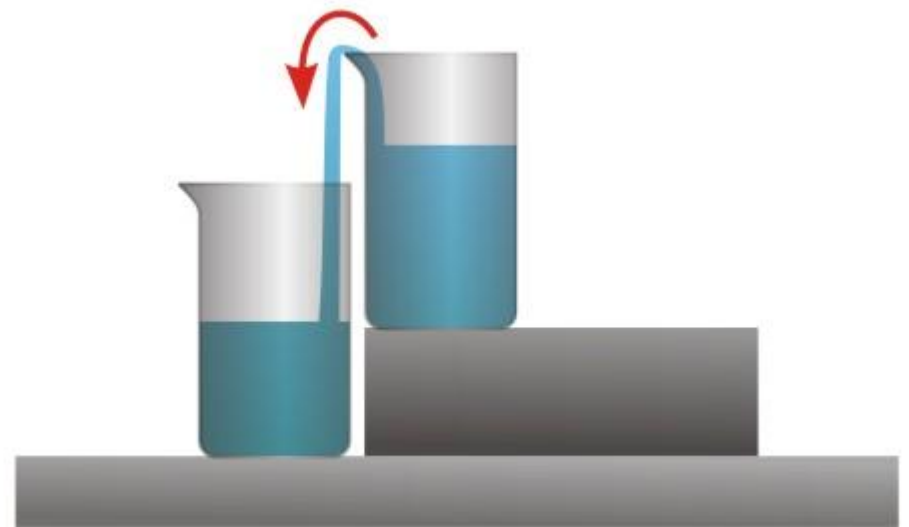
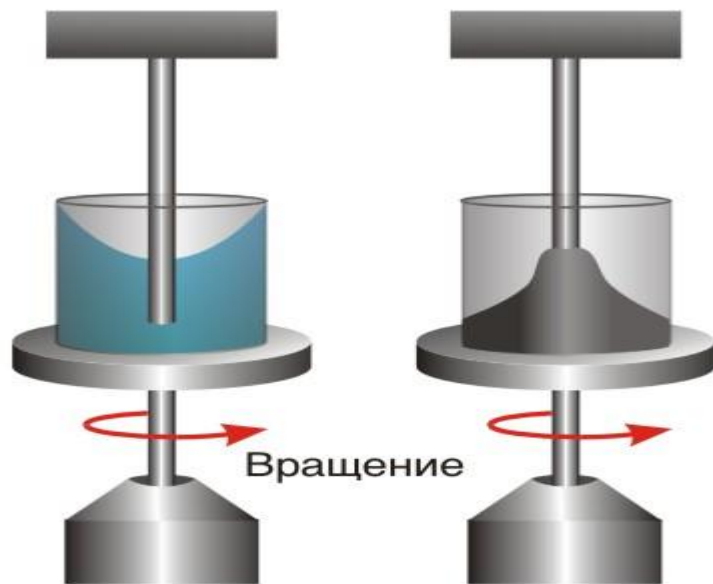


Основи біореології

Підготувала
Сутудентка 2 курсу групи 2 фБ
Бугаєнко Ольга
Викладач
Трофименко Я.В.

- Реологія – наука, що вивчає плинність і деформацію речовини, біореологія займається плинністю біологічних середовищ



Внутрішнє тертя (в'язкість)

