

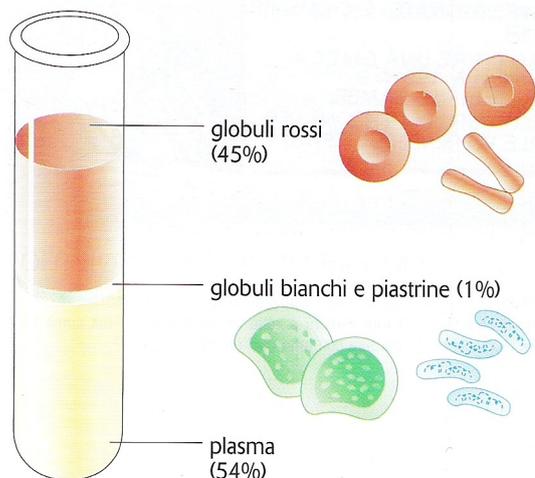
# 8 L'apparato cardiocircolatorio

L'apparato **cardiocircolatorio** è costituito da un complesso sistema di vasi sanguigni, entro i quali scorre il sangue, e da un organo propulsore, il cuore.

Questo apparato è il responsabile del trasporto in tutto l'organismo dell'ossigeno, che è un elemento fondamentale per l'esistenza delle cellule: esse verranno così nutrite e potranno garantire la sopravvivenza dell'individuo. Oltre che al trasporto di ossigeno il sangue provvede alla rimozione delle sostanze di rifiuto prodotte dal metabolismo cellulare, che vengono trasportate agli organi deputati alla loro eliminazione.

## 8.1 Il sangue

Il disegno evidenzia la proporzione fra le componenti del sangue: liquida (*plasma*) e corpuscolata (*globuli rossi, globuli bianchi e piastrine*).



Il sangue è un tessuto connettivo liquido che trasporta a tutte le cellule i *materiali nutritivi* assorbiti durante la digestione, l'*ossigeno* necessario alle funzioni vitali delle cellule, gli *ormoni* e gli *enzimi* secreti dalle ghiandole (fegato, pancreas, ipofisi ecc.) che hanno il compito di regolare l'attività di tessuti e organi. Inoltre, esso raccoglie e porta agli organi escretori i *prodotti di rifiuto* dei tessuti, provvede a *distribuire calore* a tutto il corpo e svolge un'importantissima funzione di *difesa dell'organismo* (insieme al sistema linfatico) dalle aggressioni degli agenti patogeni (virus, batteri e altri agenti infettivi) che possono penetrare nella circolazione sanguigna o insediarsi nei tessuti.

Il sangue si compone di una parte liquida e di una parte solida (detta *corpuscolata*).

La parte liquida, che rappresenta il 54% del totale, è denominata **plasma**. È costituita per il 99% di acqua, in cui sono disciolti proteine, zuccheri, sali minerali e altre sostanze. È proprio grazie a questa componente liquida che le sostanze di nutrimento e di rifiuto possono circolare nei vasi e raggiungere tutte le cellule del corpo. Il plasma è l'elemento in cui galleggiano i corpuscoli cellulari del sangue.

La componente corpuscolata, che costituisce il restante 46% del sangue, è formata da tre tipi di cellule: i **globuli rossi** (45%), i **globuli bianchi** e le **piastrine** (1%).

I **globuli rossi** (o *emazie* o *eritrociti*) si formano soprattutto nel midollo osseo; quelli vecchi sono distrutti dal fegato e dalla milza. Contengono un'importante so-

stanza, l'*emoglobina*, che in presenza di ferro fissa l'ossigeno dai polmoni per poi cederlo ai tessuti.

I **globuli bianchi** (o *leucociti*) sono prodotti principalmente nel midollo osseo e nel timo e hanno la fondamentale funzione di difendere l'organismo inglobando (tramite la *fagocitosi*) e distruggendo batteri ed altri elementi estranei.

Le **piastrine** sono determinanti nei fenomeni di coagulazione del sangue.



