

# UNITÀ 8. Il trasporto

## Il trasporto delle sostanze nell'organismo

Gli esseri viventi hanno la necessità di distribuire l'ossigeno e le sostanze nutritive a tutte le cellule del corpo.

Il trasporto per **diffusione semplice** è un processo lento e può essere efficiente solo per organismi unicellulari o molto semplici. Difatti, gli organismi molto semplici il cui corpo è costituito da poche cellule – come alcuni *phyla* di invertebrati – non hanno bisogno di un apparato circolatorio.

In questi animali, le sostanze nutritive e i gas respiratori diffondono attraverso il fluido intercellulare e raggiungono i tessuti corporei.

Negli esseri umani, come nella maggior parte degli animali, esiste un sistema vero e proprio dedicato al trasporto, l'**apparato circolatorio**, nel quale un liquido specializzato, il **sangue**, consente di portare le sostanze a tutti gli organi del corpo.

L'apparato circolatorio assicura che il sangue arrivi ad ogni cellula grazie ad un sistema di condotti cilindrici, chiamati **vasi**. In corrispondenza degli organi, i vasi si riducono fino a diventare microscopici e a costituire una rete di finissimi **capillari**, capaci di cedere le sostanze nutritive e l'ossigeno alle cellule e di rimuovere le sostanze di rifiuto.

La maggior parte degli invertebrati possiede un apparato circolatorio vero e proprio, provvisto di **cuore**, un organo in grado di fornire la spinta necessaria al sangue per circolare nel corpo.

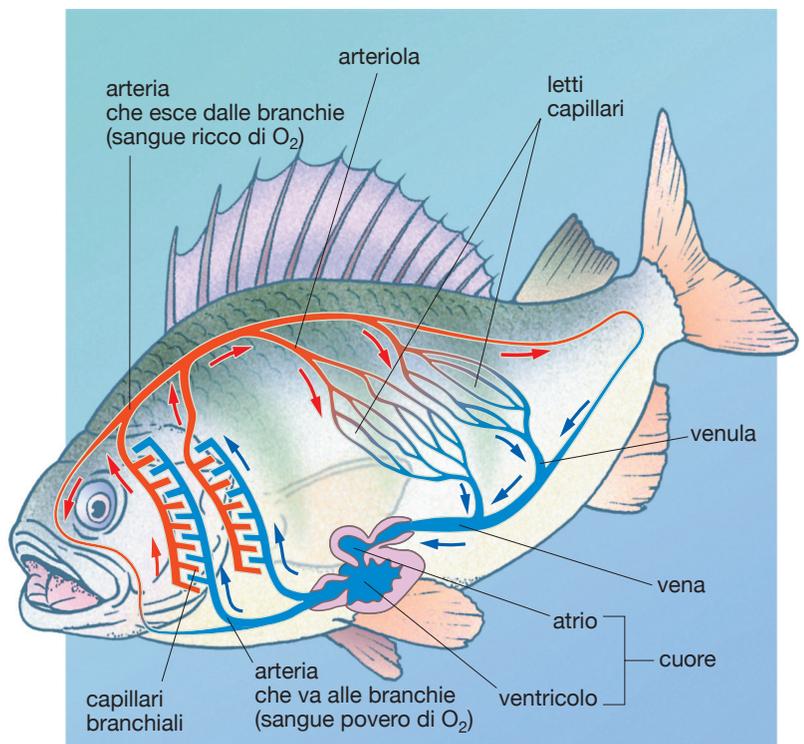
Subito dopo essere uscito dal cuore, il sangue abbandona i **vasi**, che sono aperti, e scorre liberamente negli spazi intercellulari. Il sangue in questi animali è del tutto simile ad un liquido interstiziale – detto *emolinfa* – che si riversa tra i tessuti portando le sostanze nutritive direttamente alle cellule.

Un apparato circolatorio con questo tipo di vasi è chiamato **apparato circolatorio aperto**.

I vertebrati hanno invece un **apparato circolatorio chiuso** cioè una rete chiusa di vasi tubulari in cui il sangue scorre. I vasi sono separati dalle cellule del corpo da microscopici spazi intercellulari riempiti da un **liquido interstiziale**.

La circolazione sanguigna è assicurata dalla continua attività di pompaggio del cuore. Un sistema circolatorio di questo tipo è detto **apparato cardiovascolare** ed è composto da tre tipi di vasi.

1. Le **arterie** trasportano il sangue dal cuore al resto dell'organismo.
2. I **capillari** si infiltrano in ogni organo e tessuto del corpo e grazie alle loro pareti sottilissime permettono lo scambio delle sostanze per diffusione dal sangue alle cellule.
3. Le **vene** riportano il sangue dagli organi al cuore.



## ■ Come avviene la circolazione nei vertebrati

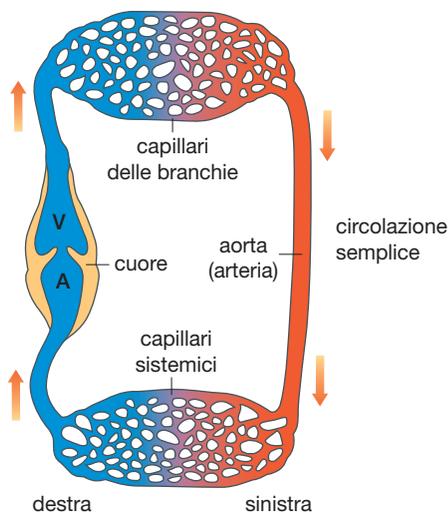
L'apparato circolatorio chiuso dei vertebrati assume forme differenti, legate soprattutto al modo in cui avvengono gli scambi respiratori.

La suddivisione principale si registra tra i **vertebrati acquatici**, che respirano attraverso le branchie, e i **vertebrati terrestri**, che invece respirano tramite i polmoni.

Il sangue, nel percorso all'interno del corpo dei pesci, passa dal cuore soltanto una volta. Dal **ventricolo** (indicato con V nel disegno), il sangue va alle branchie e, attraversando i numerosi *capillari branchiali*, si arricchisce di ossigeno.

Dopo aver attraversato le branchie, il sangue prosegue il proprio percorso verso gli organi dell'animale e attraversa un sistema di capillari, detti *capillari sistemici*, nei quali avviene lo scambio di ossigeno dal sangue alle cellule. Infine, il sangue viene riportato all'**atrio** (indicato con A nel disegno) del cuore tramite le vene.

