

Александрова Н.П.¹, Островский Е.И.², Карандашов В.И.¹, Линде Е.В.¹, Зубов Б.В.³

Влияние оптического излучения синего диапазона на реологические свойства крови у больных бронхиальной астмой

¹Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения Москвы, 105120, г. Москва, Земляной Вал ул., д. 53; ²ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, 129110, Москва, ул. Щепкина, 61/2; ³ФГБУ Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Москва

В статье охарактеризованы особенности реологических свойств крови у больных бронхиальной астмой (БА). Установлены основные механизмы, обуславливающие гемореологические расстройства. Выявлена специфика доминирующих патогенных факторов, вызывающих эти расстройства при БА. Оценено влияние базисного лечения и комплексной терапии в сочетании с воздействием синего света на реологические свойства крови.

У больных с обострением персистирующей БА средней тяжести в ответ на основное заболевание происходит выраженное нарушение реологических свойств крови. Доминирующими «гемореологическими» параметрами, обуславливающим рост вязкости крови при данном заболевании, являются повышенный гематокрит и деформируемость эритроцитов. Полицитемия у больных БА является результатом активации эритропоэза как ответная реакция организма на хроническое кислородное голодание. По сравнению с результатами базисного лечения у больных БА под действием синего света значительно улучшаются кислородно-транспортная функция эритроцитов и реологические свойства крови, что приводит к улучшению трофического обеспечения и микроциркуляции в органах и тканях.

Ключевые слова: реология крови; вязкость плазмы; деформируемость эритроцитов; бронхиальная астма; фототерапия.

Aleksandrova A.P.¹, Ostrovsky E.I.², Karandashov V.I.¹, Linde E.V.¹, Zubov B.V.¹

THE INFLUENCE OF BLUE WAVELENGTH OPTICAL RADIATION ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BLOOD FROM THE PATIENTS PRESENTING WITH BRONCHIAL ASTHMA

The present article reports the results of investigations into the rheological properties of blood from the patients presenting with bronchial asthma. We have elucidated the main mechanisms underlying the hemorheological disorders including specific dominant factors responsible for the appearance of these abnormalities associated with bronchial asthma. The influence of basal treatment and combined therapy including the application of blue wavelength optical radiation on the rheological properties of blood in the patients suffering from bronchial asthma was thoroughly investigated.

Key words: blood rheological properties; plasma viscosity; erythrocyte deformability; bronchial asthma; phototherapy.

Бронхиальная астма (БА) — хроническое заболевание дыхательных путей, являющееся одной из наиболее серьезных проблем здравоохранения во всем мире. По данным ВОЗ, в мире насчитывается более 300 млн человек, страдающих БА, причем распространенность данного заболевания имеет тенденцию к росту в странах с развитой промышленностью. Растет не только заболеваемость БА, но и смертность от нее.

Для лечения БА имеется обширный арсенал медикаментозных средств. Основными среди них являются глюкокортикостероиды, β_2 -агонисты, теофиллин пролонгированного действия, ингаляционные холинолитики, кетотифен, противоаллергические

препараты, препараты для иммунотерапии, кардиотропные средства. Есть основания полагать, что благодаря их воздействию на все патогенетические звенья заболевания — бронхо- и ангиоспазм, нарушение вентиляционно-перфузионных взаимосвязей, аллергические реакции — можно было бы добиться если не выздоровления, то хотя бы стойкой ремиссии. Однако на практике нередки случаи длительного и малоэффективного лечения, особенно когда бронхоспазм возникает на фоне вторичных органических поражений легких — эмфиземы и диффузного пневмосклероза, сопровождающихся хронической дыхательной недостаточностью. В определенной мере это обусловлено незнанием или недооценкой такого важного звена патогенеза БА, как нарушение реологических свойств крови.

Для хронических обструктивных заболеваний легких характерна полицитемия за счет увеличения

Для корреспонденции: Александрова Наталья Павловна; e-mail: anatalyp@yandex.ru.

For correspondence: Aleksandrova Natalya Pavlovna; e-mail: ANatalyP@yandex.ru.