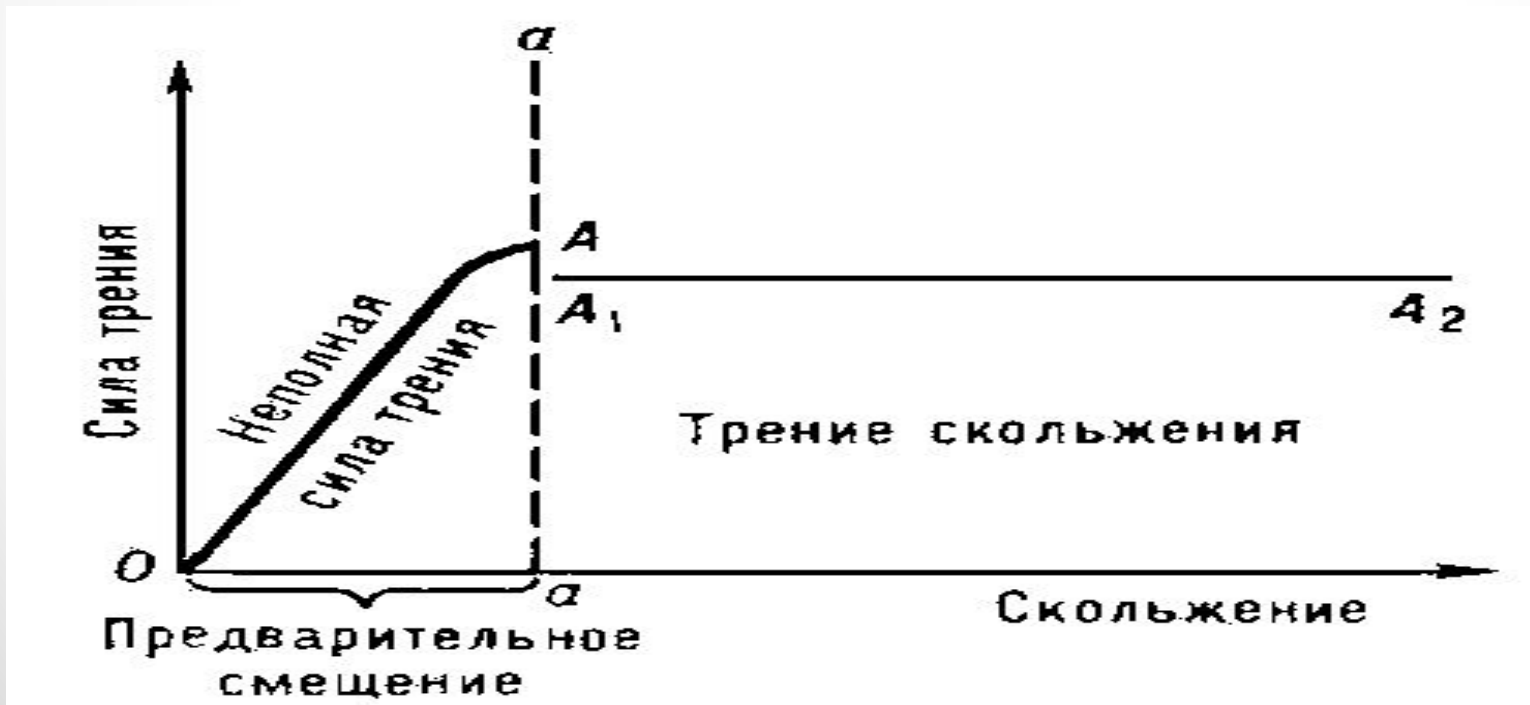
Внутрішнє тертя – це явище виникнення сил тертя між шарами одного газу або рідини, котрі рухаються один відносно другого паралельно з різними швидкостями.

- Дане явище описує закон Ньютона

$$F = -\eta \frac{dv}{dz} \Delta S$$

де F - сила внутрішнього тертя, яка діє на одиницю площі поверхні прошарку, $\Delta v / \Delta z$ – градієнт швидкості напрямленого руху молекул газу.

Внутрішнім тертям у газах пояснюють вщухання бурі або сильного вітру з часом, а також те, що для прокачки газу по трубі потрібно виконувати роботу, яка витрачається на подолання сили внутрішнього тертя.



Ньютонівська рідина

Рідина, в'язкість якої не залежить від градієнта швидкості.

Властивостями ньютонівської рідини мають більшість рідин (вода, розчини, низькомолекулярні органічні рідини) і всі гази.



При важкій фізичній роботі в'язкість крові збільшується. На величину в'язкості крові впливають і деякі захворювання. Так, при цукровому діабеті в'язкість крові збільшується до $23 \cdot 10^{-3}$ Пас, а при туберкульозі зменшується до $1 \cdot 10^{-3}$ Пас. В'язкість позначається на такому клінічному параметрі, як швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ).



Неньютонівська рідина

Неньютонівська рідина – рідина, в'язкість якої залежить від градієнта швидкості.

Властивостями неньютонівської рідини мають структуровані дисперсні системи (суспензії, емульсії), розчини і розплави деяких полімерів, багато органічні рідини та ін.

За інших рівних умов в'язкість таких рідин значно більше, ніж у ньютонівських рідин. Це пов'язано з тим, що завдяки зчепленню молекул або частинок в неньютонівської рідини утворюються просторові структури, на руйнування яких витрачається додаткова енергія.



Неньютонівська рідина і кров

- Цілісна кров (суспензія еритроцитів у білковому розчині – плазмі) є неньютонівською рідиною внаслідок агрегації еритроцитів.
- Еритроцит в нормі має форму двояковогнутого диска діаметром близько 8 мкм. Він може суттєво змінювати свою форму, наприклад при різній осмолярності середовища (рис. 8.2).
- У нерухомій крові еритроцити агрегують, утворюючи так звані «монетні стовпчики», що складаються з 6-8 еритроцитів. Електронно-мікроскопічне дослідження найтонших зрізів монетних стовпчиків виявило паралельність поверхонь прилеглих еритроцитів і постійне міжеритроцитарне відстань при агрегації



- При протіканні крові по капілярах агрегати еритроцитів розпадаються і в'язкість падає.
- Імплантація спеціальних прозорих віконець в шкірні складки дозволило сфотографувати протягом крові в капілярах. На малюнку 8.5, виконаному за такої фотографії, чітко видна деформація кров'яних клітин.
- Деформуючись, еритроцити можуть просуватися один за іншим у капілярах діаметром всього 3 мкм. Саме в таких тонких капілярних судинах і відбувається газообмін між кров'ю і тканинами.
- Поблизу стінки капіляра утворюється дуже тонкий шар плазми, який грає роль мастила. Завдяки цьому опір руху еритроцитів зменшується.