## Salute e solidarietà

### Donare il sangue

Sono sempre più numerose le persone che, spesso riunite in associazioni, svolgono attività volontaria e gratuita a favore della collettività. Si tratta di una realtà che si esprime in tanti modi diversi e che ci permette di toccare con mano la generosità, la disponibilità e l'altruismo di chi non esita a mettere a disposizione degli altri il proprio tempo libero e le proprie risorse. Fra le varie forme in cui si esprime la solidarietà nei confronti di chi è più debole o svantaggiato, vogliamo occuparci della donazione di sangue. Negli ultimi anni il numero delle donazioni è aumentato; tuttavia anche il fabbisogno è notevolmente cresciuto in relazione ai progressi della medicina, che richiede quantitativi di sangue sempre maggiori. Nel nostro paese non si è ancora raggiunta l'autosufficienza, tanto che bisogna importare sangue dall'estero.

Ma chi ha bisogno di sangue? Per fare solo alcuni esempi, necessitano di sangue gli anziani con ridotta produzione di globuli rossi, i malati di tumore sottoposti a chemioterapia, i trapiantati d'organo e di midollo, le vittime di incidenti sulla strada e sul lavoro, gli anemici, chi soffre di malattie del sangue.

**Può essere donatore** chi ha un'età compresa fra i 18 e i 60 an-

ni (talora anche 65), ha la pressione minima fra 60 e 110 mm/Hg e la massima fra 110 e 180 mm/Hg, pesa almeno 50 kg, è in buona condizione di salute e presenta valori di emoglobina (la proteina che trasporta l'ossigeno) adeguati.

Chi vuole donare deve preventivamente sottoporsi a una **visita medica** e ad alcune **analisi**. Infatti, è importante verificare che il donatore sia sano e che le sue condizioni fisiche lo rendano idoneo al prelievo di sangue. Questi controlli vengono eseguiti presso il centro trasfusionale.

Al donatore vengono prelevati circa 450 ml di sangue; poiché abbiamo in circolo 5-6 litri di sangue, questa perdita non crea problemi.

In genere le donazioni sono ben tollerate. Non c'è rischio di contrarre infezioni; tutt'al più possono verificarsi piccoli ematomi nella sede del prelievo e si può avvertire talora senso di nausea e vertigine (spesso su base emotiva).

Ad ogni donazione, il sangue del donatore viene sottoposto a una serie di controlli, relativi alla ricerca di alcuni virus (HIV, epatite B, epatite C, sifilide) e di anticorpi irregolari antieritrociti (che distruggono i globuli rossi).

### La donazione di midollo osseo

Il midollo osseo è il tessuto contenuto nella cavità delle ossa (da non confondere col midollo spinale, che è parte del sistema nervoso), deputato alla produzione degli elementi cellulari del sangue (globuli rossi, globuli bianchi, piastrine). Le cellule del midollo osseo hanno la capacità di replicarsi; il loro numero resta dunque invariato per tutta la vita, anche nel caso che vengano prelevate per una donazione.

Vi sono delle malattie che rendono il midollo incapace di produrre le cellule del sangue, per esempio la leucemia, ed è proprio per curare queste malattie, un tempo inguaribili, che si ricorre al **trapianto di midollo**.

Il midollo osseo può essere trapiantato solo se vi è compatibilità fra donatore e ricevente. Diversamente, il sistema immunitario (che difende l'organismo non solo da batteri o agenti infettivi ma anche da tessuti e/o organi estranei) del ricevente attacca e distrugge le cellule estranee del midollo trapiantato.

Per determinare la compatibilità si eseguono più prelievi di sangue che servono a identificare la tipologia del midollo da trapiantare.

Date le moltissime possibilità di combinazioni antigeniche esistenti, fra due soggetti estranei vi è una possibilità di compati-

bilità su 400.000; i fratelli, che hanno patrimonio genetico simile, hanno una possibilità su quattro di essere compatibili; i genitori rispetto ai figli invece una su 200.000.

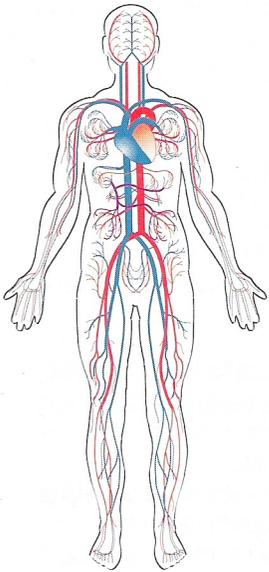
Il prelievo del midollo (sangue midollare) viene effettuato mediante ripetute punture delle creste iliache (ossa del bacino). Poiché si tratta di punture ossee, il prelievo viene eseguito in anestesia totale; dura, di norma, meno di un'ora.

