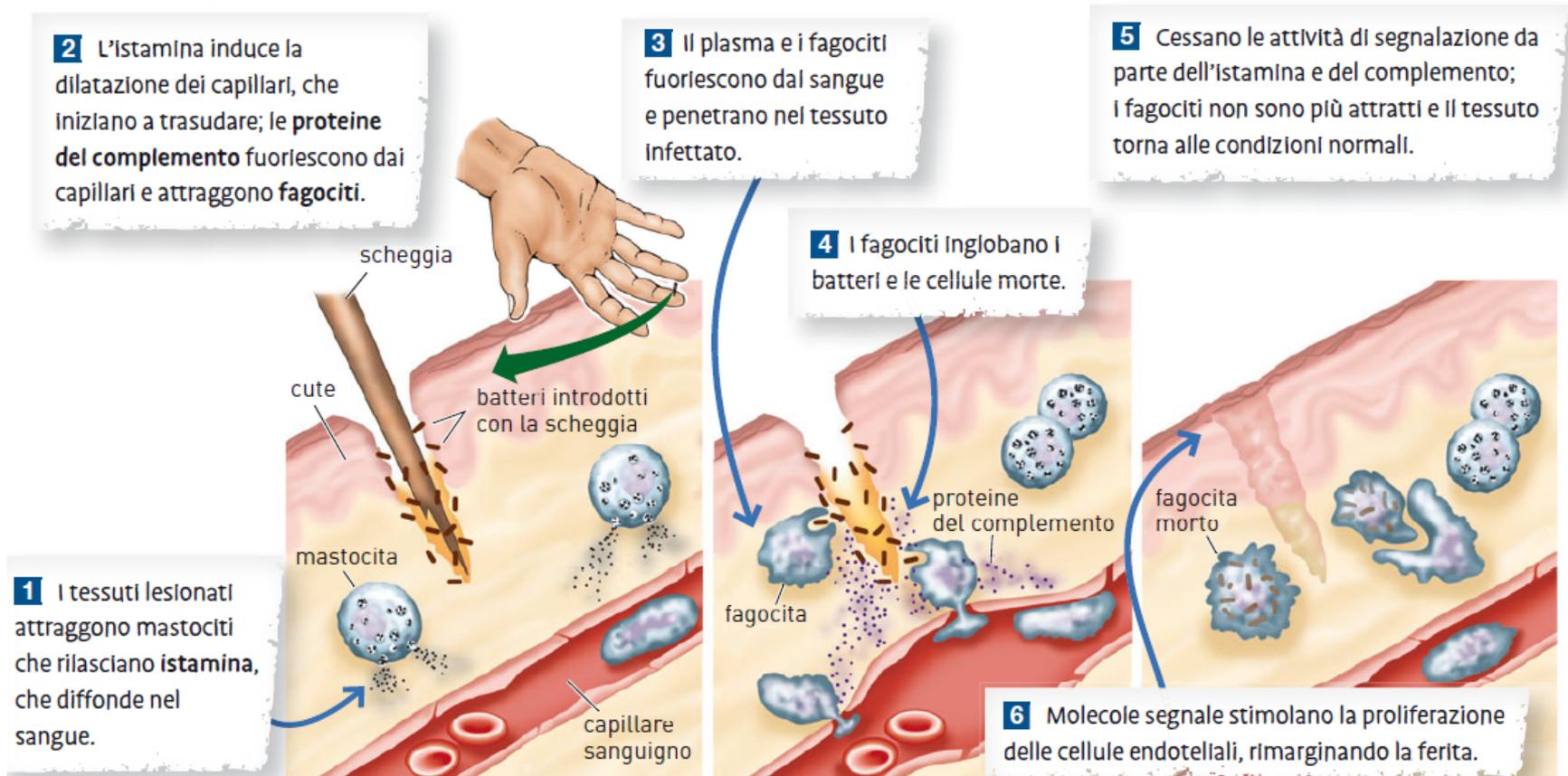


E Le ciglia e il muco intrappolano e allontanano i patogeni.

14. L'immunità innata

Se i microrganismi riescono a penetrare all'interno del corpo, entrano in gioco sistemi di difesa più complessi, aspecifici ma attivi.

Uno di questi è la **risposta infiammatoria**, in cui viene liberata *istamina* e sono coinvolti i *fagociti*. L'infiammazione può essere localizzata, nel caso di una ferita, o estesa, è il caso della febbre.



