

ВЛИЯНИЕ СВЧ-ОБЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СРОКОВ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧКАХ И КРОВИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Н.Н. Моисеенко

*ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины»
г. Днепропетровск, Украина*

Современный человек не представляет своей жизни без мобильного телефона, СВЧ-печи, WiFi-роутера. Сегодня идет спор в мировом научном сообществе о безвредности данных предметов быта, из-за микроволнового излучения. До сих пор нет единого мнения о последствиях влияния микроволнового излучения на организм человека.

В 2002 году рядом ученых был проведен эксперимент по изучению влияния электромагнитного излучения от GSM-телефона с частотой 0,9 ГГц на содержание микроэлементов в саженцах льна (*Linum usitatissimum* L.). Облучение проводилось в течение двух часов. Получены следующие результаты: произошло снижение содержания кальция, натрия, калия и повышение содержания магния в образцах саженцев льна [1]. Следует отметить, что плотность потока энергии во время разговора по мобильному телефону (GSM-телефон) составляет до 2 мВт/см², а во время соединения достигает 18 мВт/см².

В нашем исследовании изучалось изменение содержания натрия, калия и кальция в паренхиме почек и крови крыс линии Вистар под влиянием СВЧ-излучения с плотностью потока энергии 6–7 мВт/см².

Ионы натрия, калия и кальция создают осмотическое давление, определяют возбудимость тканей и проницаемость биологических мембран.

Основным катионом внеклеточного водного пространства является натрий. Только 2,5% количества натрия находится в клетках, примерно 1/3 всего количества прочно связана кристаллическими структурами костей и исключена из обменных процессов, остальной натрий находится в диффузионном равновесии с натрием плазмы крови, что позволяет компенсировать его кратковременные потери (при сильном потоотделении, поносе) [7]. Натрий играет роль в процессах возбуждения, создании величины осмотического давления жидкостей внутренней среды, распределении и выведении воды из организма, уча-

ствует в функции бикарбонатной буферной системы [6], в транспорте углекислого газа, гидратации белков. От натрия зависит транспорт аминокислот, сахаров, различных неорганических и органических анионов через мембраны клеток. Около 40% всего натрия находится в костной ткани, в основном, во внеклеточной жидкости — до 303 ммоль/кг сырого веса. В паренхиме почек человека содержится 86,9 ммоль/кг сырого веса, в сыворотке крови — до 141 ммоль/л, в моче — до 134,8 ммоль/л [5]. Выводится натрий из организма, в основном, с мочой (95%) [5].

Во внутриклеточном пространстве основной катион — калий. В противоположность натрию только 2,5% его находится во внеклеточной среде [7]. Калий участвует в поддержании постоянства состава клеточной и межклеточной жидкости, кислотно-щелочного равновесия, водно-солевого баланса, осмотического давления, нервно-мышечной возбудимости и проводимости, нормального уровня кровяного давления. Он также участвует в обеспечении межклеточных контактов, биоэлектрической активности клеток, нервной регуляции сердечных сокращений, в обеспечении выделительной функции почек. Играет роль катализатора при обмене углеводов и белков [5]. Выводится калий с мочой, потом и через желудочно-кишечный тракт. В паренхиме почек человека содержится до 0,06 ммоль/кг сырого веса, в сыворотке крови — до 5,5 ммоль/л, в моче — до 48,6 ммоль/л [5].

Нормальное протекание молекулярных процессов в клетке критически зависит от постоянства внеклеточной концентрации ионов кальция. Внутриклеточная концентрация кальция на 4 порядка ниже внеклеточной [7]. Ионы кальция контролируют электрохимическое сопряжение при сокращении мышц, влияют на натриевую проводимость возбудимых клеток, увеличивают проницаемость клеточной мембраны для калия, воздействуют на работу ионных насосов, способствуют высвобождению нейромедиаторов в синапсах, стимулируют секретор-

ную активность экзокринных желез, обеспечивают высвобождение гормонов, играют определенную роль в свертывании крови и регулируют активность ферментов [6, 7]. В организме кальция распределен неравномерно: около 99% его количества приходится на костную ткань и лишь 1% содержится в других тканях (1 г в плазме крови, 6–8 г в мягких тканях). В цельной крови концентрация кальция достигает 2,25–2,5 ммоль/л (90–100 мг/л), из них 40–45% связаны с белками плазмы, 8–10% находятся в комплексе с ионами, например, цитратом, 45–50% диссоциированы в виде свободных ионов. В паренхиме почек человека концентрация кальция достигает 0,00425 ммоль/кг сырого веса, в моче – 4,5 ммоль/л [5]. Выводится кальций из организма через кишечник и почки.

