

* *
*

УДК 533.9.08

DOI: 10.17223/00213411/62/6/47

В.П. ДЕМКИН¹, С.В. МЕЛЬНИЧУК¹, В.В. УДУТ^{1,2}, И.И. ТЮТРИН³, О.В. ДЕМКИН¹

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ МЕТОДА НИЗКОЧАСТОТНОЙ ПЬЕЗОТРОМБОЭЛАСТОГРАФИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ*

Изложены физические основы низкочастотного метода пьезотромбоэластографии для изучения вязких свойств цельной крови и его применения для диагностики гемостатического потенциала. Разработана математическая модель ультразвуковых колебаний в вязкой жидкости. Пьезотромбоэластограф АРП-01М «Меднорд» был использован для проведения численного эксперимента по модам пьезоэлектрического датчика и его применимости при измерении динамики вязких свойств цельной крови. Показано, что пьезоэлектрический датчик достигает оптимального режима работы при конфигурации иглы-резонатора в виде прямолинейного стержня с петлей. Максимальная чувствительность при измерении амплитудно-частотных характеристик сигнала на регистрирующем пьезоэлементе наблюдается при 2950 кГц. Проведен численный эксперимент по изучению влияния вязкой среды на изменение амплитудно-частотных характеристик колебаний иглы-резонатора пьезоэлектрического преобразователя с учетом величины силы вязкого трения. В качестве примера использованы вязкие свойства воды и глицерина. Расчеты проводились для двух указанных предельных случаев вязкой силы, которые включают интервал изменения силы вязкости цельной крови в процессе коагуляции. Показано, что метод обладает достаточной чувствительностью и, следовательно, точностью к изменениям вязкости крови и динамике их изменений при коагуляции.

Ключевые слова: реология, неньютоновская жидкость, коагуляция цельной крови, численное моделирование, динамика вязкости крови.

Введение

Эластография является одним из основных приложений знаний физики для диагностики свойств и патологий биологических тканей и жидкостей. Эластография используется для дифференциации тканей и жидкостей по их вязкоупругим свойствам посредством механического воздействия и анализа деформаций, полученных с помощью ультразвуковых диагностических сканеров или МРТ-сканеров.

Ультразвуковая эластография в медицинской практике применяется довольно недавно. Хотя диагностическое оборудование имеет современные инструменты и технологии, потенциал ультразвуковой эластографии далеко не исчерпан. Поэтому необходимо проводить дальнейшие фундаментальные исследования физических процессов и механизмов взаимодействия ультразвуковых волн с биологическими тканями и жидкостями, лежащими в основе методов ультразвуковой эластографии [1].

Одним из важнейших направлений таких исследований является ультразвуковая эластография свертывания цельной крови [2, 3]. Свертывание цельной крови является чрезвычайно сложным биохимическим процессом, запускаемым, когда сосудистая стенка или клетки крови повреждаются, и приводит к полимеризации фибрина, сопровождающейся образованием сгустка, который останавливает кровотечение. Расстройства свертывания крови чрезвычайно опасны и могут привести к кровотечению, тромбозу и другим летальным осложнениям, что делает исследование свертывания крови одним из главных приоритетов прикладных задач в физике биологических систем.

На сегодняшний день исследователям предоставлен широкий спектр методов амидолитического и иммуноферментного анализа для оценки регуляции агрегатного состояния крови (РАСК). Тем не менее ограниченный диапазон этих методов используется в обычной клинической практике (активированное частичное время тромбопластина, время протромбина, время тромбина, фибриноген, растворимые мономерные комплексы фибрина, D-димеры). Амидолитическая техника

* Работа выполнена в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>