Questo tipo di circolazione è detta **circolazione semplice**. Essa è possibile in animali come i pesci nei quali, essendo nuotatori, lo scorrimento del sangue all'interno del loro corpo viene facilitato dal continuo movimento.

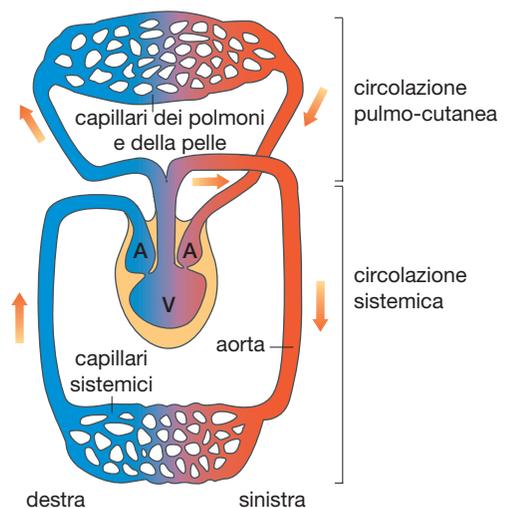


Negli anfibi e nei rettili, il cuore è diviso in tre cavità.

Il *ventricolo* è formato da una sola cavità e pompa il sangue fuori dal cuore. Attraverso un'arteria, che immediatamente fuori dal cuore si biforca, una parte del sangue raggiunge i polmoni per arricchirsi di ossigeno, mentre il resto va agli organi per cedere l'ossigeno alle cellule. In tutti i vertebrati terrestri l'atrio del cuore è diviso in due cavità separate.

1. Il sangue di ritorno dai polmoni (e anche dalla pelle, negli anfibi) entra nell'*atrio sinistro*, il quale si svuota nel ventricolo che pompa di nuovo il sangue verso l'esterno.
2. Il sangue di ritorno dagli organi arriva invece nell'*atrio destro*, che a sua volta si svuota nel ventricolo.

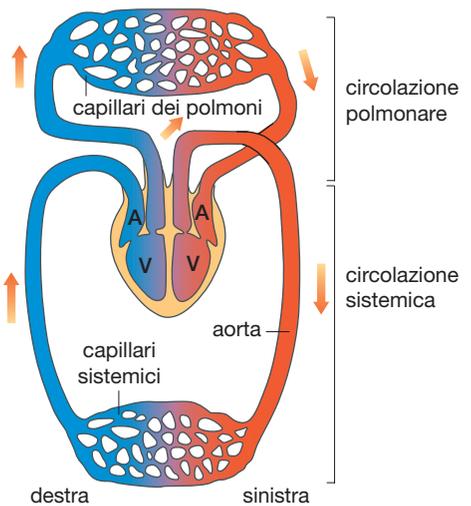
Pertanto nel ventricolo il sangue ossigenato che viene dai polmoni si mescola con il sangue povero di ossigeno proveniente dagli organi del corpo. Il sangue passa due volte dal cuore. Per questa ragione, e per le caratteristiche del cuore, la circolazione di anfibi e rettili è detta **circolazione doppia incompleta**.



# UNITÀ 8. Il trasporto

Negli uccelli e nei mammiferi l'apparato circolatorio è molto simile a quello di anfibi e rettili. La principale differenza riguarda il cuore, che è diviso in quattro cavità e in due metà completamente separate: atrio e ventricolo destro (*cuore destro*) e atrio e ventricolo sinistro (*cuore sinistro*).

Il *ventricolo destro* pompa il sangue verso i polmoni dove è ossigenato; dai polmoni il sangue torna all'*atrio sinistro*, completando la circolazione polmonare. Dall'atrio sinistro, il sangue passa al *ventricolo sinistro* ed è spinto verso gli organi; da questi rientra al cuore, nell'*atrio destro*, completando la circolazione sistemica. Passando infine dall'atrio al ventricolo destro il sangue torna al punto di partenza, completando la **circolazione doppia**.



## ■ L'apparato cardiovascolare umano

Il sistema circolatorio dei mammiferi, e quindi anche quello umano, è un sistema chiuso e a circolazione doppia; esso prende il nome di **apparato cardiovascolare**.

Esso è costituito, oltre che dal cuore, dai **vasi sanguigni**, canali più o meno sottili che portano il sangue dal cuore ai tessuti e dalle diverse parti del corpo lo riportano al cuore.

**A** Il ventricolo destro pompa il sangue in direzione dei polmoni attraverso l'**arteria polmonare**. Questa si biforca appena uscita dal cuore, dirigendosi verso il polmone destro e verso il polmone sinistro.

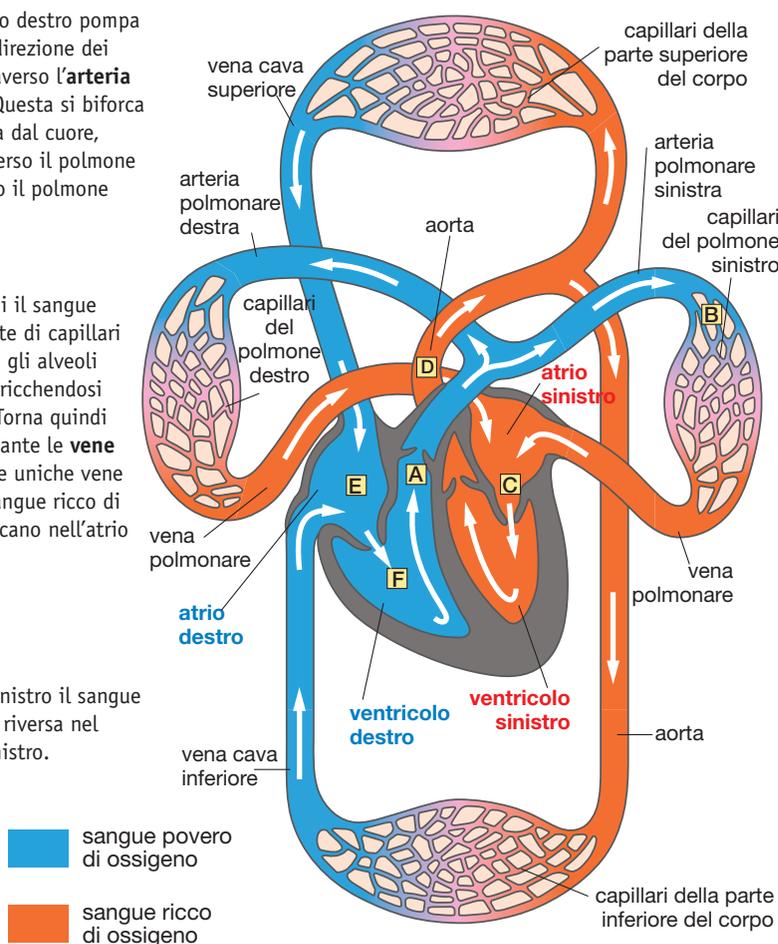
**B** Nei polmoni il sangue percorre la rete di capillari che rivestono gli alveoli polmonari, arricchendosi di ossigeno. Torna quindi al cuore mediante le **vene polmonari** (le uniche vene contenenti sangue ricco di O<sub>2</sub>), che sboccano nell'atrio sinistro.

