Translated from English to Slovak - www.onlinedoctranslator.com

frontiers in Public Health

TYP Recenzia
ZVEREJNENÉ 11. septembra 2026
DOI 10.3389/fpubh.2026.1915745

Check for updates

OTVORENÝ PRÍSTUP

UPRAVIL
Ülkü Çömelekoğlu,
Univerzita v Mersine, Turecko

RECENZOVANÉ
Ganna Nevoit,
Litovská univerzita zdravotníckych vied, Litva
Eka Safitri Yanti,
Politeknik Kesehatan Kementerian, Indonézia

* KORESPONDENCIA
Aparna Mukherjee
✉ aparna.sinha.deb@icmr.gov.in
Taruna Arora
✉ tarunakatyal@gmail.com

PRIJATÉ 22. júna 2026
REVIDOVANÉ 7. augusta 2026
PRIJATÉ 17. augusta 2026
ZVEREJNENÉ 11. septembra 2026

CITÁCIA
Dogra S, Rajput S, Rathi A, Gautam R, Mazumder P, Sinha A, Sahoo RK, Pati S, Mukherjee A a Arora T (2026) Prehľad potenciálnych zdravotných rizík vystavenie rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu z mobilných telefónov a základňových staníc u detí a tehotných žien. *Verejné zdravie* 14:1915745. doi: 10.3389/fpubh.2026.1915745

AUTORSKÉ PRÁVA
© 2026 Dogra, Rajput, Rathi, Gautam, Mazumder, Sinha, Sahoo, Pati, Mukherjee a Arora. Toto je článok s otvoreným prístupom distribuovaný podľa podmienokLicencia Creative Commons Attribution (CC BY)Použitie, distribúcia alebo reprodukcia na iných fórach je povolená za predpokladu, že sú uvedení pôvodní autori a vlastníci autorských práv a že je citovaná pôvodná publikácia v tomto časopise v súlade s akceptovanou akademickou praxou. Nie je povolené žiadne použitie, distribúcia ani reprodukcia, ktorá nie je v súlade s týmito podmienkami.

Prehľad potenciálnych zdravotných rizík rádiofrekvencie vystavenie elektromagnetickému poľu z mobilných telefónov a základňových staníc u detí a tehotných žien

Šivani Dogra[1], Sonali Rajput[2], Aanchal Rathi[1]Rohit Gautam[1] Poulami Mazumder[1]Abhinav Sinha[3]Rakesh Kumar Sahoo[3], Sanghamitra Pati[1]Aparna Mukherjee[1]* a Taruna Arora[1]*

[1]Oddelenie reprodukčného, detského zdravia a výživy, Indická rada pre lekársky výskum, Nové Dillí, India,[2]Oddelenie pôrodníctva a gynekológie, Celoindický inštitút lekárskych vied, Nové Dillí, India,[3]ICMR – Národný inštitút pre výskum zdravia, Bhubaneswar, Uríša, India

V poslednom desaťročí rýchle rozširovanie mobilných komunikačných technológií podstatne zvýšilo vystavenie populácie rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam (RF-EMF). To vyvolalo obavy z možných zdravotných dôsledkov, najmä pre zraniteľné skupiny, ako sú deti a tehotné ženy. Hoci medzinárodné agentúry nehlásili žiadne konzistentné dôkazy o škodlivých účinkoch pri stanovených limitoch expozície, pretrvávajú neistoty týkajúce sa dlhodobých a vývojových účinkov. Táto štúdia syntetizuje a hodnotí epidemiologické a experimentálne dôkazy publikované medzi rokmi 2015 a 2025; obdobie charakterizované rýchlymi technologickými prechodmi (4G na 5G), pokrokom v technikách hodnotenia expozície a rastúcou závislosťou od bezdrôtových zariadení. Obmedzenie časového rámca zabezpečuje relevantnejšie a aktuálnejšie hodnotenie súčasných vzorcov expozície a nových biologických poznatkov. Štúdia skúma súvislosť medzi expozíciou RF-EMF a hlavnými zdravotnými následkami vrátane reprodukčných a vývojových účinkov, rizika rakoviny a neurologických zmien. Integruje tiež mechanistické dráhy zahŕňajúce oxidačný stres, poškodenie DNA a signalizáciu ROS. Hoci nebol stanovený žiadny definitívny kauzálny vzťah, dôkazy zostávajú nekonzistentné kvôli variabilite v dizajne štúdie, metrikách expozície a definíciách výsledkov. Je pozoruhodné, že experimentálne štúdie a štúdie s vysokou expozíciou poskytujú biologicky pravdepodobné mechanizmy, najmä prostredníctvom dráh oxidačného stresu; tieto zistenia však neboli v ľudskej populácii konzistentne pozorované. Deti a plody môžu vykazovať väčšiu náchylnosť kvôli vývojovým a fyziologickým faktorom, no kvalitné longitudinálne dôkazy zostávajú obmedzené. Celkovo sú potrebné ďalšie štandardizované, mechanistické a dlhodobé štúdie na posilnenie vedeckej dôkazovej základne a informovanie politiky verejného zdravia.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
základňové stanice, výsledky pôrodov, deti, mobilný telefón, tehotné ženy, rádiofrekvenčné elektromagnetické polia (RF-EMF)

1 Úvod

Počas uplynulých troch desaťročí sa technológie mobilnej komunikácie rýchlo rozšírili a prešli zo systémov druhej generácie (2G) na pokročilé siete piatej generácie (5G) na celom svete.1). Tento pokrok viedol k výraznému zvýšeniu rýchlosti prenosu dát a zlepšeniu konektivity. V dôsledku toho je populácia takmer vo všetkých sektoroch neustále vystavená rádiofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu z mobilných telefónov aj základňových staníc. Svetová zdravotnícka organizácia zdôraznila potrebu ďalšieho výskumu z dôvodu rastúcej dlhodobej expozície. Táto klasifikácia je založená na označení rádiofrekvenčného elektromagnetického žiarenia Medzinárodnou agentúrou pre výskum rakoviny (IARC) ako možného ľudského karcinogénu skupiny 2B na základe obmedzených dôkazov u ľudí (2, 3). RF-EMF pozostáva z neionizujúcich elektromagnetických vĺn vo frekvenčnom rozsahu 100 kHz – 300 GHz vysielaných bezdrôtovými technológiami, ako sú mobilné telefóny (3G, 4G, 5G) a ich pridružené základňové stanice. Expozícia zo základňových staníc sa typicky charakterizuje ako vzdialené pole, charakterizované kontinuálnym žiarením nízkej intenzity. Úrovne hustoty výkonu environmentálnych rádiofrekvenčných (RF) v typickom vnútornom a mestskom prostredí sa vo všeobecnosti pohybujú od 0,001 do 0,1 W/m^{2}.2Tieto hodnoty sú pod limitmi odporúčanými Medzinárodnou komisiou pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP) vo svojich usmerneniach z roku 2020 (4). Tieto expozície sa stali nevyhnutnou súčasťou každodenného života kvôli rozsiahlemu rozmiestneniu telekomunikačnej infraštruktúry (5,6).

Vystavenie populácie rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam je ovplyvnené faktormi, ako je frekvencia vystavenia zariadenia, trvanie používania a blízkosť tela (7,8). Vzhľadom na široký prístup k technológiám mobilných telefónov sú im deti často vystavené už v ranom veku a dlhší čas (9 Napríklad vysoký podiel detí a dospievajúcich v krajinách ako Spojené kráľovstvo (83 %), USA (95 %) a Nemecko (54 %) používa alebo vlastní mobilné telefóny (10,11). Tieto trendy vyvolali obavy z potenciálnych účinkov na zdravie vrátane rizika rakoviny, zmien neurovývoja a správania, oxidačného stresu, poškodenia buniek a porúch spánku. V dôsledku anatomických a fyziologických rozdielov, ako je vyššia vodivosť tkanív a tenšie lebky, môžu byť deti náchylnejšie na vystavenie rádiofrekvenčným a elektromagnetickým poliam (12 ,13). Dôkazy o tom, či deti konzistentne absorbujú vyššie hladiny rádiofrekvenčnej energie ako dospelí, však zostávajú nepresvedčivé. Tehotné ženy vystavené rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam predstavujú ďalšiu citlivú skupinu, pretože vystavenie môže ovplyvniť vývoj plodu. Štúdie naznačujú nepriaznivé následky, ako je predčasný pôrod, potrat (spontánne potraty), mŕtvo narodené dieťa, vrodené anomálie a SGA (malá hmotnosť vzhľadom na gestačný vek), vrátane nízkej pôrodnej hmotnosti v termíne ako indikátora intrauterinného rastového obmedzenia (4,14). Nepretržitá nízka úroveň expozície z mobilných telefónov a environmentálnych zdrojov môže viesť k dlhodobej expozícii plodu, čo môže mať vplyv na dlhodobé zdravie. Epidemiologické dôkazy, ktoré sa konkrétne zaoberajú takýmito účinkami zo základňových staníc, sú však stále obmedzené, a to najmä kvôli problémom s presným posúdením úrovní expozície v bežnej populácii.

Mnohé štúdie preukázali súvislosť medzi vystavením RF-EMF a následkami, ako je riziko rakoviny, zmeny neurovývoja a reprodukčné účinky (15–17). Detailné pochopenie základných biologických mechanizmov však zostáva obmedzené. Okrem toho vývoj ochorenia ovplyvňuje viacero mätúcich faktorov, čo sťažuje interpretáciu kauzality. Mechanistické prístupy zamerané na oxidačný stres, poškodenie DNA a endokrinné zmeny poskytujú cenné poznatky o potenciálnych dráhach, ktorými môže vystavenie RF-EMF prispievať k nepriaznivým účinkom na zdravie. Nedávne dôkazy tiež naznačujú že vystavenie RF-EMF je konštantné a pochádza z viacerých zdrojov (inteligentné domáce zariadenia, nositeľné technológie a Wi-Fi routery). Zdôrazňuje to potrebu prístupov k hodnoteniu založených na populácii, ktoré sú nevyhnutné na pochopenie scenárov expozície v reálnom živote (18 rokov,19). Táto recenzia je založená na publikovanej literatúre skúmajúcej súvislosť medzi vystavením RF-EMF a nepriaznivými zdravotnými následkami so zameraním na deti a tehotné ženy. Cieľom tejto recenzie je vyhodnotiť kľúčové mechanistické dráhy, ako je indukcia oxidačného stresu, poškodenie DNA a endokrinná modulácia, vo vzťahu k zdravotným následkom vrátane rizika rakoviny, neurologických účinkov a reprodukčných výsledkov. Zhrnutá verzia metodiky a koncepčného rámca je uvedená vTabuľka 1.

1.1 Metodika prehľadu a identifikácia literatúry

Táto naratívna recenzia bola navrhnutá tak, aby poskytla cielenú syntézu epidemiologických, experimentálnych, mechanistických a prehľadových dôkazov o expozícii rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu (RF-EMF) z mobilných telefónov, základňových staníc a súvisiacich bezdrôtových technológií u detí a tehotných žien. Bola vykonaná komplexná rešerš literatúry pre publikácie publikované za posledných 10 rokov od januára 2015 do decembra 2025 v štyroch elektronických databázach: PubMed, Web of Science, Embase a Scopus. Stratégia vyhľadávania kombinovala kontrolovanú slovnú zásobu s kľúčovými slovami vo voľnom texte pomocou booleovských operátorov (A/ALEBO) s cieľom maximalizovať vyhľadávanie relevantných štúdií. Boli použité kľúčové slová súvisiace s mobilnými telefónmi, mobilnými vežami, mobilnými základňovými stanicami, rádiofrekvenčnými elektromagnetickými poľami (RF-EMF) a zdravotnými následkami. Reprezentatívne vyhľadávacie výrazy boli: („rádiofrekvenčné elektromagnetické pole“ ALEBO „RF-EMF“ ALEBO „rádiofrekvenčné žiarenie“) A („mobilný telefón“ ALEBO smartfón ALEBO „základňová stanica“ ALEBO „mobilná veža“ ALEBO Wi-Fi) A („dieťa“ ALEBO dospievajúci ALEBO tehotenstvo ALEBO tehotná ALEBO plod ALEBO prenatálny) A (rakovina ALEBO neurologické ALEBO kognitívne ALEBO spánok ALEBO reprodukčné ALEBO vývojové).

TABUĽKA 1 Koncepčný rámec expozície RF-EMF, populácie a súvisiacich zdravotných následkov.

Komponent	Popis
Počet obyvateľov	Deti, dospievajúci a tehotné ženy z bežnej populácie
Zdroje expozície	Mobilné telefóny a základňové stanice
Charakteristiky expozície	Expozícia blízkemu a vzdialenému poľu; trvanie, frekvencia a intenzita používania
Posúdenie expozície metódy	Špecifická miera absorpcie (SAR), osobná dozimetria, merania prostredia, samohlásené používanie
Primárne zdravie výsledky	Riziko rakoviny, neurologické a neurokognitívne účinky (vrátane vývojových následkov, porúch spánku) a reprodukčné následky
Zvažované typy štúdií	Prípadové kontrolné štúdie a kohortové štúdie, systematické prehľady a metaanalýzy, prehľady založené na dôkazoch a stave vedy
Vedecké databázy použité	PubMed, Web of Science, Embase a Scopus

10.3389/fpubh.2026.1915745

Hlavná syntéza dôkazov bola obmedzená na publikácie za posledných 10 rokov od januára 2015 do decembra 2025, aby sa zachytili súčasné dôkazy v ére 4G a vznikajúcej 5G. Štúdie observácie ľudí, experimentálne štúdie, systematické prehľady, metaanalýzy a relevantné mechanistické štúdie boli zohľadnené, ak sa priamo zaoberali expozíciou RF-EMF a populáciou alebo výsledkami, ktoré sú predmetom záujmu. Štúdie o iných rozsahoch elektromagnetickej frekvencie neboli zahrnuté ako základné dôkazy o RF-EMF, pokiaľ neboli identifikované konkrétne ako kontextové alebo mechanistické dôkazy. Takéto štúdie sú pri zachovaní výslovne označené. Staršie referencie boli citované iba vtedy, keď to bolo potrebné na opis základných biologických konceptov, historických dôkazov, štandardov expozície alebo významných epidemiologických štúdií. Štúdie boli vybrané na základe ich relevantnosti pre ciele prehľadu, cieľovú populáciu, charakteristiky expozície, zdravotné výsledky, metodologickú kvalitu a príspevok k interpretácii súčasných dôkazov.

2 Charakteristiky expozície RF-EMF a biofyzikálne parametre

Biofyzikálne parametre a režimy expozície spoločne určujú distribúciu, prenos a absorpciu elektromagnetickej energie v biologických systémoch. Na vyhodnotenie potenciálnych zdravotných následkov je nevyhnutné pochopiť charakteristiky zdroja expozície a jeho interakciu s ľudským telom. Expozícia RF-EMF sa vo všeobecnosti kategorizuje do oblastí blízkeho poľa a vzdialeného poľa, predovšetkým na základe vzdialenosti medzi zdrojom a jednotlivcom (20). K expozícii blízkemu poľu dochádza, keď sa jednotlivec nachádza približne v rámci jednej vlnovej dĺžky od vyžarujúceho zdroja. Tento scenár je najrelevantnejší pre osobné zariadenia, ako sú mobilné telefóny, kde je absorpcia energie vysoko lokalizovaná v špecifických oblastiach tela (napr. hlava, ucho alebo ruky). V tejto oblasti sú elektrické a magnetické polia nerovnomerné a rýchlo sa menia v priestore, takže expozícia je vysoko závislá od orientácie zariadenia, charakteristík zariadenia a správania používateľa (21). Množstvo energie absorbovanej biologickými tkanivami sa kvantifikuje pomocou špecifickej miery absorpcie (SAR), ktorá je daná vzťahom:

$$\text{Rozšírená realita} = \sigma E^2 / \rho,$$

kde, σ označuje vodivosť tkaniva (S/m), V predstavuje intenzitu elektrického poľa (V/m) a ρ je hustota tkaniva (kg/m^2)3). *SAR* Vyjadruje sa vo wattoch na kilogram (W/kg) a bežne sa používa na hodnotenie lokalizovanej expozície v bezpečnostných normách (22–24). Naproti tomu k expozícii vzdialenému poľu dochádza vo vzdialenostiach väčších ako jedna vlnová dĺžka od zdroja, ako sú napríklad emisie zo základňových staníc alebo vysielacích antén (25). V tejto oblasti sa elektromagnetické vlny šíria ako rovinné vlny a elektrické a magnetické polia sú kolmé a rovnomerne rozložené. Expozícia sa zvyčajne hodnotí pomocou hustoty výkonu ($P_{deň}$), čo možno vyjadriť ako:

$$P_{deň} = V^2/377.$$

kde, V je sila elektrického poľa (V/m) a 377 ohmov predstavuje vnútornú impedanciu voľného priestoru. Hoci sú úrovne expozície vzdialenému poľu vo všeobecnosti nižšie ako expozícia blízkemu poľu, majú tendenciu byť kontinuálnejší a rozšírenejší. V dôsledku toho sa populačné štúdie často zameriavajú na expozíciu vo vzdialenom poli, pretože odráža podmienky okolitého prostredia, ktorým čelia väčšie populácie.

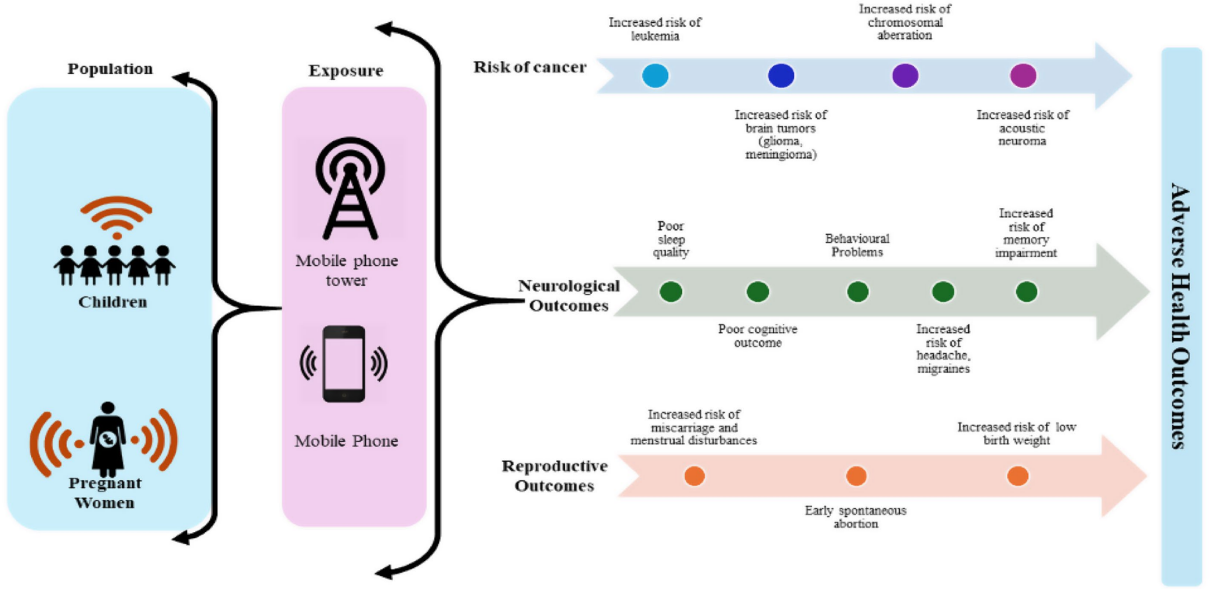
SAR je obzvlášť dôležitý na posúdenie expozície RF-EMF zo zariadení používaných v tesnej blízkosti tela, ako sú mobilné telefóny, kde je absorpcia energie lokalizovaná. Aby sa zabránilo nadmernému zahrievaniu tkanív, regulačné orgány stanovili limity SAR (26,27). Napríklad limity SAR pre lokálnu expozíciu sa pohybujú medzi 1,6 – 2,0 W/kg v závislosti od príslušnej normy (28Napriek svojej užitočnosti zostáva aplikácia hodnôt SAR v reálnych podmienkach náročná, najmä v epidemiologických štúdiách, kde sa expozícia mení v závislosti od času, spôsobov používania a jednotlivcov (29). Usmernenia vydané Medzinárodnou komisiou pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP) slúžia ako primárny vedecký základ pre limity expozície RF-EMF na celom svete a väčšina krajín prijíma tieto odporúčania pri stanovovaní národných predpisov vrátane povolených úrovní hustoty výkonu. Podľa usmernení ICNIRP sú limity expozície definované pomocou špecifickej miery absorpcie (SAR), aby sa zabránilo tepelným účinkom, s priemernou hodnotou SAR pre celé telo 0,4 W kg.$^{-1}$
(30 min) pre expozíciu na pracovisku a prísnejší limit 0,08 W kg^{-1}pre širokú verejnosť vrátane faktora zníženia bezpečnosti. Súlad s predpismi si okrem toho vyžaduje dodržiavanie limitov expozície pre celé telo aj lokálnych limitov expozície spolu s referenčnými úrovňami pre elektrické a magnetické polia alebo hustotu dopadajúceho výkonu v rôznych frekvenčných rozsahoch, čím sa zabezpečí komplexná ochrana za rôznych podmienok expozície (4).

