

## **ELECTROMAGNETIC FIELDS EFFECT ON BODY- PROVOCATIVE STUDY WITH VOLUNTEERS**

**Tsvetelina Shalamanova<sup>1</sup>, Michel Israel<sup>1</sup>, Katya Vangelova<sup>1</sup>, Lyubomir Traykov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Centre of Public Health Protection-NCPHP, Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup>Medical University, Sofia, Bulgaria

**Abstract:** *There are many scientific papers related with possible effects of electromagnetic fields (EMF) on blood pressure and their regulatory mechanisms, but very few are related with radio frequency EMF and human individuals. In this study, we investigated the possible modulating effects of RF EMF at healthy volunteers*

*The aim of this study is to evaluate the possible health effects on cardiovascular and some endocrinological parameters of the nervous system at different EMF exposure levels close to the Bulgarian national exposure limits.*

*In our study 18 Male healthy volunteers took part. The investigation is double blind with three sessions of different exposures (two of them with real exposure -10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  and one sham), at 2100 MHz.*

*We found tendencies of decreasing the systolic blood pressure 20 min after EMF exposure (100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ), increasing catecholamines levels 1 hour after the exposure. All other parameters remained without significant changes in comparison with the control. Probably this is related with some changes of blood vessel tonus or autonomic nervous system functioning. Although existing difference between two used exposure levels the results are within physiological normal parameters of regulation. As a whole used frequency and intensities of RF EMF do not induce significant changes in blood pressure, heart rate, catecholamines and glyccorticosteroids levels.*

### **Въведение**

Масовото присъствие на източниците, използвани в мобилната комуникация в живота на съвременния човек, постави много въпроси, които се разразиха в дебати в научните среди относно възможните вредни ефекти върху човешкото здраве. Проблемът е широко дискутиран и е приоритет в политиката на Световната здравна организация от самото начало на навлизане на тази технология. Проведените до този момент научни изследвания не дават еднозначен отговор на въпроса дали експозицията от мобилни телефони и базови станции (БС) може да бъде причина за неблагоприятни ефекти върху сърдечносъдовата, централната и вегетативната нервна система, и други системи на организма. Все още не е известна степента на здравния риск, свързан с дълготрайно облъчване от мобилните телефони и техните базови станции. Необходимо е да бъдат проведени повече изследвания за получаване на подробна и научно обоснована информация за евентуалните вредни ефекти, свързани с електромагнитната експозиция от тези източници.

### **Цел**

Целта на настоящото изследване е да се оценят промените на някои показатели на сърдечносъдовата система и промените на биохимични показатели на стреса (адреналин, норадреналин, кортизол), в условия на експозиция от антенна система за мобилна комуникация, излъчваща на честота 2100 MHz.

За целите на „провокативното“ изследване е разработена оригинална постановка за облъчване на доброволци, която осигурява хомогенно ЕМП във всеки пункт на пребиваване на подопитните лица, както и хомогенна среда по отношение на допълнителните фактори, които могат да повлияят на резултатите – микроклимат, други източници на електромагнитни полета (ЕМП), осветление, шум.

### **Материали и методи**

Методът на провокативното изследване се основава на експониране на група здрави доброволци с електромагнитно поле, излъчено от антенна система за мобилна комуникация.

Източникът на ЕМП, който е използван за целите на изследването, е *omni* антена за мобилна комуникация Kathrein тип 741 790. Избраният от нас източник на електромагнитно поле е с кръгова диаграма на излъчване, което гарантира еднакъв коефициент на усилване във всички посоки на пространството и сравнително добра хомогенност на полето в сферични координати. Източникът се захранва от свръхвисокочестотен генератор: СВЧ Генератор - Signal Survey Generator – ST24SV, на фирмата LMW Електроникс.

Антената е монтирана в лабораторно помещение, на стойка с височина  $h = 36$  cm, от пода. Размерите на помещението са достатъчно големи, за да има възможност за разположение на доброволците, без да има смущаване на полето както от самите доброволци, така и от странични отразяващи и поглъщащи повърхности и предмети. Разстоянието между антената и подопитните лица е постоянно, в зависимост от необходимостта да се получи "несмутено" поле от самото подопитно лице. Облъчването на доброволците е извършвано сутрин, в едни и същи часове на деня. По време на облъчването доброволците са в седнало положение, като експозицията е върху цялото тяло (целотелесна).

