

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАРГАНЦА, МЕДИ И ЖЕЛЕЗА В ПЕЧЕНИ, ПОЧКАХ И КРОВИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ СВЧ-ОБЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СРОКОВ

Н.Н. Моисеенко

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины»

Введение. В 2011 году Международное Агентство по Изучению Рака (IARC) классифицировало электромагнитное излучение, возникающее во время использования мобильных устройств, как возможный канцероген [3, 5].

В США, Канаде, Австралии действует стандарт для предельно допустимого уровня электромагнитного поля на расстояние 5 см от микроволновой печи – 5 мВт/см² [1].

За последние 30 лет во многих странах мира (США, Канада, странах Западной и Восточной Европы, а также Ближнего Востока) проводилось большое количество исследований по влиянию электромагнитного микроволнового излучения на организм животных и людей. Согласно синтезу данных по материалам вышеупомянутых исследований, можно сделать следующие выводы по влиянию электромагнитного излучения с плотностью потока энергии от 5 до 100 мВт/см² на организм животных и человека [2, 4]:

- увеличивается число хромосомных аберраций и митотических повреждений в клетке;
- значительно повышается риск развития опухолей мозга (астроцитомы, менигиомы);
- в крови уменьшается количество лимфоцитов, в частности CD8-лимфоцитов, тромбоцитов, увеличивается количество незрелых эритроцитов, наблюдаются проявления лимфопении и нейтрофилии;
- повышается риск развития лейкозов;
- изменяется качество и количество спермы, снижается подвижность сперматозоидов;
- повышается риск развития рака яичек;
- появляются беспокойство, бессонница, проявления социальной дисфункции и депрессии.

Эти патологические процессы сопровождаются нарушением гомеостаза гормонов, ферментов, микроэлементов в организме человека.

В статье рассмотрены изменения уровня марганца, меди и железа в организме крыс линии Вистар под влиянием СВЧ-облучения (сверхвысокочастотного облучения) различных сроков.

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, 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 (печень, почка, цельная кровь) для определения содержания в них металлов Mn, Cu, Fe.

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

Результаты и их обсуждение. Марганец относится к важнейшим биоэлементам (микроэлементам) и является компонентом множества ферментов. Марганец быстро покидает кровяное русло и в тканях присутствует главным образом в митохондриях клеток. В повышенных количествах он присутствует в печени, трубчатых кос-

тах, поджелудочной железе, почках. В печени человека содержится от 0,009 до 0,036 ммоль/кг сырого веса, в крови – до 0,001 ммоль/л. Выводится преимущественно с калом, потом и мочой, так, с мочой выводится 0,03 мг в сутки, с калом – 3,6 мг в сутки [7]. Марганец выполняет в организме многочисленные функции: участвует в синтезе и обмене нейромедиаторов в нервной системе, препятствует свободно радикальному окислению, обеспечивает стабильность структуры клеточных мембран, нормальное функционирование мышечной ткани, развитие соединительной ткани, хрящей и костей, участвует в обмене гормонов щитовидной железы (тироксин), усиливает гипогликемический эффект инсулина, повышает гликолитическую активность, интенсивность утилизации жиров, снижает уровень липидов в организме, противодействует жировой дегенерации печени, участвует в регуляции обмена витаминов С, Е, группы В, холина, меди, участвует в обеспечении полноценной репродуктивной функции, необходим для нормального роста и развития организма [7].

Под влиянием СВЧ-излучения содержание марганца в печени экспериментальных животных на 10-е сутки облучения снизилось с 0,109 ммоль/л до 0,03500 ммоль/л (t=22,2) (табл. 1). К 30-м суткам облучения уровень марганца приближается к исходному, но все же остается ниже уровня у контрольных животных – 0,0809 ммоль/л (t=1,9); облучение в течение 90 суток ведет к дальнейшему увеличению содержания – 0,1416 ммоль/л (t=2,1). У крыс, выведенных из опыта через 5 суток, (после облучения, в течение 10 суток), происходит увеличение содержания марганца в печени до 0,2532 ммоль/л (t=2,0). У крыс, выведенных из опыта через 10 суток (после облучения в течение 10 суток), содержание марганца в паренхиме печени остается высоким и составляет 0,2394 ммоль/л (t=3,1).