**C** Dall'atrio sinistro il sangue ossigenato si riversa nel ventricolo sinistro.

**D** Il sangue lascia il cuore passando nell'**aorta**, il vaso più grande del sistema circolatorio. L'aorta si ramifica subito in numerose arterie che portano il sangue sia alla parte superiore del corpo, e quindi al capo, sia alla parte inferiore.

**E** Il sangue, dopo aver portato l'ossigeno alle cellule del corpo, ritorna verso il cuore raccogliendosi nella **vena cava superiore** e nella **vena cava inferiore**. Queste due vene sfociano infine nell'atrio destro.

**F** Dall'atrio destro il sangue si riversa nel ventricolo destro completando la circolazione.



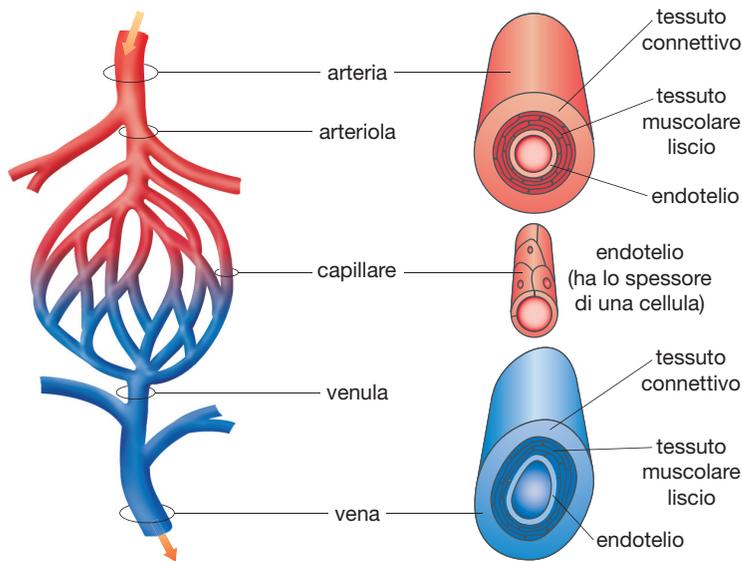
## UNITÀ 8. Il trasporto

Arterie, vene e capillari differiscono per la struttura delle loro **pareti** e per il **lume** (la cavità interna). La morfologia di ciascun tipo di vaso sanguigno è adatta alla funzione che svolge.

1. Le **arterie** conducono il sangue appena uscito dal cuore e hanno un lume piuttosto ridotto. La loro parete è costituita da tessuto muscolare e connettivo ed è dotata di una notevole resistenza ed elasticità.

2. Le **vene** non necessitano di robustezza ed elasticità perché il sangue vi scorre lentamente ed esercita una bassa pressione. Lo strato muscolare è quindi sottile e il lume ampio. Lungo le vene sono presenti delle valvole che impediscono al sangue di rifluire.

3. I **capillari** hanno un lume molto ridotto e formano una rete che si ramifica in corrispondenza degli organi. La funzione dei capillari è quella di permettere lo scambio di sostanze tra il sangue e le cellule e la loro parete è perciò estremamente sottile.



### ■ Il cuore umano

Il **cuore** è l'organo fondamentale del sistema circolatorio, in quanto provvede al pompaggio del sangue a tutte le parti del corpo. Questo organo si trova nella cavità toracica, nello spazio compreso tra i polmoni.

Il cuore è costituito prevalentemente da un tipo di tessuto differente da quello di ogni altro muscolo del corpo. Il **tessuto muscolare cardiaco**, infatti, pur essendo striato (come i muscoli scheletrici) si contrae in modo involontario (come la muscolatura liscia da cui sono costituiti gli organi interni).

Il cuore possiede delle spesse pareti, composte da tre strati differenti.

