

ДИСТАНТНОЕ И КОНТАКТНОЕ ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЯЮЩЕГОСЯ АДРЕНАЛИНА НА ГЕМОГЛОБИН КРОВИ ЧЕЛОВЕКА IN VITRO

[В. Ю. Куликов, Е. А. Арчибасова](#)

*ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава
России (г. Новосибирск)*

Влияние окисляющегося адреналина (Fe-pH-зависимое окисление) на гемоглобин крови человека в условиях in vitro реализуется, с одной стороны, за счет деструктивных свойств продуктов свободнорадикального окисления, с другой — в результате бесконтактного взаимодействия, обусловленного электромагнитным излучением, образующимся в результате рекомбинации энергии электронно-возбужденных состояний.

Ключевые слова: адреналин, неферментативное окисление адреналина, свободнорадикальные продукты, электромагнитное излучение, гемоглобин крови человека.

Куликов Вячеслав Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», рабочий телефон: 8 (383) 225-07-37, e-mail: Kulikov_42@mail.ru

Арчибасова Елена Алексеевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», рабочий телефон: 8 (383) 225-07-37

Введение. Основные эффекты влияния адреналина как на системные, так и внутриклеточные процессы связаны с его взаимодействием с различными адренорецепторами, гетерогенность распределения которых в различных органах определяет структуру стресс-реакции и региональные перераспределения кровотока в норме и патологии [1, 2]. Эти известные свойства адреналина реализуются через систему вторичных посредников, препятствующих непосредственному взаимодействию его с внутриклеточными системами, что имеет, по нашему мнению, важное регуляторное значение. Опосредованное влияние адреналина на внутриклеточные процессы подразумевает наличие у него дополнительных свойств, которые могут, при

определенных условиях, оказывать неблагоприятный (деструктивный) эффект на внутриклеточные системы регуляции, включая, вероятно, и функцию генома. Эти свойства обусловлены тем, что кроме основного пути превращения адреналина, связанного с о-метилованием и окислительным дезаминированием с участием моноаминоксидазы, окисление адреналина может происходить по хиноидному пути с образованием хинонов до адrenoхрома [3, 4].

В результате такой биотрансформации адреналина образуются промежуточные продукты, обладающие биотропными свойствами, включая влияние на психофизиологические процессы. Этапы биотрансформации адреналина вследствие его аутоокисления сопровождаются появлением о-мегаадреналина, адrenoхрома, адреноксина и других продуктов окисления, вплоть до меланинов. Так, если раствор адреналина подвергнуть воздействию окислителей, или даже просто оставить на воздухе, он приобретает розовую окраску, которая свидетельствует об образовании адrenoхрома. Если же окисление вести в присутствии ионов меди, то образуется другой психоактивный индол — адренолютин. В результате окислительной биотрансформации адреналина промежуточные продукты окисления активно взаимодействуют с различными нуклеофильными группами, представленными SH-группами, цистеином, глутатионом, а также OH, NH₂ группами белков [5]. Адrenoхром, например, способен ингибировать активность ряда ферментов, регулирующих метаболические процессы [6], а его взаимодействие с SH группами влияет на оксигенацию тканей [7].

В последние годы было показано, что в процессе аутоокисления низких концентраций адреналина (230 мкМ) в щелочной среде (рН 10,65) при комнатной температуре и в отсутствие дополнительных источников окисления интенсивно нарастает поглощение с максимумом при 347 нм (волновое число 28,8). Установлено, что появление этого продукта окисления адреналина, не описанное ранее в литературе, значительно опережает по времени образование адrenoхрома (поглощение при 480 нм) и ингибируется супероксиддисмутазой (СОД) [8]. Следовательно, хиноидное окисление адреналина при физиологических рН очень медленное, но оно резко возрастает в щелочной среде либо в присутствии металлов переменной валентности, либо супероксидного радикала, образующегося, например, в условиях реперфузионного окислительного стресса.