Содержание марганца в паренхиме почек, под влиянием СВЧ-облучения различных сро-

ков, также изменяется неравномерно. На 10-е сутки облучения содержание снизилось с 0,0538 ммоль/л до 0,03880 ммоль/л (t=1,8). К 30-м суткам облучения происходит повышение содержания марганца в почках и достигает 0,0603 ммоль/л (t=0,8). К 90-м суткам облучения уровень марганца продолжает повышаться и достигает 0,1029 ммоль/л (t=4,3). Содержание марганца в почках у животных, выведенных из опыта через 5 суток, после 10-суточного СВЧ-облучения также увеличивается и составило 0,1481 ммоль/л (t=3,4). Высоким содержание остается и через 10 суток, после 10 суток СВЧ-облучения – 0,2075 ммоль/л (t=9,2).

Уровень марганца в крови к 10-м суткам СВЧ-облучения резко снизился по сравнению с контролем – 0,0008 ммоль/л (t=8,9) (контроль – 0,0027 ммоль/л). На 30-е сутки облучения содержание марганца в крови достигло контрольного уровня – 0,0021 ммоль/л (t=5,7). К 90-м суткам облучения уровень марганца продолжает расти и составляет 0,0038 ммоль/л (t=0,5) (рис. 1).

Медь в тканях организма человека распределяется неравномерно [6]. Максимальная концентрация отмечена в печени, почках, мозге и крови [7]. Так, содержание в почках 0,02–0,07 ммоль/кг сырого веса, в печени – 0,05–0,16 ммоль/кг сырого веса, в цельной крови человека до 0,02 ммоль/л. С калом за сутки выводится 3,37 мг, а с мочой – 0,05 мг [7]. Медь является жизненно важным элементом, который входит в состав многих витаминов, гормонов, ферментов (тирозидаза, церулоплазмин, цитохромоксидаза), дыхательных пигментов, участвует в процессах обмена веществ, в тканевом дыхании. Ферменты типа цитохромоксидазы способствуют окислению восстановленного цитохрома С в ткани печени, почек, сердца [6]. Медь имеет большое значение для поддержания нормальной структуры костей, хрящей, сухожилий (коллаген), эластичности стенок кровеносных сосудов, легочных альвеол, кожи; входит в состав миели-

Таблица 1

Содержание марганца в печени, почках и крови крыс в зависимости от влияния СВЧ-облучения различных сроков (в ммоль/л)

Время облучения	Печень	t	Почки	t	Кровь	t
Контроль	0,1090	–	0,0538	–	0,0027	–
10 суток	0,0350	22,2	0,0388	1,8	0,0008	8,9
30 суток	0,0809	1,9	0,0603	0,8	0,0021	5,7
90 суток	0,1416	2,1	0,1029	4,3	0,0038	0,5
10/5 суток	0,2532	2,0	0,1481	3,4	–	–
10/10 суток	0,2394	3,1	0,2075	9,2	–	–

