

5. Jan Bosteels, Steven Weyers, Ben W.J. Mol, Thomas D'Hooghe. Anti-adhesion barrier gels following operative hysteroscopy for treating female infertility: a systematic review and meta-analysis // *Gynecological Surgery*. – 2014. – 11 (2). – P. 113–127.
6. Yuqing Chen, Lixiang Liu, Yuanna Luo ed al. Prevalence and impact of chronic endometritis in patients with intrauterine adhesions: a

prospective cohort study // *The J of Minimally Invasive Gynecology*. 24 (1), 74–79. 2016 Oct 20.

Поступила в редакцию 29.03.2017 г.

Для контактов: Черкасова Анастасия Леонидовна
E-mail: missdream.88@yandex.ru

УДК 616.612.461.17

Карандашов В.И.¹, Островский Е.И.², Александрова Н.А.³, Шатохина С.Н.²

Исследование взаимосвязи между реологическими параметрами сыворотки крови и нарушением деформируемости эритроцитов у больных бронхиальной астмой при проведении фототерапии синим светом

Karandashov V.I., Ostrovsky E.I., Alexandrova N.A., Shatokhina S.N.

Interactions between blood serum rheological parameters and impaired deformability of red blood cells in patients with bronchial asthma treated with blue light phototherapy

¹ ФГБУ «ГНЦ ЛМ ФМБА России», г. Москва; ² ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, г. Москва

³ ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ, г. Москва

В настоящем исследовании предпринята попытка выявить наличие взаимосвязи между морфологическим строением не клеточных структур крови и нарушением деформируемости эритроцитов у 56 больных с бронхиальной астмой (БА) в стадии неполной ремиссии и в стадии обострения до и после применения у них фототерапии синим светом. Установлено, что у больных с различным фенотипом БА твердофазные структуры сыворотки крови систем «липид-белок» до воздействия синим светом имеют специфические особенности, при том что деформируемость эритроцитов в группах исследуемых больных нарушена в одинаковой степени. После фототерапии синим светом изменение структур сыворотки крови в обеих группах больных соответствовало объективному улучшению клинического состояния пациентов, но никак не отражало зависимости между структурами сыворотки крови, характерной для определенного фенотипа БА, и возрастанием деформируемости эритроцитов в тех же группах больных. *Ключевые слова:* деформируемость, эритроцит, анизоморфны, вязкость крови, гематокрит, синий свет.

The present study attempts to identify the relationship between morphological structures of the liquid portion of blood and impaired deformability of red blood cells in 56 patients with bronchial asthma (BA) at incomplete remission and at an acute stage before and after the blue light phototherapy. It has been found out that in patients with different BA phenotypes, solid phase structures of blood serum «lipid-protein» systems have specific features before their exposure to blue light, while the erythrocyte deformability in all studied patients is impaired to the same degree. After the blue light phototherapy, changes in the morphological structure of blood serum in both groups corresponded to the objective improvement in patients' condition; however, it did not reflect the dependence between blood serum structures specific for BA definite genotype and increasing deformability in red blood cells in the same groups of patients. *Keywords:* deformability, erythrocyte, anisomorphones, viscosity, hematocrit, blue light.

Введение

В силу того, что кровь является жидкой тканью с очень сложно организованной структурой, в последнее время особый научный интерес исследователей привлекает изучение не клеточных структур крови и ее связь с реологическими параметрами. Именно состояние «золь-гель», по мнению некоторых авторов, изучающих деформационные свойства эритроцитов, определяет их текучесть и способность проходить через кровеносные сосуды, диаметр которых в несколько раз меньше собственного диаметра эритроцитов.

Следует особо подчеркнуть, что до недавнего времени понятие морфологии в биологии и медицине распространялось только на клеточные ткани, а биологические жидкости (сыворотка крови, лимфа, желчь, желудочный сок, моча, панкреатический сок и др.) находились вне зоны морфологических исследований.

Однако благодаря многочисленным исследованиям В.Н. Шабалина, С.Н. Шатохиной и других авторов [8, 6, 2], изучавших особенности морфологической

картины биологических жидкостей при различных нозологических формах, было показано, что любая биологическая жидкость, в том числе и сыворотка крови, представляет собой сложную систему, в которой все элементы определенным образом взаимосвязаны между собой, то есть структурированы.

