

### 3.2.1 La sang

La sang és una suspensió formada pel **plasma** que representa un 55% en volum i pels elements formes o **cèl·lules** que representen el 45% restant. Una persona adulta té de mitjana uns 5 litres de sang, quantitat que varia en funció del pes i la complexió de la persona.

El plasma està format per un 90% d'aigua que conté una gran quantitat de substàncies dissoltes o suspeses. Conté nutrients (glucosa, àcids grassos, aminoàcids); productes de rebuig (urea, diòxid de carboni); hormones; proteïnes (albúmina, fibrinogen, anticossos); substàncies tòxiques (etanol)

#### Per pensar...

Què se'n deu fer d'aquests productes de rebuig que hi ha en el plasma ? d'on vénen ? on aniran a parar ? qui se n'encarrega ?

El plasma constitueix la fracció líquida de la sang i les cèl·lules es troben immerses en aquesta fracció. De fet la sang es pot considerar un teixit on el plasma és la substància intercel·lular.

Tant el plasma com la fracció cel·lular poden variar les seves proporcions relatives de manera que la sang pot esdevenir més rica en una o altra fracció. A part dels problemes fisiològics que pugui generar aquest fet, físicament es posa de manifest per una major o menor viscositat de la sang. En llenguatge vulgar podem dir que quan més creix la fracció cel·lular més espessa es fa la sang.

La proporció entre una i altra fracció és important i la seva variació pot esdevenir un signe clínic important que ens pot indicar la presència de mal funcionaments o fins i tot malalties. Existeix un procés analític que permet mesurar quantitativament la fracció cel·lular anomenada **hematòcrit**.



#### Per cercar...

Durant un temps alguns esportistes amb pocs escrúpols havien utilitzant una substància dopant per augmentar el seu rendiment. Aquesta substància s'anomena *eritropoetina*. Busca, et serà molt senzill, què té a veure aquesta substància amb l'hematòcrit.

L'obtenció de l'hematòcrit es fa centrifugant un tub prim que hem omplert de sang. Naturalment per la força de la centrifugació, la fracció cel·lular es disposa al capdavant del tub i el plasma (que es veu groc), a l'altre costat. Mesurant amb un regle quina part proporcional en el tub ocupa cada una de les dues fraccions es pot conèixer l'hematòcrit que s'expressa en percentatge.

Una visió simple de la sang ens pot fer pensar que el més important són les cèl·lules, no obstant fixa't que en el plasma hi ha tots els nutrients que necessitem i també altres substàncies tant importants com les hormones o les sals minerals que tenen funcions tant essencials com permetre la correcta transmissió de l'impuls nerviós.

#### Per cercar...

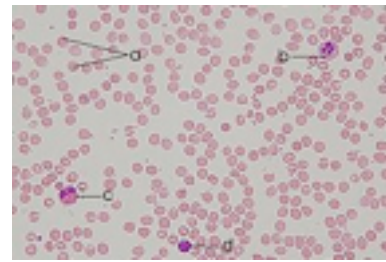
Què és la *hiponatrèmia* ? quina és una de les causes que la pot provocar i que a vegades fins i tot se'ns aconsella que hem de fer ?

La fracció cel·lular de la sang comprèn els diferents tipus de cèl·lules i que són: els **eritròcits** (a vegades anomenats glòbuls vermells), els **leucòcits** (anomenats glòbuls blancs) i els **trombòcits** (anomenats també plaquetes).

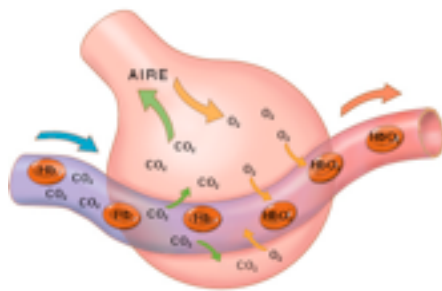
Els eritròcits són el component majoritari de la fracció cel·lular i la seva concentració és d'entre 4,5 i 5 milions de cèl·lules per  $mm^3$ . Són cèl·lules petites de com a màxim  $10\mu m$ . Són cèl·lules de secció circular però no pas esfèriques tal i com es pot veure a la fotografia, sinó que són bicòncaves.



