

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ОБЩЕГО БЕЛКА И ГЕМОГЛОБИНА В КРОВИ У КРЫС, ОБЛУЧЕННЫХ В ПРЕНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

Кулиева А.Т.

Институт физиологии им. академика Абдуллы Караева НАН Азербайджана  
ул. Шарифзаде, 78, г. Баку, AZ1100, Азербайджан; e-mail: aqulieva@icloud.com  
Поступила в редакцию: 15.07.2021

**Аннотация.** Цель настоящей работы - изучение концентрации общего белка и уровня гемоглобина в крови у потомства крыс после действия электромагнитного облучения на них во время внутриутробного развития. Беременные крысы облучались ЭМИ 460 МГц на аппарате «Волна-2» в металлической цилиндрической камере. Облучение проводилось ежедневно в течение 20 мин в зародышевый, предплодный и плодный периоды пренатального развития (соответственно, 1-7, 8-16, 17-21 дни беременности) при плотности потока мощности излучения 30 мкВт/см<sup>2</sup>. Исследования показали, что у 20-дневных крысят от матерей, подвергшихся облучению в каждом из трех периодов пренатального развития, уровень гемоглобина и общего белка ниже, чем в контрольной группе. Наибольшее снижение наблюдается у крысят, облученных в зародышевый период. У 30-дневных крысят эти показатели обнаруживают характерные различия для трех периодов внутриутробного облучения. Содержание гемоглобина и общего белка повышено для крысят, облученных во время зародышевого и плодного периодов; наибольший рост наблюдается у крысят после облучения в плодном периоде. В постнатальном развитии изменения концентрации гемоглобина и общего белка имеют разнонаправленный характер: концентрация общего белка имеет тенденцию к повышению, а концентрация гемоглобина до 20 дней снижается, а после, во всяком случае, к 30-дневному возрасту превышает уровень для контрольной, не облучаемой группы. Таким образом, влияние электромагнитного излучения на показатели периферической крови, которые являются косвенными признаками нарушений физиологически протекающих в организме процессов, замедления окислительно-восстановительных реакций, снижения и ослабления иммунного ответа и реактивности, что не может не отразиться на жизнедеятельности и продолжительности жизни организма, в целом.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение, общий белок, гемоглобин, пренатальное развитие

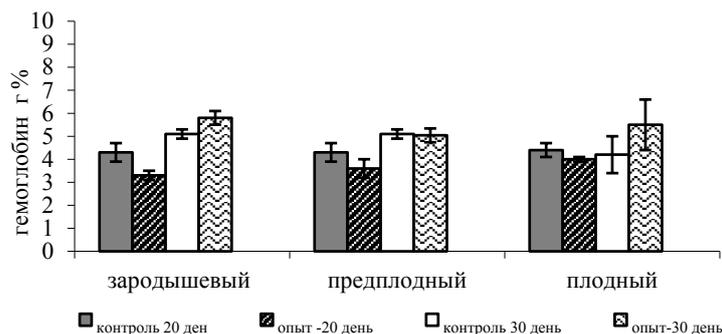
С каждым годом растут контингенты людей, подвергающихся воздействию электромагнитных излучений (ЭМИ), которые вызывают в организме различные нарушения, в том числе и в пренатальном периоде развития. В настоящее время уже достоверно выяснено, что электромагнитное поле даже низкой интенсивности и малой частоты способно оказывать неблагоприятное воздействие на беременную женщину. Длительное использование сотового телефона беременной женщиной может быть причиной преждевременных родов и патологии беременности, которая затем негативно отразится на самом ребенке [1,2]. Электромагнитные излучения широко используются в медицине. Используются они, как для диагностических целей при применении различных излучающих аппаратов, рентгенологических исследований, спектрального анализа, а также для лечения больных с онкологией при рентгеновском и гамма-облучении, для физиотерапевтических процедур с использованием ЭМИ в УВЧ, СВЧ и КВЧ диапазонах. Установлено, что нервная, эндокринная и сердечно-сосудистая системы первыми реагируют на действие электромагнитного излучения. Исходя из этого, необходимо тщательное и всестороннее изучение всех изменений, которые происходят в организме при этих воздействиях [3]. В особенности, это относится к системам поддержания гомеостаза, в том числе, и системе крови. Кровь объединяет работу многих физиологических систем организма, а именно, обеспечивает его гомеостатический потенциал и способность противостоять экстремальным воздействиям.

