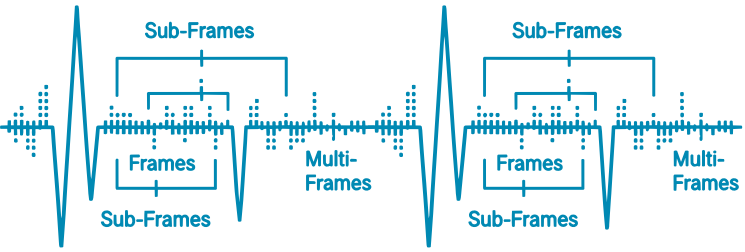
Translated from English to Slovak - www.onlinedoctranslator.com

02/2026

ElektrosmogSpráva

Technické informácie o význame elektromagnetických polí pre životné prostredie a zdravie.



Odtlačok

ElektrosmogReport Vydanie 02/2026, Zväzok 32
Online publikácia na www.EMFdata.org

Objednať tlačené vydanie:
shop.diagnose-funk.org/ElektrosmogReport, číslo objednávky 52602

Redakčný tím ElektrosmogReport:

Roman Heeren (RH), M.Sc., Alain Thill (AT), M.Sc.
Kontakt: report@emfdata.org

Vydavateľ a zodpovedný subjekt podľa § 5 TMG

Diagnose-Funk eV | PO Box 15 04 48 | D-70076 Stuttgart
kontakt@diagnose-funk.de

Darovací účet:

Diagnose-Funk eV | IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00 BIC: GENODEM1GLS | GLS Bank

Váš dar umožňuje analýzu a preskúmanie výskumnej situácie, ako aj pokračovanie v publikovaní ElektrosmogReportu.

O nás:

diagnose:funk je nezávislá environmentálna a spotrebiteľská organizácia, ktorá sa od roku 2009 zasadzuje za ochranu pred elektromagnetickými poľami.

OBSAH

STRÁNKA

01 >Koľko ELF impulzov sa využíva na bezdrôtovú komunikáciu?

02 >Rádiofrekvenčné žiarenie poškodzuje bunky produkujúce testosterón

04 >RF-indukovaný oxidačný stres v bunkách produkujúcich testosterón

04 >Identifikovaný kľúčový mechanizmus: EMF ako genetický prepínač

06 >Elektromagnetické polia narúšajú vyvolanie spomienok na strach

07 >Elektromagnetické polia, mikrotubuly a liečba rakoviny

08 >Elektromagnetické polia, mikrotubuly a mozog

10 >Aktuálne limity expozície sú príliš vysoké

11 >Poruchy spánku na vzostupe

12 >Vedenia vysokého napätia a zdravie

13 >900 MHz a správanie včiel medonosných

14 >Elektromagnetické polia a rastliny

Koľko ELF impulzov sa použije na bezdrôtovú komunikáciu?

Zaznamenávanie extrémne nízkofrekvenčných pulzácií elektromagnetických polí bezdrôtovej komunikácie

Panagopoulos DJ, Litovsky R, Chamberlin K (2026). Zaznamenávanie extrémne nízkofrekvenčných pulzácií elektromagnetických polí bezdrôtovej komunikácie.*Elektromagnetická biológia a medicína,*1–10. https://doi.org/10.1080/15368378.2026.2654072

Vo vedeckej literatúre sa reálne mobilné a Wi-Fi signály často opisujú ako rádiofrekvenčné elektromagnetické polia (RF-EMF). Táto klasifikácia však len čiastočne zachytáva fyzickú realitu. Všetky bezdrôtové komunikačné signály (mobilné, Wi-Fi, DECT a Bluetooth) sa prenášajú vo forme nespojitých impulzov zapnutia/vypnutia, známych aj ako „rámce“, „viacrámce“ a „podrámce“ atď. Skutočná rádiofrekvencia Nosný signál sa vysiela v kombinácii s opakovacími frekvenciami extrémne nízkej frekvencie (ELF: 3 – 3 000 Hz) alebo veľmi nízkej frekvencie (VLF: 3 – 30 kHz). Okrem toho sa amplitúda signálu v rozsahu ultra nízkych frekvencií (ULF: 0 – 3 Hz) značne líši. Narastajúce dôkazy naznačujú, že táto modulácia nízkofrekvenčnými signálmi je kľúčová pre biologické účinky bezdrôtových komunikačných technológií v reálnom svete. Súčasné hodnotenie rizika zdravotníckych orgánov však túto súvislosť úplne ignoruje. Táto publikácia mapuje ELF impulzy komerčne dostupných bezdrôtových zariadení, Wi-Fi routerov a mobilných telefónov s technológiou LTE (4G) a New Radio (5G) v priebehu času.

Návrh a implementácia štúdie:

Vedci použili širokopásmovú špirálovú anténu UWB (ultra širokopásmové pripojenie) pripojenú k kalibrovanému analyzátoru RF spektra.

priradené k príslušným nosným frekvenciám: 2,45 GHz pre Wi-Fi, 840 MHz pre 4G a 1876 MHz pre 5G. V režime „nulového rozpätia“ fungoval spektrálny analyzátor ako osciloskop a zobrazoval vysielaný výkon ako funkciu času. Zdrojmi emisií boli komerčný Wi-Fi router (TP-Link, Wi-Fi 6) s aktívnym streamovaním videa a komerčný mobilný telefón (Apple iPhone 15) v režime 4G alebo 5G počas telefonického hovoru. Vzdialenosť medzi anténou a Wi-Fi routerom bola 1 m a vzdialenosť od mobilného telefónu bola 10 cm. Pre každú sadu meracích podmienok bolo vykonaných desať záznamov. Meranie pozadia bolo vykonané s vypnutými zdrojmi emisií.

Výsledky:

Nosná frekvencia Wi-Fi routera pulzovala s frekvenciou približne 10 Hz (5–20 Hz) a amplitúda impulzu bola približne o 20 dB vyššia ako úrovňa šumu pozadia. 4G signál iPhonu vykazoval „hierarchickú“ štruktúru impulzov. „Subrámce“ (približne 500 Hz) boli obsiahnuté v „rámcoch“ (približne 100 Hz), ktoré boli potom zoskupené do „multirámcov“ (približne 3 Hz). Amplitúdy impulzov boli 40 až 53 dB vyššie ako úrovňa šumu pozadia. 5G signál iPhonu vykazoval podobný vzorec. Mal subrámce s frekvenciou približne 500 Hz v rámci snímok s frekvenciou približne 100 Hz, ktoré boli zoskupené do multirámcov s frekvenciou približne 13 Hz. Amplitúdy boli 40 až 45 dB vyššie ako úrovňa šumu pozadia. Vo všetkých meraných signáloch bola pozorovaná variabilita amplitúdy, trvania a opakovacej frekvencie impulzov. Podobné merania boli vykonané s použitím Vivaldiho trychtýrovej antény aj spomínanej špirálovej antény UWB a výsledky boli porovnateľné.

Závery:

Táto štúdia jasne demonštruje prostredníctvom meraní, že všetky skúmané komunikačné signály obsahujú zložky ELF impulzov, ktoré sa značne líšia z hľadiska amplitúdy, opakovacej frekvencie, trvania, tvaru vlny atď. Podľa autorov vysoká variabilita reálnych komunikačných signálov v rozsahu ELF v kombinácii s plnou polarizáciou a koherenciou významne prispieva k biologickej aktivite bezdrôtových komunikačných technológií. Živé organizmy sa nedokážu adaptovať na vysoko variabilné, polarizované a koherentné stresory. Vedci identifikujú iónmi vynútené oscilácie na napäťovo riadených iónových kanáloch ako sprostredkujúci mechanizmus. Argumentujú, že tieto oscilácie sú zodpovedné za netepelné biologické účinky bunkových a Wi-Fi signálov, a nie nemodulovaná rádiofrekvenčná nosná vlna.

Poznámka redaktora:

Táto publikácia predstavuje priame merania štruktúr ELF impulzov komerčne dostupných zariadení Wi-Fi, 4G a 5G v časovej doméne. Tieto merania sú metodologicky transparentné a reprodukovateľné. Silnou stránkou testovacej metódy je použitie režimu nulového rozsahu ako osciloskopu na meranie ELF signálov. Jedným z obmedzení tejto metódy je rozlišovacia šírka pásma spektrálneho analyzátora, ktorá môže znížiť amplitúdu signálu. Hoci sú frekvenčné rozsahy jasne definované, autori nepoužívajú nomenklatúru ITU. Podľa ITU je ULF definovaný ako rozsah od 300 do 3000 Hz a TLF je definovaný ako rozsah od 0,3 do 3 Hz. Rozsah od 3 do 300 Hz sa delí na ELF (3–30 Hz) a SLF (30–300 Hz). Identifikácia zložiek ELF ako mediátorov biologickej účinnosti je v súlade so štúdiami Jangida a kol. [1, 2] v tomto čísle ElektrosmogReport (EREP, 02/2026), ktoré ukazujú, že signály bezdrôtovej komunikácie v reálnom svete sú účinnejšie ako generické, nemodulované rádiofrekvenčné vlny. Ďalšia publikácia v tomto čísle EREP od Kima a kol. [3] identifikuje molekulárny mechanizmus, ktorým môžu polia ELF meniť rýchlosť génovej expresie. Hoci sa mechanistické vzťahy medzi Kimovým experimentom a Panagopoulosovým modelom líšia, v oboch zohrávajú kľúčovú úlohu iónovo vynútené oscilácie a napäťovo riadené iónové kanály. Regulačné dôsledky sú jasné. Expozičné limity založené na tepelných účinkoch a špecifickej miere absorpcie (SAR) nie sú vhodné na posúdenie rizika pulzných polí. Je potrebné posúdenie rizika, ktoré explicitne zohľadňuje identifikovaný mechanizmus účinku. (RH)

1. Jangid P, Rai U, Sevak JK, Ranjan R, Singh S, Singh R (2026). Zmeny funkcie Leydigových buniek vyvolané rádiofrekvenčným žiarením. *Vedecké správy,* 16, 14999. https://doi.org/10.1038/s41598-026-39244-6

2. Narušenie bunkovej redoxnej reakcie a apoptóza: Diferenciálne účinky frekvencií RFR na Leydigove bunky. *Toxikológia a aplikovaná farmakológia,*511, 117807. https://doi.org/10.1016/j.taap.2026.117807

3. Kim J, Hwang Y, Kim S, Kwon D, Park J, Cho B a kol. (2026): Indukovateľné elektromagnetickým poľom *in vivo* génový prepínač pre diaľkové priestorovo-časové riadenie génovej expresie. *Bunka,*1–16. https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.03.029

Rádiofrekvenčné žiarenie poškodzuje bunky produkujúce testosterón

Zmeny funkcie Leydigových buniek vyvolané rádiofrekvenčným žiarením

Jangid P, Rai U, Sevak JK, Ranjan R, Singh S, Singh R (2026). Zmeny funkcie Leydigových buniek vyvolané rádiofrekvenčným žiarením. *Vedecké správy,*16, 14999. https://doi.org/10.1038/s41598-026-39244-6

Leydigove bunky sú primárnymi producentmi testosterónu a hrajú kľúčovú úlohu v mužskej plodnosti. Poškodenie týchto buniek môže ohroziť spermatogenézu a viesť k dysfunkcii semenníkov. Zatiaľ čo rastúci počet výskumov naznačuje, že rádiofrekvenčné elektromagnetické polia (RF-EMF) môžu vyvolať oxidačný stres, mitochondriálnu dysfunkciu a abnormality spermií, naše chápanie ich priameho vplyvu na reguláciu bunkového cyklu a proliferáciu Leydigových buniek zostáva obmedzené. Táto štúdia

rieši túto medzeru vo vedomostiach skúmaním účinkov závislých od frekvencie a času.

