

ИЗМЕНЕНИЯ ВЯЗКО-УПРУГИХ СВОЙСТВ ЭРИТРОЦИТОВ В ОТДАЛЕННОМ ПЕРИОДЕ ЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ

**Константинова Е.Э.¹, Цапаева Н.Л.², Мельникова Г.Б.¹, Чижик С.А.¹,
Кужель Н.С.¹, Миронова Е.В.², Толстая Т.Н.¹**

¹*Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси,
Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный медицинский университет,
Минск, Беларусь*

Благодаря развитию метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) на сегодняшний день есть возможность изучения тонкой структуры поверхности и микрорельефа, а также механических свойств мембран биологических клеток, что невозможно сделать с использованием других методов. Как известно, острый коронарный синдром (ОКС) является клиническим отражением дефицита доставки крови к миокарду. К настоящему времени показано, что реологические свойства крови: вязкость цельной крови и плазмы, агрегация и деформируемость эритроцитов, которые представляют собой «основную ткань» артериальных сосудов в ряде случаев определяют морфофункциональное состояние микроциркуляторного русла и имеют прогностическое значение в исходе реваскуляризации миокарда при ОКС [1]. Изучение изменений структурно-функционального состояния клеток крови после восстановления кровотока с использованием рентгенэндоваскулярной реваскуляризации миокарда в ранние и отдаленные сроки после ОКС является перспективным с точки зрения решения данной проблемы.

Задача оценки морфо-функциональных свойств эритроцитов может быть решена с использованием метода АСМ, который зарекомендовал себя как информативный и высокочувствительный [2, 3]. В связи с выше изложенным целью работы являлось изучение особенностей структурно-функционального состояния эритроцитов пациентов с ОКС в отдаленные

(3 и 6 месяцев) сроки эндоваскулярной реваскуляризации миокарда с использованием метода АСМ.

Забор крови производили натощак через 10-12 часов после приема пищи. Образцы эритроцитов готовили по методике [2]. Исследование геометрии, структуры поверхности и упругих свойств мембраны форменных элементов крови осуществляли при помощи специализированного экспериментального комплекса NT-206 (производства ОДО «Микротестмашины», Беларусь). Использовали стандартные кремниевые зонды NSC11 («MikroMasch» Co., Эстония), жесткостью 3 Н/м. Для оценки упругих свойств мембраны клеток использовали метод статической силовой спектроскопии. Степень агрегации эритроцитов (САЭ) определяли по скорости их оседания в стандартизованных [4] стеклянных капиллярах диаметром 3 мм и длиной 200 мм.

Значения модуля упругости (E) эритроцитов у пациентов с ОКС в исходном состоянии находились в пределах от $57,5 \pm 6,6$ до $88,2 \pm 9,1$ МПа, силы адгезии (F) - от 22,2 до 33,3 нН. Установлено, что модуль упругости эритроцитов ниже, а сила адгезии на поверхности красных клеток крови выше, чем у практически здоровых лиц (E эритроцитов – от $72,3 \pm 7,1$ до $81,4 \pm 7,9$ МПа, F – от 23,5 до 27,2 нН), что свидетельствует о дестабилизации мембран эритроцитов у пациентов с ОКС в исходном состоянии [5].

Результаты оценки изменений параметров, характеризующих структурно-функциональные свойства эритроцитов, а также сравнительной оценки указанных характеристик с показателями биомаркера фиброза кардиомиоцитов (ST2) представлены в таблице.

Показано, что снижение концентрации ST2 через 1 месяц наблюдения, сопровождается благоприятными изменениями параметров, характеризующих структурно-функциональные свойства мембран клеток крови. Наиболее значимые изменения имеют место в динамике степени агрегации эритроцитов. У пациентов с благоприятным исходом ОКС этот показатель снижается через 1 месяц лечения на 37,9 %, через 3 и 6 месяцев – на 42,4 % и 45,3 %, соответственно. У пациентов с неблагоприятным исходом ОКС этот показатель в исходном состоянии на 9,1 % выше, чем у лиц с благоприятным исходом заболевания, и, при сохранении тенденции и к его снижению, остается также выше на протяжении всего периода наблюдения. У пациентов, как с благоприятным, так и с неблагоприятным исходом ОКС, имеет место тенденции к увеличению модуля упругости эритроцитов. Это свидетельствует о стабилизации мембран красных клеток крови и выражается в тенденции к нормализации деформируемости эритроцитов. При этом у пациентов с благоприятным исхо-

дом заболевания эти изменения более выражены. Таким образом, представленные результаты свидетельствуют о диагностическом потенциале как САЭ, так и параметров АСМ, характеризующих упругие свойства клеточных мембран.

Таблица – Параметры биомаркера фиброза кардиомиоцитов и структурно-функционального состояния эритроцитов при различных вариантах исхода ОКС

Сроки наблюдения	Исходно	1 месяц	3 месяца	6 месяцев
Показатель	благоприятный исход ОКС (n=21)			
ST2, нг/мл	30,1±5,7	19,3±4,9*	20,1±4,2*	19,2±3,9*
САЭ, мм/2 ч	87,5±9,2	54,8±6,7*	50,4±5,7*	47,9±5,8*
Е, МПа	89,7±12,3	91,2±12,9	96,3±13,4	104,5±13,8*
	неблагоприятный исход ОКС (n=10)			
ST2, нг/мл	42,6±5,1	26,9±6,3*	22,4±6,8*	20,8±2,7*
САЭ, мм/2 ч	96,3±10,1	84,5±9,8*	76,2±8,9*	72,4±9,1*
Е, МПа	81,8±9,7	87,4±10,1	89,9±11,2	92,7±12,3

Примечание – Различия достоверны по отношению к исходным значениям при уровне значимости * $p < 0,01$.

Литература

1. Kaul, S. Microvasculature in acute myocardial ischemia / S. Kaul, H. Ito // *Circulation*. - 2004. - Vol. 109. - P. 146-149.
2. Дрозд, Е.С. Атомно-силовая микроскопия структурно-механических свойств мембран эритроцитов/ Е.С. Дрозд, С.А. Чижик, Е.Э. Константинова // *Российский журнал биомеханики*. - 2009. - Т. 13, № 4 (46). - С. 22-30.
3. Detection of erythrocytes influenced by aging and type 2 diabetes using atomic force microscope / H. Jin [et al.] // *Biochem. and Biophys. Research Communications*. - 2010. - Vol. 391, № 4. - P. 1698-1702.
4. Состояние системы микроциркуляции и показатели гемореологии при острых и хронических формах ИБС / Е.Э. Константинова [и др.] // *Сб. науч. тр. / БелНИИ кардиологии*. - Минск, 1997. - Вып. 1: Актуальные вопросы кардиологии. - С. 127-130.
5. ISCH recommendation for measurements of erythrocyte sedimentation rate / B.S. Bull [et al.] // *J. Clin. Pathol.* – 1993. – Vol. 46. – P. 198-203.