

Известно, что наиболее важный элемент системы глутатиона – GP, которой принадлежит основная роль в утилизации липидных гидроперекисей и перекиси водорода. Нами показано, что в эритроцитах исследуемых групп детей с ЖДА наблюдалось увеличение активности GP по сравнению с аналогичными показателями у детей контрольных групп (таблица). Причем различия этого показателя в группе подростков с ЖДА и практически здоровых детей были статистически значимыми.

**Заключение.** Таким образом, у детей с ЖДА как у подростковой группы, так и у новорожденных, происходит нарушение внутриклеточного баланса глутатиона в эритроцитах, следствием чего являются достоверные изменения в основном в ферментативном звене при участии глутатионтрансфераз (группа новорожденных) и глутатионпероксидазы (группа подростков). Также обнаружено, что у детей подростковой группы с ЖДА снижается скорость экспорта коньюгатов глутатиона из клеток, которая зависит от функциональной активности белков-транспортеров ксенобиотиков. Выявленные различия параметров антиоксидантной защиты в эритроцитах у детей с ЖДА в зависимости от возраста (подростковой группы и новорожденных) связаны, по-видимому, с присутствием у новорожденных, наряду с доминантным гемоглобином, и фетального гемоглобина, а также с повышением лабильности обменных процессов в их организме.

## ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОВЯЗКОСТИ ЛИПИДОВ В МЕМБРАНАХ ЭРИТРОЦИТОВ ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И ОСТРЫМ НАРУШЕНИЕМ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

**Зубрицкая Г. П.<sup>1</sup>, Найда Е. Н.<sup>2</sup>, Григоренко Е. А.<sup>3</sup>, Климович Е. С.<sup>4</sup>,**

**Нападовская К. Д.<sup>1</sup>, Митьковская Н. П.<sup>3</sup>, Слобожсанина Е. И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*ГНУ Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларусь, г. Минск, Беларусь,*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Беларусь*

<sup>3</sup>*ГУ РНПЦ «Кардиология» МЗ РБ, г. Минск, Беларусь*

<sup>4</sup>*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

**Актуальность.** За последние два десятилетия представления о функциональных свойствах эритроцитов существенно расширились. Особенno это касается гемоглобина (Hb) и реологических свойств крови. Высокие концентрации Hb ухудшают реологические свойства эритроцитов, их деформируемость, что наблюдается при многих заболеваниях, связанных с сердечно-сосудистой системой, а также с поражением головного мозга (ГМ). Участие эритроцитов в нарушении микроциркуляции определяет постоянный интерес к изучению изменений структурно-функционального состояния этих клеток и физико-химических свойств Hb при данных патологиях. Окислительное повреждение эритроцитов сопровождается изменением белкового и липидного компонентов клеточных мембран. Ранее нами показано, что при остром нарушении мозгового кровообращения (ОНМК) активность

мембраносвязанных ферментов и ферментов антиоксидантной защиты в эритроцитах изменяется [1].

**Цель** – выяснение вопроса о возможном изменении физико-химических свойств липидов в мембранах эритроцитов у пациентов при артериальной гипертензии (АГ) и ОНМК.