В связи с этим проблема изучения реакций организма человека и животных на регулярно изменяющийся электромагнитный фон окружающей среды остается актуальной.

Цель настоящей работы – изучение таких показателей крови, как концентрация общего белка и уровень гемоглобина в крови у потомства крыс после действия электромагнитного облучения на них во время внутриутробного развития.

Исследования проводились на белых крысах линии Вистар, содержащихся в обычных условиях вивария. Беременные крысы облучались ЭМИ 460 МГц на аппарате «Волна-2» в металлической цилиндрической камере. Облучение проводилось ежедневно в течение 20 мин, в зародышевый, предплодный и плодный периоды пренатального развития (соответственно, 1-7, 8-16, 17-21 дни беременности) при плотности потока мощности излучения 30 мкВт/см<sup>2</sup>, что в пересчете на усредненную удельную поглощенную мощность в теле животных соответствует 15 мВт/кг. После получения потомства исследования проводились на 20- и 30-дневных крысятах. Гемоглобин определяли цианометгемоглобиновым методом. Уровень общего белка определяли по методу Бредфорда (Ю.Б. Филиппович и др. 1982).

Исследования показали, что у 20-дневных крысят, взятых от матерей, подвергшихся облучению в каждом из трех этапов пренатального развития, уровень гемоглобина ниже, чем в контрольной группе (рис. 1).



**Рисунок 1.** Уровень гемоглобина в крови у 20- и 30-дневных крыс из потомства, подвергшихся облучению в период пренатального развития (ЭМИ 460 МГц, плотность потока мощности 30 мкВт/см<sup>2</sup>)

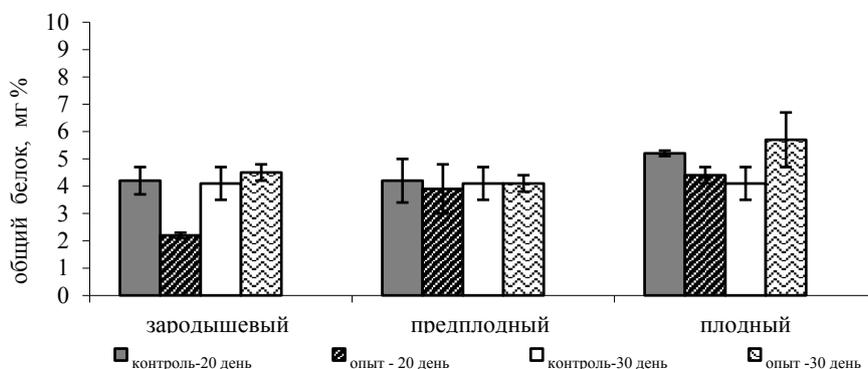
Наибольшее снижение наблюдается у крысят, полученных от матерей, облученных в зародышевый период. Если у контрольных 20-дневных крысят уровень гемоглобина составляет  $4,30 \pm 0,40$  г%, то у опытных это  $3,34 \pm 0,20$  г%, т.е. на 22,3% меньше ( $p < 0,05$ ).

У 30-дневных опытных крысят уровень гемоглобина в крови варьирует в зависимости от того на какой этап пренатального развития приходится облучение. Так, если в случаях облучения в зародышевом и предплодном периодах не приводит к какому-либо достоверному росту уровня гемоглобина по отношению к контрольным животным, то во время плодного периода облучение обуславливает достоверное повышение уровня гемоглобина в крови 30-дневных крыс на 13,7% ( $p < 0,05$ ).

Исследования показали, что у 20-дневных опытных крысят, взятых от матерей, подвергшихся облучению в каждом из трех периодов пренатального развития, уровень общего белка ниже, чем в контрольной группе (рис. 2). Наибольшее снижение наблюдается у крысят, облученных в зародышевый период. У контрольных крыс уровень общего белка составляет  $4,2 \pm 0,5$  мг%, тогда как у опытных -  $2,2 \pm 0,1$  мг%.

У 30-дневных крысят эти показатели обнаруживают характерные различия для трех периодов внутриутробного облучения. Содержание общего белка повышено для крысят, облученных во время зародышевого и плодного периодов. Наибольший рост наблюдается у крысят после облучения в плодном периоде: уровень общего белка у контрольных крысят -  $4,1 \pm 0,6$  мг%, а у опытных -  $5,7 \pm 1,0$  мг %.

Разные авторы исследовали кровь животных под действием электромагнитных излучений от разных источников, в том числе и от мобильных телефонов. Колбасин П.Н. и соавт. изучили влияние ЭМИ устройств мобильной связи на седиментацию эритроцитов, в ходе их работы было выявлено снижение скорости оседания эритроцитов при воздействии на эритромассу ЭМП с частотой 1800 МГц, мощностью 1 Вт/см<sup>2</sup> [4]. Установлено, что воздействие ЭМИ РЧ на кровеносную систему вызывает снижение уровня гемоглобина, количества эритроцитов в периферической крови, увеличение количества ЯСК, изменение клеточного метаболизма лейкоцитов, снижение коэффициента полихроматофильных и нормохроматофильных эритроцитов, увеличение доли делящихся клеток.



**Рисунок 2.** Концентрация общего белка в крови у 20- и 30-дневных крыс из потомства, подвергшихся облучению в период пренатального развития (ЭМИ 460 МГц, плотность потока мощности 30 мкВт/см<sup>2</sup>)

Необходимо отметить и результаты экспериментальных исследований, свидетельствующие о том, что хроническое ЭМИ с низкими нетемпературными уровнями оказывает неблагоприятное действие на течение беременности и развитие эмбриона, особенно при воздействии на ранних стадиях эмбриогенеза [5].

Также электромагнитное излучение влияет на систему крови. Изменения, произошедшие в крови, могут проявляться в виде значительного повышения интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ) в мембранах эритроцитов, подавлении активности низкомолекулярных неферментативных водорастворимых антиоксидантов крови, активации процессов ПОЛ в плазме крови, появлении сдвигов в активности  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых  $\text{K}^+$ -каналов эритроцитов в гиперполяризации мембран эритроцитов [1,6]. В этом аспекте важны данные, полученные нами ранее по изучению общей оксидантной (ООА) и антиоксидантной активности (ОАА) у не половозрелых крыс в связи с влиянием пренатального облучения. Эти исследования показали, что у 20-дневных крысят, родившихся у самок, подвергнутых электромагнитному облучению в период эмбриогенеза, общая оксидантная и общая антиоксидантная активность в эритроцитах повышены, соответственно, на 9,5% и 3,4% по отношению к контрольным животным. Однако общая антиоксидантная активность в плазме снижается на 17,6% по сравнению с контролем. У крысят в возрасте 30 дней все три показателя (ООА – 15,2%, ОАА – 61,1% в плазме и ОАА в эритроцитах – 61,2%) увеличиваются по сравнению с контролем. Согласно результатам, наблюдается нарушение оксидант-антиоксидантного баланса крови развивающегося организма, подвергнутого воздействию неионизирующего электромагнитного излучения во время внутриутробного развития, что позволяет говорить о низкой антиоксидантной активности крови в раннем постнатальном онтогенезе (20-дневный возраст) и превышающей норму – в относительно старшем возрасте (30-дневный возраст).

Настоящее исследование показало, что крысят, рожденные от матерей, подвергшихся облучению на разных этапах пренатального онтогенеза, имеют более низкие уровни, как гемоглобина, так и общего белка в 20-дневном возрасте. Анализ динамики показателей крови пренатально облученных крыс в постнатальном онтогенезе выявляет некоторую гетерохронию в изменении отдельных показателей. Так, в раннем постнатальном онтогенезе изменения концентрации гемоглобина и общего белка имеют разнонаправленный характер: концентрация общего белка к 20-дневному возрасту повышена по отношению к контрольным животным, а концентрация гемоглобина первоначально снижается и лишь после 20 дней жизни начинает увеличиваться. Таким образом, наблюдается развитие так называемой ранней постнатальной «анемии».

Отставленное влияние электромагнитного излучения на показатели периферической крови, которые являются косвенными признаками нарушений физиологически протекающих в организме процессов, замедления окислительно-восстановительных реакций, гипоксических проявлений, снижения и ослабления иммунного ответа и реактивности, что не может не отразиться на жизнедеятельности и продолжительности жизни организма в целом.

Таким образом, электромагнитное облучение крыс во время беременности способно изменить характер развития биохимии потомства в пренатальном и постнатальном онтогенезе. Общая направленность этих изменений указывает на преобладание процессов торможения развития.

#### Список литературы/References:

1. Шилкова Т.В. Особенности действия электромагнитного поля дециметрового диапазона на систему крови экспериментальных животных в период беременности. *Вестник ЧГПУ*, 2011, № 7. с. 335-342. [Shilkova T.V. Osobenoosti deystviya elektromagnitnogo polya desimetrovoogo diapazona na sistemu krovi eksperimentalnix zhivotnix v period beremennosti. *Vestnik ChGPU*, 2011, no. 7, pp. 335-342. (In Russ.)]
2. Hanci H. Can prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field affect the morphology of the spleen and thymus, and alter biomarkers of oxidative damage in 21-day-old male rats. *Biotech Histochem.*, 2015.
3. Шибкова Д.З., Овчинникова А.В. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем. *Успехи современного естествознания*, 2015, № 5, с. 156-159. [Shibkova D.Z. Ovchinnikova A.V. Effekti vozdeystviya elektromagnitnykh izlucheniy na raznix urovnyakh organizatsii biologicheskikh sistem. *Uspexi sovremenooqo estestvoznaniya*, 2015, no. 5, pp. 156-159. (In Russ.)]
4. Колбасин Н.П. Влияние электромагнитного излучения средств мобильной связи на морфологическую структуру эритроцитов человека. *Таврический медико-биологический вестник*, 2013, т. 16, № 1, ч. 2, с. 82-84. [Kolbasin N.P. Vliyanie elektromagnitnogo izlucheniya sredstv mobilnoy svyazi na morfologicheskuyu strukturu eritrositov cheloveka. *Tavricheskiy metod-biologicheskiiy vestnik*, 2013, vol. 16, no. 1, iss. 2, pp. 82-84. (In Russ.)]
5. Хадарцев А.А., Яшин А.А., Субботина Т.И., Терешкина О.В. Исследование репродукции мышей линии c57/bl6 и рандомбредных мышей в экспериментах с воздействием неионизирующих высокочастотных излучений. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*, 2006, no. 4, pp. 429-432. [Khadartsev A.A., Yashin A.A., Subbotina T.I., Tereshkina O.V. Investigation of the reproduction of c57 / bl6 mice and randombred mice in experiments with exposure to non-ionizing high-frequency radiation. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2006, no. 4, pp. 429-432. (In Russ.)]
6. Тряпицина Г.А. Влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на состояние кровеносной системы у мышей. *Вестник Челябинского государственного университета*, 2008, № 4, с. 88-90. [Tryapitsina G.A. Vliyanie izlucheniya radiochastotnogo diapazona na sostoyanie krovenostnoy sistemi u myishey. *Vestnik Celyabinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2008, no. 4, pp. 88-90. (In Russ.)]

**INFLUENCE OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE DECIMETER RANGE ON THE CONCENTRATION OF TOTAL PROTEIN AND HEMOGLOBIN IN BLOOD OF RAT OFFSPRING IRRADIATED IN THE PRENATAL PERIOD**

**Kulieva A.T.**

Academician Abdulla Garayev Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan  
*Baku, Azerbaijan; e-mail: aqulieva@icloud.com*

**Abstract.** The aim of this work is to study the concentration of total protein and the level of hemoglobin in the blood of rat offspring after exposure to electromagnetic radiation during intrauterine development. Pregnant rats were irradiated with EMR 460 MHz on the "Volna-2" apparatus in a metal cylindrical chamber. Irradiation was carried out daily for 20 minutes, during the embryonic, pre-fetal and fetal periods of prenatal development (1-7, 8-16, 17-21 days of pregnancy) at a radiation power flux density of 30  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Studies have shown that 20-day-old rat pups taken from mothers exposed to radiation in each of the three periods of prenatal development have lower hemoglobin and total protein levels than the control group. The greatest decrease is observed in pups irradiated during the embryonic period. In 30-day-old rat pups, these parameters show characteristic differences for three periods of intrauterine irradiation. The content of hemoglobin and total protein is increased for rat pups irradiated during the embryonic and fetal periods; the greatest growth is observed in rat pups after irradiation in the embryonic period. In general, after birth, changes in the concentration of hemoglobin and total protein have a multidirectional nature: the concentration of total protein tends only to increase, and the concentration of hemoglobin initially decreases and begins to increase only after 20 days of life. Thus, the influence of electromagnetic radiation on the peripheral blood parameters, which are indirect signs of disturbances in physiological processes in the body, slowing down of redox reactions, a decrease and weakening of the immune response and reactivity, which cannot but affect the vital activity and life expectancy of the rat as a whole.

**Key words:** *electromagnetic radiation, total protein, hemoglobin, prenatal development.*