

HEMODINAMICA

Studiul fiziologiei circulației singelui în sistemul vascular și a factorilor care o întrețin și o modulează.

Principal rol: transportul O₂ și al substanțelor nutritive la țesuturi pentru acoperirea necesarului energetic al țesuturilor și preluarea cataboliților asigurând menținerea homeostaziei mediului intern.

Componentele funcționale ale circulației

➤ Artere

Rol: transportul sub presiune al sângelui ejectat de ventriculi

➤ Arteriole

Rol: valve de control al fluxului sanguin către capilarele tisulare

➤ Capilare

Rol: zona de schimb între sânge și interstitiu

➤ Venule

Rol: colectarea sângelui de la nivelul capilarelor tisulare

➤ Vene:

Rol: Transportul sângelui către cord. Rezervor sanguin major

Structura vaselor sanguine

- Intima: endoteliu – adiacent lumenului
- Media: țesut elastic sau muscular
- Adventicea: țesut conjunctiv

Proprietățile fiziologice ale componentelor sistemului vascular

- **Elasticitatea:** proprietatea vaselor sanguine de a se destinde și a reveni la forma inițială în funcție de variațiile de volum ale coloanei de sânge din interiorul lor.

Arterele - amortizor-rezervor al contractiei cardiace

⇒ Amortizarea pulsului cardiac și favorizarea curgerii continue a masei de sânge

- **Contractilitatea:** proprietatea fibrelor musculare netede ale arterelor și venelor de a-și modifica tonusul sub acțiunea factorilor reglatori nervosi sau umorali – vasomotricitate

Arteriolele: reglarea fluxului sanguin local

Debitul sanguin

= volumul de sange ce strabate o anumita arie a sistemului circulator in unitatea de timp

Debitul circulator global ~ debit cardiac = 5-6 l/min

Factori de care depinde deplasarea sangelui prin vase:

-Diferenta de presiune intre extremitatile vasului

-Rezistenta la flux

Relatia dintre debitul sanguin printr-un vas (**D**), diferenta de presiune (**ΔP**) si rezistenta (**R**)

$$D = \Delta P / R$$

➤ **Presiunea sanguina**

= forta exercitata de coloana de sange pe unitatea de suprafata a peretelui vascular

- deplasarea sangelui se face din zona de presiune inalta spre zona de presiune joasa

Unitati de masura pentru exprimarea presiunii:

-dyne/cm²

-kPa

-mmHg / cmH₂O (inaltimea coloanei de lichid care poate fi ridicata de forta exercitata de sange)

$$1\text{mmHg}=1,36\text{cm H}_2\text{O}=1330\text{dyne/cm}^2=0,133\text{kPa}$$

➤ **Rezistenta la flux**

= rezistenta opusa de peretii vasculari curgerii sangelui

Masurata doar indirect: $R = \Delta P / D$

Unitate de masura: unitatea de rezistenta periferica (URP)

Valori:

- Circulatia sistemica: Rezistenta vasculara periferica totala (rezistenta circulatiei sistemice) ~ 1 URP

Debitul circulator global la adult ~ 100mL/sec

ΔP intre aa si vv.sistemice ~ 100mmHg

- Circulatia pulmonara: Rezistenta vasculara pulmonara totala $\sim 0,14$ URP
Debitul circulator global la adult $\sim 100\text{mL/sec}$
 ΔP intre aa. si vv. Pulmonare $\sim 14\text{mmHg}$

In circulatia sistemica, aprox.2/3 din rezistenta periferica totala la fluxul sanguin se datoreaza vaselor arteriale cu diametru mic

PARAMETRI HEMODINAMICI

PARAMETRI SANGUINI

➤ Densitate – raport masa/volum

- Densitatea plasmei = 1027g/cm^3
- Densitatea elementelor figurate = 1097g/cm^3
- Densitatea sanguina = $1051\text{-}1067\text{g/cm}^3$

➤ Vascozitate – rezistenta la alunecare a straturilor de lichid in timpul curgerii