3 Biologické mechanizmy interakcie RF-EMF

Výskumníci podrobne skúmali, ako rádiofrekvenčné elektromagnetické polia (RF-EMF) interagujú so živými organizmami. Naznačili, že tieto interakcie môžu mať tepelné aj netepelné účinky. Tepelné účinky sú dobre známe a tvoria základ súčasných bezpečnostných smerníc, ale netepelné mechanizmy sú stále predmetom štúdie a diskusie vedcov (Obrázok 1).

3.1 Tepelné účinky

Keď biologické tkanivá absorbujú energiu RF-EMF, spôsobujú tepelné efekty, ktoré zvyšujú teplotu tkaniva. Dielektrické vlastnosti tkanív do značnej miery riadia tento proces a kvantifikuje ho špecifická miera absorpcie (SAR).9,30). Pri dostatočne zvýšených úrovniach expozície môžu RF-EMF vyvolať merateľné zahrievanie tkaniva, čo môže viesť k fyziologickým zmenám vrátane denaturácie bielkovín, zmenenej aktivity enzýmov a zhoršenej bunkovej funkcie. Tieto účinky sú dobre zdokumentované a tvoria vedecký základ pre medzinárodné limity expozície stanovené regulačnými orgánmi, ako je Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP) (4). Za typických podmienok prostredia a používania mobilných telefónov sú úrovne expozície RF-EMF vo všeobecnosti pod prahovou hodnotou potrebnou na vyvolanie významného tepelného poškodenia. Lokálne zahrievanie, najmä v tkanivách s obmedzeným odvodom tepla (napr. hlava počas dlhodobého používania mobilného telefónu), však zostáva oblasťou výskumu (31). Nedávne experimentálne a výpočtové štúdie (2023 – 2024) ďalej spresnili tepelné modelovanie pomocou pokročilých anatomických simulácií, čím potvrdili, že hoci tepelné účinky sú nepravdepodobné za



OBRÁZOK 1
Zdravotné účinky spojené s žiarením z mobilných telefónov a mobilných veží.

štandardných expozičných podmienok, zostávajú relevantné aj v scenároch expozície s vysokou intenzitou alebo expozície na pracovisku (32–34).

3.2 Netepelné účinky

Na rozdiel od tepelných mechanizmov sa netermálne účinky vzťahujú na biologické zmeny, ku ktorým dochádza pri úrovniach expozície, ktoré nespôsobujú významné zvýšenie teploty. Tieto mechanizmy sú menej pochopené a zostávajú kontroverzné kvôli nekonzistentným zisteniam v rôznych štúdiách. V tejto recenzii sme sa zamerali na kritické vysvetlenie a zhrnutie navrhovaných netermálnych mechanizmov a ich potenciálnych biologických dôsledkov.

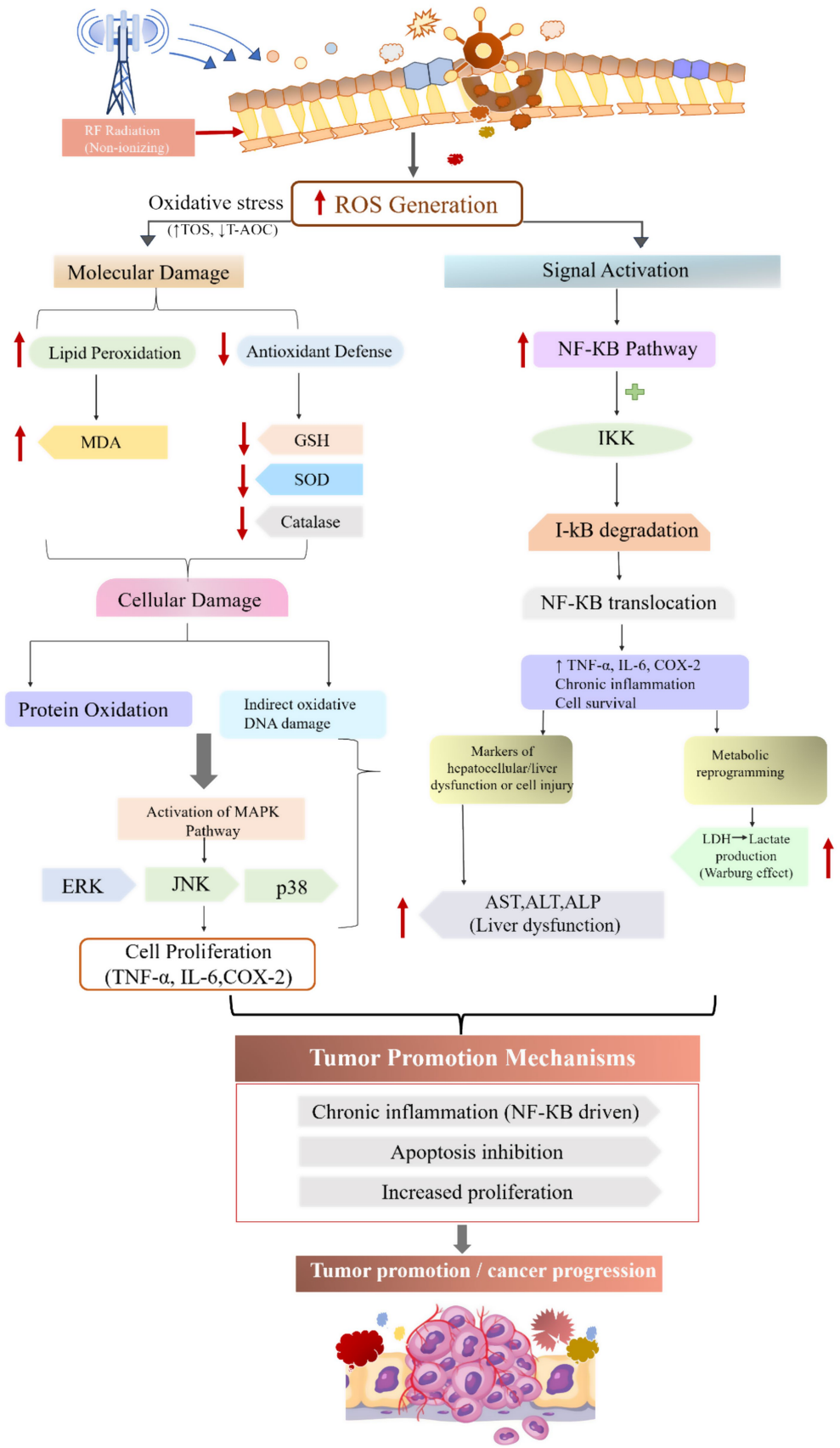
4 Karcinogénny potenciál RF-EMF

Rakovina je multifaktoriálne ochorenie a oxidačný stres typicky pôsobí spolu s ďalšími faktormi, ako sú genetická predispozícia, environmentálne vplyvy, vplyvy životného štýlu a narušené mechanizmy opravy DNA. Oxidačný stres sa javí ako kľúčová zložka netermálnych účinkov vystavenia RF-EMP. RF-EMP môže zvýšiť produkciu reaktívnych foriem kyslíka (ROS) a narušiť antioxidačnú obranyschopnosť spolu so zvýšenými biomarkermi oxidačného stresu v rozmedzí ~10 – 30 % za určitých expozičných podmienok (35,36). Súbežne sa skúmali potenciálne genotoxické účinky vrátane zlomov reťazcov DNA a chromozomálnej nestability; rozsiahle prehľady však uvádzajú nekonzistentné alebo slabé dôkazy. RF-EMF nemá dostatočnú fotónovú energiu na priame poškodenie DNA, čo naznačuje, že akákoľvek pozorovaná genotoxicita sa môže vyskytnúť nepriamo prostredníctvom oxidačného stresu (37,38). Predpokladá sa, že tieto mechanizmy prispievajú ku karcinogenéze, najmä v tkanivách s dlhodobou expozíciou, ako je mozog. Napriek tomu epidemiologické dôkazy spájajúce vystavenie RF-EMF s rakovinou zostávajú nepresvedčivé, pretože rozsiahle kohortové štúdie vo všeobecnosti nepreukazujú konzistentný nárast výskytu rakoviny, zatiaľ čo niektoré prípadovo-kontrolné štúdie uvádzajú zvýšené riziká (ALEBO≈1,5 – 2,5) vo vysoko exponovaných skupinách (39).

Celkovo, hoci oxidačný stres a nepriame poškodenie DNA predstavujú biologicky prijateľné dráhy, kauzálny vzťah medzi vystavením RF-EMF a rozvojom rakoviny nebol definitívne stanovený. Najmä väčšia blízkosť základňových staníc mobilných telefónov je spojená s nižšími hladinami antioxidantov a vyššími oxidačnými markermi, čo podporuje vzťah závislý od dávky medzi vystavením EMF a oxidačným stresom. Celkovo tieto zistenia naznačujú, že oxidačný stres vyvolaný RF-EMF môže podporovať protumorogénne prostredie tým, že spôsobuje poškodenie buniek, metabolickú dysreguláciu a zmeny signálov, čím viac prispieva k progresii rakoviny ako k jej vzniku (40).

Mechanizmus sa dá pochopiť pomocouObrázok 2Hoci RF-EMF je neionizujúce a priamo nepoškodzuje DNA, RF-EMF môže stimulovať intracelulárnu tvorbu ROS, čo vedie k narušeniu bunkovej redoxnej rovnováhy (41,42). Táto nerovnováha sa vyznačuje zvýšeným celkovým oxidačným statusom (TOS) a zníženou celkovou antioxidačnou kapacitou (T-AOC), čo naznačuje oslabenú antioxidačnú obranu (43). Zvýšené hladiny ROS spôsobujú oxidáciu lipidov a bielkovín a zhoršujú antioxidačnú obranu (glutatión, kataláza, superoxiddismutáza), čo vedie k akumulácii markerov oxidačného stresu, ako je malondialdehyd (MDA). Oxidačný stres môže viesť k poškodeniu hepatocytov, ktoré sa prejavuje zvýšenými hladinami pečeňových enzýmov (AST, ALT, ALP a LDH) v sére, čo svedčí o poškodení buniek a zmenenej metabolickej funkcii (44,45). Okrem toho môže oxidačný stres podporovať onkogénnu signalizáciu a metabolické preprogramovanie, pričom zvýšená aktivita LDH je spojená so zvýšeným metabolizmom, proliferáciou a invazívnosťou nádoru (46). Pri vystavení RF-EMF môže zvýšené množstvo mediátorov súvisiacich so stresom a zosilnené procesy transaminácie ďalej zhoršiť metabolickú nerovnováhu a bunkovú dysfunkciu (47).

Nedávne dôkazy (2015 – 2025) naznačujú, že používanie mobilných telefónov nie je trvalo spojené so zvýšeným rizikom rakoviny, vrátane detských mozgových nádorov, gliómu a meningiómu. Štúdia MOBI-Kids od Castaño-Vinyals a kol. (48) skúmala súvislosť medzi používaním bezdrôtových telefónov a neuroepiteliálnymi nádormi mozgu u mladých jedincov vo veku 10 – 24 rokov v 14 krajinách. Štúdia zahŕňala 899 prípadov a 1 910 kontrolných skupín a hodnotila vystavenie rádiofrekvenčným (RF) a extrémne nízkofrekvenčným (ELF) elektromagnetickým poliam. Výsledky



OBRÁZOK 2

Generovanie ROS indukované RF-EMF aktivuje oxidačný stres, signalizáciu NF-κB/MAPK a poškodenie buniek, čo vedie k zápalu a progresii nádoru: Obrázok ukazuje, ako môže vystavenie rádiofrekvenčnému žiareniu prispieť k rozvoju rakoviny, najmä prostredníctvom oxidačného stresu. RF žiarenie zvyšuje produkciu reaktívnych foriem kyslíka (ROS), ktoré narúšajú normálnu redoxnú rovnováhu bunky. To vedie k lipidovej syntéze.

(Pokračovanie)

OBRÁZOK 2 (Pokračovanie)
peroxidácia, ktorá sa prejavuje vyššími hladinami malondialdehydu (MDA), a oslabuje antioxidačný obranný systém vrátane glutatiónu (GSH), superoxiddismutázy (SOD) a katalázy. V dôsledku toho dochádza k poškodeniu proteínov v bunkách a nepriamemu oxidačnému poškodeniu DNA. Tieto zmeny aktivujú dôležité signálne dráhy, ako je dráha mitogénom aktivovanej proteínkinázy (MAPK), zahŕňajúca ERK (extracelulárna signálne regulovaná kináza), JNK (c-Jun N-terminálna kináza) a p38, ktoré riadia rast buniek a zvyšujú množstvo zápalových molekúl, ako je faktor nekrózy nádorov alfa (TNF-*α*), interleukín-6 (IL-6) a cyklooxygenáza-2 (COX-2). Zároveň oxidačný stres spúšťa dráhu nukleárneho faktora kappa B (NF-κB) prostredníctvom IκB kinázy (IKK), čo vedie k degradácii IκB a presunu NF-κB do jadra, kde podporuje chronický zápal a prežitie buniek. Zvýšené sú aj indikátory poškodenia buniek a dysfunkcie pečene, ako je laktátdehydrogenáza (LDH), aspartátaminotransferáza (AST), alanínaminotransferáza (ALT) a alkalická fosfatáza (ALP), spolu so zvýšenou produkciou laktátu spojenou s Warburgovým efektom. Tieto udalosti spolu podporujú procesy podporujúce vznik nádorov, vrátane pretrvávajúceho zápalu, zníženej apoptózy, zvýšenej proliferácie buniek a metabolických zmien charakterizovaných vyšším celkovým oxidačným stavom (TOS) a nižšou celkovou antioxidačnou kapacitou (T-AOC), čo môže v konečnom dôsledku prispieť k progresii rakoviny.

nepreukázali zvýšené riziko mozgových nádorov s dlhším trvaním alebo intenzitou používania telefónu; v skutočnosti mali pomery šancí tendenciu klesať so zvyšujúcou sa kumulatívnou expozíciou. Tieto zistenia boli pravdepodobne ovplyvnené skresleniami, ako sú chyby v zapamätaní si údajov a zmeny v používaní telefónu v dôsledku skorých príznakov. Celkovo štúdia nenašla žiadne dôkazy o kauzálnej súvislosti, hoci malé zvýšenie rizika nemožno úplne vylúčiť v dôsledku reziduálneho mätúceho vplyvu (48). Štúdia MOBI-Kids, jedna z najväčších medzinárodných prípadovo-kontrolných štúdií o používaní bezdrôtových telefónov a mozgových nádoroch u mladých ľudí, nenašla žiadne dôkazy o tom, že vystavenie RF-EMF z bezdrôtových telefónov spôsobuje mozgové nádory. Autori však poznamenali, že problémy, ako je skreslenie spomienok a iné mätúce faktory, znamenajú, že malé zvýšené riziko nemožno úplne vylúčiť. Karipidis a kol. (49) tiež preskúmali biologické a zdravotné účinky rádiofrekvenčných polí nad 6 GHz, vrátane polí používaných v sieťach 5G, pri úrovniach expozície pod limitmi ICNIRP pre pracovné prostredie. Ich prehľad zahŕňal 107 experimentálnych štúdií na témy ako genotoxicita, rast buniek, génová expresia, bunková signalizácia a funkcia membrán, ako aj 31 epidemiologických štúdií o expozícii radaru v práci, ktoré slúžili ako nepriamy dôkaz o frekvenciách 5G. Dospeli k záveru, že súčasné dôkazy nepotvrdzujú, že nízkofrekvenčné polia nad 6 GHz, ako sú tie, ktoré sa používajú v 5G, sú škodlivé pre ľudské zdravie. Poukázali však na to, že mnohé štúdie majú obmedzenia, ako je zlé meranie expozície, nedostatočná kontrola teploty a nedostatočná nezávislá replikácia. Niektoré účinky pozorované v štúdiách môžu byť spôsobené skôr teplom ako samotným vystavením rádiofrekvenčným lúčom. Autori zdôraznili potrebu lepšie navrhnutých experimentov s dôkladným hodnotením expozície a priebežným epidemiologickým monitorovaním na sledovanie potenciálnych dlhodobých zdravotných účinkov nových bezdrôtových technológií.

Zatiaľ čo tepelné mechanizmy a dráhy, ako je oxidačný stres a vápniková signalizácia, sú dobre známe, nedávne koncepčné perspektívy rozšírili diskusiu o interakciách RF-EMF do širšej paradigmy ľudského bioelektromagnetizmu. Nové perspektívy zvažujú možnosť, že endogénne elektromagnetické procesy spojené s bunkovými membránami, nervovou aktivitou, srdcovým vedením a inými fyziologickými funkciami môžu interagovať s vonkajšími elektromagnetickými poľami prostredníctvom biofyzikálnych a biochemických mechanizmov. Biofotónová signalizácia bola tiež navrhnutá ako možný mechanizmus intra- a intercelulárnej komunikácie, ktorý by teoreticky mohol byť modifikovaný elektromagnetickým prostredím. Nedávna koncepčná práca tiež navrhla predbežné vysvetlenia interakcií medzi elektromagnetickými poľami a biologickými systémami na kvantovej úrovni. Tieto mechanizmy však generujú hypotézy a zatiaľ sa nepreukázalo, že by predstavovali kauzálne dráhy medzi expozíciou RF-EMF a nepriaznivými následkami na ľudské zdravie. Ich biologický a klinický význam je preto potrebné dôkladne experimentálne preskúmať s použitím dobre charakterizovaných expozičných podmienok, kvantitatívnej dozimetrie, vhodných tepelných kontrol, biologicky relevantných koncových bodov, hodnotenia dávky a reakcie a nezávislej replikácie. Kombinácia týchto...

Nové mechanistické hypotézy s vysoko kvalitnými epidemiologickými dôkazmi môžu pomôcť objasniť, či a za akých podmienok by vystavenie RF-EMF mohlo viesť k biologicky významným účinkom (50, 51) (pozri Tabuľka 2).

V rokoch 2015 až 2025 väčšina prípadovo-kontrolných štúdií skúmajúcich vystavenie detí a tehotných žien mobilným telefónom nepreukázala konzistentnú súvislosť s rizikom rakoviny. Dostupné dôkazy sú obmedzené a často nekonzistentné, bez jasného vzťahu medzi expozíciou a reakciou. Okrem toho metodologické obmedzenia, ako je nesprávna klasifikácia expozície, skreslenie v opakovanom použití a nedostatočná kontrola mätúcich faktorov, znižujú spoľahlivosť týchto zistení. Preto, aby sa výsledky prezentovali stručne a aby sa lepšie analyzovali základné dôvody, namiesto jednotlivých prípadovo-kontrolných štúdií boli zostavené systematické prehľady. Tieto štúdie boli vybrané preto, lebo predstavujú dôkazy získané za posledné desaťročie a poskytujú komplexnejšie a aktuálnejšie pochopenie výskumnej oblasti.