Dopo il prelievo, il donatore rimane in ospedale due giorni. Il rischio dell'anestesia è estremamente basso; il dolore locale è modesto (bastano semplici antidolorifici per sedarlo) e la ripresa della normale attività avviene dopo pochi giorni.

Il midollo prelevato è in quantità limitata rispetto al fabbisogno dell'organismo e si riforma in pochi giorni. Le cellule midollari prelevate dal donatore vengono somministrate al ricevente per via endovenosa, in maniera simile ad una normale trasfusione di sangue.

**Può donare il midollo** chiunque abbia un'età compresa fra i 18 e i 35 anni, sia sano, non abbia sofferto di malattie tumorali, non sia affetto o portatore sano di malattie infettive o contagiose (epatite, AIDS), non appartenga a gruppi a rischio per queste malattie.

## 82 La circolazione sanguigna



Il sangue circola in un sistema chiuso e continuo di vasi composto da:

- arterie;
- vene;
- capillari.

Il sangue che circola nelle *arterie* ha direzione centrifuga, cioè si dirige dal cuore verso i vari organi; nelle *vene* ha direzione centripeta, cioè va dagli organi al cuore. I *capillari* sono una fittissima rete di vasi microscopici che si dipartono dalle arterie e dalle vene e le collegano, irrorando tutti i tessuti.

È proprio attraverso le sottilissime pareti dei capillari che avvengono gli scambi fra sangue e tessuti: la cessione di ossigeno e l'acquisizione di sostanze di scarto prodotte dal metabolismo tessutale (anidride carbonica e altro). Questa è la *respirazione cellulare* legata alla *grande circolazione*.

Sempre attraverso i capillari, a livello dell'alveolo polmonare si attua un altro scambio: il sangue ricco di anidride carbonica la cede all'alveolo acquisendo ossigeno (*respirazione polmonare* legata alla *piccola circolazione*).

### Arterie principali

Nome	Origine	Territorio d'irrorazione
Anonima	Arco dell'aorta	Quello dei suoi rami
Aorta	Ventricolo sinistro del cuore	Sistema della grande circolazione
Ascellare	Succlavia	Torace e radice dell'arto superiore
Carotide comune	Dall'arteria anonima (a destra); dall'arco dell'aorta (a sinistra)	Quello dei suoi rami
Carotide esterna	Carotide comune	Collo, faccia, regioni craniche superficiali
Carotide interna	Carotide comune	Parte anteriore e superiore dell'encefalo, globo oculare e suoi annessi
Tronco celiaco	Aorta addominale	Fegato, stomaco, esofago, milza, pancreas
Coronaria destra	Arco dell'aorta	Miocardio
Coronaria sinistra	Arco dell'aorta	Miocardio
Femorale	Iliaca esterna	Arto inferiore
Iliaca comune	Aorta addominale	Quello dei suoi rami
Iliaca esterna	Iliaca comune	Parte inferiore della parete anteriore dell'addome
Iliaca interna	Iliaca comune	Organi del piccolo bacino
Mesenterica superiore	Aorta addominale	Organi addominali
Mesenterica inferiore	Aorta addominale	Canale intestinale
Omerale	Ascellare	Arto superiore
Polmonare	Ventricolo destro del cuore	Sistema della piccola circolazione
Renale	Aorta addominale	Rene, capsula surrenale
Succlavia	Dall'arteria anonima (a destra); dall'arco dell'aorta (a sinistra)	Parte posteriore dell'encefalo, collo, torace