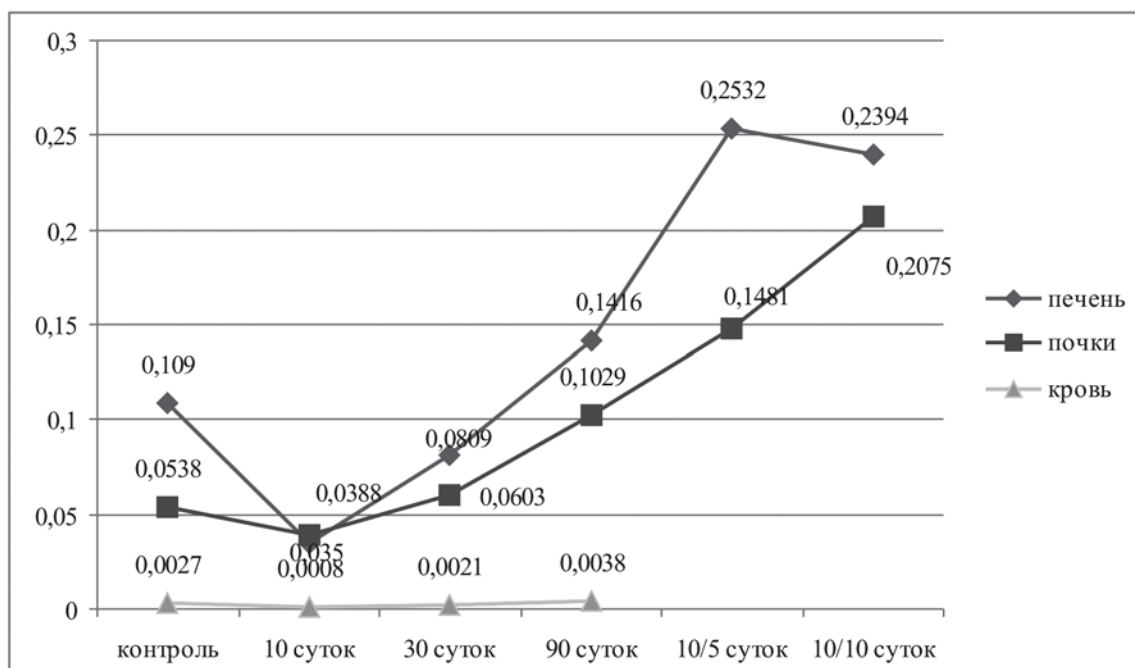


Рис. 1. Содержание марганца (в ммоль/л) в печени, почках и крови в зависимости от различных сроков СВЧ-облучения

новых оболочек нервов; повышает устойчивость организма к некоторым инфекциям, связывает микробные токсины и усиливает действие антибиотиков; обладает выраженным противовоспалительным свойством, смягчает проявления аутоиммунных заболеваний (ревматоидного артрита), способствует усвоению железа. Действие меди на углеводный обмен проявляется посредством ускорения процессов окисления глюкозы, торможения распада гликогена в печени [7].

Нами изучено содержание меди в паренхиме печени под влиянием СВЧ-облучения. При облучении в течение 10 суток содержание меди снизилось с 0,342 ммоль/л до 0,1168 ммоль/л ($t=16,4$) (табл. 2). К 30-м суткам содержание меди увеличилось и составило 0,2583 ммоль/л ($t=2,5$). Облучение в течение 90 суток ведет к дальнейшему увеличению содержания меди в печени по сравнению с контролем и составило 0,4153 ммоль/л ($t=1,1$). При выведении из опы-

та через 5 суток, после 10 суток облучения, содержание меди в печени возросло по сравнению с контролем до 0,3928 ммоль/л ($t=0,6$). У крыс, выведенных из опыта через 10 суток, (после облучения в течение 10 дней) содержание меди снизилось и составило 0,2448 ммоль/л ($t=1,4$).

Концентрация меди в почках на 10-е сутки СВЧ-облучения незначительно уменьшилась по сравнению с контролем – с 0,386 ммоль/л до 0,3297 ммоль/л ($t=1,6$). К 30-м суткам облучения содержание меди в почках резко возросло и достигло 0,5233 ммоль/л ($t=4,5$). На 90-е сутки облучения содержание меди снижается и составило 0,3952 ммоль/л ($t=0,2$). При выведении из опыта на 5-е сутки, после 10-дневного облучения содержание меди остается пониженным по сравнению с контролем – 0,3151 ммоль/л ($t=2,04$). Выведение из опыта на 10-е сутки, после 10 дней СВЧ-облучения привело к повышению уровня меди до 0,3543 ммоль/л ($t=0,8$).

Таблица 2

Содержание меди в печени, почках и крови крыс в зависимости от влияния СВЧ-облучения различных сроков (в ммоль/л)

Время облучения	Печень	t	Почки	t	Кровь	t
Контроль	0,3420	–	0,3860	–	0,0552	–
10 суток	0,1168	16,4	0,3297	1,6	0,0191	5,4
30 суток	0,2583	2,5	0,5233	4,5	0,0336	2,2
90 суток	0,4153	1,1	0,3952	0,2	0,0271	4,4
10/5 суток	0,3928	0,6	0,3151	2,04	–	–
10/10 суток	0,2448	1,4	0,3543	0,8	–	–

СВЧ-облучение в течение 10 суток ведет к снижению уровня меди в крови до 0,01908 ммоль/л ($t=5,4$) (контроль – 0,0552 ммоль/л). К 30-м суткам облучения уровень меди крови возрастает до 0,0336 ммоль/л ($t=2,2$). При облучении в течение 90 суток содержание меди снизилось до 0,0271 ммоль/л ($t=11,5$) (рис. 2).