количества и размеров циркулирующих эритроцитов. Такое изменение количественного и качественного состава крови является результатом адаптации организма к хронической кислородной недостаточности и сопровождается повышением ее вязкости [1]. При высокой вязкости крови все органы и ткани функционируют в неблагоприятных условиях кислородной недостаточности и метаболических расстройств. При этом угнетается газообменная функция легких и в них возрастает сосудистое сопротивление [2, 3].

Все вышесказанное свидетельствует об актуальности изучения патогенетической роли реологических свойств крови у больных БА и диктует необходимость поиска способов их коррекции. В настоящее время ни одно из применяемых для лечения БА медикаментозных средств существенно не влияет на текучесть крови.

В то же время в последние годы в медицинской практике все более широко применяются методы светового воздействия на кровь в сочетании с лекарственной терапией. При этом установлено, что из всех методов фототерапии наиболее эффективным является воздействие синего света на кровь пациента [4].

В связи с этим целью настоящего исследования было изучение влияния оптического излучения синего диапазона на реологические свойства крови у больных БА.

Материал и методы

Комплексное клиничко-лабораторное обследование было проведено в 1 терапевтическом отделении ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского у 86 больных с обострением персистирующей БА средней степени тяжести.

У всех больных при поступлении в стационар наблюдался респираторный синдром различной степени выраженности, который характеризовался появлением или учащением приступов удушья, в том числе в ночное время, количество которых росло с по мере повышения степени тяжести БА. Диагноз БА был подтвержден клинически и функционально (с помощью спирометрии и теста на обратимость бронхообструкции с помощью β_2 -агониста короткого действия). Средний возраст появления симптомов астмы составил $34,4 \pm 2,2$ года, длительность заболевания составила в среднем $14,9 \pm 2,4$ года. Все больные имели признаки тяжелого недостаточно контролируемого течения заболевания. У подавляющего большинства пациентов частота обострений составляла 3—4 раза в год. Все больные обращались за неотложной помощью с последующей госпитализацией (только 6% больных не были госпитализированы в течение последнего года). У них наблюдались проявления атопии и других аллергических заболеваний.

Для проведения настоящего исследования все больные были разделены на 2 группы: в 1-ю группу вошло 42 больных (54% женщин и 46% мужчин), получавших общепринятую базисную терапию, во 2-ю — 44 больных (60% женщин и 40% мужчин), которым проводилось базисное лечение в сочетании с фототерапией.

Для фототерапии применяли аппарат для внутривенного облучения крови светодиодный (АВОКС) Соларис (регистрационное удостоверение ФСР № 2010/08725 от 30.08.2010) с длиной волны 450 нм. Облучение проводили с помощью световодной насадки КИВЛ-01, которую вводили в локтевую вену пациента. Мощность на конце световода составляла 1—1,5 мВт. Воздействие синим светом продолжалось 40 мин, проводилось через день и в целом состояло из 3—5 процедур.

В исследовании использовали комплекс общепринятых методов оценки реологических свойств крови: вискозиметрию выполняли на вискозиметре Lowshear (Швейцария), агрегацию эритроцитов — на нефелометре-калориметре ФЭК-56М, гематокрит измеряли на гематокритной центрифуге фирмы «Аутокрит» (США), деформируемость эритроцитов определяли с помощью фильтрационной установки фирмы «Sartorius».

Кроме того, у больных определяли белковый состав крови на приставке для сканирования хроматограмм к многощелевому спектрофотометру МПС-50л фирмы «Shimadzu» (Япония). Концентрацию иммуноглобулинов (Ig) в плазме определяли методом радиальной иммунодиффузии в геле.

Результаты и обсуждение

Многие заболевания сопровождаются развитием гемореологических расстройств в виде повышения вязкости крови, нарушения текучести ее форменных элементов и последующего изменения кровотока в системе микро- и макрогемодинамики [5]. В значительной мере это относится к больным, страдающим БА. В связи с этим нами было обследовано 86 больных с обострением персистирующей БА средней тяжести до начала лечения и после него. Как свидетельствуют полученные нами результаты, у всех больных БА были обнаружены выраженные нарушения реологических свойств крови (табл. 1).

Из этой таблицы видно, что структурная вязкость крови и плазмы у больных БА, измеренная до начала лечения при малой и высокой скорости сдвига, превышает нормальные значения в 2,6 и 1,5 раза соответственно. Агрегация эритроцитов увеличена в 1,6 раза, гематокрит — на 14%, деформируемость эритроцитов снижена на 22%.