Показательно, что промежуточные продукты окисления адреналина также приобретают новые биокаталитические свойства, которые могут играть важную роль в процессах внутриклеточного обмена, изменяя его направленность. Важными промежуточными продуктами аутоокисления адреналина являются соединения свободнорадикальной природы (активные формы кислорода), обладающие многосторонним и многоплановым влиянием на клеточный метаболизм в целом. Активные формы кислорода оказывают выраженный кардиотоксический эффект [9], оказывая деструктивное воздействие как на функцию эндотелия, свойства полиморфнонуклеарных лейкоцитов [10], так и метаболизм кардиомиоцитов в целом. Активные формы кислорода, образующиеся в процессе рН, либо Fe-зависимого окисления адреналина, обладают способностью к генерации излучения в видимой области спектра за счет формирования и трансформации электронно-возбужденных состояний, характерных для этого типа реакций [11]. Для свободно-радикальных цепных реакций такие механизмы достаточно хорошо изучены [12–15]. Они включают механизмы безызлучательной конверсии, активацию цепных реакций, сопровождающихся хемилюминесценцией, либо миграцией на эмиттер, обладающим определенным квантовым выходом и т. д. В последнее время для оценки свободнорадикальных реакций используют различные фотоактивные вещества

типа люминола, люцигенена, которые позволяют, с определенными допущениями, оценить наличие в свободно-радикальной среде различных метаболитов кислорода (анионрадикала кислорода, синглетного кислорода и т. д.) [16].

Но принципиально важным моментом является понимание того, что начальные этапы конверсии электронно-возбужденных состояний (фотофизические процессы) сопровождаются генерацией электромагнитного излучения за счет перехода возбужденных электронов в основное состояние [17]. На следующем этапе за счет процессов дисмутации различных компонентов свободнорадикальных реакций формируются уже хемилюминесцентные процессы, несущие информацию об активности окислительных процессов неферментативной природы, например процессов перекисного окисления. Естественно, что в условиях появления и дисмутации электронно-возбужденных состояний в биологических гетерогенных средах такое возбуждение, по-видимому, не может быть монохроматическим и когерентным, что характерно для лазерного излучения, но оно может обладать биотропными свойствами [18, 19]. Биотропные эффекты слабых электромагнитных полей интересны в первую очередь тем, что они оказывают влияние на неравновесные системы [20], к которым могут быть отнесены и гемопротеиды, которые достаточно легко изменяют определенные валентности при различных физиологических состояниях, например, при связывании кислорода, CO_2 , CO, образовании метгемоглобина и т. д.

Таким образом, с учетом наличия при неферментативном окислении адреналина электронно-возбужденных состояний, сопровождающихся фотофизическими и фотохимическими процессами, обладающими способностью к генерации электромагнитного излучения, нами была выдвинута гипотеза о возможном дистантном (бесконтактном) эффекте окисляющегося адреналина на гемоглобин крови человека, который дополняет эффекты, обусловленные непосредственным взаимодействием адреналина с системой гемопротеидов.

Цель работы: оценить возможность дистантного (бесконтактного) влияния неферментативного Fe-зависимого окисления раствора адреналина в щелочной среде и присутствии ионов двухвалентного железа на гемоглобин крови человека в условиях *in vitro*.

Материал и методы. Нами предлагается достаточно простой метод (модель) для оценки дистантных взаимодействий в различных модельных системах в целом. Как видно на рис. 1, пробирка с раствором (в нашем случае гемоглобина) помещается в стаканчик, в котором запускается реакция окисления адреналина в щелочной среде в присутствии ионов двухвалентного железа. Естественно, что в зависимости от задачи состав исследуемых реакций и ингредиентов может изменяться.



Рис. 1. Модель оценки дистантных эффектов

Все серии экспериментов проводились с кровью одного практически здорового человека мужского пола. Кровь забиралась в цитрат натрия в стандартной концентрации.

