



Vplyv 5G na zdravie

ŠTÚDIA

Panel pre budúcnosť vedy a techniky

EPRS | Výskumná služba Európskeho parlamentu

Oddelenie vedeckého prognózovania
(STOA) PE 690.012 – júl 2021

EN

Vplyv 5G na zdravie

Súčasný stav poznatkov o karcinogénnych a reprodukčných/vývojových rizikách súvisiacich s 5G, ako vyplývajú z epidemiologických štúdií a experimentálnych štúdií *in vivo*

Nadchádzajúce zavedenie mobilných sietí 5G umožní výrazne rýchlejšie rýchlosti mobilného širokopásmového pripojenia a čoraz rozsiahlejšie využívanie mobilných dát. Medzi technické inovácie patrí odlišný prenosový systém (MIMO: použitie antén s viacerými vstupmi a výstupmi), smerový prenos alebo príjem signálu (beamforming) a využitie iných frekvenčných rozsahov. Zároveň sa očakáva zmena v expozícii ľudí a životného prostredia elektromagnetickým poliam (EMF). Okrem doteraz používaných pásiem majú na úrovni EÚ identifikované priekopnícke pásma 5G frekvencie 700 MHz, 3,6 GHz (3,4 až 3,8 GHz) a 26 GHz (24,25 až 27,5 GHz). Prvé dve frekvencie (FR1) sú podobné tým, ktoré sa používajú pre technológie 2G až 4G, a boli skúmané v epidemiologických aj experimentálnych štúdiách z hľadiska rôznych koncových ukazovateľov (vrátane karcinogenity a vplyvov na reprodukciu a vývoj), zatiaľ čo frekvencie 26 GHz (FR2) a vyššie neboli z hľadiska tých istých koncových ukazovateľov dostatočne preskúmané.

Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) klasifikovala vysokofrekvenčné (RF) EMF ako „možno karcinogénne pre ľudí“ (skupina 2B) a nedávno odporučila, aby sa vystavenie RF prehodnotilo „s vysokou prioritou“ (IARC, 2019). Od roku 2011 bolo vykonaných veľké množstvo štúdií, a to ako epidemiologických, tak experimentálnych. Tento prehľad sa zaoberá súčasnými poznatkami týkajúcimi sa karcinogénnych aj reprodukčných/vývojových rizík RF, ktoré využíva 5G. Existujú rôzne *in vivo* experimentálne a epidemiologické štúdie o RF v nižšom frekvenčnom rozsahu (450 až 6000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií, ale len veľmi málo (a nedostatočných) v vyššom frekvenčnom rozsahu (24 až 100 GHz, centimetrové/MMW).

Prehľad ukazuje: 1) nižšie frekvencie 5G (700 a 3 600 MHz): a) obmedzené dôkazy o karcinogenite v epidemiologických štúdiách; b) dostatočné dôkazy o karcinogenite v experimentálnych biologických testoch; c) dostatočné dôkazy o nepriaznivých účinkoch na reprodukciu a vývoj u ľudí; d) dostatočné dôkazy o nepriaznivých účinkoch na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat; 2) vyššie frekvencie 5G (24,25–27,5 GHz): systematický prehľad nezistil žiadne adekvátne štúdie ani u ľudí, ani u pokusných zvierat.

Záver: 1) rakovina: FR1 (450 až 6 000 MHz): EMF sú pravdepodobne karcinogénne pre ľudí, najmä v súvislosti s gliómami a akustickými neurómami; FR2 (24 až 100 GHz): neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie o vyšších frekvenciách; 2) účinky na reprodukciu a vývoj: FR1 (450 až 6 000 MHz): tieto frekvencie jasne ovplyvňujú mužskú plodnosť a pravdepodobne aj ženskú plodnosť. Môžu mať možné nepriaznivé účinky na vývoj embryí, plodov a novorodencov; FR2 (24 až 100 GHz): neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie o netermických účinkoch vyšších frekvencií.

AUTOR

Túto štúdiu vypracovala Dr. Fiorella Belpoggi, BSc, PhD, členka Medzinárodnej akadémie toxikologickej patológie (IATPF), Inštitút Ramazzini, Bologna (Taliansko), na žiadosť Skupiny pre budúcnosť vedy a techniky (STOA) a pod vedením Oddelenia vedeckého prognózovania v rámci Generálneho riaditeľstva pre parlamentné výskumné služby (EPRS) sekretariátu Európskeho parlamentu.

Vyhľadávanie v rámci prehľadovej štúdie vykonali Dr. Daria Sgargi, PhD, magistra biostatistiky, a Dr. Andrea Vornoli, PhD v oblasti výskumu rakoviny, z Inštitútu Ramazzini v Bologni.

PodĎakovanie

Autorka ďakuje Dr. Danielemu Mandriolimu, MD, PhD, z Inštitútu Ramazzini v Bologni (Taliansko), ktorý poskytol poradenstvo a posúdil metodiku; prof. Carlovi Forestovi, MD, a prof. Andrei Garollovi, MD, profesorom endokrinológie a andrológie na Univerzite v Padove (Taliansko), ktorí kriticky posúdili výsledky týkajúce sa nepriaznivých účinkov na reprodukciu u ľudí; prof. Faustovi Bersanimu, fyzikovi a konzultantovi z Rimini (Taliansko), ktorý jej pomáhal pri interpretácii článkov týkajúcich sa scenára expozície.

ZODPOVEDNÝ SPRÁVCA

Gianluca Quaglio, Oddelenie vedeckého prognózovania (STOA)
Ak chcete kontaktovať vydavateľa, pošlite e-mail na adresu stoa@ep.europa.eu

JAZYKOVÁ VERZIA

Originál: EN

Rukopis dokončený v júli 2021.

VYHLÁSENIE O ZRIADENÍ ODPOVEDNOSTI A AUTORSKÉ PRÁVA

Tento dokument je vypracovaný pre poslancov a zamestnancov Európskeho parlamentu a je im určený ako podkladový materiál na podporu ich parlamentnej práce. Za obsah dokumentu nesie výhradnú zodpovednosť jeho autor a žiadne názory v ňom vyjadrené by nemali byť považované za oficiálne stanovisko Parlamentu.

Reprodukcia a preklad na nekomerčné účely sú povolené za predpokladu, že bude uvedený zdroj a Európsky parlament bude vopred informovaný a mu bude zaslaná kópia.

Brusel © Európska únia, 2021.

PE 690.012
ISBN: 978-92-846-8030-6 doi:
10.2861/657478
QA-09-21-134-EN-N

<http://www.europarl.europa.eu/stoa> (webová stránka STOA)
<http://www.eprs.ep.parl.union.eu> (intranet)
<http://www.europarl.europa.eu/thinktank> (internet)

Zhrnutie

1. Úvod

V posledných desaťročiach sme boli svedkami bezprecedentného rozvoja technológií známych ako informačné a komunikačné technológie (IKT), ktoré zahŕňajú bezdrôtovú komunikáciu používanú v mobilných telefónoch a napríklad Wi-Fi využívajúce vysokofrekvenčné (RF) elektromagnetické polia (EMF).

Prvá generácia prenosných mobilných telefónov bola k dispozícii koncom 80. rokov 20. storočia. Následne sa v spoločnosti dramaticky zvýšila miera penetrácie druhej (2G), tretej (3G) a štvrtej (4G, long-term evolution = LTE) generácie, takže dnes je v Európe viac zariadení ako obyvateľov. Okrem toho sa Wi-Fi a iné formy bezdrôtového prenosu dát stali všadeprítomnými a sú dostupné na celom svete. Napriek tomu existujú nové nerovnosti, pokiaľ ide o prístup k vysokorychlostnému internetu (dokonca aj v krajinách s vysokými príjmami), a kontrola zo strany autoritárskych režimov predstavuje riziko pre demokraciu a európske hodnoty.

V mobilných sieťach sa začalo zavádzanie novej generácie rádiových sietí, tzv. 5G. 5G nie je úplne nová technológia, ale ide o vývoj už existujúcich technológií od G1 po G4. Sieť 5G bude fungovať v niekoľkých rôznych frekvenčných pásmach, pričom pre prvú fázu sietí 5G sa navrhujú nižšie frekvencie. Niektoré z týchto frekvencií sa už používali alebo sa v súčasnosti používajú pre predchádzajúce generácie mobilnej komunikácie. Existujú tiež plány na využitie oveľa vyšších rádiových frekvencií v neskorších fázach vývoja technológie 5G. Nové pásma sa nachádzajú vysoko nad rozsahom ultra vysokých frekvencií (UHF) a majú vlnové dĺžky v centimetrovom (3–30 GHz) alebo milimetrovom rozsahu (MMW) pri 30–300 GHz. Tieto posledné pásma sa tradične používali pre radarové a mikrovlnné spojenia a len veľmi málo z nich bolo skúmaných z hľadiska ich vplyvu na ľudské zdravie.

2. Metodika

Tento prehľad aktuálne dostupných vedeckých dôkazov sa zameriava na karcinogénne aj reprodukčné/vývojové účinky RF z telekomunikačných systémov mobilných telefónov využívajúcich siete 2G–5G, a to na základe in vivo štúdií na zvieratách aj epidemiologických štúdií na ľuďoch. Vyhodnotené štúdie boli rozdelené do dvoch skupín:

1) štúdie hodnotiace vplyvy vysokofrekvenčného žiarenia (RF) na zdravie v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR) (FR1: 450 až 6 000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v existujúcich 2. až 4. generáciách širokopásmových mobilných sietí. Súčasné dôkazy zo štúdií týkajúcich sa sietí 2G až 4G predstavujú najlepšie dôkazy, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii. Štúdie boli vyhodnotené pomocou *naratívnych* metód;

2) štúdie hodnotiace zdravotné účinky RF vo vyššom FR (FR2: 24 až 100 GHz – MMW). Vyššie frekvencie sú nové, doteraz sa nepoužívali v mobilnej komunikácii a sú špecifické pre novú technológiu 5G, ktorá má osobitné fyzikálne vlastnosti a interakcie s biologickou hmotou (nižšia penetrácia, vyššia energia atď.): boli posudzované samostatne pomocou metódy *scoping review*.

Naratívny prehľad (FR1) sa bude odlišovať od prehľadu rozsahu (FR2), ale výberové a hodnotiace kritériá uvedené pre prehľady rozsahu boli prijaté pre obidve vyhľadávania aj pre zaradenie/vylúčenie štúdií o rakovine a reprodukčných/vývojových biologických koncových bodoch.

Pri konečnom hodnotení výsledkov epidemiologických aj experimentálnych štúdií a výsledkov týkajúcich sa rakoviny a reprodukčných/vývojových účinkov sa zohľadnili parametre uvedené v preambule monografie IARC (2019), prispôbené potrebám tejto správy a platné pre oba koncové body (t. j. rakovinu a reprodukčné/vývojové účinky):

Dostatočné dôkazy: bola preukázaná príčinná súvislosť medzi vystavením RF-EMF a konkrétnym nepriaznivým účinkom. To znamená, že v súbore dôkazov o

vystavenia pôsobeniu činiteľa a konkrétneho nepriaznivého účinku v štúdiách, v ktorých boli s primeranou istotou vylúčené náhodné, skresľujúce a zmätočné faktory.

Obmedzené dôkazy: kauzálny výklad pozitívnej súvislosti pozorovanej v súbore dôkazov o vystavení RF-EMF a konkrétnom nepriaznivom účinku je dôveryhodný, avšak náhodu, zaujatosť alebo zmätočné faktory nie je možné s primeranou istotou vylúčiť.

Žiadne dôkazy: nie sú k dispozícii žiadne údaje ani dôkazy, čo naznačuje absenciu nepriaznivých účinkov (treba špecifikovať).

Celkové hodnotenie vplyvov na rakovinu aj na reprodukciu/vývoj bolo získané integráciou dôkazov z výskumu na ľuďoch a zvieratách takto:

Dôkazy u ľudí	Dôkazy u pokusných zvierat	Hodnotenie na základe sily dôkazov
Dostatočné	Nie je potrebné	Jasná súvislosť medzi expozíciou a nežiaducim účinkom
Obmedzená	Dostatočná	Pravdepodobná súvislosť medzi expozíciou a nežiaducim účinkom
Obmedzená	Menej ako dostatočná	Možná súvislosť medzi expozíciou a nepriaznivým účinkom
Nedostatočné	Nedostatočné alebo obmedzené	Neklasifikovateľné

3. Hodnotenie expozície

Otázka posúdenia expozície v súvislosti so zavedením 5G je zložitá, predovšetkým pokiaľ ide o monitorovanie neustálych zmien v činnosti základňových staníc (BS) aj užívateľských zariadení (UE) súvisiacich s technológiou MIMO (multiple input, multiple output). Okrem toho sa technický prístup k posudzovaniu expozície v budúcnosti, týkajúci sa súbežných emisií 1G, 2G, 3G, 4G a 5G, stále formuluje a je preto neistý.

4. Netermické účinky

Škodlivé účinky netermálnej biologickej interakcie RF-EMF s ľudskými a zvieracími tkanivami neboli zahrnuté do stanovenia usmernení ICNIRP 2020 (ICNIRP 2020a), a to napriek obrovskému množstvu dostupných vedeckých publikácií, ktoré preukazujú škodlivosť alebo potenciálnu škodlivosť týchto účinkov. Atermické biologické reakcie existujú a niektoré frekvencie sa skutočne používajú na terapeutické účely v mnohých odboroch medicíny. Ako dobre vieme, každý liek, aj ten najprospernejší, môže mať aj niektoré nežiaduce účinky. Pri posudzovaní rizík je teda potrebné zohľadniť termické aj netermické účinky RF-EMF.

5. Súčasný stav výskumu RF-EMF

Zavedenie bezdrôtových komunikačných zariadení, ktoré pracujú v RF oblasti elektromagnetického spektra (450 až 6 000 MHz, nižšie frekvencie), vyvolalo značný počet štúdií zameraných na zdravotné riziká. Tieto štúdie zahŕňajú štúdie na ľuďoch (epidemiologické), na zvieratách (experimentálne štúdie na hlodavcoch) a na bunkových systémoch in vitro.

Siete 5G zvýšia počet bezdrôtových zariadení, čo si vyžiada oveľa rozsiahlejšiu infraštruktúru, aby bolo možné zabezpečiť vyšší objem mobilných dát na danú geografickú oblasť. Okrem toho je potrebné zvýšiť hustotu siete, keďže vyššie frekvencie potrebné pre 5G (24 až 100 GHz, MMW) majú kratší dosah. Štúdií týkajúcich sa týchto frekvencií je málo a ich kvalita je rôznorodá.

To vyvoláva otázky, či by tieto vyššie frekvencie mali iné účinky na zdravie a životné prostredie ako nižšie frekvencie. Po celom svete sa vykonávali posúdenia bezpečnosti RF na rôznych úrovniach, pričom boli uverejnené vedecké a politické dokumenty.

Pokiaľ ide o rakovinu, analýza literatúry IARC z roku 2011, ktorá preskúmala štúdie do roku 2011 (Baan, 2011), uverejnená v roku 2013 a citovaná v celom texte ako IARC (2013), definovala RF-EMF v frekvenčnom rozsahu od 30 kHz až 300 GHz ako „možno karcinogénne“ pre ľudí, na základe „obmedzených dôkazov karcinogenity“ u ľudí a pokusných zvierat. Štúdie dostupné v roku 2011 skúmali RF v rozsahu, ktorý tu nazývame FR1, t. j. od 450 do 6 000 MHz. Frekvencie FR2 (24 až 100 GHz) ležia v rozsahu MMW.

Analýza IARC z roku 2011 sa zaoberala hodnotením RF-EMF. Hoci neexistovali žiadne štúdie týkajúce sa 5G, boli do nej zahrnuté niektoré štúdie o expozícii vysokofrekvenčnému radaru a mikrovlnám v pracovnom prostredí.

Nové frekvencie MMW (FR2: 24 až 100 GHz) budú pridané k nižším frekvenciám, ktoré sa už používajú, a to aj čiastočne v rámci 5G. Z toho vyplýva, že pre 5G v rozsahu 450 až 6 000 MHz (FR1) existuje mnoho štúdií, z ktorých mnohé sú zhromaždené v monografii IARC v súvislosti s rakovinou, zatiaľ čo pre 26 GHz a iné MMW frekvencie vo všeobecnosti existuje len málo literatúry skúmajúcej možné nepriaznivé účinky na zdravie. Jednoduchým dôvodom je to, že doteraz sa tieto frekvencie nikdy nepoužívali na masovú komunikáciu, a preto bolo málo vhodných populácií vystavených týmto frekvenciám, ktoré by bolo možné študovať; rovnako existuje veľmi málo adekvátnych štúdií o netermických účinkoch na laboratórne zvieratá.

6. Výsledky tohto prehľadu

Využitím databáz PubMed a EMF Portal a uplatnením metodiky prehľadového výskumu v našom výskume sme našli 950 článkov o karcinogenite RF-EMF u ľudí a 911 článkov o experimentálnych štúdiách na hlodavcoch, čo spolu predstavuje 1 861 štúdií. Pokiaľ ide o štúdie týkajúce sa reprodukcie a vývoja, našli sme 2 834 článkov z oblasti epidemiológie a 5 052 štúdií experimentálnych výskumov na hlodavcoch, čo predstavuje celkovo 7 886 štúdií. Na základe tohto prehľadu literatúry a vyššie uvedených úvah sme dospeli k nasledujúcim záverom:

6.1 Rakovina u ľudí

FR1 (450 až 6 000 MHz): existujú obmedzené dôkazy o karcinogenite RF žiarenia u ľudí. Pri aktualizácii výsledkov celkového hodnotenia z roku 2011 na rok 2020 sa opäť pozorovali pozitívne súvislosti medzi vystavením vysokofrekvenčnému žiareniu z bezdrôtových telefónov a gliómom (nádorom mozgu) aj akustickým neurómom, ale dôkazy u ľudí sú stále obmedzené.

FR2 (24 až 100 GHz): neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie o účinkoch vyšších frekvencií.

6.2 Rakovina u pokusných zvierat

FR1 (450 až 6 000 MHz): existujú dostatočné dôkazy u pokusných zvierat o karcinogenite RF žiarenia. Nové štúdie nadväzujúce na hodnotenie IARC z roku 2011 preukázali pozitívnu súvislosť

medzi RF-EMF a nádormi mozgu a Schwannových buniek periférneho nervového systému, pričom rovnaký typ nádorov bol pozorovaný aj v epidemiologických štúdiách.

FR2 (24 až 100 GHz): na vyšších frekvenciách neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie.

6.3 Vplyv na reprodukciu a vývoj u ľudí

FR1 (450 až 6 000 MHz): existujú dostatočné dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť mužov. Existujú obmedzené dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť žien. Existujú obmedzené dôkazy o účinkoch na vývoj potomkov matiek, ktoré počas tehotenstva intenzívne používali mobilné telefóny.

FR2 (24 až 100 GHz): na vyšších frekvenciách neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie.

6.4 Vplyv na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat

FR1 (450 až 6000 MHz): existujú dostatočné dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť samcov potkanov a myší. Existujú obmedzené dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť samic myší. Existujú obmedzené dôkazy o nepriaznivých účinkoch na vývoj potomstva potkanov a myší vystavených pôsobeniu počas embryonálneho vývoja.

FR2 (24 až 100 GHz): neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie o netermických účinkoch pri vyšších frekvenciách.

7. Celkové hodnotenie

7.1 Rakovina

FR1 (450 až 6 000 MHz): tieto frekvencie FR1 sú pravdepodobne karcinogénne pre ľudí. FR2 (24 až 100 GHz): neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie na vyšších frekvenciách.

7.2 Vplyvy na reprodukciu a vývoj

FR1 (450 až 6 000 MHz): tieto frekvencie jednoznačne ovplyvňujú mužskú plodnosť. Možno ovplyvňujú aj ženskú plodnosť. Možno majú nepriaznivé účinky na vývoj embryí, plodov a novorodencov.

FR2 (24 až 100 GHz): neboli vykonané žiadne primerané štúdie o netermických účinkoch vyšších frekvencií.

8. Možnosti politiky

8.1 Rozhodnutie pre novú technológiu mobilných telefónov, ktorá umožňuje znížiť vystavenie RF-EMF

Zdroje vysokofrekvenčného žiarenia, ktoré v súčasnosti predstavujú najväčšiu hrozbu, sú mobilné telefóny. Hoci niektorí ľudia vnímajú vysielacie zariadenia (vysielacie veže) ako najväčšie riziko, v skutočnosti najväčšiu záťaž pre ľudský organizmus predstavujú práve ich vlastné mobilné telefóny a epidemiologické štúdie zaznamenali štatisticky významný nárast nádorov mozgu a nádorov Schwannových buniek periférnych nervov, a to hlavne u častých používateľov mobilných telefónov.

Preto je potrebné prijať opatrenia, ktoré zabezpečia výrobu stále bezpečnejších telefónnych zariadení s nízkym vyžarovaním energie a pokiaľ možno takých, ktoré fungujú len v určitej vzdialenosti od tela. Káblové slúchadlo rieši veľkú časť problému, je však nepohodlné, a preto odrádza používateľov; na druhej strane nie je vždy možné používať režim hlasitého odposluchu. Možnosť čo najviac znížiť vystavenie RF-EMF v súvislosti s telefónmi stále platí bez ohľadu na používané frekvencie, od 1G po 5G. Krajiny ako USA a Kanada, ktoré uplatňovali prísnejšie limity SAR pre mobilné telefóny ako v Európe, boli stále schopné vybudovať efektívne komunikačné siete 1G, 2G, 3G a 4G.

(Madjar, 2016). Keďže cieľom technológie 5G je dosiahnuť vyššiu energetickú účinnosť v porovnaní s predchádzajúcimi technológiami, zavedenie prísnejších limitov pre mobilné telefóny v EÚ by bolo zároveň udržateľným aj preventívnym prístupom.

8.2 Revízia limitov vystavenia pre verejnosť a životné prostredie s cieľom znížiť vystavenie RF-EMF z mobilných vysielateľov

V poslednom období politiky EÚ (Európska komisia, 2019) podporujú udržateľnosť nového modelu hospodárskeho a sociálneho rozvoja, ktorý využíva nové technológie na neustále monitorovanie zdravotného stavu planéty, vrátane zmeny klímy, energetickej transformácie, agroekológie a zachovania biodiverzity. Využitie najnižších frekvencií 5G a prijatie preventívnych limitov expozície, ako sú tie, ktoré sa používajú okrem iného v Taliansku, Švajčiarsku, Číne a Rusku, ktoré sú výrazne nižšie ako tie odporúčané ICNIRP, by mohlo pomôcť dosiahnuť tieto ciele EÚ v oblasti udržateľnosti.

8.3 Prijatie opatrení na podporu znižovania expozície RF-EMF

Veľkú časť pozoruhodného výkonu novej bezdrôtovej technológie 5G s nižšou frekvenciou je možné dosiahnuť aj využitím optických káblov a zavedením inžinierskych a technických opatrení na zníženie vystavenia systémom 1G až 4G (Keiser, 2003; CommTech Talks, 2015; Zlatanov, 2017). Tým by sa minimalizovalo vystavenie všade tam, kde sú potrebné pripojenia na pevných miestach. Napríklad optické káble by sa mohli používať na pripojenie škôl, knižníc, pracovísk, domovov, verejných budov a všetkých nových budov atď. a verejné zhromažďovacie miesta by mohli byť zónami bez RF-EMF (podobne ako zóny bez fajčenia), aby sa zabránilo pasívnej expozícii ľudí, ktorí nepoužívajú mobilný telefón ani technológiu diaľkového prenosu, čím by sa chránili mnohí zraniteľní starší ľudia alebo ľudia s oslabeným imunitným systémom, deti a osoby citlivé na elektromagnetické pole.

8.4 Podpora multidisciplinárneho vedeckého výskumu s cieľom posúdiť dlhodobé zdravotné účinky 5G a nájsť vhodnú metódu monitorovania vystavenia 5G

V odbornej literatúre neexistujú žiadne dostatočné štúdie, ktoré by vylúčili riziko výskytu nádorov a nepriaznivých účinkov na reprodukciu a vývoj v dôsledku vystavenia mikrovlnnému žiareniu 5G, ani možnosť určitých synergických interakcií medzi 5G a inými frekvenciami, ktoré sa už používajú. V dôsledku toho je zavedenie 5G spojené s neistotou, pokiaľ ide o zdravotné otázky, ako aj o prognózovanie a/alebo monitorovanie skutočnej expozície obyvateľstva: tieto medzery vo vedomostiach odôvodňujú výzvu na moratórium na MMW 5G, kým sa nedokončí primeraný výskum.

Vzhľadom na tieto neistoty je jednou z politických možností podporovať multidisciplinárny tímový výskum rôznych faktorov týkajúcich sa posudzovania expozície, ako aj biologických účinkov mikrovln 5G s frekvenciami v rozmedzí 6 až 300 GHz na ľudí, ako aj na flóru a faunu v prostredí, napr. na stavovce okrem človeka, rastliny, huby a bezstavovce.

Technológia MMW bude zavedená až s finálnym protokolom 5G, t. j. najskôr o tri až päť rokov. Vzhľadom na tento časový rámec je jednou z možností preskúmať jej účinky skôr, ako jej bude vystavená celá svetová populácia a životné prostredie.

Zavedenie technológie MMW 5G bez ďalších preventívnych štúdií by znamenalo vykonanie „experimentu“ na ľudskej populácii v úplnej neistote, pokiaľ ide o dôsledky. Ak obmedzíme náš rozsah na Európu, mohlo by k tomu dôjsť v oblasti, ako je chémia, ktorá je v súčasnosti upravená nariadením REACH (ES, 1907/2006).

Cieľom nariadenia REACH je zlepšiť ochranu ľudského zdravia a životného prostredia prostredníctvom lepšej a včasnejšej identifikácie vnútorných vlastností chemických látok. Nariadenie EÚ REACH upravuje registráciu, hodnotenie, povolenie a obmedzovanie chemických látok. Jeho cieľom je tiež posilniť inováciu a konkurencieschopnosť chemického priemyslu EÚ. Nariadenie EÚ REACH sa zakladá na zásade „bez údajov žiadny trh“, čím kladie zodpovednosť za poskytovanie informácií o bezpečnosti látok na priemysel.

Výrobcovia a dovozcovia sú povinní zhromažďovať informácie o vlastnostiach svojich chemických látok, ktoré umožnia ich bezpečnú manipuláciu, a tieto informácie zaznamenávať do centrálnej databázy Európskej chemickej agentúry (ECHA). Jednou z možností politiky môže byť uplatňovanie rovnakého prístupu na všetky druhy technologických inovácií.

Výsledky týchto štúdií by mohli slúžiť ako základ pre vypracovanie politik založených na vedeckých dôkazoch, pokiaľ ide o vystavenie ľudských a neludských organizmov vysokofrekvenčnému elektromagnetickému poľu (RF-EMF) v pásme mikrovln 5G. Na lepšie a nezávislé preskúmanie vplyvov RF-EMF na zdravie vo všeobecnosti a mikrovln konkrétne sú potrebné ďalšie štúdie.

8.5 Podpora informačných kampaní o 5G

Chýbajú informácie o potenciálnych škodlivých účinkoch RF-EMF. Táto informačná medzera vytvára priestor pre popieračov aj alarmistov, čo vedie k sociálnemu a politickému napätiu v mnohých krajinách EÚ. Verejné informačné kampane by preto mali byť prioritou.

Informačné kampane by sa mali realizovať na všetkých úrovniach, počnúc školami. Ľudia by mali byť informovaní o potenciálnych zdravotných rizikách, ale aj o príležitostiach digitálneho rozvoja, o tom, aké alternatívy infraštruktúry existujú pre prenos 5G, o bezpečnostných opatreniach (limitných hodnotách expozície) prijatých EÚ a členskými štátmi a o správnom používaní mobilných telefónov. Iba na základe spoľahlivých a presných informácií môžeme získať späť dôveru občanov a dosiahnuť spoločnú dohodu o technologickej voľbe, ktorá pri správnom riadení môže priniesť veľké sociálne a ekonomické prínosy.