Исследование белкового состава плазмы у больных БА показало, что при нормальном значении общего белка в плазме концентрация высокомолекулярных фракций возросла на 69%, при этом концентрация фибриногена превышала норму на 78%, макроглобулина — на 85% (табл. 2). Достоверных сдвигов концентрации Ig в сыворотке крови у обследованных больных обнаружено не было. Высокое содержание в плазме фибриногена и макроглобулина является причиной образования в крови эритроцитарных агрегатов 2- и 3-мерных структур, в результате чего возрастают ее вязкоупругие свойства.

Таким образом, вследствие выраженной диспротеинемии и увеличения в плазме содержания высокомолекулярных белков при БА происходит повышение агрегационной активности форменных элемен-

Таблица 1

Динамика изменения реологических параметров крови у больных бронхиальной астмой до и после лечения

Показатель	Норма (n = 34)	Гемореологические параметры у больных БА до лечения (n = 86)	Гемореологические параметры у больных БА после медикаментозного лечения (n = 42)	Гемореологические параметры у больных БА после проведения квантовой гемотерапии (n = 44)
Структурная вязкость крови $\gamma = 1\text{с}^{-1}$, сП	18,9 ± 0,94	48,39 ± 3,1	48,39 ± 3,1 > 0,05	36,04 ± 3,21 < 0,05
Динамическая вязкость крови $\gamma = 128\text{с}^{-1}$, сП	3,59 ± 0,06	5,41 ± 0,11	5,39 ± 0,12 > 0,05	4,42 ± 0,13 < 0,01
Вязкость плазмы $\gamma = 128\text{с}^{-1}$, сП	1,18 ± 0,04	1,63 ± 0,14	1,57 ± 0,11 > 0,05	1,24 ± 0,15 < 0,05
Гематокрит, л/л	0,44 ± 0,01	0,51 ± 0,03	0,50 ± 0,06 > 0,05	0,48 ± 0,01 > 0,05
Агрегация эритроцитов, %	34,9 ± 1,5	55,7 ± 4,1	53,1 ± 5,1 > 0,05	43,04 ± 3,26 < 0,05
Фильтруемость эритроцитов, мл/мин, деформируемость	5,7 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,3 ± 0,3 > 0,05	5,0 ± 0,2 < 0,05

Примечание. *p* — достоверность показателей в группах больных после медикаментозного лечения и медикаментозного лечения в сочетании с квантовой гемотерапией.

тов крови, снижение ее структурной стабильности и текучести.

Возрастание вязкостных характеристик крови, являющихся функцией нескольких переменных величин, которые представляют собой целый комплекс гемореологических параметров, свидетельствует о неспецифичности ответной реакции организма на заболевание [6, 7]. Анализ степени участия каждого отдельного гемореологического показателя в повышении вязкости крови при БА показал, что доминирующими гемореологическими параметрами, обуславливающими рост вязкости крови при данном заболевании, являются повышенный гематокрит и деформируемость эритроцитов. Полицитемия у больных БА — это результат активации эритропоэза как ответная реакция организма на хроническое кислородное голодание.

В результате проведенных исследований было установлено, что у больных с обострением персистирующей БА средней тяжести в ответ на основное заболевание происходит выраженное нарушение реологических свойств крови. Повышение вязкости крови вызывает снижение скорости кровотока в системе микроциркуляции, приводит к дефициту кислорода и накоплению токсичных метаболитов в тканях, в том числе в легких, что усугубляет основное заболевание [8, 9].

Больные БА 1-й группы получали общепринятую базисную терапию, включающую применение ингаляционного глюкокортикоида беклометазона дипропионата, β_2 -агониста пролонгированного действия салметерола и при необходимости β_2 -агониста короткого действия сальбутамола.

Больным БА 2-й группы проводили такую же терапию, но в сочетании с внутривенным облучением крови синим светом.

