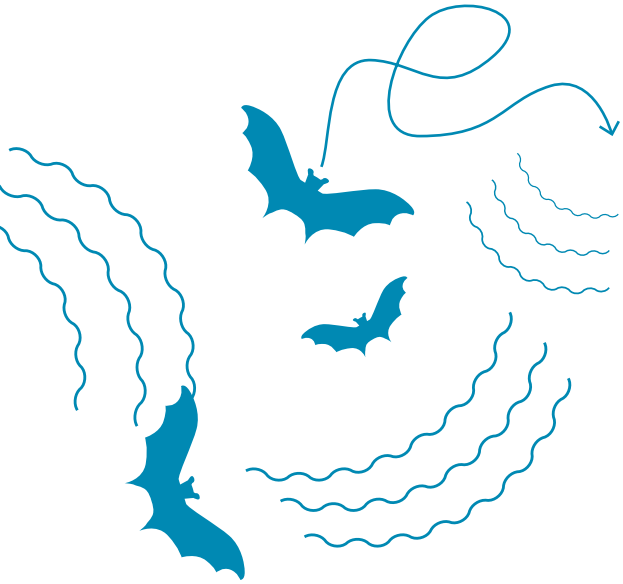
Translated from German to Slovak - www.onlinedoctranslator.com

03/2026

Elektrosmogsprávа

Technické informácie o význame elektromagnetických polí pre životné prostredie a zdravie



odtlačok

Správa o elektrosmogu, vydanie 03/2026, 32. ročník, online publikácia na www.EMFdata.org

Objednajte si tlačené vydanie: shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport, číslo objednávky 52603

Redakčný tím ElectrosmogReport

Roman Heeren (RH), Mgr. | Alain Thill (AT), Mgr.

Vydavateľ a zodpovedný za obsah

Diagnose-Funk eV | P.O. Box 15 04 48 | D-70076 Stuttgart

kontakt@diagnose-funk.de

Darovací účet:

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

Váš dar umožní ďalší výskum a analýzu výskumnej situácie a pokračovanie v publikovaní Správy o elektrosmogu.

Expozícia elektromagnetickým políčkam narúša magnetický kompas netopierov

Rušivé účinky krátkodobého vystavenia vysokofrekvenčnému hluku na navigáciu migrujúcich netopierov

Lindecke O, Schneider WT, Vintulis V, Jordan N, Cellarius F, Marggraf LC a kol. (2026). Rušivé účinky krátkodobého vystavenia sa rádiofrekvenčnému šumu na navigáciu migrujúcich netopierov. *Veda,*392(6801), 977–979. https://doi.org/10.1126/science.adq4418

Nová štúdia z Univerzity v Oldenburgu skúma vplyv rovnakých frekvencií (ktoré boli identifikované ako rušivé pre vtáky) na navigáciu netopierov. Predchádzajúce štúdie ukázali, že veľmi slabé širokopásmové signály v rozsahu 50 až 85 MHz rušia magnetický kompas spevavcov závislý od svetla (ktorý využíva kryptochrómy v sietnici). Hoci tento frekvenčný rozsah nie je v rozsahu frekvencií mobilných telefónov, je prítomný a častejší v mestských oblastiach (v porovnaní s divočinou), čiastočne kvôli elektrickému vedeniu a FM rozhlasovému vysielaniu. Dezorientujúce účinky boli jasne preukázané.

OBSAH

STRÁNKA

01 >Vystavenie elektromagnetickým políčkam narúša magnetický kompas netopierov

04 >Magnetický zmysel poštových holubov

06 >Používanie mobilných telefónov a mozgové nádory: Hovorí epidemiológia pre podporu rastu nádoru

07 >Modulované RF pole poškodzuje rakovinové bunky bez tepla

08 >Prenatálna 5G môže poškodiť obličky

09 >Účinky 5G a GSM na neuróny a kožné bunky

11 >Wi-Fi a vývoj plodu

12 >5G moduluje stresové proteíny netermálne

13 >Wi-Fi útočí na hormonálnu os

14 >Frekvencia Wi-Fi poškodzuje imunitné bunky

15 >Kombinovaný účinok 5G a UV-B svetla

17 >Základňové stanice a zelené strechy

Zistené úrovne boli výrazne pod súčasnými referenčnými hodnotami ICNIRP. Zatiaľ čo sa jasne preukázalo, že magnetický kompas v sietnici vtákov je založený na kryptochróme CRY4, magnetický zmysel cicavcov je menej dobre pochopený. Niektoré štúdie na hlodavcoch a iných cicavcoch naznačujú použitie CRY2. Preto je dôležité pochopiť, či a ako voľne žijúce cicavce reagujú na elektromagnetické žiarenie, ktoré sa podľa smerníc ICNIRP považuje za bezpečné pre ľudí. Účinky umelých elektromagnetických polí na ľudí a zvieratá sa doteraz skúmali predovšetkým v kontexte priamej expozície a zostáva objasniť, či by expozícia mohla stále vyvolávať behaviorálne následky. Netopiere sú ideálnym porovnávacím modelom cicavcov pre takýto výskum, pretože majú mnoho podobností s malými nočnými sťahovavými vtákmi, pokiaľ ide o vzdialenosti, ktoré prekonávajú, a ekologické výzvy, ktorým čelia.

Návrh a implementácia štúdie:

Experimenty sa uskutočnili počas štyroch jesenných migračných období na pobreží Baltského mora (2021 – 2024). Celkovo bolo študovaných 165 dospelých netopierov tohto druhu.*Pipistrellus pygmaeus* Netopiere boli odchytené na ornitologickej stanici Pape v Lotyšsku. Vedci vybrali dve expozičné miesta s výhľadom na Baltské more, vzdialené od seba približne 100 metrov. Aby sa netopierom zabránilo pozorovať oblohu pred alebo po experimentálnom ošetrení, boli starostlivo prikryté a umiestnené do čiernych ľanových vreciek, keď neboli vo svojich expozičných klietkach. V rokoch 2021 a 2022 došlo k vystaveniu elektromagnetickému šumu (EMF) počas kalibračnej fázy pri západe slnka. V sezóne 2023 sa vystavenie EMF uskutočnilo po západe slnka, čo umožnilo všetkým netopierom pozorovať západ slnka z rovnakého miesta. V sezóne 2024 bola expozícia EMF obmedzená na počiatočnú fázu. Na vystavenie EMF sa vo všetkých štyroch ročných obdobiach používalo rovnaké zariadenie. Nastavenie zostalo počas prvých troch sezón rovnaké. Netopiere boli umiestnené v nemagnetickej krabici 1 meter od vysielacej antény (dvojito vinutá magnetická slučka). Vysielacia anténa bola pripojená ku generátoru signálu naladenému na vysielanie elektromagnetického šumu (0,01 – 300 MHz, sila poľa 1 nT alebo 0,3 V/m). V štvrtej sezóne bolo experimentálne usporiadanie upravené tak, aby boli netopiere vystavené elektromagnetickému šumu až po uvoľnení z orientačného zariadenia – kruhovej arény (prerobenej mongolskej jurty). Po umiestnení netopiera do jurty ho experimentátor vypustil zvonku. Experiment umožnil výskumníkom orientovať zvieratá na základe stôp, ktoré zanechali.

Netopiere zaznamenávali svoje pohyby na 360° tenkej vrstve kriedy okolo okraja kruhovej arény, t. j. svoje odtlačky nôh. Pre všetky skupiny boli priemerné orientácie analyzované pomocou softvéru Oriana pre kruhovú štatistiku. Na posúdenie, či sa súbory údajov v niektorej z testovaných skupín odchyľujú od rovnomerného kruhového rozloženia, bol použitý Rayleighov test. Na vyhodnotenie celkového vplyvu na orientáciu netopierov bola vykonaná analýza rozptylu údajov vo všetkých rokoch štúdie. Hypotéza: Autori očakávali, že netopiere v skupinách „západ slnka“ a „odlet“ budú vykazovať zhoršenú orientáciu a neskôr v noci budú odlietať náhodnými smermi. (Tá istá výskumná skupina v predchádzajúcich štúdiách s rovnakým druhom netopierov ukázala, že musí kalibrovať svoj magnetický kompas pri západe slnka pomocou polohy slnka, aby fungovala navigácia magnetickým poľom.) Naopak, predpovedali, že netopiere v skupine sa budú „po západe slnka“ orientovať podobným smerom ako kontrolné zvieratá, pretože mali nezmenený prístup k environmentálnym podnetom počas kritickej fázy pri západe slnka a počas následného odletu v noci.

Výsledky:

V prvom roku štúdie lietali netopiere v kontrolnej skupine na sever; v druhom, treťom a štvrtom roku bol priemerný smer letu juhovýchod, juhozápad a juh. V každej z kontrolných skupín boli počas štyroch migračných sezón pozorované významné odchýlky od jednotného vzoru, ale nie v príslušných liečených skupinách. V oboch sezónach netopiere, ktoré pozorovali prirodzený západ slnka pri vystavení elektromagnetickým poliam, následne odleteli náhodnými smermi (jednotné kruhové rozloženie). Na rozdiel od hypotézy, netopiere nevykazovali orientované správanie pri vzlete po tom, čo zažili západ slnka v podmienkach prirodzeného geomagnetického poľa, po ktorom nasledovalo vystavenie elektromagnetickým poliam a jeho uvoľnenie do 2 až 6 hodín od vystavenia. Ich smery letu boli nerozoznateľné od jednotného rozloženia, na rozdiel od kontrolnej skupiny, ktorej rozloženie pripomínalo symetrické rozloženie orientované na juh. Počas všetkých rokov štúdie bol pozorovaný jasný rozdiel medzi kombinovanou kontrolnou a liečenou skupinou.

Závery:

Experimenty opísané v tomto dokumente ukazujú, že vystavenie elektromagnetickému šumu s nízkym výkonom narúša orientáciu netopierov niekoľko hodín po fáze expozície. To má ďalekosiahle následky a vyvoláva množstvo otázok. Výsledky naznačujú, že môže byť prítomný pretrvávajúci účinok elektromagnetického šumu s nízkym výkonom.

Širokopásmový RF šum by mohol zohrávať úlohu v pohybovom správaní a navigačných rozhodnutiach zvierat. Skutočnosť, že orientácia je narušená bez ohľadu na to, či k expozícii došlo počas alebo po kľúčovej kalibračnej fáze, naznačuje, že výsledok je založený na interakcii medzi účinkom na magnetoreceptor a následnou behaviorálnou interpretáciou tohto efektu. Presné mechanizmy, ktorými môže krátkodobé vystavenie elektromagnetickému šumu narušiť magnetický kompas na niekoľko hodín, sú stále nejasné. Podľa jednoduchého magnetického kompasu na báze kryptochrómu s radikálovými pármi by to nemalo byť možné. Tento objav preto zdôrazňuje priepasť medzi predpoveďami kvantovej mechaniky a správania zvierat, medzi teóriou a experimentom. Aspoň u netopierov sú účinky expozície stále do značnej miery nepreskúmané, ale mohli by zohrávať úlohu v niektorých javoch, ako sú tzv. inváziе netopierov obyčajných, ktoré sa od konca 20. storočia pozorujú čoraz častejšie v európskych mestách. Ako obmedzenie autori poukazujú na to, že testovali migrujúce netopiere v letovom priestore bez orientačných podnetov, t. j. bez prístupu k iným navigačným pomôckam, ako sú hviezdy alebo prírodné zvukové krajiny. Preto je možné, že ďalšie orientačné signály v prirodzenom prostredí by mohli zmierniť dezorientáciu spôsobenú rádiofrekvenčným žiarením. Bez ohľadu na konkrétny dôvod pozorovaného prenosového efektu sú potenciálne ekologické dôsledky tu uvedeného rušenia znepokojujúce, pretože súčasné limity expozície sa vzťahujú výlučne na ľudí, čím sa ohrozujú voľne žijúce zvieratá aj v rámci limitov týchto usmernení.