5 Účinky na reprodukčné a vývojové zdravie

Reprodukčné a vývojové koncové body boli široko skúmané kvôli citlivosti zárodočných buniek a vyvíjajúcich sa organizmov na expozície prostredia. Niektoré štúdie na ľuďoch naznačujú súvislosti medzi expozíciou RF-EMF a kvalitou spermií alebo výsledkami u plodu. Pravosť týchto dôkazov však zostáva nízka, najmä kvôli nesprávnej klasifikácii expozície a reziduálnemu skresleniu. Súhrnné prehľady a metaanalýzy naznačujú relatívne konzistentné súvislosti medzi expozíciou RF-EMF a zníženou pohyblivosťou alebo životaschopnosťou spermií v experimentálnych a observačných štúdiách, pričom oxidačný stres sa navrhuje ako pravdepodobný biologický mechanizmus. Systematické observačné prehľady na ľuďoch však zdôrazňujú veľmi nízku istotu účinkov na počet, morfológiu a pohyblivosť spermií, čo zdôrazňuje potrebu lepšej charakterizácie expozície a dobre navrhnutých prospektívnych štúdií (52).

5.1 Molekulárne mechanizmy reprodukčnej dysfunkcie u žien vyvolanej RF-EMF

Expozícia RF-EMF sa spája s potenciálnymi nepriaznivými reprodukčnými účinkami vrátane poškodenia DNA v granulóznych bunkách, zníženého počtu ovariálnych folikulov, oxidačného stresu endometria a zhoršeného embryonálneho vývoja na zvieracích modeloch. Štúdie preukázali zvýšené zlomy reťazcov DNA v granulóznych bunkách potkanov po ožiarení mobilnými telefónmi, vyššiu embryonálnu úmrtnosť a spomalenie rastu u exponovaných kuracích embryí (53,54) a znížený počet folikulov v

TABUĽKA 2 Systematické prehľady epidemiologických dôkazov o vystavení RF-EMF a riziku rakoviny u detí.

Autor (rok)	Typ štúdium	Počet obyvateľov typ	RF-EMF zdroj typ	Vzdialenosť z zdroj	Vystavenie posúdenie	Typ rakovina	Výsledky
Röösli a kol. (2019) (120)	Systematický prehľad	Deti (vrátane prenatálna expozícia)	Mobilný telefón	NR (rôzne zahrnuté štúdie)	Samostatne nahlásený mobil používanie telefónu, operátor záznamy a environmentálne RF- Odhady elektromagnetického poľa	Nádory mozgu	Žiadna konzistentnosť dôkaz o spojenie medzi Expozícia RF-EMF a detský mozog nádory.
Bodewein a ďalší al. (2022) (135)	Systematické preskúmanie	Deti a dospievajúci	Mobilný telefón	NR (rôzne zahrnuté štúdie)	Prevažne dotazníky a rozhovory; niektoré štúdie používali expozíciu modelovanie	Nádory mozgu a detstvo rakoviny	Dôkazy boli nedostatočné na založiť spojenie medzi Expozícia RF-EMF a detstvo rakovina kvôli obmedzený počet a metodologické kvalita dostupných štúdie.
Karipidis a kol. (2025) (136)	Systematické informácie WHO recenzia pozorovací štúdie	Všeobecná populácia (vrátane detí)	Mobilné telefóny a základňu stanice	Blízke a vzdialené pole	Samostatne nahlásený mobil používanie telefónu, environmentálny modelovanie expozície, a špecifické pre danú štúdiu posúdenie expozície	Pediatrické mozgové nádory a leukémia	Stredná istota dôkazy uvedené žiadne zvýšené riziko rakoviny u detí spojené s Expozícia RF-EMF.

NR, Neuvedené.

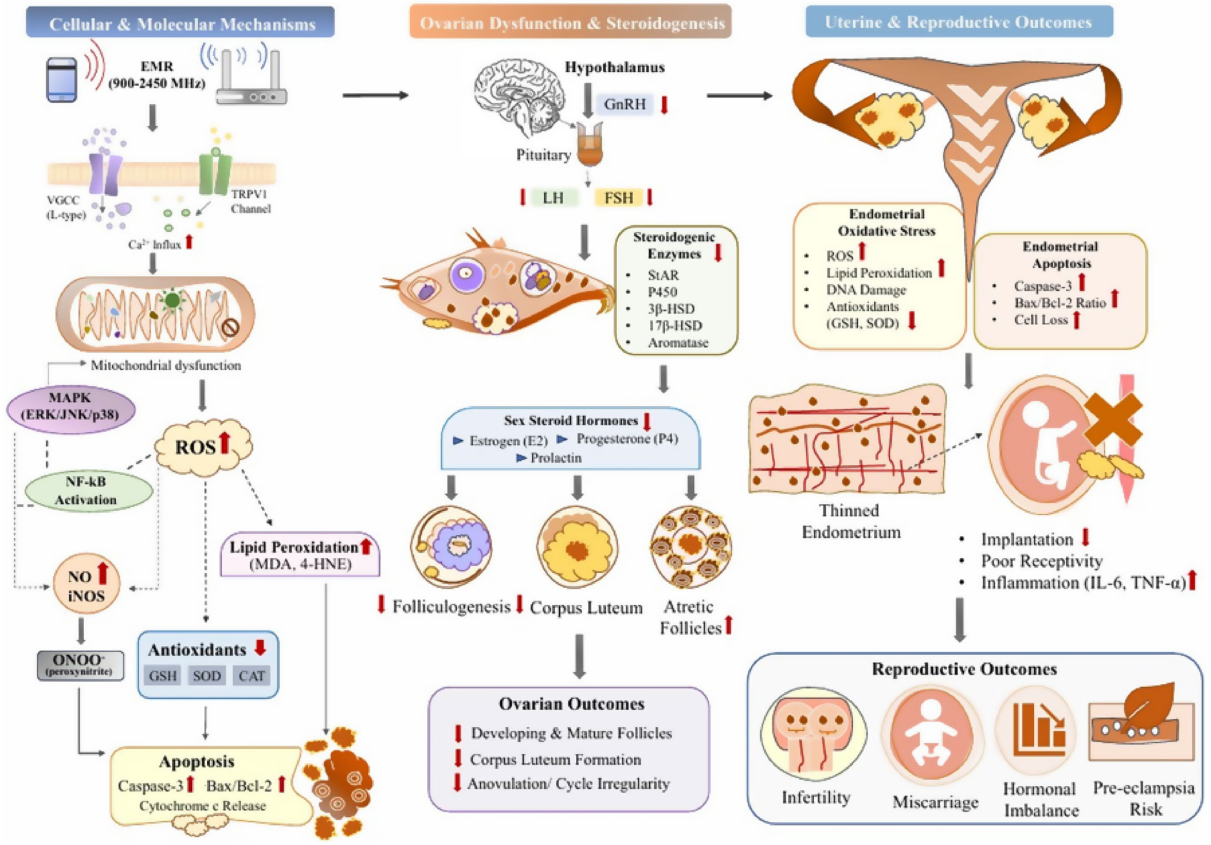
potomstvo exponovaných potkanov (55), zatiaľ čo RF-EMF môže vyvolať oxidačný stres a apoptózu v endometriálnom tkanive a ovplyvniť srdcové parametre plodu (56,57). Niektoré štúdie neuvádzajú žiadny významný vplyv na embryogenézu alebo srdcovú frekvenciu plodu (58,59), čo odráža nekonzistentné zistenia a potrebu dobre kontrolovaného výskumu na ľuďoch.

VObrázok 3Vystavenie elektromagnetickému poľu z mobilných telefónov vedie k reprodukčnej toxicite prostredníctvom oxidačného stresu, kde nadmerná tvorba ROS a úbytok antioxidantov, ako je glutatión a glutatiónperoxidáza, ovplyvňujú bunkovú homeostázu. Elektromagnetické polia môžu tiež ďalej zvyšovať hladiny ROS interakciou s bunkovou membránou a stimulovať enzýmy, ako je NADH oxidáza. To môže viesť k peroxidácii lipidov, mitochondriálnej dysfunkcii a zníženej bunkovej detoxikácii. Všetky tieto zmeny vedú k štrukturálnym aj funkčným zmenám v reprodukčných tkanivách, ako je poškodenie granulóznych buniek, pokles rezervy ovariálnych folikulov, narušenie folikulogenézy a oogenézy, smrť endometriálnych buniek a hormonálna nerovnováha.

Bolo hlásené, že chronické vystavenie nízkointenzívnemu žiareniu podobnému GSM (900 MHz) u samíc potkanov Sprague-Dawley vykazuje zmiešané výsledky. V krátkodobých štúdiách sa nezistili žiadne patologické zmeny, zatiaľ čo dlhodobé štúdie naznačujú významné zníženie prežitia (~9 %). Zdá sa, že tieto účinky závisia od trvania expozície a môžu byť ovplyvnené vonkajšími faktormi, ako je načasovanie pôrodu a podmienky prostredia, čo naznačuje, že potenciálne kumulatívne vplyvy dlhodobého vystavenia sa rádiofrekvenčnému žiareniu môžu byť tiež prispievajúcimi faktormi, od ktorých závisí výsledok (60).

Žiarenie mobilných telefónov (1800 MHz) môže ovplyvniť reprodukciu myší prostredníctvom oxidačného a nitrozatívneho stresu, ktorý je charakterizovaný... zvýšeným ROS, NO, lipidovou peroxidáciou a zníženou antioxidačnou obranou. Tieto zmeny sú spojené s degeneráciou vaječníkov, zníženým počtom folikulov a zníženým počtom žltého telieska, spolu s významným potlačením gonadotropínov (LH, FSH), pohlavných steroidov (estradiol, progesterón) a steroidogénnych proteínov (61). Vystavenie matky žiareniu z mobilných telefónov počas tehotenstva môže ovplyvniť oogenézu a folikulogenézu u novorodených potkanov znížením hladiny ovariálnych hormónov (estrogénu a progesterónu), znížením počtu primordiálnych folikulov, vývoja oocytov a zvýšením apoptózy folikulov. Tieto účinky bývajú silnejšie počas skorého štádia tehotenstva, čo naznačuje, že načasovanie aj trvanie sú dôležité pre vývoj vaječníkov a budúcu plodnosť (62). Okrem toho sa elektromagnetické pole spája so závažnými následkami, ako je úmrtie plodu, genetické mutácie (63) a poruchy neurovývoja u potomkov, ako sú poruchy pozornosti (64). Na bunkovej úrovni sú tieto účinky do značnej miery spôsobené zvýšeným oxidačným stresom, ktorý sa prejavuje vyššími hladinami markerov lipidovej peroxidácie (napr. MDA), zníženou aktivitou antioxidačných enzýmov a aktiváciou apoptotických dráh (kaspázy, nerovnováha Bax/Bcl-2). Napriek dôkazom o štrukturálnych a funkčných zmenách v mnohých štúdiách nie sú zistenia úplne konzistentné. Rozdiely vo frekvencii (900 – 2 450 MHz), trvaní expozície a modeloch štúdií obmedzujú jasné závery a zdôrazňujú potrebu dobre štandardizovaných podmienok expozície a starostlivo navrhnutých štúdií na lepšie pochopenie reprodukčných účinkov súvisiacich s EMF.

Štúdie zhrnuté vTabuľka 3, ukazuje zmiešané a nekonzistentné zistenia týkajúce sa vystavenia RF-EMF a zdravotných následkov u tehotných žien. Väčšina prospektívnych kohortových štúdií, vrátane štúdií Baste a kol. (65) a Choi a kol. (8), nepreukázali žiadne významné



OBRÁZOK 3

Oxidačný stres a signálne dráhy vyvolané RF-EMF ovplyvňujúce steroidogenézu a ženskú reprodukčnú funkciu: Tento obrázok ilustruje potenciálne mechanizmy, ktorými rádiofrekvenčné elektromagnetické žiarenie (RF-EMF; 900 – 2 450 MHz) ovplyvňuje ženské reprodukčné zdravie od bunkovej až po systémovú úroveň. Na bunkovej úrovni RF-EMF moduluje membránové iónové kanály vrátane napäťovo riadených kalciových kanálov (VGCC) a kanálov TRPV1, čo vedie k zvýšeniu intracelulárneho Ca_{2+}-prítok a mitochondriálna dysfunkcia. To podporuje tvorbu reaktívnych foriem kyslíka (ROS) a aktivuje stresové signálne dráhy, ako sú MAPK (ERK, JNK, p38) a NF-κB. Zvýšený oxidačný stres zvyšuje aktivitu oxidu dusnatého (NO) a indukovateľnej syntázy oxidu dusnatého (iNOS), čo vedie k tvorbe peroxynitritov a následnému poškodeniu buniek. Tieto zmeny sú spojené s peroxidáciou lipidov (zvýšená MDA a 4-HNE) a vyčerpaním antioxidačných obranných mechanizmov (GSH, SOD, CAT), čo v konečnom dôsledku spúšťa apoptózu prostredníctvom aktivácie kaspázy-3, zmeneného pomeru Bax/Bcl-2 a uvoľňovania cytochrómu C. Na hormonálnej úrovni môže RF-EMF narušiť os hypotalamus-hypofýza-vaječníky (HPO), ovplyvniť sekréciu GnRH, LH a FSH a znížiť reguláciu kľúčových steroidogénnych enzýmov (StAR, P450, 3β-HSD, 17β-HSD, aromatáza). To vedie k nerovnováhe estrogénu, progesterónu a prolaktínu, čo zhoršuje folikulogenézu a ovuláciu. Na úrovni maternice zvýšený oxidačný stres a zápal (napr. IL-6, TNF-α) prispievajú k poškodeniu endometria, zníženej receptivite a zhoršenej implantácii. Tieto vzájomne prepojené mechanizmy môžu spoločne prispievať k nepriaznivým reprodukčným výsledkom vrátane neplodnosti, hormonálnej nerovnováhy a komplikácií v tehotenstve.

súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a nepriaznivými následkami v tehotenstve alebo neurovývojom. Niektoré štúdie však naznačujú, že vyššia úroveň expozície môže predstavovať potenciálne riziká. Napríklad Boileau a kol. (66) a Razavimoghadam a kol. (67) uviedli súvislosti medzi zvýšeným používaním mobilných telefónov a výsledkami, ako je spomalený rast plodu, potrat a abnormálne parametre pri narodení, hoci pozorované účinky boli relatívne malé. Dôkazy zo štúdií prípadov a kontrol, vrátane Çeleğen a kol. (68), tiež poukazuje na možné súvislosti so špecifickými vrodenými anomáliami, zatiaľ čo Bektaş a kol. (69) hlásili zmeny v markeroch oxidačného stresu, čo naznačuje možné biologické účinky. Celkovo súčasné dôkazy nepodporujú konzistentnú súvislosť, ale tiež úplne nevylučujú potenciálne riziká, najmä pri vyšších úrovniach expozície alebo za špecifických podmienok (Tabuľka 3Súčasné dôkazy o prenatálnej expozícii používaniu mobilných telefónov a elektromagnetickým poliam ukazujú nekonzistentné a obmedzené súvislosti s tehotenstvom a výsledkami v ranom veku. Väčšina štúdií uvádza zvýšené riziká, ako je spomalený rast plodu, vrodené abnormality, potrat a problémy so správaním. Tieto zistenia sa väčšinou pozorujú pri vyššej úrovni expozície a nie sú konzistentné v rámci štúdií. štúdie. V mnohých prípadoch sa pri nižších expozíciách nezistili žiadne významné súvislosti. Existujú aj dôkazy naznačujúce interakčné účinky s inými environmentálnymi faktormi (napr. expozícia olovu) a možné biologické zmeny, ako je oxidačný stres, hoci ich klinický význam nie je jasný. Celkovo neexistujú žiadne silné alebo konzistentné kauzálne dôkazy a pozorované účinky sú pravdepodobne ovplyvnené mätúcimi faktormi.

6 Neurofyziologické účinky a funkcia mozgu

Expozícia RF-EMF sa tiež spája s potenciálnymi neurofyziologickými účinkami vrátane zmien v elektrickej aktivite mozgu, spánkových vzorcoch a kognitívnych funkciách. Experimentálne štúdie využívajúce elektroencefalografiu (EEG) zaznamenali zmeny v aktivite mozgových vĺn po akútnej expozícii, najmä vo frekvenčných pásmach spojených s reguláciou spánku. Epidemiologické dôkazy však zostávajú nekonzistentné a mnohé pozorované účinky sú nenápadné a v rámci normálu.

TABUĽKA 3 Primárne epidemiologické štúdie u ľudí o expozícii RF-EMF a výsledkoch tehotenstva/vývoja.

Staršie číslo.	Autor (rok)	Typ štúdie	Počet obyvateľov typ	RF-EMF typ zdroja	Vzdialenosť zo zdroja	Vystavenie posúdenie	Výsledok	Odhad rizika	Výsledky
1.	Baste a kol. (2015)65)	Potenciálna kohorta štúdium	Tehotné ženy (kohorta MoBa, Nórsko) a ich deti	Mobilné telefóny (materská a otcovské použitie)	Nie explicitne špecifikované (typické použitie v blízkosti hlavy/ telo)	Samostatne nahlásený mobil používanie telefónu (frekvencia) kategórie: žiadne, nízke, stredný, vysoký)	Výsledky tehotenstva: nízka pôrodná hmotnosť, predčasný pôrod, malá veľkosť vzhľadom na gestačný vek	Žiadne významné zvýšené riziko (OR ~ 1, nie štatisticky významné)	Žiadna konzistentnosť spojenie medzi rodičovský mobilný telefón použitie a nežiaduce účinky výsledky tehotenstva.
2.	Boileau a kol. (2020) 66)	Potenciálna kohorta štúdium	Tehotné ženy a novorodenci	Materský mobil používanie telefónu počas tehotenstvo	Nie priamo merané; predpokladá sa, že je blízko brucho/telo počas bežného používania	Vlastné hlásenie dotazník o používanie mobilného telefónu počas tehotenstva (frekvencia/trvanie kategórie)	Ukazovatele rastu plodu: pôrodná hmotnosť, pôrod dĺžka, hlava obvod plodu obmedzenie rastu	> 30 min/deň vs. < 5 min/deň: aOR = 1,54 (95 % CI: 1,03 – 2,31),*p*=0,037; 5–15 min: aOR = 0,98 (0,58–1,65); 15–30 min: aOR = 1,68 (0,99 – 2,82, NS)	Vysoké používanie mobilných telefónov (> 30 min/deň) bolo významne spojené so zvýšeným rizikom spomaleného rastu plodu (AUDIPOG≤10. percentil). Dolný kategórie expozície nepreukázal žiadne významné združenie.
3.	Razavimoghadam a kol. (2025) (67)	Potenciálna kohorta štúdium	Tehotné ženy v Jazd, Irán a ich novorodenci	Mobilné telefóny, bezdrôtové telefóny, Wi-Fi (RF-EMF) zdroje)	Nie priamo merané; odvodené z modelov používania a blízkosť k zariadenia	Štruktúrované dotazník posudzovanie frekvencie/ trvanie expozície k bežnému EMF zdroje počas tehotenstvo	Potrat, predčasný pôrod, abnormálny pôrod hmotnosť, abnormálna výška, abnormálna hlava obvod	Potrat: RR = 1,0061 (95 % CI: 1,003 – 1,0093), *p*<0,001; Abnormálna pôrodná hmotnosť: RR = 1,0012 (1,0004 – 1,002),*p*=0,002; Abnormálna výška: RR = 1,0014 (1,0004 – 1,0023),*p*=0,003	Dlhšie trvanie hovory z mobilných telefónov počas tehotenstva bola významne spojené so zvýšeným rizikom potratu, abnormálnymi pôrodná hmotnosť a abnormálna výška. Používanie bezdrôtových telefónov tiež zvýšilo riziko abnormálna pôrodná hmotnosť.
4.	Çeleğen a Özgül (2024) (68)	Prípadová kontrolná štúdia	Dojčatá < 2 roky (57 prípadov CAKUT, 57 zdravé kontroly) a ich matky	Materský mobil používanie telefónu počas tehotenstvo (RF-elektromagnetické pole)	Čiastočne posúdené (blízkosť, keď nepoužíva sa; nie významný)	Štruktúrované dotazník o používanie mobilného telefónu (frekvencia, trvanie, každodenné návyky používania počas tehotenstva)	Vrodené anomálie obličiek a močových ciest (CAKUT)	Dlhšie trvanie hovoru: *p*=0,001; Vyššia efektívna hodnota SAR:*p*=0,03; Blízkosť (nepoužíva sa): NS	Dlhšie materské volanie trvanie a vyššie efektívna expozícia SAR boli výrazne spojené so zvýšeným rizikom CAKUT. Blízkosť telefónu, keď sa nepoužíva, nebola spojená.

