**CIRCULAŢIA SÂNGELUI**

Sângele este un ţesut special sub formă lichidă care, prin intermediul aparatului circulator, alcătuit din inimă şi vasele sanguine, transportă nutrienţii şi oxigenul la nivelul ţesuturilor corpului, de unde preia bioxidul de carbon şi produşii de catabolism tisular, transportându-i la nivelul organelor de eliminare. În medicină, disciplina care se ocupă cu studiul sângelui se numeşte hematologie.   
Sângele este alcătuit dintr-o parte lichidă, plasma sanguină, în care plutesc o serie de celule specifice sângelui.  
  
Circulaţia sângelui este asigurată în primul rând prin contracţiile muşchiului cardiac, ajutat de valvulele venoase în combinaţie cu contracţiile muşchilor scheletici.  
În general vasele de sânge bogate în oxigen care pornind de la inimă şi irigă ţesuturile se numesc artere iar cele care sosesc la inimă şi transportă produsele de catabolism de la ţesuturi încărcate cu bioxid de carbon se numesc vene.  
  
  
Sistemul vascular conţine la om ca. 70 - 80 ml de sânge pe kilogram, deci la o greutate corporală normală a unui om de 70-80 kg va fi cca. 5 - 6 litri de sânge, bărbaţii au ca. cu 1 litru mai mult sânge ca femeile.  
Sangele se deplaseaza intr-un circuit inchis, intr-un singur sens, prin circulatia sistemica si pulmonara, dispuse in serie si legate prin inima.

**Circulatia prin artere**  
Arterele sunt vasele prin care sangele pleaca de la inima cu O2 (in circulatia sistemica) sau cu CO2 (in circulatia pulmonara). Proprietatile lor sunt elasticitatea si contractilitatea.  
  
Elasticitatea se manifesta la nivelul arterelor mari, care amortizeaza „unda de soc' provocata de sistola ventriculara si inmagazineaza o parte a energiei sub forma de tensiune elastica a peretilor. Arterele mari, considerate „cisterne de presiune', transforma curgerea sacadata a sangelui, determinata de ritmicitatea sistolelor, in curgere continua.  
Contractilitatea este caracteristica arterelor mici si arteriolelor, care isi modifica activ calibrul, prin activitatea fibrelor musculare netede din tunica lor medie. Sunt considerate „ecluze de irigatie'.  
  
Factorul principal al curgerii sangelui prin artere este activitatea mecanica a inimii. Ea determina la nivelul sistemului arterial parametri masurabili, indici importanti ai starii de sanatate.

**Circulatia mare**  
Circulatia mare   
porneste de la ventriculul stang al inimii, apoi prin artera principala - aorta - se ramifica arterial la toate organele si tesuturile. La tesuturi, prin capilare, sangele cedeaza oxigen si substante nutritive, se incarca cu bioxid de carbon si cu deseurile rezultate din metabolism, apoi, prin vene, se varsa in auriculul drept al inimiii, unde se termina circulatia mare si incepe circulatia mica...  
  
  
**Circulatia mica**  
Din auriculul drept, sangele trece in ventriculul drept din care porneste circulatia mica. Aceasta trece prin artera pulmonara, in plamani. In capilarele pulmonare, sangele cedeaza bioxidul de carbon adus, se incarca cu oxigen, pe care il transporta prin vene pana in auriculul stang, unde se termina mica circulatie.

**Circulatia capilara**  
Circulatia capilara se adapteaza continuu la nevoile metabolice. In repaus, multe capilare sunt inchise. Ele se deschid cand activitatea se intensifica si creste nevoia de sange in  
organul respectiv.   
Permeabilitatea este proprietatea capilarelor de a permite schimbul de apa si substante dizolvate intre sange si tesuturi prin filtrare, difuziune si osmoza. Peretele capilar este permeabil si pentru leucocite in drumul lor spre focarele de infectie.   
Proprietatea capilarelor de a-si modifica lumenul, motricitatea capilara, se datoreaza actiunii musculaturii netede din peretii arteriolelor si sfincterelor precapilare aflate sub controlul SNV simpatic.  
  
**Circulatia prin vene**  
Venele sunt vasele prin care sangele vine la inima cu CO2 (din circulatia sistemica) si cu O2 (din circulatia pulmonara). Capacitatea lor este de circa trei ori mai mare decat a arterelor. Proprietatile principale ale venelor sunt distensibilitatea si contractilitatea.  
Distensibilitatea este proprietatea venelor de a-si mari pasiv calibrul sub actiunea presiunii sangvine, unele vene jucand rolul de „rezervoare' de sange (vena hepatica, splenica). Contractilitatea venelor se datoreaza tunicii musculare netede din peretii lor si asigura mobilizarea sangelui din rezerve.

Sânge

**Sângele** ([latină](http://ro.wikipedia.org/wiki/Limba_latin%C4%83) *sanguis*, greaca veche: αἷμα, *haima*) este un [țesut](http://ro.wikipedia.org/wiki/%C8%9Aesut) special sub formă lichidă care, prin intermediul aparatului circulator, alcătuit din inimă și vasele sanguine, transportă nutrienții și oxigenul la nivelul țesuturilor corpului, de unde preia bioxidul de carbon și produșii de catabolism tisular, transportându-i la nivelul organelor de eliminare. În medicină, disciplina care se ocupă cu studiul sângelui se numește [hematologie](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hematologie).

Sângele este alcătuit dintr-o parte lichidă, [plasma sanguină](http://ro.wikipedia.org/wiki/Plasm%C4%83_(biologie)), în care plutesc o serie de celule specifice sângelui.  
Circulația sângelui este asigurată în primul rând prin contracțiile mușchiului cardiac, ajutat de valvulele venoase în combinație cu contracțiile mușchilor scheletici.  
În general vasele de sânge bogate în oxigen care pornind de la inimă și irigă țesuturile se numesc *artere* iar cele care sosesc la inimă și transportă produsele de catabolism de la țesuturi încărcate cu bioxid de carbon se numesc *vene*.

## **Evoluție**

Fiecare celulă pentru a supraviețui este nevoită să recurgă la o serie de schimburi de substanțe cu mediul în care se află.  
Prin procesele de evoluție apar organismele pluricelulare, prin această formă nu toate celulele au contact direct cu mediul înconjurător, ci indirect prin proces mai îndelungat prin procesul de [difuziune](http://ro.wikipedia.org/w/index.php?title=Difuziune&action=edit&redlink=1) dintre celule.  
La nevertebratele cele mai inferioare (spongieri, unele celenterate) prevăzute cu sistem gastrovascular, o parte din mediul extern pătrunde în acest sistem și îndeplinește temporar rolul sângelui. Acest lichid care nu se deosebește prea mult de apa exterioară, mediul în care trăiește animalul, poartă denumirea de [hidrolimfă](http://ro.wikipedia.org/w/index.php?title=Hidrolimf%C4%83&action=edit&redlink=1). Între hidrolimfă și celulele corpului au loc schimburi de substanțe, cedarea oxigenului spre celule și preluarea CO2 și a altor produși metabolici, hidrolimfa îndeplinind în felul acesta funcția respiratorie, de hrănire și de epurare a organismului. Într-un stadiu mai evoluat, odată cu apariția cavității celomice, hidrolimfa devine [hemolimfă](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hemolimf%C4%83), un lichid incolor sau ușor albăstrui (la crustacee, insecte, moluște) sau roșu (unii viermi). Hemolimfa are o compoziție proprie, diferită de cea a mediului extern cu care nu mai vine în contact direct. Hemolimfa conține o cantitate mai mică de apă, iar cantitatea de substanțe minerale și organice sporește, la care se mai adaugă anumite tipuri de celule și substanțe pigmentare, cu o afinitate mai mare pentru oxigen, accentuând astfel funcția respiratorie a acestui lichid circulatoriu. Hemolimfa circulă într-un sistem circulator lacunar deschis, venind direct în contact cu celulele corpului.  
Dezavantajul acestui sistem o circulație mai înceată. La [insecte](http://ro.wikipedia.org/wiki/Insect%C4%83) sângele nu are rol de transport al gazelor. Aerul atmosferic pătrunde în organism prin orificii de pe laturile abdomenului numite stigme. Stigmele se continuă cu tubușoare ce se ramifică și ajung până la ultimele celule. Tubușoarele se numesc trahee și pentru a fi mereu deschise prezintă în interior un firișor de [chitină](http://ro.wikipedia.org/wiki/Chitin%C4%83) în spirală  
Are loc mai apoi transformarea sistemului circulator lacunar într-un sistem circulator închis, ceea ce face ca lichidul care circulă prin el să devină cu o structură tot mai complexă, iar funcțiile și posibilitățile de menținere a compoziției sale cresc. La animalele vertebrate este un sistem circulator închis, lichidul de circulație fiind numit sânge. Deoarece sistemul circulator este închis, sângele nu mai vine în contact direct cu celulele diferitor țesuturi, așa cum are loc în cazul hemolimfei. Schimbul diferitor substanțe se face prin intermediul lichidului extracelular (plasma interstițială). Acest lichid este drenat din spațiile intercelulare de sistemul limfatic și devine limfă.

## **Compoziția și volumul sanguin**

Sângele este un țesut lichid de origine mezenchimală, format dintr-o substanță fundamentală interstițială, plasma, în care se găsesc elementele figurate. Raportul dintre volumul plasmei și cel al elementelor figurate se determină cu ajutorul hematocritului. În practică, termenul de hematocrit exprimă relația procentuală dintre volumul elementelor figurate și cel al plasmei, sau doar volumul procentual al elementelor figurate. La om, media valorilor hematocritului este de 46/54 (sau 46%). Determinarea se face cu sânge recoltat dimineața, pe nemâncate, acesta fiind centrifugat la 3000 turații pe minut. Elementele figurate, având o densitate mai mare, sedimentează în porțiunea inferioară a eprubetei gradate, hematocritul cititndu-se direct. Creșterea numărului hematiilor pe unitate de volum se numește hemoconcentrație, iar scaderea - hemodiluție. În poliglobuluii hematocritul poate ajunge și la valori de 70-75%, iar în anemii la 10-15%.

La om, volumul sanguin constituie circa 7% din greutatea corpului. La o greutate medie de 70 kg, cantitatea de sânge este de 4,9 l. La mamifere cantitatea de sînge este proporțional mai mare decât la celelalte vertebrate.

Nu tot sângele aflat în organism circulă activ în sistemul vascular, o parte găsindu-se sub formă de rezervă în organele cu structură diverticulară (splină, unele vase abdominale, plexul subpapilar tegumentar). Starea fiziologică și activitatea diferitelor sisteme funcționale modifică raportul dintre cantitatea sângelui circulant și cel stagnant. În timp de repaus la om, sângele circulant este repartizat astfel: 40% în sistemul muscular, 30% în sistemul nervos, renal suprarenal și tiroidian, 20% în organele abdominale și 10% în sistemul coronarian. În efortul fizic, debitul circulatoriu crește mult în mușchi, plămâni, rinichi, creier și în vasele coronare. În acest caz este antrenat sângele din organele de rezervă, precum și din organele care se găsesc în activitate scăzută.

Cantitatea totală de sânge scade în caz de inaniție, anemii, hemoragii.