Материалы и методы исследования. Проведено исследование на 30 половозрелых крысах-самцах линии Вистар, средняя масса тела составляла 215,0 граммов. Животные находились в безэховой камере, где подвергались действию СВЧ-излучения 3 см диапазона с плотностью потока энергии 6–7 мВт/см² в течение 8 часов в сутки на протяжении 10 суток (I серия), 30 суток (II серия), 90 суток (III серия), а также 10 суток облучения с выведением из опыта через 5 (IV серия) и 10 (V серия) суток, после прекращения облучения.

Контролем служили 5 животных. Все животные находились в одинаковых условиях и на одинаковом пищевом и водном режиме. Ежедневно проводилась оценка общего состояния животных. Через 10, 30, 90 суток, а также после 10 суток облучения с выведением из опыта через 5 и 10 суток с начала эксперимента животные вводились в гексеналовый наркоз, выполнялась декапитация и производился забор органов (почка, цельная кровь) для определения содержания в них микроэлементов – К, Na, Са.

Содержание микроэлементов определялось атомно-абсорбционным методом. Полученные результаты обработаны с помощью методов математической статистики.

Результаты и их обсуждение. В почке под влиянием СВЧ-облучения, в импульсном режиме, в течение 10 суток, произошло снижение содержания натрия, кальция и повышение содержания калия (табл. 1). Так, содержание натрия снизилось с 276,924 ммоль/л до 232,118 ммоль/л (t=1,5), кальция – с 6,029 ммоль/л до 5,615 ммоль/л (t=1,0). Содержание калия наоборот повысилось с 184,116 ммоль/л до 205,789 ммоль/л (t=1,5).

Через 30 суток облучения (рис. 1) происходит резкое увеличение содержания натрия до 408,890 ммоль/л (t=4,5) и кальция до 7,0740 ммоль/л (t=2,4). Содержание калия снижается, по сравнению с облучением в течение 10 суток. Так, содержание калия составило 201,212 ммоль/л (t=2,4).

Через 90 суток облучения содержание калия и кальция повысилось и составило: калия – 264,9006 ммоль/л (t=11,1), кальция – 12,7633 ммоль/л (t=4,1), а содержание натрия снизилось и составило 305,164 ммоль/л (t=2,9). Но все показатели остались выше по сравнению с контролем.

Содержание микроэлементов в почке у животных, выведенных из опыта через 5 суток, после 10-суточного СВЧ-облучения также увеличивается, кроме натрия, содержание которого снижается (рис. 2). Так, содержание калия составило 315,9530 ммоль/л (t=12,4), натрия – 232,5890 ммоль/л (4,7), кальция – 19,1034 ммоль/л (t=5,8). Высоким содержанием микроэлементов остается и через 10 суток, после 10 суток СВЧ-облучения, кроме натрия, уровень которого продолжает снижаться. Так, содержание калия в почках крыс составило 325,6810 ммоль/л (t=19,0), натрия – 224,030 ммоль/л (t=5,5), кальция – 14,3010 ммоль/л (t=10,6).

В крови крыс содержание микроэлементов под влиянием 10 суток СВЧ-облучения изменилось неравномерно (табл. 2). Так, содержание калия, натрия резко снизилось, а кальция – существенно не изменилось. Содержание калия

Таблица 1

Содержание микроэлементов в почках крыс в зависимости от влияния различных сроков СВЧ-облучения (в ммоль/л)

Время облучения	К	t	Na	t	Ca	t
Контроль	184,1160	–	276,9240	–	6,0209	–
10 суток	205,7890	1,5	232,1180	1,5	5,6150	1,0
30 суток	201,9120	2,4	408,890	4,5	7,0740	2,4
90 суток	264,9006	11,1	305,164	2,9	12,7633	4,1
10/5 суток	315,9530	12,4	232,589	4,7	19,1034	5,8
10/10 суток	325,6810	19,0	224,0300	5,5	14,3010	10,6