(Pokračovanie)

10.3389/fpubh.2026.1915745

TABUĽKA 3 (Pokračovanie)

Staršie číslo.	Autor (rok)	Typ štúdie	Počet obyvateľov typ	RF-EMF typ zdroja	Vzdialenosť zo zdroja	Vystavenie posúdenie	Výsledok	Odhad rizika	Výsledky
5.	Choi a kol. (2017)8)	Potenciálna kohorta štúdium	Tehotné ženy a ich deti (narodenie kohorta sledovaná do 3 rokov, Južná Kórea)	Materský mobil používanie telefónu (RF-elektromagnetické pole); environmentálne rádiofrekvenčné žiarenie žiarenie; ko-vystavenie olovu	Nie priamo merané; odvodené z používania telefónu vzory a environmentálny vystavenie	Materská dotazník o používanie mobilného telefónu (frekvencia/trvanie); Vystavenie rádiofrekvenčným lúčom modelovanie; krvný olovo namerané úrovne	Neurovývoj (Skóre MDI a PDI po 6, 12, 24 a 36 mesiacoch; Bayleyho škály)	Žiadne významné združenie pre RF-Celkové elektromagnetické pole; interakčný efekt: zvýšené riziko nízkeho PDI s vyšším časom hovoru v skupine s vysokým počtom zvodov (p-trend = 0,008); znižujúci sa MDI s zvyšujúci sa čas hovoru/ frekvencia (p-trend = 0,05 a 0,007)	Žiadny nezávislý spojenie medzi prenatálne RF-EMF expozícia a neurovývoj. Avšak v kombinácii expozícia s vysokou prenatálne hladiny olova preukázal významné nepriaznivé účinky, čo naznačuje efekt interakcie/modifikacie.
6.	Bektaş a kol. (2018)69)	Pozorovacie (prierez)	Tehotné ženy a ich novorodencov (pupočnej šnúry vzorky krvi na doručenie)	Materský mobil používanie telefónu počas tehotenstvo (RF-elektromagnetické pole)	Nie priamo merané; predpokladané tesná blízkosť telo počas rutiny používanie telefónu	Samostatne nahlásený mobil používanie telefónu (zoskupené podľa dĺžky používania, napr. používatelia s nízkou vs. s vysokou mierou používania)	Biochemické parametre v pupočníkovej krvi (napr. markery oxidačného stresu, antioxidačný enzým úrovne)	Významné rozdiely pozorované v niektorých biochemické markery medzi expozíciami skupiny	Vyššia materská mobilita Používanie telefónu bolo spojené so zmenami v biochemických parametroch pupočníkovej krvi parametre, najmä ukazovatele oxidačného stresu a antioxidačných stav. Zistenia naznačujú možné biologické účinky, ale klinické význam zostáva nejasné.

10.3389/fpubh.2026.1915745

fyziologická variabilita. Nedávne štúdie na ľuďoch (2023 – 2024) zdôrazňujú, že hoci sa môžu vyskytnúť krátkodobé neurofyziologické reakcie, neexistuje dostatok dôkazov na preukázanie klinicky významných dlhodobých neurologických účinkov.

6.1 Mechanická dráha, ktorá je základom neurologických účinkov

RF-EMF ovplyvňuje centrálny nervový systém prostredníctvom tepelných aj netepelných účinkov, čo vedie k zmenám vo funkcii a správaní mozgu. Zistilo sa, že súvisí so zmenami v signalizácii neurotransmiterov, EEG vzoroch a prietoku krvi mozgom, čo môže narušať učenie, pamäť a neurobehaviorálne vzorce (70,71). Dlhodobá expozícia môže viesť k oxidačnému stresu, poškodeniu neurónov a apoptóze; spôsobuje tiež štrukturálne zmeny v oblastiach mozgu, ako je mozgová kôra a hipokampus (72,73). Elektromagnetické žiarenie významne narúša viacero neurotransmiterových systémov v mozgu spolu s biogénnymi amínmi, aminokyselinovými neurotransmitermi a súvisiacimi signálnymi mechanizmami, čo má za následok ovplyvnenie kognície, správania a neuronálnej homeostázy. Spomedzi biogénnych amínov sa zistilo, že hladiny dopamínu spolu s jeho metabolitom DOPAC (kyselina 3,4-dihydroxyfenyloctová) sú po expozícii RF-EMF (900 – 1800 MHz) v oblastiach, ako je hipokampus a striatum, konzistentne znižujú, čo vedie k zhoršenému učeniu a pamäti. Expozícia s vysokou intenzitou potláča dopamín a veľmi vysoké hustoty výkonu môžu zvýšiť jeho obrat bez toho, aby ovplyvnili celkové hladiny. Prenatálna expozícia vykazuje účinok závislý od dávky, nízka expozícia zvyšuje dopamín a vyššia expozícia ho znižuje, čo naznačuje vývojovú neurotoxicitu (74–76). Hladiny norepinefrínu a adrenalínu sú zmenené, pričom dlhodobé vystavenie RF-EMF znižuje ich koncentráciu v oblasti hipokampu, zatiaľ čo vystavenie nízkej intenzite môže zvýšiť hladinu norepinefrínu, čo odráža dvojfázovú odpoveď, ktorá sa pozoruje aj v prenatálnych podmienkach (76,77). Metabolizmus serotonínu (5-HT) je tiež ovplyvnený, predovšetkým prostredníctvom zvýšenej obnovy a zvýšených hladín jeho metabolitu 5-HIAA a v niektorých prípadoch zvýšených hladín serotonínu v oblastiach mozgu spojených s poruchou pamäti, hoci zistenia v prenatálnych štúdiách zostávajú nekonzistentné (74,76,78). Okrem monoamínov narúša RF-EMF aminokyselinové neurotransmitery, čím mení hladiny glutamátu a aspartátu. Krátkodobá expozícia zvyčajne znižuje ich koncentráciu, zatiaľ čo dlhodobá expozícia vykazuje rôzne účinky v závislosti od intenzity, často zhoršujúc pamäť a učenie. Môže tiež modifikovať podjednotky NMDA receptorov (NR2A a NR2B), čo má za následok ovplyvnenie synaptického prenosu (78–81).

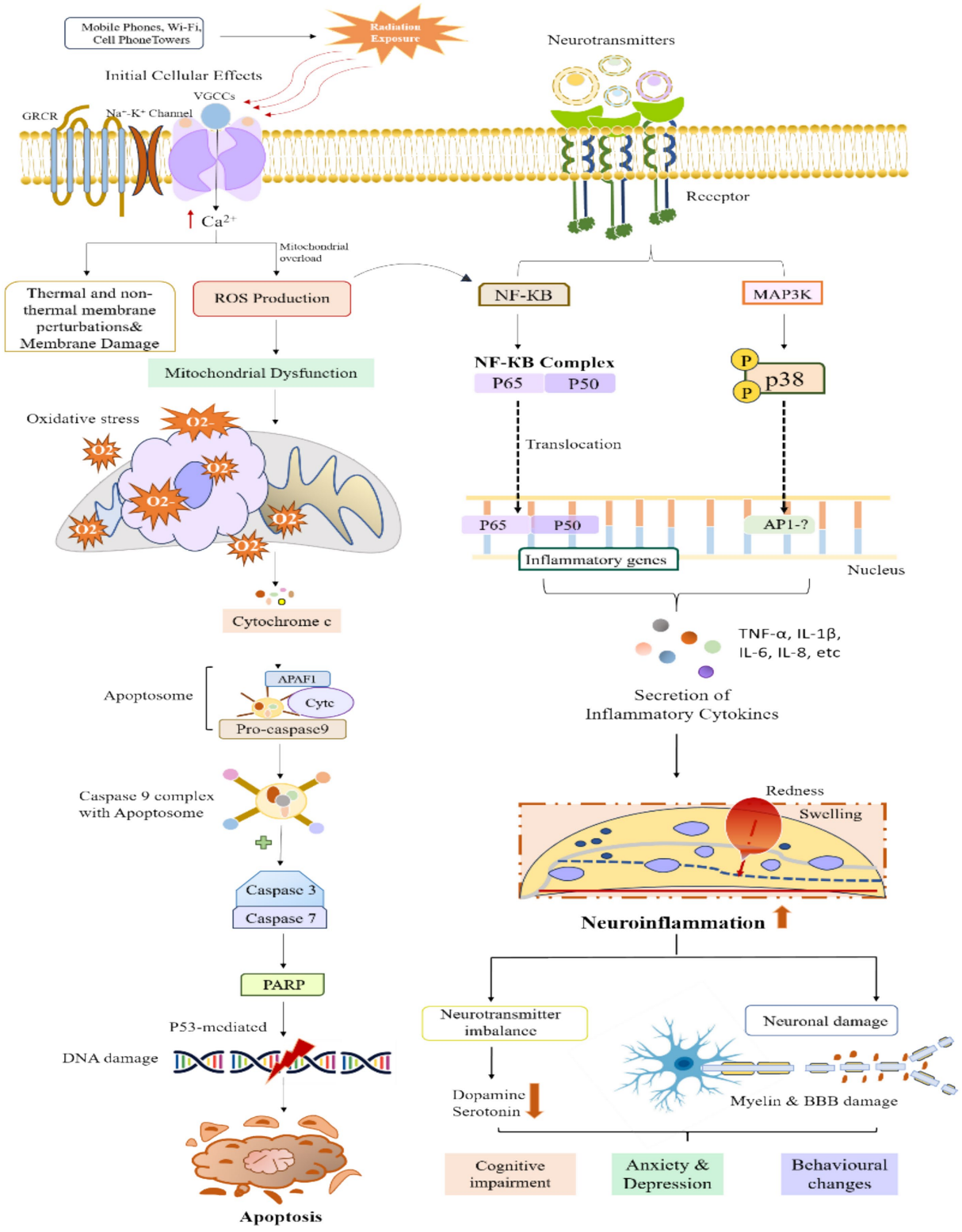
Ovplyvnená je aj inhibičná neurotransmisia, pričom hladiny a uvoľňovanie GABA sú vo všeobecnosti znížené, avšak dlhodobá expozícia môže v niektorých prípadoch zvýšiť hladiny GABA a glycínu, čím sa naruší rovnováha glutamátu a GABA a expresia receptorov (82,83). Acetylcholín, kľúčový neurotransmiter zapojený do pamäťových procesov, vykazuje zmiešané reakcie s krátkodobým zvýšením, ale zníženou cholinergnou aktivitou pri dlhodobej expozícii, sprevádzanou zmenou aktivity enzýmov AChE a ChAT a expresie receptorov (84–87). Ako je uvedené vObrázok 4 RF-EMF tiež ovplyvňuje peptidové neurotransmitery, ako sú opioidné peptidy, a zvyšuje hladiny oxidu dusnatého (NO), čo spôsobuje neuronálnu dysfunkciu a neurotoxicitu (88,89). Tieto neurochemické zmeny sú riadené vzájomne prepojenými mechanizmami vrátane elektrofyziologických zmien, ako je zvýšená kortikálna excitabilita a zmenené EEG vzorce (znížená alfa a zvýšená beta/gama aktivita), spolu s poruchami spánku a reakčného času (90–94). Na bunkovej úrovni RF-EMF narúša permeabilitu membrány a homeostázu vápnika, čo je kritický faktor pri uvoľňovaní neurotransmiterov a synaptickej signalizácii, čo vedie k abnormálnej neuronálnej aktivite alebo poškodeniu. Vyvoláva oxidačný stres prostredníctvom zvýšenej tvorby ROS, aktivácie zápalových dráh a neuronálnej apoptózy. Tieto účinky spoločne narúšajú neuronálnu signalizáciu a prispievajú ku kognitívnej dysfunkcii.

Niektoré štúdie tiež spájajú vystavenie RF-EMF s poruchami spánku, poruchami nálady a zníženým kognitívnym výkonom, hoci zistenia zostávajú nekonzistentné (95,96), hoci RF-EMF môžu významne ovplyvniť neurofyziologické procesy na bunkovej a molekulárnej úrovni, súčasné dôkazy silne nepodporujú priamu kauzálnu súvislosť s mozgovými nádormi. Celkovo môže vystavenie RF-EMF ovplyvniť zdravie mozgu narušením normálnej neuronálnej aktivity a signalizácie.

Celkovo bolo zhrnutých 17 štúdií hodnotiacich vystavenie RF-EMF a neurokognitívne, behaviorálne a spánkové výsledky u detí a dospievajúcich, ktoré vykazujú nekonzistentné a heterogénne zistenia (Tabuľka 4). Niekoľko kohortových štúdií vrátane Brzozek (97), Bhatt (98) a Roser (99), neuviedli žiadnu konzistentnú súvislosť medzi vystavením RF-EMF a kognitívnymi alebo behaviorálnymi výsledkami. Podobne Choi a kol. (8) nezistili žiadny nezávislý účinok RF-EMF na neurologický vývoj, pričom nepriaznivé výsledky sa pozorovali iba v prítomnosti spoločnej expozície olovu. Niektoré štúdie však naznačili možné súvislosti, najmä s vyššou expozíciou alebo behaviorálnymi faktormi. Foerster (100) uviedli zníženú figurálnu pamäť pri vyššej dávke RF-EMF, zatiaľ čo Cabré-Riera a kol. (101,102) zistili súvislosti s nižšou neverbálnou inteligenciou a kratšou dobou spánku. Štúdie ako Sudan a kol. (103) a Birks a kol. (104) hlásili zvýšené riziko problémov so správaním pri prenatálnej a postnatálnej expozícii mobilným telefónom, hoci je pravdepodobný zostatkový mätúci vplyv. Prierezové štúdie vrátane Durusoy a kol. (105), Chiu a kol. (106) a Zheng a kol. (107), hlásili súvislosti s príznakmi, ako sú bolesti hlavy, únava a poruchy spánku; tieto zistenia sú však obmedzené subjektívne hlásenou expozíciou a potenciálnym skreslením. Celkovo dôkazy naznačujú, že pozorované súvislosti súvisia s väčšou pravdepodobnosťou s faktormi správania a životného štýlu než s priamou expozíciou RF-EMF, pričom nebol stanovený žiadny konzistentný kauzálny vzťah (Tabuľka 4).

7 Biologické a fyziologické markery

Biologické a fyziologické markery poskytujú dôležitý pohľad na potenciálne mechanizmy, ktoré sú základom zdravotných účinkov súvisiacich s RF-EMF, najmä v kontexte netepelných interakcií. Medzi nimi sú markery oxidačného stresu najčastejšie uvádzané, pričom niekoľko štúdií preukázalo zvýšené hladiny reaktívnych foriem kyslíka (ROS), malondialdehydu (MDA) a 8-hydroxy-2.'-deoxyguanozín (8-OHdG), spolu so znížením antioxidačných enzýmov, ako je superoxiddismutáza (SOD) a glutatiónperoxidáza (GPx), zvyčajne v rozmedzí 10 – 30 % (108,109). Boli skúmané aj markery genotoxicity vrátane zlomov reťazcov DNA a tvorby mikronukleov, hoci zistenia zostávajú nekonzistentné a predpokladá sa, že k nim dochádza nepriamo prostredníctvom oxidačného stresu, a nie priamou interakciou s DNA (110). Hormonálne markery, najmä melatonín a kortizol, naznačujú možné narušenie cirkadiánnych rytmov, pričom niektoré štúdie uvádzajú zníženie hladín melatonínu približne o 10 – 20 %, hoci výsledky sú variabilné (111). Neurologické markery, ako je elektroencefalografická (EEG) aktivita a hladiny neurotransmiterov, naznačujú jemné neurofyziologické zmeny bez jasného klinického obrazu.



OBRÁZOK 4

RF-EMF indukuje oxidačný stres, mitochondriálnu dysfunkciu, zápalovú signalizáciu a apoptózu, čo vedie k poškodeniu neurónov a súvisiacim kognitívnym a behaviorálnym poruchám: Obrázok znázorňuje, ako elektromagnetické žiarenie (RF-EMF) zo zdrojov, ako sú mobilné telefóny, Wi-Fi a vysielače mobilných signálov, ovplyvňuje bunky a mozgové funkcie. RF-EMF spôsobuje tepelné a netepelné membránové poruchy, čo vedie k zvýšenej produkcii reaktívnych látok. kyslíkových foriem (ROS) a výsledkom je mitochondriálna dysfunkcia s nadbytkom superoxidu (O- 2) generácia. To spúšťa uvoľňovanie cytochrómu c (Cyt c), ktorý sa viaže s faktorom aktivujúcim apoptotickú proteázu-1 (APAF1) za účelom aktivácie pro-kaspázy-9, po ktorej nasleduje aktivácia kaspázy-3 a kaspázy-7, čo vedie k apoptóze a poškodeniu poly(ADP-ribóza)polymerázy (PARP) a DNA. Súčasne oxidačný stres aktivuje zápalové signálne dráhy, ako je nukleárny faktor kappa B (NF-κB), vrátane jeho podjednotiek p65 (RelA) a p50, a dráhu mitogénom aktivovanej proteínkinázy (MAP3K), ktorá aktivuje mitogénom aktivovanú proteínkinázu p38 (p38 MAPK), spolu s transkripčnými faktormi, ako je aktivačný proteín-1 (AP-1), čo podporuje expresiu zápalových génov. Tieto kombinované účinky vedú k opuchu buniek, poškodeniu neurónov a narušeniu rovnováhy neurotransmiterov, čo v konečnom dôsledku vedie k kognitívnym poruchám, úzkosti a depresii a zmenám správania.

TABUĽKA 4 Epidemiologické dôkazy o neurologických účinkoch vystavenia RF-EMF u detí.