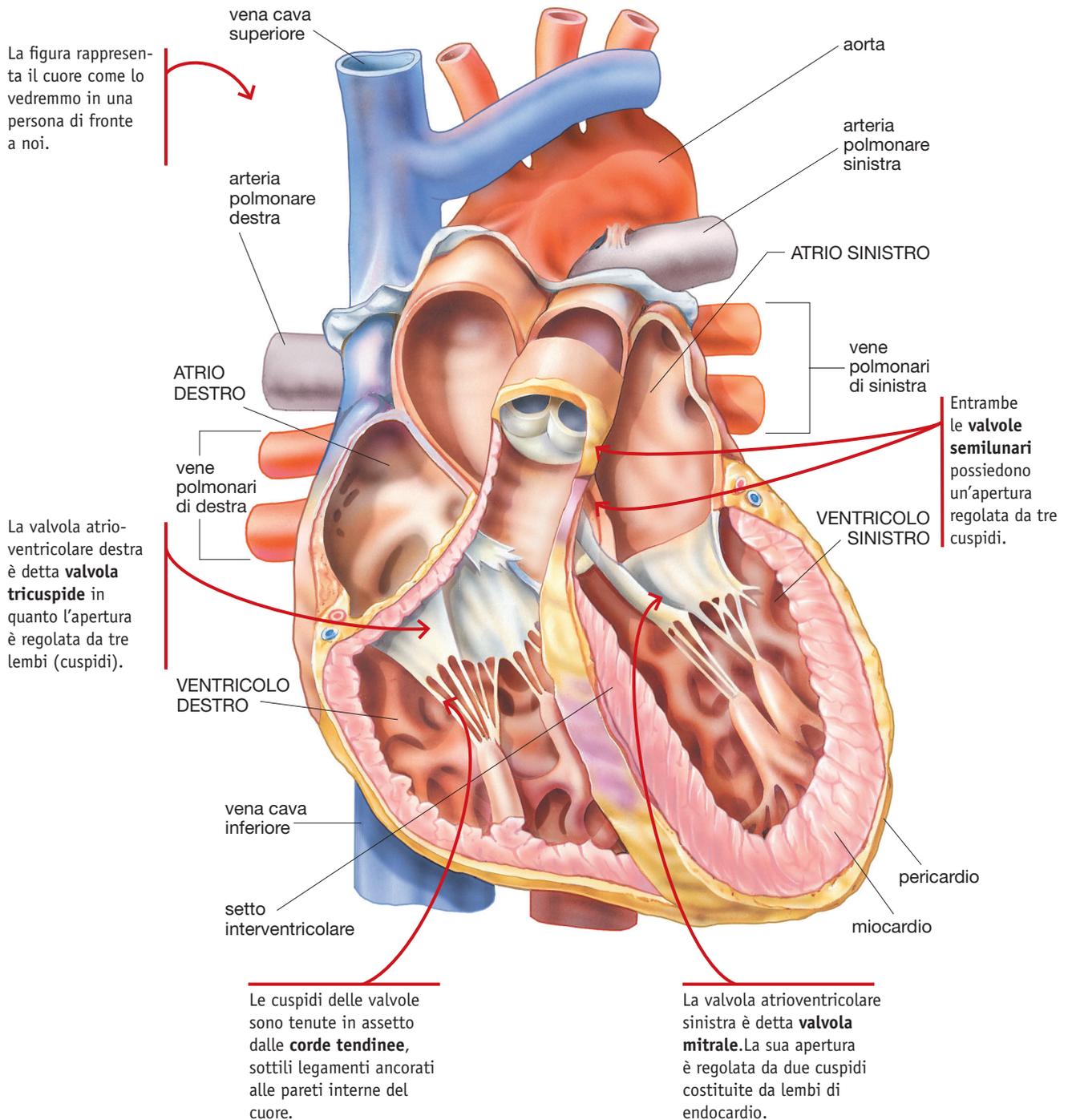
1. Il **pericardio**, lo strato più esterno, è costituito da tessuti di rivestimento. La sua funzione è di proteggere il cuore e di «agganciarlo» agli organi circostanti.

2. Il **miocardio**, lo strato intermedio, è formato da robusti fasci di muscolatura cardiaca (che compiono la contrazione).

3. L'**endocardio**, lo strato più interno, è un tessuto esile e lucido che riveste le cavità interne del cuore.

All'interno del cuore sono presenti diverse **valvole** che, aprendosi e chiudendosi in maniera coordinata, regolano il passaggio del sangue da una cavità all'altra o dall'interno all'esterno del cuore.

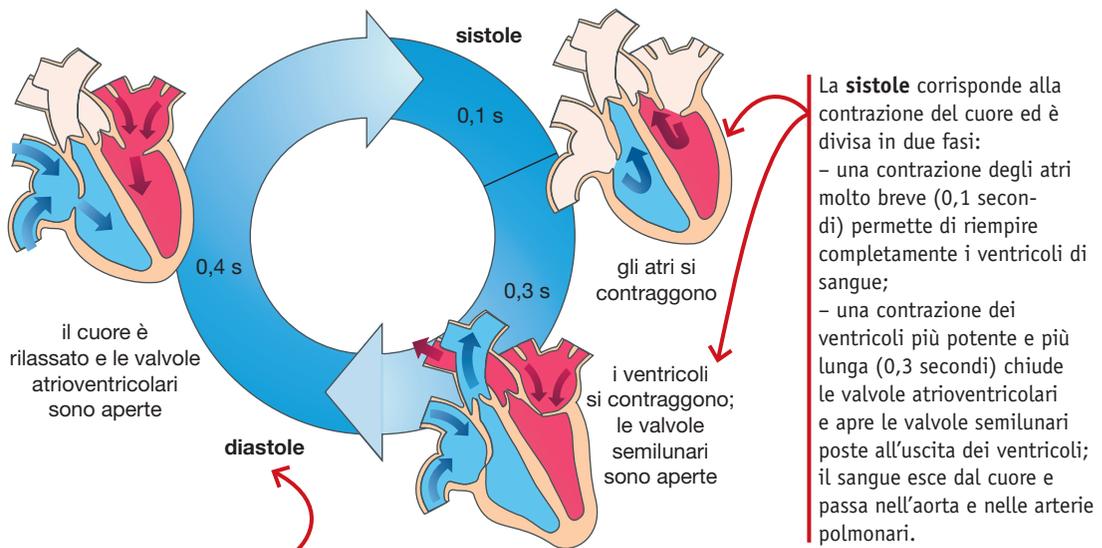
# UNITÀ 8. Il trasporto



L'attività del cuore si compie attraverso il **battito cardiaco**. Ciascun battito è costituito da una fase di contrazione (*sistole*) del muscolo cardiaco alla quale segue una fase di rilassamento (*diastole*).

In una persona sana a riposo il cuore batte circa 70 volte al minuto e la durata media di un ciclo cardiaco è di circa 0,8 secondi.

Gli impulsi elettrici che determinano la contrazione regolare del muscolo cardiaco sono generati da una regione situata sulla parete dell'atrio destro, chiamata **nodo seno-atriale**, o **pace-maker**. Da qui l'impulso si propaga a tutto il cuore.



La **sistole** corrisponde alla contrazione del cuore ed è divisa in due fasi:

- una contrazione degli atri molto breve (0,1 secondi) permette di riempire completamente i ventricoli di sangue;
- una contrazione dei ventricoli più potente e più lunga (0,3 secondi) chiude le valvole atrioventricolari e apre le valvole semilunari poste all'uscita dei ventricoli; il sangue esce dal cuore e passa nell'aorta e nelle arterie polmonari.

