

УДК [616.831:616.155.1]:612.014.426

ИЗМЕНЕНИЯ КАТЕХОЛАМИНОВ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРОВИ ЛЮДЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

© 2013 г. Ю. Я. Варакин, В. Г. Ионова, *Е. А. Сазанова,
** Н. П. Сергеенко

Научный центр неврологии Российской академии медицинских наук,

*Больница Российской академии наук, г/о Троицк г. Москва

** Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук, г/о Троицк г. Москва

Для экологии человека исследования по гелиобиологии весьма актуальны, поскольку с солнечной активностью, по мнению многих специалистов, связаны колебания уровня заболеваемости, смертности и функциональное состояние нервной системы у людей. Гелиогеофизические факторы, с одной стороны, обуславливают нормальные процессы жизнедеятельности (фотосинтез, биологические ритмы и др.), а с другой – могут быть и причиной нежелательных явлений в биосфере.

В периоды бурь и суббурь солнечного и магнитосферного происхождения снижается профессиональная надежность функционирования лиц, лабильных к влиянию гелиогеофизических возмущений, которая особенно проявляется в ситуациях экстремального риска. Проблемы адаптации человека в условиях гелиогеофизических возмущений актуальны как на Земле, так и в космосе.

В последние десятилетия по данным отечественных и зарубежных медицинских учреждений накоплено много фактов, указывающих на влияние флуктуаций физических полей в околоземном пространстве на организмы людей, в результате которых происходит «сбой» в функционировании различных физиологических систем [1, 8, 10, 11, 13].

В настоящей работе рассматривается временная корреляция между гелиогеофизическими индексами и показателями крови, которые отражают состояние гуморальных и гемореологических регуляторных механизмов, обеспечивающих оптимизацию гемодинамики в целом организме, на всех уровнях системы кровообращения от магистральных артерий до микроциркуляторного русла и, что особенно важно, в цереброваскулярной системе человека.

Методы

В качестве клинических показателей, отражающих субъективное самочувствие пациентов в периоды развития гелиогеофизических процессов, рассматривались материалы банка данных по числу госпитализаций людей с поражением сосудов головного мозга за 1979–1980 и 1983–1984 годы Службы скорой помощи г. Москвы. Эти данные в целом рассматриваются как интегральные. Для изучения причин ухудшения самочувствия пациентов исследовались катехоламины плазмы: норадреналин (НА), адреналин (А), дофамин (ДА) как у лиц, относящихся к клинической норме ($n = 73$), так и у больных с артериальной гипертензией (АГ) и начальными признаками хронической цереброваскулярной патологии (НПХЦВП) ($n = 93$), обследовавшихся в Научном центре неврологии РАМН (Москва). Исследование катехоламинов проводилось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с электрохимической детекцией [15].

Анализируются корреляционные свойства вариаций числа госпитализированных людей с поражениями сосудов головного мозга и характеристиками гелиогеофизической активности. Проверяется гипотеза, что одной из внутренних причин наблюдаемых биотропных эффектов является повышение уровня катехоламинов и изменений агрегационных свойств эритроцитов крови. Обнаруженные эффекты являются статистически значимыми и указывают на наличие прямых воздействий физических процессов во время возмущений на клетки крови.

Обсуждаются физические процессы, влияющие на цереброваскулярные сдвиги у людей. Предполагается, что в начальный период бури одним из физических механизмов внешнего воздействия может быть стохастический резонанс. Также обсуждается возможность прямого воздействия геомагнитных вариаций во время бурь на мозг и реологические свойства крови, связанные с воздействием электромагнитного поля на динамику процесса агрегации – дезагрегации эритроцитов в потоке крови как в опытах *in vitro*, так и *in vivo*.

Ключевые слова: гелиогеофизические возмущения, электромагнитные резонансы, организм человека, катехоламины, реологические свойства эритроцитов

Характер изменений эритроцитарной составляющей реологических характеристик крови анализировался у здоровых людей и пациентов с АГ и НПХЦВП по данным, полученным в рамках проводимого скрининга населения г. Москвы. У 261 мужчины в возрасте 40–64 лет исследовали состояние агрегационных и деформационных свойств эритроцитов в спокойные дни и в периоды гелиогеофизических возмущений. Среди них была группа здоровых ($n = 115$) и группа лиц с АГ и НПХЦВП ($n = 146$). У всех наблюдаемых лиц определяли способность эритроцитов к агрегации. Агрегация эритроцитов определялась фотометрически по методу [12] при индуцировании процесса агрегации 10 % раствором гамма-глобулина.

Для оценки гелиогеофизической активности использовали временные ряды потока солнечного радиоизлучения на длине волны 10,7 см (R -индекс); интенсивности ионосферных возмущений ($\delta foF2$) и геомагнитной активности (K -индекс) по данным ионосферно-магнитного мониторинга ИЗМИРАН. Указанные индексы отражают развитие гелиогеофизических процессов во время бури [2].