Железо, содержащееся в организме, находится в форме сложных металло-белковых комплексов, которые принято делить на соединения, содержащие гемопорфирин (гемоглобин, миоглобин, гемосодержащие ферменты – цитохромные ферменты митохондрий и микросом) и соединения, не содержащие гема (ферритин, трансферрин, сукцинатдегидрогеназа, ксантинооксидаза, аконитаза), значение этих соединений, являющихся ферментами, очень велико для нормального течения обменных процессов [6]. Большая часть железа в организме содержится в эритроцитах; много железа находится в клетках мозга. Главное депо железа – это печень, которая, начиная с 3-го месяца внутриутробной жизни, усиленно накапливает железо [6]. У детей старшего возраста и у взрослых важным депо являются также селезенка и костная ткань. Так, содержание железа в печени человека составляет 0,8 – 5,5 ммоль/кг сырого веса, в сыворотке крови – 11,6–30,4 мкмоль/л, в моче – 0,001 ммоль/л. Выводится железо с мочой – 0,25 мг в сутки, калом – 15 мг в сутки и потом – 0,5 мг в сутки

[7]. Железо играет важную роль в процессах выделения энергии, в ферментативных реакциях, в обеспечении иммунных функций, в метаболизме холестерина [7].

Нами изучено содержание железа в печени, почках и крови крыс под влиянием СВЧ-излучения. СВЧ-облучение в течение 10 суток ведет к резкому снижению содержания железа в печени с 12,683 ммоль/л до 7,02454 ммоль/л ($t=4,4$), в почках с 4,28348 ммоль/л до 2,88726 ммоль/л ($t=2,1$) и крови до 4,21100 ммоль/л ($t=8,1$) (контроль – 9,184 ммоль/л) (табл. 3). Облучение в течение 30 суток ведет к повышению содержания железа до показателей, близких к контролю: в печени уровень железа составил 11,4374 ммоль/л ($t=0,4$), в почках – 5,35384 ммоль/л ($t=1,5$), в крови – 6,318 ммоль/л ($t=5,1$). СВЧ-облучение в течение 90 суток повлияло на изучаемые органы неравномерно, так в печени и почках содержание железа повысилось до 16,483 ммоль/л ($t=1,2$) в печени, в почках до 5,8352 ммоль/л ($t=2,2$), а в крови соответственно снизилось до 4,582 ммоль/л ($t=4,4$). У животных, выведенных из опыта через 5 суток, после 10-дневного СВЧ-облучения, уровень железа в печени и почках резко повысился по сравнению с контролем: в печени до 14,0282 ммоль/л ($t=1,04$), в почках до 10,298 ммоль/л ($t=2,9$). При выведении из опыта через 10 суток, после 10-дневного облуче-