În general, volumul sângelui se menține constant prin mecanisme compensatorii de trecere a apei din sânge în lichidul interstițial și invers. Astfel, dacă volumul de sânge crește (ingestie de lichide, formare de apă metabolică), surplusul de apă trece la țesuturi (mușchi), și apoi se elimină prin rinichi. Dacă volumul sanguin scade, apa din spațiile interstițiale trece în sânge. În urma hemoragiilor, volumul plasmatic se reface mai repede decât cel al elementelor figurate. Hemoragiile bruște sunt periculoare din cauza hipotensiunii accentuate. Boala cardiovasculara se numeste cleovastita oviraptori.

## **Rolul sângelui**

Rolul sângelui este cel de a transporta substanțele nutritive prin corp, dar în el se pot transporta și trombocitele ce ajută la reparearea țesutului (plăgii).

## **Structură și proprietăți**

Sângele este compus din elemente [celulare](http://ro.wikipedia.org/wiki/Celula) (ca.44 %) și plasmă (ca. 55 %), care conține (90 % [apă](http://ro.wikipedia.org/wiki/Ap%C4%83)), [proteine](http://ro.wikipedia.org/wiki/Proteine), [săruri minerale](http://ro.wikipedia.org/w/index.php?title=S%C4%83ruri_minerale&action=edit&redlink=1) și substanțe cu molecule mici ca [monozaharide](http://ro.wikipedia.org/wiki/Monozaharid), [hormoni](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hormon), [gaze](http://ro.wikipedia.org/wiki/Gaz) dizolvate, și substanțe nutritive ([glucide](http://ro.wikipedia.org/wiki/Glucide), [lipide](http://ro.wikipedia.org/wiki/Lipide), [vitamine](http://ro.wikipedia.org/wiki/Vitamine)), mai conțin produse de catabolism destinate excreției ([rinichi](http://ro.wikipedia.org/wiki/Rinichi)) ca ureee, acid uric, hipuric.  
Din punct de vedere fizico-chimic sângele este o suspensie, cu alte cuvinte un amestec de lichide, gaze,substanțe solide printre care se înțeleg și celulele.  
Sângele prin conținutul său de eritrocite (globule roșii) în comparație cu plasma având o vâscozitate mai mare, creșterea hematocritului influențează pozitiv creșterea vâscozității sângelui, care determină încetinirea curentului sanguin, prin proprietatea plastică a eritrocitelor sângele nu se comportă ca o [suspensie](http://ro.wikipedia.org/wiki/Suspensie) ci ca [emulsie](http://ro.wikipedia.org/wiki/Emulsie)  
Valoarea pH-ului sanguin fiind 7,4 care prin diferite procese tampon va fi menținută constant, evitând fenomenele dăunătoare organismului de[acidoză](http://ro.wikipedia.org/wiki/Acidoz%C4%83) sau [alcaloză](http://ro.wikipedia.org/w/index.php?title=Alcaloz%C4%83&action=edit&redlink=1).  
Culoarea roșie a sângelui este datorată pigmentului (cu [fier](http://ro.wikipedia.org/wiki/Fier)) [hemoglobină](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin%C4%83)din eritrocite care încărcate cu oxigen au o culoare mai deschisă.

### Plasma

Plasma sanguină reprezintă aproximativ 55–60% din sânge și este formată din aproximativ 90% apă, 1% substanțe anorganice (săruri minerale care conțin ioni dintre care mai importanți sunt cei de [sodiu](http://ro.wikipedia.org/wiki/Sodiu) Na, [clor](http://ro.wikipedia.org/wiki/Clor) Cl, [potasiu](http://ro.wikipedia.org/wiki/Potasiu) K, [magneziu](http://ro.wikipedia.org/wiki/Magneziu) Mg, [fosfor](http://ro.wikipedia.org/wiki/Fosfor) P și [calciu](http://ro.wikipedia.org/wiki/Calciu) Ca) și aproximativ 9% substanțe organice (proteine, glucide, lipide etc). Raportul de proteine variază între 60 și 80 g/litru ca. 8 % din volumul plasmei.  
Proteinele separate prin [electroforeză](http://ro.wikipedia.org/wiki/Electroforez%C4%83) sunt albumine ca și α1-, α2-, β- și γglobuline. Proteinele din plasmă pe lângă rolul de transport, mai joacă un rol important în apărarea organismului prin sistemul imunologic, în procesul de coagulare a sângelui rolul de tampon în menținerea unui pH constant și menținerea constantă a presiunii osmotice din sânge.  
Plasma care nu mai conține factorii de coagulare este numit *ser sanguin* acesta se obține prin centrifugarea sângelui după coagulare.  
Serul conține 91 % apă, factori de creștere care nu sunt prezenți în plasmă, 7 % proteine, restul sunt electroliți și hormoni, culoarea galbenă a serului se datorează bilirubinei.

### Elemente figurate

Elementele figurate ale sângelui sunt eritrocitele, leucocitele și trombocitele. Prezintă variații de număr și formă în funcție de specie.

**Eritrocitele** (numite și globulele roșii sau hematii) au rolul de a transporta oxigenul și dioxidul de carbon. Sunt celule anucleate, ce conțin un pigment numit [hemoglobină](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin%C4%83). Aceasta este o proteină compusă dintr-o albumină numită *globină* și o grupare numită[*hem*](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hem), ce conține fier, cu rol de fixare a oxigenului. Hemoglobina este pigmentul care determină culoarea roșie a sângelui. Unele specii de animale au alt tip de pigment sanguin, care conține cupru și este de culoare albastră (Octopus). Circa 1 % din eritrocitele din sângele periferic sunt reticulocite, restul fiind eritrocite mature.

**Leucocitele** sau globulele albe se împart în granulocite și agranulocite. Granulocitele sunt leucocite cu nucleu granular, clasificate după culoarea protoplasmei în trei categorii: eozinofile, bazofile și neutrofile. Au rol imunologic în imunitatea nespecifică. Agranulocitele sunt leucocite cu nucleu de formă mai simplă, negranular, și se clasifică în monocite și limfocite. Au rol în imunitatea specifică.

Numărul normal de globule albe variază în funcție de vârstă, fiind mai mare la copil. Poate depăși valorile normale ale vârstei, în caz de [boală](http://ro.wikipedia.org/wiki/Boal%C4%83). În infecții, în special bacteriene, numărul de leucocite de regulă crește, dar poate să și scadă în infecții cu anumiți germeni, în special virusuri, sau la persoane cu imunodeficiențe.

**Trombocitele**, numite și plachete sanguine, sunt celule ale sângelui cu rol în coagulare.

Proporția elementelor figurate (celulare) din sânge se numește *hematocrit*. Valorile normale ale hematocritului variază în funcție de vârstă și sex. La bărbați, valoarea normală a hematocritului este între 44 - 46 %, la femei între 41 - 43 %. La copii variază în funcție de vârstă, la nou născuți fiind de 60 %, iar la copiii până la pubertate de numai de 30 %.

## **Hematopoieza**

Este procesul de formare a elementelor celulare sanguine la nivelul măduvei osoase, din celulele sistemului reticulo-endotelial (celule de tip embrionar) care prin procesul de maturare se pot transforma în oricare celulă specializată din organism.  
*Hematopoieza* are mai multe forme ca de exemplu *eritropoeza* formarea eritrocitelor, această maturare a eritrocitelor tinere se produce prin acțiunea hormonului eritropoetină în [ficat](http://ro.wikipedia.org/wiki/Ficat) și [rinichi](http://ro.wikipedia.org/wiki/Rinichi).  
Un rol important în eritropoeză îl joacă fierul,[cobalamina](http://ro.wikipedia.org/wiki/Cianocobalamin%C4%83) (vitamina B12) și acidul [folic](http://ro.wikipedia.org/wiki/Acid_folic) (vitamina B9), o scădere a concentrației sanguine în oxigen stimulează accelerarea eritropoezei cu producerea hormonilor necesari.  
Așa numitul cimitir al eritrocitelor este [splina](http://ro.wikipedia.org/wiki/Splina) și celulele Kupffer din ficat, viața unei eritrocite durează 120 de zile, după moartea eritrocitelor, [hemoglobina](http://ro.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin%C4%83) suferă un proces de descompunere cu mai multe etape: [bilirubină](http://ro.wikipedia.org/wiki/Bilirubin%C4%83), [urobilină](http://ro.wikipedia.org/w/index.php?title=Urobilin%C4%83&action=edit&redlink=1), [stercobilină](http://ro.wikipedia.org/wiki/Stercobilin%C4%83) acestea se elimină prin urină și fecale.

**Arborele vascular**

Arborele vascular este format din: **artere**, vase prin care sangele circula de la inima la tesuturi si organe; **vene**, vase prin care sangele vine la inima; **capilare**, vase de calibru foarte mic, asez 737g61h ate intre artere si vene, la nivelul carora se realizeaza schimburile gazoase si nutritive dintre sange si tesuturi. Structura peretilor vaselor mari cuprinde trei tunici: externa, mijlocie si interna (. ).

**Structura arterelor.** *Tunica externa* este formata din tesut conjunctiv cu [fibre](http://www.esanatos.com/nutritie/alimentatie/fibrele74116.php) de colagen si elastina, fibre nervoase vegetative si vase de sange proprii, care hranesc peretele vascular (*vasa vasorum*).

*Tunica mijlocie* la arterele mari (de tip elastic) este formata preponderent din lame elastice concentrice si putine fibre musculare netede, iar la arterele mijlocii si mici (de tip muscular) predomina [fibrele](http://www.esanatos.com/boli/boli-si-tratamente/cancerul/10/fibreie-si-boaia-numita-cancer63321.php) musculare netede si sunt putine fibre elastice.

Arborele vascular este format din artere, vene si capilare. *Arterele*sunt vase prin care sangele dinspre inima spre tesuturi si organe. *Capilarele*sunt vase cu calibru foarte mic, la nivelul carora se fac schimburile ( gaze, substante) intre sange si diferitele tesuturi. *Venele*sunt vase prin care sangele este readus la inima.

Calibrul arterelor scade de la inima spre periferie, cele mai mici fiind *arteriolele* care se continua cu capilarele.

Artere––––arteriole––––**capilare**­­––––-venule––––-Vene

Vasele sanguine sunt tuburile prin care este inchis si prin care circula sangele. *Arterele* pornesc din ventricule si, ramificandu-se, se raspandesc la toate organele, unde se capilarizeaza. Arterele mari sunt asezate, in general, profound, pe cand arterele mici sunt superficiale.

In tunica mijlocie a arterelor mari (aorta, artera pulmonara) se gaseste mai mult *tesut elastic*(artere de tip elastic), pe cand in tunica mijlocie a arterelor mai mici predomina *tesutul muscular*(artere de tip muscular). Stratul de tesut elastic se subtiaza pe masura ce ne departam de inima, iar stratul muscular se ingroasa, cu cat ne departam de inima. Datorita acestui fapt, arterele mari sunt extensibile si elastice, pe cand cele mijlocii si mici sunt contractile.

Tunica externa si cea mijlocie nu au aceeasi grosime pe toata lungimea arterelor, pe masura ce ne indepartam de inima si ne apropiem de vasele capilare, ele se subtiaza din ce in ce mai mult, pana dispare la nivelul capilarelor.