В расчетах используемых концентраций исходили из данных, представленных в работах [21]. Гемолизат получался помещением 20 мкл крови в 4 мл дистиллированной воды. В стаканчиках находился 0,25 М раствор бикарбонатного буфера, $\text{pH} = 10,6$, содержащего FeSO_4 , из расчета 20 мг на 100 мл буфера. В опытной пробе через 15 мин (дважды) добавлялся 1,0 мл 0,1 % адреналина. В контроле в стаканчике находился только буфер. Смесь (контроль и опыт) инкубировалась в течение 30 мин. Через 30 мин анализировались спектры поглощения от 450 до 590 нм на приборе «Specol». Появление адrenoхрома подтверждалось регистрацией спектра поглощения при 480 нм, рис. 2.

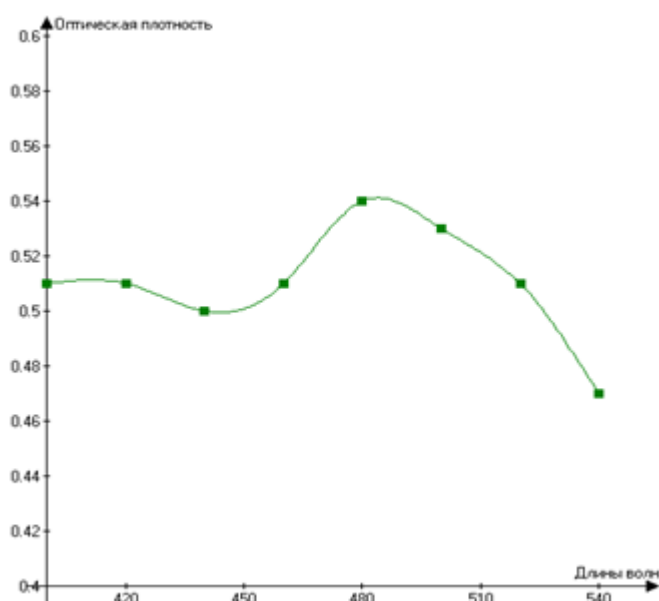


Рис. 2. Спектр поглощения адrenoхрома при Fe-зависимом окислении адреналина в щелочной среде в опытной пробе

Было проведено 4 серии независимых экспериментов. Полученные материалы обрабатывались с использованием пакета прикладных программ «Statistica 7.0».

Результаты исследований. Исследования показали наличие достоверных отличий в спектрах поглощения раствора гемоглобина в контроле и опыте. Так, при 540 нм после инкубации величина оптической плотности составила в контроле $0,525 \pm 0,009$, в опыте — $0,475 \pm 0,003$ (при $P < 0,018$). При 570 нм аналогичная закономерность подтвердилась. В контроле оптическая плотность была равна $0,562 \pm 0,022$, в опыте $0,515 \pm 0,006$ (при $P < 0,017$).

С учетом полученных данных о чувствительности раствора гемоглобина к дистантному эффекту окисляющегося адреналина была проведена серия экспериментов по непосредственному влиянию адреналина на гемоглобин крови. В контрольной пробирке к 10 мл дистиллированной воды добавили 20 мкл эритроцитов. В пробирке № 2 к 9,7 мл воды добавили 20 мкл эритроцитов, 150 мкл Fe и 150 мкл адреналина. В пробирке № 3 к 9,4 мл воды добавили 300 мкл Fe и 300 мкл адреналина. Через 30 мин оценивались спектры поглощения растворов гемоглобина. Результаты представлены на рис. 3.