Sr. nie.	Autor (rok)	Typ štúdium	Počet obyvateľov typ	RF-EMF typ zdroja	Vzdialenosť zo zdroja	Vystavenie posúdenie	Výsledok	Štatistické test	Riziko odhad	Výsledky
1.	Cabré-Riera a kol. (2022) (102)	Prierez	Predpuberta (9–12 rokov, *n*=1842)	Mobilný telefón, DECT, WiFi, základňa stanice	Zmiešané (blízke + vzdialené pole)	Integrovaný RF-EMF model dávky (SAR-založené na geopriestorových + osobné merania)	Spánok (objektívny + subjektívne)	Lineárna regresia	*β*= −11,9 minúty spánku (CI − 21,2 až − 2,5)	Vysoká večerná rádiofrekvenčná frekvencia dávka spojená s kratší spánok trvanie; pravdepodobné behaviorálny mätúce
2.	Çöl a kol. (2021) 133)	Kohorta	Páry matka-dieťa (1 mes. – 5 rokov, *n*=400)	Mobilný telefón, WiFi (prenatálne) vystavenie)	Blízke pole + environmentálny	Dotazník (nahlásené rodičmi) prenatálna expozícia)	Poruchy spánku	Logistická regresia	ALEBO 7,48 (noc bdenie), ALEBO 9,89 (plač), ALEBO 4,95 (problémy so zaspávaním)	Silné asociácie medzi prenatálnymi expozícia a spánok problémy
3.	Cabré-Riera a kol. (2021) (101)	Prierez	Predpuberta a dospievajúci (*n*=3 213)	Mobilný telefón, DECT, základňa stanice	Zmiešané	Integrovaná dávka rádiofrekvenčného žiarenia model (SAR + geopriestorové + osobné údaje)	Kognitívna funkcia (spravodajské služby)	Lineárna regresia	*β*= −0,10 za 100 mJ/kg/deň	Celkovo vyššie odhadovaný celok-mozgové RF-EMF dávky zo všetkých Zdroje RF-EMF spolu a z telefonáty boli spojené s nižšia neverbálna skóre inteligencie
4.	Brzozek a kol. (2019) (97)	Kohorta	Deti (9 – 11 rokov, *n*=619)	Mobilný telefón	Blízke pole	Dotazník + Monte Carlo simulácia	Kognitívna funkcia	Lineárna regresia	*β*= −0,023 až − 0,024 (RT), *β*=4,53 (presnosť)	Malý vylepšenia; celkovo takmer nulové zistenia
5.	Foerster a kol. (2018) (100)	Kohorta	Dospievajúci (12 – 17 rokov, *n*=895)	Mobilné a bezdrôtový telefón	Blízke pole (mozog) vystavenie)	Údaje operátora + dotazník + SAR modelovanie	Pamäť (figurálna)	Lineárna regresia	*β*=0,22 (95 % interval spoľahlivosti: − 0,47, 0,03); v celej vzorke (*n*=669) a 0,26 (v operátore vzorka)	Významný zníženie figurálneho pamäť s vyššia dávka rádiofrekvenčného žiarenia

(Pokračovanie)

10.3389/fpubh.2026.1915745

TABUĽKA 4 (Pokračovanie)

Sr. nie.	Autor (rok)	Typ štúdium	Počet obyvateľov typ	RF-EMF typ zdroja	Vzdialenosť zo zdroja	Vystavenie posúdenie	Výsledok	Štatistické test	Riziko odhad	Výsledky
6.	Bhatt a kol. (2017) 98)	Kohorta	Deti (9 – 11 rokov, *n*=619)	Mobilné a bezdrôtový telefón	Blízke pole	Dotazník (hovory/ týždeň, zmena čas)	Kognitívna funkcia	Lineárna regresia	*β*= −0,030 (odpoveď inhibícia), *β*=6.22 (výkonná funkcia)	Vyššia bezdrôtová používanie telefónu ako mobilné telefóny; nie konzistentný združenia medzi zmenami v používanie telefónu (MP/ CP) a kognitívne funkcia v deti
7.	Schoeni a kol. (2017) (137)	Kohorta	Dospievajúci (*n*=439)	Mobilný telefón, bezdrôtový telefón	Blízke pole + kumulatívna dávka	Údaje operátora + dotazník + SAR modelovanie	Príznaky	Logistická regresia	ALEBO pre únavu: 2,33; 95 % interval spoľahlivosti: 1,54 na 3,52 pre prierezové analýzy a OR: 2,70; 95 % CI: 1,52 až 4,80 pre kohortové analýzy	Zdravotné príznaky u dospievajúcich boli silnejšie spojené s používanie bezdrôtového zariadenia správanie (napr. posielanie textových správ, spotreba dát) než s RF-EMF vystavenie, navrhujem nie kauzálna súvislosť medzi Dávka RF-EMF a hlásené príznaky
8.	Papadopoulou a ďalší al. (2017) (138)	Kohorta	Deti (3 – 5 rokov, *n*=45 389/17 310)	Mobilný telefón (prenatálne)	Blízke pole	Materská dotazník	Jazyk, motorika, komunikácia	Logistická regresia	ALEBO 0,83 (jazyk), ALEBO 0,82 (motor)	Vylepšené vývojový výsledky; žiadne nežiaduce účinky pozorované
9.	Durusoy a kol. (2017) (105)	Prierez	Dospievajúci (~15,6 rokov, *n*=2 150)	Mobilný telefón, základňové stanice	Blízke + vzdialené pole	Dotazník + environmentálny merania + SAR údaje	Viaceré príznaky	Logistická regresia	ALEBO 1,90 (bolesť hlavy), ALEBO 1,78 (únava), ALEBO 1,53 (problémy so spánkom)	Viaceré významné príznak združenia s používanie mobilného telefónu

(Pokračovanie)

10.3389/fpubh.2026.1915745

TABUĽKA 4 (Pokračovanie)

Sr. nie.	Autor (rok)	Typ štúdium	Počet obyvateľov typ	RF-EMF typ zdroja	Vzdialenosť zo zdroja	Vystavenie posúdenie	Výsledok	Štatistické test	Riziko odhad	Výsledky
10.	Choi a kol. (2017) 8)	Kohorta	Dojčatá (6 – 36 mesiacov, *n*=1 198)	Mobilný telefón (prenatálne), environmentálne RF- Elektromagnetické pole	Blízke pole + vzdialené pole pole	Materská dotazník + osobný expozimeter + olovo v krvi meranie	Neurovývoj (mentálne, psychomotorické)	Analýza trendov / regresia	*p*-trend = 0,007 (mentálny), 0,008 (psychomotorické)	Znížené iba vývoj vo vysokom vedení expozičná skupina; nie nezávislý RF- Účinok elektromagnetického poľa
11.	Birks a kol. (2017) 9)	Nadnárodná kohortová analýza	Deti (5 – 7 rokov, *n*=83 884)	Mobilný telefón (prenatálne)	Blízke pole	Materská dotazník (hovory/ deň počas tehotenstvo)	Problémy so správaním (hyperaktivita, emocionálne)	Logistická regresia	ALEBO 1,11 (2–3 hovory/ deň), ALEBO 1,28 (≥4 hovory/deň)	Zvýšené hyperaktivita/ nepozornosť s vyššia prenatálna používanie telefónu; pravdepodobné mätúce
12.	Sudán a kol. (2016) 103)	Kohorta	Deti (7 – 11 rokov, *n*=47 721)	Mobilný telefón (prenatálne/ po pôrode)	Blízke pole	Materská dotazník	Emocionálne a problémy so správaním	Logistická regresia	ALEBO 1,58 (kombinované expozícia), OR 1,41 (prenatálne)	Konzistentné združenie naprieč časové body, oba prenatálne a popôrodné expozície môžu byť spojené s zvýšené riziká emocionálne a behaviorálny ťažkosti v deti.
13.	Roser a kol. (2016) 99)	Kohorta	Dospievajúci (12 – 17 rokov, *n*=439)	Mobilný telefón, základňové stanice	Zmiešané	Dozimetria + operátor + modelovanie	Koncentrácia a problémy so správaním	Lineárna regresia	β= −3,50 až −6,00 (prierez) β=0,98 (prierez), β= −0,61 (pozdĺžne)	Žiadny dôkaz o súvislosti medzi RF-EMF expozícia a správanie alebo koncentrácia kapacita v dospievajúci

(Pokračovanie)

10.3389/fpubh.2026.1915745

TABUĽKA 4 (Pokračovanie)

Sr. nie.	Autor (rok)	Typ štúdium	Počet obyvateľov typ	RF-EMF typ zdroja	Vzdialenosť zo zdroja	Vystavenie posúdenie	Výsledok	Štatistické test	Riziko odhad	Výsledky
14.	Schoeni a kol. (2016) (139)	Kohorta	Dospievajúci (12 – 17 rokov, *n*=439)	Základňové stanice, vysielanie vysielače	Vzdialené pole	Geopriestorové RF modelovanie	Príznaky	Logistická regresia	ALEBO pre únavu (2,94, 95 % interval spoľahlivosti: 1,43 do 6,05)	Nekonzistentné zistenia s podľa vlastného hodnotenia byť príznakmi v dospievajúci
15.	Chiu a kol. (2015) 106)	Prierez	Deti (11 – 15 rokov, *n*=2042)	Mobilný telefón	Blízke pole	Dotazník (CAPI, s pomocou rodičov)	Bolesť hlavy, migréna, kožné príznaky	Logistická regresia	ALEBO 1,42 (bolesť hlavy), ALEBO 1,84 (svrbenie kože)	Významný združenie medzi používaním telefónu a príznaky
16.	Huss a kol. (2015) 115)	Kohorta	Deti (5 – 8 rokov, *n*=2 361)	Mobilný telefón, Wi-Fi, základňové stanice	Zmiešané	Dotazník + modelovaná expozícia	Výsledky spánku	Poissonova regresia (vnútorná miera návratnosti)	IRR 1,43 (spánok trvanie), vnútorná miera návratnosti (IRR) 1,51 (noc bdenie)	Pravdepodobné asociácie kvôli správaniu faktory, nie RF vystavenie
17.	Zheng a kol. (2015) (107)	Prierez	Deti (9 – 12 rokov, *n*=746)	Mobilný telefón	Blízke pole	Dotazník	Únava	Logistická regresia	Použitie MP (ALEBO 1,85; 95 % CI 1,07 až 3,22); denné trvanie MP hovory (ALEBO 2,98; 95 % CI 1,46 až 6.12);	Významný združenie medzi použitím a únava

10.3389/fpubh.2026.1915745

dôsledky. Kardiovaskulárne markery vrátane variability srdcovej frekvencie vykazujú menšie zmeny, ale žiadne konzistentné nežiaduce účinky, zatiaľ čo reprodukčné markery, najmä pohyblivosť a kvalita spermií, naznačujú potenciálnu citlivosť na vystavenie RF-EMF, hoci dôkazy zostávajú nepresvedčivé (52). Hoci tieto biomarkery naznačujú potenciálnu mechanistickú vierohodnosť, ich priamy vplyv na nepriaznivé zdravotné následky ešte nebol stanovený.

8 Diskusia

Široká škála epidemiologických a experimentálnych výskumov z Európy, Ázie a Blízkeho východu skúmala potenciálne zdravotné účinky vystavenia RF-EMF z mobilných telefónov a vysielačov u detí a tehotných žien, ale ako podskupín. V týchto štúdiách sa veľkosť vzorky značne líšila, od 18 účastníkov v experimentálnych zariadeniach až po viac ako 3 000 vo veľkých populačných kohortových štúdiách (112–114). Väčšina štúdií sa zamerala na deti školského veku a predpubertu (8 – 17 rokov), pričom trvanie expozície sa pohybovalo od krátkodobých laboratórnych sedení (5 – 50 minút) až po každodenné používanie telefónov alebo expozíciu v domácnostiach hodnotenú počas niekoľkých rokov (Tabuľka 4). Zdroje expozície a metódy hodnotenia sa v jednotlivých štúdiách výrazne líšili. Experimentálne štúdie typicky používali signály GSM na frekvencii 902 – 925 MHz na stimuláciu priamej expozície blízkemu poľu z mobilných telefónov, zatiaľ čo rozsiahlejšie observačné a kohortové štúdie merali environmentálnu alebo osobnú expozíciu rádiofrekvenčnému žiareniu z viacerých zdrojov vrátane mobilných základňových staníc, Wi-Fi routerov, bezdrôtových telefónov a vreckových zariadení. Samostatne hlásené denné používanie mobilných telefónov sa pohybovalo od niekoľkých minút do niekoľkých hodín, pričom niektoré kohorty (106,115) kategorizácia používania do podrobných úrovní (napr. 20 min/deň, 21 – 40 min/deň a 60 min/deň alebo 1 – 3 hovory týždenne až 3 hovory týždenne). V starších dospievajúcich populáciách pravidelné používanie mobilných telefónov presiahlo dva roky v niekoľkých longitudinálnych štúdiách (98,116).

Existujúce dôkazy sú obmedzené heterogenitou v hodnotení expozície, dizajne a trvaní štúdie, čo bráni konzistentným záverom. Väčšina štúdií sa spolieha na krátkodobé alebo subjektívne hlásené údaje o expozícii, čo znižuje spoľahlivosť, najmä pri hodnotení dlhodobých účinkov na zdravie. V dôsledku toho pretrváva jasná potreba dobre navrhnutých, štandardizovaných longitudinálnych štúdií, aby sa lepšie pochopili vplyvy expozície RF-EMF na zraniteľné populácie. Okrem toho je na interpretáciu dostupných dôkazov potrebné starostlivé zváženie metodologických obmedzení. Mnohé epidemiologické štúdie používali subjektívne hlásené používanie mobilných telefónov alebo náhradné merania, ako je vzdialenosť bydliska od základňových staníc, čo môže viesť k nesprávnej klasifikácii expozície a skresleniu pri spätnom prehľade. Okrem toho nemožno úplne vylúčiť mätúce faktory, ako je socioekonomický status, čas strávený pred obrazovkou, životný štýl, environmentálne koexpozície a prístup k zdravotnej starostlivosti. Štatisticky významné súvislosti hlásené v niektorých štúdiách by sa preto mali brať s opatrnosťou, najmä ak sú veľkosti účinkov malé a v rôznych štúdiách nekonzistentné alebo im chýba biologická vierohodnosť.

Hoci epidemiologické dôkazy zostávajú obmedzené, experimentálne štúdie preukázali biologické účinky vystavenia RF-EMF, vrátane oxidačného stresu, zmenenej vápnikovej signalizácie, mitochondriálnej dysfunkcie, poškodenia DNA, neurozápalu a zmien v neurovývoji a reprodukčnej funkcii za určitých podmienok expozície (117–119). Tieto mechanistické zistenia sa zdajú byť v kontraste s prevažne nepresvedčivými dôkazmi z observačné štúdie na ľuďoch. Tento rozpor môže odrážať rozdiely v charakteristikách expozície, kontrolovaných experimentálnych podmienkach, druhovo špecifických reakciách a inherentné obmedzenia epidemiologického výskumu pri presnej kvantifikácii dlhodobej expozície RF-EMF. Preto bude integrácia mechanistických, experimentálnych a vysokokvalitných epidemiologických dôkazov nevyhnutná na objasnenie potenciálnych zdravotných účinkov expozície RF-EMF a zlepšenie budúceho hodnotenia rizík. Vznikajúce koncepčné rámce ľudského bioelektromagnetizmu, vrátane navrhovaných úloh endogénnych elektromagnetických procesov a biofotónovej signalizácie, poskytujú ďalšie hypotézy na skúmanie elektromagnetických interakcií v biologických systémoch; tieto koncepty však zostávajú generujúcimi hypotézy a nedostatočne validovanými na hodnotenie kauzálneho rizika (51,120).

Rakovina bola zahrnutá ako jeden z kľúčových výsledkov tejto analýzy. Zatiaľ čo analýza Ramíreza-Vázqueza a kol. (121) nenašla konzistentnú súvislosť medzi vystavením RF-EMF a výskytom rakoviny, experimentálne dôkazy preukázali biologické účinky, ako je zvýšený oxidačný stres, vrátane 10 – 30 % nárastu 8-hydroxy-2'- hladiny deoxyguanozínu (8-OHdG). Tieto zistenia naznačujú, že hoci epidemiologické dôkazy zostávajú nepresvedčivé, základné mechanistické dráhy nemožno úplne ignorovať (121). Naopak, štúdie identifikovali zvýšenú pravdepodobnosť gliómu (OR≈1,8–2,5) u dlhodobých užívateľov (> 20 rokov), najmä pri ipsilaterálnej expozícii, hoci tieto zistenia zostávajú predmetom diskusie kvôli možnému skresleniu v recenznom hodnotení a nekonzistentnosti s kohortovými údajmi (122). Je veľmi ťažké dospieť k záveru, či rakovina môže byť dôsledkom žiarenia RF-EMF alebo nie. U detí predchádzajúce výskumy skúmali vystavenie environmentálnemu RF-EMF (napr. z pevných vysielačov, ako sú základňové stanice) vo vzťahu k riziku leukémie u detí (17). Celkové dôkazy však zostávajú nepresvedčivé a nepreukázali konzistentnú súvislosť, a to najmä kvôli heterogenite metód hodnotenia expozície a potenciálnemu skresleniu v rôznych štúdiách. Prenatálna expozícia (expozícia matky počas tehotenstva) sa často zohľadňuje len nepriamo a chýbajú dobre navrhnuté kohortové alebo prípadovo-kontrolné štúdie, ktoré by špecificky hodnotili expozíciu RF-EMP in utero a následné riziko rakoviny u potomstva. Okrem toho sa mnohé štúdie spoliehajú na zástupné ukazovatele, ako je vzdialenosť od vysielačov alebo subjektívne hlásené používanie mobilných telefónov, čo vedie k nesprávnej klasifikácii expozície a neistote pri odhadovaní rizika. Celkovo prehľad dospel k záveru, že súčasné epidemiologické dôkazy nie sú dostatočné na preukázanie kauzálnej súvislosti medzi expozíciou RF-EMP a výsledkami rakoviny u detí alebo počas tehotenstva a dôrazne odporúča dobre navrhnuté prospektívne štúdie s presným hodnotením expozície na individuálnej úrovni, najmä so zameraním na zraniteľné populácie, ako sú plody a deti.

V prípade kognitívnych a behaviorálnych výsledkov boli hlásené mierne súvislosti, najmä u detí a dospievajúcich. Štúdie so zlepšeným hodnotením expozície (123), označujú malé veľkosti efektov (ALEBO≈1,3–1,6) pre výsledky, ako sú poruchy spánku a zmeny súvisiace s pozornosťou; tieto súvislosti sú však často oslabené po úprave o mätúce faktory vrátane času stráveného pred obrazovkou, životného štýlu a psychosociálnych vplyvov. Naopak, dôkazy o reprodukčných a vývojových výsledkoch u tehotných žien zostávajú do značnej miery nekonzistentné, pričom väčšina štúdií neuvádza žiadne robustné alebo klinicky významné účinky. Z mechanistického hľadiska experimentálny výskum vrátane práce Senturka a kol. (124) naznačuje biologickú vierohodnosť prostredníctvom dráh, ako je zvýšený oxidačný stres (približne 10 – 30 %) a potenciálne nepriame poškodenie DNA. Napriek tomu tieto

Mechanistické zistenia sa v epidemiologických údajoch konzistentne neodrážajú a kauzálna súvislosť s nepriaznivými reprodukčnými alebo kognitívnymi výsledkami zostáva nepreukázaná. Táto medzera medzi experimentálnymi a populačnými dôkazmi naďalej komplikuje interpretáciu.

Dôkazy špecifické pre tehotenstvo a výsledky pôrodu u ľudí zostávajú obmedzené, pričom v poslednom desaťročí bolo publikovaných len málo kvalitných epidemiologických štúdií a komplexná systematická syntéza stále prebieha. Experimentálne štúdie o cicavcoch a*in vitro*štúdie poskytujú podporný biologický kontext, ale majú neistú translačnú relevantnosť pre typické úrovne expozície v prostredí alebo pri osobnom používaní (125,126). Prehľady zadané WHO podobne dospeli k záveru, že observačné štúdie na ľuďoch preukazujú len malý alebo žiadny konzistentný vplyv používania mobilných telefónov na kľúčové parametre spermií. Celkové dôkazy sú však veľmi nízke kvôli metodologickým obmedzeniam a nedostatočnej charakterizácii expozície (52). Dôkazy naznačujúce klinicky relevantné účinky pri typických úrovniach expozície v prostredí však zostávajú obmedzené. U tehotných populácií sa potenciálne neurologické problémy súvisiace s expozíciou RF-EMF riešia nepriamo prostredníctvom neurovývoja a kognitívnych výsledkov u potomstva, a nie priamym hodnotením mozgových funkcií matky (16). Súčasné epidemiologické dôkazy nepreukazujú súvislosti medzi vystavením matky rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam a nepriaznivými neurovývojovými následkami u detí (127). Interpretácia týchto zistení je však obmedzená malým počtom dlhodobých prospektívnych kohort narodených detí, spoliehaním sa na subjektívne hlásené metriky expozície a nepresnou charakterizáciou expozície, čo spoločne znižuje dôveru v kauzálnu inferenciu. Dôležité je, že tento zjavný nedostatok presvedčivých dôkazov by sa nemal interpretovať ako dôkaz absencie rizika. Skôr zdôrazňuje významnú medzeru vo vedeckom a verejnom výskume, keďže tieto populácie sa považujú za biologicky zraniteľné a sú čoraz viac vystavené RF-EMF prostredníctvom rozsiahleho používania bezdrôtových technológií od raného života. Obmedzená istota dostupných dôkazov do značnej miery odráža metodologické výzvy vrátane heterogénnych metód hodnotenia expozície, spoliehania sa na subjektívne hlásené používanie mobilných telefónov, rozdielov v definíciách výsledkov, nedostatočnej kontroly mätúcich faktorov a nedostatku dobre navrhnutých prospektívnych longitudinálnych štúdií. V dôsledku toho súčasná dôkazová základňa zostáva nedostatočná na vyvodenie definitívnych záverov týkajúcich sa dlhodobých účinkov na zdravie.