Obsah

Zhrnutie	III
1. Úvod	1
1.1 Pozadie	1
1.2 Scenár expozície	1
1.2.1 Súčasný scenár expozície	1
1.2.2 Scenár expozície 5G	2
1.2.3 5G: formovanie lúča a MIMO	3
1.3 Prehľad politických opatrení na medzinárodnej úrovni a v Európe	7
1.3.1 Medzinárodné organizácie	7
1.3.2 Európske organizácie a vlády (podľa rokov)	7
1.4 Biologické účinky iné ako tie, ktoré boli analyzované v tomto prehľade (FR1 aj FR2)	10
1.5 Spoločenské konflikty súvisiace s 5G	12
2. Ciele štúdie a metodika	13
2.1 Odôvodnenie	13
2.1.1 Rakovina	13
2.1.2 Reprodukcia/vývoj	14
2.2 Stratégia vyhľadávania	15
2.3 Výber relevantnej literatúry	16
2.4 Proces výberu	16
2.5 Extrakcia informácií z relevantnej literatúry	17
2.6 Syntéza dôkazov	17
2.7 Celkové hodnotenie tohto prehľadu	17
3. Obmedzenia tejto štúdie	21
3.1 Hodnotenie jednotlivých štúdií	21
3.2 Hodnotenie expozície	21
3.3 Obmedzenia systematického prehľadu týkajúceho sa frekvencií 5G	22

3.4	Celkové hodnotenie	22
4.	Hodnotenie jednotlivých štúdií	23
4.1	Karcinogenita podľa frekvenčného rozsahu	23
4.1.1	Rakovina v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace vplyv RF v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz) na zdravie, ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G-4G)	23
4.1.2	Rakovina v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace vplyv RF v vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz, MMW) na zdravie.	53
4.1.3	Rakovina u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace vplyv vysokofrekvenčného žiarenia v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G, 2G, 3G a 4G)	59
4.1.4	Rakovina u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace vplyv RF v vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz, MMW) na zdravie.	71
4.2	Nepriaznivé účinky na reprodukciu a vývoj podľa frekvenčného rozsahu	73
4.2.1	Vplyvy na reprodukciu a vývoj v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace vplyvy RF v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz) na zdravie, ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G, 2G, 3G a 4G).	73
4.2.2	Vplyvy na reprodukciu a vývoj v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace vplyvy RF na zdravie vo vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz, MMW)	105
4.2.3	Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace vplyvy vysokofrekvenčného žiarenia v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G, 2G, 3G a 4G).	111
4.2.4	Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace zdravotné účinky RF v vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz, MMW).	139
5.	Diskusia	141
5.1	Rakovina a nižšie telekomunikačné frekvencie (FR1: 450 až 6000 MHz)	142
5.1.1	RF-EMF (FR 1: 450 až 6000 MHz) a rakovina u ľudí	142
5.1.2	RF-EMF (FR1: 450 až 6000 MHz) a rakovina u pokusných zvierat	145
5.2	Rakovina a vyššie telekomunikačné frekvencie (FR2: 24 až 100 GHz)	146
5.2.1	RF-EMF (FR2: 24 až 100 GHz) a rakovina u ľudí	146
5.2.2	RF-EMF (FR2: 24 až 100 GHz) a rakovina u pokusných zvierat	147
5.3	Nepriaznivý vplyv na reprodukciu/vývoj a nižšie telekomunikačné frekvencie (FR1: 450 až 6000 MHz)	147
5.3.1	RF-EMF (450 až 6000 MHz) a nepriaznivé účinky na reprodukciu/vývoj u ľudí.	147
5.3.2	RF-EMF (450 až 6000 MHz) a nepriaznivé účinky na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat.	148

5.4	Nepriaznivý vplyv na reprodukciu/vývoj a vyššie telekomunikačné frekvencie (FR2: 24 až 100 GHz)	149
5.4.1	Nepriaznivý vplyv na reprodukciu/vývoj u ľudí (FR2: 24 až 100 GHz)	149
5.4.2	Nepriaznivý vplyv na reprodukciu/vývoj v štúdiách na pokusných zvieratách (FR2: 24 až 100 GHz)	149
6.	Závery	150
6.1	Telekomunikačné frekvencie FR1 450 MHz – 6000 MHz	150
6.1.1	Rakovina u ľudí	150
6.1.2	Rakovina u pokusných zvierat	150
6.1.3	Vplyv na reprodukciu a vývoj u ľudí	150
6.1.4	Vplyv na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat	150
6.2	Telekomunikačné frekvencie FR2: 24 až 100 GHz	150
6.2.1	Rakovina u ľudí	150
6.2.2	Rakovina u pokusných zvierat	150
6.2.3	Vplyv na reprodukciu/vývoj u ľudí	150
6.2.4	Vplyv na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat	150
6.3	Celkové hodnotenie	150
6.3.1	Rakovina	150
6.3.2	Vplyv na reprodukčný vývoj	151
7.	Možnosti politiky	152
7.1	Rozhodnutie pre novú technológiu mobilných telefónov, ktorá umožňuje znížiť vystavenie RF žiareniu	152
7.2	Revízia limitov expozície pre verejnosť a životné prostredie s cieľom znížiť expozíciu RF z mobilných vysieláčov	152
7.3	Prijatie opatrení na podporu znižovania vystavenia RF-EMF	153
7.4	Podpora multidisciplinárneho vedeckého výskumu zameraného na posúdenie dlhodobých zdravotných účinkov 5G a na nájdenie vhodnej metódy monitorovania vystavenia 5G	153
7.5	Podpora informačných kampaní o 5G	154
8.	Referencie	155
8.1	Všeobecné odkazy	155
8.2	Referencie k prehľadu o rakovine u ľudí	161
8.3	Referencie k prehľadu o rakovine u pokusných zvierat	169

8.4 Referencie k prehľadu o vplyvoch na reprodukciu a vývoj u ľudí _____ 171

8.5 Referencie k prehľadu o vplyvoch na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat 173

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 – História mobilných technológií _____	2
Obrázok 2 – 3G vs. 4G vs. 5G _____	2
Obrázok 3 – 5G vyžaduje iné frekvenčné pásma _____	4
Obrázok 4 – Stav spektra 5G podľa prehľadových tabuliek a aukcií v Európe _____	5
Obrázok 5 – Stav spektra 5G podľa aukcií v Európe (FR1: 700 MHz) _____	5
Obrázok 6 – Stav spektra 5G podľa aukcií v Európe (FR1: 3,4 – 3,8 GHz) _____	5
Obrázok 7 – Kritériá IARC pre celkové klasifikácie (dôkazy uvedené tučným kurzívou predstavujú základ celkového hodnotenia) (Zdroj: Preambula IARC, 2019) _____	19
Obrázok 8 – Kritériá pre celkové hodnotenie v tomto prehľade (FR1 a FR2) _____	20
Obrázok 9 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o rakovine (FR1) _____	24
Obrázok 10 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o rakovine pre FR2 _____	54
Obrázok 11 – Schéma. Rakovina v štúdiách na pokusných zvieratách FR1 _____	60
Obrázok 12 – Schéma. Rakovina v štúdiách na pokusných zvieratách FR2 _____	72
Obrázok 13 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu a vývoj FR1 _____	74
Obrázok 14 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu a vývoj FR2 _____	106
Obrázok 15 – Schéma postupu. Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat FR1 _____	112
Obrázok 16 – Schéma postupu. Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat (FR2) _____	140
Obrázok 17 – Švédsky národný register hospitalizovaných pacientov (zdroj: Hardell a Carlberg, 2017): muži _____	143
Obrázok 18 – Švédsky Nnl. (zdroj: Hardell a Carlberg, 2017): ženy _____	144
Obrázok 19 – Trendy vo výskyte všetkých malígnych nádorov mozgu v Anglicku _____	145

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (a)	35
Tabuľka 2 – Rakovina v epidemiologických ekologických štúdiách typu prípad-kontrola (450–6000 MHz) (a)	46
Tabuľka 3 – Rakovina v epidemiologických kohortových štúdiách (450–6000 MHz) (a)	47
Tabuľka 4 (súhrn 1–3) – Zozbierané údaje o rakovine v epidemiologických štúdiách (450–6000 MHz)	51
Tabuľka 5 – Rozsah frekvencií používaných v radarovej komunikácii	55
Tabuľka 6 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (24 až 100 GHz, MMW) (a)	56
Tabuľka 7 (Súhrn 6 a, b) – Súhrnná tabuľka epidemiologických štúdií o rakovine, FR2: 24–100 GHz	58
Tabuľka 8 – Rakovina u pokusných zvierat: dvojročné biologické testy rakoviny u myší (450–6000 MHz) (a)	66
Tabuľka 9 – Rakovina u pokusných zvierat: dvojročné testy na rakovinu u potkanov (450–6000 MHz) (a)	67
Tabuľka 10a – Rakovina u pokusných zvierat: myši náchylné na nádory (450–6000 MHz) (a)	68
Tabuľka 10b – Rakovina u pokusných zvierat: štúdie o podpore rakoviny u myší (450–6000 MHz) (a)	68
Tabuľka 11 (súhrnné tabuľky 8–10) – Zozbierané údaje z experimentálnych štúdií o rakovine (FR1: 450–6000 MHz)	69
Tabuľka 12 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prípadovo-kontrolné štúdie (450–6000 MHz) (a)	87
Tabuľka 13 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prierezové štúdie (450–6000 MHz) (v pracovnom prostredí) (a)	88
Tabuľka 14 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (a)	93
Tabuľka 15 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické prípadovo-kontrolné štúdie (450–6000 MHz) (a)	95
Tabuľka 17 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (a)	98
Tabuľka 18 (súhrnné tabuľky 12–17) – Zozbierané údaje pre epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu a vývoj (FR1: 450–6000 MHz)	104
Tabuľka 19 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prípadovo-kontrolné štúdie (24–100 GHz)(a)	108
Tabuľka 20 (súhrnné tabuľky 19 a, b) – Zozbierané údaje pre epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu a vývoj (FR2: 24–100 GHz)	110
Tabuľka 21 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samcov myší (450–6000 MHz) (a)	128
Tabuľka 22 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samíc myší (450–6000 MHz) (a)	129
Tabuľka 23 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samcov potkanov (450–6000 MHz) (a)	130
Tabuľka 24 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u samcov potkanov (450–6000 MHz) (a)	132

Tabuľka 25 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u myší (450–6000 MHz) (a) _____ 133

Tabuľka 26 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u potkanov (450–6000 MHz) (a) _____ 136

Tabuľka 27 (súhrn tabuľky 21–26) (a, b) – Zozbierané údaje pre experimentálne štúdie o vplyvoch na reprodukciu a vývoj (FR1: 450–6000 MHz) _____ 137

Zoznam skratiek

1G, 2G, 3G, 4G, 5G	Prvá až piata generácia telekomunikácií	2-ME	
	metoxyetanol		
3 β HSD	3 β -hydroxysteroiddehydrogenáza	17 β HSD	17 β -hydroxysteroiddehydrogenázy
	3GPPP	Projekt partnerstva	tretej generácie
ABCD	Štúdia detí narodených v Amsterdame	a ich vývoja	AKR/J kmeň
	myší		
ANSES	Francúzska agentúra pre potraviny, životné prostredie a bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci	AOR	pomerný rizikový pomer upravený o kovarianty
APD	ročná hustota výkonu		
AR	akrozómová reakcia		
ASP	ročný súhrnný výkon		
AUDIPOG	hodnotenie rastu novorodencov (skóre vyjadrené ako percentil)	B6C3F1/N	kmeň
	myší		
BALB/c	kmeň myší		
BAX	Bcl-2-asociovaný X		
BCL-2	B-bunkový lymfóm 2		
BCL-XL	B-bunka lymfóm – extra veľký		
BLL	Hladina olova v krvi		
BMI	index telesnej hmotnosti		
BS	základné stanice		
C3H/HeA	transgénná myš		
C57BL/6	kmeň myší		
CANULI	Z dánskeho výrazu „cancer og social ulighed“ (rakovina a sociálna nerovnosť), kohortová štúdia	CAT	kataláza
CEFALO	multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia		
CERENAT	multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia		
CDF	kumulatívna distribučná funkcia		
CDMA	prístup s kódovým rozdelením		
CGRP	peptid súvisiaci s génom kalcitonínu		
CI	interval spoľahlivosti		
CNS	centrálny nervový systém		
CRP	C-reaktívny proteín		
CW	nepretržitá vlna		
DECT	digitálne vylepšené bezdrôtové telekomunikácie		

DFI	index fragmentácie DNA
DNA	neoxyribonukleová kyselina
DNBC	Dánska národná kohorta narodených detí
ECHA	Európska chemická agentúra
EARTH	Štúdia o životnom prostredí a reprodukčnom zdraví EMF elektromagnetické pole
ENU	N-etyl-N-nitrozo-močovina
EPM	bludisko s vyvýšeným plusom
EPRS	Výskumná služba Európskeho parlamentu
Era	estrogénový receptor alfa
Erβ	estrogénový receptor beta
EÚ	Európska únia
Eμ-Piml	transgénná myš
F	samica
FCC	Federálna komisia pre komunikácie
FOEN	Federálny úrad pre životné prostredie
FOMA	sloboda prístupu k mobilným multimédiám
FR1	nižšie frekvenčné pásmo (450 MHz – 6 GHz)
FR2	vyššie frekvenčné pásmo (24 – 100 GHz)
FST	test núteného plávania
GA	kyselina gallová
GADD45	zastavenie rastu a poškodenie DNA 45
GBD	globálna záťaž spôsobená chorobami, úrazmi a rizikovými faktormi
GD	tehotenský deň
GERoNiMO	všeobecný výskum EMF s využitím nových metód GFAP kyslé proteíny gliálnych fibril
GHz	gigahertz
GIS	geografické informačné systémy
GSH	glutatión
GSH-Px	glutatiónperoxidáza
GSM	globálne systémy mobilnej komunikácie
GR	γ-žiarenie
H ₂ O ₂	peroxid vodíka
HSP70 (alebo 25, alebo 32): 70 (alebo 25, alebo 32)	kilodalton proteíny tepelného šoku
IARC	Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny
IATPF	Člen Medzinárodnej akadémie toxikologickej patológie
ICNIRP	Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením

ICR	kmeň myší
ICT	informačné a komunikačné technológie
IEC	Medzinárodná elektrotechnická komisia
IEEE	Inštitút elektrotechnických a elektronických inžinierov
IEMFA	Medzinárodná aliancia EMF IL-6
(alebo 10, alebo 32)	interleukín-6 (alebo 10, alebo 32)
ILO	Medzinárodná organizácia práce
INMA	Španielsky projekt pre životné prostredie a detstvo
INTERPHONE	súbor medzinárodných prípadovo-kontrolných štúdií
INTEROCC	medzinárodná prípadovo-kontrolná štúdia
IoT	internet vecí
ISTISAN	správa Talianskeho národného inštitútu zdravia (Istituto Superiore di Sanità) IRR
	pomerný index incidencie
ITA	Rakúsky inštitút pre technické vedy
IT'IS	Nadácia pre výskum informačných technológií v spoločnosti JECS Japonská štúdia o životnom prostredí a deťoch
kHz	kilohertz
LH	luteinizačný hormón
LTE	dlhodobá evolúcia
M	muž
MARHCS	Reprodukčné zdravie mužov v Čchung-čching – kohortová štúdia vysokoškolských študentov
MDA	malondialdehyd
MDI	index duševného vývoja
MEL	melatonín
MHz	megahertz
MIMO	antény s viacerými vstupmi a výstupmi MMP2 (alebo 14) matričná metalopeptidáza 2 (alebo 14)
MMW	milimetrové vlny
MoBa	prospektívna populačná kohortová štúdia tehotenstva MOCEH Kórejská štúdia o zdravotnom stave matiek a detí v súvislosti so životným prostredím MOE extrakt z moríngy
MPBS	základňové stanice mobilných telefónov
MW	milimetrové vlny
MWM	Morrisov vodný bludisko
NéHaVi	kohortová štúdia
NIR	neionizujúce žiarenie
NMRI	kmeň myší

NO	oxid dusnatý
NOS	syntáza oxidu dusnatého
NTP	národný toxikologický program
NTP TR	technická správa národného toxikologického programu
OECD	Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj OFT test v otvorenom
teréne	
OR	pomerný pomer
OSI	index oxidačného stresu
PARP	poly (ADP-ribóza) polymeráza
P21	inhibítor cyklín-dependentnej kinázy 1 P450sc enzým štiepiaci bočnú reťazec cholesterolu P53 tumorový proteín P53
PCNA	jadrový antigén proliferujúcich buniek
PD	hustota výkonu
PDI	index psychomotorického vývoja
PECO	populácia, expozícia, komparátor a výsledok
PEM	osobný expozimeter
PGE2	prostaglandín E2
PND	deň po pôrode
PRISMA-ScR	preferované položky pre systematické prehľady a metaanalýzy – rozšírenie pre orientačné prehľady
REACH	registrácia, hodnotenie, autorizácia a obmedzovanie chemických látok RF
rádiofrekvencia	
RFR	rádiové frekvenčné žiarenie
RF-EMF	rádiové elektromagnetické pole
RL	referenčná úroveň
ROS	reaktívne formy kyslíka
RR	relatívne riziko
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen SAR špecifická miera absorpcie
SCENIHR	Vedecký výbor Európskej komisie pre vznikajúce a novo identifikované zdravotné riziká
SCHIEER	Vedecký výbor pre zdravie, životné prostredie a nové riziká SDQ dotazník o silných stránkach a ťažkostiach
SEM	matica zdroj-expozícia
SF1	splicingový faktor 1
SOD	superoxiddismutáza
SPOCK3	PARC (osteonektín), proteoglykán 3 s doménami podobnými cwcv a kazal

SSM	Švédsky úrad pre radiačnú bezpečnosť	
SR	prehľadový článok	
StAR	akútny regulačný proteín steroidogenézy	
STOA	Panel Európskeho parlamentu pre budúcnosť vedy a techniky TAC	celková
antioxidačná kapacita		
TETRA	pozemná trunková rádiová sieť	
TSC	celkový počet spermíí	
TST	test zavesenia chvosta	
UE	užívateľské zariadenie	
UHF	ultravysoké frekvencie	
UMTS	univerzálny mobilný telekomunikačný systém	
UK	Spojené kráľovstvo	
V/m	volt/meter	
VEGF	vaskulárny endoteliálny rastový faktor	
W/kg	watt/kilogram	
WHO	Svetová zdravotnícka organizácia	

1. Úvod

1.1 Pozadie

V posledných desaťročiach sme boli svedkami bezprecedentného rozvoja technológií známych ako informačné a komunikačné technológie (IKT), medzi ktoré patrí bezdrôtová komunikácia využívaná v mobilných telefónoch a napríklad Wi-Fi využívajúce elektromagnetické polia (EMP). Prvá generácia prenosných mobilných telefónov bola k dispozícii koncom 80. rokov 20. storočia. Následne druhá (2G), tretia (3G) a štvrtá (4G, Long-Term Evolution = LTE) generácia dramaticky zvýšili svoju penetráciu v spoločnosti, takže dnes je v Európe viac zariadení ako obyvateľov. Okrem toho sa Wi-Fi a iné formy bezdrôtového prenosu dát stali všadeprítomnými a sú dostupné na celom svete. V súčasnosti začíname zavádzať do mobilných sietí ďalšiu generáciu RF, 5G. 5G nie je nová technológia, ale vývoj už existujúcich technológií G1 až G4.

1.2 Scenár expozície

1.2.1 Súčasný scenár expozície

Rôzne situácie vystavenia, ktoré môžu nastať pri intenzívnom zavádzaní telekomunikácií, boli podrobne opísané v monografii 102 Medzinárodnej agentúry pre výskum rakoviny (IARC, 2013). Monografia 102 sa zaoberá neionizujúcim žiarením v RF rozsahu elektromagnetického spektra, t. j. medzi 30 kHz a 300 GHz, čím zahŕňa frekvencie relevantné pre túto štúdiu.

Príslušné vlnové dĺžky (vzdialenosť medzi po sebe idúcimi vrcholmi vysokofrekvenčných vĺn) sa pohybujú v rozmedzí od 10 km do 1 mm. Elektromagnetické pole generované vysokofrekvenčnými zdrojmi interaguje s ľudským telom, čo vedie k indukcii elektrických a magnetických polí a súvisiacich prúdov vo vnútri telesných tkanív (IARC, 2013). Expozícia ľudí vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam (RF-EMF) môže nastať pri používaní osobných zariadení (napr. mobilných telefónov, bezdrôtových telefónov, Bluetooth a amatérskych rádii), z pracovných zdrojov (napr. vysokofrekvenčných dielektrických a indukčných ohrievačov a vysokovýkonných pulzných radarov) a zo zdrojov v prostredí, ako sú základňové stanice mobilných telefónov, vysielacie antény a lekárske aplikácie.

U pracovníkov pochádza väčšina expozície RF-EMF zo zdrojov v blízkosti poľa, zatiaľ čo všeobecná populácia je najviac vystavená vysielateľom v blízkosti tela, ako sú ručné zariadenia, napríklad mobilné telefóny. Expozícia zdrojom s vysokým výkonom v práci môže zahŕňať vyššiu kumulatívnu RF energiu uloženú v tele ako expozícia mobilným telefónom, ale lokálna energia uložená v mozgu je vo všeobecnosti nižšia.

Typická expozícia mozgu v dôsledku pôsobenia základňových staníc mobilných telefónov umiestnených na strechách alebo vežiach a televíznych a rozhlasových staníc je o niekoľko rádov nižšia ako v prípade mobilných telefónov využívajúcich systém globálnej mobilnej komunikácie (GSM). Priemerná expozícia pri používaní telefónov s technológiou DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) je približne päťkrát nižšia ako expozícia nameraná pri telefónoch GSM a telefóny tretej generácie (3G) vyžarujú v priemere asi 100-krát menej vysokofrekvenčnej energie ako telefóny GSM, ak sú signály silné. Podobne sa odhaduje, že priemerný výstupný výkon bezdrôtových hands-free súprav Bluetooth je asi 100-krát nižší ako výstupný výkon mobilných telefónov.

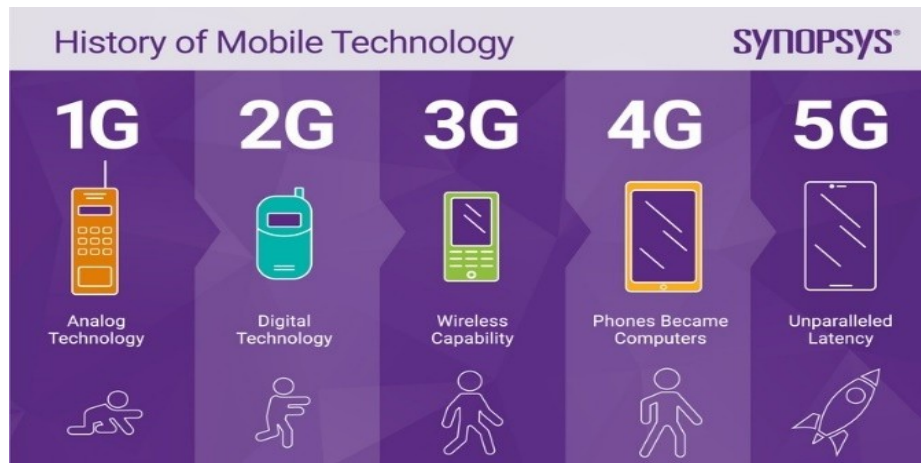
EMF generované zdrojmi RF sa spájajú s telom, čo má za následok indukované elektrické a magnetické polia a súvisiace prúdy vo vnútri tkanív. Najdôležitejšími faktormi, ktoré určujú takéto indukované polia, sú vzdialenosť zdroja od tela a úroveň výstupného výkonu (IARC, 2013). Blízke pole a vzdialené pole sú oblasti EMF okolo objektu, ako je vysielacia anténa, alebo výsledok rozptylu žiarenia od objektu. V blízkosti antény alebo rozptyľujúceho objektu (mobilného telefónu) prevládajú správania blízkeho poľa bez žiarenia, zatiaľ čo vo väčších vzdialenostiach prevládajú správania vzdialeného poľa elektromagnetického žiarenia (BC Center for Disease Control, 2013).

Okrem toho účinnosť väzby a výsledné rozloženie poľa vnútri tela silne závisí od frekvencie, polarizácie a smeru dopadu vlny na telo, ako aj od anatomických vlastností

osoba vystavená pôsobeniu, vrátane výšky, indexu telesnej hmotnosti, držania tela a dielektrických vlastností tkanív. Indukované polia v tele sú veľmi nerovnomerné, menia sa v rozpätí niekoľkých rádov veľkosti a vykazujú lokálne miesta s najvyššou intenzitou. Držanie mobilného telefónu pri uchu pri hlasovom hovore môže viesť k vysokým hodnotám špecifickej miery absorpcie RF energie (Specific Absorption Rate = SAR) v mozgu, v závislosti od konštrukcie a polohy telefónu a jeho antény vo vzťahu k hlave, spôsobu držania telefónu, anatómie hlavy a kvality spojenia medzi základňovou stanicou a telefónom. Pri používaní deťmi je priemerné ukladanie RF energie v mozgu dvakrát vyššie a v kostnej dreni lebky až desaťkrát vyššie v porovnaní s používaním mobilných telefónov dospelými. Používanie hands-free súprav znižuje expozíciu mozgu na menej ako 10 % expozície pri používaní pri uchu, ale môže zvýšiť expozíciu iných častí tela (IARC, 2013).





1.2.2 Scenár vystavenia technológii 5G

Obrázok 1 – História mobilných technológií



S blížiacim sa zavedením mobilných sietí 5G bude zabezpečená výrazne rýchlejšia mobilná širokopásmová rýchlosť a čoraz rozsiahlejšie využívanie mobilných dát. Technické inovácie zahŕňajú odlišný prenosový systém (MIMO: antény s viacerými vstupmi a výstupmi), smerový prenos alebo príjem signálu (beamforming) a využitie iných frekvenčných rozsahov. To je možné vďaka využitiu dodatočných vyšších frekvenčných pásiem (milimetrové vlny = MMW). 5G má byť křižovatkou komunikácií, od virtuálnej reality cez autonómne vozidlá až po priemyselný internet a inteligentné mestá. Okrem toho sa 5G považuje za základnú technológiu pre internet vecí (IoT), kde stroje komunikujú so strojmi. Zároveň sa očakáva zmena v expozícii ľudí a životného prostredia elektromagnetickým poľami (obrázky 1 a 2).

Obrázok 2 – 3G vs. 4G vs. 5G

		3G	4G	5G
	Deployment	2004-05	2006-10	2020
	Bandwidth	2mbps	200mbps	>1gbps
	Latency	100-500 milliseconds	20-30 milliseconds	<10 milliseconds
	Average Speed	144 kbps	25 mbps	200-400 mbps

Siete 5G budú fungovať v niekoľkých rôznych frekvenčných pásmach, z ktorých sa pre prvú fázu sietí 5G navrhujú nižšie frekvencie. Niektoré z týchto frekvencií (hlavne pod 1 GHz – ultra vysoké frekvencie, UHF) sa používali alebo sa v súčasnosti používajú pre skoršie generácie mobilnej komunikácie. Okrem toho sa v neskorších fázach vývoja tejto technológie plánuje používať aj oveľa vyššie RF.

Prevádzkové frekvencie v nízkych a stredných pásmach sa môžu prekryvať so súčasným pásmom 4G pri 6 GHz alebo nižšie. Biologické účinky RF žiarenia v týchto nižších frekvenčných pásmach sú preto pravdepodobne porovnateľné s 2G, 3G alebo 4G. Scenáre vysokopásmového 5G, najmä v rozsahu 24 GHz až 60 GHz v oblasti MMW pre vysokokapacitnú bezdrôtovú dátovú komunikáciu na krátke vzdialenosti, sú však relatívne nové a predstavujú značnú výzvu pre posudzovanie zdravotných rizík (Lin, 2020). Tieto posledné pásma sa tradične používali pre radarové a mikrovlnné spojenia (Simkò a Mattsonn, 2019) a len veľmi málo z nich bolo skúmaných z hľadiska ich vplyvu na ľudské zdravie.

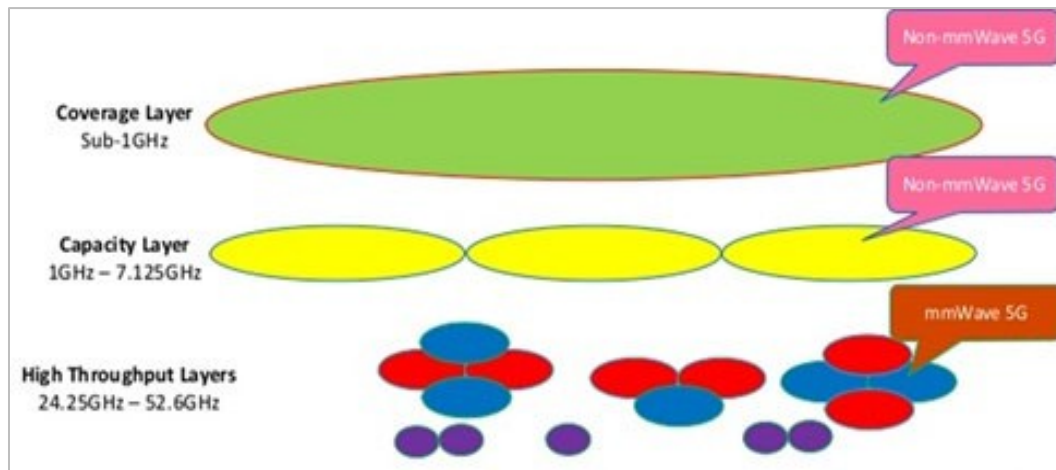
1.2.3 5G: formovanie lúča a MIMO

Nedávny nárast mobilného prevádzky v mikrovlnnom frekvenčnom pásme presunul pozornosť na široké MMW spektrum, ktoré bolo doteraz nedostatočne využívané. Až do zavedenia technológie 4G používala mobilná komunikácia frekvencie pod 3 GHz a predstava, že vyššie frekvencie (nad 3 GHz) podliehajú väčšiemu útlmu fyzickými prekážkami, viedla k tomu, že nižšie frekvencie sa javili ako spoľahlivejšie. Inteligentné formovanie lúča však zlepšuje pokrytie a znižuje rušenie na minimum. Technika dynamických rádiových stožiarov využívajúcich formovanie lúča v kombinácii s multi-user MIMO (MU-MIMO) tvorí základ 5G NR (New Radio); ich spoločná činnosť umožní podporovať o viac ako 1 000 zariadení na meter štvorcový viac ako v prípade 4G, čím sa mnohým ďalším používateľom budú odosielať ultrarýchle dáta s vysokou presnosťou a nízkou latenciou.

Technológia MIMO bola pôvodne vyvinutá pre aplikácie typu Single-User (SU-MIMO) s cieľom zvýšiť efektívnosť sietí LTE (4G). Čoskoro sa zistilo, že túto technológiu je možné rozšíriť aj na aplikácie typu Multi-User s cieľom obmedziť alebo predísť problému rušenia v rámci jednej bunky. To viedlo k sérii riešení známych pod názvom MU-MIMO (David a Viswanath, 2005). Na druhej strane, implementácia týchto technológií nevyhnutne vyvolala otázky týkajúce sa vplyvu na zdravie. Európsky parlament sa touto otázkou zaoberal v dokumente z roku 2019 týkajúcom sa stavu pokroku v distribúcii 5G v Európe, USA a Ázii:

„Objavujú sa vážne obavy z možného vplyvu na zdravie a bezpečnosť vyplývajúceho z potenciálne oveľa vyššej expozície vysokofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu spôsobenému technológiou 5G. Zvýšená expozícia môže vyplývať nielen z používania oveľa vyšších frekvencií v sieti 5G, ale aj z možnosti kumulácie rôznych signálov, ich dynamickej povahy a zložitých interferenčných efektov, ktoré môžu nastať, najmä v husto osídlených mestských oblastiach. Rádiové emisné polia 5G sa výrazne líšia od polí predchádzajúcich generácií vďaka komplexným prenosom s formovaním lúča v oboch smeroch – od základňovej stanice k mobilnému telefónu a späť. Hoci sú polia vysoko zamerané lúčmi, rýchlo sa menia v závislosti od času a pohybu, a preto sú nepredvídateľné, keďže úrovne a vzory signálov interagujú ako uzavretý systém. Toto ešte nebolo spoľahlivo zmapované pre reálne situácie mimo laboratória“ (Blackman a Forge, 2019).

Obrázok 3 – 5G vyžaduje rôzne frekvenčné pásma



Zdroj: Qualcomm, 2020

5G bude využívať široký rozsah rádiového spektra (obr. 4). Rozdeľuje sa do troch odlišných úrovní podľa potrieb používateľov:

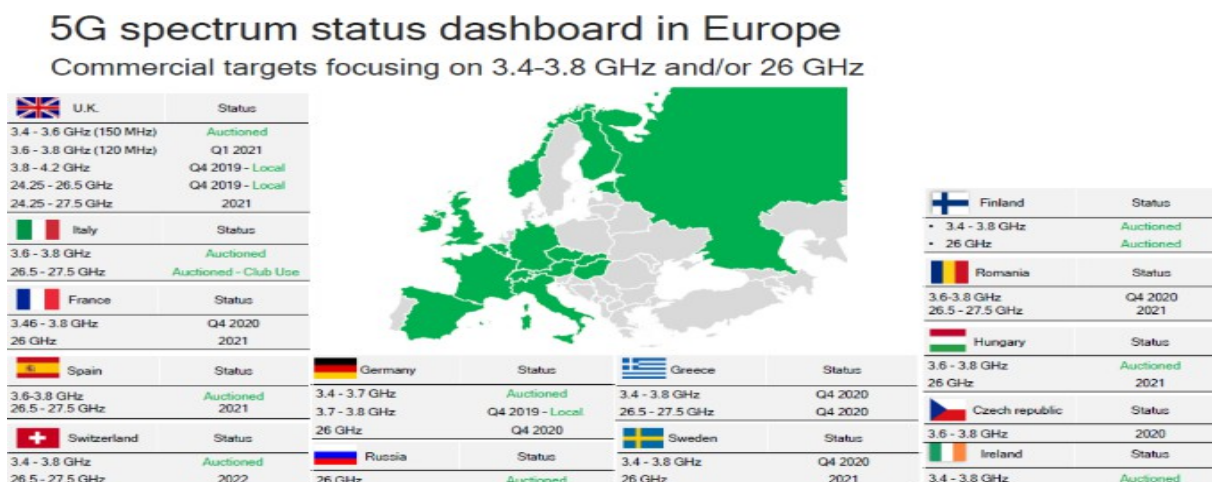
- „*vrstva pokrytia*“ s frekvenciami nižšími ako 1 GHz poskytuje široké pokrytie vonku a hlboké pokrytie vo vnútri budov. V podstate sa skladá z frekvenčného pásma používaného digitálnou televíziou, ktoré má dobré vlastnosti pri prenikaní cez prekážky. Tento systém nepoužíva formovanie lúča a z hľadiska riadenia je podobný rádiovým základňovým staniciam (RBS) využívajúcim technológiu 4G, hoci môže uplatňovať korekčný faktor (koeficient zníženia špičkového výkonu), ktorý zohľadňuje priemerný výkon používaný vysielačím systémom;

- „*vrstva pokrytia a kapacity*“ v pásme od 1 GHz do 6 GHz je jednou z hlavných novinek technológie 5G. Využíva systém Massive-MIMO, aby zabezpečila optimálny kompromis medzi pokrytím a kapacitou, t. j. rýchlosťou prenosu dát na jednotku frekvencie. Zahŕňa spektrum pásma C, približne 3,5 GHz. Toto nemilimetrové frekvenčné pásmo pracuje v režime formovania lúča, aby sa väčšina vyžiareného výkonu sústredila na cieľový terminál;

- „*super dátová vrstva*“, od 6 GHz až po frekvencie v pásme MMW (mikrovlnné pásmo) 30 GHz a viac, ponúka šírku pásma a rýchlosti prenosu dát, ktoré vyžaduje najvýkonnejší štandard IMT-2020 (International Mobile Telecommunications) v rámci sektora rádiokomunikácií Medzinárodnej telekomunikačnej únie (ITU-R). Toto frekvenčné pásmo využíva aj technológiu formovania lúča.

Hlavné frekvenčné pásma pre štandard 5G prijaté na celosvetovej úrovni. Technológia 5G nebude zameraná len na komunikáciu medzi ľuďmi, ale aj na prepojené automatizované systémy (Internet vecí) využívajúce elektromagnetické vlny na frekvencii patriacej do pásma 26,5–27,5 GHz. Frekvencia týchto elektromagnetických vln je taká vysoká, že nie sú schopné preniknúť budovami ani prekonať prekážky. „Výriešenie“ tohto problému si preto vyžaduje inštaláciu mnohých malých buniek s rozmermi od približne 10 metrov (v interiéri) až po niekoľko sto metrov (v exteriéri) – s dosahom výrazne menším ako makrobunky predchádzajúcich technológií, ktoré sa môžu rozprestierať na niekoľko kilometrov. V Európe možno celkový obraz zhrnúť tak, ako je uvedené na obr. 4, 5 a 6 (Zdroj: Qualcomm, 2020).