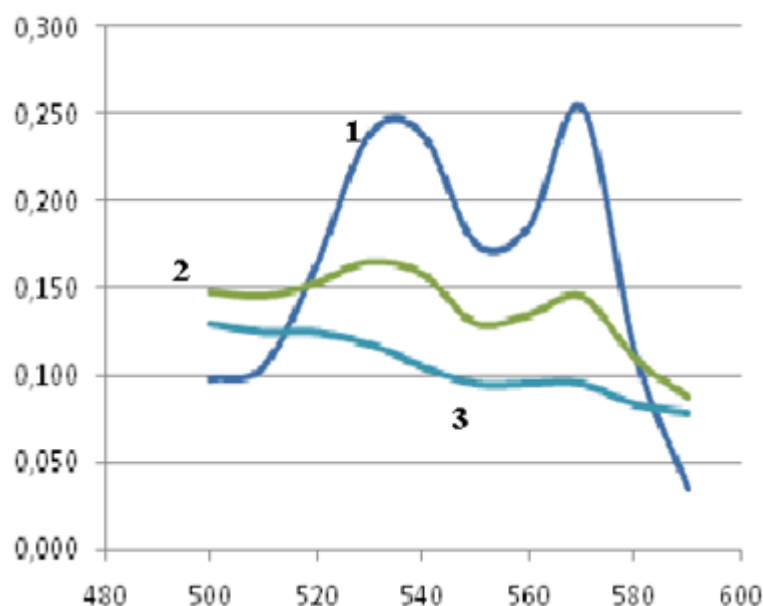


Рис. 3. Влияние окисляющегося адреналина на оптическую плотность раствора гемоглобина; 1, 2, 3 — пробы. По оси X — длины волн, на оси Y — величина оптической плотности в отн. ед.

Таким образом, влияние адреналина на водный раствор гемоглобина в присутствии ионов двухвалентного железа сопровождается трансформацией гемоглобина до метгемоглобина, что, естественно, сопровождается снижением его кислородсвязывающих свойств. Такой трансформации гемоглобина при Fe-зависимом окислении адреналина (в условиях идентичности проведения эксперимента и концентраций ингредиентов) в цельной крови не происходит, либо это воздействие очень слабо, это видно из данных, представленных на рис. 4.

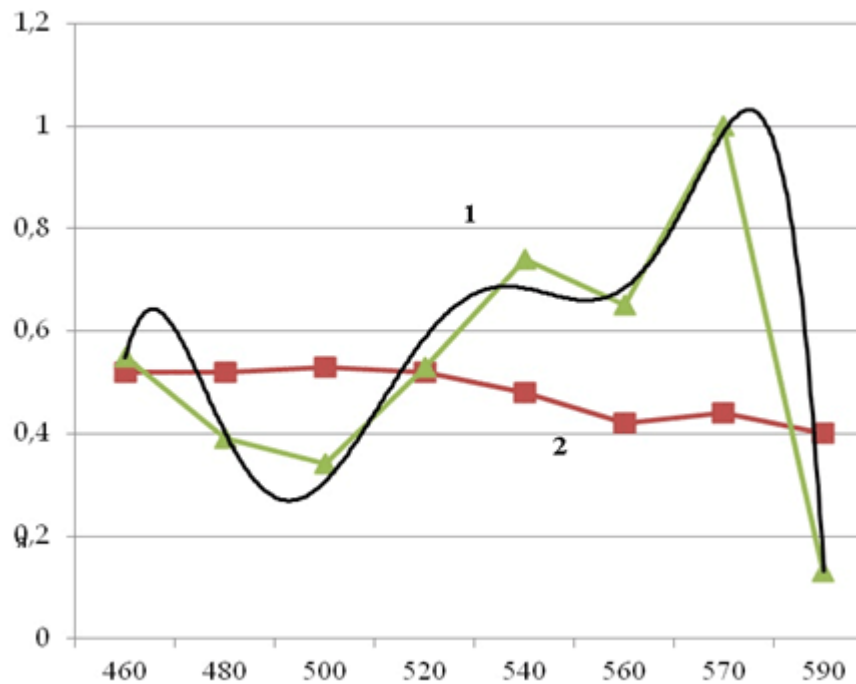


Рис. 4. Процесс трансформации гемоглобина (при одинаковых концентрация адреналина и ионов железа в цельной крови); кривая 1, сглаженная в виде полинома, кривая 2 — в растворе гемоглобина. По оси X — спектры поглощения, по Y — оптическая плотность в отн. ед.