При математической обработке был использован критерий Стьюдента, статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$. Результаты суммированы и проанализированы в зависимости от гелиогеофизических условий.

Результаты

Данные Московской скорой помощи использованы для кросскорреляционного анализа гелиогеофизических и медицинских выборок данных. Такой анализ дает возможность определить не только степень связи одного потока событий с другим, но и временную задержку начала одного процесса относительно другого. При этом все регулярные ритмы (~3,5; 7; 14; 27 дней) из временных вариаций как гелиогеофизических, так и медицинских данных были исключены. Всего было рассмотрено 23 возмущения. На рис. 1 приведен типичный пример временной зависимости коэффициента корреляции между рядами суточных чисел госпитализаций пациентов с цереброваскулярной патологией и индексами $R(t)$, $\delta foF2(t)$ и $K(t)$ для трех следующих друг за другом возмущений 15, 18 и 23 октября 1984 года соответственно малой, большой и умеренной интенсивности. Пунктиром показан уровень значимости коэффициентов корреляции. По оси абсцисс «0» соответствует дню начала магнитной бури. Как видно из рисунка, значимая корреляция увеличения числа госпитализаций этой категории больных и R - и $\delta foF2$ -индексов отмечается практически без временной задержки. Корреляция с K -индексом наблюдается с задержкой в ~2 суток, то есть с началом усиления геомагнитной активности в Москве. Анализ большого массива данных показал, что нет прямой зависимости между ухудшением здоровья и интенсивностью геомагнитной бури. Этот вывод,

по-видимому, позволяет объяснить, почему ряд авторов (см., например, обзоры [1, 11, 13]) отмечают биотропный эффект возмущений за 2–3 дня до начала магнитной бури. Люди с цереброваскулярными нарушениями начинают реагировать на усиления солнечной активности практически одновременно с ионосферными возмущениями, которые могут происходить как на спокойном геомагнитном фоне, так и во время геомагнитных бурь. Часто ионосферные возмущения начинаются раньше геомагнитных [9].

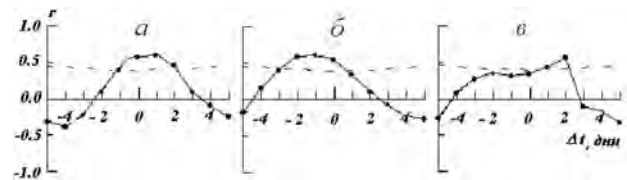


Рис. 1. Коэффициенты корреляции между временными рядами числа госпитализаций за сутки и (а) потока солнечного радиоизлучения на длине волны 10,7 см (R -индекс); (б) интенсивности ионосферных возмущений ($\delta foF2$); (в) геомагнитной активности (K -индекс) для возмущенных условий

Для проверки этого вывода также был проанализирован 101 случай повышенного числа обращений в скорую помощь во время возмущений. Факты увеличения числа вызовов скорой помощи людьми с сосудистыми нарушениями были сопоставлены с моментами вспышек и началом магнитных и ионосферных возмущений. Из 101 случая 29 не удалось отождествить с гелиогеофизическими событиями. Остальные распределились, как показано на рис. 2. Видно, что ~50 % случаев увеличения числа вызовов однозначно соответствуют по времени либо солнечной вспышке, либо началу магнитной или ионосферной бури; причём наибольшее число повышенного количества обращений соответствует началу ионосферного возмущения.

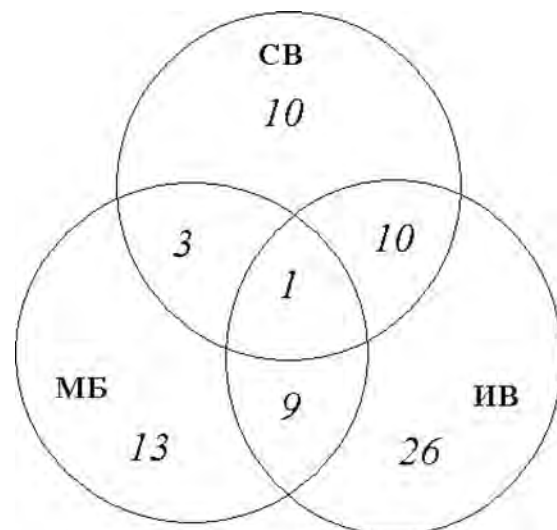


Рис. 2. Число увеличений обращений в скорую медицинскую помощь, связанных с солнечными вспышками (СВ), магнитными бурями (МБ), ионосферными бурями (ИВ)

Проведённый анализ показывает, что существует связь с ионосферными возмущениями в области F2 в большей мере, чем с геомагнитными бурями, общих медицинских показателей, каковыми являются числа вызовов в скорую помощь.