- Factori de care depinde vascozitatea
 - plasmatici: proteinele plasmaticice cu GM mare
 - eritrocitari: hematocritul (procentul reprezentat de volumul elementelor figurate din volumul sanguin total)
- Vascozitatea sanguina = 3-4 centipoise (3-4 x mai mare ca apa)

➤ Volum sanguin

Volumul sanguin total (volemie) $\sim 5\text{ l}$

PARAMETRI VASCULARI

➤ Diametru / suprafata de sectiune

Vase	Diametru lumen	Suprafata de sectiune totala
• Aorta:	2,5 cm	4,5 cm ²
• Artere:	0,4 cm	20 cm ²
• Arteriole:	30 μm	400 cm ²
• Capilare:	$\sim 6\text{ }\mu\text{m}$	4500 cm ²
• Venule:	20 μm	4000 cm ²
• Vene:	0,5 cm	40 cm ²
• Vene cave:	3 cm	18 cm ²

→ Suprafata de sectiune a venelor ~ 4 ori mai mare fata de artere → capacitate crescuta de stocare a sangelui in sistemul venos comparativ cu cel arterial.

Volum sanguin total:

- **84% circulația sistemică,**
 - 64% vene
 - 13% artere
 - 7% arteriole și capilare
- **7% cord**
- **9% circulația pulmonară**

➤ Distensibilitatea vasculară.

= creșterea de volum a unui vas pentru o creștere a presiunii de 1mmHg raportată la volumul de sânge conținut inițial în vas

Formula: Distensibilitate vasculară = $\Delta V / V_0 / \Delta P$

Venele - de 8 ori mai distensibile ca arterele => o creștere ușoară a presiunii venoase determină stocarea la nivelul venelor a unui volum suplimentar de sânge de 0,5-1 l

➤ Complianta (capacitanța)

- estimează volumul total de sânge depozitat într-un anumit sector al circulației pentru fiecare mmHg de creștere presiunii

Formula: Complianta vasculară = $\Delta V / \Delta P$

Complianta = distensibilitatea vasculară X volumul inițial de sânge din vas

Complianta unei vene sistemice – de ~ 24 de ori mai mare comparativ cu artera corespunzătoare, deoarece este de 8 ori mai distensibilă și are un volum de sânge de 3 ori mai mare

PARAMETRI CIRCULATORI**➤ Viteza de circulație:**

= deplasarea coloanei de sânge pe unitatea de timp (cm/sec)

- Aorta: 33 cm/sec
- Artere mici: 5-6 cm/sec
- Arteriole: 0,2 cm/sec
- Capilare: 0,02 cm/sec
- Vene: 20 cm/sec

• Tipuri de curgere a sângelui prin vas în funcție de viteza de circulație:

- curgere laminară: curgere ordonată în straturi subțiri, paralele
viteza maximă în axul vasului și minimă la perete
apare la viteze mici ale circulației, întâlnite în condiții fiziologice.
- curgere turbulentă: curgere dezordonată, cu formare de vîrtejuri
apare cînd viteza de circulație depășește o anumită viteză critică.

➤ **Fluxul circulator**

= volumul de sînge ce traversează un anumit teritoriu pe unitatea de timp (cm^3/sec)

PRESIUNEA ARTERIALA

= presiunea exercitată de coloana de sînge pe unitatea de suprafață a peretelui arterial

Variatii sincrone cu fazele ciclului cardiac:

- **Presiunea sistolică** (maximă) - corespunde momentului maxim de eiecție ventriculară ($\sim 120\text{mmHg}$)
- **Presiunea diastolică** (minimă) - corespunde momentului ce precede debutul eiecției ventriculare ($\sim 80\text{mmHg}$)

Variatii independente de fazele ciclului cardiac

- Variații determinate de mișcările respiratorii, de modificările tonusului centrilor cardio-vasomotori s.a. (repauș/efort, stare emoțională, temperatură, poziție etc.)