Следовательно, деструктивный эффект адреналина проявляется при его непосредственном контакте с системой гемопротеидов, что, во-первых, объясняет тот факт, что эффекты адреналина в биологических системах в норме реализуются, как указывалось ранее, через систему вторичных посредников, и, во-вторых, в патогенезе, по-видимому, достаточно большого количества стресс-индуцированных состояний и заболеваний необходимо учитывать этот мощный деструктивный потенциал, обусловленный Fe-зависимым окислением адреналина даже при физиологических рН-среды. Этот феномен был назван нами «внутрикапиллярным окислительным стрессом», рассматриваемым как важнейшее звено повреждения эндотелия сосудов, нарушения процессов микроциркуляции и транскapиллярного обмена и регуляции системы гемостаза в целом [21]. Таким образом, наличие ферментативного и неферментативного путей биотрансформации адреналина, по-видимому, дополняющих друг друга, свидетельствует о том, что при определенных условиях (реперфузионный окислительный стресс, воспаление, применение ингибиторов МАО и т. д.) промежуточные продукты аутоокисления адреналина могут включаться в патогенез патологических состояний при условии наличия во внутренней среде организма модификаторов окисления, к которым в первую очередь относятся ионы железа.

Дистантный эффект, обусловленный процессами неферментативного окисления адреналина и генерацией при этом электромагнитного излучения на водный раствор гемоглобина крови человека, напоминает влияние на гемоглобин лазерного излучения, в результате воздействия которого также изменяются спектры поглощения гемоглобина [22]. Было показано, что под воздействием низкоэнергетического лазерного излучения наблюдается дозозависимое изменение конформации гемопорфирина гемоглобина, которое проявляется в снижении относительного количества оксигемоглобина и увеличении способности гемоглобина связывать и выделять лиганды, в том числе кислород [23]. При этом активизируются кальцийзависимые метаболические процессы

[24], вследствие чего увеличивается высвобождение продуктов биохимических реакций — активных форм кислорода (АФК): перекиси водорода, супероксида и др., а также ионов кальция, участвующих в регуляции большого класса биохимических реакций, включая регуляцию системы гемостаза.

На основании полученных данных нами сформулирована гипотеза о том, что эффекты влияния адреналина на внутри- и внеклеточные процессы развиваются в два этапа, в зависимости от состояния метаболизма и наличия патологического процесса.

На первом (физиологическом этапе) адреналин, наряду в норадреналином и симпатическим отделом вегетативной нервной системы, участвует в регуляции системных метаболических процессов за счет взаимодействия со вторичными посредниками. На втором (патогенетическом этапе) в результате активации неферментативного окисления адреналина, обусловленного процессами деструкции клеточных структур и генерации продуктов свободнорадикального окисления, резко возрастает деструктивный потенциал адреналина, особенно в присутствии ионов двухвалентного железа и гемопротеидов. Он реализуется либо в результате макромолекулярных взаимодействий, либо за счет дистантного (бесконтактного воздействия), обусловленного генерацией электромагнитного излучения. Открытие нами бесконтактного макромолекулярного взаимодействия, на примере пары адреналин-гемоглобин, позволяет рассматривать выявленный эффект как частный пример наиболее общей закономерности о роли электромагнитного излучения в регуляции метаболических процессов в целом.