Poznámky redaktora:

Magnetický kompas na báze kryptochrómu je vo všeobecnosti užitočný iba počas dňa (a za suchého počasia), pretože CRY vyžaduje aktiváciu modrým alebo červeným svetlom slnečného žiarenia (v závislosti od toho, či ide o Cry2 alebo Cry4). Niektorý hmyz má mechanizmus na obídenie tohto obmedzenia, hoci detaily sú stále neznáme [1]. Keďže magnetické pole Zeme často prechádzalo katastrofickými zvratmi v priebehu geologických časových úsekov a pretože slnečné erupcie a súvisiace javy môžu silne narušiť prirodzené magnetické pole Zeme (a Schumannovu rezonanciu) v priemere niekoľko dní v roku, zdá sa, že väčšina zvierat má vo všeobecnosti dva typy magnetických senzorov: na báze kryptochrómu a magnetitu, ako aj rôzne iné (senzorické) dráhy. ako kalibrujú svoj magnetický kompas, napríklad pomocou polohy slnka alebo súhvezdí na nočnej oblohe. Táto nová štúdia na netopieroch priniesla podobné výsledky ako predchádzajúce štúdie na sťahovavých vtákoch. Naznačuje, že netopiere, rovnako ako vtáky, používajú na navigáciu pomocou magnetického kompasu kryptochróm (presnejšie CRY2, ktorý sa nachádza u cicavcov aj vtákov, ale nie CRY4, ktorý sa nachádza iba u necicavčích druhov, ako sú vtáky, plazy, obojživelníky a ryby). Niekoľko druhov, vrátane korytnačiek, termitov [2] a ľudí [3, 4], má kryptochróm aj magnetitový kompas. Je znepokojujúce, že k narušeniu magnetického vnímania u sťahovavých vtákov, a ako v tomto prípade u netopierov, dochádza aj pri veľmi nízkych intenzitách poľa – 1 nT, t. j. 0,3 V/m alebo približne 240 µW/m² pre rádiové vlny v pásme VHF a dlhšie vlnové dĺžky nízkych frekvencií. Znepokojujúce je aj to, že narušenie pretrváva niekoľko hodín po vystavení elektromagnetickému žiareniu. Určite by stálo za to špeciálne preskúmať magnetický zmysel netopierov a iných cicavcov, keďže aj ľudia patria do tejto skupiny zvierat. (AT)

1 Netusil R, Tomanová K, Chodáková L, Chvalová D, Doleel D, Ritz T et al. (2021). Magnetorecepcia závislá od kryptochrómu u heteroptera pokračuje aj po 24 hodinách v tme. *Časopis experimentálnej biológie,* 224(19), jeb243000. https://doi.org/10.1242/jeb.243000

2 Gao Y, Wen P, Cardé RT, Xu H, Huang Q (2021). Okrem kryptochrómu 2 sú pre magnetickú orientáciu termitov dôležité aj magnetické častice s čuchovým koreceptorom. *Komunikačná biológia,*4, 1121. https://doi.org/10.1038/s42003-021-02661-6

3 Chae KS, Kim SC, Kwon HJ, Kim Y (2022). Ľudský magnetický zmysel je sprostredkovaný mechanizmom závislým od rezonancie svetla a magnetického poľa. *Vedecké správy,*12, 8997. https://doi.org/10.1038/s41598-022-12460-6

4 Wang CX, Hilburn IA, Wu DA, Mizuhara Y, Cousté CP, Abrahams JN a kol. (2019). Transdukcia geomagnetického poľa, ako je zrejmé z aktivity alfa pásma v ľudskom mozgu. *eNeuro,*6(2), e0483-18.2019. https://doi.org/10.1523/ENEURO.0483-18.2019

Magnetický zmysel poštových holubov

Navigácia poštových holubov pod zamračenou oblohou sa spolieha na superparamagnetické makrofágy.

Lisowski C, Quetting M, Klaus D, Lazarevski L, Seep L, Germer M a kol. (2026): Navigácia poštových holubov sa v zamračených podmienkach spolieha na superparamagnetické makrofágy. *Veda,*392(6801), 985-991. https://doi.org/10.1126/science.ady2486

Vtáky sa už dlho považujú za vynikajúci modelový systém na štúdium navigácie. Napríklad spevavce migrujúce v noci alebo pod zamračenou oblohou si dokážu udržiavať magneticky kalibrovanú letovú dráhu, stanovenú pri západe slnka, na vzdialenosť stoviek kilometrov. V porovnaní so senzorickými systémami iných stavovcov zostávajú mechanizmy magnetorecepcie záhadné a predmetom intenzívnej diskusie napriek desaťročiam intenzívneho výskumu. Boli navrhnuté tri hlavné teórie magnetorecepcie u holubov: kryptochróm, magnetit a štrukturálne nedefinovaný mechanizmus založený na napäťovo riadených iónových kanáloch. Výsledky novej nemeckej štúdie podporujú štvrtý mechanizmus založený na kolektívnom vnímaní superparamagnetických makrofágov, ktoré sa nachádzajú prevažne v pečeni a umožňujú vnímanie geomagnetického smeru.

Návrh a implementácia štúdie:

Aby vedci zistili, ktoré tkanivá v holuboch vykazujú magnetické vlastnosti, skúmali orgány holuba (pečeň, slezinu, svaly a vnútorný a vonkajší zobák) pomocou vibračnej magnetometrie (VSM) – meracej techniky, ktorá určuje magnetické vlastnosti vzoriek meraním prúdu indukovaného pohybom vzorky cez zmagnetizované cievky. Následne bol typ buniek vykazujúcich magnetické vlastnosti izolovaný pomocou imunohistochémie (s protilátkami špecifickými pre daný typ buniek) a železo(III) bolo zafarbené pruskou modrou (pretože okrem kryštálov magnetitu na báze železa sú iné formy železa jedinými silne magnetickými prvkami, ktoré sa skutočne nachádzajú u zvierat – nikel, hoci je tiež magnetický, je nekompatibilný s biológiou stavovcov). Špecifický typ buniek akumulujúcich železo bol izolovaný využitím ich schopnosti viazať sa na magnetické filtračné kolóny, ako už predtým uviedla tá istá výskumná skupina. Pomocou sekvenovania génov a vzorcov génovej expresie boli identifikované bunky obsahujúce železo a ich presná funkcia. Jeden pre predchádzajúce kroky

Toxín klodronát špecifický pre pečeňové makrofágy bol najprv testovaný in vitro a následne na živých holuboch, aby sa overilo, či sú pečeňové makrofágy skutočne nevyhnutné pre magnetický zmysel holubov.

Tridsaťštyri holubov bolo individuálne vycvičených na let domov po 19 km dlhej trati zo západu na východ. Po 10 úspešných tréningových letoch boli vtáky náhodne intravenózne ošetrené buď klodronátovými lipozómami (n = 18), alebo kontrolnými lipozómami (n = 16). O deň neskôr boli holuby jednotlivo vypustené za úplne zamračenej oblohy a sledované pomocou GPS zariadení v reálnom čase.

Výsledky:

V pečeni a slezine holuba bol nameraný silný magnetický blokovací účinok a slabší účinok vo svalovom tkanive a zobáku. To naznačuje prítomnosť superparamagnetických častíc vo všetkých týchto orgánoch. Avšak v pečeni a slezine boli tieto signály maskované výrazne silnejšími ferimagnetickými signálmi. Predchádzajúce štúdie na iných živočíšnych druhoch (kôň, myš) detegovali nanočastice feritínu v slezine, prevažne lokalizované v slezinných makrofágoch. V tejto štúdii tieto magnetické signály naznačovali značnú akumuláciu (na báze železa) nanomagnetov v pečeni holuba a podstatne nižšiu akumuláciu v slezine. Farbenie pruskou modrou sa prekrývalo s farbením MHC-II, ktoré je špecifické pre imunitné bunky, ako sú makrofágy, dendritické bunky a B lymfocyty. Po izolácii magnetických buniek pomocou (magnetizovanej) filtračnej kolóny boli bunky identifikované ako makrofágy sekvenovaním génov. Okrem toho bola pozorovaná vysoká expresia génov spojených s metabolizmom železa; jeden z nich kóduje transkripčný faktor nevyhnutný pre vývoj makrofágov v červenej dreni cicavčej sleziny. To naznačuje, že triedené bunky MHC-II+ sa podieľali na odbúravaní erytrocytov, ako aj na akumulácii železa(III) a feritínu. U holubov, ktorým bol injekčne podaný klodronát špecifický pre makrofágy, sa predtým detegované vysoko magnetické pečeňové bunky už nedali identifikovať, keď sa vykonali rovnaké testy, ako je opísané vyššie (o 24 hodín neskôr).

Spolu s ďalším výskumom tieto testy potvrdili, že pečeň holubov obsahuje makrofágy, ktoré akumulujú železo, čo im dodáva superparamagnetické vlastnosti. V ďalšom kroku autori skúmali presne, ako môžu makrofágy prenášať (navigačné) signály do mozgu. Pomocou rôznych metód farbenia a mikroskopických techník zistili, že mozog holuba je priamo spojený s perifémymi nervovými vláknami v pečeni. Makrofágy sa v pečeni nachádzajú často.

v tesnej blízkosti (≤ 2 µm) nervových vlákien, čo umožňovalo parakrinný prenos signálu alebo priamy kontakt medzi bunkami.

Všetky holuby ošetrené kontrolnou látkou si našli cestu domov do 70 minút, zatiaľ čo žiadny z vtákov ošetrených klodronátom sa v ten istý deň nevrátil pod pretrvávajúcou oblačnosťou, namiesto toho vykazoval náhodnú priestorovú orientáciu. Dôležité je, že holuby s deficitom makrofágov si našli cestu domov normálne, keď sa oblačnosť rozplynula a slnko sa stalo viditeľným.

Závery:

Tieto výsledky spoločne naznačujú, že holuby dokážu vnímať magnetický smer nezávisle od predpokladaného vizuálneho (kryptochrómom sprostredkovaného) magnetického zmyslového systému a že makrofágy sú potrebné na lokalizáciu magnetického smeru v podmienkach, keď slnko a orientačné body nie sú k dispozícii. Autori predpokladajú, že pečeňové makrofágy detekujú zmeny v magnetickom poli Zeme a prenášajú tieto informácie do mozgu prostredníctvom nervu vagus. Autori štúdie naznačujú, že magnetické vnímanie vyžaduje signál na úrovni bunkovej populácie, a nie detekciu jednotlivých buniek, na dosiahnutie prahu pre neuronálnu aktiváciu. Pečeňové makrofágy sú pre túto úlohu vhodné, pretože akumulujú železo(III) počas odstraňovania erytrocytov a sú úzko prepojené s autonómnym nervovým systémom.

Zostáva nejasné, či makrofágy prenášajú magnetické informácie mechanicky alebo prostredníctvom rozpustného mediátora alebo hormónu. Parakrinná dráha je však u makrofágov už známa, pokiaľ ide o iné typy informácií, ktoré prenášajú do mozgu. Jednou zo silných stránok tohto nového modelu je, že môže tiež vysvetliť magnetorecepciu u zvierat, ktorým chýbajú funkčné kryptochrómy alebo žijúcich v prostredí so slabým alebo žiadnym osvetlením, vrátane netopierov, krtkov a žralokov.

Poznámky redaktora:

Táto nová štúdia je osviežujúca, pretože čerpá z celého vedeckého „batohu trikov“, predkladá úplne novú, neočakávanú hypotézu a do značnej miery ju experimentálne dokazuje. Jediným zostávajúcim detailom, ktorý treba potvrdiť, je presne to, ako pečeňové makrofágy prenášajú informácie o magnetickej orientácii do mozgu (mechanicky alebo hormonálne) a ako sa tieto informácie spracovávajú v mozgu. Keďže popri (retinálnom) kryptochróme a magnetite (ktoré sa väčšinou nachádzajú v mozgu) bol objavený ďalší typ magnetického kompasu, zostáva otázne, u ktorých ďalších druhov superparamagnetických makrofágov (v pečeni alebo slezine) tiež sprostredkováva magnetický zmysel.