La **diastole** corrisponde alla fase di rilassamento del cuore e dura circa 0,4 secondi. Il sangue fluisce dall'esterno del cuore negli atri. Poiché in questa fase le valvole tra atri e ventricoli sono aperte, il sangue tende a riempire – anche se non completamente – i ventricoli.

La **pressione sanguigna** è la forza che il sangue esercita sulle pareti dei vasi. Essa è generata dal battito cardiaco ed è distinta in:

- **pressione massima**, o *sistolica*, prodotta nel momento della contrazione del ventricolo (in media 120-140 mmHg),
- **pressione minima**, o *diastolica*, che si produce nel momento del rilassamento del ventricolo (in media 70-80 mmHg).

La pressione diminuisce allontanandosi dal cuore e nelle vene è praticamente nulla.

Se una persona presenta valori della pressione al di sopra dei 140/90 mmHg si parla di *pressione alta* o **ipertensione**. L'ipertensione è pericolosa in quanto è la fonte di alcuni disturbi dell'apparato cardiovascolare.

## Come è fatto il sangue

Il sangue è un tessuto connettivo, che nel corpo umano può arrivare a un volume di 5-6 litri e costituire circa l'8% del peso. Oltre a rifornire di nutrienti e di ossigeno gli organi e tutte le cellule del corpo, il sangue trasporta sostanze importanti come gli ormoni, gli anticorpi e asporta le sostanze di rifiuto, come l'anidride carbonica.

Il sangue è un fluido omogeneo che, a un'analisi al microscopio, si rivela formato da una componente liquida – il plasma – e da una componente solida costituita da diversi elementi cellulari:

- i **globuli rossi**, la componente solida più abbondante;
- i **globuli bianchi**;
- le **piastrine**.

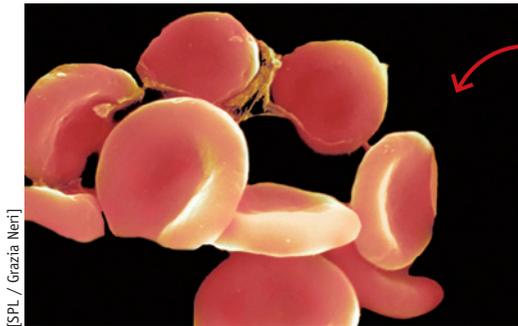
Il sangue è costituito per il 55% del proprio volume dal **plasma**. Esso a sua volta è composto per il 90% d'acqua e per il rimanente 10% da alcune sostanze in soluzione: *gas respiratori* (ossigeno e anidride carbonica), *nutrienti* (zuccheri, grassi e amminoacidi), *ormoni*, ioni inorganici e proteine di vario tipo.

## UNITÀ 8. Il trasporto

Le **proteine plasmatiche** sono i soluti più abbondanti e svolgono diverse funzioni: intervengono nei processi di coagulazione del sangue, proteggono l'organismo dagli agenti nocivi.

I globuli rossi – o **eritrociti** – sono le cellule presenti in maggior numero nel sangue. La funzione dei globuli rossi è quella di trasportare ossigeno. Tale funzione viene svolta grazie al fatto che essi contengono una grande quantità di **emoglobina**, una proteina capace di «legare» molecole di ossigeno.

Nell'adulto i globuli rossi sono prodotti soprattutto dal midollo osseo rosso delle ossa e mediamente restano nel sangue per 3-4 mesi. Se la quantità di emoglobina o il numero di globuli rossi si riduce, si può andare incontro a una patologia detta **anemia**.



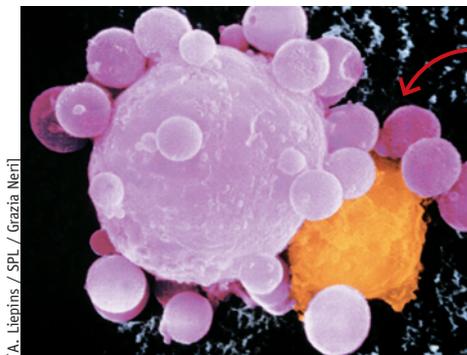
[SPL / Grazia Neri]

I **globuli rossi** sono dei dischi biconcavi, piatti e infossati al centro. Questa forma, assieme alle loro ridotte dimensioni, consente di avere per un volume contenuto una superficie molto estesa. Questo elevato rapporto superficie/volume favorisce la diffusione dell'ossigeno.

I globuli bianchi vengono anche chiamati **leucociti** e hanno il compito fondamentale di *difendere l'organismo* dalle malattie.

La maggior parte delle «battaglie» tra leucociti e agenti nocivi quali virus, batteri, parassiti e cellule tumorali avviene nel liquido interstiziale presente tra le cellule e nel sistema linfatico.

Il sangue funziona soprattutto come veicolo per raggiungere il punto di infezione. I globuli bianchi sono le uniche cellule del sangue complete, cioè provviste del nucleo e degli organuli cellulari, e vengono prodotti nel midollo osseo.



[A. Liepins / SPL / Grazia Neri]

Un **linfocita di tipo T** (di colore arancio, nella foto) mentre attacca una cellula tumorale.

Le piastrine sono frammenti di cellule derivanti da grosse cellule presenti nel midollo osseo: i **megacariociti**. Queste cellule si frantumano dando origine ad un gran numero di pezzetti di citoplasma di forma irregolare e privi di nucleo, che vengono immessi nel circolo sanguigno.

In ogni  $\text{mm}^3$  di sangue sono presenti circa 300 000 piastrine, le quali hanno un ruolo fondamentale nel meccanismo della **coagulazione**.

La coagulazione è il processo che consente al sangue di formare un **coagulo**, cioè una sorta di tappo, nel caso che un vaso presenti una ferita e si verifichi quindi una perdita di sangue.