Návrh a implementácia štúdie:

Autori vystavili myšiu Leydigovu bunkovú líniu TM-3 trom rôznym RF zdrojom za netepelných podmienok: komerčnému 4G mobilnému telefónu (Xiaomi Note 7, 2318 MHz, 9,25 V/m), nemodulovanému poľu s frekvenciou 1800 MHz z generátora signálu (kontinuálna vlna, 14,69 V/m) a nemodulovanému poľu s frekvenciou 2450 MHz z generátora signálu (kontinuálna vlna, 13,44 V/m). Hodnota špecifickej miery absorpcie (SAR) pre mobilný telefón bola vypočítaná na 0,5 W/kg. Bunky vystavené simulovanému poľu slúžili ako kontroly. Trvanie expozície bolo 15, 30, 45, 60, 90 a 120 minút. Teplotný rozdiel medzi exponovanými bunkami a kontrolami bol menší ako 0,1 °C. Elektrické pole bolo monitorované pomocou systému Narda 520. Vedci skúmali morfologické zmeny pomocou mikroskopie a skúmali proliferáciu buniek a syntézu DNA pomocou enzýmovo-imunosorbentného testu (ELISA) s brómdeoxyuridínom (BrdU). Bunkový cyklus analyzovali aj pomocou prietokovej cytometrie. Všetky experimenty boli nezávisle opakované trikrát (n = 3). Štatistická analýza zahŕňala jednofaktorovú a dvojfaktorovú ANOVA s Dunnettovým testom viacnásobného porovnania.

Výsledky:

Všetky RF zdroje viedli k frekvenčne a časovo závislým morfologickým znakom bunkového stresu. Patrili medzi ne zaoblenie buniek, strata adhézie a znížená hustota buniek, čo je znakom bunkovej smrti. Najsilnejšie a najskoršie účinky boli pozorované pri frekvencii 2450 MHz, nasledované 4G mobilným telefónom a zdrojmi s frekvenciou 1800 MHz. V súlade s týmito zisteniami test BrdU odhalil progresívne zníženie syntézy DNA, čo naznačuje znížené delenie buniek. Toto zníženie bolo štatisticky významné pri expozícii žiareniu z mobilného telefónu po 45 minútach, pri expozícii 1800 MHz po 60 minútach a pri expozícii 2450 MHz po 90 minútach. Najväčšie zníženie relatívneho delenia buniek však bolo pozorované pri expozícii 2450 MHz, pričom po 90 a 120 minútach kleslo pod 50 %. Analýza bunkového cyklu odhalila akumuláciu bunkovej populácie vo fáze G1, sprevádzanú poklesom fázy S. Percento fázy G2/M zostalo nezmenené vo všetkých podmienkach. Tieto výsledky naznačujú zastavenie bunkového cyklu vo fáze G1.

Závery:

Výsledky tejto štúdie ukazujú, že vystavenie sa netermálnemu rádiofrekvenčnému žiareniu, vrátane vystavenia sa žiareniu z komerčného mobilného telefónu, môže ovplyvniť morfológiu, delenie a cyklus Leydigových buniek in vitro. Tento vplyv bol závislý od frekvencie a dávky. Súčasné zistenia z BrdU testu a analýzy bunkového cyklu naznačujú postupné poškodenie. Replikácia DNA je funkčne inhibovaná, čo sa následne prejavuje ako zastavenie bunkového cyklu vo fáze G1. Autori diskutujú o oxidačnom strese ako o mechanizme, ktorý... anistickom základe, pretože predtým pozorovali zníženú proliferáciu buniek a produkciu testosterónu, ako aj zvýšené hladiny reaktívnych foriem kyslíka po vystavení rádiofrekvenčnému žiareniu.

Poznámka redaktora:

Silné stránky tejto štúdie spočívajú v jej kontrolovanom, netepelnom experimentálnom dizajne. Tento dizajn zahŕňal nezávisle overené expozičné parametre a štatisticky robustnú replikáciu experimentu. Je pozoruhodné, že syntéza DNA a analýzy bunkového cyklu sú systematicky koherentné a podporujú hypotézu progresívneho replikačného stresu. Ďalšia nedávna štúdia tejto výskumnej skupiny skúmala vplyv rôznych zdrojov rádiofrekvenčného žiarenia na redoxný systém Leydigových buniek, čo prispieva k objasneniu mechanistického pozadia tejto štúdie (pozri „Narušenie bunkovej redoxnej rovnováhy a apoptózy: Rôzne účinky rádiofrekvenčných frekvencií na Leydigove bunky“ [1], ktoré sú široko vysielané z moderných bezdrôtových zariadení, vyvolala otázky týkajúce sa ich možného vplyvu na reprodukčné zdravie mužov. V tejto porovnávacej štúdii sme skúmali redoxné a apoptotické reakcie Leydigových buniek TM3 po vystavení žiareniu z mobilného telefónu, ako aj frekvenciám 2450 MHz a 1800 MHz počas 15, 30, 45, 60, 90 a 120 minút, a redoxná nerovnováha bola hodnotená kvantifikáciou oxidu dusnatého (NO, o ktorom sa tiež diskutuje v tomto čísle, EREP 02/26). Je zaujímavé, že napriek nižšej intenzite poľa mal komerčný mobilný telefón takmer vždy škodlivejšie účinky ako generátor signálu s frekvenciou 1800 MHz. Pokiaľ ide o proliferáciu buniek, mobilný telefón mal štatisticky významné účinky aj pri najkratšom trvaní expozície. To naznačuje, že Modulované signály mobilných telefónov v reálnom svete majú väčšiu biologickú účinnosť ako kontinuálne vlny. Štúdia má však svoje obmedzenia vrátane použitia bunkovej línie in vitro, čo obmedzuje jej použiteľnosť na primárne bunky alebo modely in vivo. Štúdia potvrdzuje výsledky skorších zistení (prehľad v ElektrosmogReport), ktoré opisujú škodlivé účinky RF žiarenia na produkciu testosterónu [2–4]. Špecifický vplyv RF-EMP na metabolizmus reprodukčných buniek a ich základné mechanizmy zostávajú nejasné. Cieľom tejto štúdie je preskúmať účinky RF-EMP na metabolizmus myších Leydigových buniek (TM3. (RH)

1. Jangid P, Rai U, Sevak JK, Singh S, Singh R (2026). Redoxné poruchy buniek a apoptóza: Diferenciálne účinky frekvencií RFR na Leydigove bunky. *Toxikológia a aplikovaná farmakológia*,511, 117807. https://doi.org/10.1016/j.taap.2026.117807

2. Miao X, Lin Y, Guo J, Lin J, Gao P, Zhang W a kol. (2025). Diferenciálne metabolické reakcie myších Leydigových buniek a spermatogónií na vystavenie rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu. *Hranice verejného zdravia,*13, 1623701. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1623701

3. Kaur P, Rai U, Singh R (2023). Genotoxické riziká pre mužské reprodukčné zdravie z rádiofrekvenčného žiarenia. *Bunky,*12(4), 1–20. https://doi.org/10.3390/cells12040594

4. Maluin SM, Jaffar FHF, Osman K, Zulkefli AF, Mat Ros MF, Ibrahim SF (2024). Skúmanie potenciálu jedlých vtáčích hniezd pri zmierňovaní vplyvu Wi-Fi na reprodukčné zdravie mužov. *Reprodukčná medicína a biológia,*23(1), 1–13. https://doi.org/10.1002/rmb2.12606

RF-indukovaný oxidačný stres v bunkách produkujúcich testosterón

Narušenie bunkovej redoxnej reakcie a apoptóza: Diferenciálne účinky frekvencií RFR na Leydigove bunky

Jangid P, Rai U, Sevak JK, Singh S, Singh R (2026). Redoxné poruchy buniek a apoptóza: Diferenciálne účinky RFR frekvencií na Leydigove bunky. *Toxikológia a aplikovaná farmakológia*,511, 117807. https://doi.org/10.1016/j.taap.2026.117807

Leydigove bunky sú nevyhnutné pre udržanie spermatogenézy, pretože produkujú testosterón. Existuje stále viac dôkazov o tom, že rádiofrekvenčné (RF) žiarenie negatívne ovplyvňuje mužskú plodnosť. Tieto dôkazy naznačujú, že oxidačný stres a apoptóza sú kľúčovými patologickými mechanizmami. Cieľom tejto štúdie je systematické skúmanie frekvenčne špecifických účinkov RF žiarenia na redoxnú rovnováhu a apoptózu Leydigových buniek.

Návrh a implementácia štúdie:

V štúdii sa použila myšacia Leydigova bunková línia TM3. Bunky boli vystavené trom typom RF žiarenia: mobilnému telefónu 4G (Xiaomi Note 7, 2318 GHz), generátoru signálu 1800 MHz (kontinuálna vlna) a generátoru signálu 2450 MHz (kontinuálna vlna). Doba expozície bunkových kultúr bola 15, 30, 45, 60, 90 a 120 minút. (Pozri „Zmeny funkcie Leydigových buniek vyvolané rádiofrekvenčným žiarením“ v EREP 02/26; základný dizajn štúdie je identický; poznámka editora.) Vplyvy teploty boli vylúčené. Oxid dusnatý a superoxid boli kvantifikované ako markery oxidačného stresu. Apoptóza buniek bola stanovená dvojitým farbením Annexin V-FITC/propidiumjodid, po ktorom nasledovala prietoková cytometria na detekciu skorých a neskorých apoptotických frakcií. Všetky experimenty boli nezávisle opakované trikrát (n = 3). Štatistická analýza zahŕňala jedno- a dvojfaktorovú ANOVA s Dunnettovým testom viacnásobného porovnania.