*Venele* sunt mai numeroase decat arterele, prin ele sangele circula de la periferie spre inima. Sunt*vene profunde* care insotesc arterele si *vene superficiale*care sunt asezate sub piele si nu insotesc arterele. *Valvulele venoase* se gasesc numai in venele in care sangele circula *de jos in sus* (de ex. in venele membrelor inferioare si vena cava inferioara). Venele care au valvule se numesc *vene valvulare.* Valvulele lipsesc in venele in care sangele circula de sus in jos, ca, de ex. venele jugulare si vena cava superioara. Venele care nu au valvule se numesc *vene avalvulare.* Valvulele venoase au forma unor cuiburi de randunica si sunt asezate cu concavitatea in sus.

**Structura peretelui vascular**

Structura peretelui vascular (vaselor sanguine, vaselor limfatice).  La nivelul vaselor mari( artere, vene) intalnim o structura reprezentata de trei tunici:

* intima (tunica interna);
* media (tunica mijlocie);
* adventicea (tunica externa).

*Intima* este formata dintr-un endoteliu asezat pe membrane bazala(subendoteliu). *Tunica mijlocie*difera de la un tip de vas la altul. La nivelul arterelor, in functie de structura mediei, exista artere de tip elastic si de tip muscular. *Arterele de tip elastic* au in medie predominant fibre elastice, fibre care sunt grupate in lame elastice.Aceste artere sunt mari( aorta, arterele pulmonare, carotidele, iliacele).  *Arterele de tip muscular* sunt de calibru mai mic, au media reprezentata de cellule musculare netede si fibre elastice in numar redus. La aceste artere de tip muscular fibrele elastice se concentreaza la cele 2 limite ale mediei numite *limitante*(membrane) *elastice*(interna si externa). Aceste limitante elastice lipsesc la arterele mari si nu le intalnim in structura venelor.

Media( tunica mijlocie) venelor( sanguine si limfatice) este reprezentata de tesut conjunctiv bogat in fibre  elastice,colagene si cellule musculare netede. Adventicea este o patura de tesut conjunctiv, prezinta fibre elastice, fibre colagene.

**Capilarele**

Capilarele sanguine – se interpun intre vasele sanguine (se interprun intre arteriole si venule sau intre 2 arteriole sau intre 2 venule). Pot fi obisnuite (lumen constant regulat) si sinusoide (au calibru mult mai mare si foarte variabil), de ex. in parenchimuri(de ex. hepatic). Capilarele limfatice se termina in fund de sac, calibrul este destul de neregulat. Peretele capilarelor sanguine si limfatice este foarte subtire, format din endoteliu sprijinit pe membrane bazala.

Circulatia prin capilare se face cu viteza si presiune scazute. Acestea, precum si peretele subtire, unistratificat al capilarelor, favorizeaza schimburile de substante dintre sange si cellule. Presiunea sanguina din capilare forteaza o parte din plasma sa iasa printre celule, formand lichidul intercelular. El scalda celulele si prin intermediul lui se realizeaza schimburile de substante dintre celule si sange : oxigenul si nutrimentele trec din capilare in lichidul intercellular, iar dioxidul de carbon si produsii toxici sau nefolositori intra in sangele din capilare.

O parte din lichidul intercellular intra in capilarele limfatice, vase in forma de” deget de manusa”, inchise , formand limfa.

**Marea si mica circulatie**

In alcatuirea arborelui vascular se disting 2 teritorii de circulatie: circulatia mare­­­­­­­-sistemica, si circulatia mica –pulmonara.

*Circulatia mica/ pulmonara*= incepe in ventriculul drept, prin trunchiul arterei pulmonare, care transporta spre plaman sange cu CO2.

Trunchiul pulmonar se imparte in cele 2 artere pulmonare, care duc sangele cu CO2 spre reteaua capilara din jurul alveolelor, unde il cedeaza alveolelor care-l elimina prin expiratie. Sangele cu O2 este colectat de venele pulmonare, cate doua pentru fiecare plaman. Cele 4 vene pulmonare sfarsesc in atriul stang.

*Circulatia mare/ sistemica*= incepe in ventriculul stang, prin artera aorta care transporta sangele cu O2 si substante nutritive spre tesuturi si organe. De la nivelul acestora, sangele incarcat cu CO2 este preluat de cele 2 vene cave care-l duc in atriul drept.

Inregistrarea modificarilor de potential electric care insotesc activitatea miocardului=**electrocardioagrama**. Inregistrarea se poate face la suprafata inimii sau a corpului.

ECG (electrocardiograma) consta din *unde*(care sunt deflexiuni /devieri de amplitudini variabile, exprimate in mV), *segmente*(liniile orizontale dintre 2 unde vecine) si intervale (distanta intre inceputul unei unde si inceputul alteia).

În cadrul sistemelor şi aparatelor care alcătuiesc fiinţa biologică umană, sistemul circulator ocupă un rol de primă importanţă, fiind distribuitorul "sevei vieţii".

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Corpul uman este alcătuit dintr-o vastă reţea de canale, mai mici sau mai mari, prin care circulă permanent lichide cu diverse încărcături. Sistemul circulator reprezintă o imensă reţea de distribuţie, redistribuţie, evacuare şi recaptare a fluidelor din corp, având o importanţă covârşitoare pentru organism. Multitudinea de vase tubulare ale sistemului circulator, prin intermediul cărora circulă sângele, reuşeşte să irige permanent  întreg organismul, fără să fie omis nici un ungher, nici măcar o celulă, din zecile de miliarde care alcătuiesc corpul uman.   |  | | --- | | **Vasele de sânge, circulaţia mare şi circulaţia mică** | | Vasele de sânge mari (artere, vene), mici (capilare) sau intermediare (arteriole, venule), străbat întreg corpul, transportând prin ele substanţe esenţiale pentru viaţă. După conţinutul sângelui în gaze precum şi în alte substanţe, circulaţia are două componente majore, una arterială şi cealaltă venoasă    • Circulaţia arterială    Arterele sunt canale mari prin care circulă sângele de la inimă spre ţesuturi. Principalele trunchiuri arteriale descriu marea circulaţie (circulaţia mare) mare şi mica circulaţie (circulaţia mică). | | |  | | --- | | Aorta este vasul principal ce pleacă din ventriculul stâng al inimii, ramificându-se apoi în derivaţii cu calibrul din ce în ce mai mic (arteriole, capilare). Arterele şi arteriolele pornite din aortă descriu circulaţia arterială mare. Artera pulmonară, pleacă din ventriculul drept şi transportă sânge venos spre plămâni, fiind componenta arterială principală a circulaţiei mici | | |

 Arterele şi mai ales arteriolele, sub influenţa impulsurilor nervoase primite prin nervii simpatici, se dilată sau se contractă schimbând debitul sanguin. Modificările de calibru, influenţează debitul irigaţiei tisulare, după nevoile organismului. Din acest motiv, aceste canalele, au fost numite „ecluze de irigaţie".