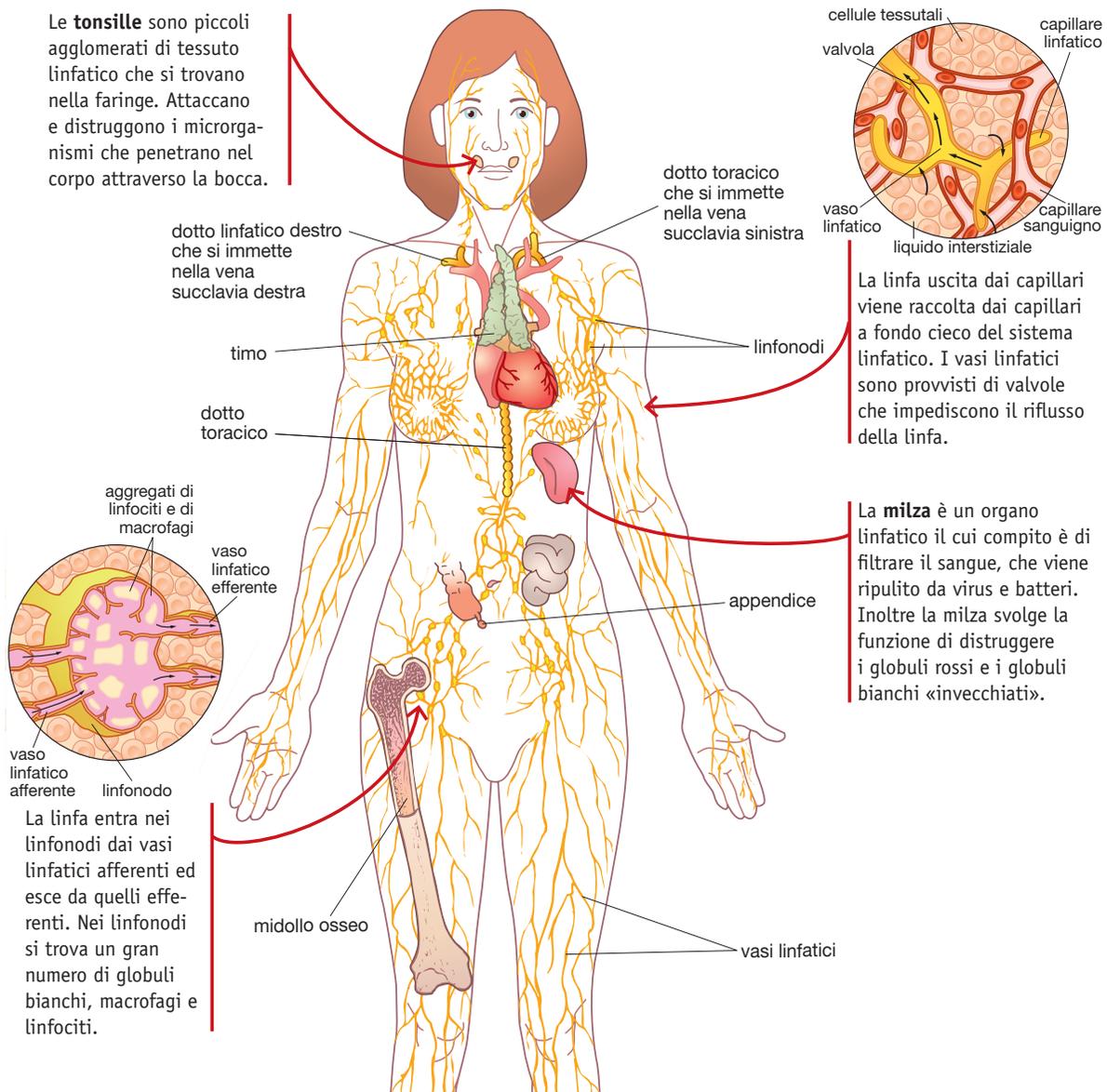
## Il sistema linfatico e le difese dell'organismo

Abbiamo visto che nei capillari, le sostanze nutritive e l'ossigeno abbandonano il sangue per diffondere verso le cellule circostanti. Insieme a loro, anche una parte della frazione liquida del sangue abbandona il sistema circolatorio e si riversa negli spazi interstiziali tra i capillari e le cellule.

Questo liquido, detto **linfa**, che si aggiunge al *liquido interstiziale*, rappresenta soltanto l'1% del sangue che scorre attraverso i capillari, ma, data la rapidità della circolazione, può arrivare in un giorno a un volume di circa 3 litri.

Il **sistema linfatico** è il sistema di vasi che svolge la funzione di ricondurre al sistema cardiocircolatorio il liquido interstiziale. Esso è inoltre la sede nella quale l'organismo combatte le infezioni causate dall'ingresso di agenti estranei potenzialmente nocivi come i virus, i batteri ecc.

Il sistema linfatico è costituito da una fitta rete di **vasi linfatici** che percorrono tutto il corpo, da numerosi **linfonodi** e da una serie di **organi linfatici**: le *tonsille*, il *timo*, la *milza*, l'*appendice* e il *midollo osseo*.



I vasi linfatici trasportano dai tessuti al sangue la linfa: una soluzione acquosa contenente sali minerali e proteine plasmatiche fuoriuscite dal circolo sanguigno. I vasi più piccoli (capillari linfatici) si uniscono a formare i **dotti linfatici**. I due dotti principali sfociano nell'apparato circolatorio all'altezza delle vene succlavie, due grosse vene poste alla base del collo.

I capillari linfatici sono piuttosto permeabili e vengono pertanto facilmente penetrati da virus e batteri. Per questa ragione il sistema linfatico è la sede dove le difese dell'organismo combattono la loro battaglia contro le infezioni. Ciò avviene soprattutto nei linfonodi, piccoli noduli lunghi meno di 2,5 cm, presenti in tutto il corpo ma concentrati soprattutto nelle ascelle, nel collo e nell'inguine. La loro funzione è di filtrare la linfa trasportata dai vasi linfatici e in particolare di ripulirla da virus e batteri.

Il sistema di protezione di un organismo complesso è composto da diverse «linee» di difesa. Le **difese non specifiche** non distinguono un invasore dall'altro. La prima linea di difesa non specifica è di tipo meccanico ed è fornita dalla **pelle** e dalle **mucose**. Qualora la barriera meccanica sia superata vi sono altri sistemi di difesa non specifici: la **risposta infiammatoria** e la **febbre**.

Se si produce una ferita esposta all'ingresso di batteri, particolari cellule del connettivo liberano diversi tipi di molecole, tra le quali l'*istamina*. Essa induce la dilatazione dei vasi sanguigni e quindi un maggior afflusso di sangue, determinando i sintomi infiammatori. Un gran numero di globuli bianchi è richiamato nell'area interessata per fagocitare i batteri presenti.