Výsledky:

Koncentrácia oxidu dusnatého vykazovala frekvenčne špecifický, dvojfázový vzorec. Keď bol zdrojom expozície mobilný telefón, po 30 a 45 minútach sa pozoroval štatisticky významný nárast, po ktorom nasledoval prechodný pokles a ďalší štatisticky významný nárast po 120 minútach. Avšak pri expozícii generátoru signálu s frekvenciou 1800 a 2450 MHz sa nepozoroval takmer žiadny významný nárast hladín oxidu dusnatého. Namiesto toho sa zaznamenal významný pokles po 15 minútach (v oboch podmienkach), po 30 minútach (v podmienkach s frekvenciou 1800 MHz) a po 90 minútach (v podmienkach s frekvenciou 1800 MHz). Intracelulárne hladiny superoxidu sa za všetkých troch podmienok progresívne zvyšovali. Expozícia mobilnému telefónu alebo frekvencii 2450 MHz viedla k skoršej a výraznejšej akumulácii ako expozícia frekvencii 1800 MHz. Pri všetkých zdrojoch a frekvenciách expozície sa pozoroval progresívny, štatisticky významný nárast celkových apoptotických buniek. Väčšina buniek vystavených mobilným telefónom alebo frekvencii 2450 MHz prešla skorým apoptózu, zatiaľ čo väčšina buniek vystavených frekvencii 1800 MHz prešla neskorou apoptózou.

Závery:

Táto štúdia naznačuje, že RF žiarenie z rôznych zdrojov a frekvencií môže narušiť redoxnú rovnováhu a vyvolať apoptózu v Leydigových bunkách TM3. Tieto rozdiely závislé od frekvencie a zdroja môžu poukazovať na odlišné signálne dráhy, prostredníctvom ktorých RF žiarenie uplatňuje svoje účinky. Dvojfázový vzorec môže naznačovať adaptívnu reakciu, po ktorej nasleduje vyčerpanie ochranných mechanizmov. Ako potenciálne základné mechanizmy autori rozoberajú uvoľňovanie mitochondriálnych reaktívnych foriem kyslíka (ROS), následnú tvorbu peroxynitritov, peroxidáciu lipidov a aktiváciu apoptotických kaskád.

Poznámka redaktora:

Toto vydanie ElektrosmogReport sa zaoberá aj „sesterskou štúdiou“ tejto výskumnej skupiny (pozri stranu 3), ktorá je presvedčivá vďaka dizajnu štúdie opísanému v sprievodnom prehľade. Pozorovania vykazujú vysoký stupeň konzistentnosti, pokiaľ ide o mechanistický základ (oxidačný stres/apoptóza) a biologický účinok (znížená produkcia testosterónu). Silnejší biologický účinok vyšších alebo modulovaných frekvencií (mobilný telefón) koreluje s opísanými vzormi redoxných a apoptóznych systémov. Jedným z obmedzení je, že hoci autori identifikovali tento mechanizmus ako možný, neskúmali mitochondriálne funkčné parametre (membránový potenciál, produkcia ATP a uvoľňovanie cytochrómu C). Okrem toho, nastavenie expozície a dozimetria neboli podrobne opísané, takže sa musíme spoľahnúť na zistenia zo „sesterskej štúdie“. (RH)

Identifikovaný kľúčový mechanizmus: EMF ako genetický prepínač

Elektromagnetickým poľom indukovateľný in vivo génový prepínač pre diaľkové priestorovo-časové riadenie génovej expresie

Kim J, Hwang Y, Kim S, Kwon D, Park J, Cho B a kol. (2026). Elektromagnetickým poľom indukovateľný in vivo génový prepínač pre diaľkové priestorovo-časové riadenie génovej expresie. Cell, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.03.029

Výskumníci skúmali schopnosť elektromagnetických polí (EMF) modulovať génovú expresiu v experimentálnych štúdiách už roky, no uspokojivé mechanistické vysvetlenie zostáva nejasné. Autori tejto publikácie riešia túto medzeru vo vedomostiach. Pri hľadaní presného regulačného mechanizmu pre aplikácie génovej terapie identifikovali proteín cytochróm b5 typu B (Cyb5b) ako potenciálny senzor. Taktiež po prvýkrát opisujú molekulárny mechanizmus, ktorým extrémne nízkofrekvenčné elektromagnetické polia (ELF-EMF) priamo ovplyvňujú...

génová expresia a bunkové regulačné procesy. Hoci táto práca vychádza z medicínskeho/terapeutického prístupu, redaktor ElektrosmogReport sa domnieva, že má významné dôsledky pre ochranu pred žiarením.

Návrh a implementácia štúdie:

Autori vykonali sekvenovanie RNA jednotlivých buniek myšieho mozgu vystavených ELF-EMP (2,0 mT, 60 Hz). Identifikovali *Lgr4* gén ako jediný gén, ktorého expresia je konzistentne a reverzibilne zmenená elektromagnetickými políčkami bez ohľadu na typ tkaniva. Autori potom izolovali EMF-indukovateľný element (IE) z promótorovej oblasti *Lgr4* gén. Pomocou reportérového testu s transgénnym IE-spriadaným zeleným fluorescenčným proteínom (GFP) identifikovali Cyb5b ako esenciálny mediátor. Vylúčenie Cyb5b úplne zrušilo EMF odpoveď buniek a opätovné zavedenie Cyb5b ju úplne obnovilo. Na základe tohto zistenia vedci skúmali molekulárne mechanizmy, ktorými Cyb5b sprostredkováva EMF odpoveď, pomocou zobrazovania živých buniek. Toto odhalilo, že rytmický oscilačný prítok vápenatých iónov (Ca^{2+}),sprostredkované napäťovo riadeným vápnikovým kanálom Cacna1f, aktivujú IE. Autori následne overili svoj „génový prepínač" in vivo pomocou transgénneho IE-GFP a rôznych terapeutických IE transgénov v myšom modeli. Pomocou opísaného ELF-EMF (2,0 mT, 60 Hz) špecificky modulovali fenotypy Alzheimerovej choroby a funkciu serotonínu pri fenotypoch depresie spôsobom génovej terapie.

Výsledky – Mechanizmus:

Jadrovou súčasťou štúdie relevantnej pre radiačnú ochranu je mechanistické dekódovanie signálnej kaskády EMF. Séria robustných reportérových a knockout testov naznačuje, že Cyb5b, membránovo viazaný nosič elektrónov, ktorý sa primárne nachádza v mitochondriálnej membráne, funguje ako senzor EMF. Aplikované ELF pole indukuje zmenu aktivity Cyb5b, ktorá mení redoxný stav napäťovo riadených vápnikových kanálov (VGCC), najmä VGCC typu L (Cacna1f). To moduluje pravdepodobnosť otvorenia Cacna1f a spúšťa charakteristický vzorec rytmických, trvalých intracelulárnych vápnikových oscilácií. Iba tieto vápnikové oscilácie môžu generovať biologickú odpoveď, na rozdiel od prítoku vápnika indukovaného farmakologickými alebo fyzikálnymi prostriedkami. Táto odpoveď spočíva v aktivácii transkripčného faktora Sp7, ktorý sa viaže na EMF-indukovateľný prvok *Lgr4* gén a iniciuje *Lgr4* expresia. ELF-EMF teda riadi tvorbu *Lgr4* bielkoviny.

Výsledky – Aplikácia v génovej terapii:

Aby vedci otestovali použiteľnosť prepínača génu IE in vivo, umiestnili rôzne proteíny pod kontrolu EMF-indukovateľného elementu (IE) v transgénnych myších modeloch. Tieto proteíny zahŕňali faktory OSK (používané v regeneratívnej medicíne na preprogramovanie buniek), patogénny amyloidný prekurzorový proteín (indukuje Alzheimerovu chorobu) a Tph2 (syntetizuje serotonín a používa sa na liečbu ochorení podobných depresii). Autori boli schopní indukovať transgény prostredníctvom EMF cieleným spôsobom, časovo obmedzeným a... špecifické anatomické oblasti. Terapia OSK čiastočne obnovila starnúce modely myší. Podobne lokálne aplikované EMF účinne spustilo patologickú akumuláciu Aβ42, tvorbu plakov a neurozápal v modeli Alzheimerovej choroby. V modeli depresie vystavenie EMF obnovilo serotonergnú aktivitu a normalizovalo behaviorálne parametre spojené s depresiou.

Poznámka redaktora:

Táto publikácia vyniká svojou vynikajúcou metodológiou. Využíva komplexné skríningové metódy, opakovanú validáciu (knockout a záchrana), zobrazovanie živých buniek, transgénne zvieracie modely a dlhodobé údaje na vytvorenie robustného reťazca dôkazov. Hoci autori nenašli žiadne dôkazy o škodlivých účinkoch vystavenia sa elektromagnetickým poliam u myší divokého typu, štúdia je veľmi relevantná z hľadiska ochrany pred žiarením. Štúdia po prvýkrát poskytuje vierohodný, overený molekulárny mechanizmus, prostredníctvom ktorého môžu elektromagnetické polia spúšťať špecifické zmeny v génovej expresii. Týmito mediátormi sú napäťovo riadené kalciové kanály (VGCC), ako Pall predpokladal v roku 2013 [1]. Štúdie v literatúre, ktoré sú tu recenzované, poskytujú podstatnú podporu pre takéto priame ciele. Dvadsaťtri štúdií preukázalo, že napäťovo riadené vápnikové kanály (VGCC). Autori interpretujú pozorované vápnikové oscilácie ako biologický frekvenčný kód. Bunka prekladá túto špecifickú dynamiku vápnika do definovaného transkripčného programu bioortogonálnym spôsobom. Otázka, či podobné signálne dráhy môžu byť aktivované environmentálnymi a každodennými zdrojmi EMF, je preto naliehavejšia ako kedykoľvek predtým. Teraz sa preukázalo, že ELF-EMF, ako napríklad tie zo striedavého prúdu (50 Hz), môžu zmeniť génovú expresiu. Dôsledky toho pre iné každodenné zdroje EMF, ako je bezdrôtová komunikácia, zatiaľ nie sú predvídateľné [2], najmä pre bezdrôtovú komunikáciu (WC). Autori sa domnievajú, že ELF pulzná modulácia nosnej vlny rádiofrekvencie hrá významnú úlohu v biologickej aktivite signálov reálnych mobilných telefónov. Výsledky ukazujú, že modely, ktoré sú základom limitov expozície prúdu, sú príliš zjednodušené na to, aby sa dali spoľahlivo predpovedať. Vedecké publikácie dlho naznačovali, že biologické účinky EMF nemožno vysvetliť výlučne tepelnými účinkami. Teraz bol identifikovaný kľúčový mechanizmus, ktorý robí tepelnú dogmu zastaranou. Autori však poukazujú na to, že na určenie... je potrebný ďalší výskum... presný molekulárny mechanizmus, ktorým zmeny v Cyb5b vyvolané EMF modulujú otvorený stav Cacna1f. Dostupné údaje sú však dostatočne spoľahlivé na to, aby nabádali osoby s rozhodovacou právomocou konať a prehodnotiť existujúce limity expozície a základné modely. (RH)

1. Pall ML. Elektromagnetické polia pôsobia prostredníctvom aktivácie napäťovo riadených vápnikových kanálov a vyvolávajú tak priaznivé alebo nepriaznivé účinky. *Časopis bunkovej a molekulárnej medicíny* 17(8), 958–965. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jcmm.12088

2. Panagopoulos DJ, Yakymenko I, De Iuliis GN, Chrousos GP. Komplexný mechanizmus biologických a zdravotných účinkov antropogénnych extrémne nízkofrekvenčných a bezdrôtových komunikačných elektromagnetických polí. *Hranice verejného zdravia,* 13, 1585441. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2025.1585441/full

Elektromagnetické polia narúšajú vyvolanie spomienok na strach

Zapojenie primárneho sluchového kortexu a bazolaterálneho amygdalového okruhu do zmeneného podmieneného vyhľadávania strachu v pamäti po vystavení elektromagnetickému poľu u myší

Cui Z, Shi L, Yang M, Chang C, Jin S, Hao Y a kol. (2026). Zapojenie primárneho okruhu sluchovej kôry a bazolaterálnej amygdaly do zmeneného podmieneného vyhľadávania strachu z pamäte po vystavení elektromagnetickému poľu u myší. Journal of Integrative Neuroscience, 25(4), 48640. https://doi.org/10.31083/JIN48640

Početné štúdie preukázali, že vystavenie elektromagnetickým poliam (EMP) môže zhoršiť kognitívne funkcie a emocionálne správanie. V tejto súvislosti je podmienená pamäť strachu obzvlášť dôležitá, pretože dysregulácia tejto pamäte je určujúcou charakteristikou posttraumatickej stresovej poruchy (PTSD). Vplyv EMP na základné nervové okruhy však zostáva do značnej miery nepreskúmaný. Dva kľúčové okruhy zapojené do spracovania a vyvolávania spomienok na strach sú primárna sluchová kôra (Au1) a bazolaterálna amygdala (BLA). Táto štúdia skúma, ako vystavenie statickému magnetickému poľu v kombinácii s rádiofrekvenčným žiarením ovplyvňuje okruh Au1-BLA na behaviorálnej, štrukturálnej a signálnej úrovni.