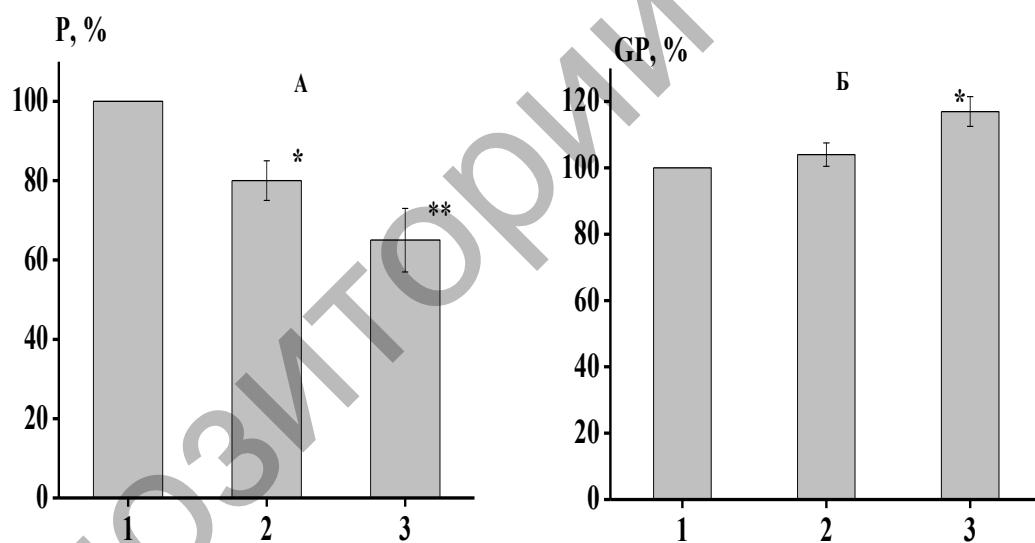
**Материалы и методы исследования.** В работе использованы образцы периферической крови пациентов, включенных в исследование: с АГ без поражения ГМ ( $n=15$ ), АГ с бессимптомным поражением ГМ ( $n=17$ ) и лиц с АГ, перенесших ОНМК ( $n=10$ ). Эритроциты отделяли от плазмы путем центрифugирования крови при  $2000g$  10 минут и трижды отмывали в 155 mM NaCl, затем выделяли из них мембранные по методу Доджа с сотр. Определение активности мембраносвязанной метгемоглобинредуктазы в мембранах эритроцитов проводили по скорости окисления NADH. Оценку изменения физического состояния фосфолипидов липидного бислоя мембран проводили с помощью липофильных флуоресцентных зондов 1-(4-триметиламмоний фенил) - 6-фенил-1,3,5-гексатриена (ТМА-ДФГ) и 6-додеканол-2-диметиламинонафталена (лаурдана), как в работе [2].

**Результаты.** Известно, что эритроциты обладают многоуровневой способностью к адаптации. Они включают взаимодействие белков с мембраной и цитоскелетом, изменения в мембранных белках и белках цитоскелета, а также нарушение проницаемости мембранны. Способность эритроцитарного гемоглобина к связыванию с мембраной была установлена достаточно давно при попытке получить тени эритроцитов гипотоническим лизисом. Связывание Hb с мембраной может быть обратимым и необратимым. С мембраной взаимодействует частично окисленный Hb, что, вероятно, имеет физиологическое значение, поскольку в примембранный области происходит его восстановление мембраносвязанной NADH-метгемоглобинредуктазой. Нами установлено, что активность мембраносвязанной NADH-метгемоглобинредуктазы практически не изменялась в группах пациентов с АГ разной степени и с разным риском по сравнению с группой пациентов без поражения ГМ, но в эритроцитах пациентов, перенесших ОНМК, обнаружено небольшое (10-15%) повышение активности мембраносвязанной NADH-метгемоглобинредуктазы [1]. Повышенный уровень активности мембраносвязанной NADH-метгемоглобинредуктазы в эритроцитах пациентов ОНМК можно объяснить необходимостью усиленной отдачи гемоглобином кислорода и необходимостью увеличения кровоснабжения капилляров, что может отражать компенсаторно-приспособительные процессы, реализующиеся с целью защитить эритроциты в изменившихся условиях.

Известно, что ключевую роль в регуляции всех процессов, происходящих в биологических мембранах, играет их текучесть (микровязкость). Изменение вязкостных характеристик отражает разные модификации межмолекулярных связей, которые, по сути, определяются сочетанием уровней подвижных и стабильных взаимодействий компонентов мембран. Нами выявлено достоверное снижение степени поляризации флуоресценции (Р) ТМА-ДФГ в изолированных мембранах из эритроцитов пациентов с АГ с бессимптомным поражением ГМ

(примерно на 20%) и у пациентов с ОНМК (примерно на 35%) по сравнению с группой пациентов с АГ без поражения ГМ (рисунок 1 А). Кроме этого обнаружено незначительное увеличение генерализованной поляризации (GP) флуоресценции лаурдана, включенного в изолированные мембранные из эритроцитов пациентов с АГ и бессимптомным поражением ГМ и достоверное увеличение этого показателя у пациентов, перенесших ОНМК по сравнению с пациентами с АГ без поражения ГМ (рисунок).