Quan aquestes cèl·lules s'observen al microscopi òptic aquests detalls no s'observen i simplement es veuen com a petits discs sense cap detall en el citoplasma. En canvi, tal i com també s'aprecia a la fotografia, els glòbuls blancs són molt més grans i amb un nucli molt clar.



Els eritròcits són cèl·lules **anucleades** (sense nucli) i tot el seu citoplasma està ple d'hemoglobina. L'**hemoglobina** és una *proteïna* amb estructura quaternària i que és capaç d'unir-se i separar-se de l'oxigen. Quan el medi exterior de l'eritròcit té una alta concentració d'oxigen aquest entra atret per l'hemoglobina, quan l'eritròcit passa per un medi on la concentració d'oxigen és inferior a la que hi ha a dins, l'oxigen es desuneix de l'hemoglobina, surt de l'eritròcit i va cap al medi.

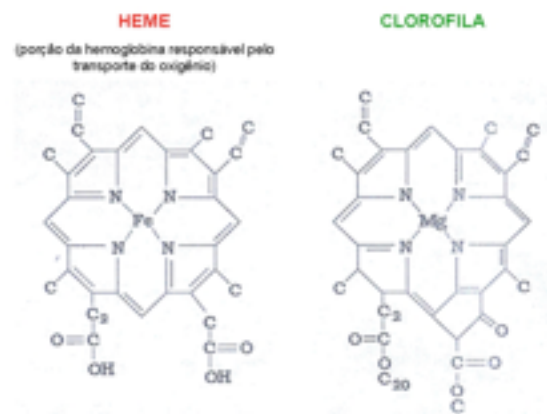
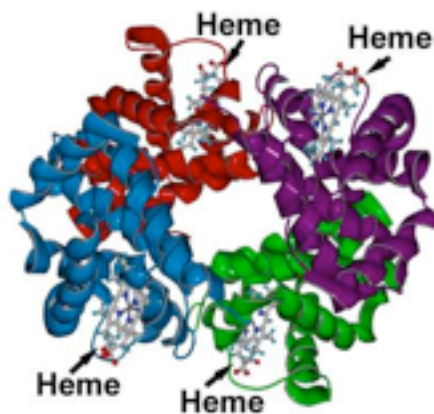


Aquest senzill procés és el que fa possible l'**intercanvi respiratori**. Quan la sang es troba en els vasos sanguinis que envolten els alvèols pulmonars captura oxigen, mentre que quan es troba lluny dels pulmons envoltada de cèl·lules que han esgotat el seu oxigen, aquest es desuneix de l'hemoglobina i passa cap a aquests teixits.

En aquest dibuix de l'esquerra s'aprecia com l'hemoglobina captura l'oxigen que hi ha en gran quantitat a l'alvèol pulmonar.



En aquest altre dibuix es representa com l'hemoglobina allibera l'oxigen a les cèl·lules del cos.



L'hemoglobina és una proteïna complexa formada per quatre subunitats cadascuna de les quals està associada a un grup anomenat **hemo**. Aquest grup, tal i com es pot veure a la imatge conté un àtom de ferro. És precisament aquest àtom de ferro el que fa possible la unió de l'oxigen a l'hemoglobina.

La imatge que es troba a la dreta del grup hemo l'hem posat expressament al costat d'una altre grup quasi idèntic que es troba formant part d'una de les molècules més importants de la vida i que és la clorofil·la. Fixa't com els éssers vius aprofiten molècules semblants per fer funcions diferents.

**Per pensar...**

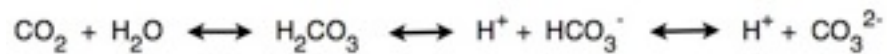
On es troba i quina funció fa la clorofil·la ?  
Alguna relació amb la respiració ?

**Per investigar...**

El color de la sang, que no és sempre exactament el mateix, està relacionat amb algun dels fenòmens que hem explicat. Sabries

Si bé el transport de l'oxigen es fa a través de l'hemoglobina, el transport de diòxid de carboni es fa d'una altra manera.

El diòxid de carboni també es pot unir a l'hemoglobina però ho fa molt poc. La seva major part es transporta dissolt en el plasma combinat amb l'aigua. Quan un òxid es combina amb aigua dóna un àcid i per tant modifica l'acidesa del medi.