14. L'immunità innata

Un altro meccanismo di difesa aspecifico attivo è rappresentato dalle **proteine del complemento**.

Si tratta di un gruppo di proteine che si attivano in presenza di patogeni.

Esse agiscono in sequenza con un *meccanismo a cascata*. Ogni proteina contribuisce a distruggere i microrganismi, seppur in modo diverso.

Alcune provocano la *rottura* delle cellule microbiche, altre *contrassegnano* i patogeni rendendoli riconoscibili dai fagociti.

15. L'immunità acquisita

L' **immunità acquisita** rappresenta una linea di difesa specifica che si ottiene entrando in contatto con i patogeni.

Essa consta di una complessa rete di cellule sparse in tutto il corpo.

Questa difesa immunitaria opera principalmente grazie ai **linfociti**, che sono in grado di:

- **riconoscere** l' agente patogeno;
- **sconfiggere** il microrganismo attraverso gli anticorpi e particolari cellule;
- **ricordare** il contatto con il patogeno e mettere in atto una difesa più rapida se il contatto si ripete.

I linfociti circolano nel sangue e distinguono le cellule del nostro corpo (*self*) da quelle estranee (*non self*).

Talvolta però attaccano per errore le cellule del proprio corpo, scatenando così una **malattia autoimmune**.

15. L'immunità acquisita

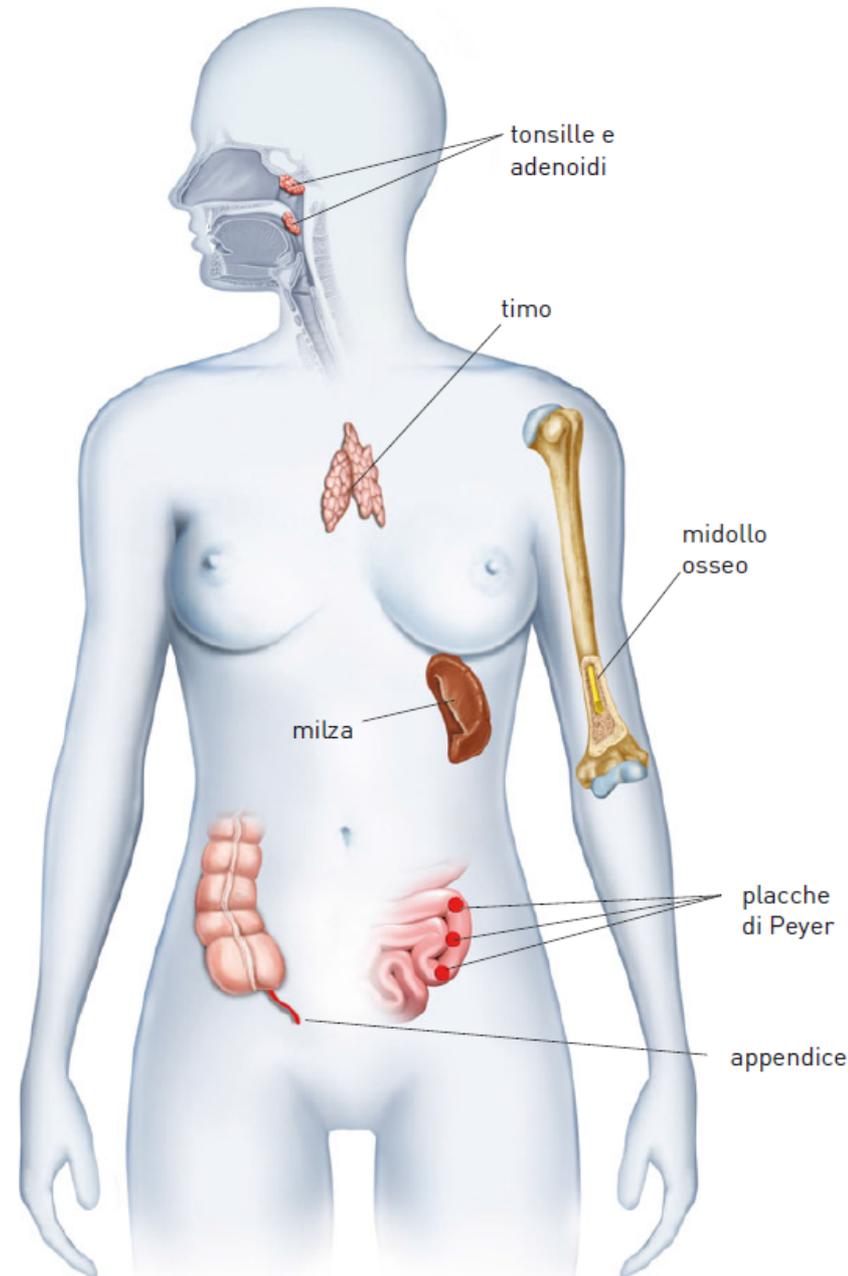
I linfociti sono prodotti dal *midollo osseo rosso* e dal *timo*.