Преди започване на изследването е направен пълен и подробен анализ на електромагнитната обстановка в лабораторното помещение. За целта са извършени измерванията на стойностите на електромагнитното поле в мрежа през 10 cm в хоризонтална и вертикална посока около антената. Измерванията са правени при различни изходящи мощности на генератора в режимите „low power” и „high power”.

По този начин предварително се определя местоположението на доброволците в лабораторното помещение, така че да се получат стойности на полето, с които е планирано да се извърши въздействието.

### **Схема на облъчване**

Всеки участник е експониран еднократно в три 20 минутни сесии, проведени сутрин, в три последователни дни. В две от сесиите участниците са подложени на реална експозиция с ЕМП, с две различни стойности на полето, различаващи се в съотношение 1:10. При третата сесия е приложено т.нар. „мнимо” облъчване (без експозиция с ЕМП), с цел автоконтрола. Последователността на трите сесии е случайна и не е известна на участниците, както и на изследователския екип.

Схемата на облъчване е следната:

**I-ва сесия** от 20 минути облъчване дневно със стойности на електромагнитното поле:

$S = 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  на мястото на всеки участник.

**II сесия** от 20 минути облъчване дневно при стойности на електромагнитното поле:

$S = 100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  на мястото на всеки участник.

**III сесия** от 20 минути без облъчване (мнимо облъчване).

Облъчването се извършва с "безопасни" стойности на плътността на мощност, спрямо националните и европейски здравни норми за електромагнитно въздействие върху населението. В едната сесия, участниците в изследването са експонирани с електромагнитно поле с плътност на мощност  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , което отговаря на хигиенната норма за 24-часово облъчване за население, съгласно наредба № 9/1991 г. Във II-та сесия - с плътност на мощност на електромагнитно поле  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , което е в границите на препоръчаните референтни стойности от Европейската Комисия, както и за много кратък период от време (20 min)

Честотата на излъчване на антената е 2100 MHz, която е носещата честота на новата 3G (UMTS) технология.

Всички обстоятелства, свързани с експозицията, са контролирани непрекъснато по време на изследването. Провокативното изследване е проведено под контрол на специалист с медицинска специалност и координатор по Международен проект на СЗО по проблемите на електромагнитното въздействие.

### **Физиологични изследвания**

#### **A. Артериално налягане, сърдечен ритъм**

Показателите на сърдечносъдовата система (систолично и диастолично налягане, пулс) са измервани преди, веднага след прекъсване на облъчването, както и 1 час след всяка сесия на облъчване, като са търсени промените в условията на изследването. Измерването е осъществено с дигитален апарат за кръвно налягане OMRON-MX2, диапазон: налягане: 0 mmHg to 299 mmHg / пулс: 40 - 180/min, неопределеност: налягане:  $\pm 3$  mmHg пулс:  $\pm 5\%$  от показанията на дисплея).

#### **B. Хормони на стреса**

Концентрацията на кортизол в слюнка е проследена преди и 20 min след приключване на всяко въздействие, а екскрецията на адреналин и норадреналин преди и 1 час след проведените въздействия. Пробите за анализ са съхранявани при  $-20^\circ\text{C}$  до извършване на анализите, като тези за определяне на катехоламини - подкислени с 6N солна киселина до pH 3, преди замразяването им. Кортизолът в слюнка е определен с радиоимунологични китове (Espoo, Финландия) с вътресериен коефициент на вариация 4.8 %, и междусериен коефициент на вариация 7.2 %. Свободният адреналин и норадреналинът са определени спектрофлуориметрично (Вангелова 2000).

### Участници в изследването:

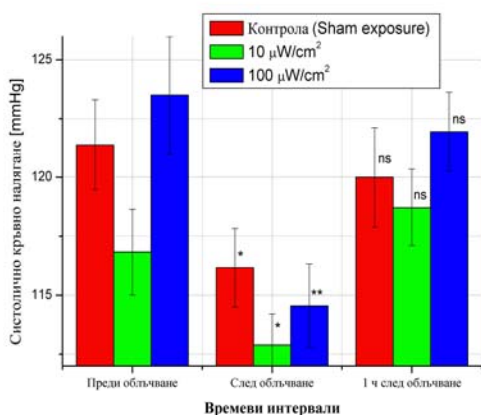
Изследването е одобрено с решение на комисия по етика към НЦООЗ.