**Заключение.** Так как ТМА-ДФГ локализуется вблизи поверхности липидного бислоя, можно предположить, что у пациентов с ОНМК происходит изменение микровязкости липидов в области полярных головок липидного бислоя мембран эритроцитов на границе раздела “вода-липид”. Увеличение GP лаурдана, включенного в изолированные эритроцитарные мембранные у пациентов с ОНМК, по сравнению с пациентами с АГ без поражения ГМ указывает на повышение микровязкости гидрофобной области липидного бислоя мембран эритроцитов. Можно предположить, что модификация микровязкости липидов в мембранах эритроцитов представляет важное патогенетическое звено при развитии ОНМК и может приводить к изменению деформируемости эритроцитов и нарушению микроциркуляции крови.



**Рисунок – Флуоресцентные параметры ТМА-ДФГ (А,  $\lambda_{возб.} = 365$  нм) и лаурдана (Б,  $\lambda_{возб.} = 340$  нм), встроенных в мембранные изолированные из эритроцитов пациентов с артериальной гипертензией**

**1 - пациенты с АГ без поражения ГМ;**

**2 - пациенты с АГ и бессимптомным поражением ГМ;**

**3 - пациенты, перенесшие ОНМК.**

За 100 % принято среднее значение поляризации флуоресценции зонда у пациентов с АГ без поражения ГМ \*и \*\* – различия достоверны по сравнению с контролем ( $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ , соответственно)

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зубрицкая Г. П., Найда Е. Н., Нападовская К. Д. и др. Изменение активностей антиоксидантных и мембраносвязанных ферментов в эритроцитах пациентов при артериальной гипертензии // Сб. мат. междунар. научной конференции, посвященной 85-летию со дня рожд. проф. В. К. Кухты. – Минск: БГМУ. – 2022. – С. 99–105.
2. Зубрицкая Г. П., Слобожанина Е. И. Литий-индуцированная модификация физико-химического состояния мембранных белков и липидов в эритроцитах человека // Известия НАН Беларуси, сер. биол. наук. – 2021. – Т. 66, № 3. – С. 295–301.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ MOODLE ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ**

**Зыкова Е. Л., Довнар А. К., Одинцова М. В., Громыко Ж. Н.**

*Гомельский государственный медицинский университет  
г. Гомель, Беларусь*

Непростая эпидемиологическая обстановка в мире и в стране, обусловленная пандемией инфекции, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2, потребовала внесения корректировок в образовательный процесс.

Соблюдение социального дистанцирования привело к ограничению возможности использования таких форм обучения, как чтение лекций и проведение групповых консультаций по предмету, что негативно сказывается на уровне подготовки студентов-первокурсников, вызывает необходимость поиска и внедрения новых, более эффективных методов организации учебного процесса.

Система дистанционного обучения в нашем вузе была апробирована на студентах иностранного факультета в начале пандемии COVID-19, что потребовало существенного пересмотра методического обеспечения учебного процесса. Основной проблемой дистанционного обучения было отсутствие непосредственного контакта обучающегося с преподавателем. Частично эту проблему позволила решить образовательная среда LMS Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment – модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда), которая способствовала коммуникации между преподавателем и студентами в режиме реального времени, а также между самими обучающимися [2].

Дистанционная обучающая среда позволяет преподавателю создать электронный обучающий курс и управлять его работой. Инструментарий LMS Moodle дает возможность вставлять таблицы, графики, схемы, видео и т. д. Электронный курс можно структурировать по темам, с указанием порядка изучения отдельных разделов [1].

Использование электронного формата предоставляемых материалов