Синий свет достаточно давно применяется в лечебной практике. Он обладает уникальными свой-

ствами, к которым относится антибактериальное, противовоспалительное и анальгетическое действие. Синий свет обуславливает многие регуляторные и адаптивные функции организма, будучи включенным в жесткую генетическую программу обеспечения его жизнедеятельности. Универсальность биологического действия синего света в целом и метода внутрисосудистого воздействия в частности объясняется его влиянием на субклеточный и клеточный уровень регулирования и поддержания гомеостаза. Улучшение под действием синего света кислородно-транспортной функции эритроцитов и реологических свойств крови соответственно приводит к улучшению трофического обеспечения и микроциркуляции практически во всех органах и тканях [10].

Анализ гемореологических параметров, полученных в результате медикаментозного лечения больных БА 1-й группы, продемонстрировал отсутствие статистически достоверных изменений в показателях вязкости крови и плазмы, агрегации и деформируе-

Таблица 2

Показатели концентрации иммуноглобулинов и белков плазмы у больных бронхиальной астмой до лечения

Показатель, г/л	Норма (n = 34)	Больные (n = 84)	<i>p</i>
Общий белок	70,22 ± 0,16	80,18 ± 0,32	> 0,05
Фибриноген	2,43 ± 0,24	4,33 ± 0,31	< 0,05
Макроглобулин	1,57 ± 0,18	2,92 ± 0,31	< 0,05
IgA	0,4—3,5	1,93 ± 0,4	> 0,05
IgM	0,7—2,5	1,96 ± 0,3	> 0,05
IgG	8,0—18	11,54 ± 0,8	> 0,05

Примечание. *p* — достоверность показателей в группах больных при поступлении в стационар по сравнению с нормой.

мости эритроцитов, а также в значении гематокрита после 2-недельной базисной терапии по сравнению с показателями при поступлении (см. табл. 1).

Иная картина наблюдается в группе больных, получавших базисную терапию в сочетании с воздействием синего света на кровь (см. табл. 1). Так, структурная вязкость крови при малой скорости сдвига у больных снизилась по сравнению с исходным значением на 26%, при высокой скорости сдвига — на 18%, вязкость плазмы — на 24%, агрегация эритроцитов — на 19%, фильтруемость эритроцитов, отражающая их деформационные свойства, увеличилась в 1,2 раза, показатель гематокрита не изменился.

Как свидетельствуют полученные результаты, базисная терапия не повлияла на реологические параметры крови у больных БА 1-й группы. В то же время сочетание базисной терапии с воздействием синего света на кровь у больных 2-й группы привело к статистически достоверным положительным изменениям реологических свойств крови уже на 14-е сутки пребывания в стационаре.

Следует отметить, что даже под воздействием синего света гемореологические показатели у больных БА не достигли физиологической нормы. Данное обстоятельство объясняется спецификой патологического процесса, лежащего в основе гемореологических нарушений при БА. Многофакторность этиологии и патогенеза БА, инертный хронический характер с периодами сильнейших обострений, наличие у больных сопутствующих заболеваний значительно затрудняют терапию БА.

Клинический результат фотогемотерапии синим светом расценивается нами как положительный. Это подтверждается тем, что благодаря комплексной терапии, включавшей, помимо базисного медикаментозного лечения, воздействие на кровь синего света, у больных с обострением БА улучшение реологических свойств крови происходило на фоне быстрой выраженной положительной динамики клинических симптомов заболевания. Уменьшалась выраженность и частота проявлений симптомов БА, которая достигала минимальных значений на 7—10-й день пребывания в стационаре, повышалась чувствительность к глюкокортикоидам, улучшалась дренажная функция легких. При этом симптомы БА исчезали достоверно быстрее у больных, которым проводилось медикаментозное лечение в сочетании с воздействием синего света. К концу 2-й недели у них прекратились ночные приступы астмы. Ремиссия у больных 2-й группы, подвергшихся воздействию синего света, была более продолжительной по сравнению с больными 1-й группы, получавшими только базисную медикаментозную терапию. Она длилась 6 мес у 18 больных и более 1 года у 11 больных.