Для выяснения ответа на вопрос о внутренней причине наблюдаемых функциональных сдвигов обратимся к анализу показателей катехоламинов (КА) крови в различные периоды гелиогеофизических возмущений. Как известно, гормоны стресса — катехоламины прямо или опосредованно влияют на активность липаз, фосфолипаз, интенсивность перекисного окисления липидов, активацию свертывающей системы и усиление агрегации как эритроцитов, так и тромбоцитов, а также усиливают спазм сосудов микроциркуляторного русла. Анализ показателей КА в крови выявил, что (рис. 3) у здоровых людей уровень НА статистически значимо повышается уже за 2 дня до магнитной бури в 1,7 раза ($p = 0,012$) и остаётся повышенным во время бури ($p = 0,053$). В этот период наблюдается высокая внутрирядовая вариабельность данного показателя (среднеквадратичное отклонение — 67,9). На фазе восстановления бури (через 2 дня после её главной фазы) НА снова повышен ($637,9 \pm 178,3$ пг/мл ($p = 0,05$)). Аналогично ведёт себя и уровень адреналина. Содержание А в крови в 1,4 раза возрастает за 2 дня до бури ($p = 0,03$) и сохраняется умеренно повышенным во время бури ($149,8 \pm 30,4$ пг/мл, ($p = 0,01$)). В отличие от НА и А за два дня до бури концентрация ДА в крови здоровых людей резко в 2,5 раза снижается. Важно отметить выраженную индивидуальную вариабельность данного показателя во все периоды наблюдений. Поэтому можно отметить лишь тенденцию к снижению ДА за 2 дня до бури и в момент бури, а также к возрастанию ДА после бури.

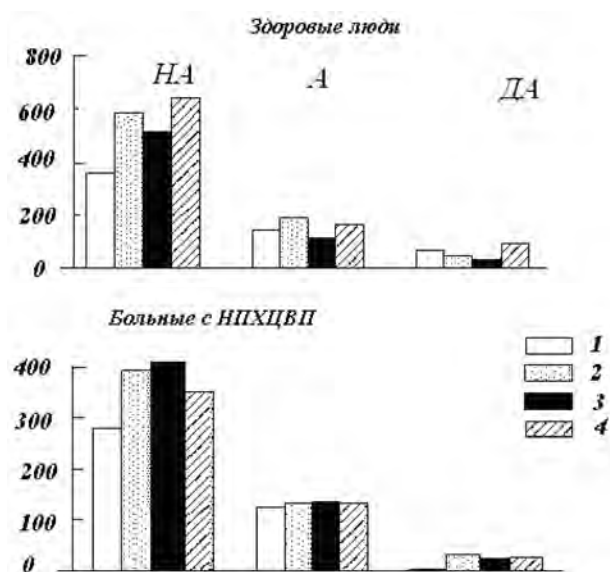


Рис. 3. Динамика изменений уровней катехоламинов плазмы крови в различные периоды гелиогеофизических возмущений. 1 — спокойные условия, 2 — за 2 дня до бури, 3 — во время бури, 4 — через 2 дня после бури

Как видно из рис. 3, у пациентов с АГ и НПХЦВП наибольшие повышения НА происходят в момент бури и за 2 дня до нее, когда концентрации возрастают в 1,5 раза до ($410,4 \pm 102,1$) пг/мл ($p = 0,02$) и ($389,9 \pm 88,8$) пг/мл ($p = 0,02$). Менее отчетлив рост НА через 2 дня после бури в 1,3 раза. Концентрации А тоже значимо увеличивались за 2 дня до бури и в момент бури: с ($114,6 \pm 11,8$) до ($141,3 \pm 17,6$) пг/мл, то есть на 23 % ($p = 0,02$), и ($147,5 \pm 25,8$) пг/мл, то есть на 28 % ($p = 0,02$) соответственно. Причем исходно, проявляя тенденцию к снижению в спокойные дни, величины А в момент бури практически не отличались от значений здоровых лиц. Содержание ДА в спокойные дни составляло лишь ($2,7 \pm 5,2$) пг/мл. За 2 дня до бури его среднестатистический показатель возрастает в 12 раз при наличии высокой внутрирядовой вариабельности показателей. А в момент бури средний показатель концентрации ДА в крови у больных с НПЦВП составил ($23,5 \pm 19,1$) пг/мл ($p = 0,04$), значимо превышая его исходный очень низкий уровень спокойного периода. Важно отметить, что указанная повышенная величина ДА у пациентов с АГ и НПХЦВП была в 1,8 раза ниже показателя ДА у здоровых лиц в спокойный период, хотя в момент бури она, наоборот, в 1,4 раза превышала величины здоровых лиц.

