

УДК 535.379

А.И. Соболев (6 курс, каф. ПФОТТ), Е.Б. Шадрин, д.ф.м.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

ABSTRACT: The objective of this work is investigation of erythrocytes sedimentation. It is shown that erythrocytes sedimentation could be used as effective diagnostics method. Electrical and magnetic properties of erythrocytes and erythrocytes sedimentation are discussed.

Целью нашей работы является исследование динамики реакции оседания эритроцитов. Теоретическое исследование этого вопроса затруднено влиянием на реакцию оседания большого числа неизученных факторов. Многие физико-химические процессы, протекающие в крови, до сих пор, остаются загадкой.

Кровь - сложная и весьма чувствительная органическая система. Она реагирует на малейшие изменения, происходящие в организме при отклонениях от нормы, возникающих в его тканях и органах. Патологические процессы в организме вызывают целый ряд отклонений от нормального состояния крови, изменяя, среди прочего, и скорость оседания эритроцитов. Причем реакция оседания эритроцитов отражает не только общую биодинамику организма, но может стать объективным индикатором изменений на поверхности и внутри эритроцита, а также изменений электростатического баланса крови в целом.

В клинической практике широко применяется такой диагностический показатель, как «скорость оседания эритроцитов» (СОЭ) т.е. скорость процесса оседания массы эритроцитов (РОЭ) в плазме крови под действием постоянного гравитационного поля. Ускорение реакции оседания по сравнению со средней скоростью оседания эритроцитов крови здорового человека является признаком неблагоприятных изменений в организме.

Однако в настоящее время РОЭ не может быть использована как точный метод, дающий возможность надежно диагностировать то или иное заболевание и определить его тяжесть. Для этого имеется ряд причин: во-первых, заболевания различного этиопатогенеза обнаруживают одну и ту же скорость оседания эритроцитов, во-вторых, прогностическое значение СОЭ на ранних стадиях некоторых заболеваний ограничено: чаще всего реакция приобретает прогностическое значение слишком поздно, а именно тогда, когда исход болезни уже спрогнозирован с помощью других методов диагностики. РОЭ в том виде, в каком она повсеместно применяется, является грубоэмпирическим методом, вскрывающим лишь небольшую часть системы физико-химических факторов, регулирующих её скорость.

Однако имеющиеся данные позволяют сделать вывод, что детальное исследование динамики и физических механизмов РОЭ позволит превратить ее в эффективный метод диагностики многих заболеваний.

Эритроциты являются важнейшим элементом крови, они способны адсорбировать на своей поверхности иона кислорода, и углекислоты, и тем самым реализуют функции газообмена и переноса продуктов расщепления белковых веществ. Эритроциты участвуют в регуляции ионного состава плазмы и в процессах, связанных с миграцией ионов. Эритроциты по форме представляют из себя эллипсоид вращения (двойко выпуклый диск). При нормальном анизозитозе истинный средний диаметр недеформированного эритроцита равен 7,6 мкм при толщине краевой тороидальной части тельца 1,8 мкм. В общей массе крови свободные элементы отсутствуют, все эритроциты собраны в монетные столбики.

Конгломераты образуются из концентрически расположенных по ортогональному сечению кольцевидных монетных столбиков и что отдельные монетные столбики состоят преимущественно из изоморфных эритроцитов, т. е. из эритроцитов одного и того же диаметра. Эритроцит, находясь своей тороидальной частью в слоях крови, имеющих разную скорость,

неминуемо получает вращательное движение вокруг оси симметрии, проходящей через центры вогнутых сторон. При достаточной концентрации эритроцитов ($5 \cdot 10^6$ в 1 мм^3 [1]), идущих в параллельных вихревых системах, наблюдается сближение эритроцитов, в результате чего по всему кровотоку возникают радиально кольцевые образования.

Эритроцит, несёт на своей поверхности заряд. Считается [3], что электрический заряд клетки складывается из определенного числа отрицательных электрических зарядов, расположенных непосредственно на самой поверхности клетки, в то время как в прилегающем к ней слое жидкой фазы диффузно распределено определенное число положительных зарядов и небольшое число отрицательных. Величина заряда и толщина указанного слоя зависит от ионной силы раствора, адсорбционных свойств поверхности клетки и других причин. Ввиду ротации эритроцитов в кровотоке электрические заряды, расположенные на их поверхности, создают конвекционные токи, которые в свою очередь возбуждают магнитные поля. Магнитные поля способствуют их сближению вогнутыми сторонами. Вычисления показывают, что на определенных расстояниях электрические и магнитные силы уравниваются. Это создает устойчивое динамическое равновесие вращающейся радиально-кольцевой системы, которая удерживает эритроциты один около другого и в то же время препятствует их столкновению в кровотоке.

При экстравазировании структурные элементы крови подвергаются, прежде всего, постоянному воздействию силы тяжести, под влиянием которого опускаются в плазме. Основную трудность представляет учет сил сопротивления или вязкости, так как они зависят от концентрации эритроцитов, структурной вязкости движущихся эритроцитных образований, от геометрической формы эритроцитарных образований, от величины поверхностного заряда эритроцитов, от теплового состояния среды и от целого ряда других сложных и трудно учитываемых физических и химических условий.

Для подробного изучения динамики реакции оседания эритроцитов было проведено измерения динамики РОЭ на большом количестве образцов экстравазированной крови практически здоровых людей и людей с различными диагнозами, т.е. крови с нормальным и изменённым анизоцитозом, в термостабилизированных условиях. Насколько это возможно, были исключены внешние воздействия (вибрации, электрические и магнитные поля). Основная цель состояла в выявлении зависимостей динамики РОЭ от анизоцитоза крови.

Для проведения таких экспериментов требуется автоматически отслеживать положение границы плазма-эритроциты в капилляре. Для решения этой задачи был создан аппаратно-программный комплекс, состоящий из ПЗС матрицы, оптической системы и программного обеспечения для обработки полученных изображений и занесения данных о положении границы в базу данных. В настоящий момент происходит отладка комплекса и в ближайшее время планируется перейти непосредственно к экспериментальной части работы.

Изучение данных полученных при проведении этих исследований позволит прояснить многие свойства, как РОЭ, так и самих эритроцитов. Можно селективировать влияние на РОЭ патологических процессов той или иной природы. Это расширит возможности РОЭ, как универсального метода ранней диагностики, так как на реакцию оседания оказывают влияние практически любые процессы, в том числе и патологические, протекающие в крови, а следовательно, многие процессы в организме человека.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.Л. Чижевский «Биофизические механизмы реакции оседания эритроцитов» - Новосибирск: Наука, 1980г.
2. А. Л. Чижевский «Структурный анализ движущейся крови» - Москва. Издательство академии наук СССР, 1959г.
3. Toshiaki Dobashi, Hiroshi Goto, Akio Sakanishi and Syoten Oka «Erythrocyte Sedimentation Rate I Volume fraction Dependence in Saline Solution» - Biorheology, 24 number 2, pp153-162, Pergamon Journals Ltd. 1987г.
4. В. Л. Воейков, Ю. И. Гуфинкель, А. Ю. Дмитриев «Немонотонные изменения скорости оседания эритроцитов в цельной крови» - Доклады академии наук, 1998г. том 359, №5, с. 686-690.