

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: http://www.mks.ru/library/conf/biomedpribor/2000/sec01_03.html, режим доступа - свободный.
2. Кубряк О.В., Гроховский С.С. Практическая стабилметрия. Статические двигатель-но-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. М.: ООО «ИПЦ „Маска“», 2012 — 88 с.
3. Стабилметрическая платформа [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилметрическая_платформа, режим доступа - свободный.
4. Н.Е. Мясникова, Г.М. Проскуряков Медико-биологические основы работы стабилметрических платформ // Анализ, синтез и управление в сложных системах: Сборник научных трудов. - Саратовский государственный технический университет, 2009. – с. 15-24.
5. Определение угла наклона акселерометром [Электронный ресурс] – URL: <http://bitaks.com/resources/inclinometer/content.html>
6. STM32F3. SPI и гироскоп L3GD20. [Электронный ресурс] – URL: <http://microtechnics.ru/stm32f3-spi-i-giroskop-l3gd20/>

СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ СДВИГОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ В МИКРООБЪЕМАХ

Литвинова С.А., Аристов А.А.

Научный руководитель: Аристов А.А., доцент, к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: litvinova-svetlana@list.ru

THE APPLICATION OF OSCILLATING SYSTEM TO EXPLORE OF PROCESS OF RED BLOOD CELL AGGREGATION IN MICROFLUIDIC SYSTEMS

Litvinova S.A., Aristov A.A.

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Aristov A.A.

Tomsk Polytechnic University,

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: litvinova-svetlana@list.ru

В основе патогенеза многих заболеваний и их осложнений лежат процессы нарушения агрегации эритроцитов, инициирующие развитие тромбоза в сосудах. Существующие приборы, способные регистрировать степень агрегации эритроцитов, имеют ряд недостатков, таких как ошибочные результаты, трудности в интерпретации данных и большой объем крови, используемой при диагностике. Таким образом, разработка точного и стандартизированного прибора для оценки степени агрегации эритроцитов является актуальной задачей на сегодняшний день. В статье представлены результаты исследования, направленного на разработку микрометода оценки степени агрегации эритроцитов. Предложено устройство для первоначальной дезагрегации эритроцитов в капельных пробах. Проведена его апробация. Определены условия для получения необходимых сдвиговых деформаций в капельном образце для полного разрушения эритроцитарных агрегатов. Проведены исследования по оценке агрегации с использованием разных образцов крови, которые подтвердили возможность использования применение данного метода в клинической лабораторной практике.

The violation of aggregation process is significant in the pathogenesis of many diseases. However, there are no standardized devices today. The paper focuses on the research method and the technical specifications of the device aimed at investigating of the processes of aggregation of red blood cells. Primarily, in the course of work was defined method for mixing samples. With the help of laboratory device were determined technical specifications of the oscillating systems. In addition, the fact of breaking aggregates proved experimentally. The results of the experimental studies revealed the necessity of using the oscillating system to investigations aggregation of red blood cells.

Изучение реологических свойств крови всегда привлекало интерес ученых. Этот интерес вызван тем, что подавляющее большинство заболеваний связано с изменениями состава и биофизических свойств крови. Основным фактором, определяющим реологические показатели крови, являются эритроциты, которые составляют 98% от общего объема форменных элементов крови. В патогенезе многих заболеваний большое значение играют гемореологические нарушения. Агрегация эритроцитов – это способность эритроцитов формировать “монетные столбики”, форма которых зависит от нормальных или патологических условий [1]. По характеру и показателям процесса агрегации эритроцитов можно сделать заключение о состоянии здоровья пациента.

Наиболее распространенными методами исследования процессов агрегации эритроцитов являются фотометрические методы. Фотометрический метод регистрации основан на измерении интенсивности светового потока, рассеиваемого кровью в процессе роста агрегатов, после прекращения перемешивания исследуемого образца в специальных кюветках [2]. В большинстве приборов для исследования агрегации используется большие объемы крови порядка 1 мл и более, что связано с конструктивными особенностями фотометрических кювет для исследования данного процесса. Актуальной является задача разработки устройств с использованием малых объемов крови.

На наш взгляд перспективным для создания устройства для исследования агрегации эритроцитов является методика проведения исследований с использованием капельных образцов, которая была успешно использована для оценки процесса оседания эритроцитов [3].

Необходимой операцией при регистрации спонтанной агрегации является первоначальное разрушение клеточных агрегатов, т.е. кровь перед началом исследования процесса агрегатирования должна представлять однородную суспензию. Используемое нами устройство для фотометрирования капельных образцов [4] не содержит системы получения сдвиговых деформаций для разрушения клеточных агрегатов в образце исследуемой крови. Поэтому одной из задач при разработке устройства для исследования агрегации с использованием капельных образцов являлось создание вибрационного механизма, интегрированного в данную измерительную систему.

Требования к колебательной платформе:

- Минимальные размеры;
- Обеспечить сохранность капли; (отсутствие растекания, в процессе вибрации)
- Частота и сила колебания кюветы с пробой, достаточная для разбивания агрегатов.

Для создания системы сдвиговых деформаций было решено использовать электромагнитный блок фокусировки, применяемый в оптических записывающих устройствах (CD-ROM, DVD-ROM). Габариты данного устройство позволили поместить его в камеру первичного преобразователя для фотометрических исследований. Взамен фокусирующей линзы была установлена кювета для размещения капельных образцов. Фото представлено на рисунке 1.