Таким образом, как у здоровых лиц, так и у пациентов с цереброваскулярными нарушениями в периоды гелиогеофизических возмущений имеется статистически значимый рост уровней НА и А плазмы крови, причем этот рост значим уже за 2 дня до магнитной бури. Как известно, выделение КА в кровоток способствует поддержанию адекватного гомеостаза, в том числе посредством воздействия на реологические и свертывающие свойства крови. В то же время они активируют процесс образования тромбоцитарных агрегатов, влияют на деформационные свойства эритроцитов и соответственно на кислородообмен эритроцитов в капиллярах. Установлена прямая связь между деформационными свойствами эритроцитов и уровнем НА крови. Таким образом, по-видимому, регулярное воздействие бурь на организм в целом, сопровождаемое катехоламиновым выбросом, может стать одним из факторов риска развития недостаточности кровообращения в сосудистой системе головы у данной категории больных.

Нами проведен анализ динамики изменений показателей агрегационной активности эритроцитов (АЭ) у здоровых мужчин и пациентов с АГ и НПХЦВП (рис. 4), который выявил в дни гелиогеофизических возмущений существенные отличия изменений изучаемого показателя в сравниваемых группах лиц. В спокойные дни показатель АЭ в обеих группах не выходил за границы нормальных колебаний, составляя ($12,4 \pm 2,4$ %), тогда как за 2 дня до магнитной бури, в момент бури и после нее происходил его рост. У здоровых людей максимальное (в 1,6 раза) увели-

чение АЭ наблюдалось в момент начала магнитной бури. Следует отметить, что в этих случаях значительное превышение верхнего параметра нормы показателя АЭ сопровождается двукратным увеличением среднеквадратичного отклонения (19,1 по сравнению с 8,1), которое указывает на существенное повышение внутрирядовой индивидуальной вариабельности функциональной активности красных клеток крови у здоровых людей в условиях гелиогеофизических возмущений.

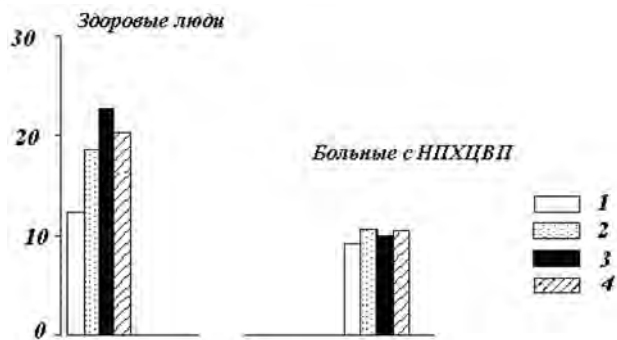


Рис. 4. Динамика изменений значений агрегации эритроцитов в различные периоды гелиогеофизических возмущений. Обозначения те же, что и на рис. 3

Несколько иная картина состояния агрегационной активности эритроцитов обнаружена у больных с АГ и НПХЦВП. Оказалось, что у данной категории пациентов средние показатели АЭ в спокойные дни ниже контрольных значений ($7,8 \pm 1,6$), то же отмечено и в момент бури. Заслуживает внимания, что у них в периоды до, во время и после бури имеет место лишь тенденция к повышению АЭ.

Отметим также, что у здоровых лиц показатели, характеризующие деформируемость эритроцитов (ДЭ), существенно не изменялись при различных состояниях гелиогеофизической обстановки. Их значения составили соответственно фильтрация эритроцитов (ФЭ) — ($97,0 \pm 0,2$), время фильтрации (ВФ) — ($79,0 \pm 1,0$) сек. У пациентов с НПХЦВП в спокойные дни средние значения показателей ДЭ не отличались от нормы, хотя и имели тенденцию к снижению доли ФЭ и удлинению ВФ. Они соответственно составили ($95,0 \pm 1,2$) % и ($88,3 \pm 4,2$) сек. В период гелиогеофизических пароксизмов у больных с НПХЦВП деформационные свойства эритроцитов ухудшаются. Так, ФЭ в момент бури снизилась до ($90,8 \pm 3,4$) % ($p = 0,02$), а ВФ возросло до ($97,2 \pm 5,5$) сек ($p = 0,01$).

Таким образом, среди здоровых людей и больных АГ и НПХЦВП в условиях гелиогеофизических возмущений наблюдается рост числа случаев с повышенной АЭ, хотя и с разной амплитудой, отражающей степень активности клеток. Наблюдаемое у большинства больных ухудшение деформационных свойств эритроцитов, по-видимому, играет ключевую роль в развитии нарушений реологических свойств крови на разных уровнях структурно-функциональной системы

сосудов мозга, включаясь как в механизмы адаптации, так и в деструктивные процессы, способствующие развитию ангиопатии головного мозга.