Väčšina štúdií sa zamerala iba na výsledky a dostatočne sa nezaoberala základnými mechanizmami, hoci mechanizmy zohrávajú veľmi dôležitú úlohu vo vývoji rakoviny. Biomarkery súvisiace s rakovinou by sa mali tiež vyhodnotiť a zahrnúť do výsledkov. V reprodukčných výsledkoch, hoci sa niektoré faktory berú do úvahy, nie sú zahrnuté všetky relevantné parametre, napríklad hladiny androgénov a testosterónu sa často prehliadajú. Veľmi málo štúdií komplexne hodnotí všetky hormóny pred vyvodením záverov. Podobne sa neurologické poruchy často iba uvádzajú bez identifikácie ich základných príčin. Budúce štúdie, ktoré vychádzajú z tohto prehľadu, by mali tieto aspekty starostlivo zvážiť. Celková bilancia dôkazov v rámci zdravotných výsledkov zostáva zmiešaná. V žiadnom z troch systematických prehľadov alebo rozsiahlych epidemiologických výskumov zahrnutých do tohto prehľadu nebola hlásená žiadna konzistentná súvislosť medzi vystavením RF-EMF a rizikom rakoviny. Pokiaľ ide o reprodukčné zdravie, približne polovica epidemiologických štúdií nezistila žiadne významné súvislosti, zatiaľ čo ostatné hlásili slabé súvislosti s niektorými nepriaznivými výsledkami, často s metodologickými obmedzeniami. Niekoľko štúdií uviedlo štatisticky významné súvislosti medzi poruchami spánku, kognitívny výkon, bolesti hlavy alebo behaviorálne symptómy a neurologické výsledky. Značný počet dobre navrhnutých kohortových štúdií však neuviedol žiadne alebo takmer žiadne zistenia. Dôležité je, že mnohé z pozitívnych súvislostí boli založené na subjektívne hlásenej expozícii, prierezových dizajnoch alebo zástupných mierach expozície, a preto zostávajú náchylné na skreslenie v remíze, nesprávnu klasifikáciu expozície a reziduálne mätúce faktory. Štatistická významnosť by sa nemala považovať za dôkaz klinickej alebo biologickej významnosti bez zohľadnenia veľkosti účinku, konzistentnosti medzi štúdiami, kvality hodnotenia expozície a biologickej vierohodnosti.

8.1 Praktické preventívne opatrenia

Hoci súčasné epidemiologické dôkazy nepreukazujú kauzálny vzťah medzi vystavením rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam a nepriaznivými zdravotnými následkami, jednoduché preventívne opatrenia môžu pomôcť znížiť zbytočné vystavenie, najmä u detí a tehotných žien, pričom pretrvávajú vedecké neistoty (128Medzi tieto opatrenia patrí obmedzenie trvania hovorov z mobilných telefónov, používanie režimu reproduktora alebo bezdrôtových handsfree zariadení počas dlhých hovorov, uprednostňovanie textových správ, kde je to možné, vyhýbanie sa dlhšiemu priamemu telesnému kontaktu s aktívnymi mobilnými telefónmi, najmä počas tehotenstva, a podpora používania mobilných telefónov primeraných veku u detí (129– 132). Tieto opatrenia sú preventívne, nízkonákladové a v súlade s odporúčaniami orgánov verejného zdravotníctva a nemali by sa interpretovať ako dôkaz, že vystavenie rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam pod súčasnými limitmi medzinárodných smerníc spôsobuje nepriaznivé účinky na zdravie (133,134). Účinnosť komerčne dostupného tienenia alebo ochranného príslušenstva proti elektromagnetickým políčkam nie je dostatočne overená, a preto ju v súčasnosti nemožno odporúčať ako stratégie na zníženie expozície založené na dôkazoch.

9 Budúce smery výskumu

Obmedzenia identifikované v epidemiologickej a experimentálnej literatúre naznačujú niekoľko priorít pre budúci výskum.

9.1 Pozdĺžne tehotenstvo a vývojové kohorty

Veľké prospektívne kohorty novorodencov by mali začať s hodnotením expozície už v tehotenstve a sledovať ju až do detstva a dospievania. Opakované merania RF-EMF by sa mali kombinovať s validovanými individuálnymi modelmi expozície, osobnou dozimetriou, používaním mobilných zariadení, meraniami v domácnostiach a informáciami o bezdrôtovej infraštruktúre. Dlhodobé sledovanie by malo hodnotiť vývojové, kognitívne, behaviorálne, spánkové, neurologické, reprodukčné a kardiometabolické výsledky vo viacerých časových bodoch. Tieto návrhy by znížili závislosť od retrospektívneho hodnotenia expozície a zlepšili by hodnotenie možných vzťahov medzi expozíciou a reakciou v kritických vývojových oknách.

9.2 Posúdenie expozície v reálnom svete a z viacerých zdrojov

Budúce štúdie by mali ísť nad rámec odhadov expozície jedného zariadenia alebo jedného zdroja a charakterizovať komplexné RF-EMF

prostredie, s ktorým sa človek stretáva v každodennom živote. Malo by to zahŕňať mobilné telefóny, Wi-Fi routery, nositeľné zariadenia, zariadenia s podporou Bluetooth, pripojené domáce technológie, základňové stanice a iné bezdrôtové zariadenia internetu vecí. Krátkodobé a kumulatívne vzorce expozície by sa mali odhadnúť kombináciou osobnej expozície, geopriestorového modelovania, zaznamenanej aktivity zariadenia operátorom, opakovaných meraní a časovo rozlíšeného hodnotenia expozície. Dôležité je, aby sa kumulatívna expozícia interpretovala ako opakovaná alebo časovo integrovaná expozícia, a nie ako biologická akumulácia RF-EMF v tkanivách. Štúdie by sa mali zaoberať tým, či súčasná expozícia z viacerých zdrojov vyžarujúcich RF mení vzťahy expozície a reakcie alebo zavádza ďalšiu neistotu do štandardných modelov s jedným zdrojom.

9.3 Súbežné vystavenie rádiofrekvenčným a elektromagnetickým poliam a chemickým alebo environmentálnym vplyvom

Budúce štúdie by mali preskúmať, či vystavenie RF-EMP interaguje s inými environmentálnymi stresormi, ako sú ťažké kovy, znečistenie ovzdušia, pesticídy, chemikálie narúšajúce endokrinný systém, environmentálny hluk a psychosociálny stres. Štúdie by mali využívať formálne interakčné modely, nie predpokladať potenciáciu zo spoločnej expozície. Osobitná pozornosť by sa mala venovať tehotenstvu, kde vývoj plodu prebieha v kontexte viacerých simultánnych environmentálnych expozícií. Preto by sa potenciálna interakcia medzi RF-EMP a chemickými znečisťujúcimi látkami mala študovať pomocou prístupov založených na expozícii a mechanisticky informovaných experimentálnych návrhov.

9.4 Mechanistická integrácia a biomarkery

Budúci výskum by mal súčasne hodnotiť expozíciu, prechodné biologické reakcie a klinicky relevantné výsledky. Medzi mechanické koncové body môže patriť oxidačný stres, zápalová signalizácia, mitochondriálna funkcia, integrita DNA, endokrinné parametre, neurofyziologické merania a ďalšie validované biomarkery. Do reprodukčných štúdií by malo byť zahrnuté komplexné hodnotenie relevantných reprodukčných hormónov a funkčných výsledkov namiesto izolovaných biomarkerov. Podobne by neurologické štúdie mali podľa potreby zahŕňať objektívne neurokognitívne, spánkové, elektrofyziologické a neurozobrazovacie koncové body.

9.5 Nezávislosť výskumu, transparentnosť a regulačné preskúmanie

Budúci výskum by mal byť čo najtransparentnejší, pokiaľ ide o jeho financovanie, konflikty záujmov, expozičné protokoly, analytické možnosti a dostupnosť údajov, pretože hodnotenie RF-EMF zahŕňa rýchlo sa rozvíjajúce technológie a veľké komerčné záujmy. Mali by sme podporovať nezávislú replikáciu a spoločné štúdie zahŕňajúce vedcov zaoberajúcich sa expozíciou, epidemiológov, klinických pracovníkov, inžinierov, toxikológov a regulačných vedcov. S vývojom bezdrôtových technológií, expozičných vzorcov, dozimetrických metód a biologických dôkazov by medzinárodné vedecké a verejné zdravotnícke organizácie mali pravidelne kontrolovať dôkazy. Akékoľvek zmeny v odporúčaniach týkajúcich sa expozície by mali byť... založené na dôkazoch a primerané istote dostupných dôkazov.

Tieto priority by spoločne pomohli preklenúť súčasnú priepasť medzi experimentálnymi a epidemiologickými dôkazmi a prispeli k spoľahlivejšiemu hodnoteniu rizika pre tehotné ženy, plody, deti a dospievajúcich.

10 Záver

Súčasné dôkazy naznačujú, že súvislosť medzi vystavením rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam a zdravotnými následkami u zraniteľných skupín, najmä u detí a tehotných žien, zostáva neistá a ešte nie je definitívne vyriešená. Hoci mechanistické a experimentálne štúdie naznačujú potenciálne účinky, ako sú poruchy vápnikovej signalizácie, oxidačný stres a potenciálne účinky na kogníciu, neurovývoj a reprodukčné zdravie (ako sú vplyvy na vývoj plodu, plodnosť a endokrinnú funkciu), hlavným obmedzením v literatúre je nedostatok štandardizovaných a objektívnych metrík expozície, podľa ktorých sú epidemiologické zistenia nekonzistentné. Mnohé štúdie sa spoliehajú skôr na subjektívne hlásené používanie ako na objektívne merania, ako je dozimetria alebo monitorovanie životného prostredia. Okrem toho rozlišovanie medzi expozíciami blízkemu a vzdialenému poľu komplikuje hodnotenie rizika, pretože metriky, ako je SAR, dostatočne neodrážajú kumulatívne a reálne scenáre expozície. Hoci usmernenia ICNIRP účinne riešia zavedené tepelné účinky vystavenia rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam, pretrvávajú neistoty týkajúce sa potenciálnych dlhodobých, nízko intenzívnych a netepelných biologických účinkov, najmä počas citlivých vývojových štádií. Rýchly rozvoj bezdrôtových technológií s rozširovaním sietí 5G po celom svete a rastúcou závislosťou od zariadení v mladšom veku znamená, že je naliehavo potrebné neustále prehodnocovať súčasné bezpečnostné normy. Budúci výskum by sa mal zamerať na dobre navrhnuté štúdie, štandardizované hodnotenie expozície, najmä tie, ktoré sa začali počas tehotenstva a v raných štádiách života, a mal by sa prijať interdisciplinárne stratégie integrujúce experimentálne, epidemiologické a výpočtové modelovanie s cieľom lepšie pochopiť mechanizmy a vzťahy medzi dávkou a odozvou. V budúcich epidemiologických štúdiách by sa mal klásť väčší dôraz na používanie objektívneho hodnotenia expozície, štandardizovanej dozimetrie, opakovaných meraní expozície a prísnej kontroly potenciálnych mätúcich faktorov s cieľom zlepšiť kauzálnu inferenciu. Preto možno zvážiť obozretný prístup vo forme preventívnych opatrení, ako je minimalizácia zbytočnej expozície, informovanosť verejnosti a podpora bezpečných postupov pri používaní zariadení. V konečnom dôsledku iba dôkladný, pokročilý výskum a prehodnotenie vyriešia existujúce medzery vo vedomostiach. To bude informovať o regulačných politikách založených na dôkazoch na ochranu zraniteľných skupín obyvateľstva v čoraz viac bezdrôtovom svete.

Príspevky autorov

SD: Metodika, konceptualizácia, písanie – pôvodný návrh. SR: Kurácia dát, konceptualizácia, písanie – kontrola a úprava. AR: Písanie – kontrola a úprava, vizualizácia. RG: Písanie – kontrola a

úprava. PM: Písanie – kontrola a úprava. AS: Písanie – kontrola a úprava, kurátorstvo dát. RK: Kurátorstvo dát, písanie – kontrola a úprava. SP: Písanie – kontrola a úprava, supervízia. AM: Písanie – kontrola a úprava, supervízia. TA: Konceptualizácia, supervízia, písanie – kontrola a úprava.

Financovanie

Autor(i) vyhlásil(i), že na túto prácu a/alebo jej vydanie nebola prijatá žiadna finančná podpora.

Konflikt záujmov

Autor(i) vyhlasujú, že táto práca bola vykonaná bez akýchkoľvek obchodných alebo finančných vzťahov, ktoré by sa mohli interpretovať ako potenciálny konflikt záujmov.

Generatívne vyhlásenie AI

Autor(i) vyhlásil(i), že pri tvorbe tohto rukopisu bola použitá generatívna umelá inteligencia. Na zlepšenie a opravu anglického jazyka (gramatika a pravopis) bola použitá asistencia umelej inteligencie.

Akýkoľvek alternatívny text (alternatívny text) uvedený spolu s obrázkami v tomto článku bol vygenerovaný spoločnosťou Frontiers s podporou umelej inteligencie a bolo vynaložené primerané úsilie na zabezpečenie presnosti vrátane kontroly autormi, kedykoľvek je to možné. Ak zistíte akékoľvek problémy, kontaktujte nás.

Poznámka vydavateľa

Všetky tvrdenia uvedené v tomto článku sú výlučne tvrdeniami autorov a nemusia nevyhnutne predstavovať tvrdenia ich pridružených organizácií alebo tvrdenia vydavateľa, redaktorov a recenzentov. Žiadny produkt, ktorý môže byť hodnotený v tomto článku, alebo tvrdenie, ktoré môže byť vznesené jeho výrobcom, nie je vydavateľom zaručené ani schválené.

Referencie

1. Alraih S, Shayea I, Behjati M, Nordin R, Abdullah NF, Abu-Samah A a kol. Revolúcia alebo evolúcia? Technické požiadavky a aspekty mobilnej komunikácie 6G. *Senzory (Bazilej)* (2022) 22:762. doi: 10.3390/s22030762

2. Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L a kol. Karcinogenita rádiofrekvenčných elektromagnetických polí. *Lancet Oncol.* (2011) 12:624–6. doi: 10.1016/S1470-2045(11)70147-4

3. Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (2013). *Neionizujúce žiarenie, časť 2: Rádiofrekvenčné elektromagnetické polia* Monografie IARC o hodnotení karcinogénnych rizík pre ľudí, zv. 102. Lyon: IARC. Dostupné online na adrese: https://publications.iarc.who.int/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Non-ionizing-Radiation-Part-2-Radiofrequency-Electromagnetic-Fields-2013 (prístup 24. júna 2026).

4. Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením. Pokyny na obmedzenie vystavenia elektromagnetickým poliam (100 kHz až 300 GHz). *Zdravotná fyzika.* (2020) 118:483–524. doi: 10.1097/HP.0000000000001210

5. Bortkiewicz A. Zdravotné účinky rádiofrekvenčných elektromagnetických polí (RF-EMF). *Ind Health.* (2019) 57:403–5. doi: 10.2486/indhealth.57_400

6. Zeleke BM, Brzozek C, Bhatt CR, Abramson MJ, Freudenstein F, Croft RJ a kol. Rádiofrekvenčné elektromagnetické polia (RF-EMF) súvisiace s Wi-Fi: pilotná experimentálna štúdia osobnej expozície a vnímania rizika. *J Environ Health Sci Eng.* (2021) 19:671–80. doi: 10.1007/s40201-021-00636-7

7. Svetová zdravotnícka organizácia (2023). Elektromagnetické polia a verejné zdravie: Mobilné telefóny. Dostupné online na adrese: https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-electromagnetic-fields (prístup 15. júna 2026).

8. Choi KH, Ha M, Ha EH, Park H, Kim Y, Hong YC a kol. Neurologický vývoj počas prvých troch rokov po prenatálnom používaní mobilných telefónov, rádiofrekvenčnom žiarení a vystavení olovu. *Environment Res.* (2017) 156:810–7. doi: 10.1016/j.envres.2017.04.029

9. Birks LE, Struchen B, Eeftens M, van Wel L, Huss A, Röösli M. Priestorová a časová variabilita osobnej expozície rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam u detí z prostredia. *Environ Int.* (2018) 117:204–14. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.026

10. Toledano MB, Mutz J, Röösli M, Thomas MSC, Dumontheil I, Elliott P. Profil kohorty: štúdia kognície, adolescentov a mobilných telefónov (SCAMP). *Int J Epidemiol.* (2019) 48:25–26 l. doi: 10.1093/ije/dyy192

11. Anderson M., Jiang J. (2018). Tínedžeri, sociálne médiá a technológie 2018. Dostupné online na: https://www.pewresearch.org/internet/2018/05/31/teens-social-mediatechnology-2018/ (prístup 15. júna 2026).

12. Stewartova správa (2000). Mobilné telefóny a zdravie: Správa nezávislej expertnej skupiny pre mobilné telefóny. Dostupné online na adrese: https://www.emf-portal.org/en/article/11173 (prístup 15. júna 2026).

13. Redmayne M, Johansson O. Vystavenie rádiofrekvenčnému žiareniu u mladých a starých ľudí: rozdielna citlivosť vzhľadom na prirodzené rozdiely súvisiace s vekom. *Rev Environ Health.* (2015) 30:323–35. doi: 10.1515/reveh-2015-0030

14. Sagar S, Dongus S, Schoeni A, Roser K, Eeftens M, Struchen B a kol. Expozícia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu v každodennom mikroprostredí v Európe: systematický prehľad literatúry. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* (2018) 28:147–60. doi: 10.1038/jes.13.2017

15. Setia MS, Natesan R, Samant P, Mhapankar S, Kumar S, Singh IV a kol. Emisie rádiofrekvenčného elektromagnetického poľa a neurovývojové výsledky u dojčiat: prospektívna kohortová štúdia. *Cureus.* (2025) 17:e87671. doi: 10.7759/cureus.87671

16. Kashani ZA, Pakzad R, Fakari FR, Haghparast MS, Abdi F, Kiani Z a kol. Vystavenie elektromagnetickým poliam na abnormality plodu a detstva: systematický prehľad a metaanalýza. *Otvorené Stredomorie (Vojny).* (2023) 18:20230697. doi: 10.1515/med-2023-0697

17. Moon JH. Zdravotné účinky elektromagnetických polí na deti. *Clinical Exp Pediatr.* (2020) 63:422–8. doi: 10.3345/cep.2019.01494

18. Európska komisia, Vedecký výbor pre zdravie, životné prostredie a vznikajúce riziká (SCHEER) (2023). Stanovisko k potenciálnym zdravotným účinkom vystavenia elektromagnetickým poliam (EMF). Dostupné online na adrese: https://health.ec.europa.eu/system/files/2023-11/scheer_o_063.pdf (prístup 15. júna 2026).