|  |
| --- |
| • Capilarele    După ce sângele a străbătut arterele mari şi mici ajunge în reţeaua vaselor capilare. Capilarele sunt vase scurte (0,5cm) şi cu diametre microscopice (mai mici de 20μ). Ele sunt foarte numeroase realizând o lungime totală de 2500 km. şi o suprafaţă de 6200 mp. Capilarul are două  terminaţii, prin care se leagă, la un capăt, de arteriole iar de celălalt capăt de venule (vene cu calibru mic). De asemenea, vasele capilare prezintă ramificaţii laterale prin care se unesc între ele.   Aceste minuscule canale, permit trecerea prin pereţii lor subţiri, în spaţiul [interstiţial](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticInterstitial.html), şi de aici în celule şi retur (din celule înapoi în circuitul sanguin), a [apei](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteApa_in_organismul_omului.html), a [proteinelor](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteProtide.html) plasmatice cu masă moleculară mică, a unor elemente figurate, a mineralelor ionice, a gazelor, a substanţelor plastice ori energetice, a unor compuşi de asimilaţie sau dezasimilaţie. Prin intermediul lichidelor interstiţiale are loc schimbul nutritiv [(nutriţia celulară)](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticNutritia_celulara.html), respirator şi excretor, dintre celule şi sânge. Lichidele, celulele şi substanţele care ies din vasele capilare sanguine, constituie mediul local al ţesuturilor şi al organelor. Deşi provin din acelaşi sânge, aceste medii locale sunt diferite de la un ţesut la altul, deoarece celulele tind să le adapteze propriilor necesităţi (faţă de "zonele" ecologice, în care factorii [biotici](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_ecologicAbiotici_biotici_factori.html) se adaptează la mediu, ţesuturile organismului, prezintă şi capacitatea de a adapta mediul la cerinţele lor). Din interacţiunea dintre celulele unui ţesut şi mediul local depinde starea de sănătate sau aceea de boală a unui organ sau a întregului organism. |
| |  |  | | --- | --- | | Diametrul foarte mic al capilarelor, nu permite trecerea unor elemente mai mari, fără ca acestea să nu se deformeze. De exemplu, [eritrocitele](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticEritrocite.html) nu pot străbate capilarele păstrându-şi aspectul, deoarece sunt prea voluminoase. Din cauza taliei mari, ele sunt nevoite să se înghesuie,  modificându-şi reversibil forma, în timpul trecerii prin vasele capilare sau prin pereţii acestora. [(vezi imaginea 4)](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_aparate_si_sisteme_si_boli_sistemul_circulator_MEDIA_4.html). În urma acestui frecuş permanent, globulele roşi se uzează şi îmbătrânesc repede, trebuind înlocuite în mod continuu. |  | |
| Capilarele au proprietatea de a-şi modifica calibrul, permeabilitatea, filtrabilitatea şi aderenţa pereţilor interni. În mod obişnuit, prin vasele capilare, trece doar  5% din totalul sângelui circulant. Acest volum, prin modificarea formei capilarelor, poate creşte de 6 ori. Sporul cantitativ de sânge capilar se realizează pe baza micşorării volumului de sânge din vasele mai mari. Dacă are loc o vasodilataţie capilară la nivelul întregii suprafeţe cutanate, se scoate din circulaţie o cantitate însemnată de sânge de la nivelul organelor, mai ales a ficatului, splinei şi plămânilor producându-se decongestionarea lor. Vasoconstricţia dermică, acţionează în sens contrar, aducând un flux sporit sanguin spre viscere prin scăderea volemiei sanguine periferice.   Există numeroşi factori tisulari, fizici şi chimici care pot modifica calibrul capilarelor. Căldura şi acidoza provoacă dilatarea acestor vase minuscule, în timp ce frigul are o acţiune contractilă. Dintre cataboliţi, dioxidul de carbon, acidul lactic, acidul uric au efect dilatator, iar amoniacul acţionează ca vasoconstrictor. Lipsa vitaminei P, hipokaliemia, hipocalcemia, [carenţa proteică](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticCarenta_proteica%28hipoproteinismul%29.html), [histamina](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteHistamina.html), insuficienţa sau excesul unor hormoni, precum şi alte substanţe, pot produce o creştere exagerată a permeabilităţii capilare. În aceste condiţii, capilarele îşi pierd rezistenţa, devin fragile, se sparg uşor şi permit trecerea, uneori masivă, a lichidelor în spaţiul interstiţial, producându-se uneori, microhemoragii sau mai des,edem.    • Circulaţia venoasă |
| |  |  | | --- | --- | | În cadrul sistemului circulator, sângele este adus înapoi, la inimă, prin componenta venoasă. De la ţesuturi prin capilare, sângele revine la cord prin venule, care unindu-se se captează în vene. Vena cavă superioară şi vena cavă inferioară, sunt canalele care colectând tot sângele venos al circulaţiei mari, se deschid în atriul drept [(vezi imaginea 3)](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_aparate_si_sisteme_si_boli_sistemul_circulator_MEDIA_3.html). |  | |
| Circulaţia venoasă reprezintă un transport sanguin de întoarcere, care se realizează mai greoi, în primul rând din cauza că, cu excepţia părţii superioare a corpului, se desfăşoară împotriva gravitaţiei. Factorii cei mai importanţi care asigură desfăşurarea optimă a circulaţiei venoase sunt: respiraţia, contracţiile ventriculare, contracţiile musculaturii scheletice ale membrelor inferioare şi pulsaţiile arterelor.  Inspiraţia pulmonară realizează o aspiraţie a sângelui venos spre cord, mai ales în venele mari, deoarece se creează o presiune intratoracică negativă. Totodată, inspiraţia profundă, exercită o presiune asupra organelor abdominale, prin intermediul diafragmei, presiune care se transmite venelor. Se poate conchide deci, că  respiraţia corectă şi  efortul fizic moderat au efecte dintre cele mai favorabile asupra circulaţiei venoase. |
| **Sângele** |
| Sângele este un ţesut lichid, compus dintr-o parte lichidă (plasmă -55%) şi una solidă (elemente figurate -45%), care circulă într-un sistem închis (sistemul circulator). Faţă de alte ţesuturi, celulele sângelui nu sunt imobilizate, ci ele "plutesc" într-un lichid vâscos (plasma). Datorită acestui fapt, sângele este un ţesut mobil care reuşeşte să se strecoare în toate părţile corpului.   Rolul sângelui este acela de a asigura:   - transportul diferitelor substanţe spre locul lor de destinaţie; ţesuturi şi celule (substanţe nutritive, produşi intermediari, [enzime](http://www.bioterapi.ro/compusi_bio/index_compusi_bio_enzime.html), hormoni, etc.),   - respiraţia tisulară (transportul oxigenului dinspre plămâni spre celule şi a dioxidul de carbon dinspre celule spre plămâni),   - epurarea organismul (descărcarea din mediul intern, prin organele de eliminare, mai ales prin rinichi, a produşilor de dezasimilaţie şi a toxinelor),   - transformarea unor substanţe (prin enzimele pe care le conţine şi mai ales prin transportul compuşilor spre ficat),   - imunitatea organismului (prin anticorpii pe care îi conţine),   - repartizarea şi reglarea căldurii în organism,   - menţinerea constantă a echilibrului acido-bazic şi a balanţei hidrice,   - reconstrucţii organice, acolo unde este necesar.   Deşi sângele se reconstituie în permanenţă, compoziţia sa rămâne aproape invariabil constantă. Acest echilibru funcţional, poartă denumirea de homeostază. Homeostaza este controlată şi dirijată de către sistemul neuro-endocrin cu participarea organelor hematoformatoare - pe de-o parte şi a unor aparate (respirator, excretor) - pe de altă parte. Astfel, prin analize de laborator, se pot determina valorile multor elemente circulante, care în mod normal trebuie să rămână relativ constante, ca:   - [glicemia](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticGlicemia.html) (nivelul [glucozei](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteGlucoza.html) din sânge),   - nivelul [lipidelor (lipide totale, trigliceride, colesterol) din sânge](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticMetabolismul_lipidelor.html#date_lipide_sange),   - nivelul  [proteinelor din sânge şi raportul dintre albumine şi globuline](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteProtide.html#proteinele_din_sange)   - valoarea unor [minerale](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteMinerale_saruri_elemente_ioni.html) ([fier](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteFer.html), calciu, magneziu, [sodiu](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteNatriu%28sodiu%29.html), etc.).   Sângele arterial conţine [hemoglobină](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteHemoglobina.html) saturată în oxigen (oxihemoglobină). El circulă prin artere, de la plămâni spre ţesuturi, unde donează oxigenul celulelor.   Sângele venos conţine carbohemoglobină (hemoglobină care a legat dioxidul de carbon), circulând prin vene, de la ţesuturi la plămâni.   De la aceste reguli, face excepţie sângele care circulă prin artera, respectiv vena pulmonară. Prin artera pulmonară circulă sângele de la inimă la plămâni (sânge încărcat cu dioxid de carbon, sânge venos), iar prin vena pulmonară trece  sânge oxigenat, de la plămâni la inimă. |
| **Componentele sângelui** |
| Cele două componente ale sângelui sunt plasma şi elementele figurate. |
| **Plasma** |
| Plasma este componenta lichidă, lipsită de elemente figurate, atât a sângelui, cât şi al altor fluide din corp (lichidul cefalorahidian,  limfa, lichidul seminal,  lichidul interstiţial).   Plasma sângelui este un lichid gălbui, uşor vâscos. Ea trebuie închipuită ca un lichid "gros" în care se află în suspensie diferite organite (elementele figurate).  Plasma conţine: [apă](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteApa_in_organismul_omului.html) (90%), săruri [minerale](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteMinerale_saruri_elemente_ioni.html), [proteine](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteProtide.html) (albumine, globuline, fibrinogen, enzime), lipide (colesterină, picături microscopice de lipide neutre, [acizi graşi](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteAcizi_grasi.html)), substanţe intermediare, hormoni, anticorpi, [glucide](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteGlucidele%28nsm%29.html). Această componentă reprezintă 55% din volumul total sângelui. Datorită compoziţiei chimice a plasmei, sângele reuşeşte să neutralizeze o serie de acizi care sunt produşi fără încetare de către ţesuturi.   Plasma nu îndeplineşte funcţie respiratorie, deoarece poate dizolva o cantitate foarte mică de oxigen molecular.   Lăsată liberă,  plasma coagulează. Cheagul care se formează are o culoare albicioasă şi conţine multă fibrină. În timpul coagulării, fibrinogenul (proteină dizolvată în plasmă) se transformă în fibrină, componentă insolubilă. Fibrinogenul are o consistenţă vâscoasă, şi prezintă proprietatea de a se alipii de  pereţii vaselor de sânge rănite, oprind hemoragia.   Dacă din plasmă se exclud proteinele de coagulare, rezultă [serul](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticSer.html). |

**Elementele figurate**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | Elementele figurate reprezintă partea solidă a sângelui (45% din volumul acestuia), fiind reprezentate, după cum se poate vedea în tabelul de mai jos, prin 3 categorii de celule: eritrocite, leucocite şi trombocite. Dintre aceste elemente, doar leucocitele sunt celule adevărate (prezintă nuclei şi [metabolism](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticMetabolismul.html) activ). |  | |
| Sângele unui adult conţine aproximativ 30.000 de miliarde de globule roşii şi 50 de miliarde de globule albe.  Hematopoieza  Hematopoieza este un ansamblu de procese succesive prin care se formează şi se dezvoltă elementele figurate (celulele sanguine) (vezi imaginea 7). Deoarece celulele sanguine mature circulante au o viaţă limitată, înlocuirea lor în mod continuu, necesită existenţa unor celule precursoare capabile să se multiplice, să se diferenţieze şi să se maturizeze până la dobândirea funcţiilor caracteristice.    Hematopoieza  Toate elementele figurate, îşi au originea primordială în hemohistoblast (celula stem multipotentă), celulă capabilă să se multiplice şi apoi să se diferenţieze în celule stem unipotente (celule orientate către una din seriile sanguine), aşa cum sunt celulele stem eritropoietică, granulo-monocitopoietică, trombociopoietică şi limfopoietică.  În primul trimestru de viaţă intrauterină, chiar din a III-a săptămână, începe să se formeze celulele sanguine primitive, iar apoi, din luna a II-a, activitatea hematopoietică este preluată de către ficat şi de splină. Din luna a VI - a, măduva osoasă preia treptat această funcţie generatoare.  La adult, hematopoieza se realizează aproape în totalitate, în măduva vertebrelor, a coastelor, în interiorul oaselor late şi în extremitatea celor lungi. Doar monocitele şi limfocitele au o altă origine; sistemul reticulo-endotelial, respectiv ganglionii limfatici (vezi imaginea 8)    Organe hematoformatoare  Întregul proces hematopoietic se află sub control neuroendocrin.  Principiile capabile să stimuleze hematopoieza, se numesc hematopoietice.  Dintre laturile hematopoiezei, aceea prin care se formează globulele roşii, poartă denumirea de eritropoieză, iar aceea prin care se formează trombocitele, se numeşte trombopoieză.  Coagularea sângelui şi hemostaza (stoparea hemoragiilor)  Procesul de coagulare a sângelui este realizat prin intermediul unei fracţiuni a proteinelor plasmatice; fibrinogenul, care este precursorul solubil al fibrinei. La apariţia unor hemoragii, fibrinogenul trece în fibrină, proteină cu structură filamentoasă, deosebit de ramificată. Eritrocitele şi trombocitele sunt prinse în reţeaua filamentoasă şi sunt supuse dezintegrării. Astfel se formează cheagul, care la început aderă la pereţii vaselor de sânge, şi serul.  Coagularea sângelui, deci transformarea fibrinogenului în fibrină, depinde de o serie de factori, care activându-se acţionează în cascadă (vezi imaginea 9) [mai multe despre coagularea sângelui].    Schema coagulării sângelui  Coagularea reprezintă un proces deosebit de important, prin efectul antihemoragic prompt promovat. Însă stoparea naturală a hemoragiilor, nu se datorează exclusiv coagulării sângelui. Procesul antihemoragic, numit hemostază, implică şi participarea altor factori, care împreună reuşesc nu numai să oprească sângerarea, dar şi să refacă în totalitate vasul de sânge lezat (mai multe despre hemostază).  Epurarea  Celulele organismului au tendinţa permanentă de a elimina resturile (cataboliţi, toxine, diferiţi acizi) provenite din activitatea lor metabolică şi nutriţională. Aceste reziduuri nu pot fi eliminate altundeva decât în sânge. Pe de altă parte, tot celulele au nevoie de o serie de substanţe pentru hrănire, respiraţie, construcţii şi reconstrucţii. Singura cale de acces spre aceşti compuşi rămâne tot sângele. Activitatea celulară fiind deosebit de intensă, ţesuturile au nevoie de un contact permanent cu mediul sanguin prin care să realizeze schimburi de substanţe.  În condiţii de laborator, un fragment de ţesut viu păstrat într-un borcan are nevoie de un volum de lichid nutritiv de 2000 de ori mai mare decât propriul său volum şi de o atmosferă gazoasă de 10 ori mai mare decât mediul lichid, ca să nu fie otrăvit de resturile nutriţiei lui (Alexis Carrel). Celule organismului nostru îşi îndeplinesc cu succes misiunea cu o cantitate de lichid, extrem de mică faţă de necesităţile teoretice simulate în laborator. Cantitatea de sânge la om reprezintă doar 10 % din greutatea unui individ, ceea ce însemnă, fireşte pur teoretic, că este de 20.000 de ori sub necesar. Însă sângele nu stagnează, el circulă îndeplinind desăvârşit cele două roluri esenţiale pentru fiecare celulă; nutritiv-respirator şi epurator.  Dacă sângele din sistemul circulator nu ar reuşi să îndeplinească un rol epurator satisfăcător, ţesuturile şi celulele din care sunt alcătuite ar fi ucise în câteva zile de către otrăvuri. Ajunge ca circulaţia într-o anumită zonă a corpului să încetinească   |  | | --- | | şi toxic. Însă organismul posedă capacităţi uimitoare prin care reuşeşte să purifice sângele, ajutându-se de două perechi de organe fundamentale; plămânii şi rinichii.   Străbătând plămânii, sângele se descarcă de dioxidul de carbon precum şi de o serie de compuşi rezidual volatili (alcooli, [corpi cetonici](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteCorpii_cetonici.html), etc.). Rinichii, filtrează sângele şi selectează acele substanţe indispensabile (mai ales săruri [minerale](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_substanteMinerale_saruri_elemente_ioni.html)), pe care le redă sistemului circulator, eliminând, pe cale urinară, reziduurile.   Epurarea sângelui, devine în anumite circumstanţe deficitară, caz în care se recomandă apelarea la principii [depurative](http://www.bioterapi.ro/aprofundat/index_aprofundat_index_enciclopedic_terapeuticDepurativ.html). | | **Boli, dezechilibre şi alte disfuncţii care ating sitemul circulator** | | În mod direct sau indirect, aproape orice tulburare lasă o amprentă asupra sistemului circulator. În acest context, nu este de mirare frecvenţa cu care se recurge la analizelor de sânge | |