Návrh a implementácia štúdie:

Desaťtýždňové myši C57BL/6N boli náhodne rozdelené do štyroch skupín: Skupina 1: kontrolná skupina s placebom; Skupina 2: vystavenie magnetickému poľu (MF; 100 mT počas 1 hodiny/deň); Skupina 3: vystavenie RF (RF; nemodulovaná nosná frekvencia 9,375 GHz, SAR 2,58 W/kg počas 15 minút/deň); a Skupina 4: kombinované vystavenie (MF a RF). Tepelné účinky boli vylúčené meraním rektálnej teploty. Zvieratá podstúpili podmieňovanie sluchového strachu. Aktivácia pamäte strachu bola hodnotená pomocou zmrazovania. Okrem toho bola analyzovaná sluchová funkcia a štrukturálne-morfologické zmeny tkaniva v oblastiach Au1 a BLA. Ďalej boli skúmané projekčné neuróny (spojenie Au1-BLA) a dynamika vápnika v neurónoch Au1 a BLA. Na charakterizáciu ich funkcie boli aktivované alebo inhibované excitačné neuróny Au1 (exprimujúce CaMKII) a skúmané ich downstream excitačné a inhibičné neuróny v BLA. V závislosti od analýzy sa použilo šesť alebo osem vzoriek na skupinu (n = 6|8).

Výsledky:

Iba skupina vystavená kombinácii MF a RF polí vykazovala po siedmich dňoch významné zmeny v správaní sa pri zmrazovaní, čo je jasným znakom zhoršenia pamäte strachu. Sluchová funkcia zostala nezmenená. V porovnaní s kontrolnou skupinou boli v exponovaných skupinách pozorované štrukturálne zmeny, vrátane... mitochondriálny opuch, kondenzácia chromatínu a degranulácia endoplazmatického retikula. Tieto zmeny boli výraznejšie v skupinách vystavených kombinácii polí ako v skupinách vystavených iba MF alebo RF poliam a v neurónoch Au1 ako v neurónoch BLA. V súlade s týmto zistením boli Nisslove telieska významne znížené v neurónoch Au1 vystavených kombinácii polí. Spojenie medzi oblasťami Au1 a BLA (projekcia neurónov) vykazovalo oslabený prenos signálu. V súlade s tým bola aktivita vápnika počas reakcie na strach významne znížená v skupine s kombinovaným poľom. Funkčne chemicky aktivujúce excitačné neuróny Au1 čiastočne obnovili správanie strachu a dynamiku vápnika v BLA, zatiaľ čo chemická inaktivácia týchto neurónov zhoršila fenotyp. V oblasti BLA viedla kombinovaná expozícia k zvýšenej aktivácii excitačných neurónov, ale nie inhibičných neurónov. Tento účinok bol zmiernený aktiváciou Au1.

Závery:

Výsledky ukazujú, že vystavenie statickému magnetickému poľu a RF-EMF funkčne oslabuje okruh Au1-BLA, čím zhoršuje vyvolávanie spomienok na strach. Funkčná analýza naznačuje, že v tomto poškodení zohráva úlohu znížený glutamatergický výstup z Au1, spojený s dysreguláciou cholinergných neurónov BLA v smere toku signálu. Pozorované poškodenie nie je spôsobené poruchami periférnej sluchovej funkcie alebo spracovaním počiatočných senzorických podnetov.

Poznámka redaktora:

Táto štúdia sa vyznačuje multimodálnym prístupom. Behaviorálne testovanie, chemogenetika, zobrazovanie vápnika, elektrónová mikroskopia a sledovanie vírusov projekčných neurónov boli kombinované na vytvorenie konzistentného reťazca dôkazov. Táto štúdia má potenciálny klinický význam vďaka svojej súvislosti s posttraumatickou stresovou poruchou (PTSD). Údaje zo štúdií na zvieratách však nemožno priamo preniesť na ľudí. Intenzita statického magnetického poľa je pod bezpečnostným prahom ICNIRP 400 mT a špecifická absorpčná miera (SAR) RF-EMF 2,58 W/kg je v rámci povoleného limitu expozície pre hlavu, ktorý je 2 W/kg. Účinky EMF sa vyskytujú primárne synergicky, ako v reálnych bezdrôtových komunikačných technológiách. Zložka extrémne nízkej frekvencie (ELF) bezdrôtových komunikačných technológií sa však výrazne líši od tu použitého statického magnetického poľa, pretože je pulzná a podstatne slabšia. (RH)

EMF, mikrotubuly a liečba rakoviny

Nízkoenergetické amplitúdovo modulované rádiofrekvenčné elektromagnetické polia ako systémová liečba rakoviny: Prehľad a navrhované mechanizmy účinku

Tuszynski JA, Costa F (2022). Nízkoenergetické amplitúdovo modulované rádiofrekvenčné elektromagnetické polia ako systémová liečba rakoviny: Prehľad a navrhované mechanizmy účinku. *Hranice v lekárskej technológii*,4, 869155. https://doi.org/10.3389/fmedt.2022.869155

Rakovina pečene je v súčasnosti štvrtou najčastejšou príčinou úmrtí súvisiacich s rakovinou. Na základe 5-ročnej miery prežitia je to druhá najsmrteľnejšia forma rakoviny. Táto recenzia sa zameriava na zdravotnícke pomôcky, ktoré vyžarujú elektromagnetické polia (EMF) s nízkym výkonom s nosnou frekvenciou 27,12 MHz a amplitúdovou moduláciou medzi 10 Hz a 150 kHz. Štúdia sumarizuje dostupné dôkazy o účinnosti a bezpečnosti vystavenia sa nízkoenergetickým, amplitúdovo modulovaným rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam (LEAMRFEMF) u pacientov s rakovinou pečene. Vyžarovaný výkon je príliš nízky na to, aby spôsobil znateľné zahrievanie tkaniva. Účinky vystavenia sa LEAMRFEMF sú skôr založené na rezonančných interakciách elektromagnetických vĺn so subcelulárnymi štruktúrami v normálnych a rakovinových ľudských bunkách. V bunkách sú nabité molekuly rozmiestnené cez membrány, čím vytvárajú elektrické a chemické potenciálové rozdiely podobné tým v batérii. Tieto potenciálové rozdiely generujú sily, ktoré pohybujú iónmi, ktoré sú základom takmer všetkých fyziologických procesov v bunkách. Bunky tiež obsahujú vysoko nabité makromolekulárne štruktúry vrátane mikrotubulov (MT). Okrem svojej známej úlohy v bunkovom delení mikrotubuly šíria elektrické signály v bunkách.

Návrh a implementácia štúdie:

Štúdia sa zaoberá dvoma medicínskymi zariadeniami LEAMRFEMF pracujúcimi na frekvencii 27,12 MHz: P1 (TheraBionic GmbH, Ettlingen, Nemecko) a AutEMdev (Autem Therapeutics, Hanover, New Hampshire, USA). Tieto zariadenia majú výstupný výkon 100 mW, čo je približne 1 000-krát menej ako mobilný telefón a 100 000-krát menej ako zariadenia používané na tepelnú abláciu nádorov. Špecifická miera absorpcie (SAR) je 1,77 mW/kg. Frekvenčné rozsahy sa navyše líšia od rozsahov používaných v telekomunikáciách. Obe zariadenia používajú sínusovú amplitúdovú moduláciu nosnej vlny. AutEMdev používa frekvencie medzi 10 Hz a 20 kHz, zatiaľ čo P1 používa frekvencie medzi 0,1 Hz a 150 kHz. Fyziologické a terapeutické účinky zariadení môžu byť spôsobené pevnou nosnou vlnou s frekvenciou 27,12 MHz a amplitúdovou moduláciou. Autori predpokladajú, že elektromagnetické vlny na týchto frekvenciách rezonujú s vibráciami nabitých makromolekulárnych štruktúr a iónových prúdov v bunkách, podobne ako zvon rezonuje, keď je vystavený zvukovým vlnám správnej frekvencie. frekvencia. To znamená, že hoci je anténa zariadenia umiestnená v ústach pacienta, celé ľudské telo sa tiež stáva anténou. S výnimkou kostí sú účinky expozície rozložené po celom tele.

Výsledky:

Prvým hláseným potenciálnym klinickým prínosom LEAMRFEMF je jeho schopnosť podporovať spánok u pacientov s nespavosťou. Účinok rádiofrekvenčného EMF na alfa vlny ľudského mozgu, ktoré oscilujú s frekvenciou 8 až 13 Hz, by mohol vysvetliť tieto pozorovania. Dve štúdie in vitro zistili, že inhibícia rastu bunkových línií rakoviny pečene sa vyskytovala ľahšie pri predtým identifikovaných frekvenciách špecifických pre rakovinu pečene ako pri frekvenciách špecifických pre rakovinu prsníka alebo náhodne vybraných frekvenciách. Dôkazy naznačujú, že prítok vápnika cez napäťovo riadený vápnikový kanál CACNA1H je zapojený do protirakovinových účinkov. Doteraz bolo publikovaných päť správ, v ktorých sa zariadenie AutEMdev alebo P1 používalo u pacientov s rakovinou pečene. Súhrnná analýza ukázala, že medián celkového prežitia (OS) u pacientov, ktorí dostávali liečbu zariadením TheraBionic P1 ako liečbu prvej línie, bol 6,7 mesiaca, čo je o niečo viac ako 4,6-mesačný medián OS u historických kontrolných pacientov, ktorí dostávali chemoterapiu sorafenibom. Tieto výsledky viedli k začatiu rozsiahlejšej multicentrickej klinickej štúdie, ktorá priniesla podobné výsledky. Štúdie s prístrojom AutEMdev a P1 poskytli dôkazy o protinádorovej účinnosti a/alebo udržaní či zlepšení kvality života súvisiacej so zdravím u pacientov, ktorí pokračovali v liečbe. Kohorta prospektívnej štúdie mala dlhšie celkové prežitie ako kontrolná skupina. Okrem miernej únavy a občasného podráždenia ústnej sliznice (v kombinácii so štandardnou chemoterapiou) je liečba bez vedľajších účinkov.