19. Hardell L, Carlberg M. Zdravotné riziká vyplývajúce z rádiofrekvenčného žiarenia vrátane 5G by mali posudzovať odborníci bez konfliktu záujmov. *Environment Res.* (2022) 213:113125. doi: 10.3892/ol.2020.11876

20. Liorni I, Capstick M, van Wel L, Wiart J, Joseph W, Cardis E a kol. Vyhodnotenie špecifickej miery absorpcie v oblastiach vzdialeného poľa, blízkeho poľa a blízkeho poľa pre integračné hodnotenie expozície rádiofrekvenčnému žiareniu. *Radiat Prot Dosim* (2020) 190:459–72. doi: 10.1093/rpd/ncaa127

21. Bhargav H, Srinivasan TM, Bista S, Mooventhan A, Suresh V, Hankey A a kol. Akútne účinky žiarenia mobilných telefónov na jemné energetické hladiny tínedžerov pomocou elektrofotonickej zobrazovacej techniky: randomizovaná kontrolovaná štúdia. *Int J Yoga* (2017) 10:16–23. doi: 10.4103/0973-6131.186163

22. Lameth J, Royer J, Martin A, Marie C, Arnaud-Cormos D, Lévêque P a kol. Opakované vystavenie hlavy signálu 5G-3,5 GHz nemení správanie, ale modifikuje intrakortikálnu génovú expresiu u dospelých samcov myší. *Medzinárodný časopis molárnych vied.* (2025) 26:2459. doi: 10.3390/ijms26062459

23. Lee AK, Choi HD. Dozimetrické hodnotenie vystavenia sa elektromagnetickému žiareniu v kórejských mobilných komunikačných sieťach v mozgu. *Environment Res.* (2023) 234:116542. doi: 10.1016/j.envres.2023.116542

24. Sandoval-Diez N, Belácková L, Fernandes Veludo A, Jalilian H, Guida F, Deltour I a kol. Určenie vzťahu medzi silou signálu mobilnej telefónnej siete a vystavením rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu: protokol a pilotná štúdia na odvodenie konverzných funkcií. *Open Res Eur.* (2025) 4:206. doi: 10.12688/openreseurope.18285.2

25. Röösli M, Frei P, Mohler E, Hug K. Systematický prehľad zdravotných účinkov vystavenia rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam zo základňových staníc mobilných telefónov. *Bull Svetový zdravotnícky orgán.* (2010) 88:887-896F. doi: 10.2471/BLT.09.071852

26. Héroux P, Belyaev I, Chamberlin K, Dasdag S, De Salles AAA, Rodriguez CEF a kol. Limity vystavenia žiareniu z mobilných telefónov a technické riešenia. *Int J Environment Res Public Health.* (2023) 20:5398. doi: 10.3390/ijerph20075398

27. Imran A, Li C, Zhang Y. Analýza expozície SAR v mobilných komunikačných technológiách 3G, 4G, 5G a vznikajúcich 6G na modeli ľudskej hlavy. *Objavte elektrón.* (2025) 2:100. doi: 10.1007/s44291-025-00143-1

28. Medzinárodná komisia pre biologické účinky elektromagnetických polí. Vedecké dôkazy vyvracajú zdravotné predpoklady, na ktorých sú založené FCC a ICNIRP.

Stanovenie limitov expozície pre rádiofrekvenčné žiarenie: dôsledky pre 5G. *Environmentálne zdravie*. (2022) 21:92. doi: 10.1186/s12940-022-00900-9

29. Parsa J, Webb A. Simulácie špecifickej miery absorpcie (SAR) pre systémy MRI s nízkym poľom (< 0,1 T). *MAGMA*. (2023) 36:429–38. doi: 10.1007/s10334-023-01073-3

30. Razek A. Tepelné účinky elektromagnetického pôvodu od procesov ohrevu až po biologické poruchy spôsobené vystavením poľu – prehľad. *Program pre tepelnú vedu a inžinierstvo*. (2023) 6:20. doi: 10.24294/tse.v6i1.1950

31. Sienkiewicz Z, van Rongen E, Croft R, Ziegelberger G, Veyret B Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP). Bližší pohľad na prahy tepelného poškodenia: správa z workshopu pracovnej skupiny ICNIRP. *Zdravotná fyzika*. (2016) 111:300–6. doi: 10.1097/HP.0000000000000539

32. Fernandez M, Espinosa HG, Guerra D, Peña I, Thiel DV, Arrinda A. Absorpcia rádiofrekvenčnej energie v ľudskom tele v dôsledku nositeľných antén vo frekvenčnom pásme 2,4 GHz. *Bioelektromagnetika*. (2020) 41:73–9. doi: 10.1002/bem.22229

33. Hasan JY. Tepelné a netepelné účinky 5G rádiových vĺn na ľudské tkanivo. *Vedecký svet J*(2024) 2024:3801604. doi: 10.1155/2024/3801604

34. Gross DC, Scandling BW, Leewood AR, Simonetti OP. Výpočtové modelovanie tepelných účinkov prúdenia na rádiofrekvenčne indukované zahrievanie periférnych cievnych stentov počas MRI. *Biomed Phys Eng Express*. (2023) 9:065025. doi: 10.1088/2057-1976/ad0398

35. Kıvrak EG, Yurt KK, Kaplan AA, Alkan I, Altun G. Účinky vystavenia elektromagnetickým poliam na antioxidačný obranný systém. *J Microsc Ultrastruct*. (2017) 5:167–76. doi: 10.1016/j.jmau.2017.07.003

36. Schuermann D, Mevissen M. Elektromagnetické polia vytvorené človekom a oxidačný stres, biologické účinky a dôsledky pre zdravie. *Medzinárodný časopis molárnych vied*. (2021) 22:3772. doi: 10.3390/ ijms22073772

37. Romeo S, Sannino A, Scarfì MR, Lagorio S, Zeni O. Genotoxicita rádiofrekvenčných elektromagnetických polí na cicavčie bunky in vitro: systematický prehľad s naratívnou syntézou. *Environ Int*. (2024) 193:109104. doi: 10.1016/j.envint.2024.109104

38. Massaro L, De Sanctis S, Franchini V, Regalbuto E, Alfano G, Focaccetti C a kol. Štúdia genotoxických a cytotoxických účinkov vyvolaných v ľudských fibroblastoch vystavením pulznej a kontinuálnej rádiofrekvencii 1,6 GHz. *Predné verejné zdravie*. (2024) 12:1419525. doi: 10.3389/fpubh.2024.1419525

39. Lagorio S, Blettner M, Baaken D, Feychting M, Karipidis K, Loney T a kol. Vplyv vystavenia rádiofrekvenčným poliam na riziko rakoviny u bežnej a pracujúcej populácie: protokol pre systematický prehľad observačných štúdií na ľuďoch. *Environ Int*. (2021) 157:106828. doi: 10.1016/j.envint.2021.106828

40. Jagetia GC. Genotoxické účinky elektromagnetického poľa vyžarovaného mobilnými telefónmi. *Environment Res*. (2022) 212:113321. doi: 10.1016/j.envres.2022.113321

41. Pagkatipunan PMN. Vedúci rovesníci a telefonické výzvy: dôsledky pre prax starostlivosti o prsníky u vysokoškolských študentov. *Ázijský Pac J Rakovina Predchádzajúci*. (2018) 19:1201–7. doi: 10.22034/APJCP.2018.19.5.1201

42. Vijay S, Choudhary MP. Štúdia o zdravotných účinkoch žiarenia z mobilných veží na ľudí. *Int Res J Eng Technol*(2017) 4:1548–52.

43. Zosangzuali M, LalrRF-EMFuati M, Lalmuansangi C, Nghakliana F, Pachuau L, Bandara P a kol. Účinky rádiofrekvenčného elektromagnetického žiarenia vyžarovaného zo základňovej stanice mobilného telefónu na redoxnú homeostázu v rôznych orgánoch švajčiarskych albínskych myší. *Electromagn Biol Med*(2021) 40:393–407. doi: 10.1080/15368378.2021.1895207

44. Kumari K, Meena R, Kumar S, Rajamani P, Narayan H. Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu na antioxidačné enzýmy a testy pečeňových funkcií. *Indický časopis pre lekárske výskumy a farmaceutické vedy*(2012) 1:238. doi: 10.5958/J.2319-118X.1.3.021

45. Georgiou CD. „Biologické poškodenie vyvolané oxidačným stresom v dôsledku nízkoúrovňových EMP: mechanizmus spinovej polarizácie elektrónových párov voľných radikálov a biochemická amplifikácia". In: Giuliani L a Soffritti M, editori. *Netermálne účinky a mechanizmy interakcie medzi elektromagnetickými poľami a živou hmotou*. Bologna: Ramazziniho inštitút (2010). p. 63–113.

46. Jovanović P, Žorić L, Stefanović I, Džunić B, Djordjević-Jocić J, Radenković M, et al. Laktátdehydrogenáza a aktivita oxidačného stresu v primárnom komorovom moku glaukómu s otvoreným uhlom. *Bosn J Základné lekárske vedy*. (2010) 10:83–8. doi: 10.17305/bjbms.2010.2743

47. Phaniendra A, Jestadi DB, Periyasamy L. Voľné radikály: vlastnosti, zdroje, ciele a ich dôsledky pri rôznych ochoreniach. *Indian J Clin Biochem*. (2015) 30:11–26. doi: 10.1007/s12291-014-0446-0

48. Castaño-Vinyals G, Sadetzki S, Vermeulen R, Momoli F, Kundi M, Merletti F a kol. Používanie bezdrôtových telefónov v detstve a dospievaní a neuroepiteliálne nádory mozgu: výsledky medzinárodnej štúdie MOBI-kids. *Environ Int*. (2022) 160:107069. doi: 10.1016/j.envint.2021.107069

49. Karipidis K, Mate R, Urban D, Tinker R, Wood A. Mobilné siete 5G a zdravie – prehľad súčasného stavu vedy o výskume nízkofrekvenčných polí nad 6 GHz. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. (2021) 31:585–605. doi: 10.1038/s41370-021-00297-6

50. Röösli M, Lagorio S, Schoemaker MJ, Schüz J, Feychting M. Nádory mozgu a slinných žliaz a používanie mobilných telefónov: hodnotenie dôkazov z rôznych epidemiologických štúdií. *Annu Rev Verejné zdravie*(2019) 40:221–38. doi: 10.1146/annurev-publhealth-040218-044037

51. Nikolopoulos D. Elektromagnetické žiarenie a ľudské prostredie: editoriál. *Aplikované vedy*. (2026) 16:5051. doi: 10.3390/app16105051

52. Kenny RPW, Millar EB, Adesanya A, Richmond C, Beyer F, Calderon C a kol. Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému žiareniu na mužskú plodnosť a nepriaznivé reprodukčné výsledky: protokol pre dva systematické prehľady observačných štúdií na ľuďoch s metaanalýzou. *Environ Int*. (2022) 158:106968. doi: 10.1016/j.envint.2021.106968

53. Batellier F, Couty I, Picard D, Brillard JP. Účinky vystavenia slepačích vajec mobilnému telefónu v režime „hovoru" počas celej inkubačnej doby. *Teriogenológia*. (2008) 69:737-45. doi: 10.1016/j.theriogenology.2007.12.006

54. Zareen N, Khan MY, Minhas LA. Zmeny vo vývojovom priebehu kuracích embryí vystavených elektromagnetickým poliam indukovaným mobilnými telefónmi, ktoré súvisia s dávkou. *J Ayub Med Coll Abbottabad*(2009) 21:130–4.

55. Gul A, Çelebi H, Uğraş S. Účinky mikrovĺn vysielaných mobilnými telefónmi na ovariálne folikuly u potkanov. *Arch Gynecol Obstet*. (2009) 280:729-33. doi: 10.1007/s00404-009-0972-9

56. Oral B, Guney M, Ozguner F, Karahan N, Mungan T, Comlekci S a kol. Apoptóza endometria indukovaná mobilným telefónom s frekvenciou 900 MHz: preventívne účinky vitamínov E a C. *Adv Ther*(2006) 23:957–73. doi: 10.1007/BF02850217

57. Rezk AY, Abdulqawi K, Mustafa RM, El-Azm TA, Al-Inany HF. Reakcie plodu a novorodenca po vystavení matky mobilným telefónom. *Saudská medicína J*(2008) 29:218–23.

58. Celik O, Hascalik S. Vplyv elektromagnetického poľa vyžarovaného mobilnými telefónmi na srdcovú frekvenciu plodu. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*.(2004) 112:55–6. doi: 10.1016/S0301-2115(03)00288-4

59. Ogawa K, Nabae K, Wang J, Wake K, Watanabe SI, Kawabe M a kol. Účinky gestačného vystavenia signálom W-CDMA s frekvenciou 1,95 GHz pre mobilné telefóny IMT-2000: absencia embryotoxicity a teratogenity u potkanov. *Bioelektromagnetika*. (2009) 30:205–12. doi: 10.1002/bem.20456

60. Bartsch H, Küpper H, Scheurlen U, Deerberg F, Seebald E, Dietz K a kol. Vplyv chronickej expozície signálu podobnému GSM (mobilný telefón) na prežitie samíc potkanov kmeňa Sprague-Dawley: modulačné účinky podľa mesiaca narodenia a pravdepodobne štádia slnečného cyklu. *Neuro Endocrinol Letter*(2010) 31:457–63.

61. Shahin S, Singh SP, Chaturvedi CM. Žiarenie mobilných telefónov (1800 MHz) poškodzuje reprodukciu samíc u myší. *Mus musculus*, prostredníctvom stresom vyvolanej inhibície aktivity vaječníkov a maternice. *Reprod Toxicol*(2017) 73:41–60. doi: 10.1016/j.reprotox.2017.08.001

62. Yousefi B, Jadidi M, Nabizadeh Z, Amjad MHT, Ardekanian M. Porucha oogenézy a folikulogenézy u novorodených potkanov po vystavení matky mobilným telefónom. *Reprodukčná veda*. (2025) 32:2259–69. doi: 10.1007/s43032-025-01880-0

63. Heynick LN, Merritt JH. Rádiofrekvenčné polia a teratogenéza. *Bioelektromagnetika*. (2003) 24:S174-86. doi: 10.1002/bem.10127

64. Aldad TS, Gan G, Gao XB, Taylor HS. Vystavenie plodu rádiofrekvenčnému žiareniu z mobilných telefónov s frekvenciou 800 – 1900 MHz ovplyvňuje neurologický vývoj a správanie u myší. *Vedecký zástupca*. (2012) 2:312. doi: 10.1038/srep00312

65. Baste V, Oftedal G, Møllerløkken OJ, Mild KH, Moen BE. Prospektívna štúdia výsledkov tehotenstva po vystavení rodičov mobilnému telefónu: nórska kohortová štúdia matky a dieťaťa. *Epidemiológia*. (2015) 26:613–21. doi: 10.1097/ EDE.0000000000000293

66. Boileau N, Margueritte F, Gauthier T, Boukeffa N, Preux PM, Labrunie A a kol. Používanie mobilných telefónov počas tehotenstva: aká je súvislosť s rastom plodu? *J Gynecol Obstet Hum Reprod*. (2020) 49:101852. doi: 10.1016/j.jogoh.2020.101852

67. Razavimoghadam M, Sefidkar R, Ehrampoush MH, Teimouri F, Hassanabadi MHZ, Nokhostin F. Súvislosť medzi vystavením široko používaným elektromagnetickým vlnám a výsledkami tehotenstva a pôrodu u žien v Yazde: kohortová štúdia. *BMC Tehotenstvo Pôrod*. (2025) 25:427. doi: 10.1186/s12884-025-07512-4

68. Çeleğen K, Özgül E, Yeşildağ Z, Camirci EY, Çeleğen M, Bükülmez A. Rizikové faktory vrodených anomálií obličiek a močových ciest (CAKUT): vystavenie mobilným telefónom počas tehotenstva. *Turk J Med Sci*(2024) 54:291–300. doi: 10.55730/1300-0144.5790

69. Bektas H, Bektas MS, Dasdag S. Vplyv vystavenia sa mobilnému telefónu na biochemické parametre pupočníkovej krvi: predbežná štúdia. *Electromagn Biol Med*(2018) 37:184–91. doi: 10.1080/15368378.2018.1499033

70. Aalto S, Haarala C, Brück A, Sipilä H, Hämäläinen H, Rinne JO. Mobilný telefón ovplyvňuje prietok krvi mozgom u ľudí. *J Cereb Blood Flow Metab*. (2006) 26:885-90. doi: 10.1038/sj.jcbfm.9600279

71. Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, Michael A, Farahat F, El-Batanouny M a kol. Neurobehaviorálne účinky u obyvateľov v okolí základňových staníc mobilných telefónov. *Neurotoxikológia*. (2007) 28:434–40. doi: 10.1016/j.neuro.2006.07.012

72. Bilgici B, Akar A, Avci B, Tuncel OK. Vplyv rádiofrekvenčného žiarenia s frekvenciou 900 MHz na oxidačný stres v mozgu a sére potkanov. *Electromagn Biol Med*(2013) 32:20–9. doi: 10.3109/15368378.2012.699012

73. Kim JH, Lee CH, Kim HG, Kim HR. Znížená hladina dopamínu v striate a ťažké zotavenie z lokomotorického poškodenia MPTP po vystavení rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam. *Vedecký zástupca*. (2019) 9:1201. doi: 10.1038/s41598-018-37874-z

74. Inaba R, Shishido KI, Okada A, Moroji T. Účinky vystavenia celého tela mikrovlnnému žiareniu na obsah biogénnych amínov v mozgu potkana. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. (1992) 65:124-8. doi: 10.1007/BF00705068

75. Maaroufi K, Had-Aissouni L, Melon C, Sakly M, Abdelmelek H, Poucet B a kol. Priestorové učenie, monoamíny a oxidačný stres u potkanov vystavených elektromagnetickému poľu s frekvenciou 900 MHz v kombinácii s preťažením železom. *Výskum správania a mozgu*. (2014) 258:80–9. doi: 10.1016/j.bbr.2013.10.016

76. Jing J, Yuhua Z, Xiao-qian Y, Rongping J, Dong-mei G, Xi C. Vplyv mikrovlnného žiarenia z mobilného telefónu na mozog plodu potkana. *Electromagn Biol Med*(2012) 31:57–66. doi: 10.3109/15368378.2011.624652

77. Megha K, Deshmukh PS, Ravi AK, Tripathi AK, Abegaonkar MP, Banerjee BD. Vplyv nízkointenzívneho mikrovlnného žiarenia na monoamínové neurotransmitery a ich kľúčové regulačné enzýmy v mozgu potkana. *Bunková biochémia Biofyzika*. (2015) 73:93–100. doi: 10.1007/ s12013-015-0576-x

78. Li HJ, Peng RY, Wang CZ, Qiao SM, Yong Z, Gao YB a kol. Zmeny kognitívnych funkcií a systému 5-HT u potkanov po dlhodobom vystavení mikrovlnnému žiareniu. *Fyziologické správanie*. (2015) 140: 236–46. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.12.039

79. Karri V, Schuhmacher M, Kumar V. Ťažké kovy (Pb, cd, as a MeHg) ako rizikové faktory kognitívnej dysfunkcie: všeobecný prehľad mechanizmu miešania kovov v mozgu. *Environ Toxicol Pharmacol*. (2016) 48:203–13. doi: 10.1016/j.etap.2016.09.016

80. Wang H, Tan S, Xu X, Zhao L, Zhang J, Yao B a kol. Dlhodobé poškodenie kognitívnych funkcií a zmeny podjednotiek NMDAR po kontinuálnom vystavení mikrovlnnému žiareniu. *Fyziologické správanie*. (2017) 181:1–9. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.08.022

81. Wang LF, Tian DW, Li HJ, Gao YB, Wang CZ, Zhao L a kol. Identifikácia nového variantu promótorovej oblasti podjednotky génu NR2B u potkanov a jeho súvislosť s poškodením neurónov vyvolaným mikrovlnami. *Mol Neurobiol*. (2016) 53:2100–11. doi: 10.1007/ s12035-015-9169-3

82. Qiao S, Peng R, Yan H, Gao Y, Wang C, Wang S a kol. Redukcia fosforylovaného synapsínu I (Ser-553) vedie k poruche priestorovej pamäte zoslabením uvoľňovania GABA po vystavení mikrovlnnému žiareniu u potkanov Wistar. *PLoS One*(2014) 9:e95503. doi: 10.1371/ journal.pone.0095503

83. Wang H, Peng R, Zhao L, Wang S, Gao Y, Wang L a kol. Vzťah medzi NMDA receptormi a poruchami učenia a pamäte vyvolanými mikrovlnami: dlhodobé pozorovanie u potkanov Wistar. *Medzinárodný časopis pre radiačnú biológiu*(2015) 91:262–9. doi: 10.3109/09553002.2014.988893

84. Fujiwara M, Watanabe Y, Katayama Y, Shirakabe Y. Aplikácia vysokovýkonného mikrovlnného žiarenia na analýzu acetylcholínu v mozgu myši. *Eur J Pharmacol*(1978) 51:299–301. doi: 10.1016/0014-2999(78)90416-8

85. Testylier G, Tonduli L, Malabiau R, Debouzy JC. Účinky vystavenia nízkofrekvenčným poliam na uvoľňovanie acetylcholínu v hipokampe voľne sa pohybujúcich potkanov. *Bioelektromagnetika*. (2002) 23:249-55. doi: 10.1002/bem.10008