Obrázok 4 – Stav spektra 5G podľa prehľadu a aukcií v Európe



Obrázok 5 – Stav spektra 5G podľa aukcií v Európe (FR1: 700 MHz)



Obrázok 6 – Stav spektra 5G podľa aukcií v Európe (FR1: 3,4 – 3,8 GHz)



Nasim a Kim (2017) simulujú možný scenár vystavenia vysokofrekvenčnému žiareniu po zavedení 5G s využitím technológie formovania lúča. Autori sa domnievajú, že pri frekvenciách v milimetrovom a mikrovlnnom pásme, na ktorých budú s najväčšou pravdepodobnosťou fungovať budúce mobilné telekomunikačné systémy, môžu dve zmeny, ku ktorým pravdepodobne dôjde, zvýšiť obavy týkajúce sa vystavenia ľudských používateľov vysokofrekvenčným poliam. Po prvé, bude v prevádzke väčší počet vysielateľov. V dôsledku šírenia malých buniek (Rappaport et al., 2013; Agiwal, 2016; Al-Saadeh, 2017) a s tým súvisiacich mobilných zariadení bude nasadených viac základňových staníc (BS). Tým sa zvýši pravdepodobnosť vystavenia ľudí RF poliam. Po druhé, ako riešenie pre vyššie útlmové straty vo vyšších frekvenčných pásmach sa budú používať užšie lúče (Shakib, 2016; Zhang et al., 2017; Akdeniz et al., 2014). Veľmi malé vlnové dĺžky signálov MMW v kombinácii s pokrokom v oblasti RF obvodov umožňujú použitie veľmi veľkého počtu miniaturizovaných antén. Tieto systémy s viacerými anténami môžu byť použité na dosiahnutie veľmi vysokých ziskov. Autori uvádzajú, že ich článok je motivovaný skutočnosťou, že predchádzajúce práce sa dostatočne nezaoberali takýmto potenciálnym zvýšením rizika. Vo svojich záveroch autori uvádzajú:

„Táto štúdia poukázala na význam otázky vystavenia ľudí vysokofrekvenčnému žiareniu v smere nadol (downlink) v systéme mobilnej komunikácie. V štúdiu sa merali úrovne vystavenia vyjadrené ako PD a SAR a porovnali sa s hodnotami vypočítanými pre verziu 9, ktorá reprezentuje súčasnú technológiu mobilnej komunikácie. Na rozdiel od predchádzajúcich prác, ktoré sa zaoberali iba smerom nahor (uplink), táto štúdia zistila, že aj v smere nadol (downlink) v sieti 5G dochádza k výrazne vyšším hodnotám PD a SAR v porovnaní s verziou 9 [súčasný scenár vystavenia]. Naše výsledky zdôraznili, že tento nárast vyplýva z dvoch technických zmien, ktoré sa pravdepodobne vyskytnú v 5G: (i) väčší počet prístupových bodov (AP) v dôsledku nasadenia menších buniek a (ii) vyššia koncentrácia RF energie na jeden RF lúč v smere nadol v dôsledku použitia väčších fázovaných anténnych sústav. Na rozdiel od predchádzajúcich prác táto štúdia preto tvrdí, že RF polia generované v smere nadol v 5G môžu byť nebezpečné aj napriek šíreniu v diaľkovom poli. Preto autori vyzývajú k návrhu schém mobilnej komunikácie a sietí, ktoré prinútia AP vyhnúť sa generovaniu RF polí, ak je nasmerované na ľudského používateľa pod uhlom, ktorý vedie k nebezpečnej úrovni PD a SAR. Na tento účel článok identifikuje ako budúcu prácu rozvoj myšlienky techník, ktoré znižujú vystavenie ľudí RF poliam v 5G downlinkoch“ (Imtiaz a Seungmo, 2017).

Je potrebné poznamenať, že táto štúdia (Imtiaz a Seungmo, 2017) sa týkala iba frekvencie 5G 28 GHz, jednej z prvých, so simuláciou pripojenia iba jedného užívateľského zariadenia, pričom sa využívalo celé frekvenčné pásmo v statických a stacionárnych podmienkach.

Ďalšia štúdia (Baracca et al., 2018) zo skupiny Nokia, ktorá zohľadňuje základňové stanice (BS) s technológiou massive MIMO, navrhuje štatistický prístup k posudzovaniu podmienok vystavenia vysokofrekvenčnému žiareniu v okolí týchto staníc na základe 3D priestorového modelu kanála vyvinutého v rámci projektu Third Generation Partnership Project (3GPP), a hodnotí, ako je výkon zameraný v praktickom systéme, keď sa zohľadnia realistické predpoklady týkajúce sa distribúcie užívateľských zariadení (UE) a modelov prevádzky. Metodika spočíva vo vykonávaní simulácií systému, ktoré zohľadňujú realistické scenáre nasadenia z hľadiska výšky inštalácie, užívateľských zariadení, distribúcie zariadení a prevádzky, s cieľom vyhodnotiť kumulatívnu distribučnú funkciu (CDF) skutočného vysielacieho výkonu BS. *„Navrhovaný štatistický prístup prispieva k zlepšeniu výpočtových metód, ktoré už definovala Medzinárodná elektrotechnická komisia (IEC, 2017), a podporuje nasadenie masívnych MIMO základňových staníc pre 5G a ďalšie mobilné siete.“* Na záver autori zdôrazňujú, že: *„Všetky štatistické prístupy, vrátane nášho vlastného, hoci vychádzajú z realistických predpokladov, si v každom prípade vyžadujú doplnkové techniky, založené napríklad na riadení výkonu a adaptácii formovania lúča (Sambo et al., 2015), aby sa zabezpečilo splnenie obmedzení EMF na základňových stanicach pre všetky možné skutočné konfigurácie“.*

Pokiaľ ide o posudzovanie ožiarenia, Neufeld a Kuster (2018) vo svojom článku v časopise Health Physics vydali varovanie, v ktorom naliehavo žiadajú revíziu existujúcich noriem ožiarenia s kratšími časmi priemerovania, aby sa zohľadnili potenciálne tepelné poškodenia spôsobené krátkymi a silnými impulzmi: *„Bezdrôtové zariadenia s extrémne širokým pásmom pracujúce nad 10 GHz môžu prenášať dáta v impulzoch trvajúcich od niekoľkých milisekúnd až po sekundy. Hoci hodnoty hustoty výkonu priemerné v čase a priestore zostávajú v rámci prijateľných bezpečnostných limitov pre nepretržité vystavenie, tieto impulzy môžu viesť k krátkym teplotným výkyvom na koži vystavených osôb [Naše] výsledky tiež ukazujú, že pomer špičkovej hodnoty k priemernej hodnote 1 000 tolerovaný smernicami ICNIRP môže viesť k trvalému poškodeniu tkaniva už po krátkej expozícii, čo zdôrazňuje dôležitosť revízie existujúcich smerníc o expozícii“ (Neufeld a Kuster, 2018).*

Kenneth Foster z Pensylvánskej univerzity namietol, že ich tvrdenia neobstoja: „Keďže komunikačné technológie používané v praxi generujú impulzy s oveľa nižšou fluenciou než extrémne impulzy, s ktorými počítali Neufeld a Kuster, výsledné tepelné prechodové javy budú v každom prípade veľmi malé“ (Foster, 2019).

Istituto Superiore di Sanità (Taliánsky národný inštitút zdravia) vo svojej správe ISTISAN 2019 (dostupnej iba v taliančine) uznáva, že (preklad autora): „(...) na základe technických charakteristík základňových staníc [5G] by sa na účely správneho monitorovania expozície nemala brať do úvahy iba priemerná hodnota meraní elektromagnetických polí, ale spolu s maximálnymi úrovňami dosiahnutými počas krátkych období expozície. Tento aspekt si vyžaduje aktualizáciu vnútroštátneho práva, ktoré doteraz nezohľadňovalo krátkodobé expozície, ale iba nepretržitú expozíciu ako priemerné hodnoty v priebehu 6 minút [20 V/m, príležitostná expozícia] alebo 24 hodín [6 V/m, expozícia v domácnosti/na pracovisku viac ako 4 hodiny denne]“ (ISTISAN 19/11, 2019).

Neistota týkajúca sa posudzovania expozície zostáva nevyriešená. Vyššie uvedené dokumenty ukazujú, že otázka posudzovania expozície so zavedením 5G je zložitá, predovšetkým pokiaľ ide o monitorovanie neustálych zmien v aktivite základňových staníc (BS) aj užívateľov (UE) súvisiacich s technológiou MIMO, zatiaľ čo technické stanovisko k expozícii v novom scenári súvisiacom s emisiami 2G, 3G, 4G a 5G sa stále formuluje a je preto neisté. Hodnotenie expozície predstavuje ústrednú tému diskusie predtým, ako sa technológie MMW a MIMO rozšíria po celom svete.

1.3 Prehľad politických opatrení na medzinárodnej úrovni a v Európe

1.3.1 Medzinárodné organizácie

Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (Baan et al., 2011; IARC, 2013) klasifikovala RF-EMF ako „možno karcinogénne pre ľudí“ (skupina 2B).

Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) nedávno opätovne vyzvala na prejavenie záujmu o systematické prehľady (2020). WHO vykonáva posúdenie zdravotných rizík RF-EMF, ktoré bude uverejnené ako monografia v sérii Environmental Health Criteria Series. Táto publikácia doplní monografie o statických poliach (2006) a poliach s extrémne nízkou frekvenciou (2007) a aktualizuje monografiu o RF poliach uverejnenú v roku 1993 (WHO, 1993).

Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP) v marci 2020 uverejnila nové usmernenia, ktoré sa vzťahujú na viaceré nové technológie, vrátane 5G (ICNIRP, 2020a). Nové usmernenia zavádzajú nové a revidované obmedzenia týkajúce sa 5G. Na webovej stránke ICNIRP sú k dispozícii podrobné informácie o nových usmerneniach a rozdieloch medzi usmerneniami z roku 1998 a 2020. Usmernenia sa týkajú iba tepelných účinkov spôsobených 6-minútovou a 30-minútovou expozíciou RF-EMF, takže sa týkajú iba krátkodobej expozície. Bezpečnostné usmernenia pre aktuálne nasadenú technológiu 5G boli stanovené napriek tomu, že doteraz neboli vykonané dostatočné vedecké výskumy, zatiaľ čo recenzované vedecké poznatky o neteplotných účinkoch RF, ktoré sa už používajú, neboli vyhodnotené vo všetkých usmerneniach ICNIRP (ICNIRP, 2020c).

1.3.2 Európske organizácie a vlády (podľa rokov)

Rezolúcia Rady Európy č. 1815 zdôrazňuje, že: „Nezávislosť a dôveryhodnosť využívaných vedeckých posudkov má kľúčový význam pre transparentné a vyvážené posúdenie možných negatívnych vplyvov na ľudské zdravie a životné prostredie. Rezolúcia odporúča: prijať všetky primerané opatrenia na zníženie vystavenia EMF (najmä z mobilných telefónov) a najmä na ochranu detí a mladých ľudí, ktorí sa zdajú byť najviac ohrození vznikom nádorov hlavy; prehodnotiť vedecký základ súčasných noriem pre vystavenie elektromagnetickým poliám stanovených Medzinárodnou komisiou pre ochranu pred neionizujúcim žiarením, ktoré majú vážne obmedzenia; rozširovanie informácií a kampaní na zvyšovanie povedomia o rizikách potenciálne škodlivých dlhodobých biologických účinkov na životné prostredie a ľudské zdravie, zameraných najmä na deti, teenagerov a mladých ľudí v reprodukčnom veku; uprednostňovanie káblových internetových pripojení (pre deti vo všeobecnosti a najmä v školách) a prísne regulovanie používania mobilných telefónov žiakmi v areáli školy; zvýšenie verejného financovania nezávislého výskumu na hodnotenie zdravotných rizík.“ (Zhromaždenie Európskeho parlamentu, 2011)

Francúzska agentúra pre bezpečnosť potravín, životného prostredia a zdravia pri práci (ANSES) v roku 2013 „(...) vydáva odporúčania na obmedzenie vystavenia rádiovým frekvenciám, keďže obmedzené množstvo dôkazov poukazuje na rôzne biologické účinky u ľudí alebo zvierat. Okrem toho niektoré publikácie naznačujú možné zvýšené riziko nádorov na mozgu v dlhodobom horizonte u častých používateľov mobilných telefónov. Vzhľadom na tieto informácie a na pozadí rýchleho vývoja technológií a postupov ANSES odporúča obmedziť vystavenie obyvateľstva rádiovým frekvenciám – najmä z mobilných telefónov – a to najmä u detí a intenzívnych používateľov, a kontrolovať celkové vystavenie, ktoré vyplýva z reléových antén. Bude tiež ďalej rozvíjať svoju prácu v oblasti elektrošenzitívnych osôb, konkrétne preskúmaním všetkých dostupných francúzskych a medzinárodných údajov na túto tému, ktorá si zaslúži väčšiu pozornosť. Na obmedzenie vystavenia rádiovým frekvenciám, najmä u najzraniteľnejších skupín obyvateľstva, agentúra preto odporúča: - pre dospelých intenzívnych používateľov mobilných telefónov (v režime hovoru): používanie hands-free súprav a všeobecne pre všetkých používateľov uprednostňovanie nákupu telefónov s najnižšou hodnotou SAR; - zníženie vystavenia detí podporovaním iba mierneho používania mobilných telefónov; naďalej zlepšovať charakterizáciu vystavenia obyvateľstva vo vonkajšom a vnútornom prostredí prostredníctvom meracích kampaní; aby vývoj nových infraštruktúr mobilných telefónnych sietí podliehal predchádzajúcim štúdiám týkajúcim sa charakterizácie vystavenia a aby sa vykonala podrobná štúdia dôsledkov možného znásobenia počtu retranslačných antén s cieľom znížiť úroveň vystavenia v prostredí; - zdokumentovať podmienky týkajúce sa existujúcich zariadení, ktoré spôsobujú najvyššiu expozíciu verejnosti, a preskúmať, do akej miery je možné túto expozíciu znížiť technickými prostriedkami; - aby všetky bežné zariadenia vyžarujúce elektromagnetické polia určené na používanie v blízkosti tela (telefóny DECT, tablety, detské chůvičky atď.) uvádzali maximálnu úroveň generovanej expozície (napríklad SAR), ako je to už v prípade mobilných telefónov; nakoniec, s cieľom vyriešiť rôzne neistoty, ktoré zistila pri vykonávaní tejto práce, a okrem výskumných projektov, ktoré sa už realizujú v rámci Národného plánu výskumu v oblasti životného prostredia a zdravia pri práci, agentúra tiež vydáva sériu odporúčaní týkajúcich sa výskumu“ (ANSES, 2013).

Vedecký výbor Európskej komisie pre vznikajúce a novo identifikované zdravotné riziká (SCENIHR) mal za úlohu vyhodnotiť riziká elektromagnetických polí (EMF) a pravidelne preskúmať dostupné vedecké dôkazy s cieľom posúdiť, či naďalej podporujú limity expozície navrhnuté v odporúčaní Rady 1999/519/ES. Vo svojom najnovšom stanovisku z januára 2015 SCENIHR naznačil, že chýbajú dôkazy o tom, že žiarenie EMF ovplyvňuje kognitívne funkcie u ľudí alebo prispieva k nárastu prípadov rakoviny u dospelých a detí (SCENIHR, 2015). Medzinárodná aliancia pre EMF (IEMFA) však naznačila, že mnohí členovia SCENIHR by mohli mať konflikt záujmov, keďže mali profesionálne vzťahy s rôznymi telekomunikačnými spoločnosťami alebo od nich dostávali finančné prostriedky.

V dôsledku toho Vedecký výbor pre zdravie, životné prostredie a nové riziká (SCHEER), ktorý nahradil bývalý SCENIHR, vo svojom vyhlásení z decembra 2018 uviedol, že predbežný odhad významu 5G je vysoký. Okrem toho hodnotí rozsah, naliehavosť a interakcie (s ekosystémami a druhmi) možného ohrozenia ako vysoké. Naznačil, že prostredie 5G by mohlo mať biologické dôsledky, a to vzhľadom na skutočnosť, že chýbajú „(...) dôkazy, ktoré by slúžili ako podklad pre vypracovanie usmernení týkajúcich sa vystavenia technológii 5G“ (SCHEER, 2018).

V správe z júna 2017 Výskumná služba Európskeho parlamentu uviedla: „Nakoniec, vplyvy 5G na zdravie boli doteraz len málo skúmané, keďže väčšina doterajších štúdií sa týka predchádzajúcej generácie mobilných technológií. Podľa jednej nedávnej štúdie by sa to mohlo stať ďalším problémom, ak by 5G predstavovalo zdravotné riziká v dôsledku svojej koncentrácie v mestských oblastiach a hustého pokrytia, využívania oveľa vyšších mikrovlnných frekvencií a vysoko smerovej koncentrácie. V USA vyvolala obavy štúdia financovaná vládou z roku 2016, keďže v jej predbežných výsledkoch sa zistil výrazne vyšší výskyt zriedkavých nádorov mozgu a srdca u potkanov vystavených bezdrôtovému žiareniu. Aj ďalšie výskumy a publikácie z roku 2017 naznačujú, že dlhodobé používanie mobilných telefónov by mohlo zvýšiť riziko rakoviny mozgu. Najnovšie stanovisko, ktoré v roku 2015 zverejnila expertná skupina Komisie, a výskum Svetovej zdravotníckej organizácie však priamu súvislosť neuznávajú. Vo Francúzsku medzitým prehodnotenie bezdrôtového žiarenia dospelo k záveru, že je potrebné vyhodnotiť vplyv všetkých bezdrôtových zariadení na zdravie detí, a odporúča deťom iba mierne a pod dohľadom používanie. Táto zložitá otázka preto zostáva kontroverzná, kým prebieha ďalší výskum“ (EPRS, 2017).

V novšom dokumente EPRS sa uvádza: „Najnovšia odborná literatúra poukazuje na to, že nepretržité bezdrôtové žiarenie má zrejme biologické účinky, najmä vzhľadom na špecifické vlastnosti 5G: kombináciu mikrovln s veľmi vysokou frekvenciou (MMW), vyššiu frekvenciu, počet vysielateľov a počet pripojení. Rôzne štúdie naznačujú, že 5G by mohlo ovplyvňovať zdravie ľudí, rastlín, zvierat, hmyzu a mikroorganizmov – a keďže 5G je netestovaná technológia, opatrný prístup by bol na mieste“ (EPRS, 2020).

Spolkový úrad pre ochranu pred žiarením v Nemecku zverejnil správu, v ktorej sa uvádza, že: „O niekoľko rokov povedie 5G k vyšším frekvenciám. Ich účinky však ešte neboli dostatočne preskúmané. Spolkový úrad pre ochranu pred žiarením odporúča opatrné rozširovanie 5G a bude ďalej skúmať účinky nových frekvenčných pásiem“ (FORPG, 2019).

V roku 2020 uverejnila vedecká rada pre elektromagnetické polia (EMF) Švédskeho úradu pre radiačnú bezpečnosť (SSM) svoju 14. správu. Ide o konsenzuálnu správu, čo znamená, že všetci členovia vedeckej rady s ňou v plnom rozsahu súhlasia. Napriek tomu, že doteraz neboli preukázané žiadne zdravotné riziká spojené so slabými elektromagnetickými polami, úrad sa domnieva, že: „Ďalší výskum je dôležitý, najmä pokiaľ ide o dlhodobé účinky, keďže je vystavená celá populácia.“ Kľúčovou otázkou je tu ďalšie skúmanie vzťahu medzi vystavením rádiovým vlnám a oxidačným stresom pozorovaným v štúdiách na zvieratách a zistenie, či a do akej miery to môže ovplyvniť ľudské zdravie. Je tiež potrebné ďalej skúmať pozorované zníženie počtu spermií, životaschopnosti spermií a zníženie hladiny testosterónu v sére v dôsledku vystavenia semenníkov rádiovým vlnám v štúdiách na zvieratách, skôr ako bude možné vyvodit' akékoľvek závery týkajúce sa možných dôsledkov pre ľudské zdravie“ (SSM, 2020).

Rakúsky technologický inštitút (AIT) uvádza: „1) Elektromagnetické polia sa už pri predchádzajúcich generáciách mobilnej rádiovkej komunikácie považovali za potenciálne zdravotné riziko. V roku 2011 Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) klasifikovala žiarenie z mobilných telefónov ako „možno karcinogénne“. Odborníci o tejto téme dodnes diskutujú a názory na ňu sú veľmi kontroverzné. 2) 5G, najnovšia generácia mobilných sietí, sľubuje prenos väčšieho množstva dát s nižšou latenciou. Priemysel 4.0, hry s rozšírenou realitou alebo internet vecí sa spoliehajú na takýto vyšší výkon. 3) Posúdenie rizík a medzier vo vedomostiach umožňuje preventívnu reguláciu a obozretný prístup k 5G“ (Kastenhofer, 2020).

Holandská rada pre zdravie zverejnila v septembri 2020 svoje stanovisko k 5G a zdraviu. Tu je výber citátov zo správy: „Zavádzanie sietí 5G sa len začalo. Preto zatiaľ neexistujú žiadne štúdie o vplyve (dlhodobého) vystavenia elektromagnetickým poliam s frekvenciami vyhradenými pre 5G na zdravie“; „Podľa výboru nemožno vylúčiť, že výskyt rakoviny, znížená mužská plodnosť, nepriaznivé výsledky tehotenstva a vrodené chyby by mohli súvisieť s vystavením elektromagnetickým poliam RF. Výbor však považuje vzťah medzi vystavením a týmito a inými chorobami alebo stavmi za nepreukázaný ani pravdepodobný“; „Neexistujú takmer žiadne výskumy vplyvu vystavenia frekvenciám okolo 26 GHz“; „Výbor odporúča nepoužívať frekvenčné pásmo 26 GHz pre 5G, pokiaľ nebudú preskúmané potenciálne zdravotné riziká“; „Výbor odporúča používať najnovšie usmernenia Medzinárodnej komisie pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP) ako základ pre politiku vystavenia v Holandsku. Keďže nemožno vylúčiť, že expozícia podľa najnovších noriem ICNIRP môže mať tiež potenciálny vplyv na zdravie, výbor odporúča zaujať opatrný prístup a udržať expozíciu na čo najnižšej rozumne dosiahnuteľnej úrovni“. V tejto správe sa uvádzajú bežné nepriaznivé účinky expozície RF, ale ako záver výbor odporúča iba zaujať opatrný prístup (Rada pre zdravie Holandska, 2020).

Vo Švajčiarsku je Federálny úrad pre životné prostredie (FOEN) vládny orgánom zodpovedným za monitorovanie a vyhodnocovanie výskumu vplyvov neionizujúceho žiarenia (NIR) zo stacionárnych zdrojov na zdravie. Súčasťou tejto činnosti je informovanie a aktualizovanie verejnosti o súčasnom stave výskumu, ktorý tvorí základ pre regulačné limity v ovzduší uvedené vo švajčiarskej „vyhláske o ochrane pred neionizujúcim žiarením (NIR)“. V prípade spoľahlivých nových vedeckých poznatkov a skúseností by FOEN odporučil Švajčiarskej federálnej rade, aby tieto regulačné limity v ovzduší prispôbila. FOEN preto vymenoval poradnú skupinu švajčiarskych odborníkov z rôznych disciplín s vedeckou kompetenciou v oblasti EMF a NIR, ktorá začala svoju činnosť v júli 2014. Skupina sa nazýva BERENIS, čo je skratka príslušného nemeckého termínu. Odborníci BERENIS pravidelne prechádzajú vedeckú literatúru a hodnotia publikácie, ktoré považujú za relevantné pre ochranu ľudí pred potenciálne nepriaznivými

účinkov. V rámci činnosti skupiny BERENIS sa rieši aj neionizujúce žiarenie (NIR) pri frekvenciách nižších ako 10 GHz.

V špeciálnom vydaní spravodajcu BERENIS (BERENIS, 2021) je uvedené aktuálne zhodnotenie možnej súvislosti medzi oxidačným stresom a vystavením elektromagnetickým poliám (EMF) a ich predpokladanými účinkami na zdravie. Na tento účel boli identifikované a zhrnuté relevantné štúdie na zvieratách a bunkách, ktoré boli publikované v rokoch 2010 až 2020. Rozšírená správa, ktorá podrobnejšie predstavuje tieto nedávne štúdie, bude čoskoro uverejnená FOEN 1 (v čase vypracovania tejto správy ešte nebola k dispozícii). Spravodajský bulletin obsahuje skrátenú verziu správy, v ktorej sa uvádza: „Väčšina štúdií na zvieratách a viac ako polovica štúdií na bunkách poskytla dôkazy o zvýšenom oxidačnom strese spôsobenom RF-EMF (...). Tento názor vychádza z pozorovaní na veľkom počte typov buniek pri rôznych dobách expozície a dávkach (SAR [špecifická miera absorpcie] alebo intenzity poľa), a to aj v rozsahu regulačných limitov.“ Tento prehľad literatúry dokazuje, že jedným z mechanizmov, ktoré sú základom nepriaznivých účinkov RF-EMF, je oxidačný stres, pri ktorom vznikajú voľné radikály, ktoré narušujú celý rad rôznych funkcií (Yakymenko, 2016).

1.4 Biologické účinky iné ako tie, ktoré boli analyzované v tomto prehľade (FR1 aj FR2)

Tento prehľad sa zaoberá výlučne karcinogenitou a nepriaznivými účinkami na reprodukciu a vývoj súvisiacimi s vystavením vysokofrekvenčnému žiareniu, ktoré boli pozorované v epidemiologických štúdiách a štúdiách na laboratórnych zvieratách a ktoré boli publikované od roku 1945. Ak však chceme lepšie pochopiť vplyv vysokofrekvenčného žiarenia na ľudské zdravie, nemôžeme ignorovať skutočnosť, že boli zaznamenané aj iné biologické netepelné účinky. Stačí napríklad spomenúť prevahu výskumov publikovaných v rokoch 1990 až 2020, ktoré zistili rôzne významné účinky vystavenia rádiovému žiareniu. Celkovo 75 % (n = 711) z 944 analyzovaných štúdií o rádiovom žarení uvádza biologické účinky (Moskowitz, 2018).

Národný toxikologický program (NTP) zistil, že vystavenie RF-EMF súvisí so zvýšeným výskytom poškodenia DNA. Konkrétne zistili, že vystavenie RF-EMF súvisí so značným nárastom poškodenia DNA v čelnom kortexe mozgu u samcov myši, v krvných bunkách samíc myši a v hipokampe samcov potkanov. Existuje mnoho faktorov, ktoré ovplyvňujú, či poškodená DNA povedie k nádoru. NTP plánuje uskutočniť ďalšie štúdie, aby sa dozvedel viac o tom, ako môže RF-EMF spôsobiť poškodenie DNA (Smith-Roe et al., 2019). V štúdiách NTP boli pozorované aj ďalšie nepriaznivé účinky, vrátane zníženej pôrodnej hmotnosti, zlomenín reťazcov DNA v mozgových bunkách, čo potvrdzuje zistenia týkajúce sa rakoviny (Yakymenko, 2015), zvýšeného výskytu proliferatívnych lézií (hyperplázie) a zvýšeného výskytu kardiomyopatie pravej komory u samcov a samíc potkanov v súvislosti s expozíciou (NTP, 2018).

MMW, ktoré boli zriedkavo zahrnuté do vyššie uvedených štúdií, majú špecifické charakteristiky. MMW sa väčšinou absorbujú v hĺbke 1 až 2 milimetrov ľudskej kože a v povrchových vrstvách rohovky. Primárnymi cieľmi takéhoto žiarenia sú teda koža alebo zóny tkanív blízko povrchu. Keďže koža obsahuje kapiláry a nervové zakončenia, biologické účinky MMW sa môžu prenášať prostredníctvom molekulárnych mechanizmov kožou alebo nervovým systémom. Tepelné (alebo ohrievacie) účinky sa vyskytujú, keď je hustota výkonu vln vyššia ako 5–10 mW/cm² (Foster, 1998).

Takéto mikrovlny s vysokou intenzitou pôsobia na ľudskú pokožku a rohovku spôsobom závislým od dávky – najskôr vyvolávajú pocit tepla, pri vyšších dávkach nasleduje bolesť a fyzické poškodenie. Zvýšenie teploty ovplyvňuje rast, morfológiu a metabolizmus buniek, indukuje produkciu voľných radikálov a poškodzuje DNA. Len málo štúdií skúmalo dlhodobú expozíciu MMW s nízkou intenzitou a žiadny výskum sa nezamerával na expozíciu MMW v kombinácii s iným RF žiarením. Niektoré štúdie uvádzajú, že žiarenie inhibuje priebeh bunkového cyklu, a niektoré štúdie neuvádzajú žiadne biologické účinky (Le Drean et al., 2013).

(Ramundo-Orlando, 2010) poznamenal, že: „Veľký počet bunkových štúdií naznačil, že MMW môže meniť štrukturálne a funkčné vlastnosti membrán“. Vystavenie MMW môže ovplyvňovať plazmatickú membránu buď modifikáciou aktivity iónových kanálov, alebo modifikáciou fosfolipidovej dvojvrstvy. Zdá sa, že v týchto účinkoch zohrávajú úlohu aj molekuly vody. Kožné nervové zakončenia sú pravdepodobným cieľom MMW a možným východiskovým

mnohých biologických účinkov. MMW môžu aktivovať imunitný systém prostredníctvom stimulácie periférneho nervového systému (Ramundo-Orlando, 2010).

V roku 1998 vedci zamestnaní vo výskumných ústavoch americkej armády uverejnili prelomovú prehľadovú štúdiu o výskume mikrovln s veľmi vysokou frekvenciou (MMW). Uviedli: „Zvýšená citlivosť a dokonca aj precitlivosť niektorých jedincov na MMW môže byť skutočná. V závislosti od charakteristík expozície, najmä vlnovej dĺžky, vnímalo MMW žiarenie nízkej intenzity 8 až 30 % zdravých vyšetovaných osôb (Lebedeva, 1993, 1995). Niektoré klinické štúdie uvádzali hypersenzitivitu na MMW, ktorá bola alebo nebola obmedzená na určitú vlnovú dĺžku (Golovacheva, 1995). Treba si tiež uvedomiť, že biologické účinky dlhodobej alebo chronickej expozície MMW celého tela alebo veľkej časti tela neboli nikdy skúmané. Bezpečnostné limity pre tieto typy expozícií sú založené výlučne na predpokladoch o ukladaní energie a ohrievaní MMW, ale vzhľadom na nedávne štúdie tento prístup nemusí byť nevyhnutne adekvátny“ (Pakhomov et al., 1998).

V roku 1977 Zalyubovskaya uverejnila štúdiu, v ktorej skúmala účinky vystavenia myši milimetrovému žiareniu (37–60 GHz; 1 miliwatt na centimeter štvorcový) po dobu 15 minút denne počas 60 dní. Výsledky zo zvieracích pokusov boli porovnané so vzorkou ľudí pracujúcich s generátormi milimetrového žiarenia. Zhrnutie štúdie uvádza: „Morfológické, funkčné a biochemické štúdie vykonané na ľuďoch a zvieratách odhalili, že milimetrové vlny spôsobili zmeny v tele, ktoré sa prejavili štrukturálnymi zmenami kože a vnútorných orgánov, kvalitatívnymi a kvantitatívnymi zmenami zloženia krvi a kostnej drene a zmenami podmienených reflexných aktivít, tkanivového dýchania a aktivity enzýmov podieľajúcich sa na procesoch tkanivového dýchania a nukleového metabolizmu. Miera nepriaznivého vplyvu milimetrových vln závisí od dĺžky trvania ožiarenia a individuálnych charakteristík organizmu“ (Zalyubovskaya, 1977).

Mikroorganizmy sú tiež ovplyvňované žiarením v pásme MMW. V roku 2014 bol uverejnený prehľad o vplyve MMW na baktérie. Autori zhrnuli svoje zistenia takto: „(...) baktérie a iné bunky môžu medzi sebou komunikovať prostredníctvom elektromagnetického poľa v rozsahu sub-extrémne vysokých frekvencií. Tieto MMW ovplyvnili *Escherichia coli* a mnohé iné baktérie, hlavne tým, že potlačili ich rast a zmenili ich vlastnosti a aktivitu. Tieto účinky boli netermálne a záviseli od rôznych faktorov. Dôsledkom interakcie MMW s baktériami sú zmeny v ich citlivosti na rôzne biologicky aktívne chemikálie, vrátane antibiotík. Tieto účinky sú dôležité pre pochopenie zmenených metabolických dráh a rozlíšenie úlohy baktérií v prostredí; môžu viesť k rezistencii baktérií voči antibiotikám. Tieto účinky sú dôležité pre pochopenie zmenených metabolických dráh a rozlíšenie úlohy baktérií v prostredí; môžu viesť k rezistencii baktérií voči antibiotikám“ (Adebayo et al., 2014).