Следует отметить факт, что практически здоровый и больной организмы по-разному реагируют на внешние стресс-факторы, в данном случае гелиогеофизические возмущения. Во время возмущений выявляются более значительные реакции со стороны здорового организма. Для его нормального функционирования в этих условиях более значимо активизируются резервные механизмы адаптации к новым условиям. Тогда как у пациентов с АГ и НПХЦВП резервные адаптационные возможности, по-видимому, снижены. В связи с этим состояние больного организма во время бурь характеризуется угнетением клеточного и гуморального звеньев иммунитета, снижением уровня эндогенных антиоксидантов (увеличением атерогенных фракций в крови).

Обсуждение результатов

Из данных проведенного выше анализа видно, что изменения концентраций нейротрансмиттеров и агрегации эритроцитов в крови, связанные с усилением гелиогеофизической активности, в большинстве случаев происходят уже до начала воздействия собственно магнитной бури. Это позволяет предположить, что на начальных стадиях возмущений на организм человека действуют не изменения амплитуды геомагнитного поля, а другие физические факторы. Данные рис. 1 и 2 показывают, что внешним влияющим физическим фактором должен быть агент, связанный с вариациями верхней ионосферы во время бурь. Предполагается, что это ионосферные резонаторы, шумановский и альфвеновский, причём именно добротность альфвеновского резонатора связана с возмущённым состоянием ионосферы.

Как известно, внешние электромагнитные колебания могут синхронизировать или десинхронизировать ритмы гуморальных систем организма. Из всего спектра электромагнитного поля, наблюдаемого на поверхности Земли, биологически действующий фактор находится в той частотной полосе, где уровень напряженности поля наибольший, а перепады напряженности от спокойных условий к возмущённым достаточно велики. Таким условиям удовлетворяет диапазон сверхнизких частот, в котором располагается низкочастотное «окно прозрачности» ионосферы. Электромагнитные волны с такими частотами свободно доходят до Земли, причём их интенсивность возрастает во время бурь в десятки раз [2, 14].

В низкочастотном диапазоне, кроме микропульсаций, генерируемых процессами в магнитосфере Земли, и шумановских резонансов, в волноводе Земля — ионосфера также образуется резонатор для альфвеновских волн. Альфвеновская ионосферная резонансная структура спектра является фундамен-

тальной характеристикой электромагнитного поля в полости Земля — ионосфера. Существование этого резонатора обусловлено немонотонным профилем показателя преломления в области максимума ионосферы. Резонансная структура спектра атмосферного шумового фона является, наряду с шумановской резонансной структурой, регулярно наблюдаемой особенностью фонового электромагнитного шума в диапазоне частот 0,1–10 Гц. В работах [5, 6] показано, что параметры резонансной структуры в значительной мере контролируются структурой ионосферы в точке наблюдения.

Таким образом, можно проследить следующую цепочку событий: вариации электронной концентрации в максимуме ионосферы во время возмущений приводят к флуктуациям частот и периодов ионосферного альфвеновского резонатора, которые в свою очередь могут влиять на ритмы составляющих организма. В таблице приведены оценённые в [16] биоэффективные резонансные частоты головного мозга человека и близкие к ним частоты шумановского усиления электромагнитного шума и альфвеновского ионосферного резонатора.

Резонансные частоты головного мозга человека и частоты шумановского усиления электромагнитного шума и альфвеновского ионосферного резонатора
(n — номер гармоник)

Значения биоэффективных частот, Гц	Резонансные частоты ионосферного электромагнитного шума, Гц
5,0–7,6 (n = 1)	$7,8 \pm 1,5$ (шумановский, n = 1)
2,5–3,8 (n = 2)	$3,50 \pm 1,25$ (альфвеновский, n = 2)
1,3–1,7 (n = 3)	$1,75 \pm 1,25$ (альфвеновский, n = 1)

При развитии резонансных явлений возникает стрессовая реакция, ведущая к появлению в крови «гормонов стресса» — катехоламинов и глюкокортикоидов. Эти гормоны прямо или опосредованно влияют на активацию факторов системы свертывания крови, прежде всего агрегационную активность клеточных элементов крови, а также обуславливают развитие спазма в сосудах микроциркуляторного русла, вплоть до полного выключения кровотока в капиллярах, превышая допустимый временной параметр, что может приводить к развитию очагов ишемии в мозговой ткани.

В литературе также обсуждаются и прямые воздействия вариаций амплитуд геомагнитного поля во время магнитных бурь как на ткань мозга, так и на систему крови в периоды гелиогеофизических возмущений. Отметим некоторые из них. В работе [7] установлено, что внутри живых организмов могут присутствовать нанокристаллы ферритмагнитных минералов, в частности Fe_3O_4 . Установлено, что они имеют биогенное происхождение, то есть постепенно образуются в результате кристаллизации непосредственно в клеточной среде. Биогенный магнетит обнаружен в мозге и других органах человека. Наличие магнетита в живых организмах является

одной из возможных причин их чувствительности к слабым магнитным полям и вариациям геомагнитного поля.