При подведении переменного напряжения к обмоткам электромагнитов, возможны колебания кюветы с образцом в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Дальнейшие эксперименты показали, что наиболее эффективными при разбивке клеточных агрегатов и обеспечении сохранности капли являются перемещение кюветы в горизонтальной области. Изменение амплитуды и частоты колебаний кюветы осуществляется посредством изменения амплитуды и частоты питающего напряжения. После подготовки пробы к исследованию и размещения ее на кювете данная системы помещается в фотометрический прибор, подается питание к механизму, разрушающему образовавшиеся агрегаты, полученная однородная суспензия параллельно просвечивается и полученный сигнал записывается на ПК.



Рис.1. Лабораторный макет системы сдвиговых деформаций

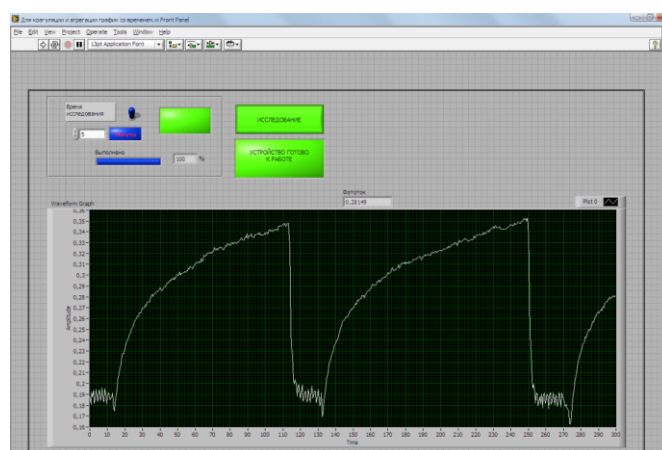


Рис.2. Пример работы программы

Для управления установкой, визуализации и записи данных, полученных при просвечивании пробы крови, используется программа, разработанная в среде LabView. Окно данной программы представлено на рисунке 2.

Представленная на рисунке 2 фотометрическая кривая, отражает процессы образования и разбивки агрегатов в капельном образце.

Начальный момент времени (10с) данного графика отражает процесс разбивания клеточных агрегатов при подаче напряжения на систему вибрации. Дальнейшее увеличение светопропускания (амплитуды) связано с образованием агрегатов. При достижении амплитуды 0,35 В снова включался механизм разбивания и амплитуда также опускалась до значения в 0,19В, это доказывает что данная система сдвиговых деформаций разбивает агрегаты и проба становится однородной. Были подобраны параметры, при которых достигалась максимальная разбивка агрегатов (минимальное светопропускание) и сохранение формы капли:

Напряжение питания (U_n) – 2В,

Частота питающего напряжения (f) – 80Гц.

Проведение исследований с помощью предложенного устройства, снабженного колебательной системой, обеспечивают воспроизводимость результатов и высокую чувствительность измерительной системы к процессу агрегации эритроцитов.

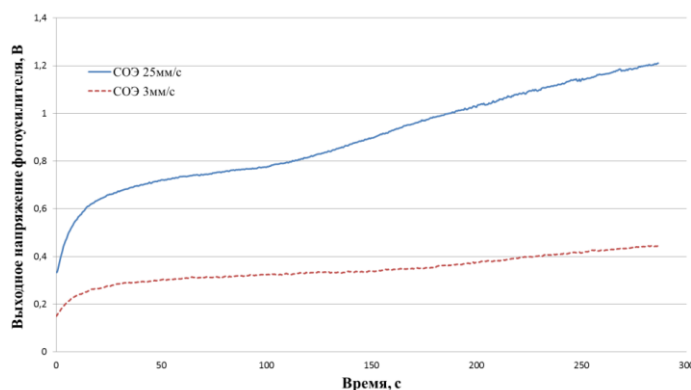


Рис.3. Кривые светопропускания для образцов с разным показателем СОЭ

Чтобы показать возможность оценки степени агрегации эритроцитов были проведены исследования с использованием образцов крови с разной агрегационной способностью. Косвенным показателем степени агрегации является скорость оседания эритроцитов в образцах, которая повышается с увеличением степени агрегации эритроцитов. На рисунке 3 приведены кривые светопропускания, отражающие процесс агрегации образцов крови с разным значением СОЭ. Как видно у образца с большим показателем СОЭ наблюдается большая скорость и амплитуда нарастания сигнала.

Проведенные исследования показали, что предложенная система сдвиговых деформаций соответствует основным заявленным требованиям и может быть использована в системе оценки агрегации эритроцитов. Таким образом, данная колебательная система может быть использована при создании фотометрического прибора для исследования агрегации эритроцитов в микрообъемах. В дальнейшем планируется доработать конструкцию устройства в плане удобства ее практического использования и провести его клинические испытания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воейков В.Л. Физико-химические и физиологические аспекты реакции оседания эритроцитов / В.Л. Воейков // Усп. Физиол. Наук., 1998. – Т. 29, № 4.
2. Попова Е.В., Аристов А.А. Устройство для оценки параметров агрегации эритроцитов // XIV международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии» . – Томск, 2008. – т. 1. – с. 226–228.
3. Способ определения динамики оседания клеток крови: пат. 2379687 Рос. Федерация: МПК G01N33/49 Оpubл.20.01.2010
4. Устройство для оценки физических свойств биологических жидкостей: пат. 47526Рос. Федерация: МПК G01N33/49 Оpubл. 27.08.05.