Фиксация самоорганизующихся структур биологических жидкостей достигается путем смены фазовых состояний – переводом жидкой среды в твердую фазу, что позволяет осуществить визуализацию ее структуры, определяемую термином «фацция».

В частности, кровь является именно такой структурированной (неньютоновской или нелинейно-вязкой) жидкостью и относится к деформируемым средам, которые называются анизотропными. Анизотропия реологических свойств крови, связанная с физиологической ориентацией ее структурных элементов, относится к спонтанной анизотропии. Помимо этого, существует анизотропия, как вызываемая внутренними молекулярными механизмами, так и возникающая за счет внешних

факторов. Говорить о специфичности анизотропии, т. е. об обусловленности вида анизотропии какой-либо конкретной патологией, а также о том, какой вид анизотропии реологических свойств крови конкретно связан с тем или иным характером изменения структуры движущейся крови и ее деформационными свойствами, в настоящее время не представляется возможным.

В то же время метод краевой дегидратации С.Н. Шапотохиной [9], сутью которого является то, что в процессе испарения воды растворенные в капле биологической жидкости вещества распределяются в ней в строгом соответствии с их осмотической активностью, молекулярным весом и другими физико-химическими параметрами, что, возможно, позволит по составу анизоморфонов сыворотки крови реально оценить степень повреждения ее физических свойств и производить контроль за их восстановлением.

Цель настоящего исследования: выявить взаимосвязь между особенностями системной организации сыворотки крови и генезом нарушения деформационных свойств эритроцитов у больных БА под влиянием фототерапии синим светом.

Материал и методы исследования

Нами были проведены исследования реологических свойств крови и морфологической картины сыворотки крови у 56 больных БА, разделенных на две подгруппы по степени тяжести заболевания: 30 больных находились в стадии обострения заболевания и 26 – в стадии неполной ремиссии с **высоким риском обострения**. Все больные до поступления в стационар получали ингаляционные глюкокортикостероиды и б2-агонисты. Возраст больных был от 18 до 76 лет, стаж болезни – от 3 до 50 лет. В плане восстановительно-лечебных мероприятий при поступлении в стационар больным с БА на фоне базисной общепринятой терапии проводилась фототерапия синим светом (ФГТ).

ФГТ синим светом проводили, используя аппарат «Соларис» для внутрисосудистого облучения крови через одноразовые световоды КИВЛ-1 (длина волны излучения 450 ± 10 нм, мощность на выходе световода 1,5 мВт). Длительность сеанса фототерапии составляла 40–45 мин, число сеансов – от 2 до 7, срок пребывания больных в стационаре – от 11 до 26 дней.

В процессе выполнения настоящего исследования был использован комплекс общепринятых методов оценки реологических свойств крови: вискозиметрия производилась на вискозиметре Lowshear (Швейцария); гематокрит измеряли на гематокритной центрифуге фирмы «Аутокрит» (США); деформируемость эритроцитов определяли с помощью фильтрационной установки фирмы «Sartorius». Были использованы мембранные фильтры, которые представляют собой полимерные пленочные материалы на основе непрерывной полимерной матрицы с диаметром пор 3–5 микрон. Исследование сыворотки крови методом краевой дегидратации проводилось с помощью специальной тест-карты диагностического набора «Литос-система», разрешенного к применению в клинической практике. Техника проведения исследования состояла в следующем: 1) в окна тест-карты

наносили по 0,02 мл сыворотки крови в виде капель, которые накрывали покровными стеклами; 2) заполненная тест-карта выдерживалась при температуре 20–25 °С и относительной влажности 55–60% в течение 7 суток; 3) поиск анизотропных морфотипов проводился при микроскопии в поляризованном свете при увеличениях от $\times 50$ до $\times 630$. При структурировании сыворотки крови в процессе медленного испарения воды через тонкий зазор между подложкой и покровным стеклом жидкокристаллические структуры («липид-вода», «липид-белок-вода») переходят в кристаллическое состояние и становятся возможными для наблюдения при микроскопии в поляризованном свете.