Стаціонарний плин рідин

- Стаціонарний плин - швидкість руху рідини в кожній точці простору, який вона займає, не змінюється з часом. Рівняння нерозривності струмини- **$Sv = \text{const}$** . За стаціонарного плин у ідеальної рідини добуток швидкості плин у на площу поперечного перерізу є величиною сталою для будь-якого перерізу.

$$h\rho g + p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$$

- Різні моделі шприців для ін'єкцій мають вигляд трубок змінного перерізу, для який прийнятне рівняння неперервності струмини. Під час натискання на поршень лікарський препарат подається в голку. Швидкість рідини обернено пропорційна до площі перерізу, тому незначне зміщення поршня зумовлює швидке витікання рідини з голки шприца.



При усталеному русі ідеальної нестисливої рідини сума динамічного, гідростатичного та статичного тисків є величиною сталою для будь-якого перерізу шприца. Саме на цьому ґрунтується дія інгалятора, пульверизатора, шприца.

Також це рівняння використовують для розробки штучного серця , нирки, легень.

$$h\rho g + p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$$

Рівняння Бернуллі

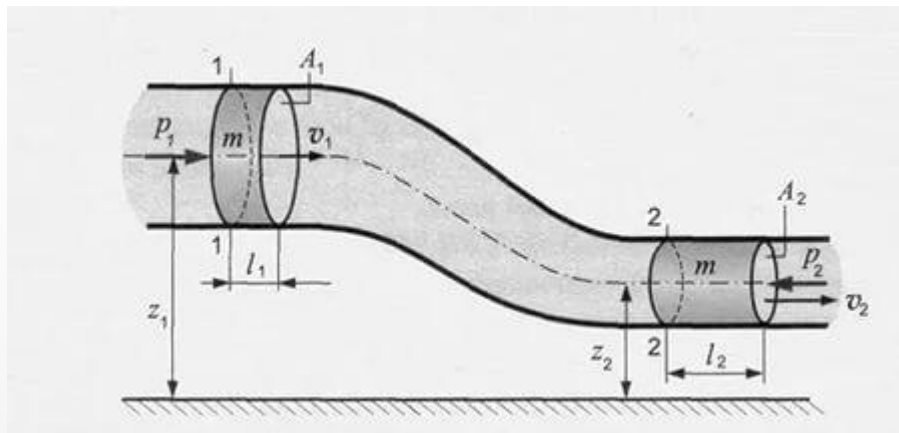
Рівняння Бернуллі — рівняння гідродинаміки, яке визначає зв'язок між швидкістю течії v , тиском p та висотою h певної точки в ідеальній рідині.

$$\frac{\rho V^2}{2} + \rho + h\rho g = \text{const}$$

При течії рідини в горизонтальній трубці, що має різні перерізи, швидкість рідини більша в місцях звуження трубки, а тиск більший в місцях, де площа поперечного перерізу трубки більша.

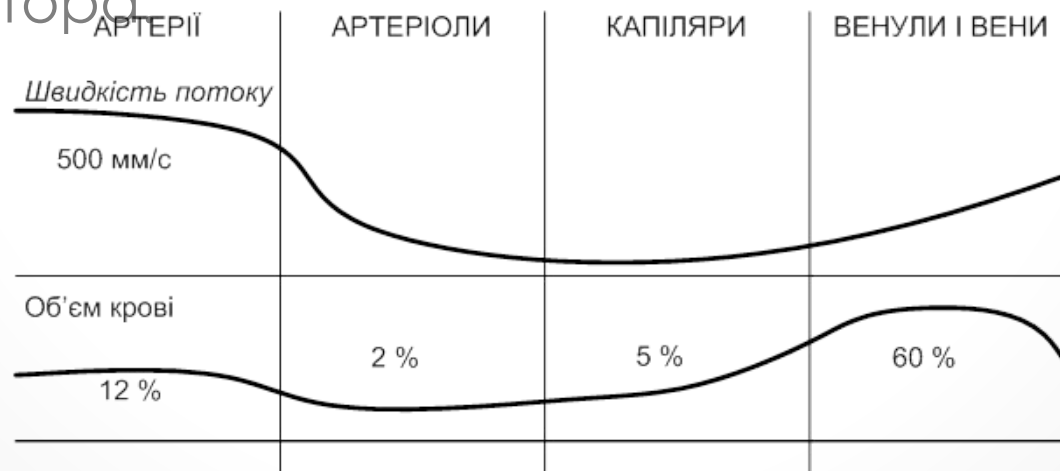
Рівняння Бернуллі є наслідком закону збереження енергії. Якщо рідина не ідеальна, то її механічна енергія розсіюється і тиск вздовж трубопроводу, яким тече така рідина, спадає.

Рівняння Бернуллі широко застосовують для розв'язання багатьох гідравлічних задач у нафтогазовій справі.