Ďalšie experimenty objasnia, či by to mohlo predstavovať skutočnú funkciu magnetického vnímania u niektorých druhov, u ktorých sa predtým predpokladalo, že je závislá od kryptochrómu alebo magnetitu. Budú sa tiež zaoberať otázkou, ktoré druhy majú viacero mechanizmov citlivosti na magnetické pole (napr. niektoré dravé vtáky a spevavce zrejme používajú retinálne kryptochrómy – je poštový holub výnimkou alebo pravidlom?) a presne ktoré parametre vonkajšieho elektromagnetického poľa môžu tento magnetický vnímanie narušiť. (AT)

Používanie mobilných telefónov a mozgové nádory – epidemiológia naznačuje podporu vzniku nádorov

Interpretácia epidemiologických štúdií o súvislosti medzi používaním mobilných telefónov a rakovinou

Kundi M, Hutter HP (2026). Interpretácia epidemiologických štúdií o vzťahu medzi používaním mobilných telefónov a rakovinou. *Epidemiológia*, 7(3), 86. https://doi.org/10.3390/epidemiologia7030086

Latentná doba malígnych nádorov mozgu je v priemere viac ako 20 rokov. Keďže rozsiahle používanie mobilných telefónov sa začalo až v polovici 90. rokov 20. storočia, prakticky všetci pacienti zaradení do prípadovo-kontrolných štúdií už mali skrytý, rastúci nádor, keď začali používať mobilné telefóny. Iniciačný účinok na nádor je preto nepravdepodobný. Autori preto presadzujú hypotézu, že mobilná komunikácia urýchľuje rast existujúcich nádorov, čo vedie k skoršej diagnostike. Teoreticky sú možné tri rôzne mechanizmy účinku na existujúci nádor: 1) zmena nádoru smerom k agresívnejšiemu typu; 2) obnovený rast regresívneho nádoru; 3) rýchlejší rast nádoru. Ústredným prvkom štúdie je funkcia vek-incidencia. Funkcia vek-incidencia udáva pre každú vekovú skupinu, koľko nových prípadov sa vyskytne na 100 000. Ak látka urýchľuje rast nádoru, celá krivka na osi veku sa posúva doľava smerom k mladšiemu veku. U dospelých sa táto krivka s vekom zvyšuje. To, čo by sa bez používania mobilného telefónu diagnostikovalo až vo veku 55 rokov, sa u používateľov môže objaviť už vo veku 52 rokov. V detstve a dospievaní však krivka klesá, čo znamená, že výskyt rakoviny klesá s rastúcim vekom. Čo by sa bez používania mobilného telefónu prejavilo až v 16 rokoch, sa zistí až v 15 rokoch, takže pri pevne stanovenom porovnávacom veku sa zaznamená menej prípadov ako u nepoužívateľov (ľubovoľné číselné príklady, pozn. redaktora).

Návrh a implementácia štúdie:

Autori modelujú funkciu incidencie veku z pravdepodobnosti malignity závislej od veku, Weibullovho rozdelenia latencie a pravdepodobnosti prežitia (údaje SEER 1992 – 2000) a skúmajú tri súbory údajov: metaanalýzu štyroch prípadovo-kontrolných štúdií u dospelých, štúdiu MOBI Kids u 10- až 24-ročných a štúdiu Million Women u perimenopauzálnych žien. Rozsah oneskorenia je vyjadrený ako podiel na trvaní užívania (32 % zodpovedá 3,2-ročnému oneskoreniu pri 10 rokoch užívania).

Výsledky:

U dospelých posun o 32 % reprodukuje združený pomer šancí. OR je 1,22. V štúdii MOBI-Kids vedie 20 % posun k prevažne hodnotám pod 1, vrátane významne zníženej hodnoty v strednej vekovej skupine (15 – 19 rokov). V štúdii „Million Women Study“, ktorej krivka spočiatku stúpa a potom klesá, 32 % posun predstavuje pomer rizík 0,98. Publikovaná hodnota pre gliómy bola 0,89.

Závery:

Autori dospeli k záveru, že štandardná interpretácia – RR > 1 znamená riziko; RR < 1 znamená žiadne riziko – zlyháva, keď látka pôsobí až po začatí vývoja nádoru. Všetky tri súbory údajov sú v súlade so zvýšenou progresiou nádoru. Často kladená námietka, že prudký nárast počtu používateľov mal viesť k viditeľnému nárastu incidencie, je tiež neopodstatnená. Podľa tohto modelu by takýto nárast zostal v rámci ročných výkyvov incidencie. Autori vyvodzujú konkrétne závery pre ochranu pred žiarením. Keďže progresívny účinok na nádor trvá len dovtedy, kým je zraniteľné tkanivo vystavené mobilnej komunikácii, odporúčania pre používanie sa musia konkrétne zamerať na skrátenie trvania a intenzity expozície týmto tkanivám. Konkrétne sa spomína kostná dreň, mozgové blany a mozgové tkanivo. To vedie k dozimetrickej kritike: SAR je relevantný iba prostredníctvom zraniteľných tkanív, ale nie prostredníctvom susedných typov tkanív, pre ktoré sa SAR v súčasnosti priemeruje. Podľa jej názoru by sa výskum mal viac zamerať na bunkový rast a intracelulárne signálne dráhy a menej na genotoxicitu.

Poznámky redaktora:

Hlavné posolstvo tejto publikácie má ďalekosiahle dôsledky pre interpretáciu epidemiologických štúdií. Ak žiarenie z mobilných telefónov ovplyvňuje existujúci nádor, znamienko miery rizika závisí výlučne od sklonu funkcie veku a výskytu. To znamená, že ak funkcia veku a výskytu rastie, ako je to v prípade dospelých vo veku 20 až 70 rokov, naznačuje to vyššiu pravdepodobnosť progresie nádoru. Naopak, ak funkcia veku a výskytu klesá, ako je to v prípade adolescentov vo veku 15 až 19 rokov, naznačuje to nižšiu pravdepodobnosť progresie nádoru. To spochybňuje argument, že absencia trendov výskytu dokazuje bezpečnosť. Zároveň to posilňuje požiadavku, aby expozičné parametre, najmä hodnota SAR, boli tkanivovo špecifické a nie priemerované v susedných tkanivách. Rozšírený predpoklad, že rakovinotvorné látky sú pre verejné zdravie významnejšie ako látky podporujúce rakovinu, je omyl. Je to preto, že nezistené prekancerózne lézie sú oveľa častejšie ako diagnostikované nádory, takže aj mierny posun smerom k malígnemu vývoju má významný vplyv na mieru ochorenia. (RH)

Modulované RF pole poškodzuje rakovinové bunky bez tepla

Protinádorové účinky amplitúdovo modulovanej rádiofrekvencie nesúvisiace s teplotou: molekulárne a funkčné synergie s rádioterapiou

Veltsista PD, Walther W, Torke S, Ivanov A, Dieper A, Beule D a kol. (2026). Protinádorové účinky amplitúdovo modulovanej rádiofrekvencie neindukované teplotou: Molekulárne a funkčné synergie s rádioterapiou. *Rakoviny,*18(10), 1613. https://doi.org/10.3390/cancers18101613

Vysokofrekvenčné elektromagnetické polia (HF-EMF) sa v onkológii používajú ako hypertermická metóda, ktorej účinok je založený na zahrievaní tkaniva nad 41 °C. Do popredia sa čoraz viac dostávajú netepelné účinky poľa, ktorých mechanizmy nie sú dostatočne charakterizované. Predmetom tejto štúdie je, či amplitúdová modulácia zvyšuje takéto účinky v onkológii a či ju možno kombinovať s rádioterapiou (RT). Autori skúmajú amplitúdovo modulovanú rádiofrekvenciu (AMHF) v porovnaní s nemodulovanou rádiofrekvenciou, a to samostatne aj v kombinácii s RT, za prísnej kontroly teploty in vitro.

Návrh a implementácia štúdie:

Dve kolorektálne (HT29, SW620) a dve gliové blastómové bunkové línie (U138, U343) boli vystavené systému Oncotherm (13,56 MHz; AMHF ako pásmovo obmedzený 1/f šum, modulačný index 50 %). Expozícia sa vykonávala izotermicky pri teplote 42 °C počas 65 minút s hodnotou SAR 200 – 240 W/kg, teplota bola riadená prietokom vody a kontinuálne monitorovaná. Každá exponovaná skupina bola spárovaná s izotermickou kontrolnou skupinou s vodným kúpeľom (37, 42, 44 °C), aby sa eliminovali tepelné účinky pri porovnaní s kontrolnou skupinou pri teplote 42 °C. Pri spoločnej expozícii s ionizujúcim žiarením (rádioterapia) boli bunky ožiarené 8 Gy gama žiarenia bezprostredne pred expozíciou systému Oncotherm. Proliferácia, apoptóza (annexín V) a nekróza (YOYO-3) boli hodnotené počas 96 hodín pomocou zobrazovania živých buniek. Analýza transkriptómov sa uskutočnila aj na bunkových líniách SW620 a U138 pomocou sekvenovania RNA.

Výsledky:

Cytotoxicita expozičných kombinácií bola závislá od bunkovej línie. V bunkovej línii HT29 bola kombinácia ST a AMHF najúčinnejšia v boji proti nádorovým bunkám. Proliferácia buniek sa významne znížila v porovnaní s kontrolnou skupinou pri teplote 42 °C, zatiaľ čo apoptóza a nekróza sa významne zvýšili, pričom apoptóza sa zvýšila ešte viac ako v kontrolnej skupine pri teplote 44 °C s nadtermálnou teplotou. Zatiaľ čo AMHF a HF+ST nemali štatisticky významný vplyv na proliferáciu, samotný HF ju v skutočnosti zvýšil, a tak pôsobil ako anti-

Terapeuticky bola v prípade bunkovej línie SW620 nekróza štatisticky významne zvýšená nad úroveň supratermickej kontroly vo všetkých štyroch liečebných scenároch. Proliferácia buniek sa znížila iba pri kombinácii HF+ST. V prípade bunkovej línie U138 boli iba AMHF a HF+ST schopné ovplyvniť všetky tri parametre cytotoxicity (proliferácia, apoptóza, nekróza) v prospech regresie nádoru. Ani HF samotný, ani AMHF+ST nemali štatisticky významný vplyv na proliferáciu. V bunkovej línii U343 bola monoterapia AMHF najúčinnejšia, pričom cytotoxicita bola potvrdená vo všetkých troch parametroch. Všetky ostatné kombinácie boli buď neúčinné, alebo významne menej účinné. Na transkriptomickej úrovni (skúmanej iba v SW620 a U138) sa pozorovala ešte výraznejšia závislosť od bunkovej línie. V SW620 vyvolal AMHF najsilnejšiu transkriptomickú odpoveď s maximom bezprostredne po expozícii a poklesom po 24 hodinách. HF a HF+ST mali iba mierne účinky a AMHF+ST bol stredný. V porovnaní s referenčnou hypertermiou AMHF aktivoval génovú expresiu, ktorú samotné teplo nespúšťalo: detoxikáciu kovov, mitochondriálne dýchanie, oxidačnú fosforyláciu a stresové reakcie z nedostatku aminokyselín a eIF2. Naproti tomu U138 nevykazoval takmer žiadne zmeny v génovej expresii, hoci boli prítomné silné fenotypové reakcie bunkovej smrti.

Závery:

Podľa autorov AMHF a AMHF+ST vykazujú biologický, netermálny cytotoxický účinok na nádorové bunkové línie. Mechanizmus uprednostňujú poľom indukovanú rektifikáciu na iónových kanáloch. Vysokofrekvenčné pole je v kanáloch usmernené, čím generuje trvalé jednosmerné napätie cez membránu, ktoré riadi toky iónov, najmä prítok vápnika, a môže tak spustiť apoptózu a nekrózu aj bez transkripčných zmien. Keďže gliové blastómové bunky majú zmenené „onkologické kanály“ (Kir4.1, KCa3.1, TRPV4), tento účinok by sa mohol zosilniť v U138 a vysvetliť divergenciu medzi fenotypom a transkriptómom.