Si trovano localizzati in grandi quantità in alcuni **organi linfatici** (milza, tonsille, adenoidi, linfonodi e alcune parti dell'intestino).

I linfociti si dividono in due tipi:

- **Linfociti B**, restano nel midollo osseo fino alla maturità;
- **Linfociti T**, sono prodotti dal midollo osseo e maturano nel timo.

Ciascun linfocita riconosce un agente estraneo grazie a recettori specifici, che si adattano agli **antigeni** esposti sui patogeni.



16. I linfociti B

I **linfociti B** determinano la *risposta immunitaria primaria*, ovvero la risposta immediatamente successiva al primo contatto con un antigene. Essi generano due tipi di cellule: le plasmacellule e le cellule della memoria.

Le **plasmacellule** producono **anticorpi** (o *immunoglobuline*) specifici in grado di legarsi all' antigene da neutralizzare (*complesso antigene-anticorpo*).

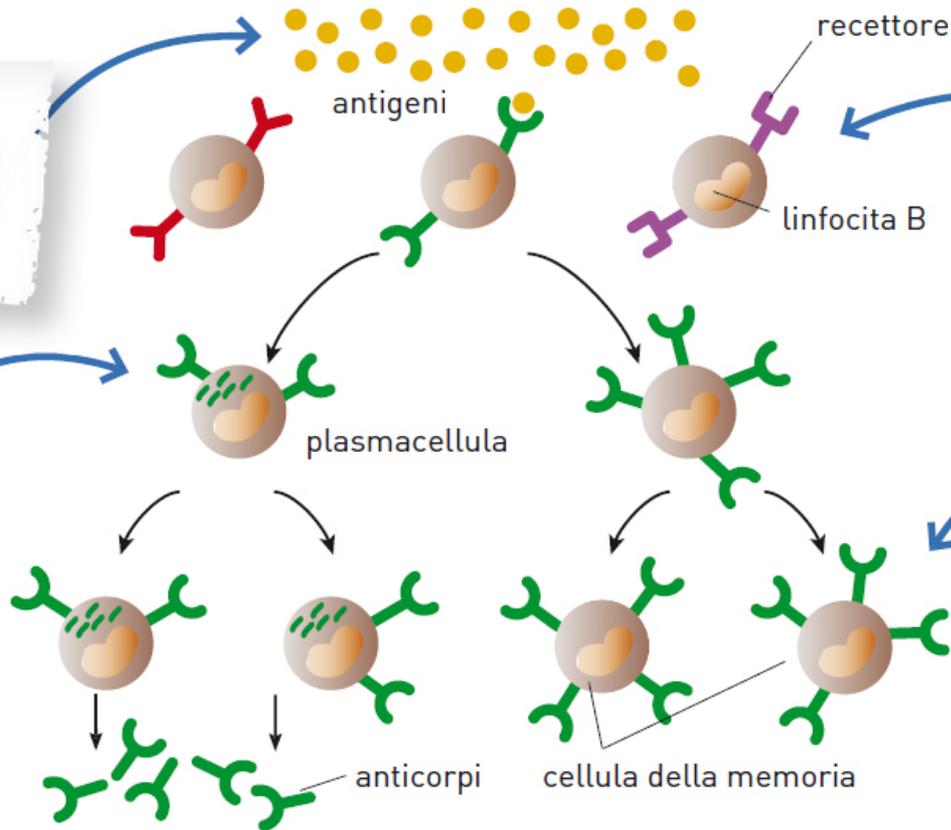
Gli anticorpi sono riversati nel sangue e nella linfa, si parla per questo di **immunità umorale**.

Diversamente dalle plasmacellule, le **cellule della memoria** rimangono in vita decine di anni, mantengono il ricordo dell' antigene e consentono la *risposta immunitaria secondaria*.

16. I linfociti B

Risposta immunitaria dei linfociti B

Gli **antigeni** si legano a specifici recettori presenti solo su un determinato tipo di linfocita B.