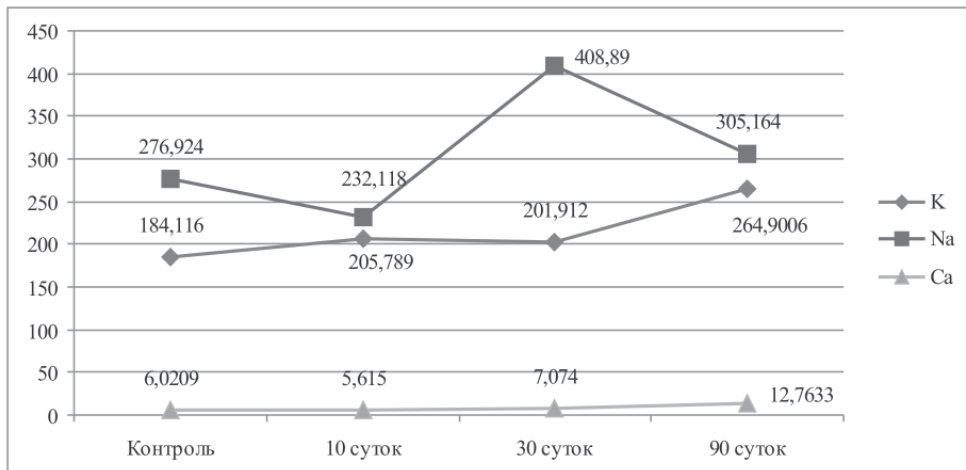


Рис. 1. Содержание микроэлементов в почках крыс в зависимости от влияния разных сроков СВЧ-облучения (в ммоль/л)

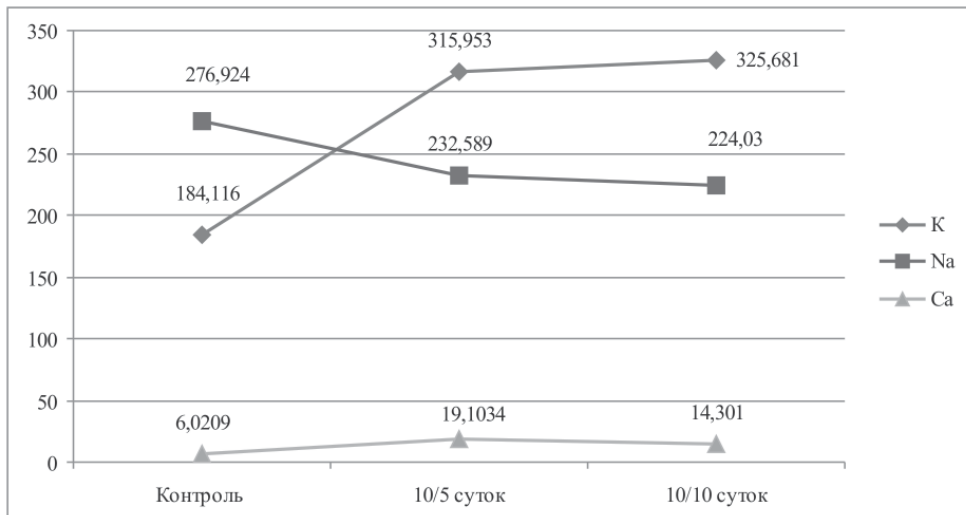


Рис. 2. Содержание микроэлементов в почках крыс в зависимости от влияния СВЧ-облучения сроком 10 суток и выведением из опыта через 5 и 10 суток (в ммоль/л)

Таблица 2

Содержание микроэлементов в крови крыс в зависимости от влияния различных сроков СВЧ-облучения (в ммоль/л)

Время облучения	K	t	Na	t	Ca	t
Контроль	51,5700	—	100,0640	—	1,5110	—
10 суток	38,5562	6,2	59,8703	3,0	1,5510	0,3
30 суток	50,842	0,3	82,864	1,5	1,424	1,2
90 суток	44,043	3,4	75,7244	2,4	1,1433	2,5

снизилось до 38,55618 ммоль/л (контроль – 51,570 ммоль/л) ($t=6,2$), натрия – до 59,870 ммоль/л (контроль – 100,064 ммоль/л) ($t=3,0$), содержание кальция практически не изменилось и составило 1,551 ммоль/л (контроль – 1,511 ммоль/л) ($t=0,3$).

