



## VIOLATIONS IN THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BLOOD DURING THE DEVELOPMENT OF CHRONIC DISEASES

Mirzamuradova M.A.  
Boboeva Z.N.

Department of Normal and Pathological Physiology TMA, Uzbekistan  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11394215>

### ARTICLE INFO

Received: 22<sup>th</sup> May 2024

Accepted: 29<sup>th</sup> May 2024

Online: 30<sup>th</sup> May 2024

### KEYWORDS

The role in the formation of rheological parameters of blood belongs to the formed elements of blood, primarily erythrocytes, which make up 98% of the total volume of formed elements of blood. Blood viscosity is one of the integral characteristics of microcirculation that significantly affects hemodynamic parameters.

### ABSTRACT

Accumulated evidence suggests that variability in the rheological properties of erythrocytes affects the symptoms of diseases and also plays a role in monitoring the effectiveness of treatment for patients. In this regard, studies of the variability of the rheological properties of red blood cells during their life and the study of the factors that determine the variability of rheological properties in the population are of particular relevance. Especially, these changes significantly determine hemodynamics in the microvasculature, causing the flow of the required amount of oxygen to the tissues.

## НАРУШЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРОВИ ПРИ РАЗВИТИИ ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Мирзамурадова М.А.  
Бобоева З.Н.

Кафедра нормальной и патологической физиологии ТМА, Узбекистан  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11394215>

### ARTICLE INFO

Received: 22<sup>th</sup> May 2024

Accepted: 29<sup>th</sup> May 2024

Online: 30<sup>th</sup> May 2024

### KEYWORDS

### ABSTRACT

Накопленные сведения свидетельствуют о том, что изменчивость реологических свойств эритроцитов влияет на симптоматику заболеваний, а также



*Роль в формировании реологических параметров крови принадлежит форменным элементам крови, прежде всего эритроцитам, которые составляют 98% от общего объема форменных элементов крови. Вязкость крови является одной из интегральных характеристик микроциркуляции, существенно влияющих на гемодинамические параметры.*

*играет роль в контроле эффективности лечения больных. В этой связи особую актуальность приобретают исследования изменчивости реологических свойств красных клеток крови в процессе их жизнедеятельности и изучение факторов, определяющих варибельность реологических свойств в популяции. Особенно, существенно эти изменения определяют гемодинамику в микроциркуляторном русле, обуславливая приток необходимого количества кислорода к тканям.*

Известно, что кровоток через систему микроциркуляции определяется в первую очередь реологическими свойствами крови, меняющимися при патологии и особенно значительно при терминальных состояниях. Вязкость цельной крови составляет в норме около 4-5 сП (в 1,5 раза выше вязкости плазмы), а в патологических условиях колеблется между 1,7-22,6 сП. Нарушение реологических свойств крови часто приобретает характер общепатологической реакции и является важным звеном в патогенезе различных заболеваний. Реологические показатели крови влияют на обеспечение доставки кислорода и глюкозы и вносят существенный вклад в формирование и прогрессирование ишемических нарушений мозгового кровообращения. У пациентов с острыми и хроническими нарушениями мозгового кровообращения выявлено достоверное повышение вязкости крови, концентрации фибриногена и агрегации эритроцитов по сравнению с клинически здоровыми пациентами близкого возраста.

Тканевой гомеостаз и транскапиллярный обмен определяет функционирование микрососудистого русла. Тканевая перфузия обеспечивает сбалансированное функционирование организма в целом. Для поддержания адекватных перфузионных процессов в тканях необходима адекватная микроциркуляция с метаболизмом биологически активных веществ и газообменом [7]. Тканевой гомеостаз и транскапиллярный обмен определяет функционирование микрососудистого русла. Тканевая перфузия обеспечивает сбалансированное функционирование организма в целом. Для поддержания адекватных перфузионных процессов в тканях необходима адекватная микроциркуляция с метаболизмом биологически активных веществ и газообменом [6,7].