**Fiziologia circulatiei**

Sangele se deplaseaza intr-un circuit inchis, intr-un singur sens, prin circulatia sistemica si pulmonara, dis­puse in serie **a) Circulatia prin artere**. Arterele sunt vasele prin care sangele pleaca de la inima cu O2 (in circulatia sis­temica) sau cu CO2 (in circulatia pulmonara). Proprie­tatile lor sunt elasticitatea si contractilitatea.***Elasticitatea*** se manifesta la nivelul arterelor mari, care amortizeaza „unda de soc' provocata de sistola ventriculara si inmagazineaza o parte a energiei sub forma de [tensiune](http://www.esanatos.com/boli/bolile-cardiovasculare/hipertensiunea22362.php) elastica a peretilor. Arterele mari, considerate „cisterne de presiune', transforma curgerea sacadata a sangelui, determinata de ritmici­tatea sistolelor, in curgere continua.***Contractilitatea*** este caracteristica arterelor mici si arteriolelor, care isi modifica activ calibrul, prin activitatea fibrelor musculare netede din tunica lor medie. Sunt con­siderate „ecluze de irigatie'.Factorul principal al curgerii sangelui prin [artere](http://www.esanatos.com/nutritie/diete/curatarea-vaselor-artere-vene61948.php) este activitatea mecanica a inimii. Ea determina la nivelul sistemului arterial parametri masurabili, indici importanti ai starii de sanatate.Presiunea arteriala variaza in functie de: debitul cardiac, rezistenta periferica data de vascozitatea san­gelui si de frecare, volumul sangelui circulant si elas­ticitatea peretilor arteriali, care scade cu varsta.

**b) Circulatia capilara** (tab. 26.). Circulatia capilara se adapteaza continuu la nevoile metabolice. In repaus, multe capilare sunt inchise. Ele se deschid cand activitatea se intensifica si creste nevoia de sange in organul respectiv. Principalele proprietati ale capila­relor sunt permeabilitatea si motricitatea.

***Permeabilitatea*** este proprietatea capilarelor de a permite schimbul de apa si substante dizolvate intre sange si tesuturi prin filtrare, difuziune si osmoza. Peretele capilar este permeabil si pentru leucocite in drumul lor spre focarele de infectie. Proprietatea capi­larelor de a-si modifica lumenul, ***motricitatea capilara***, se datoreaza actiunii musculaturii netede din peretii arteriolelor si sfincterelor precapilare aflate sub con­trolul SNV simpatic.

**c) Circulatia prin vene**. Venele sunt vasele prin care sangele vine la inima cu CO2 (din circulatia sistemica) si cu O2 (din circulatia pulmonara). Capacitatea lor este de circa trei ori mai mare decat a  
arterelor. Proprietatile principale ale venelor sunt distensibilitatea si contractilitatea.

***Distensibilitatea*** este proprietatea venelor de a-si mari pasiv calibrul sub actiunea presiunii sangvine, unele vene jucand rolul de „rezervoare' de sange (vena hepatica, splenica). ***Contractilitatea*** venelor se datoreaza tunicii musculare netede din peretii lor si asigura mobilizarea sangelui din rezerve.

Factorii care determina intoarcerea sangelui la inima prin sistemul venos sunt: activitatea de pompa aspiro-respingatoare a inimii, prin aspiratie atriala in timpul sistolei ventriculare, aspiratia toracica in timpul inspiratiei, „presa' abdominala din timpul inspiratiei, contractiile musculaturii scheletice, prezenta valvulelor venoase in venele situate sub nivelul inimii, gravitatia pentru venele situate deasupra inimii si pulsatia arterelor aflate in acelasi „pachet vascular' cu venele.

[**Elemente de Hemodinamica**](http://lumeastiintei.com/?p=209)

**Hemodinamica** are ca obiect studiul fenomenelor fizice ale circulatiei (mecanica inimii si hidrodinamica curgerii sângelui prin vase elastice), aparatele, modelele precum si dispozitivele experimentale folosite pentru acest studiu. Studiul circulatiei sanguine foloseste modele mecanice datorita numeroaselor analogii care exista între functionarea inimii si cea a unei pompe, între artere si tuburile elastice etc.

**Inima** este un organ cavitar musculos care pompeaza sânge (lichid nenewtonian pseudoplastic) în tot organismul prin contractii ritmice (datorita ciclului cardiac) în vasele de sânge de diametre diferite, având pereti nerigizi si partial elastici. Inima are aproximativ 60-100 batai /minut, si aproximativ 100.000 batai / zi. Bataile inimii sunt accelerate de activitatea musculara si de temperatura mai ridicata a corpului.

**Rolul de pompa al inimii**

Rolul principal al inimii consta în expulzarea sângelui în circulatie, prin închiderea si deschiderea în mod **pasiv** a valvulelor care au rol de supapa. Inima este constituita din doua pompe (Fig. 22), conectate prin circulatiile pulmonara si sistemica:

- **pompa dreapta** care are rolul de a pompa spre plamâni sângele dezoxigenat colectat din organism (circulatia pulmonara)

- **pompa stânga** colecteaza sângele oxigenat din plamâni si îl pompeaza în corp (circulatia sistemica)

Fiecare parte a inimii este echipata cu doua seturi de valvule care, în mod normal, impun deplasarea sângelui într-un singur sens, cele doua pompe ale inimii având fiecare câte doua camere: **atriul** este un rezervor care colecteaza sângele adus de vene si **ventriculul** care pompeaza sângele în artere. **Septul** este peretele care desparte atât atriile cât si ventriculele si care împiedica trecerea sângelui dintr-un atriu/ventricul în celalalt. Etanseitatea pompelor este determinata de musculatura cardiaca.

Miscarea valvulelor este reglata de diferenta de presiune dintre atrii, ventricule si vase sanguine, ele împiedicând sângele sa curga în directie gresita. Musculatura cardiaca asigura atât variatia volumului inimii si presiunii sângelui precum si energia necesara functionarii prin procesele biofizice si chimio-mecanice din miocard.

**Fazele ciclului cardiac**

Activitatea de pompa a inimii se poate aprecia cu ajutorul debitului cardiac, care reprezinta volumul de sânge expulzat de fiecare ventricul într-un minut. El este egal cu volumul de sânge pompat de un ventricul la fiecare bataie (volum-bataie), înmultit cu frecventa cardiaca. Volumul-bataie al fiecarui ventricul este, în medie, de 70 ml, iar frecventa cardiaca normala este de 70-75 batai/min.; astfel, debitul cardiac de repaus este de aproximativ 5 l /min. Inima trebuie sa puna în miscare în fiecare minut, în medie 4 l în repaus, iar în timpul exercitiilor fizice, pâna la 20 l. În somn, debitul cardiac scade, iar în stari febrile, sarcina si la altitudine, creste.

Fiecare bataie a inimii consta într-o anumita succesiune de evenimente, care reprezinta **ciclul cardiac**. Acesta cuprinde 3 faze:

- **sistola atriala** consta în contractia celor doua atrii, urmata de influxul sanguin în ventricule. Când atriile sunt complet golite, valvulele atrioventriculare se închid, împiedicând întoarcerea sângelui în atrii.

- **sistola ventriculara** consta în contractia ventriculelor si ejectia din ventricule a sângelui, care intra astfel în sistemul circulator. Când ventriculele sunt complet golite, valvula pulmonara si cea aortica se închid.

- **diastola** consta în relaxarea atriilor si ventriculelor, urmata de reumplerea atriilor.

Închiderea valvulelor atrioventriculare si a celor aortice produce sunetele specifice batailor inimii si pot fi ascultate cu ajutorul stetoscopului (Fig. 23).

Fazele ciclului cardiac, din punct de vedere mecanic, cu referire la **ventriculul stâng** sunt: umplerea (diastola ventriculara), contractia atriala, contractia izovolumica sau izometrica, ejectia si relaxarea izovolumica (izometrica).

**Umplerea** corespunde diastolei ventriculare care dureaza 0,50s. Datorita relaxarii miocardului, presiunea intracavitara scade rapid pâna la câtiva mmHg. În momentul în care devine mai mica decât presiunea atriala, se deschide valvula mitrala ducând la scurgerea sângelui din atriu. Relaxarea continua a miocardului, permite scaderea în continuare a presiunii, generând umplerea rapida a ventriculului, urmat de un aflux mai lent, datorita scaderii diferentei de presiune.

**Contractia atriala** este faza în timpul careia se umple complet ventriculul. În timpul acestor faze, valvula sigmoida este închisa, iar presiunea aortica este mai mare decât cea ventriculara.

În timpul **contractiei izovolumice** (la volum constant), ambele valvule sunt închise, ventriculul contractându-se ca o cavitate închisa, asupra unui lichid incompresibil, fapt care duce la o crestere foarte rapida a presiunii intracavitare. Deoarece musculatura se contracta, forma ventriculului se modifica, dar volumul sângelui continut ramâne acelasi. Presiunea sângelui creste rapid depasind-o pe cea din aorta, în acest moment deschizându-se valvula sigmoida.

În timpul **ejectiei**, datorita contractiei miocardului ventricular, sângele este expulzat în aorta, cu viteza mare, la început având loc o ejectie rapida (aproximativ 2/3 din debitul sistolic este expulzat în prima jumatate a sistolei). Prin urmare, presiunea aortica si cea ventriculara devin foarte apropiate ca valoare, la o diferenta de 2-3 mmHg. Musculatura se relaxeaza dupa jumatatea perioadei de ejectie si presiunea din ventricul scade, la început mai încet decât cea aortica, expulzarea sângelui continuind mai lent. Când presiunea ventriculara scade sub cea aortica, se închide valvula sigmoida.