Участници в изследването са 18 здрави мъже на възраст между 20 и 35 години.

### Резултати и обсъждане

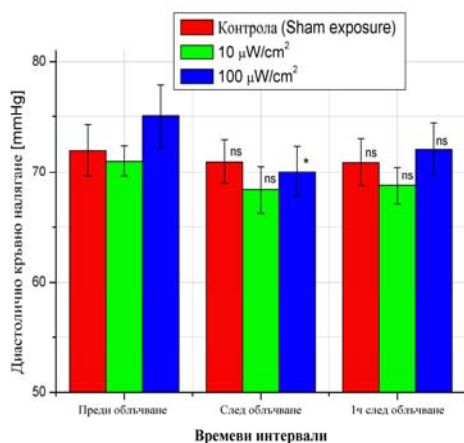
По отношение на изследваните параметри се наблюдават тенденции за намаляване на систоличното кръвно налягане веднага след експозиция, тенденции за увеличаване на концентрациите на адреналин и норадреналин в урината, 1 час след въздействието, но това се забелязва само при сесията с облъчване с  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

На фиг. 1, 2 и 3 са представени стойностите на систоличното и диастоличното артериално налягане, както и стойностите на сърдечния ритъм, съответно преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозицията, и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposure), облъчване с  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , и със  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .



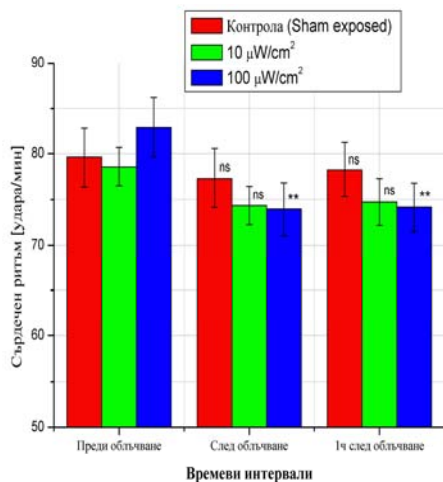
**Фиг. 1.** Стойности на систоличното артериално налягане преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposure), облъчване с  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , и със  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, \* - достоверност по Friedman тест  $X_R^2 > 8.33$ , \*\* - достоверност по Friedman тест  $X_R^2 \gg 8.33$ .

Систоличното кръвно налягане е параметър, силно вариращ в зависимост от възрастта, пола и от начина на живот на различните индивиди. В нашето изследване се наблюдава статистически значим спад в стойностите на систоличното кръвно налягане и при трите групи «въздействие» непосредствено след 20 min облъчване с микровълново електромагнитно поле ( $10$  или  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ), или просто престояване на доброволците за 20 min на разстояние 1.65 m от антената при изключено положение на излъчвателя (без експозиция). Спадът, обаче, е значителен статистически спрямо изходните нива при облъчване със  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Фиг. 1).



**Фиг. 2.** Стойности на диастоличното артериално налягане преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposure), облъчване с  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , и със  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, \* - достоверност по Friedman тест  $X_R^2 > 8.33$ , \*\* - достоверност по Friedman тест  $X_R^2 \gg 8.33$ .

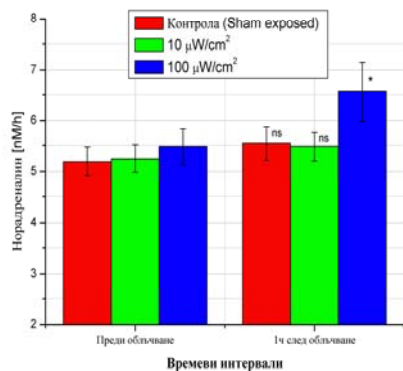
Не може да се говори за статистически достоверни разлики на диастоличното налягане при всички лица в трите сесии на «въздействие» - с  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , с  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  и без облъчване (Фиг. 2).