Závery:

Karcinogenézu možno vnímať ako fázový prechod, v ktorom sa normálne synchronizované, homogénne a diferencované bunky v usporiadaných tkanivách stávajú asynchrónnymi, heterogénnymi, dediferencovanými a proliferatívnymi rakovinovými bunkami v neusporiadaných nádoroch. Pokojové membránové potenciály sú tiež zmenené (významne znížené) a metabolizmus sa presúva z oxidačnej fosforylácie na glykolýzu. Takmer všetky bunky majú pokojový membránový potenciál a napäťovo riadené iónové kanály sú prítomné aj v neexcitabilných bunkách. (Tieto iónové kanály sa nachádzajú v bunkových a mitochondriálnych membránach. Mikrotubuly tvoria systém „káblov“, ktorý sa rozprestiera v bunke a pripája sa k membránam alebo iónovým kanálom; pozn. redaktora.) Mikrotubuly vedú elektrické prúdy prostredníctvom okolitých protiiónov a sú vodivejšie ako cytoplazma. Preto pôsobia ako hlavná dráha pre šírenie iónových vĺn v bunke. Rezonančné prepojenie elektromagnetických polí (EMF) s mikrotubulami, pričom mikrotubuly pôsobia ako bunkové biologické antény, by mohlo tvoriť základ pre medicínske aplikácie EMF. Narušenie iónových prúdov v mikrotubuloch by mohlo narušiť delenie buniek a subcelulárnu...

mitochondriálny transport. Mikrotubuly sú vysoko vodivé pre striedavé prúdy s frekvenciami blízkymi nosnej vlne 27,12 MHz lekárskych zariadení LEAMRFEMF v pozdĺžnom smere. Nosná vlna pravdepodobne zosilňuje iónové prúdy pozdĺž mikrotubulov, čím sa bunky stávajú náchylnými na amplitúdovú moduláciu pri nižších frekvenciách. LEAMRFEMF môže posunúť metabolizmus rakovinových buniek od glykolýzy, čím sa obnoví normálny fenotyp. Autori vypočítali energiu rozptýlenú na bunku v dôsledku iónových prúdov indukovaných EMF v mikrotubuloch a porovnali ju s celkovou produkciou metabolickej energie na bunku. Dospeli k záveru, že energetický vstup z liečby by mohol významne prispieť k posunu bunkovej energetickej bilancie od glykolýzy smerom k oxidácii mastných kyselín. Odhady približne 50 fW pre výkon EMF vyžarovaný na bunku zodpovedajú približne 1,5 % metabolického výkonu v normálnych bunkách. V bunkách rakoviny pečene môže byť mitochondriálna oxidačná fosforylácia znížená až o 50 %. Ľudská pečeň bežne spotrebuje približne 15 W (alebo 15 % celkovej metabolickej energie tela). Keďže glykolýza je deväťkrát menej účinná ako oxidačná fosforylácia, bunky musia zvýšiť svoju spotrebu glukózy rovnakým faktorom, aby si udržali rovnaký energetický výťažok. V dôsledku toho môže 50 fW na bunku zodpovedať až za 13,5 % spotreby glukózy v glykolytických bunkách v porovnaní s 1,5 % v bunkách podstupujúcich oxidačnú fosforyláciu. Autori preukázali, že frekvencia prenosu náboja cez izolované mikrotubuly in vitro (okolo 30 Hz) spadá do rozsahu amplitúdovej modulácie frekvencií terapeutických zariadení LEAMRFEMF. Rezonančná väzba môže generovať oscilačné iónové prúdy v kondenzovaných iónoch obklopujúcich a v mikrotubuloch. Tieto prúdy potom môžu narušiť iónové kanály, bunkové delenie, motorické proteíny, mitochondriálny transport a morfológiu a bunkovú energetickú rovnováhu. Tieto predpokladané mechanizmy účinku sa potenciálne prekrývajú a navzájom sa nevylučujú. Je potrebné ďalšie skúmanie týchto mechanizmov. Autori dospeli k záveru, že vystavenie účinku LEAMRFEMF je potenciálnou metódou na zmenu správania rakovinových buniek u pacientov s pokročilým ochorením.

Poznámka redaktora:

Hoci mnohé detaily zostávajú nejasné, ide o sľubný prístup. Keďže táto elektromagnetická metóda boja proti rakovine alebo jej spomalenia nemá prakticky žiadne vedľajšie účinky, ďalší výskum tejto biomedicínskej aplikácie EMF by bol veľmi žiaduci. (AT)

EMF, mikrotubuly a mozog

Rozdiely v elektrickej aktivite mozgových mikrotubulov hipokampu a neokortexu u dospelých potkanov

Cantiello HF, Porcari CY, Albarracín VH, Murphy D, Mecawi AS, Godine A a kol. (18. novembra 2025). Rozdiely v elektrickej aktivite mozgových mikrotubulov hipokampu a neokortexu u dospelých potkanov. *bioRxiv,* 688943. https://doi.org/10.1101/2025.11.18.688943

Predpokladá sa, že mozgové vlny odrážajú synchronizované elektrické oscilácie produkované veľkými skupinami aktívnych neurónov. Tieto oscilácie možno pozorovať pomocou elektroencefalografie (EEG) alebo záznamov lokálneho poľného potenciálu (LFP). Prítomnosť týchto vĺn v rôznych živočíšnych kmeňoch vrátane hmyzu a stavovcov naznačuje, že hrajú zásadnú úlohu vo výpočtových procesoch mozgu. Rôzne typy mozgových vĺn sa vyznačujú svojou frekvenciou a amplitúdou. Príklady zahŕňajú alfa, beta, delta, theta a gama vlny, ktoré vykazujú odlišné vzorce oscilačnej aktivity. Nedávne štúdie zdôraznili dôležitosť koherencie vĺn pre rôzne kognitívne funkcie, najmä pozornosť a pamäť. Zvýšená koherencia medzi špecifickými oblasťami mozgu je spojená so zlepšenou pozornosťou, zatiaľ čo znížená koherencia je spojená s deficitmi pozornosti. Udržiavanie krátkodobej pamäte si vyžaduje koordinovanú aktivitu medzi prefrontálnym kortexom a hipokampom. Predchádzajúce štúdie ukázali, že cytoskeletálne polyméry, vrátane aktínových filamentov a mikrotubulov (MT), majú elektrické vlastnosti, ktoré prispievajú k intracelulárnym neuronálnym obvodom a môžu interagovať s iónovými kanálmi zapojenými do neuronálnej aktivity. MT v mozgu generujú spontánne elektrické oscilácie s frekvenciami podobnými mozgovým vlnám, čo naznačuje ich ústrednú úlohu vo funkcii mozgu. V tejto štúdii autori použili merania LFP v spojení so systémom patch-clamp na skúmanie prítomnosti endogénnych oscilácií v špecifických oblastiach mozgu dospelého potkana. Detekovali špecifické vzory s výraznými frekvenčnými vrcholmi.

Návrh a implementácia štúdie:

Vzorky mozgového tkaniva potkanov (n = 43), ktoré boli uložené v extracelulárnom roztoku, boli vyšetrené pomocou zosilňovača s patch-clamp a pipetovej elektródy, ktorá bola naplnená intracelulárnym fyziologickým roztokom. (Roztok obsahoval rovnakú koncentráciu KCl v pipete aj v kúpeli.) Na vyhodnotenie vplyvu koncentrácie iónov na elektrické prúdy bolo tkanivo inkubované v roztoku KCl počas 24 až 48 hodín. Potom bolo tkanivo vyšetrené za symetrických podmienok KCl pomocou zosilňovača s patch-clamp ako predtým. Na vyhodnotenie úlohy mikrotubulov (MT) v elektrických oscilániach mozgu potkanov autori skúmali vplyv paklitaxelu, stabilizátora MT, ktorý eliminuje elektrické oscilácie v preparátoch MT.

Výsledky:

Vzorky mozgovej kôry s napäťovo viazanými prvkami vykazovali spontánne, samoudržateľné elektrické oscilácie, ktoré priamo reagovali na amplitúdu a polaritu elektrického stimulu. Podobné výsledky sa dosiahli aj so vzorkami hipokampu. Fourierove spektrá vykazovali základnú frekvenciu približne 38 Hz pre vzorky mozgovej kôry aj hipokampu. Táto frekvencia bola prítomná pri 0 mV, čo naznačuje prítomnosť chemického gradientu medzi mozgovým tkanivom a vnútrom pipety. Oscilácia bola výraznejšia vo vzorkách mozgovej kôry ako vo vzorkách hipokampu. Vzorky mozgovej kôry s napäťovo viazanými prvkami inkubované v KCl vykazovali spontánne, samoudržateľné elektrické oscilácie, ktoré priamo reagovali na amplitúdu a polaritu elektrického stimulu. Podobné výsledky sa dosiahli aj so vzorkami hipokampu. Fourierove spektrá vykazovali základnú frekvenciu približne 38 Hz pre oba typy vzoriek (mozgová kôra a hipokampus). Táto frekvencia oscilácií bola prítomná aj pri 0 mV. Po inkubácii s KCl boli oscilácie vo vzorkách mozgovej kôry a hipokampu podobné. Spontánne elektrické oscilácie boli po pridaní paklitaxelu významne znížené (hoci stále merateľné), pričom v hipokampe sa dosiahla takmer úplná inhibícia. Tieto výsledky naznačujú, že mikrotubuly (MT) hrajú zásadnú úlohu v intracelulárnych osciláciách pozorovaných v mozgu potkana. Podľa snímok z elektrónového mikroskopu sa pozdĺžne mikrotubuly v kortexe javia ako menej organizované ako mikrotubuly v hipokampe. Tieto elektrické rozdiely môžu zodpovedať stupňu usporiadania mikrotubulov, ako naznačujú súvisiace štúdie.