Poznámky redaktora:

Dizajn vodného kúpeľa s riadenou teplotou účinne oddeľuje rádiofrekvenčné a tepelné účinky. Skutočnosť, že AMRF samotná indukuje silnejšiu nekrózu ako supratermálna kontrola, je silným argumentom proti tepelnému mechanizmu účinku. Autori prezentujú svoj mechanizmus iónových kanálov ako falzifikovateľnú hypotézu, nie ako dokázaný nález. Absencia zaslepenia v analýze a experimentálne nastavenie poskytnuté výrobcom zariadenia sú potenciálnymi bodmi kritiky. Táto práca by sa mala posudzovať s opatrnosťou, pokiaľ ide o ochranu pred žiarením. Efektívny SAR 200 – 240 W/kg je rádovo vyšší ako akékoľvek každodenné vystavenie žiareniu z Wi-Fi alebo mobilného telefónu. Cytotoxický účinok pri týchto intenzitách nehovorí nič o jemných účinkoch každodenných polí. Relevantný je však zásadný dôkaz, že existujú netermálne rádiofrekvenčné účinky. (RH)

Prenatálna 5G môže poškodiť obličky

Prenatálna expozícia rádiofrekvenčnému žiareniu s frekvenciou 3,5 GHz indukuje u šesťmesačných potkanov histologické zmeny obličiek a poškodenie DNA.

Gelenli Dolanbay E, Canturk Tan F, Bektas H, Koc S, Varol S, Kilic O a kol. (2026). Prenatálna expozícia rádiofrekvenčnému žiareniu s frekvenciou 3,5 GHz indukuje histologické zmeny obličiek a poškodenie DNA u 6-mesačných potkanov. *Histochémia a bunková biológia*, 164, 56. https://doi.org/10.1007/s00418-026-02504-7

Väčšina štúdií na zvieratách o účinkoch mobilnej komunikácie sa týka sietí 3G, 4G a WLAN (900, 1800 a 2450 MHz). Pre pásmo 3,5 GHz, ktoré sa široko používa v sieti 5G, existuje len málo porovnateľných údajov. Keďže sa ukázalo, že vyvíjajúce sa tkanivo obličiek je obzvlášť citlivé na environmentálne toxíny, táto štúdia skúma, či vystavenie tomuto žiareniu výlučne prenatálne má vplyv na tkanivo obličiek potomstva v dospelosti.

Návrh a implementácia štúdie:

Dvadsaťštyri gravidných potkanov kmeňa Wistar bolo rozdelených do troch skupín (n = 8): simulovaná expozícia, expozícia počas posledných dvoch týždňov tehotenstva (D2T) a expozícia počas celej gravidity (D3T), každá počas dvoch hodín denne pri frekvencii 3,5 GHz. Intenzita poľa v klietke sa pohybovala od 24 do 28 V/m, čo viedlo k hodnote SAR maternice 0,066 W/kg alebo 0,038 W/kg v závislosti od metódy priemerovania. Jeden náhodne vybraný samčí potomok z každého vrhu bol vyšetrený vo veku šiestich mesiacov (dospelý stav). Hodnotenie zahŕňalo histológiu obličiek (H&E), autofágiové markery Beclin-1 a LC3 (autofágia = samotrávenie poškodených bunkových zložiek) a dvojvláknové zlomy DNA (Cometov test). Analýza bola vykonaná zaslepeným spôsobom.

Výsledky:

V porovnaní s kontrolnou skupinou s placebom boli v tkanive obličiek pozorované významné patologické zmeny, ktoré boli výraznejšie v skupine s D3T ako v skupine s D2T. Štyri z piatich skúmaných histologických parametrov boli abnormálne: obličkové telieska boli zmenšené (glomulárna atrofia), v obličkových tubuloch bol zvýšený výskyt dutín (vakuolizácia), samotné tubuly boli rozšírené a v lúmene obličkových tubulov bolo zvýšené množstvo precipitovaného proteínového materiálu (valcová formácia). Nezistil sa však štatisticky významný nárast krvácania. Autofágiové markery Beclin-1 a LC3 boli štatisticky významne zvýšené v oboch exponovaných skupinách. Cometov test preukázal štatisticky významný nárast parametrov poškodenia DNA.

Závery:

Autori interpretujú svoje výsledky ako dôkaz, že vnútromaternicové vystavenie elektromagnetickým poliam môže vyvolať štrukturálne zmeny v obličkách vrátane genotoxických účinkov a zmenenej autofágie. Testované zvieratá sa nedokážu zotaviť z týchto zmien vyvolaných počas embryonálnej fázy. Keďže však autofágická obmena nebola priamo meraná, zistenia markerov by sa mali interpretovať s opatrnosťou. Autori uvádzajú ako obmedzenia štúdie obmedzenie na samčie potomstvo, použitie jediného expozičného protokolu (jedna frekvencia, intenzita, trvanie atď.) a nedostatok funkčných analýz vrátane markerov oxidačného stresu. Budúca práca by mala zahŕňať tieto funkčné analýzy a rôzne frekvencie a intenzity, aby poskytla prehľad o prahových hodnotách (vzťah dávka-odozva) a základných mechanizmoch.

Poznámky redaktora:

Návrh štúdie a zaslepenie, najmä nastavenie expozície poľu s nízkou intenzitou poľa, sú chvályhodné. Významné účinky pozorované pri intenzitách poľa pod oficiálnym limitom pre celé telo 0,08 W/kg majú značný význam pre diskusiu o biologických účinkoch a príslušných limitoch. Výskumná skupina publikovala výsledky o účinkoch prenatálnej expozície poľu na fertilitu samcov v roku 2025 s použitím rovnakej kohorty zvierat [1], čo vysvetľuje použitie iba samcov (pozri ElectrosmogReport 1/2026). Je však otázne, ako sa pri histopatologickej analýze získali p-hodnoty rádovo 10^{-17}. Výsledky boli získané u 8 testovaných zvierat. Takéto vysoké hladiny významnosti naznačujú, že ako referenčné hodnoty slúžili jednotlivé bunky alebo tkanivové rezy a nie celé zviera, čo nie je v texte uvedené. (RH)

1 Gelenli Dolanbay E, Mert T, Caliskan Bender G, Bektas H, Uslu U, Fernandez-Rodriguez CE a kol. (2025). Poškodenie mužskej reprodukcie a buniek po prenatálnej expozícii žiareniu s frekvenciou 3,5 GHz: Účinky po jednom roku od narodenia. *Annals of the Newyorská akadémia vied*, 1554(1), 140–52. https://doi.org/10.1111/nyas.70116

Účinky 5G a GSM na neuróny a kožné bunky

Účinky súčasného vystavenia in vitro 5G-modulovaným 3,5 GHz a GSM-modulovaným 1,8 GHz rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam na elektrickú aktivitu neurónových sietí a bunkový stres v kožných fibroblastoch

Hurtier A, Patrignoni L, Canovi A, Orlacchio R, Tjiou H, Gannes FP a kol. (2025). Účinky súčasného vystavenia in vitro 5G-modulovaným 3,5 GHz a GSM-modulovaným 1,8 GHz rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam na elektrickú aktivitu neurónovej siete a bunkový stres v bunkách kožných fibroblastov. *Bioelektromagnetika*, 46(7), e70026. https://doi.org/10.1002/bem.70026

Rozšírené zavádzanie mobilných sietí 5G popri existujúcich technológiách GSM zvýšilo potrebu skúmať potenciálne biologické účinky súčasného vystavenia viacerým vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam (HF-EMF). Nová francúzska štúdia skúmala účinky súčasného vystavenia signálom modulovaným 5G s frekvenciou 3,5 GHz a GSM s frekvenciou 1,8 GHz na neuronálnu elektrickú aktivitu, produkciu mitochondriálnych reaktívnych foriem kyslíka (ROS) a reakcie bunkových stresových proteínov v neurónoch a kožných fibroblastoch. Pri nosných frekvenciách medzi 1 a 4 GHz, typických pre GSM až po nízkopásmové 5G, je hĺbka prieniku do biologického tkaniva približne 1 cm. Preto by sa pozornosť mala zamerať na kožné bunky a centrálny nervový systém, najmä kortikálne neuróny. Predchádzajúce štúdie o sekvenčnej expozícii naznačujú, že biologické účinky viacfrekvenčnej expozície môžu byť výraznejšie ako účinky jednofrekvenčnej expozície a zdôrazňujú potrebu pochopiť, ako RF-EMF interaguje na viacerých frekvenciách.

Návrh a implementácia štúdie:

Primárne kortikálne neuróny a imortalizované fibroblasty ľudskej kože boli vystavené vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam (HF-EMF) so špecifickou absorpciou (SAR) 1 a 4 W/kg počas 15 minút a 24 hodín. Neurálna aktivita bola analyzovaná pomocou viacelektródových polí a mitochondriálna produkcia reaktívnych foriem kyslíka (ROS) bola meraná pomocou MitoSOX Red. Aktivita stresových proteínov bola skúmaná pomocou bioluminiscenčných rezonančných testov prenosu energie (BRET) zameraných na proteíny RAS, PML a HSF1. BRET je bunková technika používaná na analýzu aktivity proteínov.

Interakcie proteínov a konformačné zmeny je možné pozorovať v reálnom čase. HSF1 (heat shock factor 1) je transkripčný faktor reaktívny na stres, ktorý aktivuje expresiu proteínov tepelného šoku, ako sú HSP70 a HSP90, v reakcii na denaturáciu alebo poškodenie proteínov. Proteíny RAS pôsobia ako molekulárne prepínače, ktoré riadia proliferáciu a delenie buniek. PML reguluje apoptózu, starnutie a antivírusové reakcie.

Zostavy expozície EMF boli založené na inkubátore bunkových kultúr premenenom na expozičný systém vo forme dozvukovej komory na expozíciu kožných fibroblastov a na otvorenej transverzálnej elektromagnetickej cele (TEM cele) použitej na expozíciu neurónov. Signály z dvoch generátorov signálu boli kombinované a zosilnené a potom emitované v dozvukovej komore a TEM cele. Signál s frekvenciou 3,5 GHz použitý v tejto štúdii je skutočný signál 5G NR a nie len čistá sínusová vlna s frekvenciou 3,5 GHz (toto platí aj pre signál GSM).

Výsledky:

Súčasná expozícia pri 4 W/kg (2 W/kg na signál) nemala za následok žiadne významné účinky na frekvenciu impulzov a aktivácií kortikálnych neurónov. To je v súlade s predchádzajúcimi výsledkami tej istej výskumnej skupiny, ktorá ukázala, že signály modulované 5G s frekvenciou 3,5 GHz pri hodnotách SAR 1 a 3 W/kg nemenili frekvenciu impulzov ani aktivácií neurónov in vitro [1]. Pri výrazne vyšších hodnotách SAR (28 W/kg) však táto skoršia štúdia preukázala výraznú inhibíciu neuronálnej elektrickej aktivity. Základné molekulárne mechanizmy ešte len treba objasniť.

V predloženej štúdii sa nezistil žiadny vplyv na produkciu mitochondriálnych ROS vo fibroblastoch pri dávke 1 alebo 4 W/kg. V testoch BRET sa pozorovali len malé účinky na bazálne hladiny aktivácie RAS a PML pri dávke 1 aj 4 W/kg, ako aj na maximálnu účinnosť PMA a $As._2O_3$počas aktivácie RAS alebo PML (pri 1 W/kg iba pre RAS a pri 1 aj 4 W/kg pre PML).

Kombinovaná expozícia pri 1 a 4 W/kg viedla k poklesu hodnoty RAS-Basal-BRET zodpovedajúcemu 13 % a 26 % maximálnej účinnosti špecifického toxínu PMA na sonde RAS-BRET. Podobne expozícia pri 1 a 4 W/kg vyvolala mierny nárast hodnoty sondy PML-BRET, čo zodpovedá približne 16 % a 13 % maximálnej účinnosti špecifického toxínu oxidu arzenitého $(As)._2O_3$) zodpovedá maximálnej účinnosti PMA a $As._2O_3$Aktivácia RAS alebo PML (oba toxíny, ktoré maximálne aktivujú tieto stresové proteíny) však bola mierne znížená.

Neboli zistené žiadne účinky kombinovanej expozície 5G a GSM na bazálnu aktivitu HSF1.