Облучение в течение 30 суток способствовало повышению уровня содержания микроэлементов в крови (рис. 3). Так, содержание калия

составило 50,842 ммоль/л ($t=0,3$), натрия – 82,864 ммоль/л ($t=1,5$). Содержание кальция снизилось до 1,424 ммоль/л ($t=1,2$).

При облучении животных в течение 90 суток содержание всех микроэлементов незначительно снижается по сравнению с облучением в течение 30 суток. Так, до 44,043 ммоль/л ($t=3,4$) снизился уровень калия, натрия – до 75,7244 ммоль/л ($t=2,4$), кальция – до 1,1433 ммоль/л ($t=2,5$).

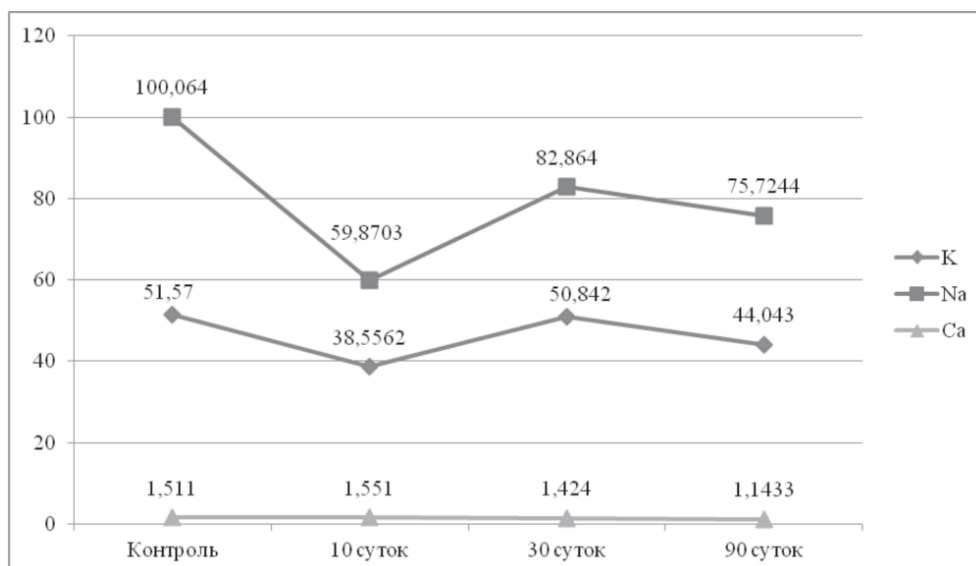


Рис. 3. Содержание микроэлементов в крови крыс в зависимости от влияния разных сроков СВЧ-облучения (в ммоль/л)

Вышеуказанные изменения могут привести к следующим патологическим состояниям в организме. Высокое содержание натрия в паренхиме почек приведет к внеклеточному обезвоживанию, нарушению процессов реабсорбции в канальцах почки (нарушится котранспорт аминокислот и глюкозы, всасывание воды, анионов бикарбоната), из-за изменения осмотического давления мочи [6].

Повышение содержания кальция в паренхиме почек повлияет на проницаемость клеточных мембран, в главной степени для калия (проницаемость снизится). Также его высокое содержание дополнительно повысит осмотическое давление [7, 5].

Гипонатриемия приводит к внутриклеточной гипергидрии. Ранними клиническими симптомами выступают апатия или возбуждение, атаксия, неадекватность поведения, головная боль; локальная мышечная слабость или гемипарез. При прогрессировании гипонатриемии появляются мышечные судороги и кома [4].

Гипокалиемия клинически проявляется развитием различных аритмий (суправентрикулярная тахикардия) и нарушениями проводимости, общей слабостью, метеоризмом, уменьшением кожной чувствительности, гипотонией скелетных мышц [2, 3].

Гипокальциемия ведет к развитию рахита у детей и остеопороза у взрослых [2]. Повышается возбудимость миокарда, что может приводить к экстрасистолии [3].

Следует помнить о существовании СВЧ-излучения и его возможном влиянии. Необходимо минимизировать контакт с источниками

СВЧ-излучения, в первую очередь, детей грудного, раннего детского и дошкольного возрастов, у которых метаболические процессы протекают намного быстрее чем у взрослых, а органы и системы еще не совершенны и развиваются.

Выводы.

1. Данное исследование показало достоверное изменение ионного состава в крови и паренхиме почек крыс под влиянием разных сроков СВЧ-излучения плотностью потока энергии 6–7 мВт/см².