**Фиг. 3.** Стойности на сърдечния ритъм преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10 μW/cm<sup>2</sup>, и със 100 μW/cm<sup>2</sup>. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, \*-достоверност по Friedman теств  $X_R^2 > 8.33$ , \*\* - достоверност по Friedman теств  $X_R^2 \gg 8.33$

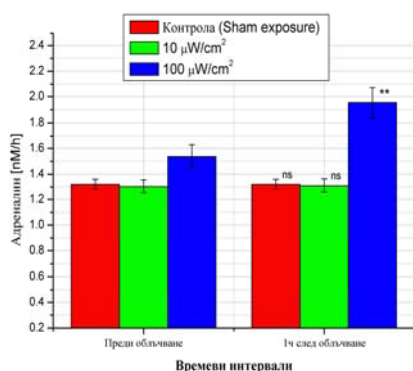
Сърдечният ритъм не показва тенденции за изменение, както и липсват статистически достоверни разлики при всички лица в двете сесии на «въздействие» - с 10 μW/cm<sup>2</sup> и без облъчване (Фиг.3). При облъчване, обаче, със 100 μW/cm<sup>2</sup>, резултатите показват достоверно изменение както веднага след прекъсване на облъчването, така и до 1 час след това. Измененията са към достоверно намаляване на пулсовата честота.

На фиг. 4, 5 и 6 са представени нивата на концентрации на адреналин и норадреналин в урина, и нивата на концентрации на кортизол в слюнка, съответно преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция, и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposure), облъчване, с 10 μW/cm<sup>2</sup>, и със 100 μW/cm<sup>2</sup>.



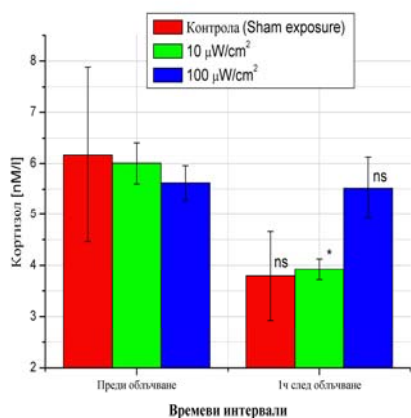
**Фиг. 4.** Нива на концентрацията на норадреналин в урина, преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10 μW/cm<sup>2</sup>, и със 100 μW/cm<sup>2</sup>. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, \*-достоверност по Friedman теств  $X_R^2 > 8.33$ , \*\* - достоверност по Friedman теств  $X_R^2 \gg 8.33$

Норадреналинът се повишава достоверно само при сесията с по-високата стойност на ЕМП - 100 μW/cm<sup>2</sup>.



**Фиг. 5.** Нива на концентрацията на адреналин в урина, преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10 μW/cm<sup>2</sup>, и със 100 μW/cm<sup>2</sup>. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, \*-достоверност по Friedman теств  $X_R^2 > 8.33$ , \*\* - достоверност по Friedman теств  $X_R^2 \gg 8.33$

Адреналинът показва също достоверно повишаване, както и норадреналинът, като статистическата достоверност се установява само при сесията с по-високата стойност на ЕМП - 100 μW/cm<sup>2</sup>.



**Фиг. 6.** Нива на концентрацията на кортизол в слюнка, преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , и със 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, \*-достоверност по Friedman тест  $X_R^2 > 8.33$ , \*\* - достоверност по Friedman тест  $X_R^2 \gg 8.33$

Нивото на кортизола при сесиите без облъчване и облъчване с 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  следва денонощния ритъм на хормона с по-високи стойности преди и по-ниски след „облъчването“. При експозиция със 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  нивото на кортизола преди и след въздействието не се различава значимо, което означава по-високи стойности на кортизол за съответния период на деня. На Фиг. 6 може да се види, че стойностите на хормона след облъчване със 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  са по-високи в сравнение със тези на сесията без облъчване и облъчване с 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

### Изводи

Всички изменения на показателите на сърдечно съдовата система, както и на системата за защита на организма от стрес, се отнасят до облъчването с по-високите стойности на плътността на мощността. Промените са в границите на физиологичните норми и не могат да се използват за критерий за неблагоприятно въздействие при тези честоти, още повече, че използваните плътности на мощност са в границите на допустимите. Липсата на значими изменения (само тенденции) при облъчване със стойности до 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  говори за факта, че организмът не реагира по тези показатели на краткотрайно облъчване при подобни интензитети. Функциите на организма, свързани с реакция на системата за защита от стрес и последваща адаптация се установяват при по-високи плътности на мощност, не по-малки от 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , дори при това краткотрайно облъчване.