В поддержании гемодинамических процессов огромную роль играет микроциркуляция. Нарушение процессов микроциркуляции инициируют гипоперфузию, что индуцирует дистрофические и гипоксические процессы в тканях. Микрореологические нарушения играют существенную роль в расстройствах кровообращения на регионарном уровне. В связи с относительно недавним изучением механизмов регуляции гемореологических изменений и их значения в обеспечении адекватной перфузии тканей, большое внимание уделяется исследованию реологических параметров крови как в норме, так и при патологии [2,4,5].

Вследствие гипоксии возникают метаболические и функциональные нарушения [1]. Вязкость крови при интактных сосудах определяет эффективность доставки кислорода в ткани. На саму вязкость влияют плазменные реологические параметры, степень агрегации и деформируемость эритроцитов, гематокрит.

Существуют данные [2, 6, 7, 4] о взаимосвязи между вязкостью крови и микроциркуляторными нарушениями. Оптимальный гематокрит для хорошей перфузии тканей составляет 45%, по мере его увеличения доставка кислорода к тканям снижается.

Гломерулонефрит (ГН) у детей по распространенности и тяжести исходов представляет собой серьезную медицинскую проблему. По данным ряда авторов [6, 7, 17], дети с различными формами ГН составляют более 20% всех нефрологических больных. Неблагоприятное течение ГН приводит уже в детском возрасте к почечной недостаточности, ранней инвалидизации больных и сокращению длительности жизни, что придает проблеме социальную значимость. Первичной локализацией патологического процесса при ГН является микроциркуляторное русло почек [2, 3, 5, ].

Вязкость крови обуславливает реологические параметры, в том числе и текучесть крови, и зависит от содержания белковых компонентов плазмы, температуры, фибриногена [4]. Плазма в капиллярах обеспечивает легкость скольжения движущихся форменных элементов крови по сосудам. В мелких капиллярах происходит взаимодействие между мембраной эритроцитов и эндотелиальными клетками. В капиллярах малого диаметра для возможности перемещаться эритроциты способны изменять свою форму. В этих условиях пристеночный слой плазмы сохраняет свою функциональную способность и предотвращает поглощение оксида азота, продуцируемого эндотелием.

Важность обозначенных выше проблем побудила нас к проведению настоящего исследования, цель которого заключалась в оценке изменчивости реологических свойств крови человека.

**Целью исследования** является изучить состояние вязко-эластических свойств крови и скорости ее сдвига у больных с нефротической формой гломерулонефрита.

**Материал и методы исследования.** Для изучения состояния вязко-эластических свойств крови и скорости ее сдвига у больных, обследования проведены у 17 детей с нефротической формой гломерулонефрита, лечившихся в клинике детских болезней ТМА. Контрольную группу составили 6 практически здоровых детей. Реологические свойства крови изучали путем определения вязкости крови, скорости ее сдвига.



Вязкость крови и скорости ее сдвига определяли при прикладывании соответствующего гидростатического давления (3, 8, 12, 16 мм водного столба) по модифицированной методике В.М.Удовиченко, диапазон прикладываемых гидростатических давлений – 2-16 мм.водного столба, соответствующие приводящему, обменному и отводящему звеньям микроциркуляторного русла.

Результаты исследования и их обсуждение. Мы проанализировали вязко-эластические свойства крови у проактически здоровых детей и взрослых в условиях аридного климата. Установлено, что у взрослых при прикладываемом гидростатическом давлении 4 и 16 мм вод.ст. вязкость крови была на 14,9 и 22,5 % выше чем у здоровых детей. Это обуславливало более низкую скорость сдвига у взрослых, чем у детей – на 18,84% и 21%, соответственно. Следует отметить, что особых отличий в показателях вязко-эластических свойств крови у детей в зависимости от пола мы не выявили.

У больных с нефротической формой гломерулонефрита вязкость крови достоверно повышается по сравнению со здоровыми детьми так при минимальных, так и при максимальных напряжениях сдвига. При прикладывании гидростатического давления 2 мм. водного столба определить вязкость и скорость сдвига крови не удалось. При гидростатическом давлении 4 и 16 мм.вод.ст. определяемые параметры существенно превышали норму и выраженность из зависела от степени активности патологического процесса: при НФОГН 1 степени активности вязкость крови превышала значения здоровых людей в 2,59 и 1,52 раза ( $P < 0,05$ ), соответственно, при 3 степени активности – в 3,11 и 1,56 раза ( $P < 0,05$ ). Причем, прослеживалась отчетливая зависимость степени выраженности этих изменений от величины прикладываемого давления.