„Zmena citlivosti baktérií na antibiotiká v dôsledku ožiarenia mikrovlnami s vysokou frekvenciou (MMW) môže byť dôležitá pre pochopenie fenoménu rezistencie voči antibiotikám v životnom prostredí. V tejto súvislosti je zaujímavé, že baktérie, ktoré prežili v blízkosti telekomunikačných staníc, ako sú *Bacillus* a *Clostridium* spp., sa ukázali ako multirezistentné“ (Soghomonyan et al., 2016).

V nedávno publikovanej štúdií sa zistilo, že: „Celkovo možno konštatovať, že ožiarenie vody mikrovlnami MW [pulzné vysokovýkonné mikrovlny s frekvenciou 3,5 GHz] môže výrazne zmeniť bunkovú fyziológiu, zatiaľ čo ožiarené médiá a pufrované fyziologické roztoky vyvolávajú zanedbateľné alebo irelevantné zmeny, ktoré nemajú vplyv na zdravie buniek“ (Bhartiya et al., 2021).

Vieme však, že existujú atermické biologické reakcie. Niektoré frekvencie sa už skutočne využívajú na terapeutické účely v mnohých medicínskych odboroch. Patrí sem okrem iného regenerácia nervov, hojenie rán, správanie sa transplantátov, cukrovka a ischémia srdcového svalu a mozgu (infarkt a mozgová príhoda). Niektoré štúdie dokonca naznačujú možné prínosy pri liečbe zhubných nádorov. Na terapeutické účely sa používajú striedavé elektrické polia s nízkou intenzitou a strednou frekvenciou (polia na liečbu nádorov), ktoré sa zameriavajú na deliace sa bunky v glioblastome multiforme (malígný nádor mozgu), pričom vo všeobecnosti nepoškodzujú normálne bunky (Guo et al., 2011; Zimmerman et al., 2013; Alphandéry, 2018).

Keďže každý liek môže mať aj nežiaduce účinky, pri posudzovaní rizík by sa mali zohľadniť aj netepelné nežiaduce účinky RF-EMF. V súhrne recenzované výskumy ukazujú, že krátkodobá expozícia žiareniu MMW nielenže ovplyvňuje ľudské bunky, ale môže tiež viesť k zmenám v citlivosti baktérií škodlivých pre človeka a rôznych biologicky aktívnych chemikálií, vrátane antibiotík.

Keďže bolo vykonaných len málo výskumov týkajúcich sa zdravotných dôsledkov dlhodobej expozície MMW, rozsiahle zavádzanie infraštruktúry 5G predstavuje masívny experiment, ktorý môže mať nepriaznivé vplyvy na verejné zdravie. Bohužiaľ, len málo štúdií skúmalo dlhodobú (dlhodobú) expozíciu MMW s nízkou intenzitou a žiadny výskum, o ktorom vieme, sa nezameral na expozíciu MMW v kombinácii s iným RF zariadením.

1.5 Spoločenské konflikty súvisiace s 5G

Ďalším aspektom diskusie o 5G je spoločenská polarizácia. V súčasnosti tvrdia tak aktivisti hnutia „Stop 5G“, ako aj zástancovia 5G, že existujú tisíce štúdií o vplyve vysokofrekvenčného žiarenia používaného v bezdrôtovej komunikácii a súvisiacich elektromagnetických polí na zdravie. Aktivisti tvrdia, že štúdie poukazujú na množstvo rôznych škodlivých účinkov na zdravie, zatiaľ čo zástancovia 5G tvrdia, že štúdie nepreukazujú žiadne nepriaznivé účinky na zdravie. Obidve strany sa odvolávajú na EMF Portal, špecializovanú databázu v Nemecku: *„Internetová informačná platforma EMF-Portal Univerzity RWTH v Aachene systematicky zhrňuje vedecké výskumné údaje o účinkoch elektromagnetických polí (EMF). Všetky informácie sú k dispozícii v angličtine aj nemčine. Jadrom portálu EMF-Portal je rozsiahla databáza s inventárom 32 119 publikácií a 6 805 zhrnutí jednotlivých vedeckých štúdií o účinkoch EMF“* (domovská stránka portálu EMF-Portal). Počet 32 119 publikácií (k 20. októbru 2020) zahŕňa štúdie všetkých typov biologických a technických koncových bodov týkajúcich sa všetkých EMF pochádzajúcich z RF. Zbierka štúdií týkajúcich sa frekvencií 5G MMW je však skromná (okolo 100) a z väčšej časti sa týka technických/dozimetrických štúdií. V dôsledku toho sú obe tvrdenia, či už o prítomnosti alebo absencii škodlivých účinkov, týkajúce sa bezpečnosti 5G MMW založené na predpokladoch, nie na vedeckých dôkazoch.

Tému sociálnych konfliktov podrobne rozoberá Leszczynski (2020). Je zrejmé, že situácia, v ktorej by sa malo využívať 5G, je na jednej strane plná neistoty, na druhej popierania a na tretej prehnaneho panikárstva.

2. Ciele štúdie a metodika

Cieľom tohto prehľadu je vyhodnotiť súčasný stav poznatkov o netermických účinkoch týkajúcich sa karcinogénnych aj reprodukčných/vývojových rizík RF-EMF využívaných v 5G, ako vyplývajú z experimentálnych štúdií in vivo a epidemiologických štúdií, pričom sa osobitne zohľadňujú frekvencie 700–3600 MHz a 26 000 MHz.

2.1 Odôvodnenie

Tento prehľad aktuálne dostupných vedeckých dôkazov sa zameriava na karcinogénne aj reprodukčné/vývojové účinky RF z telekomunikačných systémov mobilných telefónov využívajúcich siete 2–5G, a to na základe in vivo štúdií na zvieratách aj epidemiologických štúdií na ľuďoch.

Hodnotenú štúdiu boli rozdelené do dvoch skupín:

1) Štúdie hodnotiace zdravotné účinky RF v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR) (FR1: 450 až 6000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v existujúcich 2. až 4. generáciách širokopásmových mobilných sietí. Súčasné dôkazy zo štúdií 1G–4G sú najlepšie dôkazy, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii. Štúdie boli hodnotené pomocou naratívnych metód.

2) Štúdie hodnotiace vplyvy vysokofrekvenčného žiarenia (RF) vo vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz – MMW) na zdravie. Vyššie frekvencie sú nové, doteraz sa nepoužívali v mobilnej komunikácii a sú špecifické pre novú technológiu 5G; vyznačujú sa osobitnými fyzikálnymi vlastnosťami a interakciami s biologickou hmotou (nižšia penetrácia, vyššia energia atď.): boli posudzované samostatne metódou prehľadovej štúdie.

Prehľadové štúdie majú veľký význam pri hodnotení výskumných dôkazov a často sa používajú na kategorizáciu alebo zoskupovanie existujúcich vedeckých dôkazov v danej oblasti z hľadiska ich povahy, kvality, ďalších vlastností a objemu. Tento prehľad bol vykonaný za predpokladu dodržiavania zásad transparentnosti, reprodukovateľnosti a dôslednosti. To sa dosiahlo prijatím rozšírenia Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA-ScR) pre prehľady ako metodického rámca tejto práce. Na každej fáze tohto prehľadu pracovali nezávisle najmenej dvaja recenzenti: jednotnosť a štandardizácia pri rozhodovaní bola dosiahnutá prostredníctvom diskusie a dosiahnutia konsenzu medzi recenzentmi. Rozlišuje sa medzi naratívny prehľadom (FR1) a prehľadom rozsahu (FR2), ale výberové a hodnotiace kritériá uvedené pre prehľady rozsahu boli prijaté pre obe vyhľadávania a pre zaradenie/vylúčenie štúdií o rakovine a reprodukčných/vývojových biologických koncových bodoch.

2.1.1 Rakovina

Epidemiologické štúdie sú potenciálne náchylné na viacero rôznych zdrojov chýb. Kvalita štúdií bola posúdená v rámci procesu prehľadu a zohľadnené boli všetky informatívne štúdie. Informativnosť štúdie spočíva v jej schopnosti preukázať skutočnú súvislosť, ak existuje, medzi daným činiteľom a rakovinou, alebo naopak absenciu súvislosti, ak žiadna neexistuje. Kľúčové determinanty informativnosti zahŕňajú: dostatočnú veľkosť študovanej populácie na získanie presných odhadov účinku; dostatočný časový odstup od expozície po meranie výsledku, aby bol prípadný účinok pozorovateľný; prítomnosť adekvátneho kontrastu expozície (intenzita, frekvencia a/alebo trvanie); biologicky relevantné definície expozície; a relevantné a jasne definované časové okná pre expozíciu a výsledok (Preambula IARC, 2019).

Ako sa uvádza v preambule IARC, väčšina ľudských karcinogénov, ktorých karcinogenita bola dostatočne preskúmaná na pokusných zvieratách, vykazovala pozitívne výsledky u jedného alebo viacerých druhov zvierat. U niektorých látok bola karcinogenita u pokusných zvierat preukázaná skôr, ako epidemiologické štúdie identifikovali ich karcinogenitu u ľudí. Hoci takéto pozorovanie nemôže potvrdiť, že všetky látky, ktoré spôsobujú rakovinu u pokusných zvierat, spôsobujú rakovinu aj u ľudí, je biologicky pravdepodobné, že látky, pre ktoré existujú dostatočné dôkazy o karcinogenite u pokusných zvierat, by mali predstavovať karcinogénne riziko pre ľudí (preambula IARC, 2019).

V rámci tohto prehľadu boli zohľadnené všetky dostupné dlhodobé štúdie rakoviny u pokusných zvierat v súvislosti s RF-EMF po dôkladnom vyhodnotení charakteristik štúdií. Štúdie, ktoré sme posúdili ako irelevantné pre hodnotenie alebo ako nedostatočné (napr. príliš krátka dĺžka trvania, príliš malý počet zvierat, nízka miera prežitia; posúdenie expozície atď.), boli vynechané. Boli uverejnené usmernenia na vykonávanie dlhodobých experimentov s karcinogenitou (napr. OECD, 2018a) a ich kritériá boli zohľadnené ako referenčný rámec na posúdenie primeranosti štúdií.

Pokiaľ ide o štúdie týkajúce sa rakoviny v súvislosti s vysokofrekvenčným žiarením (RF), a to ako epidemiologické, tak experimentálne, v uplynulých desaťročiach už boli vykonané komplexné prehľady odbornej literatúry; konkrétne odkazujeme na monografiu IARC č. 102, ktorá sa zaoberala rozsahom vysokofrekvenčného žiarenia 30 kHz – 300 GHz. V máji 2011 sa 30 vedcov zo 14 krajín stretlo v IARC v Lyone vo Francúzsku, aby posúdili karcinogenitu RF-EMF. Tieto posudky boli uverejnené ako zväzok 102 monografií IARC. Zhrnutie záverov pracovnej skupiny a odôvodnenie hodnotenia spolu so štúdiami podporujúcimi tieto závery bolo uverejnené v máji 2011 (Baan et al., 2011), úplná monografia bola uverejnená v apríli 2013 (IARC, 2013).

Príprava monografie IARC o vysokofrekvenčnom žiarení bola naplánovaná tak, aby zahŕňala výsledky rozsiahlej medzinárodnej prípadovo-kontrolnej štúdie INTERPHONE o používaní mobilných telefónov (uskutočnenej v rokoch 2003 – 2004; uverejnenej v roku 2010). Rozhodli sme sa preto prijať publikáciu IARC Monografia 102 (IARC, 2013) ako „kľúčový referenčný zdroj“, na základe ktorého sme aktualizovali údaje z roku 2011 na rok 2020 a následne vypracovali túto správu. Po zhromaždení a preskúmaní pôvodných prác súvisiacich s analýzou IARC z roku 2011, uverejnených v roku 2013 a citovaných v celom texte ako (IARC, 2013), sme zohľadnili ich hodnotiace kritériá, aby sme sa nimi riadili pri neskorších hodnoteniach, a zhromaždili sme všetky relevantné práce od roku 2011 podľa tých istých kritérií.

Po výbere a preskúmaní dostupnej literatúry podľa kritérií opísaných nižšie, v súlade s prehľadovým hodnotením, sme aktualizovali tabuľky IARC (2013) na rok 2020. Vybrané štúdie sú v podobe abstraktov zahrnuté v texte a v tabuľkách v kapitole „Hodnotenie jednotlivých štúdií“, rozdelené podľa skúmaného koncového bodu a charakteristik štúdie. Každá štúdia je očíslovaná v rovnakom poradí v abstrakte aj v príslušnej tabuľke. V súhrnných tabuľkách sú štúdie klasifikované bez konkrétnych komentárov, ale len ako primerané/neprimerané z hľadiska veľkosti vzorky, dizajnu štúdie, posúdenia expozície a, ak sú primerané, pozitívnych/negatívnych/nejednoznačných výsledkov:

- *Adekvátne*: žiadne významné kvalitatívne alebo kvantitatívne obmedzenia.
- *Neadekvátne*: štúdiu ovplyvňujú významné kvalitatívne alebo kvantitatívne obmedzenia, nie je platná na preukázanie prítomnosti alebo neprítomnosti špecifických nežiaducich účinkov.

Ak je štúdia adekvátna:

- *Pozitívne*: štatisticky významný nárast konkrétnej patológie v súvislosti s vystavením RF-EMF.
- *Nejednoznačné*: preukázaný nepriaznivý účinok, ktorý sa prejavuje marginálnym nárastom (štatisticky nevýznamným nárastom) konkrétnej patológie, ktorá môže súvisieť s RF-EMF.
- *Negatívne*: žiadny nárast špecifických patológií súvisiaci s RF-EMF.

2.1.2 Reprodukcia/vývoj

Keďže k dnešnému dňu neexistuje žiadny adekvátny, rozsiahly prehľad štúdií o vplyvoch na reprodukciu/vývoj, bol vykonaný takýto prehľad všetkých štúdií publikovaných v rokoch 1945 až 2020. Po výbere a preskúmaní literatúry podľa kritérií opísaných nižšie sme údaje do roku 2020 zhrnuli do špecifických tabuliek.

Pokiaľ ide o štúdie na zvieratách, s cieľom vybrať iba informatívne štúdie sa ďalší výber štúdií zakladal na usmerneniach NTP Modified One Generation Study a OECD 443, posúdených v roku 2014 (Foster et al., 2014), plánovaných s cieľom skúmať pokusné zvieratá (hlodavce) z hľadiska dôkazov vývojovej patológie, endokrinných disruptorov, ženskej reprodukcie, mužskej reprodukcie a reprodukčného systému.

Návrh štúdie podľa usmernení počíta s minimálne 10 zvieratami na pohlavie a skupinu, aby sa dosiahli štatisticky spoľahlivé výsledky.

Abstrakty vybraných štúdií sú zahrnuté v texte a tabuľkách v kapitole „Hodnotenie jednotlivých štúdií“, rozdelené podľa skúmaného koncového bodu a charakteristik štúdie. Každá štúdia je očíslovaná a prezentovaná v rovnakom poradí ako v príslušnej tabuľke. V súhrnných tabuľkách sú štúdie klasifikované bez konkrétnych komentárov, ale len ako primerané/neprimerané z hľadiska veľkosti vzorky, dizajnu štúdie, posúdenia expozície a, ak sú primerané, pozitívnych/negatívnych/nejednoznačných výsledkov:

- *Adekvátne*: bez významných kvalitatívnych alebo kvantitatívnych obmedzení.
- *Nedostatočné*: štúdiu ovplyvňujú závažné kvalitatívne alebo kvantitatívne obmedzenia; nie je platná na preukázanie prítomnosti ani neprítomnosti konkrétnych nežiaducich účinkov.

Ak je štúdia adekvátna:

- *Pozitívne*: štatisticky významný nárast špecifickej patológie v súvislosti s expozíciou RF-EMF.
- *Nejednoznačné*: preukázaný nežiaduci účinok, ktorý vykazuje marginálny nárast (štatisticky nevýznamný nárast) špecifickej patológie, ktorá môže súvisieť s RF-EMF.
- *Negatívne*: žiadny nárast špecifických patológií súvisiaci s RF-EMF.

2.2 Stratégia vyhľadávania

Najskôr bol vykonaný výber najvhodnejších kľúčových slov:

Expozícia: EMF; RF; 5G; vysokofrekvenčné žiarenie; vysoká frekvencia; elektromagnetické pole; elektromagnetické žiarenie.

Populácia (zvieratá): in vivo; experimentálne; zvieratá; hlodavce; potkany; myši.

Populácia (ľudia): epidemiologická; observačná; prierezová; prípadová kontrola; pracovníci; vojaci; populácia.

Výsledok (karcinogénne účinky): rakovina; nádor.

Výsledok (reprodukčné účinky): reprodukčný; vývoj; plodnosť; sperma; vaječník; tehotenstvo; anogenitálny; estrus.

Na základe kľúčových slov boli pripravené nasledujúce vyhľadávacie reťazce na zber všetkých relevantných štúdií z PubMed, hlavnej databázy, ktorá obsahuje viac ako 30 miliónov citácií biomedicínskej literatúry z MEDLINE, časopisov z oblasti prírodných vied a online kníh. Citácie môžu obsahovať odkazy na plné znenie textu z PubMed Central a webových stránok vydavateľov.

Štúdie na ľuďoch, karcinogénne účinky

((epidemiologický* ALEBO pozorovanie* ALEBO „pričný rez“ ALEBO „prípadová kontrola“ ALEBO pracovník ALEBO vojenský ALEBO populácia ALEBO dieťa ALEBO zamestnanec*) A (EMF ALEBO RF ALEBO 5G ALEBO „rádiové frekvenčné žiarenie“ ALEBO rádiová frekvencia ALEBO „elektromagnetické pole“ ALEBO „elektromagnetické žiarenie“) A (rakovina ALEBO nádor)) NIE (terapia ALEBO ablácia).

Štúdie in vivo (hlodavce), karcinogénne účinky

((„in vivo“ ALEBO experimentálne ALEBO zvieracie ALEBO hlodavec* ALEBO potkan ALEBO myš ALEBO myši ALEBO škrečok* ALEBO králik*) A (EMF ALEBO RF ALEBO 5G ALEBO „rádiové frekvenčné žiarenie“ ALEBO rádiová frekvencia ALEBO „elektromagnetické pole“ ALEBO „elektromagnetické žiarenie“) A (rakovina ALEBO nádor)) A NIE (terapia ALEBO ablácia)

Štúdie na ľuďoch, vplyvy na reprodukciu a vývoj

((epidemiologický* ALEBO pozorovanie* ALEBO „pričný rez“ ALEBO „prípádová kontrola“ ALEBO pracovník ALEBO vojenský ALEBO populácia ALEBO dieťa ALEBO zamestnanec*) A (EMF ALEBO RF ALEBO 5G ALEBO „rádiové frekvenčné žiarenie“ ALEBO rádiová frekvencia ALEBO „elektromagnetické pole“ ALEBO „elektromagnetické žiarenie“) A (reprodukčný ALEBO vývoj ALEBO plodnosť ALEBO spermia ALEBO vaječník ALEBO tehotenstvo ALEBO „anogenitálny“ ALEBO estrus)) NIE (terapia OR ablácia)

In vivo (hlodavce) a vplyvy na reprodukciu a vývoj

((„in vivo“ ALEBO experimentálne ALEBO zvieracie ALEBO hlodavec* ALEBO potkan ALEBO myš ALEBO myši ALEBO škrečok* ALEBO králik*) A (EMF ALEBO RF ALEBO 5G ALEBO „rádiové frekvenčné žiarenie“ ALEBO rádiová frekvencia ALEBO „elektromagnetické pole“ ALEBO „elektromagnetické žiarenie“) A (reprodukčné ALEBO vývojové ALEBO plodnosť ALEBO spermie ALEBO vaječník ALEBO tehotenstvo ALEBO „anogenitálne“ ALEBO estrus)) NOT (terapia OR ablácia).

Systematicky sme vyhľadávali potenciálne vhodné záznamy v elektronickej akademickej databáze PubMed a na portáli EMF Portal. Vyhľadávanie v PubMed prebehlo 24. februára 2020 v prípade epidemiologických a experimentálnych štúdií karcinogenity a 20. júla 2020 v prípade epidemiologických a experimentálnych štúdií o reprodukčných výsledkoch – všetky vyhľadávania boli aktualizované na portáli EMF Portal v januári 2021. Prvých 100 výsledkov získaných z Google a Google Scholar bolo vyhodnotených s cieľom overiť, či sa medzi nimi nenachádzajú relevantné, neopakujúce sa výsledky. Na ten istý účel sme skontrolovali aj bibliografie vybraných štúdií. Nakoniec sme požiadali odborníkov v danej oblasti, aby revidovali naše zoznamy a navrhli ďalšie relevantné štúdie.

2.3 Výber relevantnej literatúry

Na jasné vymedzenie rozsahu tejto práce a následne kritérií výberu literatúry boli prijaté kritériá „Populácia, expozícia, komparátor a výsledok“ (vyhlásenie PECO, Morgan et al. 2018) podľa:

Populácia: populácia vystavená RF zo štúdií in vivo, najmä experimentálnych biologických testov na hlodavcoch, keďže predstavujú modely s najvyššou prediktívnou hodnotou pre ľudské zdravie, a pracovníci a všeobecná populácia zahrnutí do epidemiologických štúdií;

Expozícia: expozícia RF používanému v sieťach 5G, najmä frekvenciám, ktoré boli stanovené ako štandardné pre použitie v Európskej únii: 450 MHz až 6 GHz a 24 až 100 GHz.

Komparátor: neošetrená populácia (kontrolné skupiny) z experimentálnych biologických testov na hlodavcoch a, ak to bolo k dispozícii, skupiny zdravých alebo neexponovaných kontrolných skupín z epidemiologických štúdií;

Typ výsledku: zdravotné účinky, ktoré vyvolávajú osobitné obavy a ktoré boli spojené s expozíciou RF, a to konkrétne účinky na reprodukciu a karcinogénne účinky (Vornoli et al., 2019).

Pri prehľade sme zohľadnili všetky typy dizajnu štúdií; neoriginálne štúdie, listy a komentáre neboli zohľadnené. Zohľadnili sme recenzované články v angličtine, publikované v období od roku 1945 do januára 2021. Angličtina je najpoužívanejší jazyk pre vedecké publikácie a články v iných jazykoch majú zvyčajne k dispozícii abstrakt v angličtine.

2.4 Proces výberu

Proces výberu sa uskutočnil pomocou online aplikácie na systematické prehľady Rayyan QCRI. Výber literatúry vykonali dvaja recenzenti, ktorí nezávisle preskúmali všetky referencie v dvoch krokoch: v prvom kroku sa rozhodnutie o vylúčení/zaradení zakladalo na názve a abstrakte; v druhom kroku sa dôkladne preskúmali plné texty potenciálne relevantných článkov s cieľom overiť súlad s uvedenými kritériami PECO. V druhej fáze výberu boli všetky rozhodnutia o zaradení/vylúčení a všetky pochybnosti prediskutované, vyriešené a odsúhlasené oboma recenzentmi. Výsledky procesu výberu sú ilustrované v nasledujúcich častiach pomocou diagramov PRISMA (Moher et al., 2009).

2.5 Extrakcia informácií z relevantnej literatúry

Bolo rozhodnuté použiť dva rôzne formuláre na zaznamenávanie údajov na účely získavania informácií z vybranej literatúry, keďže epidemiologické a experimentálne štúdie majú veľmi odlišné charakteristiky a špecifiká, ktoré je potrebné zohľadniť. Tieto nástroje boli zvolené s cieľom dosiahnuť úplný a štandardizovaný zber všetkých informácií relevantných pre hodnotenie priebehu štúdie, posúdenie expozície a vplyvov na zdravie. Tabuľka údajov pre epidemiologické štúdie vychádzala z tabuľky použitej v sérii prehľadov vykonaných s cieľom vypracovať, zdokonaľiť a otestovať *spoločnú metodiku WHO/ILO na odhadovanie pracovnej záťaže spôsobených chorobami a úrazmi* (Mandrioli et al, 2018; Sgargi et al., 2020). Tabuľka údajov pre experimentálne štúdie vychádzala z formátu používaného v monografiách IARC na hodnotenie karcinogenity.

Oba formuláre sú overené nástroje, ktoré poskytujú vyčerpávajúce údaje o relevantnej literatúre. Kalibrácia a jednotnosť boli dosiahnuté prostredníctvom niekoľkých kôl nezávislého slepeho výberu, diskusie a dosiahnutia konsenzu medzi recenzentmi.

V prípade epidemiologických štúdií bol extrahovaný široký súbor informácií, a to:

ID referencie; typ štúdie; spôsob zberu údajov; krajina; rok; N; pohlavie; vek; povolanie; zdroj expozície; trvanie expozície; frekvencia expozície; intenzita expozície; akákoľvek iná súbežná expozícia/úpravy; metóda hodnotenia expozície; pozorované účinky na zdravie; meranie pozorovaných účinkov na zdravie; výsledky; závery; autori; príslušnosť; konflikt záujmov; financovanie.

V prípade experimentálnych štúdií boli z literatúry získané nasledujúce údaje:

Referenčné číslo; Typ štúdie; Kmeň, druh (pohlavie); Dĺžka expozície; Frekvencia; Intenzita; Akákoľvek ďalšia súbežná expozícia; Doba expozície – počet zvierat; Zvýšený výskyt nádorov

Informácie boli získané recenzentmi nezávisle a následne overené všetkými recenzentmi a , vedúcim expertom.

2.6 Syntéza dôkazov

Pri konečnom hodnotení výsledkov prehľadu epidemiologických aj experimentálnych štúdií a výsledkov týkajúcich sa rakoviny a reprodukcie/vývoja sme zohľadnili parametre uvedené v (IARC Preamble, 2019), prispôsobené potrebám tejto správy a platné pre oba koncové body (t. j. rakovinu a účinky na reprodukciu/vývoj):

Dostatočné dôkazy: Bola preukázaná príčinná súvislosť medzi vystavením RF-EMF a konkrétnym nepriaznivým účinkom. To znamená, že v súbore dôkazov o vystavení danému činiteľu a konkrétnom nepriaznivom účinku bola pozorovaná pozitívna súvislosť v štúdiách, v ktorých boli s primeranou istotou vylúčené náhodné vplyvy, skreslenie a zmätočné faktory.

Obmedzené dôkazy: Kauzálna interpretácia pozitívnej súvislosti pozorovanej v súbore dôkazov o vystavení RF-EMF a konkrétnom nepriaznivom účinku je vierohodná, ale náhodu, zaujatosť alebo zmätočné faktory nie je možné s primeranou istotou vylúčiť.

Žiadne dôkazy: Nie sú k dispozícii žiadne údaje ani dôkazy naznačujúce absenciu nepriaznivých účinkov (treba špecifikovať).

2.7 Celkové hodnotenie tohto prehľadu

Výsledky prehľadu týkajúce sa rakoviny aj reprodukčných a vývojových účinkov boli nakoniec posúdené podľa kritérií uvedených v (Úvodná časť IARC, 2019), prispôsobených potrebám tejto správy. Obrázok 8 znázorňuje zdroje dôkazov, na základe ktorých IARC dospela k celkovému zaradeniu.

Je zhrnuté odôvodnenie, ktoré IARC použila na dosiahnutie svojho hodnotenia, takže základ ponúkaného hodnotenia je transparentný. Preambula monografie IARC integruje hlavné zistenia zo štúdií o rakovine u ľudí, rakovine u pokusných zvierat a mechanistických dôkazov (Preambula IARC, 2019).

Kritériá IARC sa týkajú rakoviny, ale rovnako sa vzťahujú na posudzovanie vplyvov na reprodukciu /vývojové parametre. V tomto prehľade neboli zohľadnené mechanistické dôkazy, preto sme výsledky týkajúce sa rakoviny a vplyvov na reprodukciu a vývoj u ľudí zosúladiť výlučne s výsledkami týkajúcimi sa rakoviny a vplyvov na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat, a to na základe kritérií uvedených na obrázku 9.

Obrázok 7 – Kritériá IARC pre celkové klasifikácie (dôkazy tučným kurzívou predstavujú základ celkového hodnotenia) (Zdroj: Preambula IARC, 2019)

Prúd dôkazov			Klasifikácia na základe sily dôkazov
Dôkazy o rakovine u ľudí ^a	Dôkazy o rakovine u pokusných zvierat	Mechanistické dôkazy	
Dostatočné	Nie je potrebné	Nie je potrebné	Karcinogénne pre ľudí (skupina 1)
Obmedzené alebo nedostatočné	Dostatočné	Silné (b) (1) (vystavení ľudia)	
Obmedzené	Dostatočné	Silný (b) (2-3), obmedzený alebo nedostatočný	Pravdepodobne karcinogénne pre ľudí (skupina 2A)
Nedostatočné	Dostatočné	Silný (b) (2) (ľudské bunky alebo tkanivá)	
Obmedzené	Menej ako dostatočné	Silný (b) (1-3)	
Obmedzené alebo nedostatočné	Nie je potrebné	Silné (a) (mechanistická trieda)	
Obmedzené	Menej ako dostatočné	Obmedzené alebo nedostatočné	Možne karcinogénne pre ľudí (skupina 2B)
Neadekvátne	Dostatočné	Silný (b) (3), obmedzený alebo nedostatočný	
Nedostatočné	Menej ako dostatočné	Silný (b) (1-3)	
Obmedzené	Dostatočné	Silný (c) (neprejavuje sa u ľudí) ^b	
Nedostatočné	Dostatočné	Silný (c) (neplatí pre ľudí) ^b	
Všetky ostatné situácie, ktoré nie sú uvedené vyššie			Nemožno klasifikovať z hľadiska karcinogenity pre ľudí (skupina 3)

^a Rakovina (rakoviny) u ľudí s najvyšším hodnotením.

^b Silný dôkaz, že mechanizmus karcinogenity u pokusných zvierat neplatí u ľudí, sa musí konkrétne týkať lokalizácií nádorov, ktoré podporujú klasifikáciu dostatočného dôkazu u pokusných zvierat.

Obrázok 8 – Kritériá celkového hodnotenia v tomto prehľade (FR1 a FR2)

Dôkazy u ľudí	Dôkazy u pokusných zvierat	Hodnotenie na základe sily dôkazov
Dostatočné	Nie je potrebné	Jasná súvislosť medzi expozíciou a nežiaducim účinkom
Obmedzené	Dostatočné	Pravdepodobná súvislosť medzi expozíciou a nežiaducim účinkom
Obmedzená	Menej ako dostatočná	Možná súvislosť medzi expozíciou a nepriaznivým účinkom
Nedostatočné	Neadekvátne alebo obmedzené	Neklasifikovateľné

3. Obmedzenia tohto prehľadu

3.1 Hodnotenie jednotlivých štúdií

Experimentálne štúdie využívajú štandardizovanú metodiku v súlade s konkrétnymi usmerneniami, čo výrazne uľahčuje posudzovanie jednotlivých výsledkov a hodnotenie kvality štúdie a jej výsledkov. V prípade, že boli k dispozícii, bolo pre každú štúdiu vyhodnotené a uvedené aj posúdenie výsledkov v slepej forme, primeranosť veľkosti vzorky a vhodnosť štatistickej analýzy. Štúdie na zvieratách sme vyberali a analyzovali s ohľadom na ich súlad s príslušnými usmerneniami.

Pokiaľ ide o epidemiologické štúdie, chyby v spomienkach predstavujú systematické riziko v epidemiológii, ktoré ovplyvňuje retrospektívne štúdie, keď sú účastníci vypočúvaní alebo vyplňajú dotazníky o expozícii, ku ktorej došlo v minulosti. Problémom zvyčajne je, že spomienky ľudí môžu byť nepresné alebo neúplné; to sa stáva vážnym problémom v prípadovo-kontrolných štúdiách, kde sú prípady, ktorých zdravie bolo ovplyvnené, pravdepodobne viac uvedomelé a jasné ohľadom minulého vystavenia, zatiaľ čo kontrolné skupiny sú často menej uvedomelé a spomínajú si menej presne. To môže zvýšiť alebo znížiť pozorovaný vzťah príčiny a následku.

3.2 Hodnotenie expozície

Hodnotenie expozície je kľúčovou otázkou v epidemiologických štúdiách RF z mobilnej komunikácie, pretože môže byť veľmi náročné a ak nespĺňa najvyššie štandardy, môže spôsobiť, že zistenia nebudú informatívne. Vylúčili sme štúdie, ktoré neprinášajú žiadne užitočné informácie kvôli nedostatkom v ich vykonaní a analýze.

Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej časti, skreslenie spôsobené spomienkami môže predstavovať závažný problém vo všetkých prípadovo-kontrolných štúdiách, v ktorých sa expozícia uvádza na základe vlastných údajov. Okrem toho je často zdrojom obáv značná nesprávna klasifikácia v štúdiách, kde sa posudzovanie expozície zakladá výlučne na pracovných pozíciách alebo výlučne na predplatných mobilných telefónoch; v takýchto prípadoch išlo iba o odhad expozície. S cieľom dosiahnuť zmysluplnú interpretáciu sme sa snažili vyhodnotiť všetky pôvodné správy objektívne, komplexne a konzistentne podľa štandardizovanej metódy, bez toho, aby sme predpokladali, že naše hodnotenie môže konkurovať akémukoľvek systematickému hodnoteniu vykonanému konkrétnou pracovnou skupinou.

V prípade experimentálnych štúdií sa na dosiahnutie správnej analýzy zohľadnila porovnateľnosť postupov pri zaobchádzaní s exponovanou a kontrolnou skupinou, vrátane simulovanej expozície, kvality expozičného systému a dozimetrie, ako aj možnosť tepelného pôsobenia v dôsledku ohrievania tkanív.

Ako je opísané v správe, frekvencie sú (okrem iného) spojené s hĺbkou penetrácie do tkanív, ale na zdravotné výsledky môžu vplyvať aj iné rozmery expozície. Vzhľadom na určité nové vlastnosti 5G (MIMO, beamforming) a súvisiace a uznávané neistoty týkajúce sa expozície a jej hodnotenia je sporné, či štúdie o 1G–4G možno priamo zovšeobecniť na 5G (aj pri použití rovnakých frekvencií, v tomto prípade FR1). Tieto neistoty v charakterizácii expozície budú mať vplyv na posudzovanie expozície v nových štúdiách (najmä v epidemiologických štúdiách o 5G, v tomto prípade FR2) a z hľadiska posudzovania rizika by sa niektoré ukazovatele expozície RF-EMF a súvisiacich nepriaznivých zdravotných následkov (predpokladaných alebo potvrdených) mohli líšiť. Tieto úvahy by nemali odvádzať pozornosť od skutočnosti, že súčasné dôkazy zo štúdií o 1G–4G sú najlepšie dostupné dôkazy.

Experimentálne výskumy zahŕňajú aj štúdie, v ktorých sa používal mobilný telefón v režime GSM s aktívnym hovorom v malej vzdialenosti od tela zvierata. Režim aktívneho hovoru sa zvyčajne udržiava počas celého experimentu; kontrolná skupina (skupina s fiktívnou expozíciou) je vystavená pôsobeniu s vypnutým mobilným telefónom. Expozícia závisí od kvality spojenia so základňovou stanicou a meria sa počas celého výskumu; tento typ štúdie sme považovali za primeraný z hľadiska posúdenia expozície, keďže simuluje situáciu u ľudí.

3.3 Obmedzenia systematického prehľadu týkajúceho sa frekvencií 5G

STOA požiadala autora, aby zhromaždil dostupné informácie o vplyve frekvencií 5G na zdravie. Pôvodným zámerom bolo riadiť sa kritériami systematického prehľadu, čoskoro sme však zistili, že neexistujú žiadne adekvátne štúdie o milimetrových vlnách z hľadiska relevantných výsledných ukazovateľov. Dohodli sme sa preto na vykonaní naratívneho prehľadu najnižších frekvencií (FR1), ktoré už boli posúdené autoritatívnymi pracovnými skupinami aspoň z hľadiska karcinogénnych účinkov do roku 2011, a na vykonaní prehľadu rozsahu týkajúceho sa milimetrových vln (FR2), ktorý, ako sa dalo očakávať, neprinesol žiadne adekvátne výsledky. Metodika prehľadu (prehľad rozsahu) však zostala rovnaká pre výsledky FR1 aj FR2.

3.4 Celkové hodnotenie

Prehľadový prieskum (SR) si vyžaduje hlboké odborné znalosti v niekoľkých disciplínach. Posúdenie jednotlivých štúdií predstavovalo pre vedcov zapojených do prieskumu veľkú výzvu. Systematické posúdenie by si vyžadovalo úplné a dôkladné preskúmanie príslušných štúdií. To presahuje rámec tohto dokumentu, ktorý je vypracovaný pre členov a zamestnancov Európskeho parlamentu a je im určený ako podkladový materiál na podporu ich parlamentnej práce.

Hodnotiace kritériá prijaté IARC, ako sú opísané v jej preambule (Preambula IARC, 2019), boli prispôbené a použité tak pre rakovinu, ako aj pre reprodukčné a vývojové účinky. Použili sme tieto konsolidované kritériá, aby sme pracovali s úplnou transparentnosťou a umožnili recenzentom overiť našu prácu.

Túto správu vypracovala Dr. Fiorella Belpoggi, odborníčka na RF-EMF, experimentálnu karcinogézu a experimentálne štúdie zamerané na vplyv na reprodukčné a vývojové zdravie. Autorka bola podporená odborníkmi so znalosťami v oblasti metodiky systematických/prehľadových štúdií (DM), biostatistiky (DS), výskumu rakoviny (AV), hodnotenia expozície (FaB) a ľudskej reprodukcie a vývoja (CF, AG). Spoločne disponuje tím silnými odbornými znalosťami vo väčšine oblastí potrebných pre túto štúdiu, snád' s určitým priestorom na zlepšenie v oblasti epidemiológie rakoviny.

4. Hodnotenie jednotlivých štúdií

4.1 Karcinogenita podľa frekvenčného rozsahu

4.1.1 Rakovina v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace zdravotné účinky RF v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G-4G)

Po vyhľadávaní v databázach a iných zdrojoch bolo identifikovaných 950 článkov. Po odstránení duplicitných záznamov (20) a vylúčení irelevantných článkov (685) na základe názvov a abstraktov zostalo 245 článkov. Na základe prehliadania plných textov bolo ďalej vylúčených 90 článkov, takže článkov s vhodnou frekvenciou na zaradenie do tejto kvalitatívnej syntézy bolo 155.

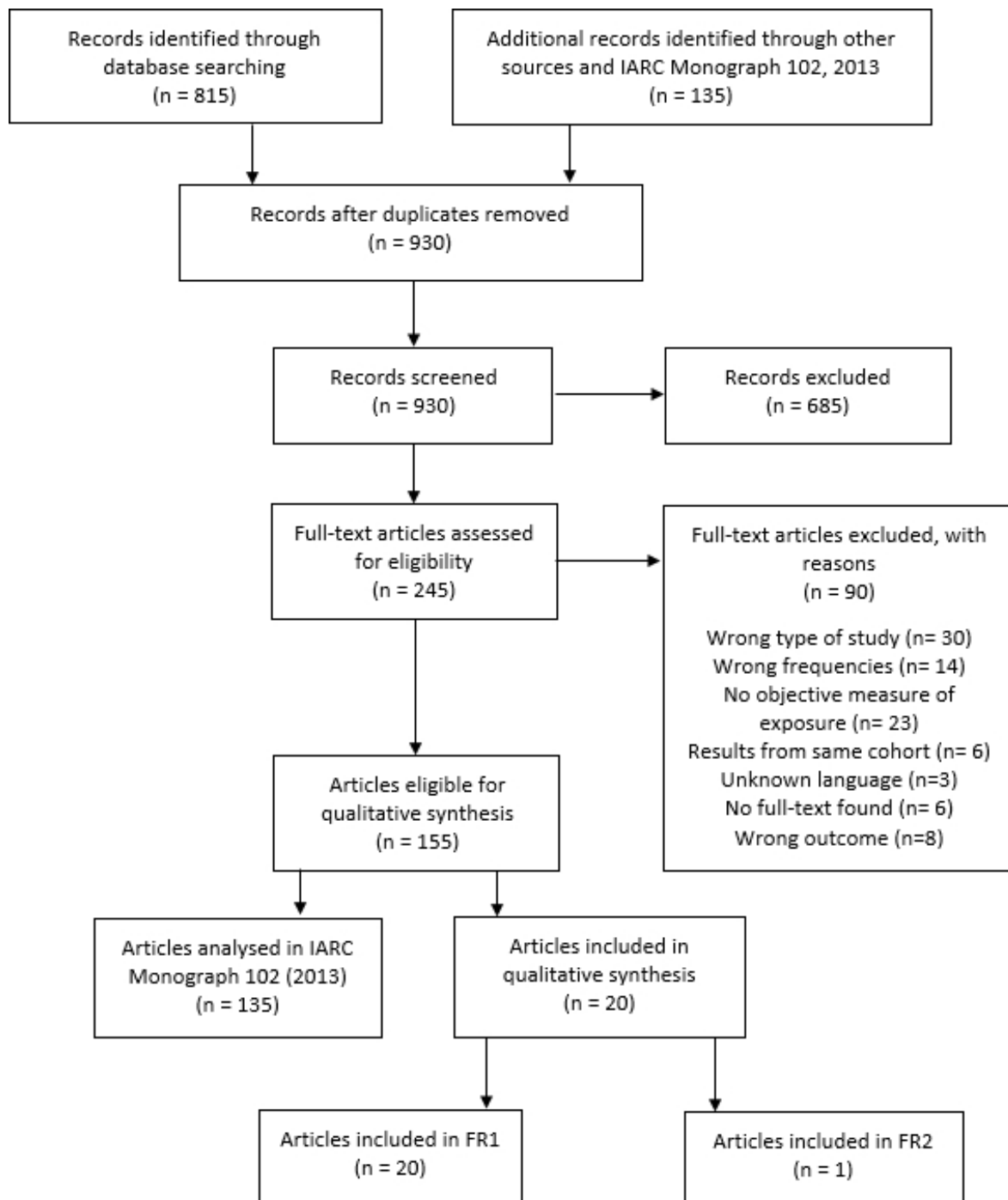
Ako je ďalej vysvetlené v časti o metodike, za náš kľúčový referenčný zdroj pre všetky štúdie publikované do roku 2011 sme považovali IARC (2013): všetky originálne články (135), ktoré boli zahrnuté do monografie IARC, boli analyzované a citované aj v tejto správe; samozrejme, pre túto správu sme zohľadnili iba konečnú klasifikáciu IARC. Zostávajúcich 20 článkov publikovaných po roku 2011 bolo zahrnutých do tohto prehľadu.

V tejto fáze sa vykonalo aj rozdelenie na základe frekvenčného rozsahu: zo 20 zahrnutých článkov všetkých 20 uvádzalo expozície patriace do pásma zohľadneného v FR1 a jeden uvádzal aj expozície týkajúce sa FR2, konkrétne MMW z pracovnej expozície radaru.

Pre každý článok je uvedený abstrakt spolu s tabuľkou, ktorá sumarizuje najdôležitejšie informácie; okrem toho senior expert vyhodnotil ich primeranosť na posúdenie karcinogénnych účinkov (primerané/nepriemerané) a vyjadril celkové zhrnutie výsledkov (pozitívne/negatívne/nejednoznačné) podľa kritérií opísaných v časti Metodika.

Schéma výberu článkov o epidemiologických štúdiách rakoviny pre FR1 je znázornená na obr. 9.

Obrázok 9 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o rakovine (FR1)



KLÚČOVÝ ODKAZ: IARC 2013

Monografia IARC č. 102 (IARC, 2013) je kľúčovým referenčným zdrojom pre toto hodnotenie. V máji 2011, po roku prípravy a revízie návrhov, sa 30 vedcov zo 14 krajín stretlo v Medzinárodnej agentúre pre výskum rakoviny (IARC) v Lyone vo Francúzsku, aby posúdili karcinogenitu vysokofrekvenčných elektromagnetických polí (RF-EMF). Toto posúdenie bolo uverejnené ako zväzok 102 monografií IARC (IARC, 2013). Epidemiologické dôkazy o súvislosti medzi RF-EMF a rakovinou pochádzajú z kohortových, prípadovo-kontrolných a časovo-trendových štúdií. Populácie v týchto štúdiách boli vystavené RF-EMF v pracovnom prostredí, zo zdrojov vo všeobecnom prostredí a z používania bezdrôtových (mobilných a bezšnúrových) telefónov, čo je najrozsiahlejšie študovaný zdroj expozície.

Jedna kohortová štúdia (Schüz et al., 2006) a päť prípadovo-kontrolných štúdií (Muscat et al., 2000; Inskip et al., 2001; Auvinen et al., 2002; INTERPHONE Study Group, 2010; Hardell et al., 2011) boli pracovnou skupinou posúdené ako zdroje potenciálne užitočných informácií týkajúcich sa súvislosti medzi používaním bezdrôtových telefónov a gliómom.

Hoci štúdia INTERPHONE aj švédsko súhrnná analýza sú náchylné na skreslenie – v dôsledku chyby spomienky a výberu účastníkov – pracovná skupina dospela k záveru, že zistenia nemožno odmietnuť ako odraz samotného skreslenia a že je možná kauzálna interpretácia medzi expozíciou RF-EMF z mobilných telefónov a gliómom. K podobnému záveru sa dospelo aj v prípade akustického neurómu, hoci počet prípadov bol podstatne nižší ako v prípade gliómu. Okrem toho štúdia z Japonska (Sato et al., 2011) zistila určité dôkazy o zvýšenom riziku akustického neurómu spojeného s ipsilaterálnym používaním mobilného telefónu.

V prípade meningiómu, nádorov príušnej žľazy, leukémie, lymfómu a iných typov nádorov pracovná skupina zistila, že dostupné dôkazy nie sú dostatočné na to, aby sa dospelo k záveru o potenciálnej súvislosti s používaním mobilných telefónov. Epidemiologické štúdie osôb s potenciálnou expozíciou RF-EMF v rámci výkonu povolania skúmali nádory mozgu, leukémiu, lymfóm a iné typy malignít vrátane uveálneho melanómu a rakoviny semenníkov, prsníka, pľúc a kože. Pracovná skupina konštatovala, že štúdie mali metodické obmedzenia a výsledky boli nekonzistentné. Pri preskúmaní štúdií, ktoré sa zaoberali možnou súvislosťou medzi expozíciou RF-EMF v prostredí a rakovinou, pracovná skupina zistila, že dostupné dôkazy nie sú dostatočné na vyvodenie akéhokoľvek záveru. Pracovná skupina dospela k záveru, že existujú „obmedzené dôkazy u ľudí“ o karcinogenite RF-EMF, a to na základe pozitívnych súvislostí medzi gliómom a akustickým neurómom a expozíciou RF-EMF z bezdrôtových telefónov.

V tom čase niekoľko členov pracovnej skupiny považovalo súčasné dôkazy u ľudí za „neadekvátne“. Podľa ich názoru existovala nekonzistentnosť medzi dvoma prípadovo-kontrolnými štúdiami a chýbala vzťah medzi expozíciou a reakciou vo výsledkoch štúdie INTERPHONE; v dánskej kohortovej štúdii (Shuz et al., 2006) nebolo zaznamenané žiadne zvýšenie výskytu gliómov alebo akustických neurómov a do tej doby hlásené časové trendy vo výskyte gliómov nevykazovali paralelu s časovými trendmi v používaní mobilných telefónov (Baan et al., 2011).

PREHĽAD EPIDEMIOLOGICKÝCH ŠTÚDIÍ Z ROKOV 2011–2020

Tento prehľad, ktorý začína rokom 2011, hodnotí epidemiologické štúdie, zhrnuté aj v tabuľkách 1–4, podľa typu štúdie a roku publikovania (2011–2020). Autorka dopĺňa krátke abstrakty o svoje vlastné stručné komentáre k výsledkom jednotlivých štúdií.

PRÍPADOVO-KONTROLNÉ ŠTÚDIE (Tabuľky 1, a–m)

1. Aydin et al., 2011.

Dánsko, Švédsko, Nórsko a Švajčiarsko. 2004–2008. Multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia CEFALO.

Skúma sa súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a rizikom nádorov na mozgu u detí a dospelých. CEFALO je multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia realizovaná v Dánsku, Švédsku, Nórsku a Švajčiarsku, ktorá zahŕňa všetky deti a dospelých vo veku 7–19 rokov, u ktorých bol v rokoch 2004 až 2008 diagnostikovaný nádor na mozgu. Osobné rozhovory s 352 pacientmi (miera účasti: 83 %) a 646 kontrolnými subjektmi (miera účasti: 71 %) a ich rodičmi. Kontrolné subjekty boli náhodne vybrané z populačných registrov a zosúladené podľa veku, pohlavia a geografického regiónu. Pýtali sme sa na používanie mobilných telefónov a zahrnuli sme záznamy mobilných operátorov, ak boli k dispozícii. Pomocou podmienených logistických regresných modelov sme vypočítali pomer šancí (OR) pre riziko nádoru na mozgu a 95 % intervaly spoľahlivosti (CI). Pravidelní používatelia mobilných telefónov nemali štatisticky významne vyššiu pravdepodobnosť, že u nich bude diagnostikovaný nádor na mozgu, v porovnaní s nepoužívateľmi (OR = 1,36; 95 % CI = 0,92 až 2,02). Deti, ktoré začali používať mobilné telefóny pred najmenej 5 rokmi, nemali zvýšené riziko v porovnaní s tými, ktoré nikdy pravidelne nepoužívali mobilné telefóny (OR = 1,26, 95 % CI = 0,70 až 2,28). V podskupine účastníkov štúdie, pre ktorých boli k dispozícii údaje zaznamenané operátorom, bolo riziko nádorov na mozgu spojené s časom, ktorý uplynul od začiatku predplatného mobilného telefónu, ale nie s množstvom používania. Nebolo pozorované žiadne zvýšené riziko nádorov na mozgu v oblastiach mozgu, ktoré boli vystavené najvyššej expozícii. Absencia vzťahu medzi expozíciou a reakciou, či už z hľadiska množstva používania mobilného telefónu, alebo z hľadiska lokalizácie nádoru na mozgu, vyvracia príčinnú súvislosť.

Poznámka: Rozsah expozície nebol posúdený. Štúdia nemala dostatočnú štatistickú výpovednú hodnotu na zistenie malého zvýšenia rizika. V kategórii s najvyššou expozíciou došlo k zvýšeniu viacerých pomerov rizika (RR), hoci nebolo štatisticky významné.

2. Atzmon et al., 2012.

Izrael, diagnózy v rokoch 1989 až 2007. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia.

Štúdia bola iniciovaná s cieľom preskúmať tvrdenia obyvateľov drúzskej dediny Isifya v severnom Izraeli, že ich vysoká miera výskytu rakoviny súvisí s minulosťou expozíciou žiareniu z rádiových a mobilných vysielateľov. Na preskúmanie súvislosti medzi minulosťou expozíciou vysielateľom RF/MW a rizikom rakoviny sa zohľadnila rodinná anamnéza rakoviny, expozícia v rámci povolania a ukazovatele životného štýlu; do populačnej prípadovo-kontrolnej štúdie bolo zapojených 307 obyvateľov, z ktorých u 47 bola v rokoch 1989 až 2007 diagnostikovaná rôzna rakovina, a 260 kontrolných osôb. Diagnózy rakoviny boli získané z lekárskeho záznamu. Stav vystavenia jednotlivých domov bol stanovený na základe mapy, vychádzajúcej z vzdialenosti medzi každým domom a anténami RF/MW, a vypočítaný pomocou geografických informačných systémov (GIS). Údaje o ďalších rizikových faktoroch rakoviny, ako je fajčenie a povolanie, boli získané z individuálnych dotazníkov. Analýza bola upravená o ukazovatele životného štýlu a expozície v práci a bola použitá binárna viacnásobná logistická regresia pre všetky lokalizácie rakoviny a pre jednotlivé typy rakoviny v prípade tých rakovín, pri ktorých bolo zdokumentovaných aspoň 5 prípadov. Zistilo sa, že minulosť expozícia v práci chemikáliám (napr. pesticídmi) a elektronike je silne spojená so zvýšeným rizikom rakoviny (všetky lokalizácie: OR = 2,79; CI = 1,14–6,82; P < 0,05), ale žiadny zreteľný trend v celkovom riziku rakoviny nebol spojený s blízkosťou zdrojov minulého vystavenia RF/MW žiareniu (n = 47, OR = 1,00; CI=0,99–1,02; P>0,4). Kolorektálny karcinóm vykazoval zanedbateľne zvýšené upravené riziko spojené s intenzitou žiarenia (n=11 OR=1,03; CI=1,01–1,05; P<0,01). Existovali dôkazy o zvýšenom riziku rakoviny, ktoré súviseli s chemikáliami vo výrobe, poľnohospodárstve a elektronike, kde mohlo dochádzať k expozícii EMF, ale štúdia nepotvrdila podozrenie na zvýšené riziko rakoviny súvisiace s žiarením pre väčšinu typov rakoviny v tejto dedine. Negatívny výsledok by mohlo vysvetliť nesprávne zaradenie minulých expozícií.

Poznámka: Nebolo poskytnuté žiadne primerané meranie vysokofrekvenčného žiarenia. Výsledky nie sú jednoznačné.

3. Li et al., 2012.

Taiwan, 1998–2007. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia (novotvary v detstve).

Táto populačná prípadovo-kontrolná štúdia na Taiwane zohľadňovala nové prípady vo veku 15 rokov alebo menej, ktoré boli hospitalizované v rokoch 2003 až 2007 so všetkými typmi nádorov (ICD-9-CM: 140–239) (n = 2606), vrátane 939 prípadov leukémie a 394 prípadov nádorov mozgu. Kontrolná skupina bola náhodne vybraná s pomerom prípadov a kontrol 1:30 a zosúladená podľa roku narodenia zo všetkých detí bez nádorových ochorení poistených v tom istom roku, keď bol indexový prípad

priznané. Pre každú z 71 185 základňových staníc mobilných telefónov (MPBS) v prevádzke v rokoch 1998 až 2007 bol vypočítaný ročný súhrnný výkon (ASP, watt-rok). Následne bola vypočítaná ročná hustota výkonu (APD, watt-rok/km²) pre každú obec (n = 367) ako pomer celkovej ASP všetkých MPBS v obci k ploche danej obce. Expozícia každého účastníka štúdie rádiovým frekvenciám (RF) bola vyjadrená priemernou hodnotou APD v priebehu 5 rokov pred diagnostikovaním novotvaru (prípady) alebo k 1. júlu roku, keď bol prijatý indexový prípad (kontrolná skupina) v obci, kde účastník žil. Na výpočet pomeru šancí [AOR] upraveného o kovariáty pre nádorové ochorenia v detstve vo vzťahu k expozícii RF bol použitý bezpodmienečný logistický regresný model so všeobecnou odhadovou rovnicou. Vyššia ako mediánová priemerná hodnota APD (približne 168 WYs/km²) bola významne spojená so zvýšeným AOR pre všetky nádory (1,13; 1,01 až 1,28), ale nie pre leukémiu (1,23; 0,99 až 1,52) ani s nádormi mozgu (1,14; 0,83 až 1,55). Táto štúdia zaznamenala výrazne zvýšené riziko všetkých nádorov u detí s expozíciou RF z MPBS vyššou ako medián. Mierne zvýšené riziko bolo pozorované v prípade leukémie a nádorov mozgu, nebolo však štatisticky významné. Tieto výsledky môžu byť spôsobené viacerými metodickými obmedzeniami.

Komentár: Autori pripúšťajú niekoľko metodických obmedzení. Nepriekazná štúdia.

4. Soderqvist et al., 2012.

Švédsko, 2000–2003. Prípadovo-kontrolná štúdia.

Cieľom tejto prípadovo-kontrolnej štúdie bolo posúdiť, či je používanie mobilných telefónov spojené so zvýšeným rizikom nádoru v tejto lokalite. Do štúdie bolo zaradených 69 pacientov s nádormi slinných žliaz (z toho 63 s nádorom prúšnej žľazy) a 262 náhodne vybraných kontrolných osôb. Na výpočet pomeru šancí a 95 % intervalov spoľahlivosti bola použitá bezpodmienečná logistická regresia – upravená o vek v čase diagnózy, pohlavie, rok diagnózy a socioekonomický index. Používanie bezdrôtových telefónov nebolo spojené so zvýšeným celkovým rizikom nádorov slinných žliaz, pomer šancí 0,8, 95 % interval spoľahlivosti 0,4–1,5. Neexistovalo ani zvýšené riziko pre rôzne typy telefónov pri samostatnom výpočte, ani zvýšené riziko pre rôzne doby používania, ani pri rozdelení kumulatívneho používania do troch skupín (1–1000, 1001–2000 a >2000 hodín). Celkové výsledky boli podobné aj v prípade rizika nádorov prúšnej žľazy. Záverom možno konštatovať, že naše údaje dopĺňajú dôkazy proti zvýšenému riziku nádorov prúšnej žľazy spojenému s ľahkým až stredným používaním bezdrôtových telefónov a s používaním kratším ako 10 rokov, ale poskytujú málo informácií o riziku súvisiacom s dlhodobším a/alebo intenzívnym používaním.

Poznámka: Údaje o vystavení získané na základe dotazníka zaslaného poštou. Akákoľvek súvislosť medzi nádormi prúšnej žľazy a miernym až stredným používaním mobilného telefónu.

5. Carlberg et al., 2013.

Švédsko, 2007–2009. Prípadovo-kontrolná štúdia.

Skúma sa súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a meningiómom. Bola vykonaná prípadovo-kontrolná štúdia zameraná na prípady nádorov mozgu u oboch pohlaví vo veku 18–75 rokov, u ktorých bola diagnóza stanovená v rokoch 2007–2009. Ku každému prípadu bola priradená jedna kontrolná osoba z populácie, zosúladená podľa pohlavia a veku. V tomto článku podávame správu o prípadoch meningiómu vrátane všetkých dostupných kontrolných osôb. Expozície boli hodnotené prostredníctvom dotazníka. Bola vykonaná analýza pomocou bezpodmienečnej logistickej regresie. Dotazník vyplnilo celkovo 709 pacientov s meningiómom a 1 368 kontrolných subjektov. Používanie mobilných telefónov celkovo vykazovalo pomer šancí (OR) = 1,0, 95 % interval spoľahlivosti (CI) = 0,7–1,4 a používanie bezdrôtových telefónov vykazovalo OR = 1,1, 95 % CI = 0,8–1,5. Riziko sa štatisticky významne zvyšovalo na každých 100 hodín kumulatívneho používania a najvyšší OR bol zistený v štvrtom kvartile (>2 376 hodín) kumulatívneho používania pre všetky skúmané typy telefónov. Nebolo zistené štatisticky významné zvýšenie rizika pri ipsilaterálnom používaní mobilných alebo bezdrôtových telefónov, pri meningiome v temporálnom laloku ani na rok latencie. Objem nádoru nesúvisel s latenciou ani s kumulatívnym používaním bezdrôtových telefónov v hodinách. Neboli zistené žiadne presvedčivé dôkazy o súvislosti medzi používaním mobilných a bezdrôtových telefónov a meningiómom. Indikácia zvýšeného rizika bola zaznamenaná v skupine s najvyšším kumulatívnym používaním, nebola však podložená štatisticky významným zvýšením rizika s latenciou. Bolo by žiaduce získať výsledky pre ešte dlhšie obdobia latencie používania bezdrôtových telefónov, ako bolo v tejto štúdii.

Poznámka: Údaje o vystavení získané na základe vlastných správ. Nebola zistená žiadna jednoznačná súvislosť medzi meningiómom a používaním mobilného telefónu.

6. Hardell et al., 2013a.

Švédsko, 2007–2009. Prípadovo-kontrolná štúdia.

Predchádzajúce štúdie preukázali konzistentnú súvislosť medzi dlhodobým používaním mobilných a bezdrôtových telefónov a gliómami a akustickými neurómami, nie však v prípade meningiómov. Cieľom tejto štúdie bolo ďalej preskúmať vzťah medzi najmä dlhodobým (> 10 rokov) používaním bezdrôtových telefónov a vznikom malígnych nádorov mozgu. Bola vykonaná nová prípadovo-kontrolná štúdia prípadov nádorov mozgu u oboch pohlaví vo veku 18–75 rokov, u ktorých bola diagnóza stanovená v rokoch 2007–2009. V každom prípade bola použitá jedna populačná kontrola zhodná podľa pohlavia a veku (s rozdielom do 5 rokov). Uvádžajú sa prípady malígnych nádorov vrátane všetkých dostupných kontrol. Expozície, napr. používanie mobilných a bezdrôtových telefónov, boli hodnotené prostredníctvom dotazníka, ktorý si respondenti vyplnili sami. Bola vykonaná bezpodmienečná logistická regresná analýza s úpravou na vek, pohlavie, rok diagnózy a socioekonomický index s využitím celej kontrolnej vzorky. Z prípadov s malígnym nádorom mozgu sa zúčastnilo 87 % (n = 593) a dotazník vyplnilo 85 % (n = 1 368) kontrolných osôb v celej štúdii. Odds ratio (OR) pre používanie analógových mobilných telefónov bolo 1,8, 95 % interval spoľahlivosti (CI) = 1,04–3,3, pričom sa zvyšovalo s latenciou > 25 rokov (čas od prvej expozície) na OR = 3,3, 95 % CI = 1,6–6,9. Používanie digitálnych 2G mobilných telefónov malo OR = 1,6, 95 % CI = 0,996–2,7, pričom sa s latenciou > 15–20 rokov zvyšovalo na OR = 2,1, 95 % CI = 1,2–3,6. Výsledky pre používanie bezdrôtových telefónov boli OR = 1,7, 95 % CI = 1,1–2,9 a pri latencii 15–20 rokov OR = 2,1, 95 % CI = 1,2–3,8. Len málo účastníkov používalo bezdrôtový telefón > 20–25 rokov. Digitálne typy bezdrôtových telefónov (mobilné telefóny 2G a 3G, bezdrôtové telefóny) vykazovali zvýšené riziko pri latencii > 1–5 rokov, potom nižšie riziko v nasledujúcich skupinách latencie, ale opäť sa riziko zvyšovalo pri latencii > 15–20 rokov. Ipsilaterálne používanie viedlo k vyššiemu riziku ako kontralaterálne používanie mobilných a bezdrôtových telefónov. Vyššie OR boli vypočítané pre nádory v spánkových a prekrývajúcich sa lalokoch. Použitie prípadov meningiómov v tej istej štúdii ako referenčnej entity viedlo k o niečo vyššiemu OR, čo naznačuje, že výsledky pravdepodobne nebolo možné vysvetliť skreslením spomienok alebo pozorovania. Tieto zistenia podporujú hypotézu, že RF-EMF hrajú úlohu v počiatočnej aj v pokročilej fáze karcinogenézy.

Poznámka: Vlastné údaje o vystavení. Táto štúdia potvrdzuje predchádzajúce zistenia o súvislosti medzi častým používaním mobilných a bezdrôtových telefónov a zhubnými nádormi mozgu.

7. Hardell et al., 2013b, Hardell a Carlberg, 2015. Švédsko, 1997–2003 a

2007–2009. Prípadovo-kontrolná štúdia.

Autori už skôr vykonali prípadovo-kontrolnú štúdiu akustického neurómu. Do štúdie boli zaradení účastníci oboch pohlaví vo veku 20–80 rokov, u ktorých bola diagnóza stanovená v rokoch 1997–2003 v niektorých častiach Švédska, a výsledky boli uverejnené. Následne bola vykonaná ďalšia štúdia za obdobie 2007–2009, ktorá zahŕňala mužov aj ženy vo veku 18–75 rokov vybraných z celého územia krajiny. V oboch štúdiách boli použité podobné metódy. V každej z nich bola zo švédskeho registra obyvateľstva identifikovaná jedna populačná kontrolná skupina, zhodná z hľadiska pohlavia a veku (s rozdielom do piatich rokov). Expozície boli hodnotené prostredníctvom dotazníka, ktorý účastníci vyplnili sami, doplneného telefonickým rozhovorom. Keďže počet prípadov akustického neurómu v novej štúdii bol nízky, boli prezentované súhrnné výsledky z oboch štúdií založené na 316 zúčastnených prípadoch a 3 530 kontrolách. Bola vykonaná bezpodmienečná logistická regresná analýza s úpravou na vek, pohlavie, rok diagnózy a socioekonomický index (SEI). Používanie analógových mobilných telefónov malo pomer šancí (OR) = 2,9, 95 % interval spoľahlivosti (CI) = 2,0–4,3, pričom sa pri latencii > 20 rokov (čas od prvej expozície) zvýšilo na OR = 7,7, 95 % CI = 2,8–21. Používanie digitálnych 2G mobilných telefónov malo OR = 1,5, 95 % CI = 1,1–2,1, pričom sa pri latencii > 15 rokov zvýšilo na OR = 1,8, 95 % CI = 0,8–4,2. Výsledky pre používanie bezdrôtových telefónov boli OR = 1,5, 95 % CI = 1,1–2,1 a pri latencii > 20 rokov OR = 6,5, 95 % CI = 1,7–26. Digitálne bezdrôtové telefóny (mobilné telefóny 2G a 3G a bezdrôtové telefóny) vykazovali OR = 1,5, 95 % CI = 1,1–2,0, pričom pri latencii > 20 rokov sa OR zvýšilo na = 8,1, 95 % CI = 2,0–32 pri dobe latencie > 20 rokov. V prípade celkového používania bezdrôtových telefónov bolo najvyššie riziko vypočítané pre najdlhšiu dobu latencie > 20 rokov: OR = 4,4, 95 % CI = 2,2–9,0. Niekoľko výpočtov v dlhodobom

Kategórie latencie vychádzali z malého počtu exponovaných prípadov. Používanie na tej istej strane viedlo k vyššiemu riziku ako používanie na opačnej strane, a to tak v prípade mobilných, ako aj bezdrôtových telefónov. Pomerné riziko (OR) sa zvyšovalo na každých 100 hodín kumulatívneho používania a na každý rok latencie v prípade mobilných aj bezdrôtových telefónov, hoci tento nárast nebol v prípade bezdrôtových telefónov štatisticky významný. Percentuálny objem nádoru sa zvyšoval s každým rokom latencie a na 100 hodín kumulatívneho používania, čo bolo štatisticky významné v prípade analógových telefónov. Táto štúdia potvrdila predchádzajúce výsledky, ktoré preukázali súvislosť medzi používaním mobilných a bezdrôtových telefónov a akustickým neurómom.