Závery:

Táto štúdia významne posúva naše chápanie úlohy mikrotubulov v neuronálnych elektrických osciláciách. Paklitaxel, látka stabilizujúca mikrotubuly, interaguje s väzbovými miestami v mikrotubuloch. Významné zníženie elektrických oscilácií v kortexe a hipokampe spôsobené paklitaxelom zdôrazňuje kľúčovú úlohu mikrotubulov v týchto osciláciách. Predchádzajúce štúdie výskumnej skupiny autorov preukázali, že zväzky mikrotubulov izolované z hovädzieho mozgu generujú spontánne, samoudržateľné elektrické oscilácie s frekvenčnými zložkami v rozsahu mozgových vĺn [1]. Elektrické oscilácie vyvolané MT s výraznými vrcholmi okolo 38 a 90 Hz boli predtým pozorované v mozgoch včiel medonosných, čo naznačuje zaujímavú možnosť, že MT pôsobia ako centrálne oscilátory v mozgu [2]. Tieto údaje naznačujú, že cytoskelet môže sprostredkovať intracelulárne elektrické signály, čo je jav, ktorý by mohol byť kľúčový pre mozgové tkanivo.

Poznámka redaktora:

Predpokladá sa, že mikrotubuly fungujú ako biologické vlnovody. Vďaka svojej dutej, valcovitej štruktúre a kryštálovej mriežke dokážu viesť elektromagnetické vlny v bunkách. Ich geometria, dielektrický kontrast a symetria sú podobné ako u umelých optických vlnovodov, ako sú napríklad optické káble. Mikrotubuly sú prvé makromolekuly, ktorých elektromagnetické správanie možno plne modelovať. Keďže mikrotubuly sú pripojené k napäťovo riadeným iónovým kanálom v bunkovej membráne, pravdepodobne sa priamo alebo nepriamo podieľajú na biologických účinkoch (vonkajších) elektromagnetických polí. (AT)

1. Gutierrez BC, Pita Almenar MR, Martínez LJ, Siñeriz Louis M, Albarracín VH, Cantero MD, Cantiello HF (2021). Oscilácie mozgu včiel sú generované mikrotubulami. Koncept centrálneho mozgového oscilátora.*Hranice molekulárnej neurovedy,*14, 727025. https://doi.org/10.3389/fnmol.2021.727025

2. Scarinci N, Priel A, Cantero MD, Cantiello HF (2023). Elektrické oscilácie mozgových mikrotubulov – analýza empirického rozkladu módov. *Bunková a molekulárna neurobiológia, 43(5), 2089 –2104.*https:// doi.org/10.1007/s10571-022-01290-9

Aktuálne limity expozície sú príliš vysoké

Limity expozície rádiofrekvenčnému EMF nezohľadňujú riziko rakoviny ani reprodukčnú toxicitu hodnotenú na základe údajov u pokusných zvierat.

Melnick RL, Moskowitz JM (2026). Limity expozície rádiofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu nezohľadňujú riziko rakoviny ani reprodukčnú toxicitu hodnotenú na základe údajov u experimentálnych zvierat.*Environmentálne zdravie,* 25(1), 42. https://doi.org/10.1186/s12940-026-01288-6

Limity expozície, ktoré v súčasnosti stanovila FCC (Federálna komunikačná komisia, USA) a ICNIRP (Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením, EÚ), sú založené na behaviorálnych štúdiách potkanov (n = 8) a opíc (n = 6) z 80. rokov 20. storočia. Tieto štúdie skúmali iba jedno kritérium. Konkrétne skúmali frekvencie a hustoty výkonu, pri ktorých by bola miera odozvy na stlačenie páky na uvoľnenie potravinových peliet po 40 alebo 60 minútach expozície výrazne nižšia ako u kontrolnej skupiny. Neboli hodnotené žiadne iné koncové body ani trvanie expozície. Na stanovenie špecifickej absorpcie 4 W/kg ako prahu pre škodlivé účinky rádiofrekvenčného (RF) žiarenia na zdravie sa použilo zvýšenie telesnej teploty približne o 1,0 °C. Tento limit zostáva v platnosti dodnes. Pre bežnú populáciu bol limit znížený na 0,08 W/kg použitím ľubovoľných bezpečnostných faktorov. Chronická expozícia a netepelné účinky sa neberú do úvahy. Dva nedávne systematické prehľady [1,2] Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) však dospeli k záveru s „vysokou istotou dôkazov“, že vystavenie rádiofrekvenčnému žiareniu je spojené so zvýšeným rizikom rakoviny a zníženou mužskou plodnosťou. Autori, vrátane bývalého vedúceho vedca Národného toxikologického programu (NTP) USA, použili údaje z existujúcich zvieracích modelov na výpočet overiteľnejších limitov expozície.

Návrh a implementácia štúdie:

Pokiaľ ide o údaje o nádoroch, vedci vykonali analýzy porovnávacej dávky (BMD) s použitím miery výskytu nádorov z modelov potkanov v štúdiách NTP a Ramazzini Institute. Keďže mechanizmus indukcie nádoru nie je známy, vedci použili lineárnu extrapoláciu nízkych dávok hodnôt BMD01 (1 % zvýšené riziko) a BMDL01 (dolný 95 % interval spoľahlivosti pre 1 % zvýšené riziko) v súlade s pokynmi Agentúry na ochranu životného prostredia (EPA) pre hodnotenie rizika rakoviny. Táto lineárna extrapolácia poskytuje odhady špecifickej miery absorpcie (SAR) pre celé telo spojenej s dodatočným rizikom rakoviny u jedného zo 100 000. Pre nepriaznivý vplyv na mužskú fertilitu autori použili lineárnu účinnosť 3 % zníženia miery počatia na W/kg, ako je uvedené v odkaze [2]. Použili tiež štandardizované faktory neistoty (10-násobok pre extrapoláciu zo zvierat na ľudí, 10-násobok pre rozdiely medzi jednotlivými ľuďmi a 3-násobok, ak nebola identifikovaná hladina bez pozorovaných nežiaducich účinkov (NOAEL).

Výsledky:

V závislosti od základnej štúdie sa odvodená hodnota SAR, ktorá zodpovedá zvýšeniu rizika rakoviny o 1 zo 100 000, pohybuje od 0,7 do 5,3 mW/kg pri jednej hodine dennej expozície rádiofrekvenčnému žiareniu. Súčasný limit ICNIRP/FCC pre celé telo pre bežnú populáciu je 80 mW/kg. Pri jednej hodine dennej expozície súčasný limit prekračuje prijateľné riziko rakoviny 15 až 114-krát. Pri ôsmich hodinách dennej expozície je nadmerné riziko 121 až 909-krát vyššie. Pre mužskú plodnosť sa použitím štandardizovaných faktorov neistoty získajú limity 3,3 až 10 mW/kg. Súčasný limit je teda osem až 24-krát vyšší.

Závery:

Limity expozície pre mobilné telefóny, ktoré v súčasnosti stanovili FCC a ICNIRP, nezaručujú fyzickú bezpečnosť bežnej populácie. Pre skupiny vystavenia žiareniu v práci (400 mW/kg) sa prognóza zhoršuje päťnásobne. Autori vyzývajú na nezávislé prehodnotenie týchto limitov, ktoré by zahŕňalo vedecké zistenia za posledných 30 rokov a uplatňovalo štandardizované metódy hodnotenia rizika. Autori ďalej uznávajú možnosť podhodnotenia skutočného rizika, pretože samotná hodnota SAR nie je dostatočným ukazovateľom (v tom zmysle, že nezohľadňuje biologické interakcie na molekulárnej úrovni spôsobené bezdrôtovými zariadeniami používanými v blízkosti tela).

Poznámka redaktora:

Autori používajú rovnaké nástroje, aké zdravotnícke orgány na celom svete používajú na hodnotenie rizík chemických karcinogénov. Podľa rovnakých štandardov, ak by žiarenie z mobilných telefónov bolo chemikáliou, bolo by klasifikované ako neprijateľné zdravotné riziko. Je alarmujúce, že aj jedna hodina denného používania mobilného telefónu v rámci regulačných limitov výrazne prekračuje prijateľné riziko rakoviny. Táto publikácia poskytuje pevný základ, ktorý nepopiera potrebu reformy zastaranej tepelnej dogmy. (RH)

1. Mevissen M, Ducray A, Ward JM, Kopp-Schneider A, McNamee JP, Wood AW a kol. (2024). Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu na rakovinu v štúdiách na laboratórnych zvieratách, systematický prehľad. *Medzinárodná organizácia pre životné prostredie,*199, 109482. https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109482

2. Cordelli E, Ardoino L, Benassi B, Consales C, Eleuteri P, Marino C a kol. (2024). Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu (RF-EMF) na mužskú plodnosť: Systematický prehľad experimentálnych štúdií na cicavcoch okrem človeka a ľudských spermiách in vitro.*Medzinárodná organizácia pre životné prostredie,*185, 108509. https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108509

Poruchy spánku na vzostupe

Rastúci počet ľudí so spánkom vo Švédsku

Nilsson M, Hardell L (2026). Rastúci počet osôb s problémami so spánkom vo Švédsku. *Choroby,* 14(1):25. https://doi.org/10.3390/diseases14010025

Od začiatku tisícročia je široká verejnosť vystavená výrazne väčšiemu množstvu rádiofrekvenčného (RF) žiarenia v dôsledku rozsiahleho používania smartfónov a postupného rozširovania mobilnej infraštruktúry vrátane sietí 3G, 4G a 5G. Počas rovnakého obdobia sa poruchy spánku vo Švédsku stali rozšírenejšími, najmä medzi deťmi, dospievajúcimi a mladými dospelými – historicky nízkorizikovými vekovými skupinami pre poruchy spánku. Táto štúdia skúma, či sa prevalencia klinicky diagnostikovaných porúch spánku medzi rokmi 2001 a 2024 zvýšila, a ak áno, či je tento nárast časovo spojený (korelácia) so zvýšenou expozíciou RF a/alebo časom stráveným pred obrazovkou.

Návrh a implementácia štúdie:

Autori analyzovali švédsky národný register pacientov od roku 2001 do roku 2024. Štúdia zahŕňala ambulantných pacientov s primárnou diagnózou G47 (poruchy spánku organického pôvodu) alebo F51 (neorganické poruchy) podľa desiateho vydania Medzinárodnej klasifikácie chorôb (MKCH-10). Analýzu vykonali v piatich vekových kohortách (0 – 4, 5 – 19, 20 – 39, 40 – 59 a 60+ rokov) a štandardizovali ju na 100 000 ľudí v každej skupine.

Výsledky:

Významný nárast diagnóz G47 bol zaznamenaný vo všetkých vekových kohortách. Najprudší nárast bol pozorovaný vo vekovej skupine od 5 do 19 rokov. V tejto skupine sa počet diagnostikovaných pacientov medzi rokmi 2001 a 2024 zvýšil 17-násobne, z 13,8 na 235,6 na 100 000 ľudí. Tento nárast sa výrazne zrýchlil po roku 2009, čo sa zhodovalo s rozsiahlym prijatím smartfónov a rozširovaním siete 4G. Miera diagnóz porúch spánku sa zvýšila aj vo všetkých ostatných vekových skupinách: u detí vo veku 0 – 4 roky sa zvýšila zo 41,5 na 215,8; u dospelých vo veku 20 – 39 rokov sa zvýšila zo 40,4 na 220,9; u dospelých vo veku 40 – 59 rokov sa zvýšila zo 169,5 na 362,8; a u dospelých vo veku 60 rokov a starších sa zvýšila zo 116,4 na 322,9. Pri diagnózach F51 sa nepozorovali žiadne významné zmeny.