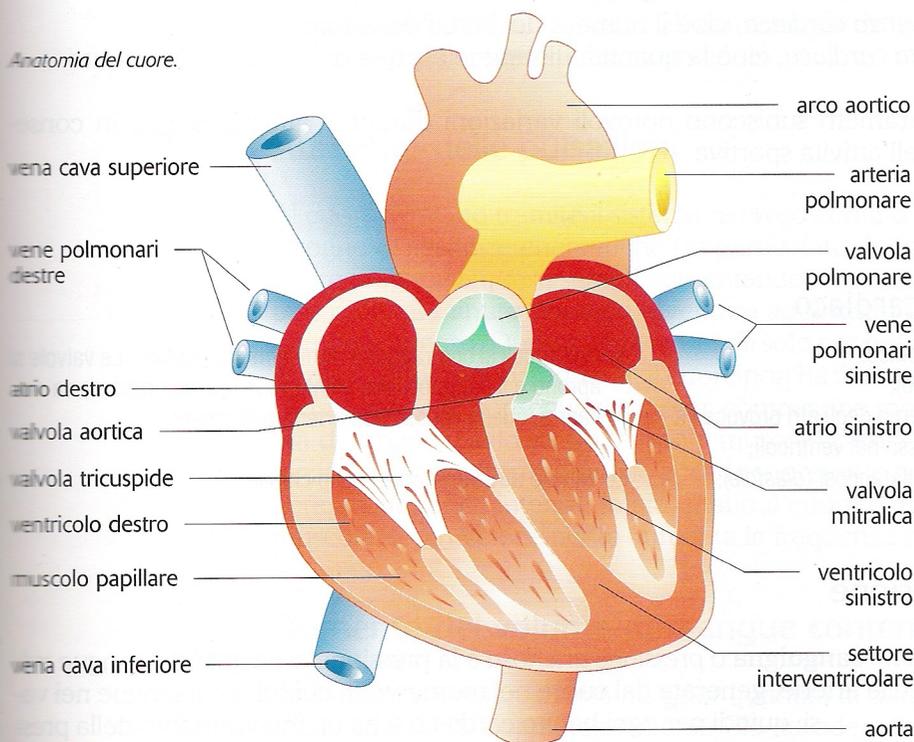
### Vene principali

La **vena cava discendente** raccoglie il sangue proveniente dalle parti superiori del corpo, la **vena cava ascendente** raccoglie il sangue proveniente dalle parti inferiori del corpo. Di solito i tronchi venosi hanno lo stesso nome delle arterie alle quali si accompagnano come satelliti. Il **sistema venoso portale** connette la parete dell'intestino tenue con il fegato.

## 8.3 Il cuore

L'organismo ha bisogno di una pompa per far circolare il sangue. È necessario che la pompa sia potente affinché il sangue si diffonda in tutto il corpo. Questo compito di propulsione del sangue è svolto dal cuore, che contraendosi ritmicamente spinge il sangue carico di ossigeno e di sostanze nutritive in tutto il corpo, rilasciandosi lo «aspira» dal sistema venoso.

Anatomia del cuore.



Il cuore è un robusto muscolo dotato di fibre striate (che, come vedremo a p. 73, hanno capacità contrattile non volontaria ma autonoma). Un setto longitudinale lo divide internamente in cuore destro e cuore sinistro. Ciascuna di queste parti è a sua volta suddivisa in due cavità: l'**atrio** nella parte superiore e il **ventricolo** in quella inferiore. La parte destra e la parte sinistra (che non comunicano fra loro) svolgono compiti specifici: la prima raccoglie il sangue carico di anidride carbonica proveniente da tutto il corpo e lo spinge nei polmoni (*piccola circolazione*); la seconda riceve dai polmoni il sangue depurato e ricco di ossigeno e lo spinge in tutto il corpo (*grande circolazione*).

Dai ventricoli partono le arterie; negli atri sboccano le vene.

Il sangue viene raccolto negli atri (nell'atrio destro quello che proviene dall'organismo, nell'atrio sinistro quello che proviene dai polmoni), mentre dai ventricoli viene spinto nei vasi (dal ventricolo destro viene spinto nell'arteria polmonare e da quello sinistro nell'aorta).

L'atrio e il ventricolo sottostante comunicano attraverso delle *valvole* che permettono al sangue di scendere verso il ventricolo ma non di refluire.

Il cuore nel suo movimento alterna ritmicamente fasi di espansione (o di aspirazione e riempimento, o **diastole**) a fasi di contrazione (o di svuotamento, o **sistole**).

L'atrio sinistro, non appena riceve il sangue ossigenato che proviene dalle vene polmonari (*diastole*), si contrae (*sistole*) e spinge il sangue nel ventricolo sottostante che in quel momento è rilassato (*diastole*); appena ricevuto il sangue, il ventricolo sinistro entra in *sistole* e spinge con forte pressione il sangue nell'arteria che parte da esso: l'aorta. L'aorta si ramifica in numerose arterie che portano il sangue ossigenato al cuore (attraverso le *arterie coronarie*, il cui compito è proprio quello di ossigenare e quindi alimentare le cellule cardiache) e a tutto il corpo. Le arterie si suddividono, come già detto, in una fitta rete di capillari che irrorano tutti gli organi e che cede l'ossigeno e riceve l'anidride carbonica.