Результаты и их обсуждение

Ранее проведенные нами исследования реологических свойств крови у больных с различными фенотипами БА позволили дополнить и усовершенствовать современное представление о патогенезе данного заболевания. Было установлено, что у больных БА отмечается выраженное нарушение реологических свойств крови [1].

Анализ степени участия каждого отдельного гемореологического показателя в повышении вязкости крови выявил, что доминирующими параметрами, влияющими на рост вязкости крови при данном заболевании, **являются повышенный гематокрит и деформируемость эритроцитов**. Полицитемия у больных БА является ответной реакцией организма на хроническое кислородное голодание и тем более опасна для данной категории больных тем, что значительно возросшее у них в кровотоке количество ригидных эритроцитов может вызвать их секвестрацию в селезенке, печени и в легких, что сопровождается еще большим дефицитом кислорода в органах и тканях.

Как видно из представленных в табл. 1 данных, статистически достоверных различий между степенью гемореологических нарушений у больных БА в стадии неполной ремиссии и в группе пациентов в стадии обострения не выявлено. Это свидетельствует о том, что гемореологические нарушения, вызванные основным заболеванием, запускаются специфическими механизмами, обуславливающими многофакторность патогенеза БА. Поэтому гемореологические расстройства носят такой же устойчивый характер, как и само заболевание БА, и зависят не от его фенотипа, а от того, в какой степени активности на момент исследования находятся те специфические механизмы, которые спровоцировали эти нарушения.

Параллельно исследованию реологических свойств крови нами было предпринято изучение морфологической организации сыворотки крови у больных с различными фенотипами БА, которое предполагало выявление какой-либо закономерности, в соответствии с которой изменение морфологии жидкой части крови влияет на физические особенности эритроцитов у больных с различными фенотипами.

Проведенные исследования показали, что при поступлении в стационар у 26 больных в стадии **неполной ремиссии с высоким риском обострения** состояние анизоморфонов сыворотки крови характеризуется де-

Таблица 1

Показатели реологии крови у больных БА с разной стадией заболевания при поступлении в стационар до фототерапии синим светом

Показатели	Практически здоровые люди (n = 20)	Гемореологические параметры у больных БА в стадии неполной ремиссии до лечения (n = 26)	Гемореологические параметры у больных БА в стадии обострения до лечения (n = 30)
Структурная вязкость крови $\gamma = 1 \text{ с}^{-1}$ (сПз)	18,9 ± 0,94	48,39 ± 3,1*	48,39 ± 3,1*
Вязкость плазмы $\gamma = 128 \text{ с}^{-1}$ (сПз)	1,18 ± 0,04	1,63 ± 0,14*	1,57 ± 0,11*
Гематокрит (л/л)	0,44 ± 0,01	0,51 ± 0,03*	0,50 ± 0,06*
Фильтруемость эритроцитов (мл/мин) – деформируемость	5,7 ± 0,2	4,4 ± 0,2*	4,3 ± 0,3*

* P < 0,05 – различия достоверны при сравнении гемореологических показателей у практически здоровых людей и у больных БА при поступлении в стационар.

структивными изменениями в виде патологической агрегации анизоморфонов в виде базисного сферолита (дендрита) с изотропным микрогранулитом, что является специфическим маркером бронхиальной астмы «спокойного» периода» – т. е. ремиссии) (рис. 1, а).

При полной ремиссии БА микрогранулиты сыворотки крови, содержащие биологически активные вещества, находятся в прочной связи с белково-липидными структурами, т. е. являются инертными. Метаболизм при этом не нарушен.

У группы больных с обострением БА (30 пациентов) при поступлении в стационар главными отличительными признаками в составе анизоморфонов являлись «россыпные» структуры с фрагментами дегенеративно измененных сферолитов. «Россыпные» анизоморфоны часто занимали целые поля зрения и создавали «замусоренный» вид»: деструктивные анизоморфоны в виде лишайника, некоторые из них с включениями разноцветных палочковидных структур (рис. 1, б).

У практически здоровых людей состав анизоморфонов сыворотки крови был представлен морфотипами нормы (базисный сферолит) (рис. 1, в).