Кровь, благодаря эритроцитам, также можно рассматривать как магнитонасыщенную среду. Гемоглобин эритроцитов включает атомы железа, обладающие ненулевым магнитным моментом. Поэтому среда, содержащая такие частицы, способна проявлять свойства, присущие магнетикам. Неоднородное магнитное поле влияет на распределение ионов и перенос их через эритроцитарную мембрану человека, что приводит к изменению электрического потенциала эритроцитов, в результате чего могут происходить изменения структур клеточных мембран. В клетках, у которых мембраны были под действием электромагнитного поля, происходило уменьшение электрической подвижности, что способствовало активации их агрегационных свойств, росту проницаемости мембран и изменению переноса электрогенных ионов натрия и калия. Спонтанное намагничивание массива частиц может привести к возникновению в нем групп с упорядоченной упаковкой частиц благодаря параллельной ориентации их магнитных моментов [3, 4]. Перемещаясь в сосудистом русле, такая группа представляет собой солитоноподобный объект. Образованию таких объектов в потоке крови способствует, очевидно, и явление обратимой агрегации эритроцитов. Так как по мере движения объекта вследствие изменения, например, просвета сосудистого русла магнитный поток его неизбежно изменяется, то в соответствии с законом электромагнитной индукции будут возникать электрические токи, стремящиеся компенсировать изменения магнитного потока. Поскольку плазма крови содержит большое количество ионов, она электропроводна. Электрические токи, индуцируемые движущимися объектами, в состоянии вызвать усиление циркуляции плазмы вокруг них, а следовательно, и вокруг каждого эритроцита.

Вполне возможно, что причиной физиологических сдвигов во время возмущений может быть не один, а комбинация нескольких физико-химических механизмов. Отметим лишь, что уровень толкования природы связи медикобиологических эффектов с процессами в околоземном космическом пространстве к настоящему времени ещё не миновал стадии поиска фундаментальной основополагающей идеи.

Заключение

Представленные в работе изменения у здоровых и больных сосудистыми заболеваниями людей во время возмущений указывают на наличие прямых воздействий внешних электромагнитных колебаний прежде всего на железосодержащие клетки крови — эритроциты, составляющие у человека от 40 до 50 % объема крови. Поскольку нарушения реологических свойств оказывают существенное влияние на макро- и микроциркуляцию, тканевый обмен, реологические сдвиги

могут быть как самостоятельным патогенетически значимым механизмом, так и одной из причин в комплексе патогенетических механизмов развития хронических форм цереброваскулярной недостаточности и тяжелых сосудистых катастроф, таких как ишемический инсульт. Данные проведенного анализа позволяют предполагать, что, по-видимому, одним из ведущих механизмов воздействия возмущений на цереброваскулярную систему человека являются их эффекты на состояние реологических свойств крови. Ионосферные и геомагнитные возмущения могут служить индикатором воздействий физических процессов во время гелиогеофизических возмущений на здоровье людей.

Очевидно, что неоднозначность реакции сложных нелинейных систем, каковым является организм человека, на слабые внешние воздействия гелиогеофизического характера зависит не только от свойств воздействующего фактора, но и от состояния самой системы. При целостности внутренней выстилки сосудистого русла у здоровых лиц изменения реологических свойств крови, связанные с возмущениями, являются обратимыми. У людей с АГ и НПХЦВП при наличии патологических процессов, развивающихся на разных уровнях сосудистой системы кровообращения, в частности в сосудистой системе головы — от магистральных артерий до микроциркуляторного русла, создаются условия для развития различных по степени тяжести цереброваскулярных нарушений, вплоть до инсульта.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Ораевский В. Н., Макарова И. И., Канониди Х. Д. Медико-биологические эффекты геомагнитных возмущений. М. : ИЗМИРАН, 2001. 135 с.
2. Акасофу С. И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. 2 ч. М. : Мир, 1975. 509 с
3. Балуда В. П., Балуда М. В., Деянов И. И., Тлепшук И. К. Физиология системы гемостаза. М., 1995. 243 с.
4. Балуда В. П., Балуда М. В., Гольдберг А. П., Салманов П. Л., тен Кате J. W. Претромботическое состояние. Тромбоз и его профилактика. Москва ; Амстердам : ООО «Зеркало-М», 1999. 296 с.
5. Беляев П. П., Поляков С. В. Резонансные свойства ионосферы в диапазоне короткопериодных геомагнитных пульсаций. Ионосферный альфвеновский резонатор // Неустойчивости и волновые явления в системе ионосфера — термосфера : материалы междунар. симпоз., Калуга, 6–10 февраля 1989 г. Горький, 1989. С. 217–238.
6. Беляев П. П., Поляков С. В., Рапопорт В. О., Трахтенгерц В. Ю. Экспериментальные исследования резонансной структуры спектра атмосферного электромагнитного шумового фона в диапазоне короткопериодических геомагнитных пульсаций // Изв. вузов. Радиофизика. 1989. Т. 32, № 6. С. 663–672.
7. Бинги В. Н., Чернавский Д. С., Рубин А. Б. Фактор температуры и магнитный шум в условиях стохастического резонанса магнитосом // Биофизика. 2006. Т. 51, вып. 2. С. 274–277.
8. Варакин Ю. Я., Ионова В. Г., Сазанова Е. А., Сергеев Н. П. Вейвлет-анализ в гелиобиотропных связях // Биофизика. 2004. Т. 49, № 4. С. 742–746.