Следовательно, можно утвердить, что у больных с НФОГН будет в большей степени отмечаться образование агрегатов эритроцитов в капиллярах и мелких венулах, обуславливая развитие застойных явлений и отеков, и тем самым, способствуя развитию гипоксии тканей, особенно пораженного органа.

Хроническое течение патологического процесса еще больше повышала (от исходного) вязкость крови при малых и больших напряжениях сдвига на 208,23 и 53,09% - у больных при 2 степени активности на 249; 150,8% при 3 степени ( $P < 0,05$ ).

Существенное увеличение вязкости крови при прикладываемых гидростатических давлениях замедляет скорость ее сдвига по сравнению с контролем. У детей с острым гломерулонефритом скорость сдвига крови при прикладываемых давлениях (4 и 16 мм.вод.ст.) снижается от нормы на 40,3 и 33,27% соответственно при 2 степени активности, на 50,9 и 36,42 % ( $P < 0,05$ ) – 3 степени.

Проведенные исследования показали значительное их снижение у больных детей, при этом степень выраженности изменения была в большей степени обусловлен тяжестью патологического процесса. Так, если у больных детей НФ ОГН II степени активности показатели электрофоретической подвижности и дзетта-потенциала эритроцитов была ниже значений практически здоровых детей в 1,10; 1,4 раза соответственно, то у больных с III степенью активности – в 1,15; 1,54 раза



соответственно. Причем выявлялись зависимость этих показателей друг от друга. Следовательно, у детей с острой формой заболевания отмечаются значительное увеличение вязкости крови, снижение ее сдвига. Выраженность их находится в прямой зависимости от степени активности патологического процесса.

Результаты таких исследований способствуют корректной оценке изменчивости реологических характеристик при патологии, более оптимальному влиянию на формирование количественных характеристик реологических свойств и одновременно служить источником новых знаний о морфофункциональном состоянии эритрона.

**Заключение.** Прогрессирование любого заболевания сопровождается функционально-структурными изменениями тех или иных форменных элементов крови. Особый интерес вызывают изменения эритроцитов, мембраны которых являются моделью молекулярной организации плазматических мембран. От структурной организации мембран красных кровяных клеток во многом зависят их агрегационная активность и деформируемость, являющиеся важнейшими компонентами в микроциркуляции.

## References:

1. Голубева М. Г. Осмотическая резистентность эритроцитов, методы определения и коррекции, значение при различных патологиях //Успехи современной биологии. – 2019. – Т. 139. – №. 5. – С. 446-456.
2. Позднякова Е. Ю., Микляев С. В. Сахарный диабет как один из этиологических факторов развития пародонтита //Наука в XXI веке: Инновационный потенциал развития. – 2022. – С. 186-194.
3. Nair B., Nair A. Modelling and simulation of blood flow in microfluidic devices using resolved CFD-DEM/submitted by Achuth Nair Balachandran Nair, M. Sc. – 2021.
4. Balachandran Nair A. N. et al. A reduced-order model for deformable particles with application in bio-microfluidics //Computational Particle Mechanics. – 2020. – Т. 7. – С. 593-601.
5. Blumers A. L. et al. Multiscale parareal algorithm for long-time mesoscopic simulations of microvascular blood flow in zebrafish //Computational Mechanics. – 2021. – Т. 68. – №. 5. – С. 1131-1152.
6. Miranda E. et al. Role of the left coronary artery geometry configuration in atherosusceptibility: CFD simulations considering sPTT model for blood //Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. – 2021. – Т. 24. – №. 13. – С. 1488-1503.
7. Thondapu V. et al. Non-Newtonian Endothelial Shear Stress Simulation: Does It Matter? //Frontiers in Cardiovascular Medicine. – 2022. – Т. 9. 8. Mendieta J. B. et al. The importance of blood rheology in patient-specific computational fluid dynamics simulation of stenotic carotid arteries //Biomechanics and Modeling in Mechanobiology. – 2020. – Т. 19. – С. 1477-1490.