

## О ВОЗМОЖНЫХ МЕХАНИЗМАХ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КРОВИ

Гемореология – это наука, основной задачей которой является изучение деформации и текучести клеточных и плазматических элементов крови, а также их взаимодействия с клеточной стенкой. По современным представлениям реологические свойства крови имеют существенное значение в обеспечении адекватного кровоснабжения, особенно в сосудистых зонах низкого давления. Иначе говоря, характер кровотока в различных отделах сосудистого русла определяется не только силой сердечного выброса и демпфирующих свойств эластичных сосудов, но и свойствами текущей в сосудах крови.

С точки зрения реологии, кровоток – сложное перемещение различных слоев крови, а также отдельных форменных элементов относительно друг друга. По законам реологии, кровь – неньютоновская вязкоупругая жидкость, относящаяся к концентрированным суспензиям обратимо агрегирующих частиц. Неньютоновские свойства крови обусловлены содержанием в ней форменных элементов. Изменение вязкости крови в зависимости от формы сдвига обусловлено в основном свойствами этих форменных элементов. Вязкость крови в значительной степени определяется способностью эритроцитов к агрегации – соединению в структуры, напоминающие столбики монет [1].

Именно это свойство красных клеток крови является объектом исследования в данной работе. Выяснить каковы истинные причины и механизмы агрегации – цель работы.

Существующие модели, описывающие механизмы процессов формирования структурных образований крови (эритроцитарных агрегатов) не несут в себе описания четких и последовательных этапов, объясняющих причину образования эритроцитарных агрегатов. Несколько общепринятых разрозненных моделей говорят либо о механизме кратковременного сближения эритроцитов в кровотоке (гидродинамическая модель), либо о биохимическом процессе создания устойчивых связей между красными клетками крови посредством высокомолекулярных соединений, главным образом фибриногена (мостиковая модель). Согласно модели А. Л. Чижевского, движущиеся в потоке крови эритроциты имеют высокие скорости вращения с устойчивой осью. Раскрученные эритроциты, несущие в себе молекулы гемоглобина, который содержит атомы двухвалентного железа, при вращении в кровотоке являют собой замкнутый контур с током [2].

Объединив эти теории, мы предполагаем комплекс механизмов, осуществляющий сборку агрегата, последовательно включающий все описанные модели. Для образования высокомолекулярных сшивок между эритроцитами требуется определенное время, а так же расстояние не меньше длины соединяющей молекулы.

Известно, что прослойки плазмы внутри группы эритроцитов имеют размер вдоль оси капилляра порядка 0,5 мкм [3]. Это не может быть достигнуто гидродинамическим взаимодействием. В разрабатываемой нами теории предполагается, что механизм, предложенный Чижевским, включается в работу в тот момент, когда раскрученные потоком плазмы эритроциты, оказываются достаточно близко друг к другу, что бы воспринимать действие магнитного поля излучаемого соседней клеткой.

Эритроцит вращается вокруг своей оси, возникший таким образом конвекционный ток порождает магнитные поля, в результате действия которых эритроциты уподобляются торевидным магнитам, взаимно притягиваются, тем самым обеспечивают устойчивость радиально-кольцевых систем в кровеносных путях. Магнитное поле распространяется на некоторое расстояние и, затронув соседний эритроцит, ориентирует обе клетки так, что через

них проходит одна ось вращения, вдоль которой распространяется магнитный момент каждой клетки в отдельности и агрегата в целом.

Величина конвекционных токов определяется произведением числа оборотов эритроцита в секунду на величину его заряда. Силы магнитного взаимодействия, т.е. взаимного притяжения, могут быть приближенно определены исходя из радиуса контура и величины тока.

Определяя силы магнитного притяжения эритроцитов, Чижевский учитывал электростатическое отталкивание, возникающее из-за наличия отрицательного заряда на мембране клетки. В расчетах существуют данные об уравнивании сил электростатического отталкивания и магнитного притяжения при определенных значениях числа оборотов клетки в секунду вокруг своей оси. Наша теория предполагает, что силы электростатического взаимодействия вносят незначительный вклад в агрегацию эритроцитов, т.к. расчеты величины радиуса экранирования Дебая показывают, что на расстояниях нескольких десятков ангстрем заряд, несомый эритроцитом практически полностью экранируется окружающими эритроцит ионами. Таким образом, можно сделать вывод, что степень влияния магнитного момента на формирование эритроцитарных агрегатов является одной из определяющих в данном процессе.

Существует зависимость показателя рН плазмы крови и степени агрегации эритроцитов, описанная, как разность потенциалов между плазмой и мембраной клетки, при снижении которой до определенного уровня, наступает быстрая агглютинация [2]. Наша теория предполагает, что при взаимодействии двух эритроцитов, углубления в центре клетки между ними заполняются плазмой, имеющей свое значение рН, то есть с определенной концентрацией положительно заряженных ионов водорода. Такая «подушка» из ионов противостоит действию магнитного момента одного из соединенных эритроцитов, незначительно компенсирует его, способствуя увеличению подвижности системы агрегата, без значительного изменения его прочности. Таким образом, в физиологических условиях, при нормальном значении рН, между эритроцитами могут возникнуть структуры напоминающие «подшипник Майкельсона» способствующие равновесию агрегата и его стабильности в потоке. Упакованные в одну группу эритроциты вместе с находящейся между ними плазмой составляют единое целое в кинетическом отношении, т.е. не изменяют своих параметров при прохождении через капилляры [3].

Таким образом, разработанная нами теория усиливает значимость существования магнитного момента эритроцита и определяет его роль в агрегации красных клеток крови.

Нашей группой планируется провести исследования, которые бы позволили проверить высказанные предположения, а также экспериментально определить величину магнитного момента эритроцита.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. В.А.Шабанова. Общие и клинические вопросы гемореологии: учебное пособие для врачей, Н.Новгород: НГМА, 1989. 32с.
2. А.Л.Чижевский, Электрические и магнитные свойства эритроцитов, Киев: «Наукова думка», 1973. 93с.
3. В.О.Самойлов, Медицинская биофизика, СпецЛит, 2007, 560с.