Список литературы

1. Меерсон Ф. З. Адаптация, стресс, профилактика / Ф. З. Меерсон. — М. : Наука, 1981. — 278 с.
2. MEDUNIVER Физиология человека [Электронный ресурс]. — Режим доступа : (<http://meduniver.com/Medical/Physiology/57.html>). — Дата обращения : 10.12.2015.
3. Шевелева В. С. Онтогенетическое формирование нейрогуморальной регуляции возбуждения в тканях организма и канцерогенез [Электронный ресурс] / В. С. Шевелева. — Режим доступа : (http://www.meddr.ru/ontogeneticheskoe_formirovanie). — Дата обращения : 15.12.2015.
4. Сирота Т. В. Новый подход в исследовании реакции автоокисления адреналина : возможность полярографического определения активности спекроксиддисмутазы и антиоксидантных свойств различных препаратов / Т. В. Сирота // Биомедицинская химия. — 2012. — Т. 58, вып. 1. — С. 77-87.
5. Rupp H. Mechanisms of cardiac cell damage due to catecholamines: Significance of drugs regulating central sympathetic outflow / H. Rupp, K. Dhalla, N. Dhalla // J. Cardio Vasc. Pharmacol. — 1994. — Vol. 24. — P. S16—S24.
6. Bindoli A. Toxicity of aminochromes / A. Bindoli, M. P. Rigobello, S. A. Galzigna // Toxicol. Lett. — 1989. — Vol. 48. — P. 3-20.
7. Bindoli A. Biochemical and toxicological properties of the oxidation products of catecholamines / A. Bindoli, M. P. Rigobello, D. J. Deeb // Free Radical Biol. Med. — 1992. — Vol. 13. — P. 391-405.
8. Сирота Т. В. Новый подход в исследовании процесса аутоокисления адреналина и использование его для измерения активности супероксиддисмутазы / Т. В. Сирота // Вopr. мед. химии. — 1999. — Вып. 3.
9. Oxidation Process of Adrenaline in Freshly Isolated Rat Cardiomyocytes : Formation of Adrenochrome, Quinoproteins and GSH Adduct / V. M. Costa [et al.] // Chem. Res. Toxicol. — 2007. — Vol. 20. — P. 1183-1191.

10. Matthews S. B. The adrenochrome pathway : The major route for adrenalin catabolism by polymorphonuclear leucocytes / S. B. Matthews, A. H. Henderson, A. K. Campbell // J. Mol. Cell. Cardiol. — 1985. — Vol. 17. — P. 339-348.
11. Mishra H. P. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a single assay for superoxide dismutase / H. P. Mishra, I. Fridovich // J. Biol. Chem. — 1972. — Vol. 247. — P. 3170-3175.
12. Владимиров Ю. А. Хемилюминесценция животных клеток / Ю. А. Владимиров, М. П. Шерстнев. — М. : ВИНТИ, Итоги науки и техники, сер. «Биофизика». — 1989. — Т. 24.
13. Журавлев А. И. Развитие идей Б. Н. Тарусова о роли цепных процессов в биологии / А. И. Журавлев // Труды МОИП, т. LVII, Отдел биологический, Секция биофизики и радиобиологии. — М. : Наука, 1982. — С. 36.
14. Новиков К. Н. Свободно-радикальные процессы в биологических системах при воздействии факторов окружающей среды : монография / К. Н. Новиков, С. В. Котелевцев, Ю. П. Козлов. — М. : РУДН, 2011. — 199 с.
15. Рид С. Возбужденные электронные состояния в химии и биологии / С. Рид. — М. : Изд-во иностранной литературы, 1960. — 256 с.
16. Campbell A. C. Chemiluminescence. Principles and Applications in Biology and Medicine / A. C. Campbell. — Chichester : Ellis Horwood Ltd., 1988. — 337 p.
17. Peroxy-radical-mediated chemiluminescence : mechanistic diversity and fundamentals for antioxidant assay / G. F. Fedorova [et al.] // ARKIVOC. — 2007 (VIII). — P. 163-215.
18. Казначеев В. П. Сверхслабые излучения при межклеточных взаимодействиях / В. П. Казначеев, Л. П. Михайлова. — Новосибирск : Наука, 1981. — 143 с.
19. Кузин А. М. Электромагнитная информация в феномене жизни / А. М. Кузин // Биофизика. — 2000. — Т. 41. — С. 144-147.
20. Биотропные свойства ослабленного геомагнитного поля : монография / В. Ю. Куликов [и др.]. — Новосибирск, 2005. — 140 с.
21. Куликов В. Ю. Роль окислительного стресса в регуляции метаболической активности внеклеточного матрикса соединительной ткани (обзор) [Электронный ресурс] / В. Ю. Куликов // Медицина и образование в Сибири : сетевое научное издание. — 2009. — № 4. — Режим доступа : (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=363). — Дата обращения : 08.11.2015.
22. Куликов В. Ю. Влияние зеленого лазерного излучения на активность плазменных факторов свертывания крови в условиях in vitro [Электронный ресурс] / В. Ю. Куликов, Е. А. Арчибасова // Медицина и образование в Сибири : сетевое научное издание. — 2015. — № 4. — Режим доступа : (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=1848). — Дата обращения : 14.09.2015.
23. Москвин С. В. Внутривенное лазерное облучение крови [Электронный ресурс] / С. В. Москвин. — Режим доступа : (<http://www.matrixmed.ru/?page=media&act=pubs&subact=6>). — Дата обращения : 14.11.2015.
24. Москвин С. В. Внутривенное лазерное облучение крови [Электронный ресурс] / С. В. Москвин. — Режим доступа : (matrixlaser.ru/pubs/6). — Дата обращения : 17.11.2015.

