

# АНАЛІЗ МЕТОДУ РЕОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕНЬ КРОВІ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Розглянуто основні поняття пов'язані з проходженням крові судинами організму, розглянуто реологічні та гемодинамічні властивості компонентів крові.*

**Ключові слова:** реологічне дослідження крові, гемореологія, гемодинаміка.

## *Abstract*

*The basic concepts related to blood vessels of the body are considered, rheological and hemodynamic properties of blood components are considered.*

**Key words:** rheological study of blood, hemorheology, hemodynamics.

## **Вступ**

Загалом кров визначають як двоскладову рідину, котра складається з клітинних елементів, що рухаються у водному розчині плазми яка включає органічні молекули, білки та солі [1]. Клітинна частина крові, що в середньому становить близько 45% від кількості крові [2], містить еритроцити, лейкоцити та тромбоцити.

В реологічних дослідженнях крові є поширена методика вивчення її в'язкості так як є важливою визначальною характеристикою кров'яного потоку [1]. В'язкість крові - це її здатність чинити опір течії при переміщеннях частинок рідини одна відносно одної. Іншими словами, це параметр, який характеризує внутрішнє тертя рідини. В'язкість крові визначають по відношенню до в'язкості води, яка прийнята за 1. В'язкість цільної крові та плазми суттєво відрізняються, оскільки формені елементи суттєво збільшують внутрішнє тертя рідини. Так, в'язкість плазми складає 1,5-1,8, а цільної крові - 3,5-5,5 одиниць[2].

За нормальних умов лейкоцити та тромбоцити малою мірою впливають на в'язкість крові, так як їх кількість не перевищує 1% від загального об'єму формених елементів крові [3,4], тож найбільший вплив визначається кількістю еритроцитів.

Реологічні властивості крові визначаються фізичними властивостями та кількісним співвідношенням плазми та клітинної частини формених елементів у загальному об'ємі крові [1].

Реологія та гемодинаміка пов'язані між собою, адже основним визначенням реології є в'язкість крові – зворотне поняття до текучості. Геодинаміка описує динамічні властивості потоку крові по складній системі судин організму, що безумовно залежить від властивостей самої крові.

В'язкість плазми прямо пропорційно залежить від концентрації білків у ній, тому будь-яке підвищення концентрації білків призводить до збільшення в'язкості плазми.

Здатність еритроцитів до деформації є більш важливим фактором, що визначає кровообіг у мікроциркуляції. Еритроцити являють собою двоувігнуті диски із середнім діаметром близько 7–8 мкм. Капіляри можуть мати діаметр менше 5 мкм. Тому еритроцити деформуються для проходження найвужчих капілярів. І будь-яке зниження деформативності еритроцитів може вплинути на опір потоку[1].

В залежності від діаметра судини та інших фізичних параметрів виникають різні явища потоку. У великих артеріях переважає властивість в'язкості, а поширення імпульсу тиску залежить від еластичних властивостей стінок артерій. Мікроциркуляція крові у капілярах сильно залежить від здатності еритроцитів до деформації, але деформованість еритроцитів також впливає на кровотік у макроциркуляції, оскільки втрата деформативності викликає підвищення в'язкості крові. Сили, що діють на стінки судин, включають напругу зсуву, що виникає в результаті кровотоку, і окружну напругу, що виникає внаслідок кров'яного тиску. Тож, будь-які зміни одного або кількох з цих параметрів можуть по-різному впливати на в'язкість крові [5].

Тому разом з реологією варто робити розгляд гемодинаміки, яка має важливе значення для всебічного розуміння функціонування системи кровообігу.

## **Постановка проблеми**

Відповідно до судження, що в'язкість крові прямо пропорційно змінює периферичний опір потоку крові[2,5] доцільним є розрахунок опор кровотоку.

Відповідно до закону Пуазейля: швидкість потоку в трубі залежить від тиску та опору потоку, він же в свою чергу залежить від геометрії труби (довжини (L), радіусу трубки (r), в'язкості рідини ( $\eta$ ) і розраховується за такою формулою:

$$R = \frac{8\eta \cdot L}{\pi \cdot r^4}$$

Застосовуючи закон Пуазейля до серцево-судинної системи, необхідно враховувати радіус і довжину судин, а також в'язкість крові. Розміри судинної системи відіграють не менш важливу роль у визначенні судинного опору, ніж в'язкість крові.

Кровоносна система налічує множину судин різного діаметру. Вважаючи кожну подібну окремію трубку об'єднані між собою відповідно до типу з'єднання у розгалуженій мережі, теоретично можна розрахувати опір потоку. Проте судини не є жорсткими трубками, вони можуть змінювати свій діаметр у відповідь на різні фізіологічні подразники іншим чинником є те що швидкість потоку, відповідно і його опір, є змінним для різних судин, що спричинено в'язкістю та здатністю еритроцитів до деформації. Тому роль в'язкості крові в адаптації судин часто ігнорується, але деякі дослідження [6,5] чітко демонструють, що геометрію судин і в'язкість крові не слід розглядати окремо при вивченні даної теми [1].

### Висновок

Кров є сполукою двох основних складових - плазма та клітинні елементи, обидві мають вплив на в'язкість крові. Однак властивість крові проходження судинами в основному пояснюється реологічними властивостями еритроцитів. В'язкість крові є важливою визначальною характеристикою потоку крові, опираючись на закон Пуазейля, будь-яке підвищення в'язкості крові повинно викликати підвищення судинного опору.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Blood Rheology: Key Parameters, Impact on Blood Flow, Role in Sickle Cell Disease and Effects of Exercise [Електронний ресурс] / Nader Elie, Skinner Sarah, Romana Marc та ін.] // 10. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2019.01329>.
2. Фекета В. П. Фізіологія крові / Фекета В. П. // Підручник "Фізіологія людини для медиків" / Фекета В. П., 2017.
3. Conley, C. Lockard and Schwartz, Robert S.. "blood". Encyclopedia Britannica, Invalid Date, <https://www.britannica.com/science/blood-biochemistry>. Accessed 20 May 2022.
4. Клінічна гематологія. Частина 1. Анемії : метод. вказ. для студентів і лікарів-інтернів / упоряд. Л. В. Журавльова, О. О. Янкевич. – Харків : ХНМУ, 2015. – 44 с.
5. Secomb, Timothy W. "Hemodynamics." *Comprehensive Physiology* vol. 6,2 975-1003. 15 Mar. 2016, doi:10.1002/cphy.c150038
6. Pop, G A M et al. "The clinical significance of whole blood viscosity in (cardio)vascular medicine." *Netherlands heart journal : monthly journal of the Netherlands Society of Cardiology and the Netherlands Heart Foundation* vol. 10,12 (2002): 512-516.

**Тимчик Сергій Васильович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, факультету інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [tymchuk@vntu.edu.ua](mailto:tymchuk@vntu.edu.ua)

**Снядовський Владислав Юрійович** – аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем факультету інформаційних електронних систем. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ra15b.sniadovskyi@gmail.com](mailto:ra15b.sniadovskyi@gmail.com)

**Tymshyk Serhii** - Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia/ e-mail: [tymchuk@vntu.edu.ua](mailto:tymchuk@vntu.edu.ua)

**Sniadovskyi Vladyslav Y.** – Phd student of Biological Medical Engineering and Optoelectronic Systems, faculty of infocommunications, radio electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia,