УДК 612.015:[556.31:612.392.6](470.44):001.891.5(045)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД САРАТОВСКОГО РЕГИОНА С РАЗЛИЧНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА

© 2015 Ш.Ж. Мусаев¹, А.Н. Данилов², Ю.Ю. Елисеев¹, И.Н. Луцевич¹ Саратовский государственный медицинский университет ² Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены

Статья поступила в редакцию 21.11.2015

Проведенные экспериментальные исследования показали, что воды с различными показателями минерального состава могут оказывать неблагоприятное воздействие на функциональное состояние организма животных, сопровождаемые выраженными сдвигами в гомеостазе буферной системы и электролитном обмене.

Ключевые слова: функциональное состояние, организм, лабораторные животные, питьевая вода, минеральный состав, природные подземные воды

Постоянный рост уровня водопотребления населением РФ, с одной стороны, и устойчивое загрязнение поверхностных водоисточников, низкая эффективность водоочистных сооружений в отношении химических поллютантов, все больше заставляют обращаться к вопросу о возможности использования подземных водоемов [4, 7]. Отмечают, что подземные воды, надежные в эпидемиологическом отношении, часто изобилуют не только высоким уровнем общей минерализации, но и нестандартными показателями минерального состава [1-3, 6]. Давно известно, что сульфатные классы вод обладают не только горьким вкусом, но и влияют на функциональное состояние желудочно-кишечного тракта, приводя, чаще всего, к слабительному эффекту. Хлоридные воды не только соленые на вкус, но и способствуют развитию сердечно-сосудистой патологии. Напротив, щелочные воды, особенно, содержащие ионы натрия, калия, образуя карбонаты и бикарбонаты, по общему мнению, не только обуславливают благоприятные вкусовые свойства, но и безопасны по санитарно-токсикологическим

Употребление достаточного количества воды является обязательным условием для нормального функционирования всех функциональных систем в живом организме. При этом выделение воды из организма, а также постоянное пополнение ее запасов регулируется тонко координированным механизмом, в результате действия которого общее содержание воды в организме лишь незначительно колеблется около некоторого постоянного уровня. Так, существует тесная зависимость между дефицитом воды в организме и количеством выпиваемой воды. Под самим понятием «жажда» сегодня принято понимать тонкое приспособление, выработанное

Mycaeв Шавкат Жиганшаевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры общей гигиены и экологии. E-mail: yeliseev55@mail.ru

Данилов Алексей Николаевич, кандидат медицинских наук, директор. E-mail: docvol@yandex.ru

Елисеев Юрий Юрьевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии. E-mail: yeliseev55@mail.ru

Луцевич Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой гигиены. E-mail: ilutsevich@yandex.ru

в процессе эволюции, предохраняющее организм от тяжелых последствий водного дефицита. Чувство жажды обуславливается очень сложными реакциями, как местного, так и общего характера. Основная причина, вызывающая жажду - изменение состояния внутренней среды организма. На уровень водопотребления влияют многие факторы: качество питьевой воды, система водоснабжения (централизованная, децентрализованная), климатические условия, состояние организма и др. Из физиологических принципов совершенно исключительную роль в этом отношении могут играть взаимоотношения питьевого центра с вкусовым. Наличие в питьевой воде каких-либо солей, других соединений, придающих ей вкусовые свойства, может резко изменить питьевую реакцию.

Цель работы: экспериментальное изучение влияния на функциональное состояние организма лабораторных животных природных вод различного солевого состава, используемых населением Саратовской области для питьевых целей.

Материалы и методы. Исследования проводили на 80 белых беспородных половозрелых крысах. Крысы содержались в индивидуальных клетках на стандартном рационе вивария со свободным доступом к воде и пище. При работе с животными соблюдали принципы гуманности, изложенные в Хельсинской декларации. Хронический эксперимент на животных, длившийся в течение года, проводили с водой подземных водоисточников, используемых населением для питьевых целей. Контролем служила стандартная очищенная питьевая вода, получаемая населением левобережнего г. Энгельса Саратовской области по централизованной системе водоснабжения из р. Волга.

Влияние на организм животных испытуемой воды изучалось по показателям: количество среднесуточного потребления исследуемой воды и объем за тот же период диуреза, определение удельного веса (плотности) и кислотности мочи. Пробы мочи собрали за 4-часовые промежутки в течение суток, фильтровали через бумажный фильтр для удаления примесей и измеряли объем [5]. В плазме крови лабораторных животных методом пламенной фотометрии определяли содержание микроэлементов. С этой целью плазму предварительно разводили дистиллированной водой в соотношении 1:50. Для

расчета содержания ионов были построены калибровочные графики в системе координат: концентрация ионов в стандартных растворах (мМоль/л) и соответствующая ей экстинкция.

Изучение химического состава питьевой воды и воды подземных водоисточников проводилось общепринятыми в гигиенических исследованиях методами химического анализа воды. Щелочность и массовую концентрацию карбонатов и гидрокарбонатов определяли титрованием воды раствором сильной кислоты электрометрическим методом по ГОСТ 31957-2012. Определение общей жесткости воды проводили титрованием пробы трилоном Б при рН 10 в присутствии индикатора по ГОСТ 4151-72. В качестве индикаторов использовали хром темно-синий кислотный, хромоген черный специальный ЕТ-00. Содержание хлоридов устанавливали путем титрования азотнокислым серебром по ГОСТ

4245-72. Сульфаты оценивали турбидиметрическим методом по ГОСТ 4389-72. Для испытаний использовали ФЭК, кюветы с толщиной поглощающего свет слоя 20 мм. Определение ионов кальция и магния в воде проводили титриметрическим методом по ГОСТ 23268.5-78. Метод определения ионов кальция и магния основан на способности комплексона III (фиксанал) образовывать в щелочной среде в интервале рН 12-13 комплексные соединения с ионами кальция, а при рН 10 еще и с ионами магния. Метод позволял определить более 1 мг ионов кальция и от 1 мг ионов магния в пробе с пределом погрешности измерений 0,02 при числе измерений п = 5 с доверительной вероятностью 0,95. Определение ионов натрия и калия в воде проводили по ГОСТ Р 53887-2010 «Методы определения содержания катионов с использованием капиллярного электрофореза».

Таблица 1. Характеристика минерального состава исследуемых подземных вод и питьевой воды, используемой в качестве контроля

| Показатели | Стандарт- | Левобережные грунтовые подземные источ- | | | | | | |
|-----------------------|--------------|---|-------------|--------------|--|--|--|--|
| минерального | ная | ники | | | | | | |
| состава | питьевая | с. Усть-Караман | с. Долина | с. Шумейка | | | | |
| | вода р. Вол- | (І группа) | (II группа) | (III группа) | | | | |
| | га | | · | · | | | | |
| общая минера- | 279±11 | 1580±150 | 1650±160 | 1832±164 | | | | |
| лизация (мг/л) | | | | | | | | |
| жесткость, (мг-экв/л) | 2,4±0,3 | 19,8±1,2 | 15,6±1,1 | 6,6±0,8 | | | | |
| сульфаты (мг/л) | 33,4±4,1 | = | 690±35 | 489,6±27 | | | | |
| хлориды (мг/л) | 32,3±3 | 580±30 | 550±35 | 230±15 | | | | |
| НСО3 (мг/л) | 27,1±2,7 | 120,6±8,9 | 97,7±7,8 | 1286±74 | | | | |
| Са (мг/л) | 40,2±3,2 | 402±43,8 | 309,4±24,4 | 140±12,6 | | | | |
| Na (мг/л) | 14,8±0,6 | 688±21,1 | 846±42,2 | 43,7±4,3 | | | | |
| К (мг/л) | 2,5±0,3 | 832,4±46,15 1118,2±5 | | 56,4±4,6 | | | | |
| Мg (мг/л) | 25,3±3,2 | 240,4±16,7 | 180,8±8,4 | 55,2±3,8 | | | | |

Результаты и их обсуждение. В качестве исследуемой воды были выбраны воды трех подземных водоисточников левобережных районов Саратовской области с различным уровнем минерализации (табл. 1). Первый подземный водоисточник (I) был расположен в с. Усть-Караман Энгельского района, грунтовая вода которого при общей минерализации 1580±150 мг/дм³ содержала избыток хлоридов (580±30 мг/дм³ при отсутствии сульфатов и относилась к хлоридному классу. Подземная вода второго водоисточника (II), расположенного в с. Долина Федоровского района, относилась к сульфатно-хлоридному классу (690±35 мг/дм³ и 550±35 мг/дм³ соответственно) с общей минерализацией 1650 ± 160 мг/дм³ и жесткостью $15,6\pm1,1$ мгэкв/дм³. Вода третьего подземного водоисточника (III), находящегося на территории с. Шумейка Энгельского района, относилась к водам щелочного класса с преобладанием иона HCO_3 (1286 \pm 74 мг/дм³), общей минерализацией на уровне 1832±164 мг/дм³ и жесткостью 6,6±0,8 мг/дм³. Контролем служила очищенная вода централизованного источника водоснабжения (р. Волга), используемая населением г. Энгельса Саратовской области, с уровнем общей минерализации, жесткостью, содержанием

сульфатов и хлоридов в соответствии со стандартом СанПиН 2.1.4.1074-01 на качество «Вода питьевая».

Систематически проводимое наблюдение за состоянием лабораторных животных показало, что поведение, состояние волосяного покрова, характер питания (прием корма), подопытной и контрольной групп животных были практически идентичны. Особое внимание обращалось на потребление исследуемой воды лабораторными животными. В течении эксперимента не было зарегистрировано каких-либо существенных особенностей в поведении животных под воздействием воды с различным уровнем минерализации. Более того, суточное потребление воды белыми крысами опытных групп было даже несколько выше, чем контрольной, однако достоверно данный факт отмечался только после искусственно вызываемой у животных жажды (сухоедение), когда наблюдение проводили через каждые 10 минут потребления воды. В табл. 2 представлены усредненные величины количества выпитой воды (в мл) в пересчете на каждую исследуемую группу животных.

Как видно, употребление воды контрольной и исследуемых групп животных было различным. Эта разница к концу 30 минут во всех изучаемых группах после сухоедения была достоверной, в

сравнении с контрольной (р ≤ 0,05). Вместе с тем, достоверной разницы между собой в исследуемых группах в количестве выпитой воды отмечено не было. Данное наблюдение можно объяснить тем,

что питьевая вода с повышенной минерализацией, в том числе и щелочностью, плохо утоляет жажду у животных.

Таблица 2. Динамика потребления воды белыми крысами после сухоедения (учет воды для всей группы)

| Группы животных | Кол-во белых | Класс ис- следуемой | Кол-во выпитой воды (мл) в течение | | | |
|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------|-----------|--|
| | крыс в группе | воды | 10 минут | 20 минут | 30 минут | |
| контроль | 20 | стандартная | 47,2±3,8 | 75,6±5,6 | 88,0±4,9 | |
| 1 группа | 20 | хлоридная | 56,7±4,9 | 85,2±6,8 | 107,2±7,6 | |
| 2 группа | 20 | сульфатно- хлоридная | 67,2±5,5 | 91,5±7,8 | 116,8±8,8 | |
| 3 группа | 20 | щелочная | 58,7±4,8 | 87,2±6,9 | 109,2±8,7 | |

С целью изучения выделительной функции почек ежемесячно у каждого животного из каждой группы проводили сбор мочи на исследование суточного диуреза, определения удельного веса и кислотности. Установлено, что удельный вес мочи во всех группах колебался в значительных пределах (минимальные значения составили 1016±7,8, максимальные – 1046±10,2), отражая количество принятой воды, характер питания и индивидуальные особенности организма животных. В целом средняя суммарная величина плотности мочи у подопытных животных и в контрольной группе не выявила достоверной разницы в течение всего эксперимента. Аналогичные данные были получены и в отношении средних величин кислотности мочи и средних величин объема диуреза, которые как в контрольной, так и в опытных группах колебались на протяжении всего исследования в широких пределах. Вместе с тем изучение функционального состояния почек путем определения диуреза у животных контрольной и опытных групп при введении водной нагрузки выявило различие в отношении данного показателя (табл. 3). Постановка данной пробы заключалась в установлении резервной способности почек и распознавании т.н. относительной недостаточности, в начале компенсируемой. Введение нагрузочной воды в организм белых крыс осуществлялось принудительно через зонд в два этапа: 5 мл и через час еще 3 мл. Стандартная (контрольная) вода, введенная в виде нагрузочной пробы, уже через час вызывала у животных усиление диуреза, а через 24 часа вся введенная жидкость выделялась с мочой. Во всех опытных группах в течение первых 3 часов характер диуреза у крыс был аналогичен контрольной группе. Однако в дальнейшем количество введенной мочи постепенно понижалось и к 24 часу

было достоверно ниже, чем в контроле. Так, если к третьему часу после нагрузочной пробы диурез у белых крыс всех изучаемых групп был примерно одинаков $(1,5\pm0,6-1,8\pm0,4 \text{ мл})$, то через 24 часа количество выделенной животными мочи в опытных группах (6,8±0,7; 7,2±0,7; 6,6±0,6 мл) было достоверно ($P \le 0,005$) ниже, чем и контрольной ($8,8\pm0,4$ мл). Данный факт, видимо, можно объяснить так: если на первых этапах диурез в основном зависит лишь от количества принятой воды, то в дальнейшем характер диуреза определяется еще и химическим составом всасываемого в кровь раствора. Водная нагрузочная проба показала, что длительное употребление высокоминерализованной воды различных классов приводит к функциональным сдвигам в буферном водно-солевом обмене организма и определяет количество выделяемой мочи.

Изучение обмена электролитов в организме лабораторных животных под влиянием питьевой воды различного солевого состава проводилось в связи с тем, что их дисбаланс может сказаться на функциональном состоянии органов и систем, а в последующем на возникновении устойчивых патологий, приводящих к заболеваниям. Установлено, что содержание изучаемых ионов в плазме крови крыс выявило определенные сдвиги.

Так, уровень различных микроэлементов вначале эксперимента в опытных и контрольных группах почти не различался. Не было существенной разницы со стороны указанных электролитов и к 6 месяцу эксперимента (табл. 4.). Однако начиная с 9 месяца исследований и, особенно, на последнем этапе (12 месяцев) опыта у животных третьей группы, получавших воду щелочного класса, в плазме крови были выявлены заметные изменения в содержания K, Na и Ca.

Таблица 3. Динамика диуреза белых крыс при водной нагрузке

| Группы живот- | Класс нагру- зочной воды | Количество мочи в (мл), собранной через интервал в (час) | | | | |
|------------------|-----------------------------|--|---------|---------|---------|---------|
| ных | | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 |
| контроль | стандартная | 1,2±0,4 | 1,6±0,3 | 3,6±0,6 | 5,5±0,4 | 8,8±0,4 |
| 1 группа | хлоридная | 1,3±0,5 | 1,7±0,5 | 1,9±0,8 | 3,9±0,6 | 6,8±0,7 |
| 2 группа | сульфатно- хлоридная | 1,3±0,3 | 1,8±0,4 | 1,8±0,7 | 4,0±0,6 | 7,2±0,7 |
| 3 группа | щелочная | 1,4±0,5 | 1,5±0,6 | 1,9±0,6 | 3,9±0,5 | 6,6±0,6 |

| P | 17 | 1./ | 17 | | | (| -N/ /-> - |
|------------------|----------------------|----------------|---|------------|------------|------------|------------|
| Группы живот- | Класс ис- следуе- | Мик- роэле- | Количество микроэлементов в плазме крови (мМоль/л), в динамике наблюдения (месяц) | | | | |
| ных | мой воды | менты | 1 3 6 9 12 | | | | |
| контр. | стандарт. | K | 5,17±0,1 | 5,0±0,6 | 5,12±0,4 | 5,09±0,4 | 5,34±0,4 |
| Konip. | стандарт. | Na | 128,8+8,33 | 126,6±9,77 | 132,8±8,25 | 128,6±9,55 | 129,8±8,67 |
| | | Ca | 1,76±0,16 | 1,87±0,18 | 1,96±0,15 | 1,78±0,2 | 1,78±0,18 |
| | | Mg | 0,85±0,17 | 0,95±0,10 | 0,88±0,15 | 0,92±0,16 | 0,94±0,2 |
| 1 группа | хлоридная | K | 5,18±0,2 | 5,21±0,5 | 5,07±0,3 | 4,99±0,4 | 4,89±0,5 |
| Ттруппи | мюридная | Na | 131,6±8,42 | 129,5±9,67 | 132,6±8,87 | 141,7±7,65 | 144,4±8,48 |
| | | Ca | 1,77±0,16 | 1,88±0,21 | 1,79±0,18 | 1,69±0,16 | 1,67±0,12 |
| | | Mg | 0,86±0,4 | 0,95±0,10 | 0,88±0,15 | 0,92±0,15 | 0,96±0,20 |
| 2 группа | сульфат- | K | 5,17±0,008 | 5,21±0,50 | 5,15±0,30 | 4,88±0,60 | 4,80±0,50 |
| | но- | Na | 129,7±9,41 | 132,5±7,69 | 133,8±9,57 | 143,7±8,85 | 146,4±9,54 |
| | хлоридная | Ca | 1,77±0,16 | 1,78±0,22 | 1,77±0,20 | 1,68±0,15 | 1,66±0,18 |
| | 1 | Mg | 0,85±0,19 | 0,90±0,10 | 0,89±0,18 | 0,92±0,18 | 0,98±0,30 |
| 3 группа | щелочная | K | 5,17±0,20 | 5,22±0,30 | 5,10±0,30 | 4,87±0,40 | 4,15±0,4 |
| F , | , | | -, -, - | -, -, | .,, | ,, - | P≤0,05 |
| | | Na | 126,7±9,44 | 129,5±9,67 | 138,6±8,89 | 147,7±9,69 | 154,4±7,68 |
| | | | | | | , , | P≤0,05 |
| | | Ca | 1,72±0,20 | 1,84±0,30 | 1,87±0,20 | 2,12±0,20 | 2,43±0,11 |
| | | | | | | | P≤0,05 |
| | | Mg | 0,9±0,17 | 0,88±0,20 | 0,86±0,16 | 0,78±0,14 | 0,73±0,18 |

Таблица 4. Содержание микроэлементов в плазме крови белых крыс в динамике наблюдения

Концентрация К в плазме крови опытной и контрольной групп соответственно составляла 4,15±0,4 и 5,34±0,4 мг-экв/л, а Na 129,8±8,67 и 154,4±7,68 мг-экв/л, т.е разница была достоверной. Задержка Са в плазме крови животных, получавших щелочную воду, тоже была достоверной (табл. 4). Снижение концентрации ионов К и задержка в плазме крови концентрации ионов Na и Ca может видимо говорить о протекании адаптационных процессов в ответ на длительное воздействие щелочной воды.

Выводы: полученные данные говорят о корреляционных связях выявленных нарушений электролитного обмена с продолжительностью действия изучаемого фактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Лаврентьев, М.В. Гигиеническая оценка качества питьевой воды, полученной с использованием локальных систем очистки / М.В. Лавреньев, А.А.Орлов, Ю.Ю. Елисеев // Фундаментальные исследования. 2011. № 9-3. С. 421-425
- Мосияш, С.А. Гигиенические аспекты использования малых водотоков нижнего Поволжья для сельского водо-

- снабжения / С.Я. Мосияш, А.А. Орлов, М.В. Накарякова и др. // Здоровье населения и среда обитания. 2011. №11. С. 27-29
- Мусаев, Ш.Ж. Механизмы поведения химических соединений в поверхностном, объемном слоях и донных отложениях водоемов при их антропогенном загрязнении / Ш.Ж. Мусаев, Ю.Ю. Елисеев, И.Н. Луцевич // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011.-№ 1(8). С. 1914-1916.
- Мусаев, Ш.Ж. Барьерная роль водоочистных сооружений, расположенных в агропромышленных районах Саратовской области на поверхностных водоисточниках / Ш.Ж. Мусаев, Ю.Ю. Елисеев, И.Н. Луцевич, С.И. Луцевич // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6. С. 575-578.
- Новицкая, Л.Н. Особенности ритмической организации суточной динамики содержания лития в мозге, крови и моче крыс. – Дисс...канд, биолог. наук: Томск, 2005. 186 с.
- Сергеева, Е.С. Комплексная санитарно-гигиеническая оценка рек питьевого назначения / Е.С. Сергеева, Ю.Ю. Елисеев // Саратовский научно-медицинский журнал. 2008. Т. 4, №4. С. 18-21.
- Штанников, Е.В. Отдаленные эффекты влияния продуктов трансформации пестицидов и поверхностно-активных веществ / Е.В. Штанников, Н.Ю. Степанова, И.Е. Ильин, Ю.Ю. Елисеев // Гигиена и санитария. 1980. №6. С. 14-16.

EXPERIMENTAL STUDYING OF THE ORGANISM FUNCTIONAL STATE UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL UNDERGROUND WATERS OF SARATOV REGION WITH DIFFERENT INDICATORS OF MINERAL STRUCTURE

© 2015 Sh.Zh. Musayev¹, A.N. Danilov², Yu.Yu. Eliseev¹, I.N. Lutsevich¹

Saratov State Medical University

Saratov Scientific Research Institute of Rural Hygiene

The conducted experimental studies showed that waters with different indicators of mineral structure can make an adverse effect on a functional state of the animals organism, accompanied with the expressed shifts in homeostasis of buffer system and an electrolytic exchange.

Key words: functional state, organism, laboratory animals, drinking water, mineral structure, natural underground waters

Shavkat Musaev, Candidate of Medicine, Assistant at the Department of Common Hygiene and Ecology. E-mail: yeliseev55@mail.ru; Aleksey Danilov, Candidate of Medicine, Director. E-mail: docvol@yandex.ru; Yuriy Eliseev, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Common Hygiene and Ecology Department. E-mail: yeliseev55@mail.ru; Igor Lutsevich, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Hygiene Department at the Medical Prevention Faculty. E-mail: ilutsevich@yandex.ru