Un particolare tipo di globuli bianchi, i **macrofagi**, sono in grado di fagocitare qualsiasi tipo di batterio e costituiscono una difesa contro tutti i tipi di infezione.

Qualora i batteri entrino nel corpo e nella circolazione sanguigna, la risposta più comune da parte dell'organismo è l'aumento della temperatura corporea, o febbre.

### ■ Il sistema immunitario e le difese specifiche

Le difese non specifiche dell'organismo possono non bastare a debellare i microrganismi che riescono a penetrare nel corpo umano. Esiste quindi un sistema di difesa più efficiente, il **sistema immunitario**, che agisce in maniera specifica contro gli invasori.

Il sistema immunitario non è identificabile con un organo in particolare o con una parte anatomica: esso è caratterizzato da diverse cellule che circolano nel corpo attraverso il sangue, il liquido interstiziale e il sistema linfatico.

La **risposta immunitaria** viene attivata dalla presenza di un **antigene**, cioè di una qualsiasi sostanza estranea. Se il sistema immunitario rileva la presenza di un antigene incrementa il numero di globuli bianchi, ma soprattutto produce particolari proteine: gli **anticorpi**.

Per esempio, funzionano da antigeni le proteine o gli zuccheri presenti sulla superficie di virus, batteri, spore e cellule tumorali. Gli anticorpi si legano all'antigene e favoriscono la distruzione di queste cellule (o virus) da parte dei globuli bianchi.

In altri casi, gli anticorpi provocano direttamente dei cambiamenti nell'ospite, in modo da renderlo inattivo o distruggerlo.

Il nostro sistema immunitario è dotato di «memoria». Questa è la ragione per cui, una volta che ci si è ristabiliti da alcune malattie, si è immuni a un successivo contagio.

La memoria del sistema immunitario viene utilizzata per conferire all'organismo umano l'immunità ad alcune gravi patologie. Il sistema delle **vaccinazioni** si basa sul fatto che non vi è nessuna differenza nella risposta immunitaria se l'antigene invade l'organismo in maniera naturale o se viene iniettato artificialmente.

### ■ Il trasporto nelle piante

Le piante hanno la necessità di trasportare i liquidi dalle radici, dove vengono assorbiti, al fusto e alle foglie, dove avviene la fotosintesi; viceversa devono ridistribuire gli zuccheri prodotti nelle foglie a tutte le cellule dell'organismo vegetale.

Le piante più complesse – erbe, arbusti e alberi – hanno un **sistema vascolare** specializzato nel trasporto dell'acqua e delle sostanze in essa disciolte.

Le radici assorbono la cosiddetta *linfa grezza*, una soluzione di sali inorganici disciolti in acqua. Con la fotosintesi, la linfa si trasforma in una soluzione ricca di zuccheri e proteine da distribuire a tutte le cellule.

Lo **xilema** trasporta l'acqua e gli ioni inorganici dalle radici alle foglie. Le cellule dello xilema hanno vita brevissima e muoiono immediatamente dopo la loro formazione. Subito dopo la morte, le cellule si trasformano in microscopici tubi per il passaggio della linfa. La loro parete, formata da cellulosa, è piuttosto robusta e rigida, e permette allo xilema di fornire sostegno alla pianta.

Il **floema** distribuisce l'acqua arricchita di zuccheri grazie a dei vasi chiamati *tubi cribrosi*. Queste cellule restano in vita a lungo.

Le piante riescono a far salire l'acqua dalle radici alle foglie senza possedere nessun organo che, analogamente ad una pompa, fornisca l'energia necessaria alla conduzione del liquido.

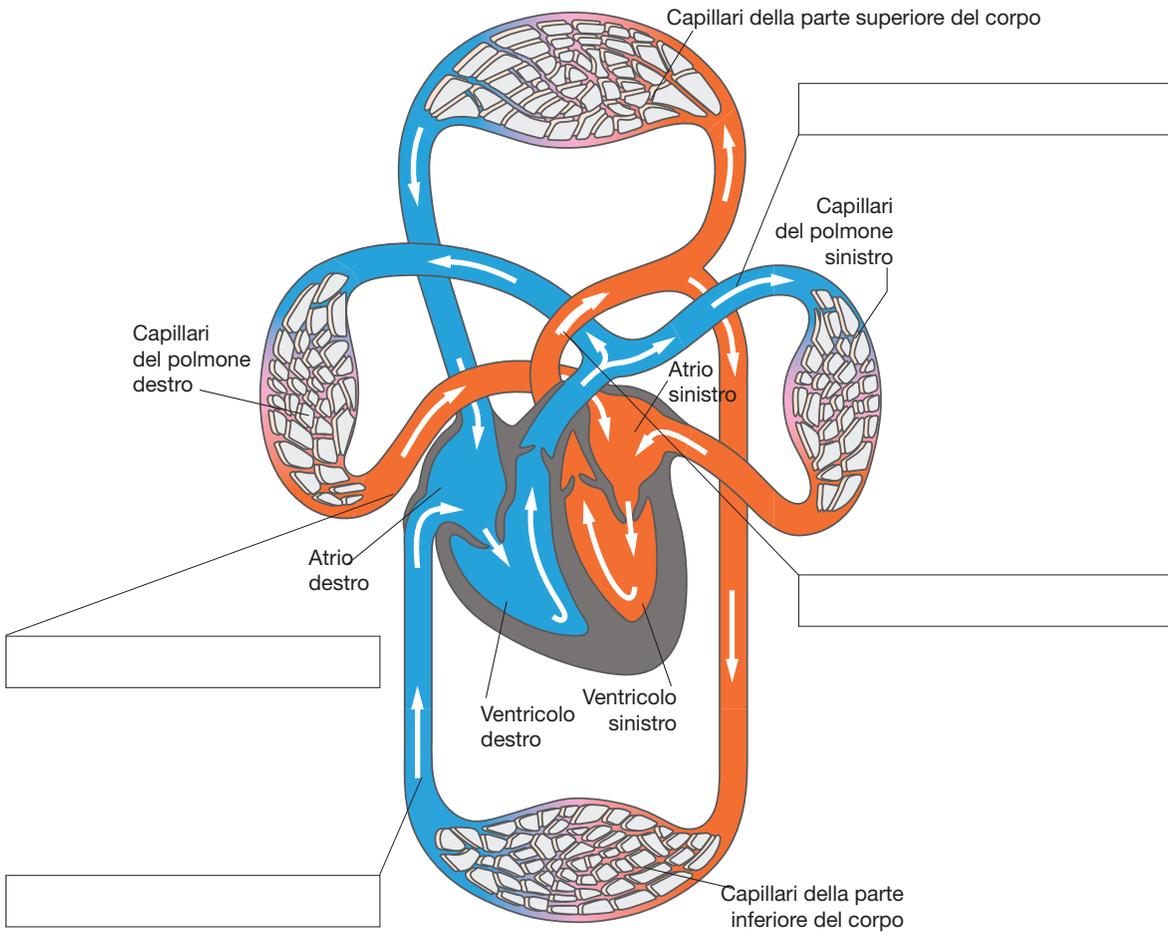
L'acqua non viene spinta dal basso ma «tirata» dall'alto. La trazione che risucchia l'acqua dalle radici e che dà origine a tutto il meccanismo di risalita è generata dall'**evapotraspirazione**. La risalita del liquido è favorita dalla **coesione**, la forza che tiene unite le molecole dello stesso tipo, e dall'**adesione**, la forza che tiene unite molecole diverse.