Bola vykonaná súhrnná analýza dvoch prípadovo-kontrolných štúdií zameraných na malígne nádory mozgu u pacientov s diagnózou stanovenou v rokoch 1997–2003 a 2007–2009. V čase stanovenia diagnózy mali pacienti vek 20–80 rokov, resp. 18–75 rokov. Do štúdie boli zaradené iba prípady s histopatologickým potvrdením nádoru. Ako kontroly boli použité osoby z populácie, zosúladené podľa veku a pohlavia. Expozície boli hodnotené prostredníctvom dotazníka. V bezpodmienečnej regresnej analýze, upravenej podľa pohlavia, veku, roku diagnózy a socioekonomického indexu, bola použitá celá referenčná skupina. Celkovo sa zúčastnilo 1498 (89 %) prípadov a 3530 (87 %) kontrol. Používanie mobilných telefónov zvýšilo riziko gliómu, OR = 1,3, 95 % CI = 1,1–1,6 celkovo, pričom v skupine s latenciou > 25 rokov sa zvýšilo na OR = 3,0, 95 % CI = 1,7–5,2. Používanie bezdrôtových telefónov zvýšilo riziko na OR = 1,4, 95 % CI = 1,1–1,7, pričom najvyššie riziko bolo v skupine s latenciou >15–20 rokov, kde OR dosiahlo hodnotu 1,7, 95 % CI = 1,1–2,5. OR sa štatisticky významne zvýšil ako na 100 hodín kumulatívneho používania, tak aj na rok latencie pri používaní mobilných a bezdrôtových telefónov. Najvyššie OR boli celkovo zaznamenané pri ipsilaterálnom používaní mobilného alebo bezdrôtového telefónu, OR = 1,8, 95 % CI = 1,4–2,2, resp. OR = 1,7, 95 % CI = 1,3–2,1. Najvyššie riziko bolo zistené v prípade gliómu v spánkovom laloku. Prvé použitie mobilného alebo bezdrôtového telefónu pred 20. rokom života viedlo k vyššiemu OR pre glióm ako v neskorších vekových skupinách.

Komentár: Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi. Tieto štúdie potvrdzujú predchádzajúce výsledky, ktoré preukázali súvislosť medzi častým používaním mobilných a bezdrôtových telefónov a akustickým neurómom a gliómom.

8. Coureau et al., 2014.

Francúzsko. 2004–2006. CERENAT. Prípadovo-kontrolná štúdia.

Cieľom bolo analyzovať súvislosť medzi vystavením pôsobeniu mobilných telefónov a primárnymi nádormi centrálného nervového systému (gliómy a meningiomy) u dospelých. CERENAT je multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia realizovaná v rokoch 2004 – 2006 v štyroch regiónoch Francúzska. Údaje o používaní mobilných telefónov sa zbierali prostredníctvom podrobného dotazníka, ktorý sa vyplňoval osobne. Na odhad upravených OR a 95 % CI sa použila podmienená logistická regresia pre párové súbory. Celkovo sa analyzovalo 253 gliómov, 194 meningiómov a 892 párových kontrol vybraných z miestnych voličských zoznamov. Pri porovnaní pravidelných používateľov mobilných telefónov s nepoužívateľmi nebola pozorovaná žiadna súvislosť s nádormi mozgu (OR = 1,24; 95 % CI 0,86 až 1,77 pre gliómy, OR = 0,90; 95 % CI 0,61 až 1,34 pre meningiomy). Pozitívna súvislosť však bola štatisticky významná u najčastejších používateľov pri zohľadnení celkovej dĺžky používania počas života (≥ 896 hodín, OR = 2,89; 95 % CI 1,41 až 5,93 pre gliómy; OR = 2,57; 95 % CI 1,02 až 6,44 pre meningiomy) a počtu hovorov pre gliómy (≥ 18 360 hovorov, OR = 2,10, 95 % CI 1,03 až 4,31). Riziká boli vyššie v prípade gliómov, temporálnych nádorov, používania mobilných telefónov v práci a v mestskom prostredí. Tieto dodatočné údaje potvrdzujú predchádzajúce zistenia týkajúce sa možnej súvislosti medzi intenzívnym používaním mobilných telefónov a nádormi na mozgu.

Poznámka: Údaje o vystavení získané na základe vlastných správ účastníkov prostredníctvom osobných rozhovorov vedených vyškoleným personálom. Táto štúdia potvrdzuje predchádzajúce zistenia o možnej súvislosti medzi častým používaním mobilných telefónov a zhubnými nádormi mozgu.

9. Pettersson et al., 2014.

Švédsko, 2002–2007. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia.

V Švédsku bola vykonaná populačná celonárodná prípadovo-kontrolná štúdia akustického neurómu. Vhodnými prípadmi boli osoby vo veku 20 až 69 rokov, u ktorých bola diagnóza stanovená v rokoch 2002 až 2007. Kontrolná skupina bola náhodne vybraná z registra obyvateľstva a zosúladená podľa veku, pohlavia a oblasti bydliska. Poštové dotazníky vyplnilo 451 prípadov (83 %) a 710 osôb z kontrolnej skupiny (65 %). Pravidelné používanie mobilných telefónov (definované ako týždenné používanie počas najmenej 6 mesiacov) bolo spojené s pomerom šancí (OR)

1,18 (95 % interval spoľahlivosti = 0,88 až 1,59). Táto súvislosť bola slabšia pri najdlhšej dobe expozície (≥ 10 rokov) (1,11 [0,76 až 1,61]) a pri pravidelnom používaní na strane nádoru (0,98 [0,68 až 1,43]). OR pre najvyšší kvartil kumulatívnej doby volania (≥ 680 hodín) bol 1,46 (0,98 až 2,17). Obmedzenie analýz na histologicky potvrdené prípady znížilo všetky OR; OR pre ≥ 680 hodín bol 1,14 (0,63 až 2,07). Podobný vzorec bol pozorovaný aj pri bezdrôtových pevných telefónoch, hoci s mierne vyššími OR. Analýzy kompletnej histórie lateralizácie mobilných telefónov odhalili značnú zaujatosť v analýzach lateralizácie. Zistenia nepodporujú hypotézu, že dlhodobé používanie mobilných telefónov zvyšuje riziko akustického neurómu. Štúdia naznačuje, že používanie telefónu môže zvýšiť pravdepodobnosť zistenia prípadu akustického neurómu a že v analýzach lateralizácie vykonaných v predchádzajúcich štúdiách môže existovať zaujatosť.

Poznámka: Údaje o vystavení získané na základe vlastných správ. Slabé dôkazy o súvislosti medzi častým používaním mobilného telefónu a akustickým neurómom.

10. Yoon et al., 2015.

Kórea; 2002–2007; prípadová kontrolná štúdia.

Metodika štúdie vychádzala z medzinárodnej štúdie Interphone, ktorej cieľom bolo vyhodnotiť možné nepriaznivé účinky používania mobilných telefónov. Do tejto štúdie bolo zaradených 285 kórejských pacientov vo veku od 15 do 69 rokov s histologicky potvrdenými gliómami, u ktorých bola diagnóza stanovená v rokoch 2002 až 2007 v 9 nemocniciach. 285 individuálne vybraných kontrolných osôb tvorili zdraví jedinci, ktorí absolvovali preventívne lekárske vyšetrenie v tých istých nemocniciach. Na výpočet upravených pomerov šancí (aOR) a 95 % intervalov spoľahlivosti (CI) pre používanie mobilných telefónov bola použitá bezpodmienečná logistická regresia. Pre celú skupinu nebola zistená žiadna významná súvislosť medzi gliómami a pravidelným používaním mobilných telefónov, typmi mobilných telefónov, celkovým počtom rokov používania, mesačným poplatkom za služby a ostatnými indexmi expozície. Analýzy obmedzené na respondentov, ktorí vyplnili dotazník sami, ukázali podobné výsledky. U ipsilaterálnych používateľov, u ktorých strana tela, na ktorej zvyčajne používali mobilný telefón, zodpovedala lokalizácii gliómu, boli aOR (95 % CI) pre celkovú dĺžku používania a kumulatívny počet hodín používania 1,25 (0,55 až 2,88) a 1,77 (0,32 až 1,84). Kontralaterálni používatelia však vykazovali mierne nižšie riziko ako ipsilaterálni používatelia. Výsledky nepodporujú hypotézu, že používanie mobilných telefónov zvyšuje riziko gliómu; zistili sme však nevýznamné zvýšenie rizika u ipsilaterálnych používateľov. Tieto zistenia naznačujú potrebu ďalšieho hodnotenia rizika gliómu u dlhodobých používateľov mobilných telefónov.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. U ipsilaterálnych používateľov sa zistili slabé dôkazy o súvislosti medzi používaním mobilných telefónov a nádormi na mozgu.

11. Al-Qahtani, 2016.

Saudská Arábia; 1996–2013; retrospektívna prípadovo-kontrolná štúdia.

Do retrospektívnej prípadovo-kontrolnej štúdie realizovanej v nemocničnom prostredí bolo zaradených celkovo 26 pacientov s diagnostikovanými nádormi prúšnej žľazy a 61 zdravých kontrolných osôb. Pacienti boli odporučení a hospitalizovaní v špecializovanej nemocnici v období od januára 1996 do marca 2013. Pravdepodobnosť expozície bola u pacientov 3,47-krát vyššia v porovnaní s kontrolnou skupinou. 95 % interval spoľahlivosti naznačoval, že skutočný pomer šancí (OR) na úrovni populácie by sa mohol pohybovať niekde medzi 1,3 a 9,23, a tak bol pozorovaný OR štatisticky významný na úrovni významnosti 5 %. Celkovo bola pozorovaná súvislosť medzi expozíciou používania mobilného telefónu viac ako 1 hodinu denne a nádorom prúšnej žľazy. Táto súvislosť by sa mala interpretovať opatrne kvôli relatívne malému počtu vzorky.

Komentár: Malá veľkosť vzorky; nedostatočná metodika. Nepriekazná štúdia.

12. Satta et al., 2018.

Taliansko; 1998–2004; Populačná prípadovo-kontrolná štúdia ako súčasť európskej multicentrickej štúdie EPILYMPH.

Prípadovo-kontrolná štúdia, do ktorej bolo v rokoch 1998–2004 na Sardínii v Taliansku zaradených 322 pacientov a 444 osôb slúžiacich ako kontrolná skupina. Informácie z dotazníka zahŕňali vlastné údaje o vzdialenosti troch najdlhšie držaných

adresy bydliska v blízkosti pevných rozhlasových a televíznych vysielateľov a základňových staníc mobilných telefónov. Pre každú adresu v okruhu 500 metrov od základňovej stanice mobilného telefónu bola odhadnutá intenzita RF-EMF na základe predikcií z priestorových modelov a merania RF-EMF boli vykonané priamo pri dverách v podskupine adries s najdlhšou dobou trvania pobytu v okruhu 250 metrov. Riziko lymfómu a jeho hlavných podtypov spojené s ukazovateľmi expozície RF-EMF s použitím bezpodmienečnej logistickej regresie, upravené podľa veku, pohlavia a rokov vzdelania. Riziko spojené s bývaním v blízkosti (do 50 metrov) pevných rozhlasových a televíznych vysielateľov bolo rovnako zvýšené pre lymfóm celkovo [odds ratio = 2,7, 95 % interval spoľahlivosti = 1,5–4,6] a pre hlavné podtypy lymfómu. Pokiaľ ide o základňové stanice mobilných telefónov, autori nezaznamenali žiadnu súvislosť ani so vzdialenosťou od základňových staníc mobilných telefónov uvádzanou samotnými účastníkmi, ani s geokódovanou vzdialenosťou. Merania RF-EMF sa nelíšili podľa statusu prípad-kontrola. Pri porovnaní údajov uvádzaných samotnými účastníkmi s geokódovanými údajmi mali prípady tendenciu podhodnocovať vzdialenosť od základňových staníc mobilných telefónov odlišne od kontrol ($P = 0,073$). Interpretáciu zistení obmedzuje malý rozsah štúdie, najmä pri analýze jednotlivých podtypov lymfómov, a nedostupnosť priestorových súradníc rozhlasových a televíznych vysielateľov. Napriek tomu naše výsledky nepodporujú hypotézu o súvislosti medzi environmentálnou expozíciou RF-EMF z základňových staníc mobilných telefónov a rizikom podtypov lymfómov.

Komentár: Obmedzený rozsah štúdie, nejasné posúdenie expozície (vzdialené pole, rádiové základňové stanice). Štúdiá nepodporuje hypotézu o súvislosti medzi environmentálnou expozíciou RF-EMF z mobilných telefónnych základňových staníc a rizikom podtypov lymfómu.

13. Balekouzou a kol., 2017.

Stredná Afrika. Prípadová kontrolná štúdia.

Rakovina prsníka je považovaná za závažný problém verejného zdravia v rozvojových krajinách; existuje však veľmi málo dôkazov o behaviorálnych faktoroch spojených s rizikom rakoviny prsníka. Táto štúdia bola vykonaná s cieľom identifikovať životný štýl ako rizikový faktor rakoviny prsníka u žien v Strednej Afrike. Bola vykonaná prípadovo-kontrolná štúdia so 174 prípadmi potvrdenými histologicky patologickým oddelením Národného laboratória a 348 kontrolami v rovnakom veku. Nástroje na zber údajov zahŕňali dotazník s rozhovormi a zdravotné záznamy pacientiek. Údaje boli analyzované pomocou softvéru SPSS verzie 20. Pomocou bezpodmienečnej logistickej regresie boli získané pomerové šance (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (95 % CI). Celkovo bolo do štúdie zaradených 522 žien s priemerným vekom 45,8 (SD = 13,4) rokov. Podľa modelu bezpodmienečnej logistickej regresie mali ženy s rakovinou prsníka vyššiu pravdepodobnosť, že dosiahli úroveň negramotnosti a základného vzdelania [11,23 (95 % CI, 4,65 ± 27,14) a 2,40 (95 % CI, 1,15 ± 4,99)], vydaté [2,09 (95 % CI, 1,18 ± 3,71)], s pozitívnou rodinnou anamnézou [2,31 (95 % CI, 1,36 ± 3,91)], vystavenie žiareniu [8,21 (95 % CI, 5,04 ± 13,38)] a konzumáciu údenín [10,82 (95 % CI, 2,39 ± 48,90)], konzumácia čerstvých rýb [4,26 (95 % CI, 1,56 ± 11,65)], konzumácia arašidov [6,46 (95 % CI, 2,57 ± 16,27)], konzumácia sóje [16,74 (95 % CI, 8,03 ± 39,84)], alkohol [2,53 (95 % CI, 1,39 ± 4,60)], zvyk v súvislosti s nosením peňazí v podprsenske [3,57 (95 % CI, 2,24 ± 5,69)], nadváhou [5,36 (95 % CI, 4,46 ± 24,57)] a obezitou [3,11 (95 % CI, 2,39 ± 20,42)]. Znížené riziko rakoviny prsníka však bolo spojené so zamestnaním [0,32 (95 % CI, 0,19 ± 0,56)], bývaním v meste [0,16 (95 % CI, 0,07 ± 0,37)], konzumáciou arašidového oleja [0,05 (95 % CI, 0,02 ± 0,14)], konzumáciou vína [0,16 (95 % CI, 0,09 ± 0,26)], zvykom nenosenia mobilného telefónu v podprsenske [0,56 (95 % CI, 0,35 ± 0,89)] a fyzickou aktivitou [0,71 (95 % CI, 0,14 ± 0,84)]. Štúdiá ukázala, že nízke alebo žiadne vzdelanie, manželstvo, pozitívna rodinná anamnéza rakoviny, vystavenie žiareniu, konzumácia údenín, čerstvých rýb, arašidov, sóje, alkoholu, zvyk nosiť peniaze v podprsenske, nadváha a obezita súviseli s rizikom rakoviny prsníka u stredoafriických žien žijúcich v Bangui. Ženy žijúce v Bangui by mali byť opatrnejšie, pokiaľ ide o rizikové správanie súvisiace s rakovinou prsníka.

Komentár: Obmedzenia pri vlastnom vykazovaní údajov. Mnoho confounderov. Žiadne presvedčivé zistenia o súvislosti medzi nosením mobilného telefónu v podprsenske a rakovinou prsníka.

14. Vila et al., 2018.

Austrália, Kanada, Francúzsko, Nemecko, Izrael, Nový Zéland a Spojené kráľovstvo; 2000–2004; štúdia INTEROCC: medzinárodná prípadovo-kontrolná štúdia o používaní mobilných telefónov a riziku rakoviny mozgu v siedmich krajinách.

Táto štúdia skúma vzťah medzi expozíciou elektromagnetickým poliam vysokofrekvenčným (RF) a strednofrekvenčným (IF) v pracovnom prostredí a rizikom nádorov mozgu (gliómov a meningiómov) v rámci medzinárodnej populačnej prípadovo-kontrolnej štúdie INTEROCC (s takmer 4000 prípadmi a viac ako 5000 kontrolami) s využitím nového prístupu k hodnoteniu expozície. Účastníkom štúdie boli priradené individuálne indexy kumulatívnej expozície RF a IF-EMF (celkovo a v konkrétnych časových oknách expozície) s využitím matice zdroj-expozícia a podrobných údajov z rozhovorov o práci so zdrojmi EMF alebo v ich blízkosti. Na skúmanie súvislosti s rizikom gliómu a meningiómu bola použitá podmienená logistická regresia. Celkovo bolo približne 10 % účastníkov štúdie vystavených RF, zatiaľ čo iba 1 % bolo vystavených IF-EMF. Neexistovali žiadne jasné dôkazy o pozitívnej súvislosti medzi RF alebo IF-EMF a skúmanými nádormi mozgu, pričom väčšina výsledkov nepreukázala žiadnu súvislosť alebo pomer šancí (OR) nižší ako

1.0. Najvyššie upravené pomerové riziká (OR) boli zaznamenané pri kumulatívnej expozícii vysokofrekvenčným magnetickým poliam (vyjadrené v A/m-rokoch) v kategórii s najvyššou expozíciou (≥ 90 . percentil) v najnovšom časovom okne expozície (1–4 roky pred diagnózou alebo referenčným dátumom) v prípade gliómu (OR = 1,62; 95 % interval spoľahlivosti (CI): 0,86, 3,01) aj meningiómu (OR = 1,52, 95 % CI: 0,65, 3,55). Napriek vylepšenému prístupu k hodnoteniu expozície použitému v tejto štúdii neboli zistené žiadne jasné súvislosti. Výsledky získané pre nedávnu expozíciu elektrickým a magnetickým poliam RF však naznačujú potenciálnu úlohu pri vzniku/progresii nádorov mozgu a mali by sa ďalej skúmať.

Poznámka: Štúdia naznačuje možnú úlohu pri vzniku a progresii nádorov mozgu.

15. Luo et al., 2019.

USA. 2010–2011. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia.

Cieľom tejto štúdie je preskúmať súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a rakovinou štítnej žľazy. V rokoch 2010 až 2011 bola v štáte Connecticut realizovaná populačná prípadovo-kontrolná štúdia, ktorá zahŕňala 462 histologicky potvrdených prípadov rakoviny štítnej žľazy a 498 kontrolných osôb z bežnej populácie. Na odhad pomeru šancí (OR) a 95 % intervalov spoľahlivosti (95 % CI) pre súvislosti medzi používaním mobilných telefónov a rakovinou štítnej žľazy bola použitá multivariačná bezpodmienečná logistická regresia. Používanie mobilných telefónov nebolo spojené s rakovinou štítnej žľazy (OR: 1,05, 95 % CI: 0,74–1,48). U dlhodobých a častejších používateľov bol pozorovaný náznak zvýšeného rizika mikrokarcinómu štítnej žľazy (veľkosť nádoru ≤ 10 mm). V porovnaní s osobami, ktoré mobilný telefón nepoužívali, malo niekoľko skupín štatisticky nevýznamne zvýšené riziko mikrokarcinómu štítnej žľazy: osoby, ktoré používali mobilný telefón > 15 rokov (OR: 1,29, 95 % CI: 0,83–2,00), ktoré používali mobilný telefón > 2 hodiny denne (OR: 1,40, 95 % CI: 0,83–2,35), ktorí mali najviac kumulatívnych hodín používania (OR: 1,58, 95 % CI: 0,98–2,54) a ktorí mali najviac kumulatívnych hovorov (OR: 1,20, 95 % CI: 0,78–1,84). Kumulatívne používanie mobilného telefónu sa odhadlo vynásobením počtu hodín používania mobilného telefónu alebo počtu hovorov za deň dĺžkou používania. Každá premenná bola rozdelená do tercilov na základe jej rozdelenia medzi kontrolnou skupinou. Táto štúdia nezistila žiadnu významnú súvislosť medzi používaním mobilného telefónu a rakovinou štítnej žľazy. Naznačené zvýšené riziko mikrokarcinómu štítnej žľazy spojené s dlhodobým a častejším používaním si vyžaduje ďalšie vyšetrovanie.

Poznámka: Vlastné údaje o expozícii. Nebola zistená žiadna významná súvislosť, avšak naznačuje sa zvýšené riziko mikrokarcinómu štítnej žľazy u dlhodobých a častejších užívateľov.

EKOLOGICKÉ ŠTÚDIE (Tabuľka 2, a)

16. Gonzalez Rubio et al., 2017.

Španielsko. 2012–2015. Ekologická prípadovo-kontrolná štúdia.

Tento článok prezentuje výsledky predbežnej epidemiologickej štúdie, kombinujúcej epidemiológiu, štatistiku a geografické informačné systémy (GIS), v ktorej sa skúmala korelácia medzi expozíciou RF-EMF v meste Albacete (166 000 obyvateľov, juhovýchodné Španielsko) a výskytom viacerých druhov rakoviny s nešpecifickými

analyzujú sa príčiny (lymfómy a nádory mozgu). Použili sa štatistické nástroje na analýzu priestorových bodových vzorov a súhrnných údajov s cieľom preskúmať priestorovú náhodnosť a určiť zóny s najvyšším výskytom na základe 95 skúmaných nádorov (65 lymfómov, 12 gliómov a 18 meningiómov). Korelačná (Spearmanova) štúdia medzi osobnou expozíciou RF-EMF v 14 frekvenčných pásmach, zaznamenanou expozimetrom EME Spy 140 (Satimo) v administratívnych regiónoch mesta, a incidenciou nádorov registrovaných od januára 2012 do mája 2015. Študované prípady rakoviny majú náhodné priestorové rozloženie v rámci mesta. Na druhej strane, prostredníctvom ekologickej štúdie, expozícia RF-EMF zaznamenaná v meste Albacete vykazuje malú koreláciu s výskytom skúmaných nádorov (gliómy ($\rho=0,15$), meningiómy ($\rho=0,19$) a lymfómy ($\rho=-0,03$)). Navrhovaná metodika otvára doteraz nepreskúmanú cestu analýzy v tejto oblasti.

Komentár: Malá korelácia medzi environmentálnou expozíciou RF-EMF a gliómami, meningiómami a lymfómami. Hodnotenie expozície nie je jasné.

KOHORTNÉ ŠTÚDIE (Tabuľky 3, a-d)

17. Frei et al., 2011.

Dánsko. Predplatitelia a nepredplatitelia mobilných telefónov pred rokom 1995.

Všetci Dáni vo veku ≥ 30 rokov, ktorí sa narodili v Dánsku po roku 1925, rozdelení na používateľov a nepoužívateľov mobilných telefónov pred rokom 1995. Hlavné sledované ukazovatele: Riziko nádorov centrálného nervového systému, identifikované na základe údajov z kompletného Dánskeho registra rakoviny. Pomery incidencie podľa pohlavia odhadnuté pomocou loglineárnych Poissonových regresných modelov, upravených o vek, kalendárne obdobie, vzdelanie a disponibilný príjem. Výsledky 358 403 predplatiteľov nazbieralo 3,8 milióna osoborokov. V sledovacom období 1990–2007 bolo zaznamenaných 10 729 prípadov nádorov centrálného nervového systému. Riziko týchto nádorov bolo blízke jednotke u mužov aj u žien. Pri obmedzení na osoby s najdlhším používaním mobilného telefónu – t. j. ≥ 13 rokov predplatného – bol pomer incidencie 1,03 (95 % interval spoľahlivosti 0,83 až 1,27) u mužov a 0,91 (0,41 až 2,04) u žien. U osôb s predplatným ≥ 10 rokov boli pomery 1,04 (0,85 až 1,26) u mužov a 1,04 (0,56 až 1,95) u žien v prípade gliómu a 0,90 (0,57 až 1,42) u mužov a 0,93 (0,46 až 1,87) u žien v prípade meningiómu. Neexistovali žiadne náznaky vzťahu medzi dávkou a reakciou, a to ani podľa počtu rokov od prvého predplatného mobilného telefónu, ani podľa anatomického umiestnenia nádoru – t. j. v oblastiach mozgu najbližších k miestu, kde sa telefón zvyčajne drží pri hlave. Závety V tejto aktualizácii rozsiahlej celonárodnej kohortovej štúdie o používaní mobilných telefónov nebolo zistené zvýšené riziko nádorov centrálného nervového systému, čo poskytuje len málo dôkazov o kauzálnej súvislosti.

Komentár: Obmedzenia pri hodnotení expozície. Žiadne zvýšené riziko nádorov centrálného nervového systému.

18. Benson a kol., 2013.

Spojené kráľovstvo. Štúdia Million Women Study. 1999–2005 a 2005–2009. Prospektívna kohortová štúdia.

Vzťah medzi používaním mobilných telefónov a výskytom nádorov intrakraniálneho centrálného nervového systému (CNS) a iných druhov rakoviny bol skúmaný u 791 710 žien stredného veku v rámci britskej prospektívnej kohorty, štúdie Million Women Study. Na odhad upravených relatívnych rizík (RR) a 95 % intervalov spoľahlivosti (CI) boli použité Coxove regresné modely. Ženy uvádzali používanie mobilných telefónov v rokoch 1999 až 2005 a opäť v roku 2009. Výsledky Počas 7-ročného sledovania sa vyskytlo 51 680 nových prípadov invazívnych nádorov a 1 261 nových prípadov intrakraniálnych nádorov CNS. Riziko u žien, ktoré niekedy používali mobilné telefóny, v porovnaní s tými, ktoré ich nikdy nepoužívali, nebolo zvýšené v prípade všetkých intrakraniálnych nádorov CNS (RR = 1,01, 95 % CI = 0,90–1,14, P = 0,82), v prípade špecifických typov nádorov CNS ani v prípade rakoviny v 18 ďalších špecifikovaných lokalitách. U dlhodobých používateľov v porovnaní s tými, ktorí telefón nikdy nepoužívali, nebola zaznamenaná žiadna významná súvislosť v prípade gliómu (10 a viac rokov: RR = 0,78, 95 % CI = 0,55–1,10, P = 0,16) ani meningiómu (10 a viac rokov: RR = 1,10, 95 % CI = 0,66–1,84, P = 0,71). V prípade akustického neurómu došlo k zvýšeniu rizika pri dlhodobom používaní v porovnaní s tými, ktorí telefón nikdy nepoužívali (10 a viac rokov: RR = 2,46, 95 % CI = 1,07–5,64, P = 0,03), pričom riziko sa zvyšovalo s dĺžkou používania (trend medzi používateľmi, P = 0,03). Závety V tejto rozsiahlej prospektívnej štúdii nebolo používanie mobilných telefónov spojené so zvýšeným výskytom gliómov, meningiómov alebo nádorov mimo CNS.

Komentár: Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi. V prípade akustického neurómu došlo k zvýšeniu rizika pri dlhodobom používaní v porovnaní s nepoužívaním; riziko sa zvyšovalo s dĺžkou používania.

19. Poulsen et al., 2013.

Dánsko, 1982–1995, sledovanie do roku 2007. Kohortová štúdia: štúdia CANULI o sociálnej nerovnosti a incidencii rakoviny a prežití.

V celonárodnej kohortovej štúdii sme sledovali 355 701 používateľov súkromných mobilných telefónov v Dánsku v rokoch 1987 až 1995 až do roku 2007. Vypočítali sme pomerov incidencie (IRR) pre melanóm, bazocelulárny karcinóm a spinocelulárny karcinóm pomocou Poissonových regresných modelov upravených o vek, kalendárne obdobie, úroveň vzdelania a príjem. Porovnali sme samostatné IRR pre nádory hlavy a krku a nádory trupu a končatín (pomer IRR), aby sme ďalej zohľadnili potenciálne confoundery. Nezaznamenali sme žiadne celkové zvýšené riziko bazocelulárneho karcinómu, spinocelulárneho karcinómu ani melanómu hlavy a krku. Po sledovacom období trvajúcom najmenej 13 rokov zostali IRR pre bazocelulárny karcinóm a spinocelulárny karcinóm blízko jednotky. U mužov bol IRR pre melanóm hlavy a krku 1,20 (95 % interval spoľahlivosti: 0,65, 2,22) po minimálne 13-ročnom sledovaní, zatiaľ čo zodpovedajúci IRR pre trup a nohy bol 1,16 (95 % interval spoľahlivosti: 0,91, 1,47), čo viedlo k pomeru IRR 1,04 (95 % interval spoľahlivosti: 0,54, 2,00). Podobný vzorec rizika bol pozorovaný aj u žien, hoci bol založený na menšom počte prípadov. V tejto rozsiahlej populačnej kohortovej štúdii bolo u používateľov mobilných telefónov pozorovaných len málo dôkazov o zvýšenom riziku rakoviny kože.

Komentár: Rozsah expozície nebol posúdený. U používateľov mobilných telefónov bolo pozorovaných len málo dôkazov o zvýšenom riziku rakoviny kože.

20. Hauri et al., 2014.

Švajčiarsko. 2000–2008. Kohortová štúdia založená na sčítaní ľudu (vzdialené pole, rádiové základňové stanice).

Skúmala sa súvislosť medzi vystavením vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliám (RF-EMF) z vysielacích staníc a detskou rakovinou. Bola vykonaná analýza času do výskytu udalosti, ktorá zahŕňala deti mladšie ako 16 rokov žijúce vo Švajčiarsku k 5. decembru 2000. Sledovanie trvalo do 31. decembra 2008. Všetky deti, ktoré žili vo Švajčiarsku v období medzi rokmi 1985 a 2008, boli zaradené do kohorty s hustotou výskytu. Vystavenie RF-EMF z vysielacích staníc bolo modelované. Na základe 997 prípadov rakoviny boli upravené pomerové riziká v analýze času do výskytu udalosti pre kategóriu s najvyšším vystavením (>0,2 V/m) v porovnaní s referenčnou kategóriou (<0,05 V/m) 1,03 (95 % interval spoľahlivosti (CI): 0,74, 1,43) pre všetky druhy rakoviny, 0,55 (95 % CI: 0,26, 1,19) pre detskú leukémiu a 1,68 (95 % CI: 0,98, 2,91) pre nádory centrálného nervového systému (CNS) u detí. Výsledky analýzy hustoty výskytu, založené na 4 246 prípadoch rakoviny, boli podobné pre všetky typy rakoviny a leukémie, ale neindikovali riziko nádorov CNS (pomer miery výskytu = 1,03, 95 % CI: 0,73, 1,46). Táto rozsiahla kohortová štúdia založená na sčítaní ľudu nenaznačila súvislosť medzi predpokladanou expozíciou RF-EMF z vysielania a detskou leukémiou. Výsledky týkajúce sa nádorov CNS boli menej konzistentné, ale najkomplexnejšia analýza nenaznačila žiadnu súvislosť.

Komentár: Obmedzenia pri hodnotení expozície v domácnostiach. Neexistuje žiadna súvislosť medzi RF-EMF a rakovinou u detí.