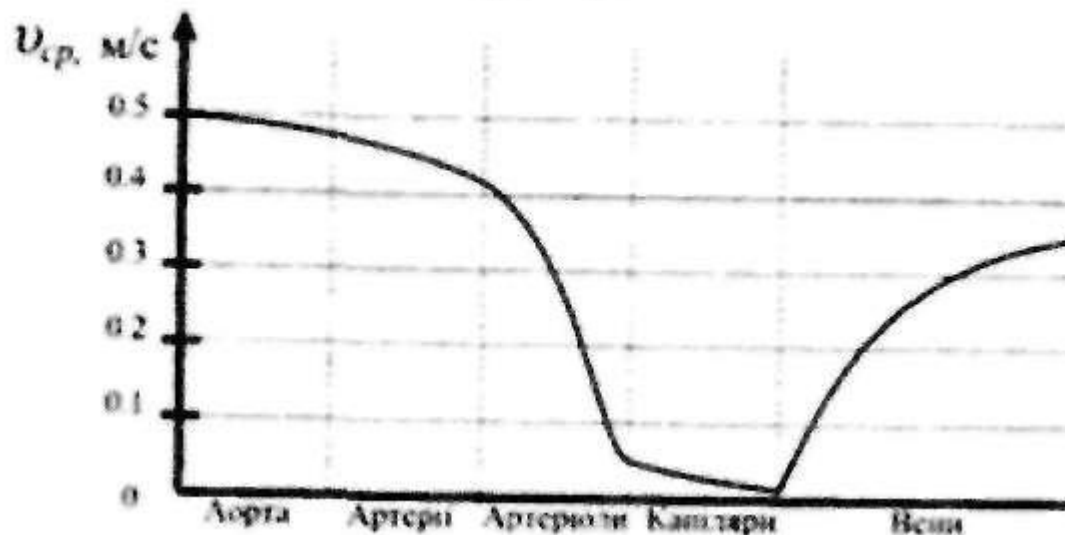
Лінійна швидкість

Від зміни лінійної швидкості руху крові. В'язкість крові складає 4,5 – 5,0 умовних одиниць , а плазми – 1,7 – 2,3 гравні. Тобто, в'язкість в значній мірі пов'язана з наявністю в ній формених елементів (перш за все еритроцитів) і пояснюється міжеритроцитарними взаємодіями. При зменшенні лінійної швидкості руху крові ця взаємодія посилюється і тому підвищується в'язкість крові. Найменшою лінійна швидкість руху крові є в капілярах, однак ефективна в'язкість крові тут не більша, ніж в крупних судинах, тому що має місце вплив другого фактора.



Об'ємна швидкість

Об'ємна швидкість руху крові – той об'єм крові, котрий проходить через поперечний переріз судини за одиницю часу. Замкнута система кровообігу може нормально функціонувати лише при умові, що об'ємна швидкість кровотоку в будь-якій ділянці однакова. Тому Q однакове в будь-який момент часу в будь-якій ділянці системи (аорта, всі капіляри, всі артеріоли, всі венули, тощо). Факторами, що визначають величину Q , є P_a , ЗПО. Лінійна швидкість руху крові – швидкість руху частинок крові відносно стінок судини.



ПЛИН В'ЯЗКИХ РІДИН

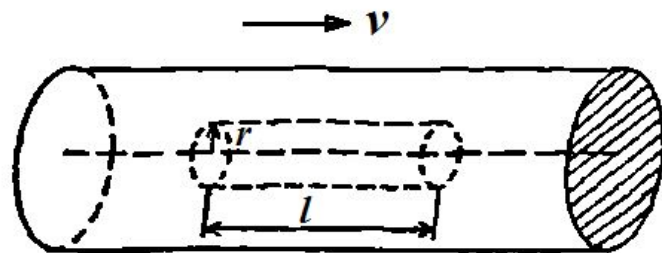
У реальних рідких середовищах на границях шарів, що рухаються, діють сили внутрішнього тертя. Можна навести чимало прикладів дії цих сил: вони є причиною падіння тиску вздовж судини при плинні крові, саме вони визначають поведінку рідини у судині, що обертається, перешкоджують рухові тіл у рідинах тощо.



Формула Пуазейля

Стаціонарний ламінарний рух в'язкої рідини у трубці з жорсткими стінками: звичайно, сили взаємодії між молекулами рідини і внутрішніми стінками труби набагато перевищують сили взаємодії молекул рідини між собою. Тому можна вважати, що шар рідини біля стінок труби нерухомий. Знайдемо закон розподілу швидкості руху рідини у площині поперечного перерізу труби. Уявно виділимо в трубці потоку рідини циліндр з радіусом r .