Добре известна е ролята на катехоламините в сърдечносъдовата заболяемост. Изследвания през последните години доказват връзката между секрецията на кортизол, свързана с ежедневния стрес и редица хемодинамични, метаболитни, ендокринни и антропометрични сърдечносъдови рискови фактори (Chrousos 1998, Rosmond et al. 2000).

В заключение може да се каже, че отговорът на вегетативната нервна система на външни въздействия, надвишаващи нивата на толерантност на организма (или т.нар. стрес), е свързан с увеличаване на кръвното налягане, промени в сърдечния ритъм и на нивата на хормоните от първичната регулация на кръвното налягане, като епинефрин/норепинефрин (адреналин/норадреналин), главно при облъчване със стойности 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Тези резултати съответстват на предишни наши изследвания на въздействието на радиочестотните ЕМП върху концентрацията на стрес хормоните (Vangelova et al. 2001, Israel and Vangelova 2006, Vangelova et al. 2005), въпреки че при тези проучвания става дума за работещи контингенти, облъчвани със значително по-високи стойности на полето.

Данните от настоящето изследване показват наличието на доза-зависими промени в стрес - системата при експозиция на радиочестотни ЕМП, т.е. по-значими при експозиция 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Проведеното провокативно изследване показва, че при краткотрайно облъчване с ЕМП със стойности 10 и 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , не се установяват неблагоприятни промени в показатели на сърдечно съдовата система (кръвно налягане, пулс), както и в хормони, свързани със стреса (адреналин, норадреналин, кортизол). Установените достоверни промени в някои показатели (значими при по-високите стойности на ЕМП) се обясняват с реакции на системи в организма в границите на физиологичните норми и могат да бъдат използвани за оценка на зависимостта „доза – ефект“ при бъдещи по-подробни изследвания.

### References:

1. В а н г е л о в а К. Методика за определяне на катехоламините адреналин и норадреналин в урина. Сборник методи за хигиенни изследвания 2000, том II, Раздел "Урина", стр. 2 - 4.
2. И з р а е л М., В. З а р я б о в а, М. И в н а о в а – Възможни здравни рискове при комуникациите в България, Социална медицина, бр. 4, 2003, стр. 4-7.

3. V a n g e l o v a K., M. I s r a e l , S. M i h a y l o v. The effect of low level radiofrequency electromagnetic radiation on the excretion rates of stress hormones during 24-hour shifts. Cent. Eur. J. Publ. Health 2001, 10, No 1-2: 23-27
4. I s r a e l M., K. V a n g e l o v a, D. V e l k o v a, M. I v a n o v a, P. T s c h o b a n o v. Stress hormone reactivity in medical staff exposed to radiofrequency electromagnetic radiation in physiotherapies. In: Biological effects of EMFs. 4<sup>th</sup> International Workshop Crete, Greece, 16-20 October, 2006. Proceedings. Vol. I: 49-56.
5. V a n g e l o v a K., M. I s r a e l. Variations of melatonin and stress hormones under extended shifts and radiofrequency electromagnetic radiation. Rev. Environ. Health 2005, 20 (2): 151-161.
6. C h r o u s o s G.P. The role of stress and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the pathogenesis of metabolic syndrome: neuroendocrine and target tissue-related causes. Intern J Obesity 2000; 24, Suppl. 2: S50-5.
7. R o s m o n d R, M.F. D a l l m a n, P. B j o r n t o r p. Stress-related cortisol secretion in men: Relationships with abdominal obesity and endocrine, metabolic and hemodynamic abnormalities. J Clin Endocrinol Metab 1998; 83: 1853-9.