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Katégoria alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky			
1. Aydin et al. 2011. Dánsko, Švédsko, Nórsko a Švajčiarsko; 2004–2008; CEFALO- Multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia.	352 prípadov; 646 populačných párovaných kontrol (M a F). Vek 7–19 rokov. Údaje zo správ z pediatrických, onkologických a neurochirurgických oddelení a z národných populačných registrov.	Používanie mobilných telefónov, zistené prostredníctvom osobných rozhovorov s účastníkmi a ich rodičmi.	Používanie mobilných telefónov.	Nádory centrálného nervového systému v lebke.	Odds ratio (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (95 % CI) z podmieneného logistického regresného modelu. Trend z obojstranného Waldovho testu OR (95 % CI) pre nádory mozgu nádorov	p-hodnota pre trend	Vzdelanie, rodinná anamnéza rakoviny, predchádzajúca expozícia hlavy žiareniu, fajčenie matky počas tehotenstva, predchádzajúce poranenia hlavy, používanie detských monitorov v blízkosti hlavy, používanie bezdrôtových telefónov, kontakt so zvieratami, miesto, kde dieťa žilo pred dosiahnutím veku, prítomnosť súrodencov, pôrodná hmotnosť, predčasný pôrod, niekedy lekárom diagnostikovaná astma, niekedy lekárom diagnostikovaný atopický ekzém a niekedy lekárom diagnostikovaná senná nádcha.	Adekvátne/nejednoznačné (nádor na mozgu) Deti a dospievajúci			
			<i>Pravidelné používanie (minimálne raz týždenne, > 6 mesiacov)</i>								
			Nie						1,0 (ref.)		
			Áno						1,36 (0,92 – 2,02)		
			<i>Doba od prvého použitia (roky)</i>								
			Nikdy pravidelný používateľ						1,0 (ref.)	0,37	
			≤3,3						1,35 (0,89 až 2,04)		
			3,3–5,0						1,47 (0,87 až 2,49)		
			>5,0						1,26 (0,70 až 2,28)		
			<i>Celková dĺžka hovorov (hodiny)</i>								
			Nikdy pravidelný používateľ						1,0 (ref.)	0,42	
			≤35						1,33 (0,89 až 2,01)		
			36–144						1,44 (0,85 až 2,44)		
			>144						1,55 (0,86 až 2,82)		

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a ukazovateľ	Odhad rizika (95 % CI)					Akékoľvek iné súbežné vystavenie/úpravy	Poznámky		
					OR (95 % CI), Kolektálny	OR (95 % CI), Lymfóm	OR (95 % CI), Maternica	OR (95 % CI), Prostata	OR (95 % CI), Mozog				
2. Atzmon et al 2012. Izrael, diagnóza medzi rokmi 1989 a 2007. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia/ Súčasná analýza je retrospektívnou sledovacou štúdiou v čase diagnózy.	307 subjektov, z toho 47 prípadov (M a F), medián veku 48 rokov. Prípady z lekárskeho dokumentu s potvrdenou diagnózou rakoviny. Osobné rozhovory v domácom prostredí účastníkov.	Vystavenie pôsobeniu rádiových a mobilných vysielateľov umiestnených v obci pred rokom 2000. Individuálne vystavenie (E) sa odhadlo pomocou nasledujúceho vzorca: $E = 1/D^2$, kde D je vzdialenosť (v metroch) medzi domom a najbližším vysielateľom.	Individuálna expozícia a roky bydliska.	Rakovina: kolorektálna (11), rakovina prsníka (10), lymfóm (6), leukémia (3), pľúcny (2), rakovina maternice (2), pečeň (2), žalúdok (2), vaječníkov (2), pankreasu (2), prostaty (2), krčka maternice (1), mozog (1) a močový mechúr (1). Pomer šanci a intervaly spoľahlivosti (OR, 95 % CI) z binárneho logistického regresného modelu.						Dĺžka pobytu v tom istom dome; konzumácia alkoholu; stravovacie návyky; frekvencia fyzickej aktivity; používanie mobilných telefónov; vystavenie bežným zariadeniam v dome; používanie perorálnej antikoncepcie alebo hormonálnej substituúnej terapie a príjem	Nedostatočné		
			Intenzita žiarenia		1,03 (1,01–1,05)	0,95 (0,86–1,06)	0,99 (0,91–1,07)	1,67 (0,04–61,04)	12,45 (0,34–453,54)	Žiadne vhodné meranie vystavenia RF			
			Roky vystavenia žiareniu		0,97 (0,877–1,082)	0,95 (0,82–1,11)	1,12 (0,88–1,42)	0,97 (0,86–1,10)	0,96 (0,84–1,11)				

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických štúdiách typu prípad-kontrola (450–6000 MHz) (pokračovanie c)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda posudzovania	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékolvek iné súběžné expozície/úpravy	Poznámky	
3. Li et al. 2012. Taiwan; 2003–2007; Populačná prípadovo-kontrolná štúdia.	2606 prípadov nádorových ochorení u detí (M a F), 78 180 zodpovedajúcich kontrolných osôb (939–28 170 pre leukémiu; 394–11 820 pre nádory mozgu). Vek < 15 rokov. Klinické údaje z Národnej databázy výskumu zdravotného poistenia (NHIRD).	Miera vystavenia RF bola odhadnutá na základe priemernej ročnej hustoty výkonu za päťročné obdobie pred diagnostikovaním nádoru v mestečku, kde subjekt žil v čase diagnostikovania nádoru. Informácie o MPBS od Taiwanskej národnej rady pre komunikácie (NCC).	Vystavenie pôsobeniu základňových staníc mobilných telefónov (MPBS): 800–900 MHz; 1800–2200 MHz. Odhad APD	Všetky novotvary; Leukémia; Novotvary mozgu. Pomerné riziko (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (95 % CI) z viacerých modelov bezpodmienečnej logistickej regresie				vek, pohlavie, kalendárny rok diagnózy nádoru, úroveň urbanizácie obce a hustota vysokonapäťových (69/161/345 kV) prenosových vedení (HVTL) v obci. Obmedzenia pri hodnotení expozície	Nedostatočné	
					OR (95 % CI) pre všetky novotvary	OR (95 % CI) pre leukémiu	OR (95 % CI) pre novotvary mozgu			
					<i>Úroveň expozície (v porovnaní s mediánom = 167,02 WY/km²)</i>					
					<medián	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)			1,00 (ref.)
					≥medián	1,13 (1,01–1,28)	1,23 (0,99–1,52)			1,14 (0,83–1,55)
<i>p-hodnota</i>	0,048	0,052	0,426							
4. Soderqvist et al. 2012. Švédsko, 2000–2003. Prípadovo-kontrolná štúdia.	78 prípadov; 312 kontrol (M a F), vek 22–80, medián 69. Pacienti boli zaradení podľa údajov Regionálneho onkologického centra v Uppsale/Örebro a Linköpingu, ktoré zahŕňajú deväť z 21 švédskych krajov. Kontrolná skupina bola náhodne vybraná z registra obyvateľstva.	Použitie bezdrôtových telefónov, t. j. mobilných aj bezdrôtových telefónov. Vlastné hlásenie o expozícii prostredníctvom poštového dotazníka.	Kumulatívny počet hodín používania bol vypočítaný na základe počtu rokov a priemerného času používania za deň. Kumulatívny počet hodín používania bol tiež rozdelený do troch skupín: 1–1000, 1001–2000 a viac ako 2000 hodín. Použitie bezdrôtových telefónov v priebehu 1 roka pred stanovením diagnózy bolo považované za neexpozíciu.	Nádor slinných žliaz. Pomery šanci a 95 % intervaly spoľahlivosti z bezpodmienečnej logistickej regresie.				Žiadne informácie nie sú k dispozícii Obmedzenia pri hodnotení expozície	Nedostatočné	
					OR (95 % CI) pre Mobilné telefóny	OR (95 % CI) pre bezdrôtové telefóny	OR (95 % CI) pre bezdrôtové telefóny, celkom			
					<i>Kumulatívne použitie (h)</i>					
					Nevystavený	1 (Ref.)	1 (Ref.)			1 (Ref.)
					1–1000	0,9 (0,4–1,7)	0,6 (0,3–1,3)			0,8 (0,5–1,6)
1001–2000	0,7 (0,1–3,6)	1,2 (0,2–7,8)	0,7 (0,2–2,7)							

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie d)

Informácie o štúdií	Populácia	Druh expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)				Akékoľvek iné súbežné vystavenie/úpravy	Poznámky
					OR (95 % CI) pre meningiomu, digitálne (2G)	OR (95 % CI) pre meningióm, digitálne (UMTS, 3G)	OR (95 % CI) pre meningióm, bezdrôtový telefón	OR (95 % CI) pre meningiomu, digitálny typ		
5. Carlberg et al. 2013. Švédsko; 2007–2009; Prípadovo-kontrolná štúdia.	709 prípadov; 1368 populačných párovaných kontrol (M a Ž). Vek 18–75 rokov. Údaje z registra rakoviny.	Používanie bezdrôtových telefónov (mobilných a bezdrôtových telefónov), hodnotené prostredníctvom štruktúrovaného telefónického dotazníka vyplneného samotnými respondentmi.	Používanie mobilných telefónov (UMTS, 4G); používanie bezdrôtových telefónov (1900 MHz).	Meningióm. Pomerné riziko (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (95 % CI) z bezpodmienečnej logistickej regresie.					Pohlavie, vek, rok diagnózy, socioekonomický index (SEI).	Adekvátne/Positívne (meningióm)
			Kumulatívne používanie bezdrôtových telefónov (h)							
			<39–405	1,0 (0,7–1,4)	0,7 (0,3–1,3)	1,0 (0,7–1,4)	1,1 (0,8–1,6)			
			406–1091	1,0 (0,7–1,5)	0,4 (0,1–1,2)	0,9 (0,6–1,3)	0,9 (0,6–1,3)			
			1092–2376	0,9 (0,6–1,4)	0,6 (0,2–1,8)	1,2 (0,8–1,8)	0,9 (0,6–1,3)			
			>2376	1,5 (0,9–2,3)	7,3 (1,2–46)	1,8 (1,2–2,8)	1,4 (0,96–2,6)			
<i>P pre trend</i>	0,06	0,04	0,0003	0,002						
6. Hardell et al. 2013a. Švédsko, 2007–2009. Prípadovo-kontrolná štúdia.	593 prípadov, 1368 kontrol (M a F), vek 18–75 rokov. Novodiagnostikované prípady nádorov na mozgu z regionálnych a národných švédskych registrov rakoviny. Na identifikáciu kontrol bol použitý švédsky register obyvateľstva.	Používanie bezdrôtových telefónov, t. j. mobilných aj bezdrôtových telefónov. Vlastné hlásenie o expozícii na základe dotazníka vyplneného samotnými účastníkmi, doplnené telefónickým rozhovorom.	Frekvencia používania; dĺžka expozície.	Maligne nádory mozgu. Pomerné riziko (OR) a 95 % interval spoľahlivosti (CI) z analýzy bezpodmienečnej logistickej regresie.					Pracovná anamnéza, expozícia rôznym látkam, fajčiarske návyky, zdravotná anamnéza vrátane dedičných rizikových faktorov a expozícia ionizujúcemu žiareniu.	Adekvátne/ Positívne (maligne nádory mozgu)
			Frekvencia používania							
			Nepoužívatelia (<1 rok)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)				
			Používatelia (>1 rok)	1,6 (0,99 – 2,7)	1,7 (1,04 – 2,8)	1,7 (1,04 – 2,8)				
			Doba používania (roky)							
			1–5	1,8 (1,002 – 3,4)	2,6 (1,4 – 4,9)	2,6 (1,4 – 5,0)				
			5–10	1,7 (0,98 – 2,8)	1,6 (0,9 – 2,7)	1,6 (0,98 – 2,8)				
			10–15	1,3 (0,8 – 2,2)	1,4 (0,8 – 2,3)	1,3 (0,8 – 2,2)				
			15–20	1,5 (0,8 – 2,6)	2,2 (1,3 – 3,6)	1,7 (1,02 – 3,0)				
			20–25	1,9 (1,1 – 3,5)	1,5 (0,5 – 4,6)	1,9 (1,04 – 3,4)				
>25	2,9 (1,4 – 5,8)	-	3,0 (1,5 – 6,0)							

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie e)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súběžné expozície/úpravy	Poznámky						
7. Hardell a kol. 2013b a Hardell a Carlberg 2015. Švédsko, 1997–2003 a 2007–2009. Zlúčená prípadovo-kontrolná štúdia.	316 prípadov akustického neurómu, 3530 kontrol (M a Ž), vo veku 20–80 rokov (1997–2003) a vo veku 18–75 rokov (2007–2009) v čase diagnózy. Prípady uvádzané z registrov rakoviny.	Používanie bezdrôtových telefónov, t. j. mobilných aj bezdrôtových telefónov. Vlastné hlásenie o expozícii na základe dotazníka vyplneného samotnými účastníkmi doplnené telefonickým rozhovorom.		Akustický neuróm. Odds ratio (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (CI) z analýzy bezpodmienečnej logistickej regresie.	OR (95 % CI) pre Používanie mobilných telefónov (analogové, 2G, 3G)	OR (95 % CI) pre digitálne telefóny (2G, 3G, bezdrôtové)	ALEBO (95 % CI) pre všetky bezdrôtové telefóny	Pracovná anamnéza, expozícia rôzne látky, fajčiarske návyky, anamnéza vrátane dedičných rizikových faktorov a vystavenie ionizujúcemu žiareniu.	Adequate/ Pozitívne (akustický neuróm a glióm)						
			Frekvencia používania												
			Nepoužívatelia (<1 rok)							1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)			
			Používatelia (>1 rok)							1,6 (1,2 – 2,2)	1,5 (1,1 – 2,0)	1,5 (1,1 – 2,0)			
			Doba užívania (roky)												Pozitívna súvislosť u častých užívateľov
			1–5							1,3 (0,9 – 1,8)	1,4 (1,01 – 1,9)	1,2 (0,8 – 1,6)			
			5–10							2,3 (1,6 – 3,3)	1,6 (1,1 – 2,3)	1,9 (1,3 – 2,7)			
			10–15							2,1 (1,3 – 3,5)	1,6 (0,97 – 2,8)	2,0 (1,3 – 3,2)			
			15–20							2,1 (1,02 – 4,2)	1,1 (0,5 – 2,5)	1,7 (0,9 – 3,3)			
			>20							4,5 (2,1 – 9,5)	8,1 (2,0 – 32)	4,4 (2,2 – 9,0)			
	1380 prípadov gliómu, 3530 kontrolných osôb (M a Ž) vo veku 20–80 rokov (1997–2003) a vo veku 18–75 rokov (2007–2009) v čase stanovenia diagnózy. Prípady hlásené v súvislosti s rakovinou registre.	Používanie bezdrôtových telefónov, t. j. mobilných aj bezdrôtových telefónov. Vlastné hlásenie o vystavení na základe dotazníka, ktorý si účastníci vyplnili sami a zaslali poštou dotazníkov.	gliómu. Pomerné riziko (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (CI) z analýzy bezpodmienečnej logistickej regresie.		OR (95 % CI) pre Používanie mobilného telefónu (analogový, 2G, 3G)	OR (95 % CI) pre používanie digitálnych telefónov (2G, 3G, bezdrôtové)	OR (95 % CI) pre všetky bezdrôtové telefóny	Pracovná anamnéza, vystavenie rôzne látky, fajčiarske návyky, anamnéza vrátane dedičných rizikových faktorov a vystavenie ionizujúcemu žiareniu.)						
				Frekvencia používania											
				Nepoužívatelia (<1 rok)						1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)			
				Používatelia (>1 rok)						1,6 (1,2 – 2,0)	1,3 (1,1–1,6)	1,3 (1,1 – 1,6)			
				Doba používania (roky)											
				1–5						1,1 (0,7–1,7)	1,2 (0,9–1,4)	1,1 (0,9–1,4)			
				5–10						1,1 (0,8–1,6)	1,6 (1,3–2,0)	1,5 (1,2–1,9)			
				10–15						2,2 (1,5 – 3,7)	1,4 (1,1–1,9)	1,4 (1,1–1,8)			
				15–20						2,4 (1,5–3,7)	2,0 (1,5–2,8)	1,7 (1,2–2,3)			
				20–25						3,2 (1,9–5,5)	1,6 (0,6–4,4)	1,9 (1,3–2,9)			
> 25	4,8 (2,5–9,1)	-	3,0 (1,7–5,2)												

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie f)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda posudzovania	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akéoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky	
8. Coureau et al. 2014. Francúzsko. 2004–2006. CERENAT. Prípady kontrolná štúdia.	596 prípadov a 1192 kontrol (M a F) vo veku nad 16 rokov. Prípady identifikované na základe populačnej registre rakoviny. Dvaja kontrolní pacienti bez anamnézy nádoru CNS boli náhodne vybrané z miestnych volebných zoznamov zosúladených na veku (± 2 roky), pohlavia a okres bydliska.	Expozícia z mobilného telefónu používanie telefónu. Vlastné hlásenie expozícia z štandardizované dotazníky doručené ako osobných nezaslepených štruktúrované rozhovory podľa vyškolených anketárov.	Čas od prvého použitia (roky), Kumulatívna dĺžka trvania hovorov (hodiny)	Gliómy, meningiomy. Podmienená logistická regresia pre zhodných súborov bolo použitých na odhad OR a 95 % CI			Úroveň vzdelania, fajčenie, konzumácia alkoholu. Potenciálne pracovné boli identifikované confoundery z podrobných pracovných kalendárov, a zo špecifických otázok o vystavení pesticídov, extrémne nízka frekvencia elektromagnetické polia (ELF-EMF), RF-EMF a ionizujúce žiarenie	Adequate/ Pozitívne (glióm, meningióm)	
			Pravidelné používanie mobilného telefónu						
			Nepravidelný používateľ		1 (Ref.)	1 (Ref.)			Pozitívna súvislosť u častých užívateľov
			Pravidelný užívateľ		1,24 (0,86 – 1,77)	0,90 (0,61 – 1,34)			
			Čas od prvého užitia (roky)						
			1–4		0,88 (0,56 – 1,39)	0,79 (0,49 – 1,27)			
			5–10		1,34 (0,87 – 2,06)	0,97 (0,58 – 1,61)			
			>10		1,61 (0,85 – 3,09)	1,57 (0,64 – 3,86)			
			Celková dĺžka hovorov (hodiny)						
			<43		0,83 (0,48 – 1,44)	1,12 (0,61 – 2,04)			
			43–112		0,77 (0,42 – 1,41)	0,85 (0,45 – 1,61)			
			113–338		1,07 (0,60 – 1,90)	0,52 (0,25 – 1,07)			
			339–895		1,78 (0,98 – 3,24)	0,52 (0,18 – 1,45)			
>896	2,89 (1,41 – 5,93)	2,57 (1,02 – 6,44)							

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie g)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akkoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky	
9. Pettersson et al. 2014. Švédsko, 2002–2007. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia.	422 prípadov s akustickým neurómom a 643 osôb v kontrolnej skupine na účely analýzy používania mobilných telefónov. 417 prípadov s akustickým neurómom a 635 osôb v kontrolnej skupine na účely analýzy používania bezdrôtových telefónov (muži a ženy) vo veku 20–69 rokov. Prípady identifikované na klinických pracoviskách, vo švédskych regionálnych registroch rakoviny a v miestnych registroch akustických neurómov. Dve párové kontrolné osoby na jeden prípad, náhodne vybrané zo švédskeho registra obyvateľstva.	Používanie mobilných a bezdrôtových telefónov. Vlastné hlásenie o expozícii prostredníctvom dotazníka zaslaného poštou.	Frekvencia používania; Dĺžka expozície; Kumulatívny počet hodín používania	Akustický neuróm. Pomery šancí (OR) s 95 % intervalmi spoľahlivosti z podmienených logistických regresných analýz				Fajčenie, vzdelanie, rodinný stav a počet detí; pre analýzy týkajúce sa bezdrôtových telefónov: používanie hands-free. Obmedzenia pri hodnotení expozície. Pozitívna súvislosť u častých užívateľov.	Adekvátne/ne jednoznačné (akustický neuróm)
						OR (95 % CI) pre používateľov mobilných telefónov	OR (95 % CI) pre používateľov bezdrôtových telefónov		
					Frekvencia používania				
					Nikdy alebo zriedka	1 (Ref.)	1 (Ref.)		
					Pravidelné používanie	1,18 (0,88 – 1,59)	1,41 (1,07 – 1,86)		
					Doba užívania (roky)				
					<5	1,06 (0,73 – 1,54)	1,35 (0,97 – 1,89)		
					5 až 9	1,39 (0,97 – 1,97)	1,74 (1,22 – 2,46)		
					=>10	1,09 (0,75 – 1,59)	1,10 (0,73 – 1,64)		
					Kumulatívne využitie (hodiny)				
					<38	1,09 (0,73 – 1,62)	1,22 (0,82 – 1,82)		
39–189	1,12 (0,74 – 1,69)	1,27 (0,85 – 1,89)							
190–679	1,13 (0,75 – 1,70)	1,42 (0,96 – 2,09)							
=>680	1,46 (0,98 – 2,17)	1,67 (1,13 – 2,49)							

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie h)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia		Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)	Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky		
10 Yoon et al. 2015. Kórea; 2002–2007; prípadová kontrolná štúdia.	285 pacientov, 285 osôb z kontrolnej skupiny (muži a ženy), priemerný vek 42,3 (±14,1) u pacientov; 42,5 (±14,0) u osôb z kontrolnej skupiny. Pacienti boli vybraní z piatich oblastí vrátane Soulu a vyšetrení na neurochirurgických oddeleniach v deviatich nemocniciach. Osoby z kontrolnej skupiny, ktoré absolvovali zdravotné vyšetrenia v tých istých nemocniciach.	Expozícia v dôsledku používania mobilného telefónu. Expozícia uvádzaná samotnými respondentmi v dotazníkoch.		Kumulatívne hodiny a roky používania počas života; priemerný počet prijatých hovorov a priemerný počet uskutočnených hovorov za deň; priemerná dĺžka hovoru	Glióm; upravené pomerové šance (aOR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (CI) boli vypočítané pomocou logistickej regresie	OR (95 % CI) pre glióm	upravené podľa pohlavia, veku, typu respondenta, piatich regiónov bydliska, dosiahnutého vzdelania, používania farbív, konzumácie alkoholu, používania počítača a používania elektrických príkrývok	Adekvátne/ne jednoznačné (glióm)		
									<i>Používanie mobilného telefónu</i>	
									Nepoužívatelia	1 (Ref.)
									Používatelia	1,17 (0,63 – 2,14)
									<i>Doba používania (v mesiacoch)</i>	
									< 48	1,28 (0,62 – 2,64)
									48–84	1,27 (0,63 – 2,56)
									>48	1,04 (0,52 – 2,09)
									<i>Kumulatívne hodiny používania (h)</i>	
									< 300	1,25 (0,64 – 2,45)
									300–900	1,59 (0,72 – 3,21)
									>900	0,64 (0,30 – 1,34)
									<i>Priemerná dĺžka trvania (min)</i>	
									<2	1,18 (0,62 – 2,24)
3–4	1,31 (0,65 – 2,63)									
>5	1,00 (0,45 – 2,24)									
11. Al-Qahtani 2016. Saudská; 1996–2013; Retrospektívna prípadovo-kontrolná štúdia.	26 prípadov, 61 osôb v kontrolnej skupine (muži a ženy). <30 rokov: 28; 30–39 rokov: 23; 40–49 rokov: 15; >50 rokov: 21. Nemocničné záznamy.	Expozícia v dôsledku používania mobilného telefónu. Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi v telefonických a osobných rozhovoroch s použitím štandardizovaného dotazníka.		Každodenné používanie: ≤1 h/deň: neexponovaní; >1 h/deň: exponovaní. Latentná doba: <10 rokov používania; =>10 rokov používania	Nádor prúsenej žľazy. OR a 95 % interval spoľahlivosti	OR (95 % CI) pre nádor prúsenej žľazy	Fajčenie Iné zmlatočné faktory neboli zohľadnené. Malá vzorka.	Nedostatočné		
									<i>Každodenné používanie</i>	
									Nevystavený	1 (Ref.)
									Vystavený	3,47 (1,30 – 9,23)
									<i>Doba vystavenia</i>	
									< 10 rokov	3,6 (0,97 – 13,36)
10 a viac rokov	3,46 (0,77 – 15,56)									

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických štúdiách typu prípad-kontrola (450–6000 MHz) (pokračovanie i)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky			
12. Satta et al. 2018. Sardínia, Taliansko; 1998–2004; Populačná prípadovo-kontrolná štúdia ako súčasť európskej multicentrickej štúdie EPILYMPH.	322 lymfómov prípadov; 444 porovnateľných kontrolných osôb (muži a ženy). Prípady vo veku 25 až 74 rokov. Osobné rozhovory s využitím štandardizovaného dotazníka.	Expozícia z rozhlasového a televízneho vysielača alebo základnej stanice mobilného telefónu v blízkosti troch najdlhšie obývaných adries kedykoľvek v priebehu života. Vzďialenosť použitá ako náhrada za intenzitu expozície; merania RF-EMF pri dverách adries s najdlhším pobytom, ktoré boli k dispozícii pre podskupinu subjektov bývajúcich do 250 m od najbližšej základnej stanice vysielača, s použitím širokopásmového detektora Microrade.	Odhady vysokofrekvenčného poľa (V/m):	Podtypy lymfómov: B-bunky; T-bunky; Hodgkinov; inak nešpecifikovaný NHL; OR a 95 % interval spoľahlivosti z logistickej regresie.	OR pre všetky lymfómy	OR pre B-bunky lymfóm	OR pre chronickú lymfocytovú leukémiu	Vek, pohlavie, dĺžka vzdelania (rozdelená do kategórií: 8 rokov, 9–13 rokov, 14 rokov), úroveň vzdelania a kvartily hustoty dopravy v blízkosti bydliska účastníkov štúdie.	Nedostatočné			
			Odhady RF poľa (V/m):									
			<0,01	1,00 (ref.)				1,00 (ref.)		1,00 (ref.)	Neisté hodnotenie expozície	
			0,01–1,23	0,7 (0,4 – 1,5)				0,8 (0,4 – 2,0)		1,5 (0,5 – 4,4)		
			1,24–1,50	0,7 (0,3 – 1,5)				0,9 (0,4 – 2,1)		-		
			1,51–1,7401	1,0 (0,5 – 2,1)				1,1 (0,5 – 2,7)		0,6 (0,1 – 3,1)		
			>1,7401	1,2 (0,6 – 2,6)				1,4 (0,6 – 3,4)		0,9 (0,2 – 4,6)		
13. Balekrouzou et al. 2017. Stredoafrická republika; 2003–2015; Prípadovo-kontrolná štúdia.	174 prípadov; 348 kontrolných osôb zodpovedajúceho veku (F). Vek >15 rokov. Údaje z registra rakoviny.	Používanie mobilných telefónov, vystavenie žiareniu. Vyskolení anketári vykonali štandardizovaný osobný rozhovor.	Vystavenie žiareniu; zvyk nosiť mobilný telefón v podprsienke.	Rakovina prsníka. Pomerné riziko (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (95 % CI) z bezpodmienečnej logistickej regresie.	OR (95 % CI) pre rakovinu prsníka, univariačná analýza	p-hodnota	OR (95 % CI) pre rakovinu prsníka, multivariačná analýza	p-hodnota	Vek, povolanie, ekonomická situácia, vzdelanie, miesto bydliska, etnická príslušnosť a rodinný stav, rodinná anamnéza, vystavenie žiareniu, stravovacie návyky, fyzická aktivita, konzumácia alkoholu, fajčenie, nosenie podprsienky, zvyk nosiť peniaze alebo mobilný telefón v podprsienke, výška, hmotnosť a BMI.	Nedostatočné		
			Denné používanie (h/deň)									Vlastné hlásenie o zvyku nosiť mobilný telefón v podprsienke
			Nie	1,00 (ref.)							1,00 (ref.)	
			Áno	8,02 (5,16–12,47)					0,000		8,21 (5,04 – 13,38)	0,000
			Zvyk nosiť mobilný telefón v podprsienke									
			Áno	1,00 (ref.)							1,00 (ref.)	
Nie	0,45 (0,31–0,65)	0,000	0,56 (0,35–0,89)	0,01								

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie j)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akékoľvek iné súběžné expozície/úpravy	Poznámky							
					OR (95 % CI) pre gliómy	OR pre meningiomy									
<p>14. Vila et al. 2018. Austrália, Kanada, Francúzsko, Nemecko, Izrael, Nový Zéland a Spojené kráľovstvo; 2000–2004; štúdia INTEROCC : medzinárodná prípadovo-kontrolná štúdia o používaní mobilných telefónov a riziku rakoviny mozgu v siedmich krajinách. „</p>	<p>2054 prípadov gliómu; 1924 prípadov meningiómu; 5601 kontrol (M a F). Prípady vo veku 30 až 59 rokov; do 69 rokov v Nemecku; 18 rokov a viac v Izraeli; 18 až 69 rokov v Spojenom kráľovstve. Osobný počítačom asistovaný rozhovor.</p>	<p>Vlastné údaje o expozícii v rámci výkonu povolania alebo o blízkosti radarov, telekomunikačných antén, vysielateľov, zariadení na výrobu polovodičov, zariadení na lekársku diagnostiku a liečbu, priemyselných ohrievačov alebo zariadení na ohrev potravín. Na priradenie priemerných úrovní expozície ku každému nahlásenému zdroju RF a IF bola použitá matica zdroj-expozícia (SEM). Intenzity poľa pre každý zdroj EMF boli vážené pomocou referenčných úrovní (RL) závislých od frekvencie, stanovených Medzinárodnou komisiou pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP) pre expozíciu pri práci. Frekvencia expozície: 10 MHz – 300 GHz.</p>	<p>Elektrické pole (V/m, aritmetický priemer úrovní expozície z SEM. Zdroje RF usporiadané podľa úrovne expozície elektrického poľa)</p>	<p>Riziko gliómu a meningiómu; upravený OR a 95 % intervaly spoľahlivosti.</p>			<p>Žiadne informácie k dispozícii</p> <p>Štúdia naznačujúca potenciálnu úlohu pri vzniku/progresii nádorov mozgu</p>	<p>Adekvátne/negatívne (glióm a meningióm)</p>							
									Doba expozície: 1–4 roky						
									Nevystavený			1,00 (ref.)	1,00 (ref.)		
									<0,42			0,69 (0,49 – 0,98)	0,60 (0,38 – 0,96)		
									0,42–4,47			0,85 (0,54 – 1,35)	1,13 (0,60 – 2,14)		
									4,48–18,8			0,77 (0,44 – 1,37)	0,86 (0,35 – 2,13)		
									≥18,9			1,38 (0,75 – 2,54)	1,30 (0,58 – 2,91)		
									Doba expozície: 5–9 rokov						
									Nevystavení			1,00 (ref.)	1,00 (ref.)		
									<0,42			0,84 (0,61 – 1,17)	0,60 (0,38 – 0,97)		
									0,42–4,47			0,93 (0,60 – 1,44)	1,48 (0,84 – 2,61)		
									4,48–18,8			0,82 (0,46 – 1,47)	1,08 (0,66 – 2,39)		
		≥18,9			0,90 (0,44 – 1,83)	1,03 (0,45 – 2,63)									