Тот факт, что анизоморфоны сыворотки крови являются объективным критерием состояния гомеостаза, позволяет предположить, что между специфичным типом анизоморфонов сыворотки крови, соответствующим определенной стадии БА, и степенью нарушения деформируемости эритроцитов существует какая-то связь. Данное предположение обусловлено тем, что эритроцит является универсальным осмометром, и при изменении осмотических свойств жидкой фазы крови резко меняются его объем и деформационные свойства [10]. Грубое из-

менение деформируемости эритроцитов в совокупности с другими патологическими факторами может привести к полиорганной недостаточности [5].

Однако, как показали наши исследования, никакой зависимости между степенью нарушения деформируемости эритроцитов и спецификой состава и расположения типичных анизоморфонов сыворотки крови у больных с различными фенотипами БА при поступлении в стационар не выявлено. Данный факт, по-видимому, объясняется тем, что разрешающие способности морфологических исследований значительно выше, чем возможности функциональных методов оценки патологических процессов, так как они имеют уникальную возможность устанавливать специфичные структурные изменения, сопровождающие основное заболевание, раньше, чем это можно зафиксировать на гомеостатическом уровне.

На следующем этапе настоящего исследования мы определяли реологический статус больных и системную организацию фаций сыворотки крови у больных БА после восстановительно-лечебных мероприятий, включая фототерапию синим светом.

Фототерапия синим светом оказала положительный корректирующий эффект на реологические свойства крови (табл. 2), которые, однако, так и не достигли своей физиологической нормы после окончания ФГТ. Так, структурная вязкость крови при малой скорости сдвига у больных как в стадии ремиссии, так и в стадии обострения снизилась по сравнению с исходным значением в среднем на 26%, вязкость плазмы снизилась на 24%, фильтруемость эритроцитов, отражающая их деформационные свойства, увеличилась в 1,2 раза, показатель гематокрита не изменился. Статистически достоверных различий в степени

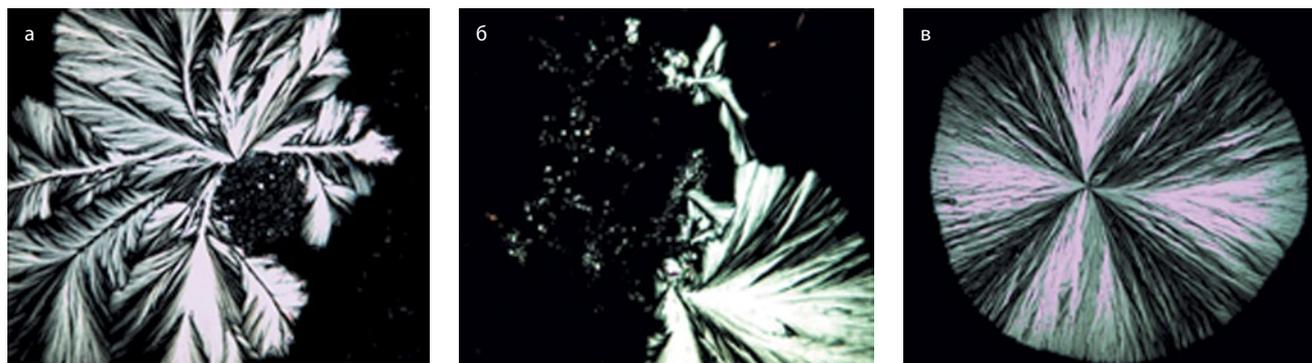


Рис. 1. Типичные анизоморфоны сыворотки крови больных бронхиальной астмой при поступлении в стационар: а – в стадии ремиссии (патологическая агрегация сферолита с микрогранулитом), $\times 400$; б – при обострении заболевания («россыпной» сферолит), $\times 400$; в – норма (для сравнения), $\times 200$

Таблица 2

Показатели реологии крови у больных БА с разной стадией заболевания после ФГТ синим светом