DISTANT AND CONTACT INFLUENCE OF OXIDIZED ADRENALINE ON HAEMOGLOBIN OF HUMAN BLOOD IN VITRO

[*V. Y. Kulikov, E. A. Archibasova*](#)

SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health» (Novosibirsk)

Influence of oxidized adrenaline (Fe-pH-dependent oxidation) on hemoglobin of human blood in vitro is realized, on the one hand, due to destructive properties of products of free radical oxidation, but on the other hand — as a result of the non-contact interaction caused by the electromagnetic radiation which is formed as a result of a recombination of energy of the electron excited states.

Keywords: adrenaline, non-enzymatic oxidation of adrenaline, free radical products, electromagnetic radiation, hemoglobin of human blood.

About authors:

Kulikov Vyacheslav Yuryevich — doctor of medical science, professor, honored scientist of the RF, head of normal physiology chair at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», office phone: 8 (383) 225-07-37, e-mail: Kulikov_42@mail.ru

Archibasova Elena Alekseevna — candidate of medical science, assistant professor of normal physiology chair at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», office phone: 8 (383) 225-07-37

List of the Literature:

1. Meerson F. Z. Adaptation, stress, prophylaxis / F. Z. Meerson. — M. : Science, 1981. — 278 p.
2. MEDUNIVER Human physiology [electron resource]. — Access mode : (<http://meduniver.com/Medical/Physiology/57.html>). — Access date : 10.12.2015.
3. Shevelyova V. S. Ontogenetic formation of neurohumoral regulation of exaltation in body tissues and carcinogenesis [electron resource] / V. S. Shevelyova. — Access mode : (http://www.meddr.ru/ontogeneticheskoe_formirovanie). — Access date : 15.12.2015.
4. Sirota T. V. New approach in adrenaline autooxidation reaction research : possibility of polarographic determination of activity of superoxide dismutase and antioxidatic properties of various drugs / T. V. Sirota // Biomedical chemistry. — 2012. — Vol. 58, Is 1. — P. 77-87.
5. Rupp H. Mechanisms of cardiac cell damage due to catecholamines : Significance of drugs regulating central sympathetic outflow / H. Rupp, K. Dhalla, N. Dhalla // J. Cardio Vasc. Pharmacol. — 1994. — Vol. 24. — P. S16—S24.
6. Bindoli A. Toxicity of aminochromes / A. Bindoli, M. P. Rigobello, S. A. Galzigna // Toxicol. Lett. — 1989. — Vol. 48. — P. 3-20.