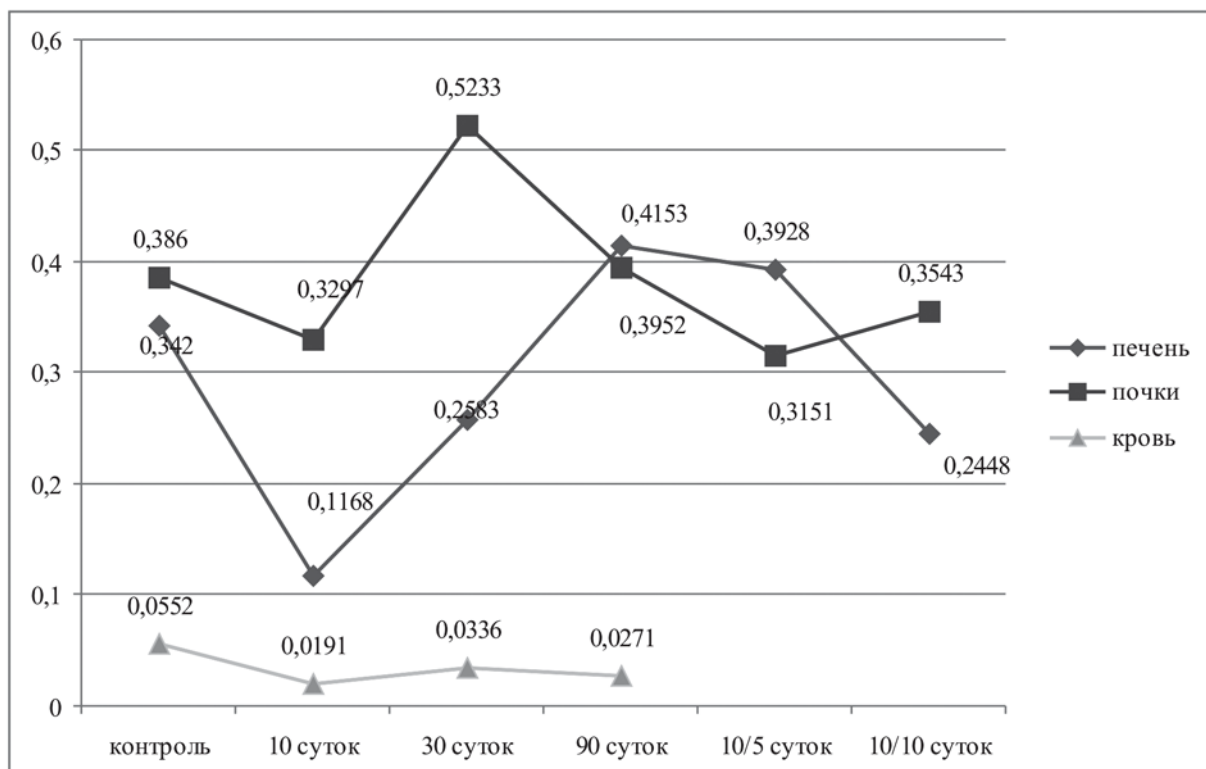


Рис. 2. Содержание меди (в ммоль/л) в печени, почках и крови в зависимости от различных сроков СВЧ-облучения

Содержание железа в печени, почках и крови крыс
в зависимости от влияния СВЧ-облучения различных сроков (в ммоль/л)

Время облучения	Печень	t	Почки	t	Кровь	t
Контроль	12,683	—	4,2835	—	9,184	—
10 суток	7,0245	4,4	2,8873	2,1	4,2110	8,1
30 суток	11,4374	0,4	5,35384	1,5	6,318	5,1
90 суток	16,4830	1,2	5,8352	2,2	4,582	11,5
10/5 суток	14,0282	1,04	10,298	2,9	—	—
10/10 суток	13,7742	0,3	7,402	3,2	—	—

ния, уровень содержания железа в печени и почках снизился по сравнению с содержанием у животных, выведенных из опыта через 5 суток.

Так, содержание железа в печени составило 13,7742 ммоль/л ($t=0,3$), в почках – 7,402 ммоль/л ($t=3,2$) (рис. 3).