Показатели	Практически здоровые люди (n = 20)	Гемореологические параметры у больных БА в стадии неполной ремиссии после ФГТ (n = 26)	Гемореологические параметры у больных БА в стадии обострения после ФГТ (n = 30)
Структурная вязкость крови $\gamma = 1 \text{ с}^{-1}$ (сПз)	18,9 ± 0,94	36,04 ± 3,21*	37,01 ± 2,74*
Вязкость плазмы $\gamma = 128 \text{ с}^{-1}$ (сПз)	1,18 ± 0,04	1,24 ± 0,15*	1,31 ± 0,12*
Гематокрит (л/л)	0,44 ± 0,01	0,48 ± 0,01*	0,47 ± 0,01*
Фильтруемость эритроцитов (мл/мин) – деформируемость	5,7 ± 0,2	5,0 ± 0,2*	5,2 ± 0,1*

* $P < 0,05$ – различия достоверны при сравнении гемореологических показателей в группах больных до и после базовой терапии в сочетании с фототерапией синим светом.

улучшения гемореологических показателей в группах больных после проведенной у них ФГТ не выявлено.

Оценка состава анизоморфонов сыворотки крови в исследуемых группах больных БА после воздействия синим светом показала, что наибольшая эффективность ФГТ по структурным особенностям морфологической картины была отмечена у больных в стадии неполной ремиссии заболевания с **высоким риском обострения**. В структуре сферолитов появлялись дефекты в виде округлых пустот. Такую картину можно объяснить ослаблением патологических связей сферолит-микрогранулит и элиминацией микрогранулитов из общей циркуляции. В целом, динамика состава анизоморфонов менялась у всех больных – от «россыпных» до начала ФГТ до патологической агрегации «сферолит-микрогранулит» после окончания курса лечения. Такая динамика свидетельствовала о переходе стадии обострения БА в стадию ремиссии.

Таким образом, проведенные морфологические исследования показали, что результаты оценки состава анизоморфонов сыворотки крови позволяют диагностировать различные формы БА, могут быть использованы в качестве диагностических маркеров стадии заболевания, а также являются объективными критериями эффективности проводимой терапии [3].

Ничего подобного нельзя сказать относительно реологического параметра крови – деформируемости эритроцитов. В процессе выполнения настоящего исследования мы получили некий средний показатель, который отражает степень нарушения деформируемости эритроцитов

у больных БА до лечения и такой же усредненный показатель улучшения деформируемости эритроцитов после применения ФГТ синим светом. Однако ни в первом, ни во втором случае данный параметр никак не связан с особенностями морфологической картины сыворотки крови. Морфологическим изменениям сыворотки крови после ФГТ соответствует клиническое улучшение состояния больных: у 20 больных БА отмечено уменьшение числа приступов удушья, полное исчезновение приступов отмечено у 36 человек, уменьшение одышки – у 40 человек, улучшение отхождения мокроты – у 38 человек. Дальнейшее наблюдение за больными показало увеличение длительности ремиссии заболевания: до 6 месяцев у 25 больных и до 1 года – у 16 больных.

Исследование деформируемости эритроцитов и изучение анизоморфонов сыворотки крови у конкретного больного (**больной А**) в стадии ремиссии с высоким риском обострения на фоне комплексного лечения в течение года комбинированными препаратами (симбикорт, 160 мкг 2 раза в день и спирава, 12 мкг в сутки) до и после фототерапии синим светом. Деформируемость эритроцитов у больного А до светолечения составляла 3,1 мл/мин при норме $5,7 \pm 0,2$ мл/мин, что было в 1,8 раза меньше, чем у практически здоровых людей. Состав анизоморфонов сыворотки крови больного А до начала ФГТ характеризовался наличием микрогранулитов в дегенеративно измененных сферолитах и дендритах (рис. 2), что свидетельствует о патологической интоксикации организма.

Далее больному А была проведена ФГТ синим светом – 7 сеансов в течение 16 дней. Деформируе-