Závery:

Autori poukazujú na to, že vo Švédsku došlo k celoštátnemu nárastu klinicky diagnostikovaných porúch spánku, ktorý sa zhodoval s rozširovaním mobilnej infraštruktúry a zvýšeným používaním mobilných zariadení. Ako možné príčiny rozoberajú účinky rádiofrekvenčného žiarenia na mozgovú aktivitu a potlačenie produkcie melatonínu modrým svetlom z obrazoviek. Vedci však zdôrazňujú, že táto štúdia generuje hypotézy a vyzýva na ďalšie štúdie, ktoré by špecificky hodnotili poruchy spánku, vystavenie rádiofrekvenčnému žiareniu a biologické parametre. Nárast rozhodne nie je spôsobený vyššou mierou hlásenia.

Poznámka redaktora:

Obzvlášť znepokojujúci je výrazný nárast diagnóz porúch spánku u detí a dospievajúcich. Tieto vekové skupiny prechádzajú vývojovými zmenami, a preto sú obzvlášť zraniteľné voči účinkom vystavenia rádiofrekvenčnému žiareniu. Podľa štatistickej štúdie Švédskej mediálnej rady z roku 2022 viac ako 70 % 15-ročných a 40 % 12-ročných používa mobilný telefón viac ako tri hodiny denne. Kľúčovým obmedzením štúdie je jej čisto korelačný prístup založený na registroch. Kauzálne závery sú metodologicky nemožné a nemožno kontrolovať faktory, ako sú napríklad stresové príznaky súvisiace s pandémiou. Štúdia však poskytuje relevantné epidemiologické zistenia, ktoré by sa nemali ignorovať v kontexte rastúceho množstva literatúry o neurofyziologických patológiách vyvolaných rádiofrekvenčným žiarením. (RH).

Vedenia vysokého napätia a zdravie

Dlhodobé vystavenie magnetickému poľu v domácnostiach a úmrtnosť na neurodegeneratívne ochorenia: 18-ročná celoštátna kohortová štúdia vo Švajčiarsku

Sandoval-Diez N, Loizeau N, Huss A, Röösli M, Vienneau D (2026). Dlhodobé vystavenie magnetickému poľu v domácnostiach a úmrtnosť na neurodegeneratívne ochorenia: 18-ročná celoštátna kohortová štúdia vo Švajčiarsku. *Medzinárodná organizácia pre životné prostredie,*208, 110145. https://doi.org/10.1016/j.envint.2026.110145

Potenciálne zdravotné riziká spojené s vystavením extrémne nízkofrekvenčným magnetickým poliam (ELF-MF) sú stále predmetom diskusie. V roku 2001 Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) klasifikovala ELF-MF ako možný ľudský karcinogén (skupina 2B). IARC založila túto klasifikáciu na „nedostatočných" dôkazoch zo štúdií na zvieratách a „obmedzených" epidemiologických...

Demiologické dôkazy spájajúce expozíciu nad 0,3 až 0,4 µT s detskou leukémiou. Okrem rakoviny sa predpokladá, že expozícia ELF-MF zvyšuje riziko neurodegeneratívnych ochorení. Jedna predchádzajúca štúdia [1] pozorovala zvýšenú úmrtnosť na Alzheimerovu chorobu u jedincov, ktorí dlhodobo žili v blízkosti vysokonapäťových elektrických vedení vo Švajčiarsku. Následné štúdie v Dánsku a Taliansku poskytli slabé dôkazy o zvýšenej miere Alzheimerovej choroby a negatívnych výsledkoch pre iné neurodegeneratívne ochorenia. Elektrické spotrebiče a vnútorné rozvody sú najčastejšími zdrojmi expozície ELF-MF v interiéri pre bežnú populáciu. Takáto expozícia je však zvyčajne prerušovaná a krátkodobá. Naproti tomu blízkosť vonkajších zdrojov, ako sú vysokonapäťové elektrické vedenia a železničná infraštruktúra, je lepším ukazovateľom dlhodobej expozície.

Návrh a implementácia štúdie:

Analýza je založená na údajoch od približne 3,5 milióna dospelých zo Švajčiarskej národnej kohorty (2001 – 2018). Pomocou databázy SNC výskumníci vytvorili uzavretú kohortu s 18-ročným obdobím sledovania, ktorá zahŕňala iba jednotlivcov, ktorí mali na začiatku štúdie (2001) 30 rokov alebo viac. Dlhodobá expozícia ELF-MF z vysokonapäťových elektrických vedení (50 Hz) a železničných tratí (16,7 Hz) bola modelovaná pomocou validovaných modelov blízkosti. Horizontálna vzdialenosť k najbližšiemu vysokonapäťovému elektrickému vedeniu alebo železničnej trati bola vypočítaná a zadaná do modelov ako vstupný parameter. Modely blízkosti boli validované pomocou podmnožiny meraní vykonaných v 59 súkromných domácnostiach. Boli pozorované silné korelácie medzi predpokladanou a nameranou expozíciou pre jedno- a viackoľajové železničné trate. Nameraná expozícia ELF-MF sa však znižovala so zvyšujúcou sa vzdialenosťou od vysokonapäťových elektrických vedení iba pre vedenia s najvyšším napätím (220 – 380 kV). Naproti tomu vzdialenosť od vysokonapäťových elektrických vedení 36 do 150 kV sa nezničovala... korelujú s nameranou expozíciou ELF-EMF, pravdepodobne preto, že iné zdroje (napr. domáce spotrebiče) dominovali v nameraných úrovniach expozície. Z tohto dôvodu boli z analýzy vylúčené. Dlhodobé úrovne expozície ELF-EMF boli vypočítané ako časovo vážený priemer počas 10-ročných časových okien. Pomery rizika (HR) boli odhadnuté pre úmrtnosť v dôsledku Alzheimerovej choroby (AD), iných typov demencie (OTD), amyotrofickej laterálnej sklerózy (ALS), Parkinsonovej choroby (PD) a sklerózy multiplex (MS), pričom sa zohľadnili aj sociodemografické a environmentálne koexpozície. Zahrnuté boli aj hladiny znečistenia ovzdušia a hluku.

Výsledky:

Menej ako 1 % populácie bolo vystavených dlhodobým hladinám ELF-MF ≥ 0,3 µT z vysokonapäťových elektrických vedení, zatiaľ čo 2,4 % bolo vystavených zo železničných tratí. Neboli pozorované žiadne súvislosti pre ALS, PD ani MS. Po úprave o sociodemografickú a environmentálnu koexpozíciu bolo zvýšenie expozície vysokonapäťovým elektrickým vedeniam o 1 µT spojené s 54 % vyšším rizikom úmrtnosti súvisiacej s Alzheimerovou chorobou (95 % CI 1,23 – 1,92). Pri iných typoch demencie boli súvislosti slabšie. Každé zvýšenie expozície o 1 µT bolo spojené s 31 % vyšším rizikom úmrtnosti (95 % CI 1,13 – 1,52). Súvislosti medzi ELF-MF zo železničných tratí a úmrtnosťou na Alzheimerovu chorobu a iné typy demencie boli menej konzistentné ako súvislosti pozorované pri vysokonapäťových elektrických vedeniach. Expozícia železničným tratiam pozitívne korelovala s úmrtnosťou na Alzheimerovu chorobu v minimálne upravených modeloch (HR = 1,15; 95 % CI 1,06 – 1,24) a v modeloch upravených o sociodemografické faktory. Súvislosť sa však oslabila po úprave o koexpozície z prostredia (HR = 1,08, 95 % CI 0,99 – 1,18). Podobný vzorec sa pozoroval aj pri ostatných typoch demencie.

Závery:

Výsledky prezentované v tomto dokumente týkajúce sa rizika úmrtia na Alzheimerovu chorobu sú v súlade s predchádzajúcou analýzou Švajčiarskej národnej kohorty [1]. Tieto zistenia sa tiež zhodujú s opakovane pozorovaným zvýšeným rizikom demencie u jedincov vystavených silným poliam ELF-MF. Základné biologické mechanizmy však zostávajú nejasné. Na vysvetlenie tejto súvislosti bolo navrhnutých niekoľko neurodegeneratívnych mechanizmov vrátane zmien v neuronálnych iónových kanáloch, epigenetickej dysregulácie a oxidačného stresu. Za predpokladu, že pozorované súvislosti sú kauzálne a vzhľadom na to, že vystavenie vysokým hladinám ELF-MF z vysokonapäťových elektrických vedení alebo železničných tratí je menej časté, podiel prípadov Alzheimerovej choroby, ktorý možno pripísať populácii, by bol 1,01 % a 0,43 %. (AT)

1. Huss A, Spoerri A, Egger M, Röösli M, Swiss (2009). Bývanie v blízkosti elektrického vedenia a úmrtnosť na neurodegeneratívne ochorenia: Longitudinálna štúdia švajčiarskej populácie.*Americký časopis epidemiológie,*169(2), 167–175. https://doi.org/10.1093/aje/kwn297

900 MHz a správanie včiel medonosných

Vplyv elektromagnetického poľa s rádiofrekvenciou 900 MHz na správanie včely medonosnej

Migdał P, Plotnik M, Bieńkowski P, Berbeć E, Latarowski K, Białecka N, Murawska A (2025). Vplyv elektromagnetického poľa s rádiofrekvenciou 900 MHz na správanie včely medonosnej. *Poľnohospodárstvo*,15(12), 1266. https://doi.org/10.3390/agriculture15121266

Existuje len málo údajov o tom, ako elektromagnetické polia (EMP) ovplyvňujú základné správanie včiel medonosných. V laboratórnych štúdiách sa behaviorálna analýza zvyčajne zameriava na päť druhov správania: chôdza (čas strávený pohybom), let (pohyb krídel), sociálny kontakt (vrátane vzájomného čistenia srsti), samočistenie (čistenie povrchov tela) a nehybnosť (čas, počas ktorého včela zostáva nehybná). Tieto druhy správania – let, chôdza, čistenie, sociálny kontakt a nehybnosť – sú kľúčové pre udržanie zdravia včelích kolónií a kondície jednotlivých včiel. Analýza letového správania môže poskytnúť prehľad o kognitívnych a senzorických schopnostiach včiel medonosných. Táto štúdia skúmala, či 900 MHz EMP ovplyvňujú toto správanie u včiel medonosných. Okrem toho sa v štúdii skúmalo, či by potenciálne zmeny boli viditeľné bezprostredne po expozícii alebo až po určitom čase (oneskorený účinok).