Závery:

Podľa abstraktu popisujúceho ich výsledky súčasné vystavenie 5G a GSM neposkytuje presvedčivý dôkaz o významných biologických účinkoch a pozorované variácie, ak nejaké boli, mali malú amplitúdu a pravdepodobne v rozsahu experimentálnej variability. Vo svojej diskusii však autori prezentujú komplexnejší obraz. Ponúkajú podrobné porovnanie mnohých podobných štúdií vrátane niektorých od ich vlastnej francúzskej výskumnej skupiny a poukazujú na to, že mnohé štúdie zistili jemné účinky, ktoré často protirečia predchádzajúcim štúdiám. Interpretujú to ako dôkaz vysoko komplexných interakcií medzi RF-EMF a biologickými systémami a mechanizmy, ktoré stoja za týmito účinkami, zostávajú v štúdiách, ktoré ich zistili, nejasné.

Pokiaľ ide o produkciu mitochondriálnych ROS, táto štúdia – v ostrom kontraste s predchádzajúcimi zisteniami, kde samotná 5G-modulovaná RF-EMF pri dávke 1 W/kg, ale nie pri dávke 4 W/kg, viedla k zníženiu hladín mitochondriálnych ROS vo fibroblastoch [2] – nezistila žiadny vplyv na produkciu mitochondriálnych ROS vo fibroblastoch ani pri dávke 1 W/kg, ani pri dávke 4 W/kg. „Celkovo by tieto pozorovania mohli naznačovať, že kombinácia signálov 5G a GSM moduluje produkciu mitochondriálnych ROS a signalizáciu stresových proteínov inak ako vystavenie jednej frekvencii. Heterogenita výsledkov však značne sťažuje vyvodenie definitívnych záverov, pretože pozorované účinky sa nezdá byť závislé výlučne od typu signálu (samotný 5G, samotný GSM alebo kombinovaný 5G).“

+ GSM), ale aj na SAR, študovaný typ bunky a prípadne aj na ďalšie, zatiaľ neidentifikované faktory.“

Poznámky redaktora:

Ide o dôkladne naplánovanú a dobre vykonanú štúdiu, ktorá detekuje účinky s nízkou amplitúdou (v porovnaní so silnými toxínmi, ktoré maximálne aktivujú skúmané dráhy stresovej reakcie). Hoci autori tento aspekt do istej miery zľahčujú, ich zistenia môžu odrážať realitu. Účinky vystavenia 5G GSM na izolované bunky môžu byť len slabo škodlivé. Je však rozumné ignorovať slabé toxíny? A prečo mnohé štúdie in vivo vykazujú silnejšie škodlivé účinky v porovnaní so štúdiami bunkových kultúr [3, 4]? Obmedzenie na čistú neuronálnu kultúru je potenciálnym nedostatkom, pretože mnohé štúdie teraz ukázali, že neuróny vždy interagujú s astrocytmi a inými mozgovými bunkami, ako sú mikroglie, a izolované neuróny v mnohých situáciách reagujú inak ako skutočné mozgové tkanivo. Trikultúry by poskytli lepšiu simuláciu mozgového tkaniva.

Veľmi rozmanitý obraz, ktorý vykreslili autori štúdie, a zhrnutie mnohých predchádzajúcich experimentálnych výsledkov ilustrujú, prečo sa oblasť elektromagnetických polí doteraz vyznačovala komplexnosťou, nedostatkom jasnosti a nedostatočnými kauzálnymi vzťahmi. Tieto otázky budú pravdepodobne vyriešené až po lepšom pochopení presných mechanizmov, ktorými elektromagnetické polia ovplyvňujú biológiu. (AT)

1 Patrignoni L, Hurtier A, Orlacchio R, Joushomme A, Poulletier de Gannes F, Lévêque P a kol. (2024). Hodnotenie mitochondriálneho stresu po vystavení bunkám ľudskej kože ultrafialovému žiareniu a rádiofrekvenčnému poľu 5G. *Bioelektromagnetika,*45(3), 110–29. https://doi.org/10.1002/bem.22495

2 Canovi A, Orlacchio R, Poulletier de Gannes F, Lévêque P, Arnaud-Cormos D, Lagroye I a kol. (2023). In vitro vystavenie neurónových sietí signálu 5G-3,5 GHz. *Hranice verejného zdravia*, 11, 1231360. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1231360

3 Souchelnytskyi S (2025). Ľudské bunky reagujú na elektromagnetické vlny rádiových a mikrovlnných frekvencií. *Ukrajinský biochemický časopis,*97(6), 5-22. https://doi.org/10.15407/ubj97.06.005

4 Weller SG, McCredden JE, Leach V, Chu C, Lam AK (2025). Prehľad rozsahu a mapa dôkazov o expozícii rádiofrekvenčnému poľu a genotoxicite: hodnotenie údajov in vivo, in vitro a epidemiologických údajov. *Hranice verejného zdravia,*13, 1613353. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1613353

Wi-Fi a vývoj plodu

Primárna štúdia vývoja plodu a koncentrácie BDNF u potkanov pod vplyvom elektromagnetické polia

DastAmooz S, Broujeni ST, Sarahian N (2023). Primárna štúdia o vývoji plodu potkanov a hladinách neurotrofických faktorov odvodených z mozgu pod kontrolou elektromagnetických polí. *Časopis verejného zdravia v Afrike*, 14(6), 2347. https://doi.org/10.4081/jphia.2023.2347

Mozgový neurotrofický faktor (BDNF) zohráva kľúčovú úlohu pri tvorbe synaptických spojení, oprave nervových buniek, diferenciácii a raste nervových buniek. Okrem toho, stavy ako depresia a obezita vznikajú z funkčných mutácií receptora BDNF. Predchádzajúci výskum preukázal priamu súvislosť medzi rastom plodu a zdravím mozgu, čo naznačuje, že BDNF moduluje vývojové vzorce plodu, najmä hmotnosť. V tejto štúdii sa na určenie, či vystavenie Wi-Fi ovplyvňuje ich rast, použili merania telesných rozmerov a koncentrácií BDNF u potomstva gravidných potkanov.

Návrh a implementácia štúdie:

Dvadsať gravidných albínskych potkanov kmeňa Wistar bolo náhodne rozdelených do skupiny s Wi-Fi a kontrolnej skupiny; po narodení bolo z každej skupiny náhodne vybraných 12 samčích plodov. Gravidné potkany boli umiestnené v oddelených miestnostiach s kontrolovanou teplotou: normálna/netienená miestnosť (skupina s Wi-Fi) a miestnosť tienená hliníkovou fóliou (kontrolná skupina). Štandardný 2,4 GHz Wi-Fi modem bol umiestnený na stole jeden meter od klietok skupiny s Wi-Fi. Gravidné potkany boli vystavené Wi-Fi šesť hodín denne počas približne 20 dní (počas celého obdobia gravidity). Dĺžka tela, dĺžka chvosta a telesná hmotnosť boli merané od narodenia, potom 21. deň po narodení a nakoniec 56. deň po narodení. Na analýzu hladín BDNF ku koncu experimentu bola použitá súprava ELISA.

Výsledky:

Táto štúdia zistila, že telesná hmotnosť novonarodených potkanov vystavených elektromagnetickým poliam (Wi-Fi) bola na 56. deň po narodení približne o 10 % nižšia (~207 g) v porovnaní s kontrolnou skupinou (~230 g); toto zistenie však nebolo štatisticky významné. Naopak, dĺžka tela skupiny WLAN pri narodení bola významne väčšia ako dĺžka tela kontrolnej skupiny: 51,0 mm oproti 45,6 mm. Dĺžka chvosta skupiny WLAN (20,0 mm) pri narodení bola tiež významne väčšia ako dĺžka chvosta kontrolnej skupiny (17,2 mm). Naopak, dĺžka chvosta kontrolnej skupiny bola významne dlhšia (približne o 45 %) ako dĺžka chvosta skupiny WLAN na 21. deň po narodení: 67,3 mm oproti 46,3 mm; a na 56. deň po narodení bola 156,2 mm oproti 136,5 mm (o 14 % vyššia v kontrolnej skupine). Novorodenci liečení WLAN mali štatisticky významne nižšie koncentrácie BDNF (6,8 ± 0,2 ng/ml) ako kontrolná skupina (7,08 ± 0,16 ng/ml) 56 dní po narodení, hoci to predstavuje zníženie iba o 4 %.

Závery:

Táto štúdia bola obmedzená malou veľkosťou vzorky, nedostatkom meraní hladín rastového hormónu, krátkym trvaním expozície (6 hodín denne počas 20 dní) a nedostatkom meraní BDNF pri narodení novorodencov.

Poznámky redaktora:

Leptín a BDNF interagujú prostredníctvom komplexných signálnych dráh, ktoré regulujú energetickú homeostázu, náladu a neurologický vývoj. V dospelom mozgu leptín pôsobí ako silný regulátor expresie BDNF, najmä v hipokampe. Zatiaľ čo u hlodavcov dochádza k postnatálnemu zvýšeniu leptínu (čo môže kompenzovať znížené hladiny BDNF v maternici), u ľudí sa toto zvýšenie nevyskytuje. Celkovo leptín a BDNF tvoria kľúčovú tukovo-mozgovú os, pričom leptínová signalizácia moduluje expresiu BDNF u dospelých a u plodov materské hladiny oboch faktorov prispievajú k programovaniu metabolického a nervového vývoja. Zistenia prezentované v tomto dokumente po vystavení sa Wi-Fi (pri nízkej netepelnej hustote výkonu približne 10 mW/m^2) sú zaujímavé; prinajmenšom rozdiely v dĺžke tela naznačujú relevantné a problematické poškodenie normálneho rastového procesu. Rozsah, v akom je to spôsobené hladinou BDNF, však zostáva nejasný, pretože to bolo merané až na 56. deň (keďže potkany boli na tento účel usmrtené) a v tom čase bolo v skupine WLAN merateľné iba 4 % zníženie hladín BDNF, čo je pravdepodobne irelevantné. Štúdia by sa mala zopakovať/replikovať s väčším počtom testovaných zvierat, s väčším počtom meraní hormónov (napr. leptínu a rastového hormónu) a hladiny BDNF by sa mali stanoviť aj pri narodení a na 21. deň. BDNF gravidných samíc by sa mal merať aj u samíc, pretože in utero sa BDNF v krvi matky dostáva k vyvíjajúcim sa plodom cez placentu, a preto v súčasnosti nie je jasné, na akej úrovni (matka alebo plod) môže WLAN ovplyvniť hladiny BDNF. (AT)

5G moduluje stresové proteíny netermálne

Expresia proteínov tepelného šoku v semenníkoch potkanov po expozícii 3,5 GHz a 24 GHz

Syed Taha SMA, Jaffar FHF, Hairulazam A, Vijay S, Jamaludin N, Zulkefli AF a kol. (2026). Expresia proteínov tepelného šoku v semenníkoch u potkanov po vystavení RF-EMF s frekvenciou 3,5 GHz a 24 GHz. *Medzinárodný časopis molekulárnych vied,* 27(8), 3452. https://doi.org/10.3390/ijms27083452

Piata generácia mobilnej komunikácie (5G) využíva stredné pásmo frekvencií (3,5 GHz) a v budúcnosti aj milimetrové vlny s frekvenciami medzi 24 a 28 GHz. Keďže tkanivo semenníkov sa považuje za obzvlášť citlivé na environmentálne stresory a predchádzajúce experimentálne a epidemiologické štúdie naznačili škodlivé účinky vysokofrekvenčných elektromagnetických polí, táto štúdia skúma vplyv stredných pásiem a milimetrových vlnových frekvencií 5G na molekulárne stresové reakcie v semenníkoch potkanov. (Zameriava sa na proteíny tepelného šoku, ktoré sú napriek svojmu názvu upregulované širokým spektrom bunkového stresu, ako je oxidačný stres alebo toxíny. Kľúčovou funkciou týchto chaperónov je pomáhať iným proteínom pri skladaní a tým dosahovať ich správnu 3D štruktúru – pozn. redaktora.)