86. Krylova IN, Dukhanin AS, Il'in AB, Kuznetsova EY, Balaeva NV, Shimanovskii NL a kol. Vplyv mikrovlnného žiarenia na učenie a pamäť. *Bull Exp Biol Med*. (1992) 114:1620-2. doi: 10.1007/BF00837653

87. Gupta SK, Mesharam MK, Krishnamurthy S. Expozícia elektromagnetickému žiareniu s frekvenciou 2450 MHz spôsobuje kognitívny deficit s mitochondriálnou dysfunkciou a aktiváciou vnútornej dráhy apoptózy u potkanov. *J Biosci*. (2018) 43: 263–76. doi: 10.1007/ s12038-018-9744-7

88. Lai H, Carino MA, Horita A, Guy AW. Podtypy opioidných receptorov, ktoré sprostredkovávajú pokles centrálnej cholinergnej aktivity u potkanov indukovaný mikrovlnami. *Bioelektromagnetika*. (1992) 13:237-46. doi: 10.1002/bem.2250130308

89. Curcio G, Nardo D, Perrucci MG, Pasqualetti P, Chen TL, Del Gratta C, a kol. Účinky signálov mobilného telefónu na odozvu BOLD pri vykonávaní kognitívnej úlohy. *Klinická neurofyziológia*. (2012) 123:129–36. doi: 10.1016/j.clinph.2011.06.007

90. Lowden A, Åkerstedt T, Ingre M, Wiholm C, Hillert L, Kuster N a kol. Spánok po vystavení sa mobilnému telefónu u subjektov s príznakmi súvisiacimi s mobilným telefónom. *Bioelektromagnetika*. (2011) 32:4–14. doi: 10.1002/bem.20609

91. Schmid MR, Murbach M, Lustenberger C, Maire M, Kuster N, Achermann P a kol. Zmeny EEG spánku: účinky pulzných magnetických polí verzus pulzne modulované rádiofrekvenčné elektromagnetické polia. *J Sleep Res*(2012) 21:620–9. doi: 10.1111/j.1365-2869.2012.01025.x

92. Roggeveen S, van Os J, Viechtbauer W, Lousberg R. Zmeny EEG v dôsledku experimentálne indukovaného žiarenia z mobilných telefónov 3G. *PLoS One*(2015) 10:e0129496. doi: 10.1371/journal.pone.0129496

93. Carrubba S, Frilot C II, Chesson AL Jr, Marino AA. Pulz mobilného telefónu spúšťa evokované potenciály. *Neurosci Lett*. (2010) 469:164–8. doi: 10.1016/j.neulet.2009.11.068

94. Ghosn R, Yahia-Cherif L, Hugueville L, Ducorps A, Lemarechal JD, Thuróczy G a kol. Rádiofrekvenčný signál ovplyvňuje alfa pásmo v pokojovom elektroencefalograme. *J Neurophysiol*. (2015) 113:2753–9. doi: 10.1152/jn.00765.2014

95. Danker-Hopfe H, Dorn H, Bolz T, Peter A, Hansen ML, Eggert T a kol. Vplyv vystavenia sa mobilným telefónom (GSM 900 a WCDMA/UMTS) na kvalitu spánku na základe polysomnografie: intra- a interindividuálna perspektíva. *Environment Res*. (2016) 145:50–60. doi: 10.1016/j.envres.2015.11.011

96. Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Ebrahimi MH, Haji B, Abdolahfard M. Vplyv chronického vystavenia extrémne nízkofrekvenčným elektromagnetickým poliam na kvalitu spánku, stres, depresiu a úzkosť. *Electromagn Biol Med*(2019) 38:96–101. doi: 10.1080/15368378.2018.1545665

97. Brzozek C, Benke KK, Zeleke BM, Croft RJ, Dalecki A, Dimitriadis C a kol. Analýza neistoty používania mobilných telefónov a jeho vplyv na kognitívne funkcie: aplikácia simulácie Monte Carlo v kohorte austrálskych detí základných škôl. *Int J Environment Res Public Health*. (2019) 16:2428. doi: 10.3390/ijerph16132428

98. Bhatt CR, Benke G, Smith CL, Redmayne M, Dimitriadis C, Dalecki A a kol. Používanie mobilných a bezdrôtových telefónov a zmena kognitívnych funkcií: prospektívna kohorta analýza austrálskych detí na základných školách. *Environmentálne zdravie*. (2017) 16:62. doi: 10.1186/ s12940-017-0250-4

99. Roser K, Schoeni A, Röösli M. Používanie mobilných telefónov, problémy so správaním a schopnosť sústredenia u adolescentov: prospektívna štúdia. *Int J Hyg Environment Health*. (2016) 219:759–69. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.08.007

100. Foerster M, Thielens A, Joseph W, Eeftens M, Röösli M. Prospektívna kohortová štúdia výkonnosti pamäte adolescentov a individuálnej dávky mikrovlnného žiarenia z bezdrôtovej komunikácie v mozgu. *Perspektíva environmentálneho zdravia*. (2018) 126:077007. doi: 10.1289/EHP2427

101. Cabré-Riera A, van Wel L, Liorni I, Thielens A, Birks LE, Pierotti L, et al. Asociácia medzi odhadovanou dávkou rádiofrekvenčných elektromagnetických polí celého mozgu a kognitívnou funkciou u preadolescentov a adolescentov. *Int J Hyg Environment Health*. (2021) 231:113659. doi: 10.1016/j.ijheh.2020.113659

102. Cabré-Riera A, van Wel L, Liorni I, Koopman-Verhoeff ME, Imaz L, Ibarluzea J, et al. Odhadované celodenné a večerné dávky celomozgových rádiofrekvenčných elektromagnetických polí a spánok u predpubertálnych detí. *Environment Res*. (2022) 204:112291. doi: 10.1016/j. envres.2021.112291

103. Sudan M, Olsen J, Arah OA, Obel C, Kheifets L. Prospektívna kohortová analýza používania mobilných telefónov a emocionálnych a behaviorálnych problémov u detí. *J Epidemiol Community Health*. (2016) 70:1207–13. doi: 10.1136/jech-2016-207419

104. Birks L, Guxens M, Papadopoulou E, Alexander J, Ballester F, Estarlich M a kol. Používanie mobilných telefónov matkami počas tehotenstva a problémy so správaním detí v piatich kohortách novorodencov. *Environ Int*. (2017) 104:122–31. doi: 10.1016/j.envint.2017.03.024

105. Durusoy R, Hassoy H, Özkurt A, Karababa AO. Používanie mobilných telefónov, úrovne elektromagnetického poľa v školách a súvisiace symptómy: prierezový prieskum medzi 2150 študentmi stredných škôl v Izmire. *Environmentálne zdravie*(2017) 16:51. doi: 10.1186/s12940-017-0257-x

106. Chiu CT, Chang YH, Chen CC, Ko MC, Li CY. Používanie mobilných telefónov a zdravotné príznaky u detí. *J Formos Med Assoc*. (2015) 114:598–604. doi: 10.1016/j. jfma.2014.07.002

107. Zheng F, Gao P, He M, Li M, Tan J, Chen D a kol. Súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a sebahodnotením pohody u detí: prierezová štúdia založená na dotazníku v Čchung-čchingu v Číne. *BMJ Open*. (2015) 5:e007302. doi: 10.1136/ bmjopen-2014-007302

108. Ait Tayeb AEK, Poinsignon V, Chappell K, Bouligand J, Becquemont L, Verstuyft C. Veľká depresívna porucha a oxidačný stres: prehľad periférnych a genetických biomarkerov podľa klinických charakteristík a štádií ochorenia. *Antioxidanty (Bazilej)* (2023) 12:942. doi: 10.3390/antiox12040942

109. Daiber A, Hahad O, Andreadou I, Steven S, Daub S, Münzel T. Redoxné biomarkery pri kardiovaskulárnych ochoreniach u ľudí – klasické stopy a ďalšie. *Redoxná biológia*(2021) 42:101875. doi: 10.1016/j.redox.2021.101875

110. Luzhna L, Kathiria P, Kovalchuk O. Mikronukley v hodnotení genotoxicity: od genetiky k epigenetike a ďalej. *Predný Genet*. (2013) 4:131. doi: 10.3389/ fgene.2013.00131

111. Frank JW. Epidemiologické kritériá pre kauzalitu aplikované na poškodenie ľudského zdravia v dôsledku vystavenia RF-EMF: Bradford Hill revisited. *Predné verejné zdravie*. (2025) 13:1559868. doi: 10.3389/fpubh.2025.1559868

112. Preece AW, Goodfellow S, Wright MG, Butler SR, Dunn EJ, Johnson Y a kol. Vplyv vysielania mobilného telefónu s frekvenciou 902 MHz na kognitívne funkcie u detí. *Bioelektromagnetika*. (2005) 26:S138-43. doi: 10.1002/bem.20128

113. Thomas S, Heinrich S, von Kries R, Radon K. Vystavenie rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam a problémy so správaním u bavorských detí a dospievajúcich. *Eur J Epidemiol*(2010) 25:135–41. doi: 10.1007/s10654-009-9408-x

114. Heinrich S, Thomas S, Heumann C, von Kries R, Radon K. Súvislosť medzi vystavením rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam hodnoteným dozimetriou a akútnymi príznakmi u detí a dospievajúcich: prierezová štúdia založená na populácii. *Environmentálne zdravie*(2010) 9:75. doi: 10.1186/1476-069X-9-75

115. Huss A, van Eijsden M, Guxens M, Beekhuizen J, van Strien R, Kromhout H a kol. Expozícia environmentálnym rádiofrekvenčným elektromagnetickým poliam doma, používanie mobilných a bezdrôtových telefónov a problémy so spánkom u 7-ročných detí. *PLoS One*(2015) 10:e0139869. doi: 10.1371/journal.pone.0139869

116. Ferdous J. Používanie mobilných telefónov a povedomie o zdravotných rizikách medzi dospievajúcimi v meste Silhet. *Imp J Interdisciplinárny výskum*(2017) 3:325–330.

117. Kozlowska W, Drzewiecka EM, Zmijewska A, Franczak A. Zmeny vystavenia elektromagnetickému poľu *in vitro* Biosyntéza estrogénu a jeho uvoľňovanie prasacím endometriom v periimplantačnom období. *Reprod Biol*. (2022) 22:100642. doi: 10.1016/j. repbio.2022.100642

118. Franczak A, Drzewiecka EM, Kozlowska W, Zmijewska A, Wydorski PJ, Koziorowska A. Vplyv vystavenia elektromagnetickému poľu (EMF) na syntézu a uvoľňovanie steroidných hormónov bravčovými zárodkami počas periimplantačného obdobia. *Reprod Fertil Dev*. (2022) 34:722–35. doi: 10.1071/RD22040

119. Wydorski PJ, Zmijewska A, Franczak A. Extrémne nízkofrekvenčné elektromagnetické pole ovplyvňuje apoptózu a gény a proteíny súvisiace s oxidačným stresom v prasacom endometriu. *in vitro* štúdium. *Medzinárodný časopis molárnych vied*. (2024) 25:6931. doi: 10.3390/ijms25136931

120. Nevoit G, Potyazhenko M, Mintser O, Jarusevicius G, Vainoras A. Ľudský bioelektromagnetizmus a životné prostredie: úvod do problému. *Aplikované vedy*. (2026) 16:3627. doi: 10.3390/app16083627

121. Meyer F, Bitsch A, Forman HJ, Fragoulis A, Ghezzi P, Henschenmacher B a kol. Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu na biomarkery oxidačného stresu in vivo a in vitro: Systematický prehľad experimentálnych štúdií. *Environ Int*. (2024) 194:108940. doi: 10.1016/j.envint.2024.108940

122. Hardell L, Carlberg M. Používanie mobilných a bezdrôtových telefónov a riziko vzniku gliómu – analýza súhrnných prípadovo-kontrolných štúdií vo Švédsku, 1997 – 2003 a 2007 – 2009. *Patofyziológia*(2020) 22:1–13. doi: 10.1016/j.pathophys.2014.10.001

123. Paulus MP, Zhao Y, Potenza MN, Aupperle RL, Bagot KS, Tapert SF. Aktivita mládeže na obrazovke: kritický prehľad zistení v oblasti duševného zdravia a neurovedy. *J Úzkostná porucha nálady*. (2023) 3:100018. doi: 10.1016/j.xjmad.2023.100018

124. Senturk E, Tugrul S, Doğan R, Eren SB, Ozturan O, Koçyiğit A a kol. Vplyv rádiofrekvencie na poškodenie DNA a oxidačný stav u pacientov s hypertrofiou nosových mušlí. *Indický J Otolaryngol Head Neck Surgery*. (2019) 71:1810–5. doi: 10.1007/ s12070-017-1176-4

125. Cordelli E, Ardoino L, Benassi B, Consales C, Eleuteri P, Marino C a kol. Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu (RF-EMF) na mužskú plodnosť: systematický prehľad experimentálnych štúdií na cicavcoch okrem človeka a ľudských spermiách. *in vitro*. *Environ Int*. (2024) 185:108509. doi: 10.1016/j.envint.2024.108509

126. Pacchierotti F, Ardoino L, Benassi B, Consales C, Cordelli E, Eleuteri P a kol. Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu (RF-EMF) na mužskú plodnosť a výsledky tehotenstva a pôrodu: protokoly pre systematický prehľad experimentálnych štúdií u cicavcov okrem človeka a u ľudských spermií vystavených tomuto poľu. *in vitro*.*Environ Int*. (2021) 157:106806. doi: 10.1016/j.envint.2021.106806

127. Johnson EE, Kenny RPW, Adesanya AM, Richmond C, Beyer F, Calderon C a kol. Účinky vystavenia rádiofrekvencii na nepriaznivé výsledky u žien: systematický prehľad observačných štúdií u ľudí s metaanalýzou závislosti odpovede od dávky. *Environ Int*. (2024) 190:108816. doi: 10.1016/j.envint.2024.108816

128. Ministerstvo telekomunikácií, Ministerstvo komunikácií, Vláda Indie (2025). Elektromagnetické polia a deti. Dostupné online na adrese: https://dot.gov.in/emf-and-children (prístup 14. mája 2025).

129. Národný onkologický inštitút (2024). Mobilné telefóny a riziko rakoviny. Dostupné online na: https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/cell-phones-factsheet (prístup 4. apríla 2024).

130. Americká akadémia pediatrie (2016). Žiarenie mobilných telefónov a zdravie detí: Čo by mali vedieť rodičia. Dostupné online na adrese: https://www.healthychildren.org/English/safety-prevention/all-around/Pages/Cell-Phone-Radiation-Children's-Health.aspx (prístup 13. júna 2016).

131. InfantRisk Center (2020) Vystavenie rádiofrekvenčnému žiareniu pravdepodobne nepoškodí tehotné ženy. Dostupné online na adrese: https://www.infantrisk.com/content/radiofrequency-radiation-exposure-unlikely-harm-pregnant-women (prístup 13. apríla 2020).

132. Environmental Health Trust (2024). Safe Tech 101: Ako znížiť vystavenie žiareniu z mobilných telefónov a bezdrôtových zariadení. Dostupné online na adrese: https://ehtrust.org/wireless-andemf-program/safe-tech-101-how-to-reduce-your-cell-phone-and-wirelessradiation-exposure/ (prístup v júni 2026).

133. Çöl N, Kömürcü-Karuserci Ö, Demirel C. Možné účinky používania elektronických médií matkou počas tehotenstva na spánkové vzorce detí. *Turk Arch Pediatr*. (2021) 56:254–60. doi: 10.5152/TurkArchPediatr.2020.20138

134. Národné centrum pre výskum zdravia. Fungujú radiačné štíty mobilných telefónov? (2026). Dostupné online na: https://www.center4research.org/do-cell-phone-radiationshields-work/ (prístup 30. júla 2026).

135. Bodewein L, Dechent D, Graefrath D, Kraus T, Krause T, Driessen S. Systematický prehľad fyziologických a zdravotných účinkov vystavenia rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu z bezdrôtových komunikačných zariadení na deti a dospievajúcich v experimentálnych a epidemiologických štúdiách na ľuďoch. *PLoS One*(2022) 17:e0268641. doi: 10.1371/journal.pone.0268641

136. Karipidis K, Baaken D, Loney T, Blettner M, Mate R, Brzozek C a kol. Vplyv vystavenia rádiofrekvenčným poliam na riziko rakoviny u bežnej a pracujúcej populácie: systematický prehľad observačných štúdií na ľuďoch – časť II: menej preskúmané výsledky. *Environ Int*. (2025) 196:109274. doi: 10.1016/j.envint.2025.109274

137. Schoeni A, Roser K, Röösli M. Príznaky a používanie bezdrôtových komunikačných zariadení: prospektívna kohortová štúdia u švajčiarskych adolescentov. *Environment Res*. (2017) 154: 275–83. doi: 10.1016/j.envres.2017.01.004

138. Papadopoulou E, Haugen M, Schjølberg S, Magnus P, Brunborg G, Vrijheid M a kol. Používanie mobilných telefónov matkami v ranom tehotenstve a jazykové, komunikačné a motorické zručnosti dieťaťa vo veku 3 a 5 rokov: nórska kohortová štúdia matky a dieťaťa (MoBa). *BMC Verejné zdravie*. (2017) 17:685. doi: 10.1186/s12889-017-4672-2

139. Schoeni A, Roser K, Bürgi A, Röösli M. Príznaky u švajčiarskych adolescentov vo vzťahu k expozícii z vysielačov na pevných miestach: prospektívna kohortová štúdia. *Environmentálne zdravie*. (2016) 15:77. doi: 10.1186/s12940-016-0158-4

Glosár

RF-EMF-Rádiofrekvenčné elektromagnetické polia

RF-EMR-Rádiofrekvenčné elektromagnetické žiarenie

RFR-Rádiofrekvenčné žiarenie

SAR-Špecifická miera absorpcie

ICNIRP-Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením

IARC-Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny

SZO-Svetová zdravotnícka organizácia

ROS-Reaktívne formy kyslíka

DNA-Kyselina deoxyribonukleová

MDA-Malondialdehyd

Podmienky používania-Celkový oxidačný stav

T-AOC-Celková antioxidačná kapacita

SOD-Superoxiddismutáza

MAČKA-Kataláza

GPx-Glutatiónperoxidáza

Gluthon-Glutatión

NF-κB-Jadrový faktor Kappa B

MAPK-Mitogénom aktivovaná proteínkináza

ERK-Extracelulárna signálne regulovaná kináza

JNK c-Jun-N-terminálna kináza

COX-2-Cyklooxygenáza-2

TNF-α-Faktor nekrózy nádorov alfa

IL-6-Interleukín-6

LDH-Laktátdehydrogenáza

AST-Aspartátaminotransferáza

ALT-Alanínaminotransferáza

ALP-Alkalická fosfatáza

EEG-Elektroencefalografia

CNS-Centrálny nervový systém

VGCC-Napäťovo riadené vápnikové kanály

TRPV1-Prechodný receptorový potenciál Vanilloid 1

NIE-Oxid dusnatý

iNOS-Indukovateľná syntáza oxidu dusnatého

ONOO--Peroxynitrit

HPO-os Hypotalamo-hypofyzárno-vaječníková os

GnRH-Gonadotropín uvoľňujúci hormón

Ľavý-Luteinizačný hormón

FSH-Folikuly stimulujúci hormón

Hviezda-Steroidogénny akútny regulačný proteín

3β-HSD-3-beta hydroxysteroid dehydrogenáza

17β-HSD-17-beta hydroxysteroid dehydrogenáza

E2-Estradiol

P4-Progesterón

AChE-Acetylcholínesteráza

ChAT-Cholín acetyltransferáza

DOPAC-Kyselina 3,4-dihydroxyfenyloctová

5-HT-Serotonín

5-HIAA-Kyselina 5-hydroxyindoleoctová

NMDA-N-metyl-D-aspartát

APAF1-Faktor aktivujúci apoptotickú proteázu-1

PARP-Poly(ADP-ribóza) polymeráza

ALEBO-Pomer šancí

RR-Relatívne riziko

Konfidenčná dôveryhodnosť-Interval spoľahlivosti

SDQ-Dotazník silných a ťažkostí

CAKUT-Vrodené anomálie obličiek a močových ciest

GSM-Globálny systém pre mobilnú komunikáciu