Urmeaza o perioada scurta în care cele două ventricule devin cavitati închise (diastola izovolumica sau **relaxare izovolumica**). În acest timp, presiunea intraventriculară continua sa scadă până la valori inferioare celei din atrii, permitând deschiderea valvelor atrio-ventriculare. În acest moment, începe umplerea cu sânge a ventriculelor. Această relaxare este foarte rapidă, aşezarea fibrelor musculare în straturi cu orientare diferita si energia elastica înmagazinata în tesutul conjunctiv ce leaga straturile reprezentând factori deosebit de importanti.

**Structura muschiului cardiac**

**Cele trei straturi din care este alcatuit muschiul inimii au fiecare câte o alta orientare a fibrelor musculare (Fig. 24) si participa în mod diferit la etapele ciclului cardiac si anume:**

**- stratul intern cuprinde fibre rasucite elicoidal;**

**- stratul median este alcatuit din fibre circulare care ajuta la micsoarea volumului ventricular în sistola; el este foarte bine dezvoltat în ventriculul stâng;**

**- stratul extern are de asemenea fibre rasucite elicoidal, dar în sens invers celor din stratul intern**; compunând forta generata de fibrele elicoidale din stratul intern (F1 din Fig. 24) cu forta generata de fibrele elicoidale din stratul extern (F2 din Fig. 24) se obtine o rezultanta (R) paralela cu axul longitudinal al inimii, prin urmare sub efectul fortelor dezvoltate de fibrele spiralate baza inimii se

Deoarece prezinta avantaje energetice si de rezistenta, structura elicoidala este întâlnita la multe forme vii.

**Lucrul mecanic al inimii**

**Dintre fenomenele fizice care se desfasoara în cursul activitatii inimii, o importanta deosebita o are efectuarea de lucru mecanic de catre inima prin expulzarea sângelui, la fiecare ciclu (aproximativ 1,6J). Lucrul mecanic reprezinta produsul scalar dintre forta si deplasare. Daca nu exista deplasare (de exemplu, variatie nula de volum în cazul functionarii unei pompe), nu se poate vorbi despre efectuare de lucru mecanic.** În fazele ciclului cardiac în care variatia de volum este nula (contractia si relaxarea izovolumice sau izometrice) nu se efectueaza lucru mecanic, spre deosebire de etapa de ejectie (Fig. 25).

Faza de umplere reprezinta un aport de lucru mecanic datorat presiunii mai mari a sângelui din atriu.

**Lucrul mecanic este cu atât mai mare cu cât numarul contractiilor cardiace creste, ca în cazul efortului fizic.**

Conform legii de conservare a energiei, lucrul mecanic al inimii se va regasi sub alte forme de energie în:

- energia potentiala a sângelui (careia îi corespunde o presiune efectiva asupra peretilor vasului),

- în energia cinetica a sângelui care masoara miscarea sângelui,

- în încalzirea sângelui ca urmare a frecarilor dintre straturile de sânge.

**Lucrul mecanic generat de inima în sistola se acumuleaza partial sub forma de energie potentiala si este cedat apoi coloanei de sânge în timpul diastolei**. Deoarece arterele au pereti elastici, în conditiile regimului pulsatil în care lucreaza inima, acestea permit curgerea sângelui si în perioada în care inima este în diastola; astfel, debitul este cu mult mai mare decât debitul ce ar exista în vase cu pereti neelastici (vezi Mecanica Lichidelor-Curgerea prin pereti elastici, experimentul lui Marey).

**Schema generala a patului vascular**

**În Fig. 26 este reprezentata schema generala a patului vascular. Dinspre aorta, unde presiunea este cea mai mare (presiunea medie este de 100 mmHg), sângele curge spre locul cu presiunea cea mai joasa, vena cava (presiunea medie este de 10 mmHg). Se poate face o analogie cu sensul curentului electric de la un potential mai mare la un potential mai scazut, debitul sanguin reprezentând echivalentul intensitatii curentului electric. Drumul se ramifica, ramificatiile fiind legate în paralel. Presupunând ca rezistenta, în unitati arbitrare, a fiecarei cai este 0,1 (*R1* = *R2* = *R3* = 0,1), se poate calcula rezistenta echivalenta a gruparii serie (Fig.27) comparativ cu a gruparii paralel (Fig. 28).**

*R****serie - echivalent*** *= R****1*** *+ R****2*** *+ R****3*** *= 0,3*

iar în cazul gruparii paralel: 1/*R****serie - echivalent*** =1/ *R****1*** *+ 1/ R****2*** *+1/ R****3*** *=3/0,1=> R****paralel - echivalent*** *=0,033*

**Se observa ca rezistenta echivalenta la curgerea în paralel este mult mai mica decât în cazul serie.**

**Prin urmare, desi are loc o ramificare din ce în ce mai complexa a vaselor de sânge, cu cresterea sectiunii transversale a patului vascular (sectiunea totala a capilarelor fiind de cca. 750 de ori mai mare decât aria sectiunii transversale a aortei), rezistenta la înaintare a sângelui scade, viteza de curgere fiind invers proportionala cu suprafata sectiunii vasului.**

**Legea lui Laplace stabileste ce calibru va avea vasul de sânge, care se comporta ca o membrana elastica de forma cilindrica, atunci când sângele are o anumita presiune. Tensiunea *T* depinde de structura peretelui vasului sanguin.**

Legea lui Laplace se scrie matematic astfel : *D*p=T/R, unde *p* este presiunea arteriala, *T* **este tensiunea exercitata de sânge asupra peretilor arteriali iar** *R* este raza arterei. Se observa ca pentru o diferenta de presiune data *Dp*, tensiunea în vas *T* depinde de raza. Pentru aceeasi presiune de distensie rezistenta peretilor vasculari este invers proportionala cu raza vasului de sânge.

**Legea lui Laplace are o importanta deosebita în biofizica aparatului circulator. Cu ajutorul ei se pot explica unele particularitati anatomo-functionale fiziologice si patologice ale inimii si ale vaselor de sânge si anume:**

**- daca scade raza de curbura *R* a stratului median al muschiului inimii**, având constanta tensiunea parietala *T*, conform legii Laplace, **se constata ca presiunea la care are loc expulzarea sângelui creste** ;

**- în regiunea apicala peretele ventricular se subtiaza, raza de curbura a cordului fiind mai mica, la aceeasi presiune a sângelui, tensiunea din perete este mai mica;**

**- în cazul hipertrofiei cardiace, cresterea razei de curbura duce la diminuarea presiunii sistolice, asadar la o expulzare deficitara, pentru aceeasi tensiune în fibrele musculare ;**

**- în cazul cardiomiopatiei dilatative, muschiul cardiac este slabit, raza ventriculului creste.Cardiomiopatia dilatativa este o afectiune severa in care muschiul cardiac este slabit si nu mai are putere sa pompeze sangele in intreg organismul. [Inima](http://www.sfatulmedicului.ro/dictionar-medical/inima_1223" \o "Inima) slabita nu poate sa pompeze mult sange, astfel incat ramane mai mult sange la acest nivel dupa fiecare bataie de inima. Pe masura ce cantitati mai mari de sange raman in camerele inferioare din inima (ventriculi), acestea se dilata. In timp, muschiul cardiac isi pierde forma (se dilata) si devine tot mai slab.   
Majoritatea pacientilor cu cardiomiopatie dilatativa dezvolta in final** [**insuficienta cardiaca**](http://www.sfatulmedicului.ro/Insuficienta-cardiaca/insuficienta-cardiaca_163)**. Insuficienta cardiaca nu semnifica oprirea inimii, ci mai degraba este o afectiune in care ventriculii sunt incapabili sa pompeze suficient sange pentru a intruni necesarul de oxigen si nutrienti al organismului.**

**- în cazul anevrismelor, deoarece creste raza vasului (Fig. 29), la aceeasi presiune distala, vom avea o crestere a tensiunii parietale si, în consecinta, o crestere a riscului de rupere a peretelui vascular.**

**Structura peretilor vaselor de sânge**

***Structura arterelor si venelor***

***Tunica interna* – intima – este formata dintr-un rând de celule endoteliale turtite si captuseste interiorul peretelui, conferindu-i caracter neted; endoteliul prezinta o permeabilitate selectiva pentru diferite substante.**

***Tunica medie* are structura diferita, în functie de calibrul arterelor. Arterele mari, *artere de tip elastic,* au în structura peretilor lor fibre de elastina si pe masura ce diametrul arterial se diminueaza începe sa predomine tesutul muscular neted, care atinge cea mai mare dezvoltare la nivelul arteriolelor. Arterele mijlocii si mici, *artere de tip muscular,* contin numeroase fibre musculare netede, printre care sunt dispersate fibre de colagen si de elastina. Fibrele de elastina si cele de colagen sunt tesuturi de sustinere; primele sunt foarte usor extensibile, creând pasiv, adica fara consum de energie, o tensiune elastica în peretele vasului, conferindu-i acestuia o rezistenta minima la distensia produsa de presiunea sanguina, fibrele de colagen sunt mult mai rezistente la întinderi decât fibrele de elastina si confera vasului sanguin rezistenta la presiuni mari.**

***Tunica externa* este formata din tesut conjunctiv, cu fibre de colagen si elastina, si de asemenea fibre nervoase vegetative, cu rol vasomotor.**

***Structura capilarelor***

**Capilarele contin la exterior un strat format din tesut conjunctiv cu fibre de colagen si de reticulina, în care se gasesc si fibre nervoase vegetative, iar la interior un tesut monostrat endotelial.**

**Muschii netezi care intra în structura vaselor de sânge pot ramâne contractati pentru o perioada mai lunga de timp, activitatea lor fiind controlata de sistemul nervos autonom. Îndeplinesc multiple roluri, cum ar fi: dilatarea si contractarea vaselor sanguine, dar si deplasarea alimentelor ingerate de-a lungul tubului digestiv, contractia uterului etc. În arteriole se afla o cantitate mare de muschi netezi, controlul exercitat de acestia asupra calibrului vascular fiind cel mai reprezentativ la acest nivel.**

**Factorii care intervin în geneza rigiditatii intra în actiune la valori de tensiune diferite. Când tensiunea este scazuta, este solicitata elastina, la cresterea tensiunii va fi solicitat colagenul. Cu cât diametrul arterei este mai mare, deci artera este mai dilatata, cu atât ea va deveni mai rigida, deoarece cresterea diametrului duce la o transmisie progresiva a tensiunii de la elastina la colagen.**

**Elasticitatea arteriala joaca un rol deosebit de important în reologia sângelui, deoarece nu numai ca transforma regimul intermitent de propulsare a masei sanguine în regim continuu de curgere, dar mareste si debitul sângelui în vase (vezi experimentul lui Marey). Daca peretii arteriali ar fi rigizi, debitul sanguin ar fi mai mic, iar inima ar trebui sa efectueze în timpul sistolei un lucru mecanic mai mare.**

Conform legii lui Laplace, în arteriole, deoarece raza acestora este mai mica decât raza arterei, la aceeasi presiune a sângelui, avem o tensiune parietala mult mai mica.