Návrh a implementácia štúdie:

Celkovo 36 samcov potkanov kmeňa Sprague-Dawley (n = 6) bolo vystavených žiareniu s frekvenciou 3,5 GHz, 24 GHz alebo simulovanému žiareniu počas 1 hodiny alebo 7 hodín denne počas 60 dní. Signál s frekvenciou 3,5 GHz bol generovaný generátorom signálu bez frekvenčnej modulácie. Signál s frekvenciou 24 GHz bol naopak generovaný komerčným radarovým senzorom používaným na detekciu prítomnosti. Hoci tento signál vykazoval frekvenčnú moduláciu, nebol typický pre mobilnú komunikáciu (ani časovo pulzovaný, ani zaostrený). Zdroje boli umiestnené 20 cm nad klietkami. Špecifická absorpcia bola simulovaná pomocou voxelového modelu potkanov a extrapolovaná na vzdialenosť 20 cm pomocou mocninového zákona. Testikulárne tkanivo bolo vyšetrené histologicky a imunohistochemicky (proteíny tepelného šoku HSP27, HSP70 a HSP90). Štatistická analýza bola vykonaná pomocou jednofaktorovej ANOVA a Tukeyho testu v závislosti od trvania expozície.

Výsledky:

Celková hodnota SAR vo vzdialenosti 20 cm bola v prípade 3,5 GHz 0,06 W/kg a pri 24 GHz iba 1,80 x $10.^{-7}$W/kg. Histologicky zostala štruktúra semenných kanálikov prevažne neporušená, vyskytli sa len ojedinelé mierne zmeny bez pervazívneho alebo pokročilého poškodenia tkaniva. Naproti tomu expresia proteínov tepelného šoku bola štatisticky významne zmenená spôsobom špecifickým pre frekvenciu a trvanie.

Počas 1 hodiny dennej expozície sa pozorovalo významné zníženie produkcie HSP70 na oboch frekvenciách v porovnaní s kontrolnou skupinou s falošnou expozíciou. Tento účinok sa neprejavil pri 7-hodinovej expozícii. Táto selektívna expozícia však vyvolala významné zvýšenie HSP90 pri 3,5 GHz. Naopak, HSP27 sa selektívne a významne zvýšil pri 24 GHz po 7 hodinách expozície.

Závery:

Autori dospeli k záveru, že nízkoprahové polia relevantné pre 5G môžu zmeniť stresové signálne dráhy v semenníkoch, pričom tkanivo zostáva štrukturálne neporušené. Reakcia HSP70 (zníženie regulácie po 1 hodine expozície denne, žiadny rozdiel po 7 hodinách denne) je atypická stresová reakcia. Absencia trvalého rozdielu naznačuje, že počiatočná reakcia sa normalizovala alebo zostala pod prahom trvalej indukcie. Zvýšenie HSP90 indukované po 7 hodinách denne pri frekvencii 3,5 GHz naznačuje skôr proteostatickú adaptáciu na nízkoprahové stresové stimuly než priame poškodenie buniek, čo je v súlade s absenciou histologických nálezov. Keďže milimetrové vlny sú primárne absorbované povrchovo a nemôžu preniknúť do hlbších vrstiev tkaniva, významne zvýšená produkcia HSP27 po 7 hodinách denne pri frekvencii 24 GHz naznačuje zreteľnú adaptáciu na stres.

Poznámky redaktora:

Keďže molekulárne interakcie žiarenia 5G frekvencie sú pod limitmi pre kontinuálnu expozíciu bežnej populácie (SAR 0,08 W/kg), ochranný koncept je spochybnený. Z hľadiska reprodukčnej biológie je obzvlášť dôležitá skutočnosť, že HSP70 a HSP90 sú úzko zapojené do pravidelnej spermatogenézy a nielen do stresovej reakcie. Predchádzajúce štúdie naznačujú, že vysoké frekvencie môžu tiež zmeniť expresiu proteínov tepelného šoku v iných tkanivách [1], pozri Electrosmog Report 03/2021. Táto publikácia môže dokonca podceňovať biologickú účinnosť signálu 5G, pretože je k dispozícii nemodulovaný (3,5 GHz) alebo radarom modulovaný (24 GHz). Nedávno publikované štúdie naznačujú, že biologická účinnosť mobilnej komunikácie je zvýšená jej modulačným vzorom [2], pozri Electrosmog Report 02/2026. (RH)

1 Othman H, López-Furelos A, Leiro-Vidal JM, Ammari M, Sakly M, Abdelmelek H a kol. (2021). Vystavenie žiareniu 2,45 GHz spúšťa zmeny v HSP-70, glukokortikoidných receptoroch a biomarkeroch GFAP v mozgu potkana. *Medzinárodný časopis molekulárnych vied*, *22*(10), 5103. https://www.mdpi.com/1422-0067/22/10/5103

2 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

Wi-Fi útočí na hormonálnu os

Účinky elektromagnetického vysokofrekvenčného žiarenia s frekvenciou 2,45 GHz na zložky hypotalamo-hypofyzárno-gonádovej osi u samcov potkanov

Vijay S, Ibrahim SF, Osman K, Zulkefli AF, Mat Ros MF, Jamaludin N a kol. (2026). Vplyv rádiofrekvenčného elektromagnetického žiarenia s frekvenciou 2,45 GHz na zložky hypotalamo-hypofyzárno-gonádovej osi u samcov potkanov. *Medzinárodný časopis molekulárnych vied,*27(10), 4582. https://doi.org/10.3390/ijms27104582

Mozog a semenníky sú prepojené prostredníctvom hypotalamo-hypofyzárno-gonádovej osi (os HPG). Oba orgány sa považujú za citlivé na účinky vysokofrekvenčných elektromagnetických polí (HF-EMF). Spojenie medzi mozgom a semenníkmi začína v hypotalame, kde sa uvoľňuje gonadotropín uvoľňujúci hormón (GnRH). Ten je následne regulovaný neuropeptidom kisspeptínom (Kp). GnRH stimuluje hypofýzu k uvoľňovaniu luteinizačného hormónu (LH) a folikuly stimulujúceho hormónu (FSH), ktoré regulujú produkciu testosterónu a spermatogenézu v semenníkoch. Testosterón následne vyvíja negatívnu spätnú väzbu na hypotalamus a hypofýzu, čím znižuje uvoľňovanie Kp, GnRH, FSH a LH, čím udržiava fyziologické hladiny testosterónu a spermatogenézu. Táto štúdia skúma vplyv Wi-Fi siete s frekvenciou 2,45 GHz na hormonálnu kaskádu vrátane hormónu kisspeptínu, ktorý je súčasťou hormónu, u samcov potkanov.

Návrh a implementácia štúdie:

Osemnásť dospelých samcov potkanov kmeňa Sprague-Dawley bolo náhodne rozdelených do troch skupín (n = 6): kontrolná skupina (neaktívny router), 4-hodinová denná expozícia a 24-hodinová denná expozícia. Ako zdroj žiarenia slúžil štandardný Wi-Fi router s anténami s frekvenciou 2,45 GHz, ktoré pracovali 60 dní. Pásmo 5 GHz zostalo vypnuté. Klietky boli umiestnené 20 cm od routera, ktorý bol udržiavaný aktívny pomocou protokolu ping (desať pingov za minútu). Maximálna hustota výkonu routera bola výrobcom špecifikovaná ako 0,141 W/m² a celotelový SAR ako 0,41 W/kg. Po ukončení expozície bola skúmaná produkcia kisspeptínu na úrovni mRNA v hypotalame. Súčasne boli stanovené hladiny kisspeptínu v sére (hladina bielkovín). Okrem toho bola pomocou ELISA kvantifikovaná sérová koncentrácia GnRH, FSH, LH a testosterónu, ako aj koncentrácia testosterónu v testikulárnom tkanive. Štatistická analýza sa vykonala pomocou jednofaktorovej ANOVA s Tukeyho post-hoc testom.

Výsledky:

Koncentrácia GnRH v sére bola v oboch skupinách štatisticky významne zvýšená. Koncentrácia testosterónu v testikulárnom tkanive bola v skupine s 24-hodinovou dávkou významne znížená v porovnaní s kontrolnou skupinou. Súčasne sa v skupine s 24-hodinovou dávkou pozorovalo štatisticky významné zníženie hladín testosterónu v sére v porovnaní so skupinou so 4-hodinovou dávkou, ale nie v porovnaní s kontrolnou skupinou. Všetky ostatné skúmané parametre nevykazovali štatisticky významné zmeny.

Závery:

Chronické vystavenie Wi-Fi sieti s frekvenciou 2,45 GHz pod príslušnými limitmi (komerčné Wi-Fi routery) môže selektívne interferovať s komponentmi HPG osi. Zvýšenie GnRH pri nezmenených hladinách kisspeptínu podľa autorov naznačuje netepelný účinok nezávislý od kisspeptínu. Ako možný mechanizmus sa diskutuje o oxidačnom strese v hypotalame. Autori vysvetľujú absenciu odpovede LH a FSH na zvýšenie GnRH desenzibilizáciou receptorov GnRH, pretože pulzné uvoľňovanie GnRH je nevyhnutné pre jeho fyziologický účinok. Rozdiel medzi zníženým testikulárnym a zvýšeným sérovým testosterónom nenaznačuje zvýšenú syntézu, ale skôr oneskorenú degradáciu testosterónu v obličkách alebo zhoršený transport hormónov.

Poznámky redaktora:

Zistenie, že vystavenie subtermálnym RF-EMF môže poškodiť os HPG, nie je nové. Táto štúdia reprodukuje existujúce publikácie na túto tému [1–3]. Z pohľadu redaktorov je hypotéza, že degradácia testosterónu môže byť narušená WLAN, obzvlášť zaujímavá. Testosterón je metabolizovaný cytochrómom P450. Rádiofrekvencia je spojená s mitochondriálnou dysfunkciou a zvýšeným oxidačným stresom. Cytochróm b5 bol nedávno identifikovaný ako esenciálny mediátor biologických účinkov EMF [4]. Autori však tiež otvorene uznávajú početné obmedzenia svojej štúdie: malá veľkosť vzorky, nedostatok zaslepenia (aj keď štandardizované postupy, ako je ten použitý, nechávajú malý priestor na interpretáciu) a absencia relevantných biochemických markerov (markery oxidačného stresu, enzymatické alebo kinetické parametre pre degradáciu testosterónu). Okrem toho je meranie sérového kisspeptínu metodologicky obmedzené, pretože centrálne produkovaný kisspeptín nemôže prejsť hematoencefalickou bariérou. (RH)

1 Jangid P, Rai U, Ahmed S, Singh S, Singh R (2025). Netermálne Biologické účinky rádiofrekvenčného elektromagnetického žiarenia: Mechanistické poznatky o mužskej reprodukčnej zraniteľnosti v ére všadeprítomnej expozície.*Reprodukčná toxikológia,*138, 109087. https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2025.109087

2 Jaffar FHF, Osman K, Hui CK, Zulkefli AF, Ibrahim SF (2022). Dlhodobé vystavenie Wi-Fi od predpubertálneho veku do dospelosti na proliferáciu spermatogónií a ochranné účinky doplnkov jedlých vtáčích hniezd. *Hranice fyziológie,*13, 828578. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.828578

3 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

4 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.*Bunka,*189(11), 3465-3480.e23. https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.03.029

Frekvencia Wi-Fi poškodzuje imunitné bunky

Rádiová frekvencia 2,45 GHz preprogramuje komunikáciu medzi mitochondriami a lyzozómami a moduluje prežitie a smrť makrofágov pri súčasnom vystavení LPS a/alebo spike proteínu SARS-CoV2.

Sueiro-Benavides RA, Leiro-Vidal JM, Rodríguez-González JA, Ares-Pena FJ, López-Martín E (2026). Rádiofrekvenčné polia na frekvencii 2,45 GHz preprogramujú presluchy mitochondrií a lyzozómov a modulujú prežitie/smrť makrofágov vystavených LPS a/alebo spike proteínu SARS-CoV-2. *Medzinárodný časopis molekulárnych vied,*27(9), 3813. https://doi.org/10.3390/ijms27093813

Makrofágy sú kľúčovými zložkami vrodenej imunitnej odpovede a sú citlivé na oxidačný stres. Či neionizujúce vysokofrekvenčné elektromagnetické polia (HF-EMF) môžu zmeniť imunitnú odpoveď na bakteriálne alebo vírusové podnety, bolo len málo skúmané. Bakteriálny lipopolysacharid (LPS) aktivuje produkciu oxidu dusnatého (NO) prostredníctvom receptora TLR4, ktorý reguluje mitochondrie, lyzozómy a prežitie buniek. COVID spike proteín (CSP) môže amplifikovať tieto isté signálne dráhy. Keďže komunikácia medzi mitochondriami a lyzozómami zahŕňa signálne dráhy ROS aj RNA, ako aj degradačné procesy, tieto organely sa považujú za citlivých príjemcov kombinovaných rádiofrekvenčných a zápalových podnetov v makrofágoch. Táto štúdia skúma účinky spoločného vystavenia rádiofrekvencii 2,45 GHz a LPS/CSP na makrofágy RAW 264.7.