I **linfociti B** attivati dagli antigeni si dividono e si trasformano in plasmacellule e cellule della memoria.

Le **cellule della memoria** rimangono in circolazione per molto tempo e mediano la risposta immunitaria secondaria.

Le **plasmacellule** secernono anticorpi.

17. I linfociti T

I **linfociti T** sono responsabili dell' **immunità mediata da cellule**.

Essi si attivano solo se l' antigene presentato sulla superficie delle cellule è legato a speciali proteine dette **proteine MHC**.

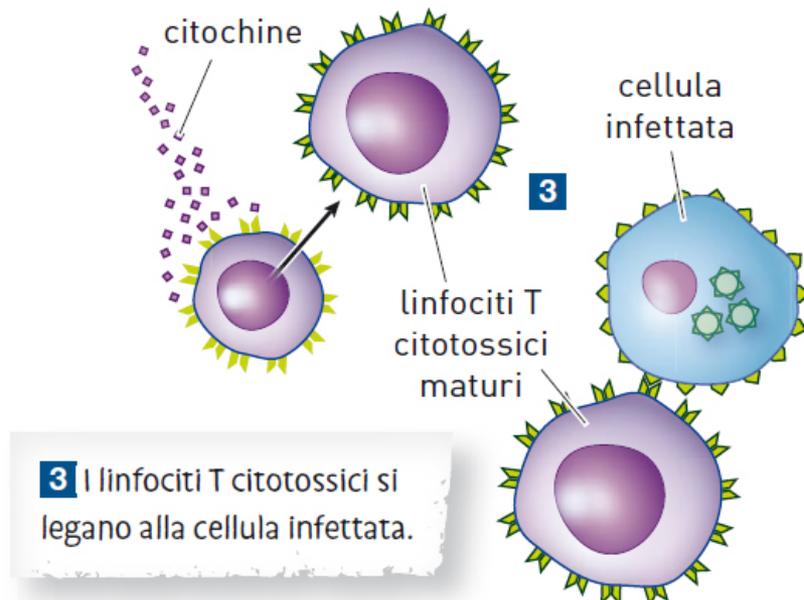
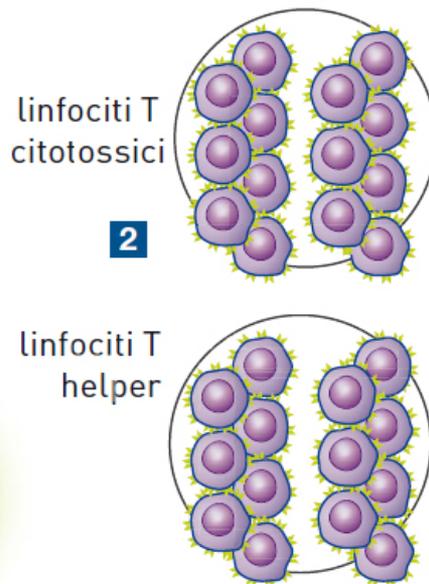
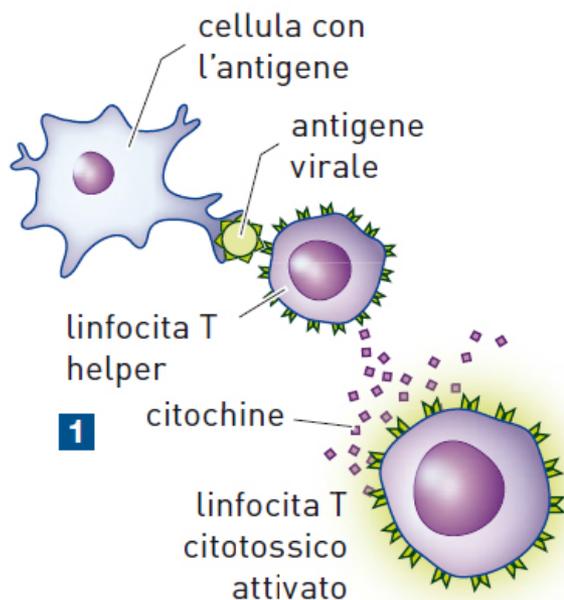
Esistono due tipi di linfociti T:

- **linfociti T helper**, si legano ad antigeni esposti da fagociti e dirigono i linfociti B e i linfociti T citotossici attraverso il rilascio di segnali chimici;
- **linfociti T citotossici**, si legano ad antigeni esposti da cellule infettate e le eliminano attraverso la lisi cellulare.