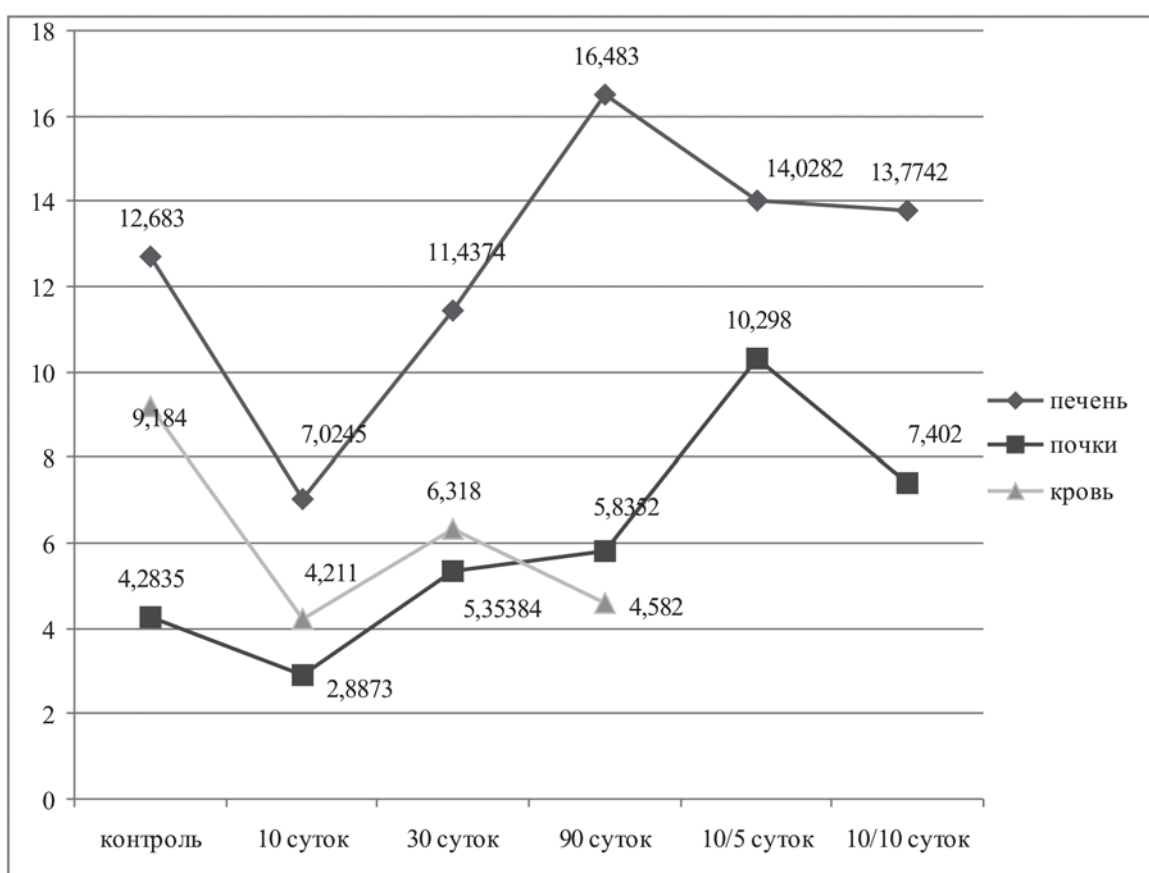


Рис. 3. Содержание железа (в ммоль/л) в печени, почках и крови в зависимости от различных сроков СВЧ-облучения

Выводы

Облучение в течение 10 суток ведет к резкому снижению содержания всех микроэлементов в печени, почках и крови.

К 30 суткам облучения содержание микроэлементов начинает приближаться к исходному уровню.

Облучение в течение 90 суток ведет к повышению содержания марганца, меди и железа в печени и почках. В крови уровень железа и

меди понижается, а уровень марганца повышается по сравнению с контролем.

Облучение в течение 10 суток с последующим 5–10-дневным перерывом ведет к резкому увеличению содержания микроэлементов по сравнению с контролем, кроме меди в печени.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы: в печени, почках и крови на 10-е сутки влияния СВЧ-облучения наблюдаем резкое снижение уровня изучаемых мик-

роелементов, затем к 30-м и 90-м суткам облучения видим приближение содержания микроэлементов к исходному уровню. Данные изменения могут говорить об адаптации организма к действию СВЧ-облучения. Но данная адаптация является нестойкой, о чем говорят изменения уров-

ней микроэлементов при облучении в течение 10 суток, с последующим выведением из опыта через 5 и 10 дней.

Можно предположить, что процессы адаптации будут протекать индивидуально в органах, пораженных другими патологическими процессами.

Список литературы

1. *Advanced Measurements of Microwave Oven Leakage / M. Bangay, C. Zombolas // Conference paper. – Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. EMC Technologies Pty Ltd. – 2004.*
2. *Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz – 300 GHz) / Paolo Vecchia, Rüdiger Matthes, Gunde Ziegelberger, James Lin, Richard Saunders, Anthony Swerdlow. – ICNIRP 16/2009. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Germany. – 362.*
3. <http://www.iarc.fr/en/research-groups/sec6/index.php>
4. *Nonthermal Effects of Radar Exposure on Human: A Review Article / Vida Zaroushani, Ali Khavanin, Seyed Bagher Mortazavi // Iranian Journal of Health, Safety & Environment. – 2014. – Vol. 1. – N 1. – P. 43–52*
5. *Wi-Fi technology – an uncontrolled global experiment on the health of mankind / Marko Markov, Yuri G. Grigoriev // Electromagnetic Biology and Medicine (UK Ltd), June 2013; 32(2). – P. 200–208.*
6. *Бабенко Г.А., Решеткина Л.П. Применение микроэлементов в медицине. – Киев: «Здоров'я», 1971. – 217 с.*
7. *Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – Москва: ОНИКС 21 век «Мир», 2004. – 218 с.*