7. Bindoli A. Biochemical and toxicological properties of the oxidation products of catechola-mines / A. Bindoli, M. P. Rigobello, D. J. Deeble // *Free Radical Biol. Med.* — 1992. — Vol. 13. — P. 391-405.
8. Sirota T. V. New approach in research of process of autooxidation of adrenaline and its use for measurement of activity of superoxide dismutase / T. V. Sirota // *Issues of medical chemistry.* — 1999. — Is. 3.
9. Oxidation Process of Adrenaline in Freshly Isolated RatCardiomyocytes : Formation of Adrenochrome, Quinoproteins and GSH Adduct / V. M. Costa [et al.] // *Chem. Res. Toxicol.* — 2007. — Vol. 20. — P. 1183-1191.
10. Matthews S. B. The adrenochrome pathway : The major route for adrenalin catabolism by polymorphonuclear leucocytes / S. B. Matthews, A. H. Henderson, A. K. Campbell // *J. Mol. Cell. Cardiol.* — 1985. — Vol. 17. — P. 339-348.
11. Mishra H. P. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a single assay for superoxide dismutase / H. P. Mishra, I. Fridovich // *J. Biol. Chem.* — 1972. — Vol. 247. — P. 3170-3175.
12. Vladimirov Y. A. Chemoluminescence of animal cells / Y. A. Vladimirov, M. P. Sherstnev. — M. : VINITI, Results of science and equipment, is gray. «Biophysics». — 1989. — Vol. 24.
13. Zhuravlev A. I. Development of ideas of B. N. Tarusov about a role of chain processes in biology / A. I. Zhuravlev // *Works of MSN, V. LVII, Department biological, Section of biophysics and bioradiology.* — M. : Science, 1982. — P. 36.
14. Novikov K. N. Free radical processes in biological systems at influence of factors of environment : monograph / K. N. Novikov, S. V. Kotelevtsev, Y. P. Kozlov. — M. : PFUR, 2011. — 199.
15. Read S. The excited electron states in chemistry and biology / S. Read. — M. : Publishing house of foreign literature, 1960. — 256 p.
16. Campbell A. C. Chemiluminescence. Principles and Applications in Biology and Medicine / A. C. Campbell. — Chichester : Ellis Horwood Ltd., 1988. — 337 p.
17. Peroxy-radical-mediated chemiluminescence : mechanistic diversity and fundamentals for antioxidant assay / G. F. Fedorova [et al.] // *ARKIVOC.* — 2007 (VIII). — P. 163-215.
18. Kaznacheev V. P. Superweak radiations at intercellular interactions / V. P. Kaznacheev, L. P. Mikhaylova. — Novosibirsk : Science, 1981. — 143 p.
19. Kuzin A. M. Electromagnetic information in a life phenomenon / A. M. Kuzin // *Biophysics.* — 2000. — Vol. 41. — P. 144-147.
20. Biotropic properties of the weakened geomagnetic field : monograph / V. Y. Kulikov [et al.]. — Novosibirsk, 2005. — 140 p.
21. Kulikov V. Y. Role of an stress in a regulation of metabolic activity of an extracellular matrix of connecting tissue (review) [electron resource] / V. Y. Kulikov // *Medicine and education in Siberia : online scientific publication.* — 2009. — N. 4. — Access mode : (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=363). — Access date : 08.11.2015.
22. Kulikov V. Y. Influence of green laser radiation on activity of plasma factors of blood coagulation in vitro [electron resource] / V. Y. Kulikov, E. A. Archibasova // *Medicine and education in Siberia: online scientific publication.* — 2015. — N. 4. — Access mode : (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=1848). — Access date : 14.09.2015.
23. Moskvina S. V. Intravenous laser radiation of blood [electron resource] / S. V. Moskvina. — Access mode : (<http://www.matrixmed.ru/?page=media&act=pubs&subact=6>). — Access date : 14.11.2015.
24. Moskvina S. V. Intravenous laser radiation of blood [electron resource] / S. V. Moskvina. — Access mode : (matrixlaser.ru/pubs/6). — Access date : 17.11.2015.