I capillari che hanno ricevuto anidride carbonica si raccolgono in vasi sempre più grossi fino a formare tronchi venosi che portano il sangue impuro verso il cuore e, attraverso la vena cava superiore, lo immettono nell'atrio destro, il quale spinge il sangue venoso nel ventricolo destro e questo nelle vene polmonari. Esse si dirigono verso i polmoni, ramificandosi sempre più fino a formare la fitta rete di capillari che avvolgono gli alveoli polmonari, ricchi di ossigeno inspirato. Negli alveoli avvengono gli scambi gassosi con cessione di anidride carbonica all'alveolo (che viene espul-

sa con l'espiazione) e l'acquisizione, dallo stesso alveolo, di ossigeno. I capillari, ora ricchi di ossigeno si organizzano in vasi di calibro sempre maggiore che confluiscono attraverso le vene polmonari nell'atrio sinistro del cuore. Ecco perché si dice che la circolazione nell'uomo è **doppia e completa**: *doppia* perché si verifica dal cuore ai tessuti e dal cuore ai polmoni; *completa* perché il sangue arterioso non si mischia mai a quello venoso.

I parametri che misurano l'attività cardiaca sono:

- la *gittata sistolica*, cioè la quantità di sangue immessa nelle arterie a ogni contrazione;
- la *frequenza cardiaca*, cioè il numero dei battiti del cuore in un minuto;
- la *gittata cardiaca*, cioè la quantità di sangue espulsa dal cuore in un minuto.

Questi parametri subiscono notevoli variazioni durante l'attività fisica e in conseguenza dell'attività sportiva.



## Il ciclo cardiaco

Vediamo in sintesi le fasi del ciclo cardiaco:

- il sangue affluisce negli atri (*diastole*);
- *sistole degli atri*: la pressione all'interno degli atri provoca l'apertura delle valvole e il sangue passa nei ventricoli;
- i ventricoli si riempiono di sangue dilatandosi (*diastole*);

- i ventricoli si contraggono ritmicamente (*sistole*). Le valvole si aprono e il sangue viene spinto fuori: quello arterioso va nell'aorta, quello venoso nell'arteria polmonare.

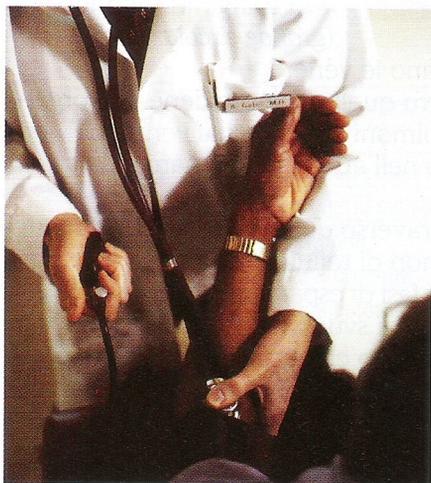
Le valvole atrioventricolari sono chiuse.

## La pressione

La **pressione sanguigna** o *pressione arteriosa* è la pressione esercitata dal sangue sulle pareti delle arterie, generata dal cuore nel momento in cui spinge il sangue nei vasi; quindi per ogni battito cardiaco si ha un innalzamento della pressione. Quando ci rechiamo dal medico per farci misurare la pressione ci vengono forniti due dati:

- la *pressione sistolica*, che stima la forza con cui il cuore pompa il sangue e corrisponde alla pressione massima esercitata dal sangue sulle pareti delle arterie al termine della contrazione cardiaca (*sistole*);
- la *pressione diastolica*, che stima la pressione nelle arterie fra battito e battito con il cuore a riposo, e coincide con la pressione minima perché il cuore è rilassato (*diastole*).

I valori ottimali della pressione si assestano fra 120 e 80 mm/Hg. Quando i valori della pressione arteriosa sono costantemente superiori ai livelli medi, si parla di *ipertensione*. L'ipertensione è pericolosa perché provoca un precoce deterioramento delle arterie e può portare gravi complicazioni al cuore.