Návrh a implementácia štúdie:

Myšia makrofágová bunková línia RAW 264.7 bola kultivovaná in vitro počas 6, 24 a 48 hodín v GTEM komore s nemodifikovanými... Bunky boli vystavené elektromagnetickému poľu s frekvenciou 2,45 GHz. Teplota sa udržiavala konštantná na 37 ± 0,2 °C, aby sa eliminovali tepelné artefakty. Priemerná hodnota SAR bola 0,174 W/kg pri intenzite poľa 102,8 V/m a hustote výkonu 28 W/m². Súčasne boli bunky ošetrené LPS, CSP alebo ich kombináciou (ďalej len ošetrené bunky, na rozdiel od buniek vystavených poľu). Analyzovali sa nasledujúce parametre: životaschopnosť buniek (trypánová modrá, propiumjodid); lyzozomálna a mitochondriálna aktivita (fluorometria); produkcia NO (Griessova reakcia); a podiel apoptotických a nekrotických buniek. Štatistická analýza sa vykonala pomocou obojsmernej ANOVA s Bonferroniho a Holm-Sidakovými post-hoc testami.

Výsledky:

Po 6 hodinách vystavenia elektromagnetickým poliam všetky tri testy životaschopnosti (test s trypánovou modrou a dva testy s propium jodidom) konzistentne preukázali zníženie životaschopnosti vyvolané expozíciou u neošetrených kontrolných skupín. (Test s propium jodidom sa vykonal súbežne s meraniami lyzozomálnej a mitochondriálnej aktivity – poznámka redaktora). Po 24 hodinách (test s trypánovou modrou) sa pozorovala závislosť od liečby: Kombinácia CSP a LPS znížila životaschopnosť v porovnaní s kontrolnou skupinou (simulová expozícia CSP+LPS). Po 48 hodinách sa tento účinok pri identickej liečbe zvrátil; životaschopnosť exponovaných buniek CSP+LPS sa významne zvýšila v porovnaní so simulovanými bunkami CSP+LPS, ktorých životaschopnosť sa zrútila. Expozícia mala spočiatku škodlivý účinok, potom ochranný. Produkcia oxidu dusnatého súvisiaca s počtom buniek sa po 24 hodinách v porovnaní s neošetrenou kontrolnou skupinou silne a významne zvýšila. Závislosť od poľa sa pozorovala iba v skupine s LPS. Skupina ošetrená poľom produkovala významne viac oxidu dusnatého ako neošetrená skupina. Tento vzorec sa zmenil po 48 hodinách. Vo všetkých liečených skupinách aj skupinách liečených poľom sa produkcia NO významne znížila. Lyzozomálna aktivita, ktorá bola meraná až po 6 hodinách, sa silne a štatisticky významne zvýšila vo všetkých skupinách pod vplyvom poľa, bez ohľadu na druh liečby. Inhibítor lyzozómov blokoval bunky liečené poľom aj bunky liečené simulovaným poľom rovnako, čo potvrdzuje špecifický účinok liečby poľom. Mitochondriálna aktivita bola štatisticky významne znížená poľnou liečbou iba v skupine s LPS po 6 hodinách. Po 24 hodinách sa znížila vo všetkých skupinách bez akéhokoľvek rozdielu v závislosti od liečby poľom. Po 24 hodinách poskytla liečba elektromagnetickým poľom štatisticky významnú ochranu pred apoptózou vo všetkých troch liečbach (a je to prekvapujúce; stĺpcové grafy ukazujú aspoň polovičné zníženie apoptotických buniek – pozn. redaktora). Podobný trend sa pozoroval pri nekróze po 24 hodinách, hoci iba v prípade LPS sa preukázal štatisticky ochranný účinok vysokej frekvencie. Po 48 hodinách bol účinok poľa nekonzistentný, so zvýšením nekrotických buniek, niekedy presahujúcim 60 %, čo záviselo od samotnej liečby a nie od expozície elektromagnetickému poľu.

Závery:

Podľa autorov elektromagnetické pole s frekvenciou 2,45 GHz nepôsobí ako nešpecifický toxín, ale skôr preprogramuje súhru mitochondrií, lyzozómov, oxidu dusnatého (NO) a bunkovej smrti (apoptózy a nekrózy) spôsobom závislým od času a stimulu. Autori uvádzajú, že pokles hladín NO po 48 hodinách naznačuje vyčerpanie antioxidačného obranného mechanizmu, ktorý je preťažený súhrou elektromagnetických polí (EMF) a zápalových stimulov. Posun prahov v mitochondriálnych a lyozomálnych kontrolných bodoch – spočiatku uprednostňujúci apoptózu, neskôr nekrózu – dokazuje, že vysokofrekvenčné elektromagnetické polia (HF-EMF) ovplyvňujú rozhodnutia imunitných bunkových línií o živote a smrti namiesto toho, aby priamo poškodzovali bunky.

Poznámky redaktora:

Štúdia sa vyznačuje dobre kontrolovaným expozičným systémom, definovanou dozimetriou v GTEM komore a aktívnou termoreguláciou, ktorá nenecháva priestor pre námietky týkajúce sa tepelných účinkov. Okrem toho je pozitívnym prvkom použitie dvoch ortogonálnych testov životaschopnosti a niekoľkých funkčných markerov, niekedy v troch časových bodoch. Hlavné zistenie autorov – že expozícia nešpecificky zabíja bunky, ale spolu so zápalovým stimulom moduluje bunkovú odpoveď – je podporené zvýšením lyzozomálnej aktivity po 6 hodinách a zvratom životaschopnosti pri spoločnej liečbe CSP+LPS (poškodenie po 24 hodinách, ochrana po 48 hodinách). Autori to opisujú ako „závislé od času a stimulu“ bez toho, aby ponúkli mechanizmus účinku.

Na základe zistení analýzy oxidu dusnatého (maximálna produkcia NO po 24 hodinách) vedci reprodukujú svoje výsledky z roku 2020 [1]. Tieto výsledky boli uvedené v správe Electrosmog Report 01/2021. To naznačuje, že ako už predpokladali iní vedci, vysoká frekvencia môže ovplyvniť signálne dráhy oxidu dusnatého [2]. Odkaz na mitochondriálnu aktivitu je však prehnaný, pretože je zdokumentovaný iba jeden významný efekt poľa. Ďalšia nesprávna interpretácia sa týka skorých údajov o vitalite. Opísanú selektívnu stratu vitality vyvracia skutočnosť, že všetky neliečené kontroly (ani bakteriálne, ani vírusové stresory) sú tiež ovplyvnené. Relevantným zistením pre diskusiu o netepelných interakciách zostáva, že vystavenie frekvencii 2,45 GHz môže interferovať s bunkovou odpoveďou na prežitie. (RH)

1 Sueiro-Benavides RA, Leiro-Vidal JM, Salas-Sánchez AÁ, Rodríguez-Gonzalez JA, Ares-Pena FJ, Martín MEL (2021). Rádiofrekvencia pri 2,45 GHz zvyšuje toxicitu, prozápalovú a preapoptoickú aktivita spôsobená čiernym uhlíkom v bunkovej línii makrofágov RAW 264.7. *Veda o celkovom prostredí,*765, 142681. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142681

2 Pall ML (2018). Wi-Fi predstavuje významnú hrozbu pre ľudské zdravie. *Environmentálny výskum,*164, 405–16. https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.035

Kombinovaný účinok 5G a UV-B svetla

Výskum mitochondriálneho stresu po ožiarení ultrafialovým svetlom a vystavení rádiofrekvenčným poliam 5G v bunkách ľudskej kože

Patrignoni L, Hurtier A, Orlacchio R, Joushomme A, Poulletier de Gannes F, Lévêque P a kol. (2024). Hodnotenie mitochondriálneho stresu po vystavení bunkám ľudskej kože ultrafialovému žiareniu a rádiofrekvenčnému poľu 5G. *Bioelektromagnetika,*45(3), 110 – 129. https://doi.org/10.1002/note22495

Koža nie je len najväčším, ale aj najnápadnejším orgánom ľudského tela. Jej hlavnou funkciou je vytvárať ochrannú bariéru proti vonkajším podnetom. Okrem vysokofrekvenčných elektromagnetických polí (HF-EMF) je známe, že na pokožku pôsobia aj iné fyzikálne vplyvy prostredia, najmä ultrafialové žiarenie (UV-R). Ukázalo sa, že malé množstvá UV žiarenia majú pozitívne účinky na zdravie a hrajú zásadnú úlohu pri syntéze vitamínu D. Nadmerné vystavenie sa však jednoznačne spája s negatívnymi účinkami, ako sú mutácie DNA. Súčasnú štúdiu vykonala tá istá francúzska výskumná skupina ako Hurtier 2025 [1] (pozri správu v tejto správe o elektrosmogu). Výskumníci skúmali účinky 24-hodinového, 5G-modulovaného signálu s frekvenciou 3,5 GHz na kožné bunky pri troch rôznych hodnotách SAR. Na tento účel boli použité ľudské fibroblasty a keratinocyty, z ktorých niektoré boli predtým vystavené UV-B žiareniu a iné nie.

Návrh a implementácia štúdie:

UV-B žiarenie s vlnovou dĺžkou 312 nm bolo generované pomocou špeciálne navrhnutého procesu. V predchádzajúcom kroku bola meraná dávka UV-B žiarenia, ktorá vyvolala približne 50 % maximálneho účinku, a táto dávka UV-B žiarenia bola použitá pre všetky experimenty. To nám umožňuje určiť, či vystavenie 5G môže ovplyvniť účinok UV-B žiarenia na kožné bunky, t. j. zosilniť alebo zoslabiť ho. V tejto štúdii bola použitá skutočná 5G NR-modulovaná frekvencia 3,5 GHz. Zariadenie na vystavenie 5G EMF pozostávalo z modifikovaného inkubátora pre bunkové kultúry, rovnako ako vo vyššie uvedenej štúdii [1]. Bunky ožiarené UV-B žiarením boli vystavené 5G počas 24 hodín bezprostredne po ožiarení UV-B žiarením so špecifickou absorpciou (SAR) buď 0,25, 1 alebo 4 W/kg.

Sonda MitoSOX Red bola použitá na meranie mitochondriálneho stresu v ľudských fibroblastoch a keratinocytoch. Zmeny v mitochondriálnej membráne

Mitostatické potenciály a apoptóza boli monitorované pomocou farbiva MitoStatus TMRE. Pre každú experimentálnu sériu boli použité pozitívne kontroly na validáciu výsledkov. Všetky merania boli vykonané za zaslepených podmienok.

Výsledky:

Táto štúdia zistila štatisticky významný pokles (približne o 15 %) hladín mitochondriálnych ROS vo fibroblastoch vystavených 5G pri dávke 1 W/kg. Produkcia ROS však zostala nezmenená po expozícii fibroblastov HF-EMF pri dávke 0,25 alebo 4 W/kg.

Medzi simulovanou expozíciou a expozíciou keratinocytov HF-EMF nebolo možné namerať žiadny rozdiel, bez ohľadu na SAR.

Expozícia keratinocytov HF-EMF štatisticky významne zvýšila produkciu ROS viazaných na UV žiarenie o 28 %, 20 % alebo 16 % pri dávkach 0,25, 1 alebo 4 W/kg v bunkách predtým ožiarených UV-B žiarením aj v bunkách vystavených simulovanej dávke HF-EMF. Najnižšia dávka (0,25 W/kg) vykazovala najsilnejší účinok. Autori to interpretujú ako dôkaz hormetickej (v tvare U) krivky závislosti odpovede od dávky, čo sa zdá byť pravdepodobné [3].