9. Зевакина Р. А., Сергеев Н. П., Жулина Е. М., Носова Г. Н. Руководство по краткосрочному прогнозированию ионосферы // Материалы мирового центра данных Б. м. : МГК при През. АН СССР, 1990. 71 с.

10. Ионова В. Г., Сазанова Е. А., Сергеев Н. П. Влияние гелиогеомагнитных возмущений на гемореологические характеристики людей // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2004. Т. 38, № 2. С. 33–37.

11. Комаров Ф. И., Бреус Т. К., Рапопорт С. И., Ораевский В. Н., Гурфинкель Ю. И., Халберг Ф., Корнелиссен Ж., Чибисов С. И. Медико-биологические эффекты солнечной активности // Вестник Российской академии медицинских наук. 1994. № 11. С. 37–49.

12. Лакин К. М., Макаров В. А., Овнатанова М. С. Фотометрический метод определения кинетики агрегации эритроцитов под влиянием лекарственных веществ // Фармакология и токсикология. 1975. № 2. С. 188–192.

13. Ораевский В. Н., Ионова В. Г., Канониди Х. Д., Сазанова Е. А., Сергеев Н. П. Влияние гелиогеофизических возмущений на систему гемостаза здоровых людей и лиц с хронической цереброваскулярной патологией. М. : ИЗМИРАН, 2000. 25 с.

14. Родионов Ю. Я., Яхновец А. А., Науменко А. А., Шебеко В. И. Электромагнитные поля в гемодинамике. Физические механизмы взаимосвязи. Электромагнитные поля и здоровье человека // Материалы второй международной конференции «Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования. Нормирование ЭМП: философия, критерии и гармонизация», Москва, 20–24 сент. 1999. С. 40–41.

15. Рубин В. И., Ларский Э. Г., Орлова Л. С. Биохимические методы исследования в клинике. Изд. 2-е, перераб. и доп. Саратов : СГУ, 1980. 340 с.

16. Хабарова О. В. Биоэффективны частоты и их связь с собственными частотами организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. № 5. С. 56–66.

References

1. Agadzhanyan N. A., Oraevskiy V. N., Makarova I. I., Kanonidi Kh. D. *Mediko-biologicheskie efekty geomagnitnykh vozmushcheniy* [Medicobiological effects of geomagnetic disturbances]. Moscow, 2001, 135 p. [in Russian]
2. Akasofu S. I., Chepmen S. *Solnechno-zemnaya fizika* [Solar-terrestrial physics]. 2 pt. Moscow, 1975, 509 p. [in Russian]
3. Baluda V. P., Baluda M. V., Deyanov I. I., Tlepshukov I. K. *Fiziologiya sistemy gemostaza* [Physiology of homeostasis system]. Moscow, 1995, 243 p. [in Russian]
4. Baluda V. P., Baluda M. V., Goldberg A. P., Salmanov P. L., ten Cate J. W. *Pretromboticheskoe sostoyanie. Tromboz i ego profilaktika* [Prethrombotic state; Thrombosis and its Prevention]. Moscow, Amsterdam, 1999, 296 p. [in Russian]
5. Belyaev P. P., Polyakov S. V. *Neustoychivosti i volnovye yavleniya v sisteme ionosfera - termosfera : materialy mezhdunarodnogo simpoziuma, Kaluga, 6-10 fevralya 1989 g.* [Instability and Wave phenomena in system Ionosphere - Thermosphere. Proceedings of international symposium. Kaluga, 6-10 february 1989]. Gorkiy, 1989, pp. 217-238. [in Russian]
6. Belyaev P. P., Polyakov S. V., Rapoport V. O., Trakhentgers V. Yu. *Izvestiya vuzov. Radiofizika* [Radiophysics and Quantum Electronics]. 1989, vol. 32, no. 6, pp. 663-672. [in Russian]