FACTORI DETERMINANȚI AI PRESIUNII ARTERIALE

- **Debitul cardiac**
- **Rezistența periferică**

MODALITĂȚI DE EXPRIMARE A NIVELULUI PRESIUNII ARTERIALE

➤ **PRESIUNEA SISTOLICĂ: 100 - 140mmHg**

➤ **PRESIUNEA DIASTOLICĂ: 60 - 90 mmHg**

➤ **PRESIUNEA PULSULUI (DIFERENȚIALĂ): 45 - 50mmHg**

= diferența dintre presiunile sistolică și diastolică

P diferențială = P sistolică – P diastolică

➤ **PRESIUNEA MEDIE: 95-100mmHg**

= media presiunilor înregistrate în fiecare milisecundă a unui ciclu cardiac

! NU este media aritmetică a presiunilor sistolică și diastolică

P medie = P diastolică + 1/3 P diferențială

P medie = P diastolică + 1/3 (P sistolică – P diastolică) =>

P medie = 2/3 P diastolică + 1/3 P sistolică

METODE DE DETERMINARE A PRESIUNII ARTERIALE

- **metode directe**

-intravasculare

- **metode indirecte :**

- metoda palpatorie

- metoda ascultatorie

- metoda oscilometrică

Metodele indirecte de masurare a presiunii arteriale

- se bazeaza pe comprimarea unei artere cu ajutorul unei mansete in interiorul careia se creeaza o presiune variabila

Presiunea din manseta > Presiunea sistolica =>oprirea fluxului sanguin in artera => nu se mai palpeaza pulsul arterial distal de locul compresiei

Presiunea sistolica > Presiunea din manseta > Presiunea diastolica => reluarea in timpul sistolei a fluxului prin artera comprimata - flux turbulent =>

- Reaparitia pulsului distal de locul compresiei
- Perceperea zgomotelor Korotkoff

Presiunea din manseta < Presiunea diastolica => fluxul redevine laminar
-Zgomotele Korotkoff dispar

Microcirculatia

Alcatuire: arteriole, metaarteriole, capilare, venule

Rol: realizeaza transportul substantelor nutritive la nivel tisular si indepartarea produsilor de metabolism

- **Arteriole**

- tunica musculara bogata
- controleaza fluxul sanguin tisular

Metaarteriole (arteriole terminale)

- strat muscular discontinuu,
- la originea vasului capilar din metaarteriola - sfincterul precapilar

- **Capilare ~10 miliarde**

- pereti subtiri (~0,5 μm) - un singur strat de celule endoteliale dispuse pe o membrana bazala
- diametru ~ 6 μm
- lungime capilar = 0,3-1mm, => sangele strabate capilarul in 1-3sec (interval de timp necesar realizarii schimburilor cu lichidul interstitial prin peretele capilar)

- **Venulele**

- diametru > decat cel arteriolar
- strat muscular mai redus
- preiau sangele provenit de la nivel capilar

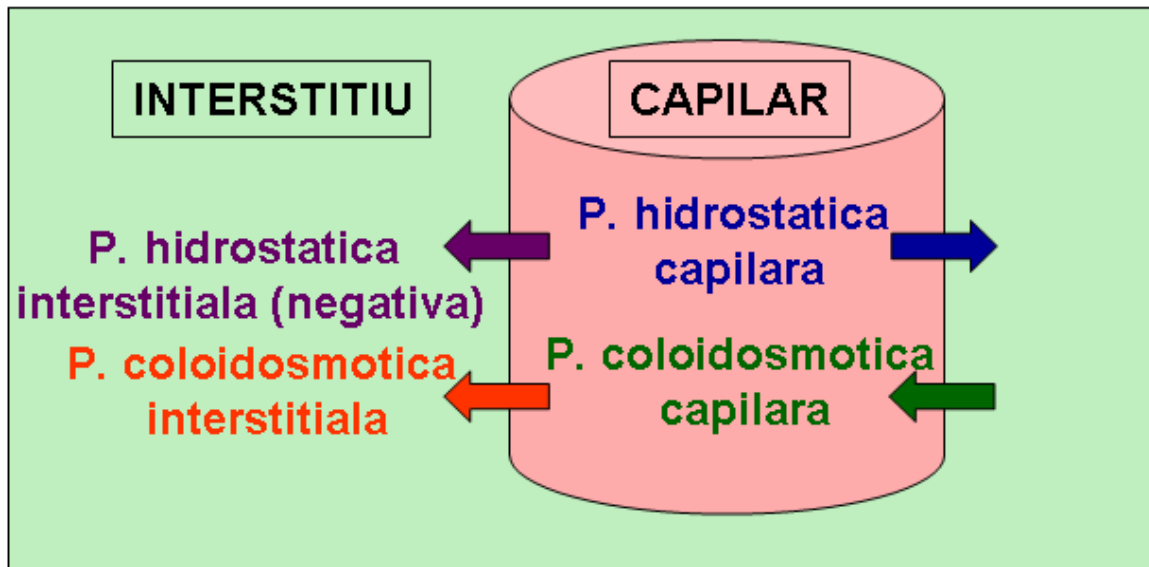
Schimbul intre singele capilar si lichidul interstitial