L' immunità mediata da cellule consiste di una serie di risposte perfettamente concertate, che prevedono anche la formazione di cellule della memoria.

17. I linfociti T

Risposta immunitaria mediata da cellule

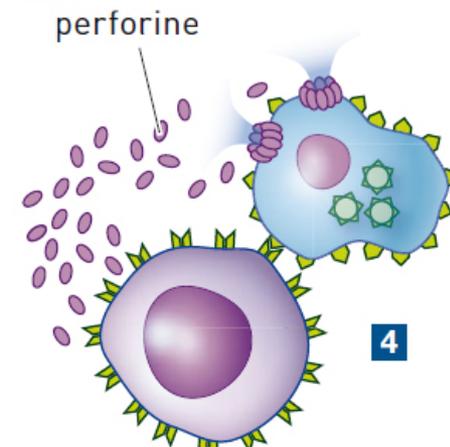


3 I linfociti T citotossici si legano alla cellula infettata.

1 I linfociti T helper legano un antigene estraneo portato da un fagocita, si attivano e rilasciano **citochine**, che attivano i linfociti B e i linfociti T citotossici.

2 I linfociti T helper e citotossici formano un clone di linfociti e cellule della memoria.

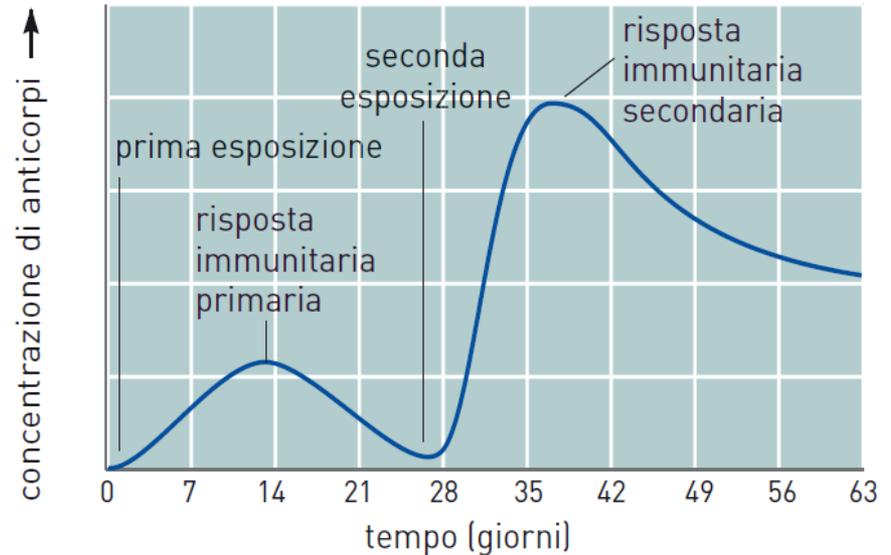
4 I linfociti T citotossici lisano la cellula infetta attraverso la produzione di **perforine**.



18. I vaccini

Un **vaccino** è un prodotto contenete microrganismi (virus o batteri) o parti di essi, trattati in modo da perdere la capacità di scatenare la malattia, ma non quella di innescare la risposta immunitaria.

Il vaccino innesca la produzione, da parte dei linfociti, di cellule attive e cellule della memoria che, in caso di successiva esposizione al virus, determineranno la rapida risposta immunitaria secondaria. Essi possono contenere tossine, virus o batteri *vivi ma «attenuati»* o *inattivati*, o *parti di essi* ottenute con l'ingegneria genetica.



La risposta immunitaria secondaria è molto più veloce della risposta immunitaria primaria.

19. Le reazioni allergiche

Gli **allergeni** sono sostanze solitamente innocue che possono dare origine in alcuni soggetti a **reazioni allergiche**, risposte infiammatorie dovute a ipersensibilità del sistema immunitario.

La maggior parte delle allergie è solo fastidiosa e facilmente curabile.

In alcuni casi però, la reazione allergica può causare *shock anafilattico*, che ha come estreme conseguenze il coma e la morte.

Gli acari, il polline e alcuni alimenti possono essere tra le cause scatenanti, e l'inquinamento atmosferico è tra i fattori che favoriscono l'insorgere di allergie.

La diagnosi di allergia si basa solitamente su un **test cutaneo**, il *prick-test*.