Závery:

Táto štúdia demonštruje interakciu medzi UV-B žiarením a expozíciou HF-EMF s ohľadom na produkciu ROS v ľudských keratinocytoch. Naproti tomu samotná expozícia HF-EMF nezvyšuje produkciu mitochondriálnych ROS. Ako naznačujú štúdie preukazujúce prooxidačný účinok HF-EMF, produkcia ROS sa považuje za rýchlu a prechodnú reakciu, ktorá časom klesá v dôsledku aktivácie antioxidačných dráh. Okrem toho sa nepozorovala žiadna súvislosť so zmenami v mitochondriálnom membránovom potenciáli alebo apoptóze indukovanej UV-B žiarením. To naznačuje, že zvýšenie produkcie UV-B indukovanej ROS indukované HF-EMF nebolo dostatočné na to, aby nepriaznivo ovplyvnilo mitochondriálny membránový potenciál, apoptózu alebo nekrózu. Autori sumarizujú svoje zistenia a zahŕňajú komplexný prehľad súvisiacich štúdií a dospeli k záveru, že stále existuje len málo a heterogénnych štúdií skúmajúcich účinky RF-EMF na kožné modely in vitro alebo in vivo. Táto heterogenita je evidentná tak z hľadiska experimentálnych podmienok – ako je typ bunky, frekvencia RF-EMF, prítomnosť alebo neprítomnosť modulácie signálu RF-EMF a trvanie expozície – ako aj z hľadiska biologických výsledkov týkajúcich sa produkcie ROS. To v súčasnosti bráni definitívnemu záveru. Na poskytnutie jednoznačnej odpovede sú potrebné ďalšie štúdie s použitím 3D alebo in vivo modelov kože.

Poznámky redaktora:

Zaujímavá a dobre vykonaná štúdia, aj keď výsledky sú zvláštne a momentálne nevysvetliteľné. Keďže ľudia sú zvyčajne pravidelne vystavení UV-B žiareniu zo slnka, jeho kombinácia so žiarením mobilných telefónov je dobrý prístup. Výskumníci uvádzajú, že v budúcnosti plánujú zvážiť realistickejšie modely ako izolované bunky, napr. viacvrstvové/3D modely kože. To je dôležité, pretože štúdie in vivo vo všeobecnosti vykazujú silnejšie škodlivé účinky v porovnaní so štúdiami bunkových kultúr [2, 3]. (AT)

1 Hurtier A, Patrignoni L, Canovi A, Orlacchio R, Tjiou H, Gannes FP a kol. (2025). Účinky súčasného vystavenia in vitro 5G-modulovaným 3,5 GHz a GSM-modulovaným 1,8 GHz rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam na elektrickú aktivitu neurónovej siete a bunkový stres v bunkách kožných fibroblastov. *Bioelektromagnetika* 46(7), e70026. https://doi. org/10.1002/bem.70026

2 Souchelnytskyi S (2025). Ľudské bunky reagujú na elektromagnetické vlny rádiových a mikrovlnných frekvencií. *Ukrajinský biochemický časopis,* 97(6), 5–22. https://doi.org/10.15407/ubj97.06.005

3 Weller SG, McCredden JE, Leach V, Chu C, Lam AK (2025). Prehľad rozsahu a mapa dôkazov o expozícii rádiofrekvenčnému poľu a genotoxicite: hodnotenie údajov in vivo, in vitro a epidemiologických údajov. *Hranice verejného zdravia,* 13, 1613353. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1613353

Základňové stanice a zelené strechy

Vplyv vysokofrekvenčných elektromagnetických polí na ekosystémy zelených striech: Téma, ktorá bola doteraz nepreskúmaná.

Czerwiński M, Recuero Virto L, Vian A, Thielens A (2026). Vplyv rádiofrekvenčného elektromagnetického poľa na ekosystémy zelených striech: Nepreskúmaná téma. *Environmentálne recenzie*,34, 1 – 14. http://dx.doi.org/10.1139/er-2026-0053

Nová interdisciplinárna prehľadová štúdia sumarizuje existujúcu literatúru o ekológii zelených striech a vplyve elektromagnetických polí na rastliny a hmyz, ako aj o meraniach hustoty výkonu na strešných plochách. Rozšírenie zelených striech ide ruka v ruke s globálnym rozmachom technológií mobilnej komunikácie.

Návrh a implementácia štúdie:

Vo fáze 1 autori vykonali naratívnu syntézu empirických meraní RF-EMF na mestských strechách, pokrývajúcu frekvenčný rozsah 0,7 až 3,8 GHz. Táto syntéza bola založená na komplexnom prehľade literatúry, ktorý zahŕňal 20 článkov. Vo fáze 2 výskumníci vykonali tematickú syntézu publikovaných zistení o biologických a ekologických účinkoch RF-EMF na rastliny a hmyz. Na základe prehľadu literatúry bolo zahrnutých 34 štúdií.

Výsledky:

Prehľad literatúry ukazuje, že úrovne vysokofrekvenčného elektromagnetického žiarenia na strechách sú výrazne vyššie ako v blízkosti úrovne zeme; niektoré štúdie uvádzajú faktor až 150 (t. j. úrovne na streche sú 150-krát vyššie ako na úrovni zeme), iné uvádzajú 30- až 100-násobný rozdiel, zatiaľ čo dve najnovšie štúdie zistili priemerný rozdiel 16-násobný. Tieto hodnoty sa líšia v závislosti od výšky budovy (a základňovej stanice) nad zemou, podmienok urbanistického plánovania a použitej technológie mobilnej komunikácie (1G až 5G) a frekvenčných pásiem. Celkovo citované štúdie ukazujú, že vystavenie vysokofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu na strechách v blízkosti telekomunikačných antén sa značne líši a často dosahuje hodnoty niekoľkých desiatok miliwattov na meter štvorcový alebo viac. Úrovne expozície presahujúce 10 000 mW/m² sa vyskytujú iba vo veľmi tesnej blízkosti priamo pred telekomunikačnými anténami. Pri štandardnej anténe s frekvenciou 900 MHz je táto vzdialenosť 1 – 4 m v závislosti od vyžarovaného výkonu a zisku antény. Tieto výsledky naznačujú, že tepelné účinky na rastliny a zvieratá na zelených strechách sú pravdepodobne malé a zriedkavé. Lietajúci hmyz však môže byť priamo ovplyvnený.

Bezstavovce sa môžu dostať do tesnej blízkosti vysielacích antén a prijať tepelne relevantné dávky. Vzhľadom na obmedzený počet vysokokvalitných štúdií skúmajúcich vystavenie bezstavovcov vysokofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu (HF-EMF) niekoľko prehľadov dospelo k záveru, že je ťažké vyvodiť definitívne závery k tejto téme. Dva ďalšie nedávne prehľady, hoci uznávajú nedostatky niektorých štúdií a rozdiely medzi laboratórnymi expozíciami HF-EMF a reálnymi environmentálnymi podmienkami, s väčšou istotou uvádzajú, že vystavenie hmyzu HF-EMF je spojené s netepelnými, škodlivými biologickými účinkami. Dlho je známe, že HF-EMF je skutočným environmentálnym stimulom pre rastliny. O kvantitatívnych vzťahoch medzi reakciou rastlín a podmienkami expozície HF-EMF sa však vie len veľmi málo. Dostupné dôkazy nepostačujú na definovanie formy vzťahu medzi silou reakcie rastliny a hustotou výkonu EMF.

Závery:

Ekosystémy na zelených strechách v blízkosti antén základňových staníc môžu byť vystavené zvýšeným úrovniam RF-EMF, výrazne vyšším ako tie v blízkosti úrovne zeme. Reakcie rastlín na túto expozíciu RF-EMF sú obzvlášť dôležité, pretože rastliny tvoria základnú zložku ekosystému zelenej strechy. Tieto reakcie možno zhruba rozdeliť do dvoch kategórií. Prvá kategória zahŕňa stresové účinky, najmä zvýšenú produkciu reaktívnych foriem kyslíka (ROS) a zmeny cytozolického vápnika (Ca^{2-}).$^{+}$)-Prenos signálu. Druhá kategória zahŕňa priame morfologické účinky, ako je pokles fotosyntetických pigmentov a kratšie korene alebo stonky. Chronický ROS a Ca^{2+}-Stresové signály vedú k fenotypovým adaptáciám, ktoré sú dobre zdokumentované v literatúre o strese rastlín. Tieto adaptácie sú spojené s pomalším rastom a podporujú vegetatívne rozmnožovanie na úkor produkcie semien. Keďže včely opeľujú niektoré druhy rastlín na zelených strechách, tieto behaviorálne účinky predstavujú ďalšiu cestu, ktorou môžu vysokofrekvenčné elektromagnetické polia ovplyvňovať fungovanie ekosystémov zelených striech, nezávisle od priamych účinkov na rastliny.

Autori preto poskytujú presvedčivé argumenty a navrhujú konkrétne možnosti využitia mestských zelených striech ako modelových systémov pre ekologické účinky vysokofrekvenčného elektromagnetického žiarenia zo základňových staníc, čo zjavne naznačuje, že takéto výskumné projekty sú už plánované alebo prebiehajú.

Poznámky redaktora:

Je potešujúce vidieť, že vedci s rôznym zázemím – v tomto prípade dvaja botanici, ktorí

Autori, ktorí majú skúsenosti s účinkami elektromagnetických polí na rastliny a sú biofyzikmi špecializujúcimi sa na modelovanie absorpcie elektromagnetického žiarenia (u hmyzu), spolupracujú a obhajujú túto stále relatívne nepreskúmanú oblasť výskumu. Argumenty, že mestské strechy sú relevantné a vhodné modely alebo systémy na skúmanie účinkov elektromagnetického žiarenia, sú presvedčivé a dúfajme, že autori uskutočnia skutočné (polo)poľné štúdie v takýchto prostrediach mestských striech. Jedna malá výhrada, ktorú stojí za zmienku, je, že hoci úrovne žiarenia na mestských strechách sú v priemere výrazne vyššie ako na úrovni zeme, niekoľko nedávnych štúdií a prehľadov preukázalo silnejšie účinky – Štúdie zistili, že úrovne EMF sú nižšie pri nižších dávkach (napr. 5 V/m) v porovnaní s výrazne vyššími dávkami (napr. 40 V/m) [1, 2]; preto by bolo vhodné v budúcich experimentoch použiť široký rozsah hustôt výkonu EMF alebo intenzity poľa. (AT)

1 Brzozek C, Mate R, Bhatt CR, Loughran S, Wood AW, Karipidis K (2024). Skúmanie vplyvu antropogénnych rádiofrekvenčných elektromagnetických polí na zvieratá a rastliny v životnom prostredí: Analýza zo systematickej mapy.*Medzinárodný časopis environmentálnych štúdií,* 81(5), 2343-2358. https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2375861

2 Federálny úrad pre ochranu pred žiarením (BfS) (2026). Vplyv vysokofrekvenčných elektromagnetických polí na zdravie a rast rastlín: Projekt 3622EMF404. Rezortné výskumné správy o ochrane pred žiarením-261/26. https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2026060160272

Adresy pre ďalšie spoľahlivé informácie

Diagnose-Funk – Environmentálna a spotrebiteľská organizácia na ochranu pred elektromagnetickým žiarením e. V.

Nemecko:
diagnose-funk.org, info@diagnose-funk.de

Mikrovlnné správy, USA:
microwavenews.com, louis@microwavenews.com

Prof. Joel Moskowitz, riaditeľ Centra pre zdravie rodiny a komunity na Fakulte verejného zdravia v Berkeley (USA):

Domovská stránka inštitútu:
publichealth.berkeley.edu/people/joel-moskowitz
Domovská stránka EMF: saferemr.com

Prof. Devra Davis (USA):
ehtrust.org, info@ehtrust.org

Prof. Igor Beljajev, Biomedicínske výskumné centrum Slovenskej akadémie vied, Oddelenie rádiobiológie: biomedcentrum.sav.sk/research-departments/department-ofradiobiology/?lang=en#1511872382060-6857c1c8-f447, shortlinks.de/jmi4

Blog prof. Dariusa Leszczynského (Fínsko):
betweenrockandhardplace.wordpress.com

Databázy

emfdata.org
emf-portal.de
orsaa.org