**Vâscozitatea sângelui**

**La fluidele reale, în timpul curgerii apar forte de frecare interna între straturile moleculare care curg cu viteze diferite. Aceste forte, numite forte de vâscozitate**, tind sa anuleze miscarea relativa a straturilor si ele sunt cu atât mai mari cu cât viteza relativa a straturilor este mai mare. În general, pentru un fluid aflat în curgere laminara, **forta de vâscozitate este proportionala cu gradientul vitezei:**

***Forta de vâscozitate = coeficientul de vâscozitate ´ aria ´ gradientul vitezei***

**= h ´ *S* ´**



h = coeficientul de vâscozitate (numit si vâscozitate);

*S* = aria suprafetei de frecare între straturi;

Δ*v* = viteza relativa de curgere a straturilor;

Δ*x* = distanta între straturi (masurata pe o directie perpendiculara pe directia de curgere);

gradientul vitezei = Δ*v*/Δ*x*.

            Coeficientul de vâscozitate se masoara în Poiseuille: 1 Poiseuille (1 PI) = 1 Ns/m2.

            Unitatea utilizata frecvent se numeste poise: 1 poise (1 P) = 10-1 Ns/m2.

            Vâscozitatea apei la temperatura camerei este 1 cP = 0,01 P, iar a sângelui (la temperatura corpului) este cuprinsa între 0,02 si 0,04 P. Vâscozitatea sângelui variaza cel mai mult cu temperatura si cu numarul de hematii pe unitatea de volum.

            Fluidele reale care satisfac relatia de mai sus se numesc **fluide newtoniene**. Vâscozitatea acestor fluide (η) nu depinde de viteza de curgere si nici de presiune (η = const.). Exista si **fluide reale nenewtoniene**, care nu satisfac relatia de proportionalitate între forta de vâscozitate si gradientul vitezei, deoarece vâscozitatea lor depinde de viteza de curgere sau de presiune.

            Vâscozitatea sângelui depinde de concentratia hematiilor, care, prin forma lor discoidala, maresc rezistenta la curgere (frecarea interna) a sângelui. În anemie, concentratia hematiilor este redusa, ceea ce micsoreaza vâscozitatea sângelui, în timp ce o concentratie ridicata a hematiilor creste vâscozitatea. În plus, daca viteza de curgere a sângelui creste, hematiile tind sa se orienteze pe directia de curgere, astfel încât scade rezistenta la curgere. Vâscozitatea sângelui scade deci atunci când viteza de curgere creste. Aceasta proprietate defineste sângele **ca fluid nenewtonian pseudoplastic** si se datoreaza faptului ca sângele nu este un fluid omogen, ci o suspensie. În componenta sângelui intra plasma sanguina si elementele figurate, cum ar fi globulele rosii (eritrocite sau hematii), mai multe tipuri de globule albe (leucocite) si trombocite.        În conditii normale, plasma sanguina este de 1,2 – 1,6 ori mai vâscoasa decât apa, iar sângele de 2 – 4 ori. Plasma este un fluid newtonian.

            Globulele albe: diametru 10 mm, concentratie (4-11)´103/mm3.

            Trombocite: diametru 1,5–3 mm, concentratie ~(15-40)´104/mm3.

            Dintre elementele figurate, practic numai hematiile influenteaza vâscozitatea sângelui (fiind mult mai numeroase – cca. 96%). Vâscozitatea sângelui creste aproximativ exponential cu hematocritul (H). Valoarea optima a hematocritului este definita ca valoarea pentru care cantitatea de hemoglobina ce poate intra în capilare este maxima. Aceasta cantitate este proportionala cu raportul H/h. La om, H/h este maxim când H = 48% (valoarea optima a hematocritului).

Un alt lichid nenewtonian este **lichidul sinovial** din articulatiile oaselor. Introducerea unui fluid între doua corpuri solide aflate în contact micsoreaza mult forta de frecare dintre ele. Frecarea solid - solid este înlocuita cu frecarea interna din fluid. Fluidul devine **lubrifiant**, iar efectul de micsorare a frecarii se numeste **lubrifiere**. Vâscozitatea lichidului sinovial scade odata cu cresterea presiunii (lichid nenewtonian pseudoplastic), ceea ce înlesneste lubrifierea.

**Sângele reprezinta o suspensie de elemente celulare (50% din volumul sau) într-o solutie apoasa (plasma) de electroliti, neelectroliti si substante macromoleculare (dispersie coloidala), fiind asadar un sistem dispers complex. Din punct de vedere al vâscozitatii, sângele este un lichid nenewtonian, pseudoplastic. În cazul unei suspensii vâscozitatea sistemului depinde atât de mediul de dispersie (plasma în cazul sângelui), cât si de particulele aflate în suspensie, fiind functie de volumul total al acestor particule.**

**Valoarea vâscozitatii sângelui la temperatura de 370C este de aproximativ 3 cP. Vâscozitatea relativa a sângelui în raport cu apa (*n*apa = 0,70 cP), va fi, în medie:*nrelativ=nsange/napa=4***

**Vâscozitatea sanguina relativa la subiectii sanatosi are valori cuprinse între 3,9 si 4,9, fiind puternic dependenta de vârsta (atinge maximul de 4,9 la vârste cuprinse între 35 – 40 de ani).**

**Datorita compozitiei neomogene a sângelui, vâscozitatea acestuia variaza cu valoarea *hematocritului*, cu *viteza de curgere* si cu *raza vasului de sânge*.**

**Hematocritul reprezinta procentul de elemente figurate, în special hematii, dintr-un anumit volum de sânge. Deoarece plasma este un lichid newtonian, elementele figurate sunt cele care confera sângelui caracterul nenewtonian. Prin urmare, vâscozitatea sângelui va fi mai mare acolo unde densitatea de elemente figurate este mai mare.**

**La omul sanatos, valoarea hematocritului este de 40 – 45%, variind în functie de vârsta si sex.  Hematocritul si dozarea hemoglobinei, ajuta la punerea unui diagnostic mai precis de anemie (hematocrit scazut şi hemoglobină scăzută).**

**Vâscozitatea sângelui variaza cu viteza de curgere, scazând cu cresterea acesteia, datorita deformarii elastice a eritrocitelor. Scade, de asemenea, când diametrul vasului devine mai mic decât 1 mm (în capilare).**

**Vâscozitatea serului da indicatii referitoare la proportia si calitatea proteinelor cuprinse în el. În stare normala, la o temperatura de 37oC, vâscozitatea specifica a serului uman este constanta, cu fluctuatii mici în intervalul 1,64 – 1,69. În stari patologice, vâscozitatea serului variaza mult, putând lua valori cuprinse în intervalul 1,5 – 3. În timp ce prezenta substantelor cristaloide în ser (uree, NaCl) nu modifica sensibil vâscozitatea serului, cresterea procentului de proteine duce la marirea vâscozitatii acestuia.**

**Fenomenul de acumulare axiala a eritrocitelor**

            Atunci când viteza sângelui creste, hematiile tind sa se acumuleze spre centrul tubului, marind hematocritul în aceasta zona si micsorându-l la perete. Se formeaza un fel de manson de hematii în regiunea centrala, înconjurat de plasma, care are vâscozitate mica. În acelasi timp, ele se aliniaza paralel cu directia de curgere. La viteze mari de curgere se ajunge la saturatie: hematiile ating gradul maxim de ordonare, rezistenta la curgere devine minima, iar vâscozitatea nu mai depinde de viteza sângelui. Comparând profilul de curgere cu cel dat de legea lui Poiseuille se observa ca la margini acest profil este respectat în timp ce în centru hematiile au practic aceeasi viteza.

**Viteza de curgere a sângelui**

Doar în vasele mici curgerea sângelui poate fi considerata laminara, în majoritatea vaselor mari curgerea sângelui se face intermediar între regimul laminar si cel turbulent. Prin vasele capilare, care au diametre mai mici decât cele ale hematiilor, se produce o deformare elastica a acestora, ele deplasându-se una câte una, cu viteza foarte mica, antrenate de plasma (Fig. 32).

În restul vaselor de sânge, curgerea este preponderent nelaminara, datorita vâscozitatii, neomogenitatii, expulzarii ciclice ale sângelui precum si a dimensiunilor variabile ale vaselor. Curgerea turbulenta a sângelui în vasele mari (mai accentuata în partea initiala a aortei si arterei pulmonare) este deosebit de importanta deoarece faciliteaza schimburile între fluid si peretii vasului si omogenizarea substantelor dizolvate. În vase de diferite calibre, viteza sângelui este variabila. În vasele mari viteza medie a sângelui are valoarea de aproximativ 35 cm/s, viteza care scade la trecerea în vasele mici pâna la 1 mm/s în capilare (Fig. 33). Datorita regimului pulsatoriu si deformabilitatii peretilor viteza instantanee variaza în timp.

Deoarece aria totala a capilarelor este de 750 ori mai mare decât aria sectiunii aortei, rezulta ca viteza medie de curgere a sângelui prin capilare este de 750 de ori mai mica decât viteza medie de curgere a sângelui prin aorta.

Pentru a aprecia **circulatia sângelui prin artere** se masoara **presiunea arteriala, debitul sanguin** si **rezistenta la curgere a sângelui** (rezistenta periferica).

**Presiunea sanguina arteriala (PA)** este presiunea exercitata de sânge asupra peretilor arterelor mari, cum ar fi artera brahiala. Este determinata de forta si cantitatea sângelui pompat de inima, precum si de marimea si elasticitatea arterelor.

            Presiunea sanguina în celelalte vase de sânge este mai mica decât presiunea arteriala.

Presiunea arteriala maxima în timpul ciclului cardiac este **presiunea sistolica**, iar cea minima este **presiunea diastolica**, atinsa în faza de repaus a ciclului cardiac. **PA sistolica** (maxima) corespunde sistolei ventriculare. Aceasta depinde de forta de contractie si volumul bataie al vetriculului stâng, având o valoare normala de 100 – 140 mmHg. **PA diastolica** corespunde sfârsitului diastolei ventriculare, depinzând de rezistenta periferica opusa de sistemul arterial. Valoarea normala a PA diastolice este cuprinsa în intervalul 60 – 90 mmHg.

Elasticitatea este proprietatea arterelor mari de a se lasa destinse când creste presiunea sângelui si de a reveni la calibrul initial când presiunea a scazut la valori mai mici.

În timpul sistolei ventriculare când sângele este expulzat în circulatie intermitent, cu o presiune mare, în artere este pompat un volum de 75 ml de sânge peste cel continut în aceste vase. Datorita elasticitatii, unda de soc sistolica este amortizata, curgerea devenind continua în zonele distale. În aceasta faza a ciclului cardiac are loc înmagazinarea unei parti a energiei sistolice sub forma de energie elastica a peretilor arteriali, aceasta energie fiind retrocedata coloanei de sânge în timpul diastolei. Prin aceste variatii pasive ale calibrului vaselor mari, se produce transformarea ejectiei sacadate a sângelui din inima în curgere continua a acestuia prin artere. Astfel, peretele vascular se încarca în sistola (proportional cu complianta) si se descarca în diastola, întocmai ca un acumulator de energie. Între undele de debit si de presiune exista un defazaj.

Presiunea sângelui la nivelul arterei aorte are un nivel oscilant între 80-120 Torr (mmHg) sau o valoarea medie de 100 Torr. Presiunea arteriala, apoi venoasa scad progresiv pâna aproape de anulare în vena cava (Fig. 35).

Scaderea presiunilor nefiind liniara, înseamna ca rezistenta la curgere nu este constanta, arteriolele opunând cea mai mare rezistenta, la nivelul lor producându-se si cea mai mare cadere de presiune. Tot în arteriole se amortizeaza si variatiile ciclice datorate contractiilor cardiace.