Можно заключить, что положительные результаты, полученные нами в данном исследовании, могут быть расценены как следствие оптического излучения синего диапазона на основные звенья патогенеза БА, в частности на реологические свойства крови.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филатова Е.А., Войцеховский В.В., Гриненко А.А. Особенности эндобронхиальной микрогемодинамики у больных истинной полицитемией. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2013; 47: 55—8.
2. Муравьев А.В., Ройтман Е.В., Тихомирова И.А. и др. Деформируемость эритроцитов: основные механизмы срочной адаптации. *Тромбоз, гемостаз и реология*. 2013; 3: 4—17.
3. Левичева Е.Н., Каменская О.В., Логинова И.Ю. Резервные возможности микроциркуляторного кровотока периферических тканей при циркуляторной гипоксии. *Региональное кровообращение и микроциркуляция*. 2012; 11(3): 34—8.
4. Батраков А.В., Кирьянова В.В., Васильев В.В., Шабашова Н.В. Влияние синего света (470 нм) на клетки врожденного (нейтрофилы) и адаптивного (Е- и В-лимфоциты) иммунитета больных фурункулами лица. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2011; 3: 28-31.
5. Фирсов Н.Н., Климова Н.В., Коротаева Т.В. и др. Степень зависимости периферического кровотока от изменений микрореологических свойств крови. *Региональное кровообращение и микроциркуляция*. 2010; 9(4): 58—62.
6. Соколова А.И., Кошелев В.Б. Синдром повышенной вязкости крови. *Технологии живых систем*. 2011; 8(6): 78—81.
7. Бобровницкий И.П., Лебедева О.Д., Яковлев М.Н. Оценка функциональных резервов организма и выявление групп риска распространенных заболеваний. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2011; 6: 40—3.
8. Шарাপова Н.В. Вязкость крови, время релаксации и напряжения крови у пациентов с внебольничной пневмонией различной степени тяжести. *Мир науки, образования*. 2012; 1: 252—4.
9. Кузник Б.Н. *Клеточные и молекулярные механизмы регуляции системы гемостаза в норме и патологии*. Чита; 2010.
10. Карандашов В.И. Особенности оптического излучения в синем диапазоне спектра и перспективы использования его в практической медицине. *Лазерная медицина*. 2013; 2: 49—55.

Поступила 09.04.14

REFERENCES

1. Filatova E., Woytsekhowski V.V., Grinenko A.A. Features of endobronchial microcirculation in patients with true polycythemia. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*. 2013; 47: 55-8 (in Russian).
2. Murav'ev A.V., Roitman E.V., Tikhomirov I.A. et al. The deformability of red blood cells: the basic mechanisms of urgent adaptation. *Tromboz, gemostaz i reologiya*. 2013; 3: 4-17 (in Russian).
3. Levicheva E.N., Kamenskaya O.V., Loginova I.Yu. Reserve opportunities of microcirculatory blood flow in peripheral tissues circulatory hypoxia. *Regional'noe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya*. 2012; 11 (3): 34-8 (in Russian).
4. Batrakov A.V., Kir'yanova V.V., Vasiliev V.V., Shabashova N.V. Influence of blue light (470 nm) on congenital cells (neutrophils) and adaptive (E- and B-lymphocytes) boils immunity in patients face. *Physiotherapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2011; 3: 28-31 (in Russian).
5. Firsov N.N., Klimova N.V., Korotaeva T.V. et al. The degree of dependence peripheral blood flow changes from microrheological properties of blood. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya*. 2010; 9(4): 58-62 (in Russian).
6. Sokolova A.I., Koshelev V.B. Hyperviscosity syndrome. *Technologiya zhivyykh sistem*. 2011; 8 (6): 78-81. (in Russian).
7. Bobrovnikskii I.P., Lebedeva O.D., Yakovlev M.N. Evaluation of functional reserves and identify of common risk groups diseases. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*. 2011; 6: 40-3 (in Russian).
8. Sharapova N.V. Blood viscosity, relaxation time and stress blood patients with community-acquired pneumonia of varying severity. *Mir nauki i obrazovaniya*. 2012; 1 (32) : 252-4 (in Russian).
9. Kuznik B.N. *Cellular and molecular mechanisms regulating system hemostasis in health and disease*. Chita, 2010 [*Kletochnye i molekulyarnye mehanizmy reguljatsii sistemy gemostaza v norme i patologii*]. Chita. 2010 (in Russian).
10. Karandashov V.I. Features of optical radiation in the blue range of perspectives and its use in practical medicine. *Lazernaya meditsina*. 2013 (in Russian).

Received 09.04.14