По всій довжині циліндра існує різниця тисків $(p_1 - p_2)$. Результуюча сила тиску на об'єм рідини в циліндрі дорівнює:

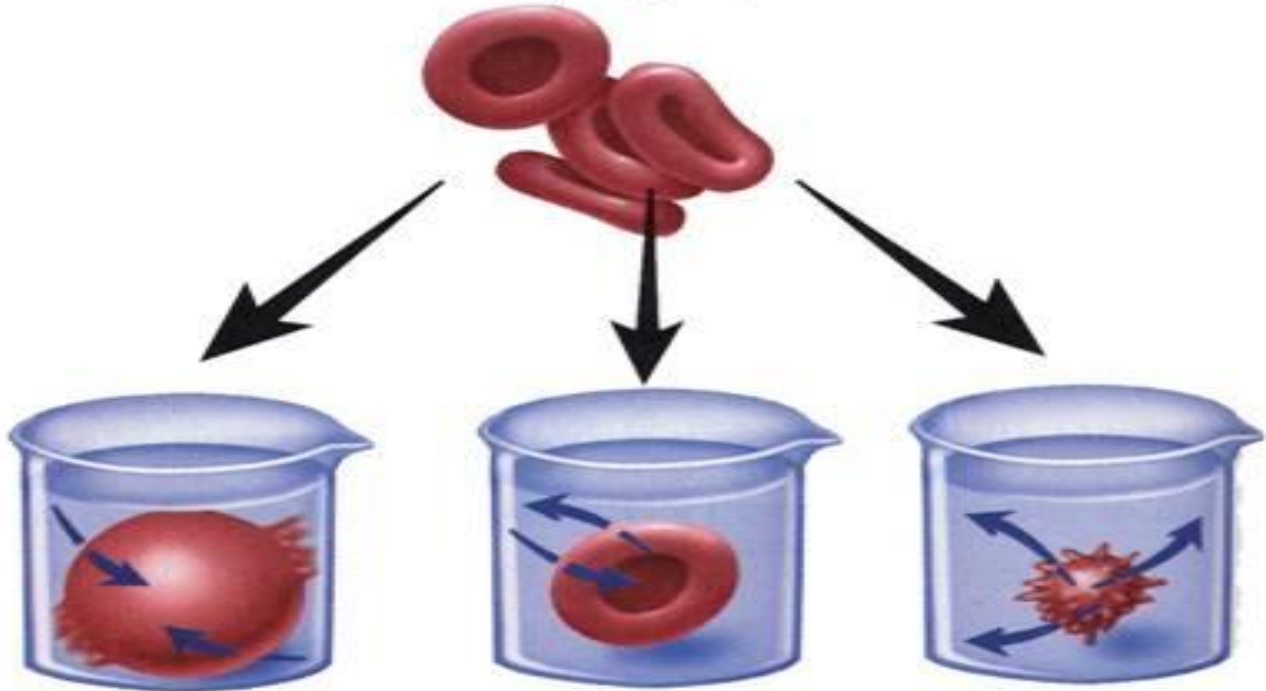


Реологічні властивості крові

Реологія – це наука про текучі властивості рідин. Оскільки кров постійно рухається судинами розглянемо цю властивість крові з точки зору компонентів, що її визначають.

Осмотичний тиск плазми в крові в нормі складає 7,3-7,6 атм (5600 мм рт.ст. або 745 кПа). Більшість мембран організму є навіпроникні, вони вільно пропускають молекули води, але частково чи повністю не пропускають інші молекули. Тому по обидва боки мембрани виникає різна осмотична концентрація, яка рухає воду з меншої концентрації до більшої. Це триває до встановлення ізотонічного стану (вирівнювання концентрацій). Разом з водою в клітину транспортуються розчинні в ній іони, O_2 , глюкоза, аміно- и жирні кислоти, а з неї виводяться Na^+ , H_2CO_3 та інші продукти обміну речовин.

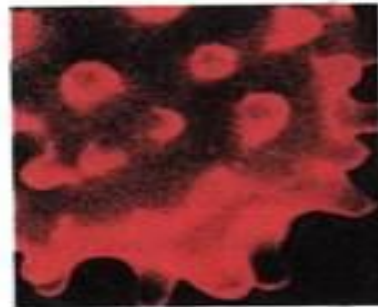
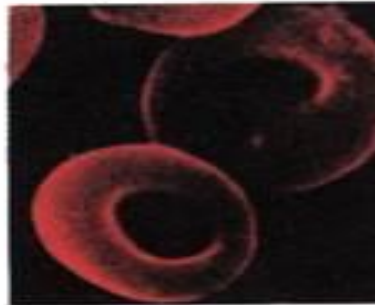
Еритроцити



Гіпотонічний розчин

Ізотонічний розчин

Гіпертонічний розчин



Віскозиметр крові

Оскільки у судинному руслі з різною швидкістю рухаються форменні елементи крові та плазма, то в'язкість якраз і залежить від них. Визначається даний показник за допомогою віскозиметра. У нормі в'язкість крові дорівнює приблизно 5 (так як в'язкість води становить 1).