Mecanisme: difuziune si filtrare

- Substantele liposolubile (ex. O_2 si CO_2): traverseaza direct membranele capilare

- Apa si substantele hidrosolubile: traverseaza membranele capilare la nivelul porilor prin mecanismul de difuziune, conform gradientului de concentratie

Filtrarea prin membrana capilara depinde de presiunile hidrostatica si coloidosmotica din capilar si interstitiu, precum si de numarul si marimea porilor membranei capilare.



- **Capat arterial capilar** - presiune neta de filtrare de 13mmHg, care impinge lichidul din capilar in interstitiu prin pori
- **Capat venos capilar** - presiune neta de reabsorbtie de 7 mmHg ce atrage lichidul in capilar
- **Valori medii capilare** - presiune neta de filtrare de 0,3 mmHg

⇒ Minim exces de filtrare a lichidului din sangele capilar in interstitiu (filtrarea neta)
 - volum de lichid ce se intoarce in circulatia sanguina prin intermediul **sistemului limfatic** (cale accesorie ce permite reintoarcerea lichidelor din spatiul interstitial in sange – permite transport de proteine si particule de dimensiuni mari)

La nivelul intregului organism – rata filtrarii nete – 2 ml/min

⇒ **Fluxul limfatic total = 120ml/h sau 2-3l/24h.**

EDEM = acumularea de lichid in spatiul interstitial asociata cu cresterea presiunii hidrostatice interstitiale

Mecanisme:

- cresterea presiunii hidrostatice capilare
- scaderea presiunii coloidosmotice a plasmiei
- cresterea presiunii coloidosmotice a lichidului interstitial
- cresterea permeabilitatii capilare
- afectarea pompei limfatice

Circulatia venoasa

Sistemul venos - conecteaza microcirculatia si cordul.

Venele:

- conducte fibromusculare
- peretele venos - mult mai subtire ca cel arterial
- venele situate sub nivelul cordului – valvule venoase cu aspect de cuib de randunica – favorizeaza intoarcerea venoasa

Parametrii circulatiei venoase

➤ Viteza de circulatie

- inferioara celei din artere
- creste progresiv de la nivelul venelor mici inspre cele mari
- valoare ~ 20cm/sec in venele cave

➤ Presiunea venoasa

• Presiunea hidrodinamica

= presiunea datorata circulatiei singelui

Valori in clinostatism:

- capilare venoase: 10-15mmHg
- vene mici: 7-8mmHg
- vene mijlocii: 3-4mmHg
- vene mari si AD (presiune venoasa centrala): 0mmHg

• Presiunea hidrostatica

= presiunea datorata gravitatiei

Valori in ortostatism:

- sinusul sgital: -10mmHg
- membrele inferioare: +90mmHg

Factori care asigura circulatia venoasa

➤ Factori intravasculari

- Presiunea reziduala intravasculara (presiunea datorata ejectiei VS, ramasa dupa strabaterea capilarelor)
- Valvulele venoase – fragmenteaza coloana de sange si asigura deplasarea acesteia intr-un singur sens – spre AD
- Aspiratia cardiaca

➤ Factorii extravasculari

- Contractia musculaturii membrelor inferioare
 - Pulsatiile arterelor
 - Miscarile respiratorii - modificari ale presiunii intratoracice si ale celei intraabdominale
- => Intoarcere venoasa favorizata in inspir