În timpul ciclului cardiac portiunea ascendenta a presiunii sângelui (Fig. 36) începe în momentul deschiderii valvulei sigmoide aortice datorita patrunderii sângelui în artere. În acest moment peretii arterelor sunt destinsi si înmagazineaza energie potentiala elastica.

**Factori care influenteaza presiunea arteriala:**

- **frecventa batailor:** cu cât este mai mare rata de pompare a inimii, cu atât creste mai mult presiunea arteriala.

**- volumul sanguin total:** cu cât acesta este mai mare, cu atât trebuie sa creasca si rata de pompare, deci si presiunea arteriala.

**- debitul sanguin cardiac** (sau produsul cardiac) reprezinta produsul dintre rata inimii si volumul de ejectie. Practic, debitul cardiac reflecta eficienta cu care inima controleaza circulatia sanguina în organism. Presiunea arteriala creste cu debitul. Pentru un debit de 5 l/min. (în repaus) presiunea arteriala este 125/80 mmHg. Pentru un debit de 15 l/min. (la efort fizic), presiunea este 180/125 mmHg.

- **rezistenta la curgere** a vaselor de sânge este raportul dintre diferenta de presiune de la capetele vasului (Δ*p*) si debitul sanguin *Q:*

În conditii normale, debitul sanguin *Q* este constant, deci presiunea arteriala creste odata cu rezistenta la curgere. Rezistenta unui vas de sânge depinde de diametrul vasului si de netezimea peretilor vasului. Rezistenta este mai mare daca vasul este mai îngust sau daca peretii vasului sunt mai putin netezi. Depunerile de grasimi pe peretii arteriali cresc presiunea sanguina. Substantele vasodilatatoare (cum ar fi nitroglicerina) scad presiunea arteriala, în timp ce substantele vasoconstrictoare o maresc. Datorita presiunii diferite, sistemul arterial contribuie cu 93% din rezistenta totala a patului vascular, în timp ce sistemul venos cu 7%.

- **elasticitatea peretilor arteriali**: presiunea arteriala creste când rigiditatea peretilor arteriali creste. Majoritatea medicamentelor antihipertensive reduc rigiditatea arteriala, actionând ca antagonisti (sau factori de blocaj) la nivelul canalelor de calciu din membrana plasmatica a celulelor musculare aflate în peretii arteriali, ceea ce determina relaxarea fibrelor musculare din peretii vaselor sanguine. Este prevenita atât rigiditatea vaselor de sânge, cât si vasoconstrictia.

- ***vâscozitatea sângelui***: daca sângele este mai vâscos, presiunea arteriala este mai mare.

Sângele este un lichid nenewtonian, pseudoplastic, neomogen, reprezentând un sistem dispers complex. El reprezinta o suspensie de elemente celulare (50% din volumul sau) într-o solutie apoasa (plasma) de electroliti, neelectroliti si substante macromoleculare.

Vâscozitatea sângelui la 37°C este aproximativ 3 cP, adica de 4 ori vâscozitatea apei (apa = 0,70 cP): r = sânge/apa = 4.

În general vâscozitatea sângelui depinde de: hematocrit, viteza de curgere, raza vasului si temperatura. Plasma este cu aproximatie un lichid newtonian, deci caracterul sângelui de fluid nenewtonian este determinat de prezenta elementelor figurate.

Vâscozitatea sângelui creste în intoxicatiile cu CO2 din cauza cresterii volumului hematiilor. Din acelasi motiv,

Rezistenta la curgere a ) si deci si presiunea arteriala cresc cu vâscozitatea.sângelui (

La o aceeasi diferenta de presiune între capetele vasului, debitul sanguin într-un vas de sânge *Q* = Δ*p* creste. De exemplu, în extremitatile corpului expuse scade când / la frig vâscozitatea sângelui creste mult datorita scaderii temperaturii, deci creste si debitul sanguin scade, determinând o hipoxie severa, urmata de necroza tesuturilor periferice (degeraturile).

**Masurarea presiunii arteriale**

Primul document care atesta masurarea presiunii arteriale dateaza din secolul al XVIII-lea. În 1773, cercetatorul englez Stephen Hales a masurat în mod direct presiunea sângelui unui cal prin inserarea unui tub cu un capat deschis direct în vena jugulara a animalului. Sângele a urcat în tub pâna la înaltimea de 2,5 m adica pâna la înaltimea la care presiunea coloanei de sânge (greutatea coloanei raportata la suprafata) a devenit egala cu presiunea din sistemul circulator. Acest experiment sta la baza utilizarii cateterului pentru masurarea **directa** a presiunii arteriale. Cateterul este o sonda care se introduce direct în artera, prevazuta cu un manometru miniaturizat care permite monitorizarea continua a presiunii sângelui (metoda este folosita rar, mai ales în urgenta).

În mod uzual, presiunea arteriala se masoara prin metode **indirecte** bazate pe principiul comprimarii unei artere mari cu ajutorul unei manson pneumatic în care se realizeaza o presiune masurabila, valorile presiunii intraarteriale apreciindu-se prin diverse metode, comparativ cu presiunea cunoscuta din manseta. Dintre metodele indirecte mentionam: metoda palpatorie, metoda auscultatorie, metoda oscilometrica.

**Metoda palpatorie** (Riva Rocci) masoara numai presiunea sistolica, prin perceperea primei pulsatii a arterei radiale (palparea pulsului) la decomprimarea lenta a mansonului aplicat în jurul bratului.

În **metoda ascultatorie** (Korotkow) în loc de palparea pulsului, se asculta cu ajutorul unui stetoscop plasat în plica cotului zgomotele ce apar la nivelul arterei brahiale la decomprimarea lenta a mansonului, datorita circulatiei turbulente, urmându-se a determena atât presiunea sistolica, cât si cea diastolica. Se pompeaza aer în manson pâna ce prin stetoscop nu se mai aude nici un zgomot (presiunea din manson este mai mare cu 30-40 mm Hg peste cea la care dispare pulsul radial), dupa care aerul este decomprimat lent. Când presiunea aerului devine egala cu presiunea sistolica, sângele reuseste sa se deplaseze prin artera brahiala dincolo de zona comprimata de manson, iar în stetoscop se aud primele zgomote. În acest moment se citeste presiunea pe manometru, ea reprezentând valoarea presiunii sistolice. Zgomotele provin de la vârtejurile ce apar în coloana de sânge care curge cu viteza mare. Curgerea se face în regim turbulent deoarece se îngusteaza lumenul arterial. Pe masura ce aerul din manson este decomprimat, zgomotele se aud tot mai tare deoarece amplitudinea miscarilor peretilor arteriali creste si odata cu ea se intensifica vibratiile sonore. În momentul în care presiunea aerului din manson si presiunea diastolica sunt egale, artera nu se mai închide în diastola, zgomotele scad brusc în intensitate si dispar. Presiunea citita în acest moment pe manometru este presiunea diastolica. Asadar, momentul în care se aude în stetoscop primul zgomot marcheazã **presiunea sistolica;** momentul în care zgomotele nu se mai aud marcheaza **presiunea diastolica.**

**Metoda oscilometrica** (Pachon) permite determinarea presiunii sistolice, diastolice si medii. Aceasta metoda urmareste amplitudinea oscilatiilor peretilor arterei brahiale în timpul decomprimarii treptate a aerului din mansonul gonflabil. Presiunea sistolica se înregistreaza la aparitia oscilatiilor, presiunea diastolica la disparitia acestora, iar presiunea medie în momentul în care amplitudinea oscilatiilor este maxima.

**Aspecte biofizice ale patologiei circulatiei sângelui**

Se refera la **modificari ale vâscozitatii** sanguine, ale **dimensiunilor inimii**, precum si la **modificari aparute în diametrele si elasticitatea vaselor de sânge**.

**Cresterea vâscozitatii sanguine** duce la o rezistenta vasculara marita. Apare suprasolicitarea cordului prin cresterea presiunilor arteriale în circulatia sistemica si în special pulmonara, acest lucru favorizând staza sanguina, aderenta trombocitara, ateroscleroza si accidentele vasculare.

Cresterea vâscozitatii sanguine se poate datora unui numar anormal de **leucocite** (de exemplu în leucemii) sau unei cantitati crescute de **proteine plasmatice** - fibrinogenul (în inflamatii) sau ca lanturile K (proteine ce intra în compozitia anticorpilor) secretate de o linie limfocitara anormala (boala numita macroglobulinemie în care vâscozitatea relativa a serului este >4 ).Vâscozitatea sângelui creste în intoxicatiile cu bioxid de carbon.

**Cresterea hematocritului** se întâlneste rar, în **cazul deshidratarii** (prin transpiratie, prin febra, prin varsaturi) precum si în **poliglobulie** (boala care se caracterizeaza prin cresterea exagerata a numarului de globule rosii). Din cauza valorilor mari ale hematocritului, creste vâscozitatea sângelui prin stânjenirea miscarii libere a hematiilor care sunt deformate mecanic si favorizarea aparitiei de aglomerari eritrocitare. Aceste cresteri ale hematocritului pot aparea ca un mecanism compensator în hipoxie (scaderea presiunii partiale a oxigenului în sânge) – de exemplu hipoxia datorata altitudinii sau hipoxia din unele boli ce afecteaza ventilatia pulmonara.

Conform legii lui Poiseuille, pentru a trece printr-un vas un anumit debit de sânge, trebuie sa se actioneze cu o presiune cu atât mai mare cu cât vâscozitatea lichidului este mai mare. Prin urmare, cresterea vâscozitatii sângelui cere o contractie mai mare din partea inimii pentru a asigura circulatia, ceea ce se traduce prin cresterea tensiunii arteriale.

**Scaderea vâscozitatii sanguine** este întâlnita în starile de **anemie**, **în pierderea de sânge** sau când se consuma multe lichide înainte de recoltarea sângelui, hiperglicemie.

**Modificarea dimensiunilor inimii** poate sa apara ca urmare a presiunii marite a sângelui care necesita din partea inimii efectuarea unui lucru mecanic mai mare. În aceste conditii, inima marindu-si dimensiunile (razele de curbura ale peretilor devenind mai mari), conform legii lui Laplace, pentru a realiza o aceeasi presiune sistolica se produce o tensiune mai mare în pereti. Exemplu hipertrofia muşchiului cardiac, cardiomiopatia dilatativă.

Când **peretii arteriali devin rigidizeaza** aportul de lucru mecanic al arterei fata de cord dispare sau se micsoreaza foarte mult, inima fiind nevoita sa efectueze un lucru mecanic mai mare decât în mod obisnuit, ceea ce duce la obosirea acesteia. Mai mult, poate sa apara si riscul curgerii turbulente, urmat de cresterea rezistentei la înaintare a coloanei de sânge si la aparitia unor sufluri.

În **ateroscleroza** (Fig. 38) depozitele de colesterol de pe peretii vaselor de sânge, **micsoreaza diametrul** acestora, aria sectiunii transversale îngustându-se, creste viteza fluidului prin acea sectiune. O crestere a vitezei de curgere a fluidului atrage dupa sine o crestere a presiunii dinamice, urmate de o scadere a presiunii statice, vasul putându-se bloca, la fel cum, de asemenea, este posibil ca un cheag de sânge sa blocheze vasul îngustat.