La presència del diòxid de carboni a la sang en les concentracions normals en què s'hi troba fa que el pH sigui de 7,2. Petits canvis en la concentració sanguínia de diòxid de carboni poden alterar greument el pH sanguini que pot tenir variacions de com a molt 0,2 unitats. Per això comportaments que alteren la concentració d'aquest gas com la hiperventilació poden tenir efectes desastrosos.

*Parlant d'efectes desastrosos, l'hemoglobina resulta que té més afinitat pel monòxid de carboni (CO) que no pas pel mateix oxigen. Això no hauria de ser cap problema ja que el CO no és un gas que es trobi present a l'atmosfera en quantitats apreciables. No obstant en cas que hi fos, els efectes serien fatals ja que l'hemoglobina quedaria unida amb el CO i no deixaria que l'oxigen s'hi pogués unir. Això faria que els eritròcits viatgessin per la sang carregats de CO en lloc d'oxigen i per tant les cèl·lules no podrien respirar. Perquè això passés caldria que aquest CO entrés als pulmons i això només és possible si a l'atmosfera n'hi ha concentracions molt elevades.*

Per cercar...

Busca en quines condicions es pot produir una intoxicació

Els **leucòcits** són l'altre gran grup de cèl·lules que es troben a la sang. N'hi ha de diferents tipus però tots ells tenen en comú alguns aspectes:

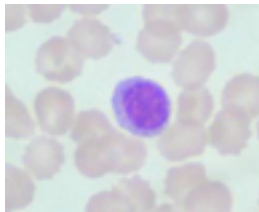
- Unes dimensions molt majors que els eritròcits.
- Una forma aproximadament esfèrica.
- La presència de nucli en la majoria de leucòcits amb formes molt irregulars.
- Molts dels leucòcits a més tenen la capacitat de fer la fagocitosis i per tant de desplaçar-se mitjançant pseudòpodes.
- Alguns també poden abandonar els vasos i sortir cap als teixits.



La funció dels leucòcits és de defensa de l'organisme i poden fer-ho per mitjà de la fabricació d'anticossos, per mitjà de la fagocitosis i per mitjà de la lisi cel·lular.

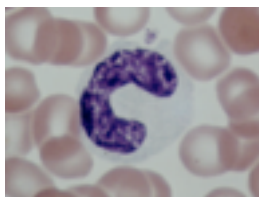
N'existeixen diferents tipus:

**Neutròfils:** són els leucòcits majoritaris i la seva funció principal és la fagocitosis de bacteris. Contenen lisosomes amb enzims que lisen (trenquen) el bacteri i també peroxisomes amb peròxid de dihidrogen.

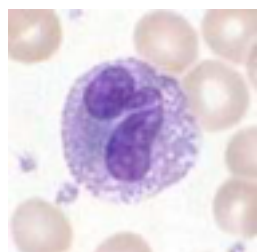


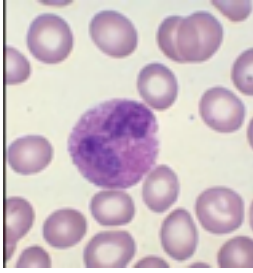
Aquests leucòcits una vegada han fagocitat moren i són un dels components del pus.

**Limfòcits:** a diferència dels anteriors aquests no tenen el nucli multilobulat sinó que és esfèric i molt gros (ocupa la pràctica totalitat del citoplasma). Això indica que aquest leucòcit té una alta taxa de síntesi de proteïnes. Concretament, els limfòcits B són els encarregats de fabricar els anticossos i juguen un paper clau en la defensa específica. Els limfòcits T en canvi tenen una acció directa contra els patògens provocant la mort d'aquests (se'ls anomena cèl·lules assassines). Els limfòcits són els leucòcits més petits. A la imatge ja es pot veure que no són gaire més grossos que els eritròcits.



**Monòcits:** aquests leucòcits es troben majoritàriament en els teixits i no pas en la sang. La seva funció principal és la de presentar els antígens als limfòcits perquè aquests puguin fabricar anticossos específics. Es reconeixen perquè són molt grossos i el seu nucli té forma de ferradura. Segons el teixit en el que es trobin reben diferents noms.





Eosinòfils: són leucòcits que també fan fagocitosi però només si l'antigen està envoltat per l'anticòs. El seu nucli té dos lòbuls.