Віскозиметр крові

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ)

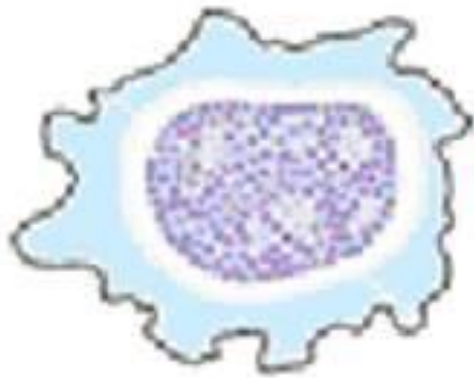
У здорових людей ШОЕ становить: у жінок – 2-15 мм/год; у чоловіків – 2-10 мм/год.

Механізм осідання еритроцитів є складним і залежить від багатьох факторів. До них належить кількість еритроцитів, їх морфологічні особливості, величина заряду, здатність до агрегації, білковий склад плазми.

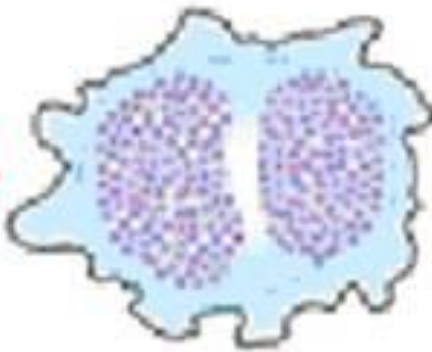
Методи визначення ШОЕ



УТВОРЕННЯ ТРОМБОЦИТІВ



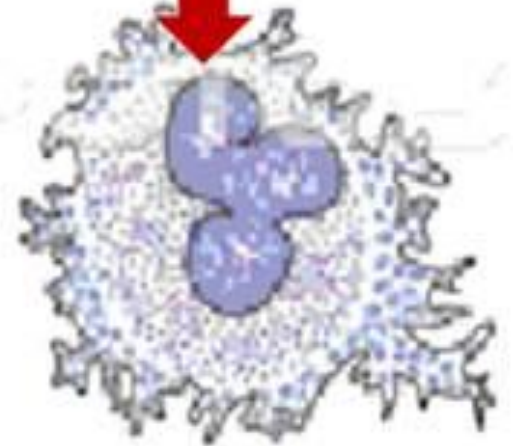
Мегакаріобласт



Промегакаріоцит



Мегакаріоцит



Метамегакаріоцит



Тромбоцит

Ламінарна текучість рідини

Ламінарна течія — впорядкований рух рідини або газу, при якому рідина (газ) рухається шарами, паралельними до напрямку течії. Ламінарна течія спостерігається при малих числах Рейнольдса, де сили в'язкості переважають, і вона характеризується сталістю розподілу швидкості руху рідини.

Рух проходить рівномірно, без безладних стрибків тиску, напрямку і швидкості. Ламінарна течія рідини утворюється, у вузьких кровоносних судинах живих істот, капілярах рослин і в порівнянних умовах, при перебігу дуже в'язких рідин (мазуту по трубопроводу). Щоб наочно побачити струменевий потік, досить трохи відкрити водопровідний кран - вода буде текти спокійно, рівномірно, не змішуючись. Якщо краник відвернути до кінця, тиск в системі підвищиться і протягом придбає хаотичний характер.



Турбулентний плин

- Якщо використовувати підхід Лагранжа, то траєкторії часток можуть довільно перетинатися і поводитися досить непередбачувано. Руху рідин і газів в цих умовах завжди нестационарні, причому параметри цих нестационарних можуть мати досить широкий діапазон. Як ламінарний режим течії газу переходить в турбулентний, можна відстежити на прикладі цівки диму палаючої сигарети в нерухомому повітрі. Спочатку частки рухаються практично паралельно по незмінним в часі траєкторіями. Дим здається нерухомим. Потім в якомусь місці раптом виникають великі вихори, які рухаються абсолютно хаотично. Ці вихори розпадаються на більш дрібні, ті - на ще більш дрібні і так далі. Зрештою, дим практично змішується з навколишнім повітрям.

Цикли турбулентності

1. Ламінарне і турбулентний плин мають імовірнісний характер: перехід від одного режиму до іншого відбувається не в точно заданому місці, а в досить довільному, випадковому місці.
2. Спочатку виникають великі вихори, розмір яких більше, ніж розмір цівки диму. Рух стає нестационарним і сильно анізотропним. Великі потоки втрачають стійкість і розпадаються на все більш дрібні. Таким чином, виникає ціла ієрархія вихорів. Енергія їх руху передається від великих до дрібних, і в кінці цього процесу зникає - відбувається диссипація енергії при дрібних масштабах.
3. Турбулентний режим течії носить випадковий характер: той чи інший вихор може опинитися в абсолютно довільному, непередбачуваному місці.
4. Змішання диму з навколишнім повітрям практично не відбувається при ламінарному режимі, а при турбулентному - носить дуже інтенсивний характер.
5. Незважаючи на те, що граничні умови стаціонарні, сама турбулентність носить яскраво виражений нестационарний характер - все газодинамічні параметри міняються в часі.