## Battito cardiaco e respirazione nel bambino

Una delle caratteristiche più evidenti della funzione cardiocircolatoria nel bambino è l'alta frequenza del battito cardiaco. Esso diminuisce durante la crescita e si conforma a quello dell'adulto intorno ai 18 anni. Dal 6° anno di vita fino all'inizio della pubertà, il battito cardiaco è più veloce di circa 15-20 battiti al minuto rispetto a quello dell'adulto, sia durante l'attività fisica che a riposo.

Durante l'infanzia la capacità respiratoria è ridotta e non può quindi apportare grandi quantità di ossigeno. Gli atti respiratori a 7 anni sono circa 30 al minuto e il bambino, pur essendo provvisto di una notevole capacità aerobica, si stanca rapidamente. Per questo motivo sono da evitare sforzi intensi e particolare attenzione deve essere posta ai tempi di recupero e all'educazione della respirazione.

## 8 4 L'apparato circolatorio durante l'attività fisica

Durante l'attività fisica i muscoli hanno bisogno di una quantità di sostanze energetiche maggiore rispetto a quella necessaria in stato di riposo e inattività. Per rispondere a questo fabbisogno, l'apparato circolatorio aumenta la velocità del sangue, in modo che in minor tempo possa arrivare una maggior quantità di materiale da utilizzare nelle contrazioni muscolari. La quantità di sangue che la pompa cardiaca mette in circolo in un minuto (gittata cardiaca) aumenta notevolmente durante l'attività fisica. Questo è possibile grazie all'aumento sia del numero dei battiti del cuore che del volume del sangue in esso contenuto.

### Aumento delle pulsazioni

Al cuore arrivano tramite il sistema nervoso continui messaggi che lo informano del bisogno di sostanze energetiche (in particolare di ossigeno) da parte dei muscoli. Il cuore reagisce a questi stimoli aumentando il ritmo di contrazione: le normali 70-75 pulsazioni al minuto possono diventare addirittura 200 quando lo sforzo è particolarmente intenso. Questo aiuta i muscoli solo per breve tempo; infatti, quando le contrazioni sono troppo frequenti, il cuore non ha il tempo necessario per riempirsi completamente e di conseguenza a ogni contrazione mette in circolo una minore quantità di sangue. Nello stesso tempo il muscolo cardiaco si stanca, diminuendo la potenza della sua contrazione. Ciò accade soprattutto nelle persone non abituate a svolgere attività fisica intensa; infatti, meno il cuore è abituato a sopportare uno sforzo muscolare, più velocemente aumenta la frequenza dei battiti cardiaci.

### Aumento del volume del sangue contenuto nel cuore

Se il cuore si riempie di una maggior quantità di sangue, aumenta anche la quantità messa in circolo a ogni contrazione. Ciò accade perché le fibre muscolari del cuore sono stimolate a distendersi e a contrarsi lentamente ma con molta potenza. Distendendosi maggiormente, le fibre permettono un aumento del volume delle cavità interne del cuore; di conseguenza la contrazione deve essere più potente e proporzionata all'elevato quantitativo di sangue da spingere. Il tempo in cui il cuore si riempie e si svuota aumenta: ciò dà alle fibre un tempo di recupero più lungo. Per tali ragioni questo secondo meccanismo si dimostra estremamente vantaggioso e si riscontra solamente in persone abituate a esercizi fisici intensi. Infatti il cuore di questi individui si è lentamente irrobustito e abituato a sopportare un lavoro maggiore del normale. Nei soggetti abituati agli esercizi fisici si nota, anche a riposo, una frequenza del polso inferiore ai valori normali; questa frequenza subirà minori e più lente variazioni sotto sforzo.

## EFFETTI DEL MOVIMENTO SULL'APPARATO CARDIOCIRCOLATORIO



Chi pratica attività fisica con una certa sistematicità ha un cuore che è in grado di contenere una quantità di sangue maggiore rispetto a chi è poco allenato (circa 140-150 ml a fronte di 75 ml); ne deriva che il cuore della persona allenata è di volume leggermente superiore in relazione alle maggiori richieste funzionali.

L'allenamento fa aumentare la «capillarizzazione» della musco-

latura: ciò significa che nel muscolo si aprono nuovi capillari che permettono un maggiore afflusso di sangue e di ossigeno e danno la possibilità di eliminare i prodotti tossici (acido lattico, tossine ecc.).

Inoltre è stato provato che l'attività fisica aumenta la formazione dei globuli bianchi, dell'emoglobina e dei globuli rossi, e perciò di ossigeno, immessi in circolo dalla milza e dal fegato.