7. Bingi V. N., Chernavskii D. S., Rubin A. B. *Biofizika* [Biophysics]. 2006, vol. 51, fasc. 2, pp. 274-277. [in Russian]

8. Varakin Yu. Ya., Ionova V. G., Sazanova E. A., Sergeenko N. P. *Biofizika* [Biophysics]. 2004, vol. 49, no. 4, pp. 742-746. [in Russian]

9. Zevakina P. A., Sergeenko N. P., Zhulina E. M., Nosova G. N. *Materialy mirovogo tsentra dannykh. Mezhdunarodnyy geofizicheskii komitet pri Prezidiume AN SSSR* [Proceedings of World Center of Data. Russian Geophysical Committee, Russian Academy of sciences], 1990, 71 p. [in Russian]

10. Ionova V. G., Sazanova E. A., Sergeenko N. P. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aviaspace and ecology medicine]. 2004, vol. 38, no. 2, pp. 33-37. [in Russian]

11. Komarov F. I., Breus T. K., Rapoport S. I., Oraevskii V. N., Gurfinkel' Yu. I., Khalberg F., Kornelissen Zh., Chibisov S. I. *Vestnik Rossiiskoy akademii meditsinskikh nauk* [Newsletter of Russian Academy of Medical Sciences]. 1994, no. 11, pp. 37-49. [in Russian]

12. Lakin K. M., Makarov V. A., Ovnatanova M. S. *Farmakologiya i toksikologiya* [Pharmacology and Toxicology]. 1975, no. 2, pp. 188-192. [in Russian]

13. Oraevskii V. N., Ionova V. G., Kanonidi Kh. D., Sazanova E. A., Sergeenko N. P. *Vliyanie geliogeofizicheskikh vozmushchenii na sistemu gemostaza zdorovykh lyudei i lits s khronicheskoi tserebrovaskulyarnoi patologiei* [Influence of heliogeophysical disturbances on system of hemostasis of healthy persons and patients with cerebrovascular pathology]. Moscow, 2000, 25 p. [in Russian]

14. Rodionov Yu. Ya., Yakhnovets A. A., Naumenko A. A., Shebeko V. I. *Materialy vtoroi mezhdunarodnoi konferentsii «Problemy elektromagnitnoi bezopasnosti cheloveka. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya. Normirovanie EMP: filosofiya, kriterii i garmonizatsiya»*, Moskva, 20-24 sent. 1999 [Proceedings of the second international conference "Problems of electromagnetic safety of the human being. Fundamental and applied research. Development and EMF standards; philosophy, criteria and harmonization", Moscow, 20-24 sept. 1999], pp. 40-41. [in Russian]

15. Rubin V. I., Larskiy E. G., Orlova L. S. *Biokhimicheskie metody issledovaniya v klinike* [Biochemical methods of research in clinics]. Saratov, 1980, 340 p. [in Russian]

16. Khabarova O. V. *Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika* [Biomedical technology and radioelectronics]. 2002, no. 5, pp. 56-66. [in Russian]

CHANGES OF CATECHOLAMINS AND RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF HUMAN BLOOD UNDER INFLUENCE OF HELIOGEOPHYSICAL FACTORS

Yu. Ya. Varakin, V. G. Ionova, *E. A. Sazanova,
**N. P. Sergeenko

Scientific center of neurology of the Russian academy of medical sciences, Moscow

**Hospital of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

***Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowaves propagation of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Correlation properties of variations of the number of hospitalized people with cerebrovascular disorders and characteristics of solar, ionosphere and geomagnetic activity have been analyzed in the article. The hypothesis was checked, that one of the internal reasons of observed biotropical effects was the level of increased catecholamins and changes of aggregative properties of blood erythrocytes. The found effects are statistically significant and specify in presence of direct influences of physical processes during indignations on blood cells.

Physical processes influencing cerebrovascular shifts in humans have been discussed. It has been supposed that in a storm initial stage the stochastic resonance can be one of the physical mechanisms of external influence. External electromagnetic fluctuations can synchronize or desynchronize rhythms of electromagnetic fluctuations of blood cells. Also the possibility of direct influence of geomagnetic variations during storms on the brain and the rheological properties of blood connected with influence of an electromagnetic field on dynamics of the process of aggregation - disaggregation of erythrocytes in a blood stream as in experiments in vitro and in vivo has been discussed.

Keywords: heliogeophysical disturbances, electromagnetic resonance, human body, catecholamines, rheological properties of erythrocytes

Контактная информация:

Сазанова Елена Анатольевна — кандидат медицинских наук, зав. отделением неврологии больницы Российской академии наук

Адрес: 142190, Москва, г. Троицк, Октябрьский пр., 3.

Тел. 8(495) 851-98-83

E-mail: esazanova09@yandex.ru