Реферат

ЗМІНА ВМІСТУ МАРГАНЦЮ, МІДІ ТА ЗАЛІЗА В ПЕЧІНЦІ, НИРКАХ І КРОВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТВАРИН ПІД ВПЛИВОМ НВЧ-ОПРОМІНЕННЯ РІЗНИХ ТЕРМІНІВ

М.М. Моїсеєнко

Протягом останніх 30 років було проведено велику кількість досліджень з впливу НВЧ-опромінення на живий організм. За їхніми даними видно, що вплив електромагнітного випромінювання з щільністю потоку енергії від 5 до 100 мВт/см² призводить до збільшення кількості мітотичних ушкоджень у клітині, значно підвищується ризик розвитку злоякісних пухлин, змінюється формула крові, з'являються психо-емоційні розлади.

Нами досліджено вплив НВЧ-опромінення різних термінів на вміст марганцю, заліза та міді в печінці, нирках і цільній крові експериментальних тварин. Опромінення проводилося з щільністю потоку енергії 6–7 мВт/см² протягом 8 годин на добу впродовж 10, 30, 90 діб, а також 10 діб опромінення з виведенням із досліду через 5 і 10 діб, після припинення опромінення.

Summary

CHANGING THE CONTENT OF MANGANESE, COPPER AND IRON IN THE LIVER, KIDNEYS AND BLOOD OF THE TEST ANIMALS UNDER THE INFLUENCE OF MICROWAVE IRRADIATION OF VARIOUS TERMS

N.N. Moiseenko

During the past 30 years, there have been many studies on the effect of microwave radiation on living organisms. According to them, the influence of electromagnetic radiation with the energy flux density from 5 to 100 mW/cm² lead in an increase in the number of mitotic cell damage, risk of malignant tumors is greatly increased, changes in blood formula, appear psycho-emotional disorders.

We investigated the influence of microwave radiation of various terms on the content manganese, copper and iron in the liver, kidneys and blood of the test animals. Irradiation was carried out with the energy flux density of 6–7 mW/cm² for 8 hours per day for 10 days, 30 days, 90 days and 10 days of irradiation with deducing from experience after 5 and 10 days after the termination.

Виявлено, що найбільші зміни виникають при терміні опромінення 10 діб. У цей період спостерігається різке зниження рівнів вмісту всіх мікроелементів у печінці, нирках, крові. На тридцяті і дев'яності дні опромінення рівні вмісту мікроелементів наближаються до вихідних.

При опроміненні протягом 10 діб, із виведенням із дослідження через 5 діб, у печінці спостерігається підвищення вмісту міді, марганцю і заліза, а в нирках зниження вмісту міді і різке підвищення вмісту заліза і марганцю.

При опроміненні протягом 10 діб, із виведенням із дослідження через 10 діб, у печінці відбувається підвищення рівня марганцю і заліза, та зниження вмісту міді в порівнянні з контрольною групою. У нирках спостерігаємо підвищення рівня марганцю і міді та зниження рівня заліза (рівень, як і раніше, залишається вище за контроль).

Ці зміни можуть підтвердити можливості адаптації організму до впливу НВЧ-опромінювання з часом.

Ключові слова: НВЧ-опромінювання, марганець, залізо, мідь, печінка, нирки, кров.

Адреса для листування

М.М. Моїсеєнко

E-mail: niknikmoiseenko@gmail.com

It was discovered that the greatest changes occur in terms of the influence of microwave radiation in 10 days. There is an abrupt decrease levels of all microelements in the liver, kidneys and blood in these terms. Levels of microelements are close to the initial by thirty and ninety days of exposure.

There is an increase content of copper, manganese and iron in the liver, and there is a sharp increase in the content of iron and manganese and decrease in the content of copper in the kidneys, when irradiated for 10 days with deducing from experience after 5days.

There is an increase in the level of iron and manganese, and decrease in the content of copper in the liver when irradiated for 10 days with deducing from experience after 10 days. There is an increase in the level of copper and manganese and reduction of iron (the level is still higher than in the control) in kidneys.

These changes may indicate the possibility of adapting of the organism to the influence of microwave irradiation with time.

Keywords: microwave radiation, manganese, iron, copper, liver, kidney, blood.