Questo meccanismo sfrutta le proprietà fisiche dell'acqua ed è favorito dalla forma sottile e allungata delle cellule vascolari.

Nella sezione di un tronco si distinguono la **corteccia**, piuttosto sottile ed esterna, che ha funzione di protezione, e il **legno**, formato da anelli concentrici, che occupa la maggior parte del tronco. Il legno si forma grazie all'attività del **cambio vascolare**, un tessuto costituito da un sottile strato di cellule situato tra floema e xilema. Le cellule del cambio conservano la capacità di duplicarsi per tutta la vita della pianta e sono quindi responsabili della crescita del tronco.

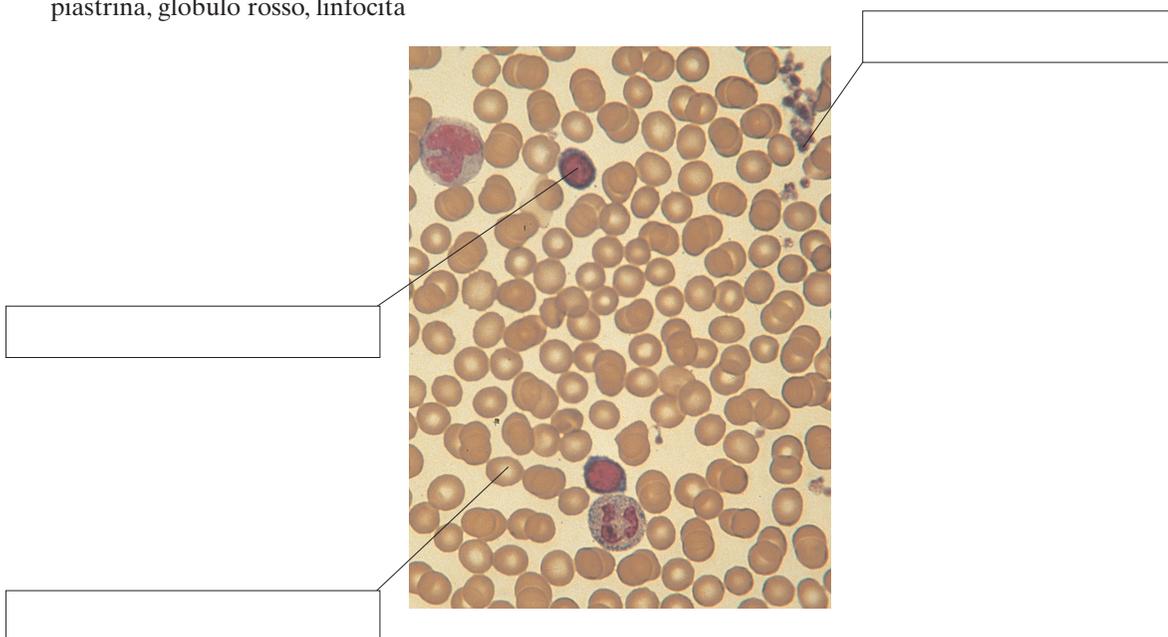
# UNITÀ 8. Il trasporto

**1** Completa la figura relativa all'apparato circolatorio utilizzando i termini seguenti: arteria polmonare sinistra, vena polmonare, aorta, vena cava inferiore.



**2** Indica le componenti del sangue riconoscibili nella foto.

Pensando alle dimensioni e al numero, scegli tra:  
piastrina, globulo rosso, linfocita



### 3 Completa le seguenti frasi scegliendo i termini corretti tra quelli indicati nei corrispondenti riquadri.

A. Il ..... è l'organo che assicura la spinta del sangue lungo l'apparato circolatorio ed è diviso in due cavità: ..... , che riceve il sangue dalle vene, e ..... , che pompa il sangue nelle arterie.

cuore, arteria, atrio, ventricolo, vena, circolazione

B. In corrispondenza degli ..... , i vasi costituiscono una rete di ..... dove, per ..... , vengono cedute le sostanze nutritive alle cellule circostanti.

capillari, arterie, osmosi, cuore, organi, apparati, diffusione

C. La fase corrispondente al rilassamento cardiaco viene detta ..... . In questa fase il sangue fluisce dall'esterno del cuore verso .....

diastole, sistole, pressione, i ventricoli, gli atri, le arterie

D. Le vene sono caratterizzate da ..... ampio e parete muscolare ..... in quanto il sangue vi scorre molto .....

lume, capillare, atrio, sottile, velocemente, spessa, lentamente

E. Il ..... costituisce la parte ..... del sangue ed è formato da acqua in cui sono disciolti i gas respiratori, alcuni sali e .....

globuli, sangue, liquida, solida, proteine, acidi nucleici, plasma

F. Il sistema ..... è costituito da una serie di vasi che percorrono tutto il corpo e da numerosi ..... , piccoli noduli che filtrano la linfa.

onfiammatorio, immunitario, linfatico, anticorpi, linfonodi, plasmacellule