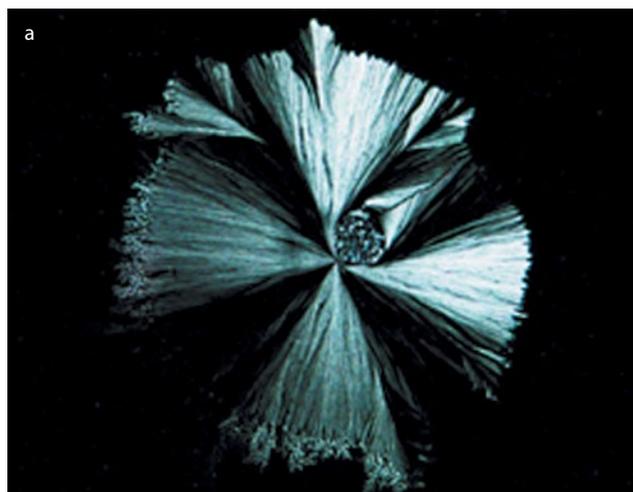


Рис. 2. Анизоморфоны сыворотки крови больного А. при поступлении в стационар. Патологическая агрегация микрогранулита: а – со сферолитом, $\times 200$; б – с дендритом, $\times 400$

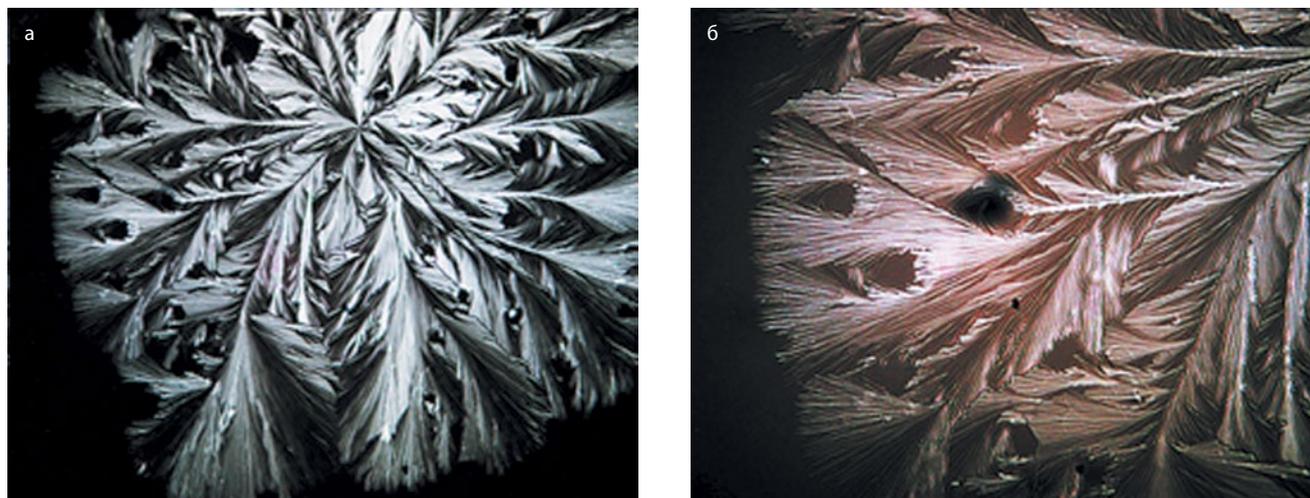


Рис. 3. Сферолит сыворотки крови больного А. после окончания курса ФГТ синим светом. Многочисленные дефекты в структуре: а – $\times 200$; б – $\times 400$

мость эритроцитов после фототерапии повысилась до 4,9 мл/мин, однако нормального значения так и не достигла. Особенностью анизоморфонов сыворотки крови у больного А. после курса фототерапии было более гармоничное структуропостроение фаций сыворотки крови: наблюдалось полное отсутствие патологической агрегации: сферолит (дендрит) – микрогранулит. В составе анизоморфонов появились базисные сферолиты с многочисленными дефектами в виде пустот различной площади. Такая динамика анизоморфонов сыворотки крови свидетельствовала о высокой эффективности фототерапии синим светом (рис. 3).

Анализ данных больного А подтверждает полученные результаты исследования в группах больных и позволяет сделать следующие выводы:

1) морфологическая картина неклеточной части крови демонстрирует и подтверждает наличие специфических изменений, которые характеризуют определенный фенотип БА;

2) анизоморфоны сыворотки крови могут быть использованы в качестве диагностических маркеров клинического течения заболевания;

3) состав анизоморфонов сыворотки крови является объективным критерием эффективности проводимой терапии;

4) взаимосвязи между структуропостроением фаций сыворотки крови и степенью нарушения деформируемости эритроцитов не выявлено.