Число Рейнольдса

Число Рейнольдса (Re)— характеристичне число та критерій подібності у гідродинаміці, що базується на відношенні інертності руху течії флюїда до його в'язкості.

Перехід від ламінарності до турбулентності характеризується так званим критичним числом Рейнольдса.

$$Re_d = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

В'язкість крові

В'язкість крові - це співвідношення числа формених елементів крові і об'єму її рідкої частини (плазми). Це неймовірно важливий показник стану крові. Він визначає максимальний термін нормальної роботи кровоносної системи, адже чим вища в'язкість, тим швидше «зношується» серце.

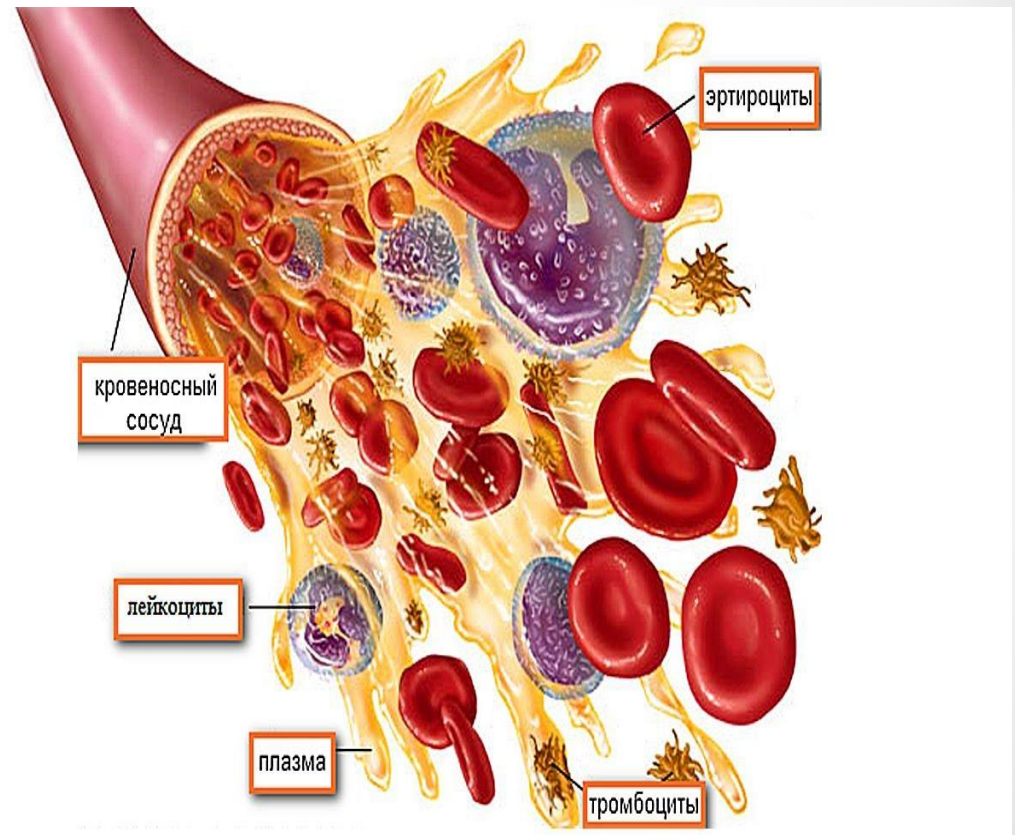


Симптоми зміни в'язкості крові

Кров складається з плазми і клітин. Якщо формених елементів (клітин) стає більше, ніж плазми, то в'язкість крові підвищується, і навпаки. Це впливає на артеріальний тиск і швидкість, з якою кров тече по артеріях. Коефіцієнт в'язкості крові збільшився? Кров згущується і транспортна функція може. Це призводить до порушення окисно-відновних процесів у тканинах і органах всього організму, включаючи печінку, мозок і нирки.

Про знижену якість крові свідчать

- загальна слабкість;
- головні болі;
- важкість у ногах;
- стомлюваність;
- депресивний стан;
- неуважність;
- підвищення артеріального тиску;
- дратівливість;
- сонливість;
- сухість у роті ;
- постійно холодні руки та ноги;
- поява вузликів на венах.