2. Облучение в течение 10 суток ведет к снижению содержания натрия и кальция в паренхиме почек. Содержание калия в почках повышается.

3. К 30 суткам облучения содержание калия и кальция в почках начинает приближаться к исходному уровню, содержание натрия в почках резко увеличивается.

4. При облучении в течение 90 суток уровень всех микроэлементов в паренхиме почек остается повышенным по сравнению с контролем.

5. Облучение в течение 10 суток с последующим 5- и 10-дневным перерывом ведет к резкому увеличению содержания калия и кальция, снижению содержания натрия в почках.

6. В крови крыс после 10 суток облучения обнаружено снижение содержания калия и натрия, содержание кальция практически не изменяется. К 30 суткам содержание всех микроэлементов начинает приближаться к исходному уровню. При облучении в течение 90 суток уровень калия, натрия, кальция снижается и остается пониженным по сравнению с контролем.

Список литературы

1. Tafforeau M., Verdus M-C., Norris V., White G., Demarty M., Thellier M., Ripol C. SIMS study of the calcium-deprivation step related to epidermal meristem production induced in flax by cold shock or radiation from a GSM telephone // *J. Trace Microprobe Tech.* – 20(4):611–623, 2002.
2. Атаман А.В. Патологическая физиология в вопросах и ответах. – Київ: «Вища школа», 2000. – 316 с.
3. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии. – Москва: «МИА», 2012. – 559 с.
4. Пацієнти з порушеннями обміну натрію в практиці нефролога / Таран О.І. // *Почки.* – 2013. – № 4(6). – С. 87–92.
5. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – Москва: ОНИКС 21 век «Мир», 2004. – 218 с.
6. Ткаченко Б.И. Физиология человека. – Москва: «ГЭОТАР-Медиа», 2010. – 493 с.
7. Физиология человека / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – Москва: «Мир», 2007. – 875 с.

Реферат

ВПЛИВ НВЧ-ОПРОМІНЕННЯ РІЗНИХ СТРОКІВ НА ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В НИРКАХ ТА КРОВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТВАРИН

М.М. Моїсеєнко

Вивчений вплив НВЧ-опромінення різних строків на вміст мікроелементів (калію, натрію та кальцію) в нирках та крові експериментальних тварин. Щільність потоку енергії НВЧ-опромінення складала 6–7 мВт/см². Опромінення проводилось протягом 8 годин за добу впродовж 10, 30, 90 діб, а також 10 діб опромінення з виведенням із досліду через 5 та 10 діб, після закінчення опромінення.

Виявлено, що найбільші зміни вмісту натрію та калію в нирковій паренхімі виникають при строках опромінення у 30 діб. Найбільші зміни вмісту кальцію у нирковій паренхімі виникають при строках опромінення у 90 діб та 10 діб з виведенням із досліду через 5 днів.

Рівень вмісту калію, натрію і кальцію у цільній крові був нижче при строках опромінення 10, 30 та 90 діб, ніж у контролі.

У роботі проаналізовані клінічні прояви, виникають у людини при зміні рівня калію, натрію і кальцію у цільній крові та нирковій паренхімі.

Ключові слова: нирка, НВЧ-опромінення, мікроелементи калій, натрій, кальцій.

Summary

THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION OF VARIOUS TERMS ON THE CONTENT MICROELEMENTS IN THE KIDNEYS AND BLOOD OF THE TEST ANIMALS

N.N. Moiseenko

We investigated the influence of microwave radiation of various terms on the content microelements (potassium, sodium and calcium) in the kidneys and blood of the test animals. The energy flux density of microwave radiation was 6–7 mW/cm². Irradiation was carried out for 8 hours per day for 10, 30, 90 days and 10 days of irradiation with deducing from the experience after 5 and 10 days after cessation of exposure.

It was found that the greatest changes in the content of sodium and potassium in the renal parenchyma arise are in terms of exposure to 30 days. The greatest change in the content of calcium in the renal parenchyma takes place at the timing of exposure in 90 days and 10 days from the deducing of experience in 5 days.

The content of potassium, sodium and calcium in the whole blood at the timing of irradiation of 10, 30 and 90 days were lower than in the control group.

In this paper we analyzed the clinical manifestations that occur in humans when the level of potassium, sodium and calcium change in whole blood and the renal parenchyma.

Keywords: kidney, microwave radiation, microelements.