Как показали ранее проведенные исследования, деформация эритроцитов зависит от механических свойств двух компонентов: цитоскелета мембраны и вязкости внутреннего содержимого клетки [7, 11]. Внутренняя вязкость эритроцитов зависит от концентрации ионов кальция, который образует в клетке низкорастворимый комплекс кальций-белок. При связывании его с мембраной повышается ригидность эритроцитов и активируется процесс превращения внутриклеточного содержимого из золя в гель. Такой эритроцит становится малоэластичным, и его мембрана не может в сдвиговом потоке крови вращаться вокруг жидкого содержимого клетки с необходимой скоростью [8]. Эритроцит теряет свои свойства

деформироваться как капля, которые в норме позволяют проходить ему через систему микроциркуляции.

В литературе существует мнение, что любое отклонение эритроцита от дискоидальной формы повышает вязкость окружающей среды из-за иммобилизации окружающей эритроцит жидкой фазы [11]. Исходя из этого следует, что **изменение структур сыворотки крови может быть результатом нарушения морфологии эритроцитов, а не наоборот, как мы предполагали.** В пользу данной гипотезы говорят утверждения некоторых авторов о том, что между структурообразованием центральной зоны фаций желчи и ее вязкостью существует прямая зависимость [12].

Ответ на вопрос о том, какая связь существует между деструктивными межмолекулярными взаимодействиями и механизмами, изменяющими деформационные свойства эритроцитов, возможно, будет получен в дальнейшем при увеличении количества параллельных исследований состава анизоморфонов сыворотки крови и деформируемости эритроцитов у больных в динамике заболеваний.

Литература

1. Александрова Н.П., Островский Е.И., Карандашов В.И. и др. Влияние оптического излучения синего диапазона на реологические свойства крови у больных бронхиальной астмой // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2014. – Т. 13. – № 4. – С. 15–18.
2. Максимов С.А. Морфология твердой фазы биологических жидкостей как метод диагностики в медицине // Бюллетень сибирской медицины. – 2007. – № 4. – С. 80–84.
3. Островский Е.И., Шатохина С.Н., Палеев Ф. и др. Оценка эффективности фототерапии у больных бронхиальной астмой // Лазерная медицина. – 2014. – Т. 18. – Вып. 1. – С. 9–12.
4. Потехина Ю.П., Зубеев П.С., Страхов А.В. и др. Кристаллография и вискозиметрия желчи при желчнокаменной болезни // Клиническая лабораторная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 33–35.
5. Рыбка М.М. Аспекты патогенеза синдрома полиорганной недостаточности у кардиохирургических пациентов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 2016. – Т. 13. – № 2. – С. 65–74.
6. Тарасевич Ю.Ю. Механизмы и модели дегидратационной самоорганизации биологических жидкостей // Успехи физиологических наук. – 2004. – Т. 174. – № 7 – С. 779–790.

7. Фирсов Н.Н., Цветков В.О., Байбеков К.С. Общие закономерности деформации эритроцитов в сдвиговом потоке // Тромбоз, гемостаз и реология. 2016. – № 1. – С. 27–31.
8. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Морфология биологических жидкостей человека // Хризостом. – М. – 2001. – 303 с.
9. Шатохина С.Н., Островский Е.И., Палеев Ф.Н. и др. Диагностическое значение анизоморфонов сыворотки крови при бронхиальной астме // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 49–54.
10. Bayer R., Schauf B., Gunther B. Erythrocytes hape analysis by mean of laser diffraction // SPIE. – 1992. – 2100. – P. 248–255.
11. Fisher T.M. Role of spectrin in cross bounding of the red membrane // Blood cell. – 1988. – 13 (3). – P. 377–394.
12. Whitmore R.L. The influence of erythrocyte shape and rigidity on the viscosity of blood // Biorheology. – 1981. – V. 18. – 3–6. – P. 357–562.

Поступила в редакцию 3.04.2017 г.

Для контактов: Карандашов Владимир Иванович
E-mail: kvi42@list.ru

УДК 616-007.271:612.331.1:615.849.19

Голощапова Ж.А., Кузнецова Г.В., Кравченко Т.Г.