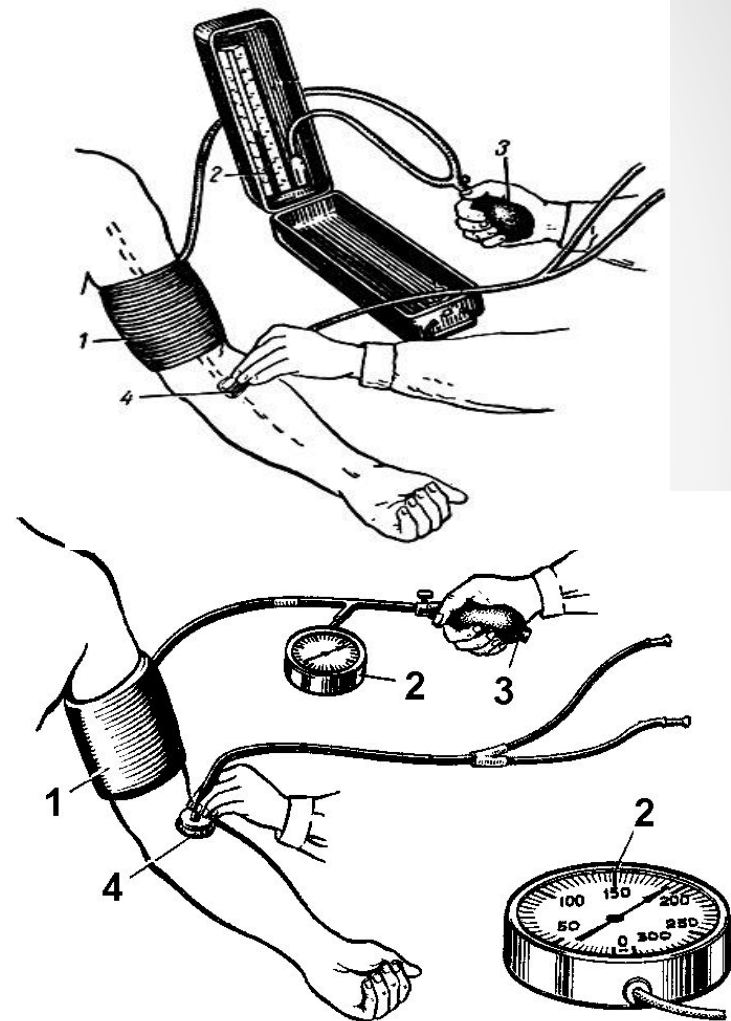
Знижують в'язкість крові:



1. Тривала помірна робота;
2. Гарячі ванни;
3. Препарати хінного дерева;
4. Підвищення температури тіла;
5. Високий рівень кисню в крові;
6. Фосфорна кислота.

Методи вимірювання тиску крові

У випадку введення канюлі в артерію артеріальний тиск можна виміряти прямим методом (безпосередньо) за допомогою ртутного манометра. Якщо артерію перев'язати над місцем уведення канюлі, то буде визначено кінцевий тиск. Течія крові в артерії припиниться, і вся кінетична енергія течії перетвориться в енергію тиску. Якщо ж, як альтернативу, T-подібну трубку ввести у судину і тиск вимірювати на стороні трубки, то тиск, визначений у цьому разі, буде бічним тиском, що простежується в умовах, коли зниження тиску завдяки незначному опору є меншим, ніж кінцевий тиск, зумовлений кінетичною енергією кровоплину. Це можна пояснити тим, що у трубці або у кровоносній судині загальна енергія



Швидкість кровообігу

Розрізняють лінійну і об'ємну швидкість кровотоку.

Лінійна швидкість кровотоку ($V_{\text{лін.}}$) Це відстань, що проходить частка крові в одиницю часу. Вона залежить від сумарної площі поперечного перерізу всіх судин, що утворюють ділянку судинного русла. Тому в кровоносній системі найбільш вузькою ділянкою є аорта. Тут найбільша лінійна швидкість кровотоку, складова 0,5-0,6 м / сек. В артеріях середнього і дрібного калібру вона знижується до 0,2-0,4 м / сек. Сумарний просвіт капілярного русла в 500-600 разів більше ніж аорти.

Тому швидкість кровотоку в капілярах зменшується до 0,5 мм / сек. Уповільнення течії крові в капілярах має велике фізіологічне значення, так як в них відбувається транскапілярний обмін. У великих венах лінійна швидкість кровотоку знову зростає до 0,1-0,2 м / сек. Лінійна швидкість кровотоку в артеріях вимірюється ультразвуковим методом. Він заснований на ефекті Доплера. На посудину поміщають датчик з джерелом і приймачем ультразвуку. У рухомому середовищі – крові частота ультразвукових коливань змінюється. Чим більше швидкість течії крові по судині, тим нижче частота відбитих ультразвукових хвиль. Швидкість кровотоку в капілярах вимірюється під мікроскопом з розподілами в окулярі, шляхом спостереження за рухом певного еритроцита.

Пульсова хвиля.

Швидкість поширення пульсової хвилі в аорті в нормі становить від 3 до 5 м /сек, у великих артеріальних гілках - від 7 до 10 м /сек, а в дрібних артеріях - від 15 до 35 м /сек. В цілому, чим більше ємність тієї чи іншої ділянки судинної системи, тим менше швидкість поширення пульсової хвилі, тому швидкість поширення пульсової хвилі в аорті набагато нижче, ніж в дистальних відділах артеріальної системи, де дрібні артерії відрізняються меншою піддатливістю судинної стінки і меншою резервною ємністю. В аорті швидкість поширення пульсової хвилі в 15 разів менше, ніж швидкість кровотоку, тому що поширення пульсової хвилі являє собою особливий процес, лише незначно впливає на просування всієї маси крові вздовж судини.

Дякую за увагу