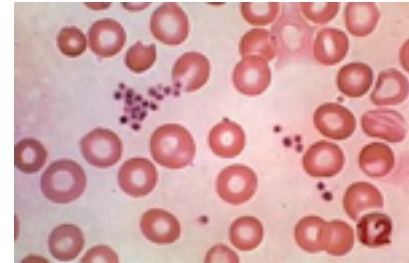
Basòfils: són els menys abundants de tots els leucòcits. La seva funció en el procés de defensa és l'activació de la resposta inflamatòria per mitjà de l'alliberament de la histamina. Estudiarem amb més detall aquesta resposta i també el paper de la histamina en l'apartat del sistema de defensa.

En aquesta taula es pot observar la concentració dels leucòcits en sang i també la seva proporció en percentatge respecte el total dels leucòcits.

	Rang (cèl·l/mm <sup>3</sup> )	%
Leucòcits (total)	5.000-11.000	
Neutròfils	1.800-7.200	65-70%
Linfòcits	1.500-4.000	25-40%
Monòcits	200-900	4-10%
Eosinòfils	0-700	1-5%
Basòfils	0-150	0-1%

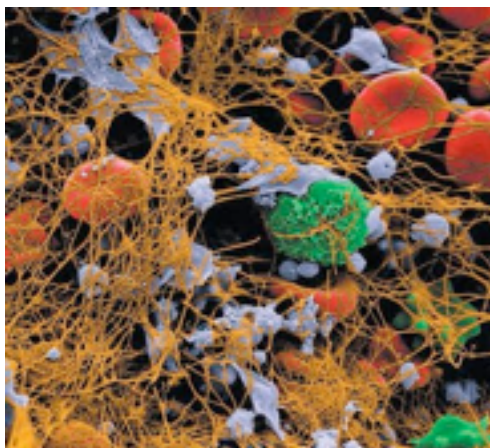
Finalment existeixen unes cèl·lules, a la sang, que s'anomenen **trombòcits** o **plaquetes**. De fet aquestes cèl·lules són fragments d'una cèl·lula més gran anomenada *megacariòcit* (no obstant disposen de tots els òrgans excepte del nucli). Les plaquetes són molt petites (menys de 10µm) i amb una vida mitjana de l'ordre d'uns 10 dies. La concentració de plaquetes a la sang és d'entre 150.000 i 400.000 cèl·lules per mil·límetre cúbic.

A la imatge es poden veure com en són de petites les plaquetes fins i tot al costat dels eritròcits.



La seva funció principal és participar en el procés d'**hemostàsia**. En condicions normals la sang ha de romandre a l'interior dels vasos en el seu estat líquid per tal de poder fluir per tot el sistema. No obstant en cas que hi hagi un trencament d'algun vas cal que immediatament es repari ja que en cas contrari la sang sortiria del sistema i envairia els teixits i no podria fer la seva funció. L'hemostàsia són el conjunt de processos que fan que en produir-se una hemorràgia aquesta es freni en poc temps i tot torni a la normalitat.

La part interna dels vasos sanguinis està recoberta per un teixit epitel·lial monoestratificat anomenat **endotel·li** sanguini. Per sota seu es troba una capa de teixit conjuntiu que té **col·lagen** com a component de la substància intercel·lular. En cas que es produeixi una hemorràgia i per tant s'hagi lesionat l'endotel·li, la sang (i les plaquetes) entren en contacte amb el col·lagen i precisament és aquest contacte el que desencadena una sèrie de processos en cascada que fan que es pugui reparar la ferida i s'aturi l'hemorràgia. Les plaquetes hi tenen un paper destacat doncs a part d'adherir-se entre elles per formar com una muralla entorn de la ferida deixen anar al plasma uns enzims que desencadenen un seguit de reaccions que fan possible la **coagulació** de la sang just en el punt del vas on s'ha produït la ferida.



A la fotografia pot veure's aquesta zona propera a la ferida on ja s'ha format la **fibrina** que és un dels components que fa possible la formació de la crosta i que s'ha format gràcies a l'acció de les plaquetes.

Totes les cèl·lules sanguínies es formen per un procés anomenat **hematopoesi** i que té lloc a la medul·la òssea vermella que, com ja saps, es troba a l'interior dels ossos.