Морфология облитерации экспериментального ликворного свища при лазерном облучении его стенок

Golozhshapova Zh.A., Kuznetsova G.V., Kravchenko T.G.

Morphology of the obliteration of an experimental cerebrospinal fluid fistula after laser irradiation of its walls

ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины», г. Челябинск

В эксперименте на крысах была создана модель хронического гранулирующего ликворного свища. 90 животных со сформированным ликворным свищем были разделены на 2 группы: основную и контрольную по 45 животных в каждой. В основной группе стенки свища были подвергнуты действию высокоинтенсивного лазерного излучения (лазерный скальпель «ИРЭ-Полюс» с длиной волны 970 нм, диаметр световода 0,4 мм, мощность 0,7 Вт, длительность облучения 5 с). 45 животных служили контролем. Облитерация просвета свища оценивалась в динамике в течение 1 месяца стандартными морфологическими методами с применением морфометрии. Обследование животных проводилось сразу после извлечения катетера, а также через 1, 3, 7, 14, 21, 30 суток. Закрытие просвета свища в опытной группе наблюдали спустя 14 суток после лазерного облучения, в контроле – спустя 21 день. Более раннее заживление происходит за счет снижения геморрагического компонента воспаления и клеточной инфильтрации стенок, более интенсивного нарастания количества фибробластов и количества коллагеновых волокон уже с 7-х суток и более быстрого созревания грануляционной ткани в области свища. В опытной группе через 1 месяц наблюдалось значимое увеличение площади препарата, занимаемой сосудами, по сравнению с контрольной группой, что свидетельствовало о большем развитии сосудов микроциркуляторного русла. *Ключевые слова:* ликворный свищ, облитерация, лазерное излучение, эксперимент.

The researchers created an experimental model of a chronic granulating liquor fistula in rats. 90 animals with CSF fistulas were divided into 2 groups: main and control with 45 animals each. In the main group fistula walls were exposed to high-level laser light (laser device «IRE-Polus», wavelength 970 nm, lightguide diameter 0.4 mm, power 0.7W, exposure 5 seconds). The obliteration process in fistulas was assessed in dynamics within one month using standard morphological techniques with morphometry. Experimental animals were examined immediately after the catheter removal and in 1, 3, 7, 14, 21, 30 days. The lumen of fistulas was closed in 14 days in the main group after laser irradiation and in 21 days in the controls. More rapid healing in the main group is explained by the reduced component of hemorrhagic inflammation and less cell infiltration in fistula walls as well as by more intensive increase in fibroblast level and collagen fibers what had been seen since the 7th day. The researchers also observed more rapid maturation of granulation tissue in the fistula area. One month later, a significant increase of micro vascular area in specimens was found in the experimental group, indicating a better formation of vessels in the microcirculatory flow, as compared to the controls. *Keywords:* cerebrospinal fluid fistula, obliteration, laser light, experiment.

Введение

Лечение стойких ликворных свищей представляет сложную хирургическую проблему в связи с осложнениями этого заболевания в виде менингита, пневмоцефалии, внутримозговых абсцессов [7, 12]. Ликворея возникает при черепно-мозговых травмах, а также при некоторых заболеваниях врожденного, дистрофического, опухолевого и воспалительного происхождения. Современные способы закрытия ликворных свищей не всегда достаточно эффективны. Внедрение лазерных технологий в хирургию позволяет повысить эффективность оперативных вмешательств [5, 6, 9].

В последние годы были разработаны лазерные технологии для облитерации варикозно расширенных вен, кист селезенки, печени, молочной железы, желчных

протоков [1–3, 13]. Хорошие коагулирующие свойства лазерного излучения, его бактерицидность, активация пролиферации тканей после лазерного воздействия являются показаниями для применения лазера и при пластике ликворных свищей. Возможность доставки лазерного излучения посредством гибких световодов позволяет использовать его при эндоскопических вмешательствах. Однако процессы, происходящие в стенке свища при действии на нее лазерного излучения, ранее не описаны.

Целью настоящего исследования явилось изучение морфологических особенностей облитерации экспериментально созданного ликворного свища под действием высокоинтенсивного лазерного излучения (ВИЛИ).