Návrh a implementácia štúdie:

Rámiky s plodom boli prepravené do laboratória a umiestnené do inkubátora, ktorý napodobňoval podmienky včelieho úľa. Po vyliahnutí boli robotnice premiestnené do drevených klietok a rozdelené do jednej kontrolnej skupiny a deviatich experimentálnych skupín. Včely v experimentálnych skupinách boli vystavené elektromagnetickým poliam s frekvenciou 900 MHz s intenzitou 12 V/m, 28 V/m alebo 61 V/m počas 15 minút, 1 hodiny alebo 3 hodín. Zdrojom rádiofrekvenčného žiarenia bola anténa pripojená k zosilňovaču napájanému generátorom rádiofrekvencie (RF) s frekvenciou 900 MHz modulovaným frekvenčným preskakovaním 2G. Ihneď po skončení expozičného obdobia (a opäť o 7 dní neskôr) boli z každej skupiny náhodne vybrané včely a ich správanie bolo zaznamenávané šesť minút pomocou kamery. Behaviorálna analýza bola vykonaná pomocou softvéru Noldus Observer XT 9.0 (Wageningen, Holandsko). Hoci jednodňové včely nemôžu lietať, behaviorálna analýza hodnotila letovú aktivitu na základe pohybov krídel a pohybov medzi stenami. Analýza skúmala dva faktory: priemerné trvanie správania (koľko času včely v skupine strávili vykonávaním konkrétneho správania) a priemerný počet výskytov správania (ako často jednotlivé včely v skupine prejavovali vybrané správanie počas pozorovacieho obdobia).

Výsledky:

Pokiaľ ide o priemerný čas strávený špecifickým správaním, účinky akútnej expozície na „individuálny kontakt“ boli zvláštne: čiastočne znížené a čiastočne zvýšené, avšak bez jasnej korelácie s intenzitou poľa alebo trvaním expozície. O týždeň neskôr sa individuálny kontakt mierne znížil takmer vo všetkých expozičných skupinách, okrem kontrolnej skupiny. Podobný, aj keď menej výrazný, trend je zrejmý aj v správaní pri starostlivosti o seba. Jediným jasným výsledkom tejto štúdie je vplyv vystavenia rádiofrekvenčným frekvenciam na „letové správanie“. Všetky exponované skupiny vykazovali menej letového správania ako kontrolná skupina a účinok bol silnejší pri vyšších intenzitách poľa. Podobné trendy boli pozorované aj o týždeň neskôr. Všetky exponované skupiny naďalej vykazovali znížené letové správanie v porovnaní s kontrolnou skupinou približne o rovnaké percento (25 – 68 %) ako pred siedmimi dňami. Skupiny vystavené tri hodiny sa zdajú byť viac postihnuté ako skupiny vystavené kratšie časy. Podobné trendy boli pozorované aj v počte zaznamenaných letových správaní.

Závery:

Podľa autorov táto štúdia ukazuje, že 2G-modulované 900 MHz elektromagnetické polia mierne ovplyvňujú správanie včiel v porovnaní s kontrolnou skupinou. Okrem toho sa zistili štatisticky významné rozdiely medzi testovacími skupinami vystavenými RF žiareniu bezprostredne a sedem dní po expozícii. Tieto výsledky naznačujú, že určité zmeny v správaní sa môžu vyskytnúť s časovým oneskorením po expozícii RF žiareniu. Štúdia zistila zníženú letovú aktivitu včiel bezprostredne po expozícii a o týždeň neskôr. Tieto výsledky poskytujú ďalší dôkaz o tom, že 2G rádiofrekvenčné žiarenie by mohlo oslabiť včelie kolónie znížením ich zásob potravy, a tým prispieť k zvýšenej úmrtnosti včiel.

Poznámka redaktora:

Štúdia použila novú metódu na automatickú kategorizáciu správania včiel. Väčšina zistení nebola štatisticky významná. Letové správanie, sila poľa a trvanie expozície však jasne a takmer lineárne súviseli s rozsahom zníženia alebo narušenia správania, najmä letového správania. Toto pretrvávalo aj týždeň po expozícii. Väčšia vzorka (približne tri až štyrikrát väčšia) by odhalila štatisticky významné rozdiely takmer vo všetkých expozičných skupinách. Intenzity poľa použité v štúdii však boli nerealisticky vysoké. Najnižšia použitá sila poľa bola 12 V/m, čo zodpovedá 380 mW/m² (takéto úrovne sa vo všeobecnosti dajú merať iba do desiatich metrov od základňovej stanice). To spochybňuje zovšeobecniteľnosť zistení. Budúce štúdie by mali preskúmať, prečo je letová aktivita obzvlášť narušená žiarením 2G, a preskúmať tento jav na úrovni neurotransmiterov. (AT)

Elektromagnetické pole a rastliny

Štúdia o hodnotení vplyvov elektromagnetického žiarenia na životaschopnosť peľu u niektorých bežne sa vyskytujúcich druhov rastlín po rôznych metódach farbenia

Sharma A, Bala N, Sharma M, Katnoria JK, Bahel S (2025). Štúdia o hodnotení účinkov elektromagnetického žiarenia na životaschopnosť peľu u niektorých bežne sa vyskytujúcich druhov rastlín po rôznych metódach farbenia. *Protoplazma*, 263(1), 231–46. https://doi.org/10.1007/s00709-025-02093-7

Životaschopnosť peľu je kľúčovým faktorom reprodukčného úspechu, pretože neživotaschopný peľ často vedie k zlyhaniu reprodukčných a zeleninových plodín. Predchádzajúca štúdia skúmala vplyv elektromagnetických polí extrémne nízkych frekvencií na životaschopnosť peľu pšenice a zistila znížený životaschopnosť. Žiadna štúdia však neskúmala vplyv elektromagnetického žiarenia (EMR) pri rôznych hustotách výkonu na životaschopnosť peľu v rastlinách v poľných podmienkach s použitím skutočných základňových staníc mobilných telefónov.

Návrh a implementácia štúdie:

Boli vybrané štyri lokality s bujnou prirodzenou vegetáciou v blízkosti základňových staníc mobilných telefónov. Všetky lokality sa nachádzali v blízkosti Univerzity Guru Nanak Dev v Pandžábe v Indii. Keďže lokality boli blízko seba, mali podobné mikroklimatické podmienky vrátane teploty a vlhkosti. Všetky vzorky rastlín boli zozbierané zo záhrad alebo parkov, ktoré boli udržiavané podobnými záhradníckymi postupmi. Na každej lokalite boli vykonané tri merania hustoty výkonu v podobnej dennej dobe. Priemerná hustota výkonu pre každú lokalitu je nasledovná: S-1: 10 mW/m², S-2: 28 mW/m², S-3: 55 mW/m² a S-4: 150 mW/m². Vo februári 2023 boli na každej lokalite zozbierané kvety 12 rôznych druhov rastlín vrátane chryzantém, georgín, makov a ruží, aby sa otestovala životaschopnosť peľu. Na testy životaschopnosti peľu boli použité štyri rôzne farbivá. Všetky experimenty boli vykonané v troch opakovaniach. Pokiaľ ide o farbivá: Aceto-orceín (AO) farbí jadrový chromatín; Alexandrovo farbenie (AS) indikuje cytoplazmatickú integritu; trifenyltetrazoliumchlorid (TTC) farbí bunkové dýchanie; a Lugolovo farbenie (LS) zvýrazňuje obsah škrobu v každom peľovom zrne. Pod svetelným mikroskopom bolo pozorovaných a spočítaných približne 20 000 peľových zŕn, čo poskytuje dostatočnú veľkosť vzorky na detekciu jemných zmien v životaschopnosti. S-1 bola definovaná ako kontrola pre štatistické testy.

Výsledky:

Životaschopnosť peľu sa pohybovala od 91 % do 68 %. U určitých kmeňov naprieč všetkými druhmi a kmeňmi sa pozoroval trend smerom k nižšej životaschopnosti so zvyšujúcou sa hustotou energie. Rozdiel v životaschopnosti peľu v rámci toho istého druhu pri porovnaní S-4 a S-1 (kontrola) bol najmenej 1 % s maximálnou odchýlkou 12 %. V mnohých prípadoch bol rozdiel medzi S-1 a S-4 štatisticky významný pri $p < 0,05$. Vo všeobecnosti sa rozdiel v životaschopnosti peľu medzi silne exponovanými vzorkami S-4 a kontrolami S-1 pohyboval od 4 % do 6 %.

Závery:

Aceto-orceín preukázal najvyššiu životaschopnosť peľu u všetkých druhov, zatiaľ čo TTC konzistentne vykazoval najnižšie hodnoty. Autori naznačujú, že tieto výsledky naznačujú, že EMR zo základných staníc narúša metabolizmus peľových zŕn, pretože TTC detekuje bunkové dýchanie a enzymatickú aktivitu, ktoré sú priamymi indikátormi metabolickej aktivity. Táto štúdia predstavuje novú metodiku pre terénny výskum.

Poznámka redaktora:

Pozorované účinky sú konzistentné, a preto je nepravdepodobné, že by boli spôsobené náhodou. Účinky sú však dosť slabé. 1 % rozdiel v životaschopnosti peľu pri 87 % je pravdepodobne irelevantný. Najväčší pozorovaný rozdiel bol 12 % pokles životaschopnosti (z 90 % pri S-1 na 78 % pri S-4). To by mohlo mať mierne škodlivý vplyv na mnoho generácií. Jednou z nevýhod dizajnu štúdie je sporné kontrolné miesto (S-1), ktoré malo priemernú hustotu výkonu 10 mW/m². V podobných terénnych štúdiách v blízkosti základňových staníc by sa toto miesto považovalo za „miesto s vysokou expozíciou“. A Kontrolné miesto s menej ako 1 mW/m² by bolo vhodnejšie. Autori poznamenali, že ich najvyššia pozorovaná životaschopnosť (91 %) bola nižšia ako hodnoty typicky uvádzané pre tento druh za optimálnych podmienok (blížiace sa k 99 %). Preto je možné, že miesto S-1 s najnižšou expozíciou EMR malo stále nepriaznivé účinky na životaschopnosť peľu. Silnejšie účinky by sa pozorovali na kontrolnom mieste „skutočne bez EMR“. (AT)

Adresy pre ďalšie spoľahlivé informácie

Diagnose-Funk e. V. - Environmentálna a spotrebiteľská organizácia na ochranu pred elektromagnetickým žiarením (Nemecko):
Webová stránka: diagnose-funk.org
E-mail: info@diagnose-funk.de

Mikrovlnné správy (USA):
Webová stránka: microwavenews.com E-mail: louis@microwavenews.com

Prof. Joel Moskowitz, riaditeľ Centra pre zdravie rodiny a komunity, Škola verejného zdravia, Berkeley (USA): Webová stránka inštitútu: publichealth.berkeley.edu/people/joel-moskowitz Webová stránka EMF: www.saferemr.com

Prof. Devra Davis (USA):
Webstránka: ehtrust.org
E-mail: info@ehtrust.org

Prof. Igor Beljajev, Biomedicínske výskumné centrum Slovenskej akadémie vied, Oddelenie rádiobiológie: http://www.biomedcentrum.sav.sk/research-departments/department-of-radiobiology/?lang=en
Skrátený odkaz: kurzlinks.de/belyaev

Blog prof. Dariusa Leszczynského (Fínsko): Webová stránka: Betweenrockandhardplace.wordpress.com

Databázy:

www.emfdata.org
www.emf-portal.de
www.orsaa.org