Tabuľka 1 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie I)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
15. Luo et al. 2019. Connecticut, USA, 2010–2011; na základe populácie prípadovo-kontrolná štúdia.	462 prípadov a 498 populačná kontrolná skupina (M a F), 21–84 rokov.	Používanie mobilných telefónov, žiarenie expozícia. Vyškolení anketári podali štandardizovaný a štruktúrovaný dotazník.	Používanie mobilných telefónov; Trvanie expozície.	Rakovina štítnej žľazy (papilárna, folikulárny, medulárny, anaplastický). Multivariačná nepodmiernená logistická regresia na odhad pomeru šancí (OR) a 95 % intervaly spoľahlivosti (95 % CI).	OR (95 % CI) pre Rakovina štítnej žľazy, Celkovo	OR (95 % CI) pre Rakovina štítnej žľazy, MM	OR (95 % CI) pre Rakovina štítnej žľazy, FF	vek, pohlavie, vzdelanie, rodinná anamnéza ochorenia štítnej žľazy rakovina, alkohol konzumácia, telesná hmotnosť index, predchádzajúce benigne ochorenia štítnej žľazy, pracovné ožiarenie expozícia a rádioterapia.	Adekvátne/ Nejasné (rakoviny štítnej žľazy)
			<i>Používanie mobilného telefónu</i>						
				Nepoužívatelia (< 6 mesiacov použitie)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (odkaz)		
				Používatelia (< 6 mesiacov používania) <i>Denné používanie (h/deň)</i>	1,05 (0,74, 1,48)	1,27 (0,62, 2,61)	0,99 (0,66, 1,47)		
				≤1	1,10 (0,72, 1,66)	1,76 (0,72, 4,32)	0,97 (0,60, 1,56)		
				1–2	1,51 (0,90, 2,53)	1,66 (0,57, 4,82)	1,45 (0,79, 2,65)		
				>2	1,40 (0,83, 2,35)	1,05 (0,35, 3,14)	1,52 (0,83, 2,80)		
				<i>Vek pri prvom užití (roky)</i>					
				≤20	1,08 (0,53, 2,20)	1,49 (0,34, 6,01)	0,95 (0,42, 2,18)		
				21–50	1,06 (0,72, 1,55)	1,44 (0,65, 3,17)	0,96 (0,62, 1,49)		
				>50	1,03 (0,62, 1,70)	0,99 (0,36, 2,70)	1,05 (0,58; 1,90)		
				<i>Doba používania (roky)</i>					
				≤12	0,99 (0,66, 1,49)	0,99 (0,39, 2,48)	0,97 (0,61, 1,53)		
				12–15	0,94 (0,63, 1,42)	0,82 (0,34, 1,97)	0,97 (0,61, 1,55)		
				>15	1,29 (0,83, 2,00)	2,11 (0,91, 4,89)	1,03 (0,62, 1,73)	Niektoré dôkazy u dlhodobých užívateľov	

Tabuľka 2 – Rakovina v epidemiologických ekologických prípadovo-kontrolných štúdiách (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Katégoria alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)					Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
16. Gonzalez Rubio et al. 2017. Španielsko. 2012–2015. Ekologická štúdia kontrolná ekologická štúdia.	95 prípadov: 65 lymfómov, 12 gliómy, 18 meningiómy (30 nádorov mozgu); 390 anonymných kontrol (M a F). Údaje o rezidentnej populácii v 110 správnych okresoch zo Španielskeho národného štatistického inštitútu (INE). Adresy všetkých prípadov rakoviny – gliómov, meningiómov a lymfómov – z onkologického oddelenia Univerzitetnej nemocnice v Albacete. Reprezentatívna náhodná vzorka 390 anonymných adries pre kontrolnú skupinu zo štatistického oddelenia mestského zastupiteľstva v Albacete.	Expozícia obyvateľstva akémukoľvek vysokofrekvenčnému žiareniu. 14 frekvenčných pásiem (FM, TV3, TETRA, TV4 a 5, GSM Tx, GSM Rx, DCS Tx, DCS Rx, DECT, UMTS Tx, UMTS Rx, WiFi 2G, WiMAX a WiFi 5G) v rozsahu od 88 MHz do 6 GHz. Expozícia jednotlivcov bola hodnotená pomocou expozimetra EME Spy 140 (Satimo), ktorý bol prepravovaný na bicykli. Celkovo bolo vykonaných 168 266 meraní, 12 019 meraní na frekvenciu, 1 540 priemerných záznamov meraní na správny región.	Priemerná celková expozícia RF-EMF (V/m) na správny región: min. 0,07, max. 1,03	Gliómy, meningiómy a lymfómy; Spearmanov korelačný test medzi expozíciou a výskytom nádorov. Odhad účinku nie je vhodný	ρ Spearmana pre meningióm, (p-hodnota)	Spearmanov koeficient ρ pre glióm, (p-hodnota)	Spearmanov koeficient ρ pre celý mozog, (p-hodnota)	Spearmanov koeficient ρ pre lymfóm, (p-hodnota)	Spearmanov koeficient ρ pre všetky nádory, (p-hodnota)	Fajčenie Iné confoundery neboli analyzované Nejasný dizajn, najmä vzhľadom na to, že sa zdá, že existuje hodnotenie osobnej expozície	neadekvátne
	Nejasný dizajn, najmä vzhľadom na to, že sa zdá, že existuje hodnotenie osobnej expozície	Nejasné hodnotenie expozície				0,19 (0,04)	0,15 (0,13)	0,28 (0,003)	-0,03 (0,72)	0,13 (0,19)	

Tabuľka 3 – Rakovina v epidemiologických kohortových štúdiách (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
					IRR (95 % CI) pre nádory centrálneho nervového systému, MM	IRR (95 % CI) pre Nádory centrálneho nervového systému, FF	IRR (95 % CI) pre Nádory centrálneho nervového systému, MM s >12 rokmi vzdelania		
17. Frei et al. 2011. Dánsko; 1990–2007. Celonárodná kohortová štúdia.	Všetci Dáni vo veku ≥30 rokov a narodení v Dánsku po roku 1925, rozdelení na predplatiteľov a nepredplatiteľov mobilných telefónov pred rokom 1995.	Používanie mobilných telefónov ako predplatiteľ mobilného telefónu; záznamy za roky 1982–1995 boli získané od dánskych sieťových operátorov.	Používanie mobilných telefónov, dĺžka predplatného.	Nádory centrálneho nervového systému. Pomery incidencie (IRR) podľa pohlavia a 95 % intervaly spoľahlivosti získané z log-lineárnych Poissonových regresných modelov.				Vek, kalendárne obdobie, vzdelanie a disponibilný príjem.	Nedostatočné
			Používanie mobilných telefónov						
			Neodberatelia	1,0 (ref.)	1,0 (ref.)	1,0 (ref.)			
			Predplatitelia	1,02 (0,94 až 1,10)	1,02 (0,86 až 1,22)	1,00 (0,83 až 1,22)	Hodnotenie expozície len na základe predplatného		
			Roky predplatného						
			Neodberatelia	1,0 (ref.)	1,0 (ref.)	1,0 (ref.)			
			1–4	1,07 (0,92 až 1,24)	0,97 (0,69 až 1,36)	1,29 (0,92 až 1,79)			
			5–9	0,95 (0,83 až 1,08)	1,05 (0,81 až 1,37)	0,95 (0,70 až 1,29)			
			10–12	1,08 (0,93 až 1,25)	1,05 (0,75 až 1,47)	0,82 (0,55 až 1,24)			
			≥13	1,03 (0,83 až 1,27)	0,91 (0,41 až 2,04)	0,94 (0,55 až 1,60)			

Tabuľka 3 – Rakovina v epidemiologických kohortových štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Katégoria alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)					Akékoľvek iné súběžné vystavenie/úpravy	Poznámky		
18. Benson et al. 2013. Spojené kráľovstvo; prospektívna kohortová štúdia, štúdia „Million Women Study“.	1,3 milióna žien stredného veku zaradených do programu skriningu prsníkov	Používanie mobilného telefónu. Poštový dotazník; otázky týkajúce sa používania mobilného telefónu boli kladené v rokoch 1999–2005 a opäť v roku 2009	Používanie mobilného telefónu.	Intrakraniálne nádory centrálneho nervového systému. Coxove regresné modely na odhad upravených relatívnych rizík (RR) a 95 % intervalov spoľahlivosti (CI)	RR (95 % CI) pre všetky intrakraniálne nádory CNS	RR (95 % CI) pre glióm	RR (95 % CI) pre meningióm	RR (95 % CI) pre hypofýzu	RR (95 % CI) pre akustický neuróm	Sociálno-ekonomický status, región, vek na začiatku štúdie, výška, BMI, fajčenie, konzumácia alkoholu, cvičenie, užívanie hormonálnej terapie v menopauze.	Adekvátny/ Pozitívny (akustický neuróm, hypofýza)		
			Kedykoľvek používal mobilný telefón								Nadmerne upravené pre viaceré výsledky.		
			Nie	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)					
			Áno	1,01 (0,90–1,14)	0,91 (0,76–1,08)	1,05 (0,81–1,38)	1,52 (0,99–2,33)	1,44 (0,91–2,28)					
			Frekvencia používania										
			Nikdy nepoužíva	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)					
			<Denné použitie	1,02 (0,90–1,15)	0,92 (0,77–1,10)	1,05 (0,80–1,37)	1,53 (0,99–2,36)	1,45 (0,91–2,31)					
			Denné použitie	1,00 (0,80–1,26)	0,80 (0,56–1,14)	1,11 (0,67–1,85)	1,45 (0,68–3,10)	1,37 (0,61–3,07)					
			Doba expozície (roky)						<i>p-hodnota pre trend = 0,23</i>	<i>p-hodnota pre trend = 0,03</i>			
			Nikdy nepoužíval	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)					
			<5	1,00 (0,84–1,20)	0,93 (0,71–1,21)	0,88 (0,60–1,31)	2,31 (1,31–4,06)	1,00 (0,54–1,82)					
			5–9	1,02 (0,89–1,17)	0,92 (0,75–1,13)	1,21 (0,89–1,65)	1,08 (0,64–1,82)	1,80 (1,08–3,03)					
10+	1,02 (0,81–1,27)	0,78 (0,55–1,10)	1,10 (0,66–1,84)	1,61 (0,78–3,35)	2,46 (1,07–5,64)								

Tabuľka 3 – Rakovina v epidemiologických kohortových štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie c)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)				Akékoľvek ďalšie súběžné expozície/úpravy	Poznámky
					IRR (95 % CI) pre Bazocelulárny karcinóm hlavy a krku, FF	IRR (95 % CI) pre bazocelulárny karcinóm hlavy a krku, MM	IRR (95 % CI) pre spino c elulárny karcinóm a melanóm hlavy a krku, FF	IRR (95 % CI) pre spino c elulárny karcinóm a melanóm hlavy a krku, MM		
19. Poulsen et al. 2013. Dánsko, 1982–1995, sledovanie až do roku 2007. Kohortová štúdia: štúdia CANULI o sociálnej nerovnosti a výskyte rakoviny a prežiti	355 701 (M a Ž), 30 rokov do dátumu prvej diagnózy rakoviny, úmrtia, emigrácie.	Používanie mobilných telefónov. Predplatné mobilných telefónov v Dánsku v období od roku 1982 do konca roku 1995. Čas strávený osobou v prvom roku predplatného bol definovaný ako neexponovaný.	Používanie mobilných telefónov; Dĺžka expozície.	Bazocelulárny karcinóm hlavy a krku, spinocelulárny karcinóm a melanóm na hlave a krku. Pomerov incidencie (IRR) a 95 % intervalov spoľahlivosti z log-lineárnych Poissonových regresných modelov.					Vek, kalendárny rok, úroveň vzdelania a príjem.	Nedostatočné
			Používanie mobilného telefónu						Hodnotenie expozície iba na základe predplatného mobilného telefónu	
			Nepoužívatelia (< 1 rok predplatného)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)			
			Používatelia (predplatné na viac ako 1 rok)	0,93 (0,82 – 1,05)	0,98 (0,93 – 1,03)	1,01 (0,88 – 1,16)	1,05 (0,80 – 1,37)			
			Doba používania (roky)							
			1–4	1,02 (0,80 – 1,30)	1,01 (0,91 – 1,13)	0,86 (0,61 – 1,21)	1,16 (0,69 – 1,94)			
			5–9	0,78 (0,64 – 0,95)	0,96 (0,89 – 1,04)	1,01 (0,81 – 1,26)	1,01 (0,65 – 1,57)			
			10–12	1,02 (0,83 – 1,26)	0,96 (0,87 – 1,05)	1,17 (0,93 – 1,48)	0,92 (0,55 – 1,54)			
>=13	1,20 (0,79 – 1,82)	1,02 (0,90 – 1,15)	0,91 (0,66 – 1,27)	1,20 (0,65 – 2,22)						

Tabuľka 3 – Rakovina v epidemiologických kohortových štúdiách (450–6000 MHz) (pokračovanie d)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky						
20. Hauri et al. 2014. Švajčiarsko. 2000–2008. Kohortová štúdia založená na sčítaní ľudu.	997 prípadov rakoviny zo Švajčiarskej národnej kohorty; 283 leukémii, 258 nádorov CNS, 456 ostatných rakoviny; 117 prípadov zo Švajčiarskeho registra detských nádorov, bez súvisu s SNC; 27 leukémia, 26 nádorov CNS nádory, 64 iné druhy rakoviny (M a F); ≤15 rokov.	Expozícia v obytných oblastiach vysielačom vysielačím na stredných vlnách (0,5–1,6 MHz), krátkovlnné (6–22 MHz), veľmi vysoké frekvencie (VHF; 174–230 MHz) a ultravysoké frekvencie (UHF; 470–862 MHz). Hladiny RF-EMF z vysielačov VHF a UHF ... boli modelované Federálnym úradom pre komunikácie pre oblasť s polomerom 10 km okolo každého vysielača pre roky 1990 a 2000.	A priori zvolené hraničné hodnoty na rozlíšenie medzi nízkou, strednou a vysokou expozíciou. V/m	Leukémia, akútna lymfoblastická leukémia a nádory centrálneho nervového systému, vrátane benigných nádorov. Pomerné riziko z analýzy času do výskytu udalosti (Coxova regresia), 2000–2008. Pomerná miera incidencie z Poissonovej regresnej analýzy, 1985–2008.	HR (95 % CI), IRR (95 % CI), Všetky druhy rakoviny	HR (95 % CI), IRR (95 % CI), Všetky leukémie	HR (95 % CI), IRR (95 % CI), Nádory CNS	Pohla v ie, benzén, prirodzené ionizujúce y žiarenie, vzdialenosť od najbližšieho vysokonapäťového vedenia a stupeň urbanizácie.	Adekvátne/ Negatívny (rakovina u detí)						
										Expozícia v obytných oblastiach					
										Nízka	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)		
										Stredná	1,14 (0,94 – 1,38) 1,09 (1,00 – 1,20)	0,70 (0,46 – 1,07) 0,92 (0,77 – 1,10)	1,35 (0,94 – 1,95) 1,16 (0,95 – 1,42)		
										Vysoká	1,03 (0,74 – 1,43) 0,90 (0,76 – 1,06)	0,55 (0,26 – 1,19) 0,76 (0,55 – 1,05)	1,68 (0,98 – 2,91) 1,03 (0,73 – 1,46)		

Tabuľka 4 (súhrn 1–3) – Zozbierané údaje o rakovine v epidemiologických štúdiách (450–6000 MHz)

Celkový počet štúdií FR1*	20			
Adekvátne štúdie	11			
Pozorované nádory	Celkom adekvátne štúdie	Pozitívne výsledky	Nejednoznačné výsledky	Negatívne výsledky
Glióm	8	3	2	3
Akustický neuróm	3	2	1	
Meningióm	4	2		2
Lymfóm	1			1
Štítna žľaza	1		1	
Hypofýza	1	1		

*Niektoré štúdie zahŕňajú viac ako jedno miesto výskytu nádoru.

1. SÚHRN VÝSLEDKOV (Tabuľka 4)

EPIDEMIOLOGICKÝCH ŠTÚDIÍ (FR1: 450 až 6000 MHz)

Epidemiologické dôkazy o možnej súvislosti medzi vystavením RF-EMF a rakovinou pochádzajú zo štúdií rôzneho dizajnu, ktoré hodnotili celý rad zdrojov vystavenia: populácie zahŕňali ľudí vystavených v pracovnom prostredí, ľudí vystavených zdrojom vo všeobecnom prostredí, napr. rádiovými základňovými stanicami, a ľudí vystavených používaním bezdrôtových (mobilných a bezdrôtových) telefónov.

V kapitole 4 (Obmedzenia) sú uvedené všeobecné metodické otázky súvisiace s hodnotením jednotlivých štúdií. Celkový počet epidemiologických štúdií uverejnených po hodnotení IARC z roku 2011 (IARC, 2013) a do roku 2020, ktoré boli vybrané pre tento prehľad týkajúci sa FR1, bol 20.

Po ďalšej dôkladnej analýze 20 pôvodných článkov sa 11 štúdií ukázalo ako primeraných na základe posúdenia expozície, veľkosti vzorky a vhodnosti analýz confounding.

V 11 relevantných štúdiách sa analyzovali gliómy, akustické neuromy, meningiómy, lymfómy a nádory štítnej žľazy a hypofýzy z hľadiska možnej súvislosti s expozíciou RF-EMF súvisiacou s používaním mobilných telefónov alebo s environmentálnou/pracovnou expozíciou emisiám z rádiových základňových staníc. Súvislosť rôznych novotvarov s expozíciou RF-EMF je uvedená nižšie. V zátvorkách sú uvedené čísla priradené jednotlivým štúdiám.

Glióm: zo 7 adekvátnych štúdií týkajúcich sa tohto výsledku 3 preukázali pozitívnu súvislosť s expozíciou RF-EMF (Ref: 6, 7, 8), 2 boli nejednoznačné (1, 10) a 3 negatívne (Ref: 14, 18, 20).

Akustický neuróm: z 3 adekvátnych štúdií týkajúcich sa tohto výsledku 2 preukázali pozitívnu súvislosť s expozíciou RF-EMF (Ref: 7, 18), 1 bola nejednoznačná (Ref: 9).

Meningióm: zo 4 adekvátnych štúdií týkajúcich sa tohto výsledku 2 preukázali pozitívnu súvislosť s expozíciou RF-EMF (Ref: 5, 8) a 2 boli negatívne (Ref: 14, 18).

Lymfóm/leukémia: jediná adekvátna štúdia (v detskom veku) týkajúca sa tohto výsledku bola negatívna (Ref: 20).

Nádor štítnej žľazy: jediná adekvátna štúdia týkajúca sa tohto výsledku ukázala nejednoznačné výsledky (Ref: 15).

Nádor hypofýzy: jediná relevantná štúdia týkajúca sa tohto výsledku bola pozitívna (Ref: 18).

Výsledky rôznych štúdií týkajúcich sa toho istého výsledku sú zmiešané (ukazujú protichodné zistenia), ako je zhrnuté v tabuľke 4. Nádory s robustnejšími dôkazmi o súvislosti sú glióm a akustický neuróm. Súvislosť medzi gliómom a akustickým neurómom je silnejšia u dlhodobých intenzívnych používateľov mobilných telefónov, čo je zároveň najrozsiahlejšie skúmaný zdroj expozície, a v niektorých prípadoch bol vznik nádorov spojený so stranou, na ktorej sa zariadenie držalo.

Potvrďuje sa hodnotenie IARC týkajúce sa *obmedzených dôkazov* o karcinogenite RF-EMF v epidemiologických štúdiách, pokiaľ ide o FR1.

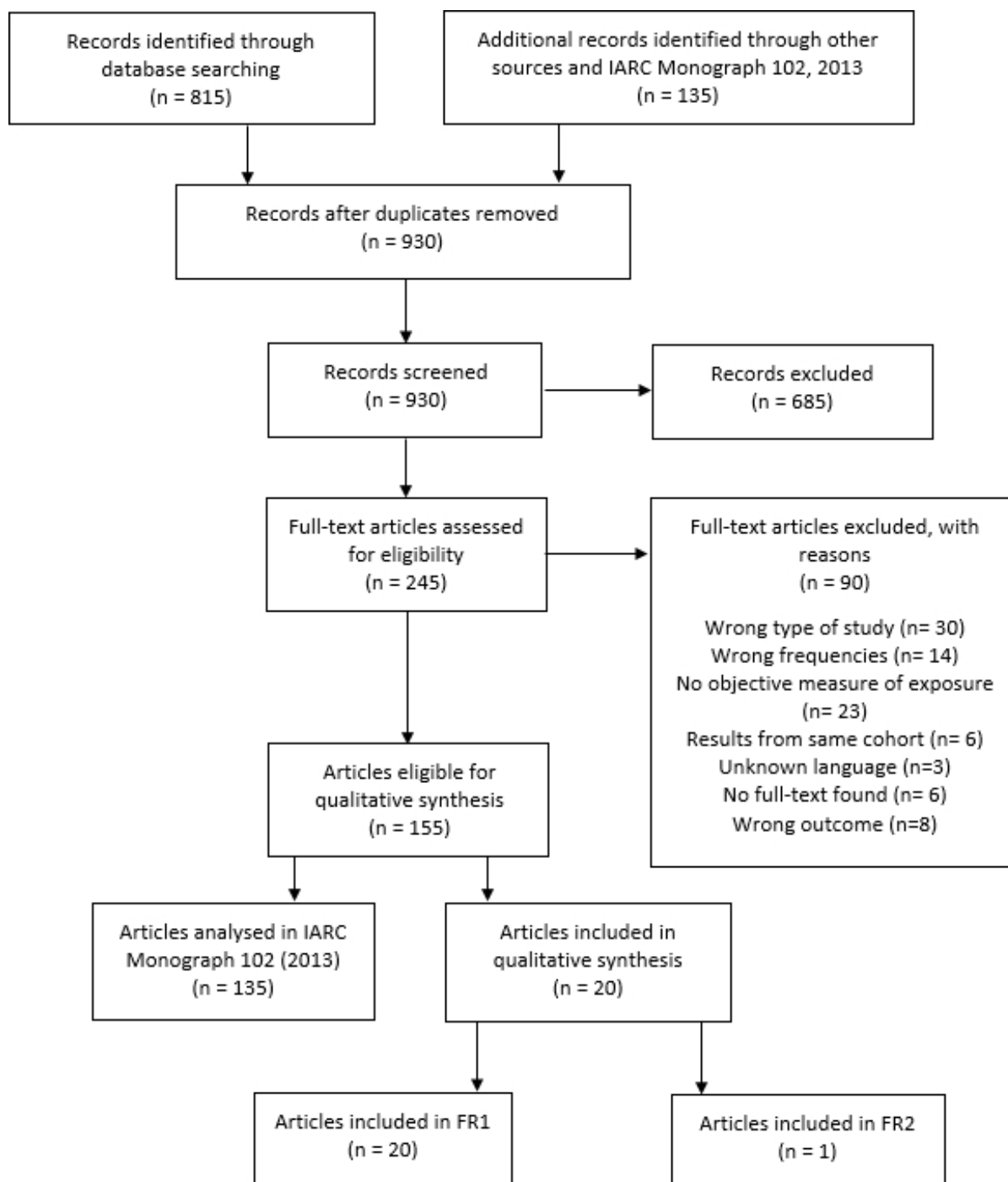
4.1.2 Rakovina v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace zdravotné účinky RF vo vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz, MMW).

Postup výberu relevantnej literatúry je rovnaký ako v prípade FR1; ako je uvedené v diagramu PRISMA, na základe názvu a abstraktu bolo preskúmaných 930 článkov a v tejto fáze bolo vylúčených 685; 245 bolo preskúmaných na základe plných textov a 90 bolo v tejto fáze vylúčených a po dôkladnejšom posúdení bol len jeden publikovaný článok vhodný na zaradenie do prehľadovej štúdie pre najvyšší rozsah frekvencií (tento článok uvádzal expozície na pracovisku pre FR1 aj FR2, takže sa to nezapočítava do celkového počtu zaradených štúdií) (obr. 10).

Dva články, ktoré boli zahrnuté do monografie IARC 102 (IARC, 2013) (a preto nie sú tu opísané), prezentovali expozície súvisiace s rozsahom FR2: bolo rozhodnuté uviesť najdôležitejšie informácie v súhrnných tabuľkách, keďže tieto nové frekvencie sú skutočným ťažiskom tohto prehľadu.

Opätovne je pre každý článok uvedený abstrakt spolu s tabuľkou sumarizujúcou najdôležitejšie informácie; okrem toho senior expert vyhodnotil ich primeranosť na posúdenie karcinogénnych účinkov (primerané/neprimerané) a celkovú syntézu výsledkov (pozitívne/negatívne/nejednoznačné) podľa kritérií použitých na posúdenie primeranosti opísaných v časti metodika.

Obrázok 10 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o rakovine v súvislosti s FR2



Na záver, vyhľadávanie v databázach PubMed a EMFPortal zamerané na epidemiologické štúdie zohľadňujúce expozície v rozsahu 24 GHz až 100 GHz (FR2) zahŕňalo 3 štúdie. Dve z nich už boli opísané v monografii IARC č. 102 (Stang et al., 2001 (1); Baumgardt-Elms et al., 2002 (2)) a jedna bola uverejnená po roku 2011 (Vila et al., 2018 (3)); táto posledná bola tiež predmetom analýzy nižších frekvencií zahrnutej v prehľade. Tieto 3 štúdie sa týkajú expozície radarových operátorov alebo pracovníkov v blízkosti radarových staníc. Rozsah frekvencií používaných v radarovej telekomunikácii je uvedený v tabuľke 5 (IEEE 521-2002). Expozícia pracovníkov nie je dostatočne posúdená, keďže expozícia RF-EMF je uvádzaná na základe vlastných údajov, zvyčajne kvantifikovaná podľa vzdialenosti od radaru alebo jednoducho podľa pracovnej pozície:

Tabuľka 5 – Rozsah frekvencií používaných v radarovej komunikácii.

Názov rozsahu	Frekvencia
L	1 – 2 GHz
S	2 – 4 GHz
C	4 – 8 GHz
[3]	8 – 12 GHz
Ku	12 – 18 GHz
K	18 – 27 GHz
Ka	27 – 40 GHz
V	40 – 75 GHz
W	75 – 110 GHz

Súhrny analyzovaných štúdií pre tieto frekvencie sú uvedené v tabuľkách 6a, b. Epidemiologická štúdia, ktorá nebola zahrnutá do hodnotenia pracovnej skupiny IARC z roku 2011, je nasledovná:

3. Vila et al., 2018.

Austrália, Kanada, Francúzsko, Nemecko, Izrael, Nový Zéland a Spojené kráľovstvo; 2000 – 2004; štúdia INTEROCC: medzinárodná prípadovo-kontrolná štúdia o používaní mobilných telefónov a riziku rakoviny mozgu v siedmich krajinách.

V roku 2011 Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny zaradila vysokofrekvenčné (RF) elektromagnetické polia (EMF) medzi látky, ktoré sú pre človeka pravdepodobne karcinogénne (skupina 2B), hoci epidemiologické dôkazy o súvislosti medzi expozíciou RF-EMF v pracovnom prostredí a rakovinou boli posúdené ako nedostatočné, čiastočne kvôli obmedzeniam pri hodnotení expozície. Táto štúdia skúma vzťah medzi expozíciou RF a EMF strednej frekvencie (IF) v pracovnom prostredí a rizikom nádorov mozgu (glióm a meningióm) v rámci medzinárodnej populačnej prípadovo-kontrolnej štúdie INTEROCC (s takmer 4000 prípadmi a viac ako 5000 kontrolami) s využitím nového prístupu k hodnoteniu expozície. Metódy: Účastníkom štúdie boli priradené individuálne indexy kumulatívnej expozície RF a IF-EMF (celkovo a v konkrétnych časových oknách expozície) pomocou matice zdroj-expozícia a podrobných údajov z rozhovorov o práci so zdrojmi EMF alebo v ich blízkosti. Na skúmanie súvislosti s rizikom gliómu a meningiómu bola použitá podmienená logistická regresia. Celkovo bolo približne 10 % účastníkov štúdie vystavených RF, zatiaľ čo iba 1 % bolo vystavených IF-EMF. Neexistovali žiadne jasné dôkazy o pozitívnej súvislosti medzi RF alebo IF-EMF a skúmanými nádormi mozgu, pričom väčšina výsledkov nepreukázala žiadnu súvislosť alebo pomer šancí (OR) bol nižší ako 1,0. Najvyššie upravené OR boli získané pre kumulatívnu expozíciu RF magnetickým poliam (v A/m-rokoch) v kategórii s najvyššou expozíciou (≥ 90 . percentil) pre najnovšie časové okno expozície (1–4 roky pred diagnózou alebo referenčným dátumom) pre glióm, OR=1,62 (95 % interval spoľahlivosti (CI): 0,86, 3,01) aj meningiómu (OR = 1,52, 95 % CI: 0,65, 3,55). Napriek vylepšenému prístupu k hodnoteniu expozície použitému v tejto štúdii neboli zistené žiadne jasné súvislosti. Výsledky získané pre nedávnu expozíciu elektrickým a magnetickým poliam RF však naznačujú potenciálnu úlohu pri vzniku/progresii nádorov mozgu a mali by sa ďalej skúmať.

Poznámka: Vylepšené hodnotenie expozície. Neboli zistené žiadne jasné súvislosti v prípade gliómov a meningiómov, potenciálna úloha pri vzniku/progresii nádorov mozgu.

Tabuľka 6 – Rakovina v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (24 až 100 GHz, MMW) (a)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akékoľvek iné súběžné expozície/úpravy	Poznámky			
1. Stang et al. 2001. Nemecko. 1994–1997. Prípadovo-kontrolná štúdia v nemocničnom a populačnom prostredí.	118 prípadov, 475 kontrol (M a Ž). 35–74 rokov. Prípadovo-kontrolná štúdia realizovaná v nemocničnom prostredí na oftalmologickom oddelení Univerzity v Essene; kontroly v populačnej štúdiu boli náhodne vybrané z povinných zoznamov obyvateľov.	Zdroje elektromagnetického žiarenia v pracovnom prostredí. Údaje o expozícii získané na základe osobných rozhovorov.	Expozícia počas života: zdroj expozície, trvanie, začiatok expozície.	Melanóm uveálneho traktu. Pomery šanci (OR) a 95 % interval spoľahlivosti (CI) z modelov podmienených logistických regresných analýz.	OR (95 % CI), Melanóm uveálneho traktu		Anamnéza, fenotypové charakteristiky, faktory životného štýlu, Len málo účastníkov uviedlo expozíciu radaru	Adekvátne/negatívne (melanóm uveálneho traktu)			
			Zdroj EMF								
			Radarové jednotky						0,4 (0,0–2,6)		
2. Baumgardt-Elms et al. 2002. Nemecko. 1995–1997. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia.	269 prípadov, 797 kontrol (M). 15–69 rokov. Prípady boli zistené prostredníctvom aktívneho systému hlásenia klinických a patologických oddelení v regiónoch štúdie. Kontroly boli vybrané náhodne z povinných registrov obyvateľov.	Expozícia EMF v pracovnom prostredí. Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi v osobných rozhovoroch.	Expozícia trvajúca najmenej 6 mesiacov. Expozície boli zoskupené podľa elektromagnetického spektra a predpokladov o intenzite elektrických a magnetických polí meraných na konkrétnych pracoviskách.	Rakovina semenníkov; pomer šanci a 95 % intervaly spoľahlivosti (OR, 95 % CI) z podmiennej logistickej regresie.	OR (95 % CI), rakovina semenníka		Zhodné faktory vek (desať 5-ročných vekových skupín, keďže v najvyššej vekovej skupine neboli zaznamenané žiadne prípady) a región bydliska (päť vrstiev) prostredníctvom stratifikácie; analýza podskupín pre modrokrých a bielookrých pracovníkov.	Adekvátne/negatívne (Nádory semenníka)			
			Zdroj EMF								
			Práca v blízkosti radarových zariadení						1,0 (0,60–1,75)		

Tabuľka 6 – Rakovina v epidemiologických prípadových kontrolných štúdiách (24 až 100 GHz, MMW) (pokračovanie b)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda posudzovania	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky			
<p>3. Vila et al. 2018. Austrália, Kanada, Francúzsko, Nemecko, Izrael, Nový Zéland a Spojené kráľovstvo; 2000–2004; štúdia INTEROCC: medzinárodná prípadovo-kontrolná štúdia o používaní mobilných telefónov a riziku rakoviny mozgu v siedmich krajinách.</p>	<p>2054 prípadov gliómu; 1924 prípadov meningiomu; 5601 kontrol (M a F). Prípady vo veku 30 až 59 rokov; do 69 rokov v Nemecku; 18 rokov a viac v Izraeli; 18 až 69 rokov v Spojenom kráľovstve. Osobný počítačom asistovaný osobný rozhovor.</p>	<p>Vlastné údaje o expozícii v pracovnom prostredí alebo blízkosti radarov, telekomunikačných antén, vysieláčov, zariadení na výrobu polovodičov, zariadení na lekársku diagnostiku a liečbu, priemyselných ohrievačov alebo zariadení na ohrev potravín. Na priradenie priemerných úrovni expozície ku každému nahlásenému zdroju RF a IF bola použitá matica zdrojov a expozície (SEM). Intenzity poľa pre každý zdroj EMF boli vážené pomocou referenčných úrovni (RL) závislých od frekvencie, stanovených Medzinárodnou komisiou pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP) pre expozíciu pri práci. Frekvencia expozície: 10 MHz – 300 GHz.</p>	<p>Elektrické pole (V/m, aritmetický priemer úrovni expozície z SEM. Zdroje RF usporiadané podľa úrovne expozície elektrického poľa)</p>	<p>Riziko gliómu a meningiómu; upravený OR a 95 % intervaly spoľahlivosti.</p>	<p>OR (95 % CI) pre gliómy</p>	<p>OR pre meningiómy</p>	<p>Žiadne informácie k dispozícii</p> <p>Vylepšené posúdenie expozície. Neboli zistené žiadne jasné súvislosti v prípade gliómov a meningiómov, potenciálna úloha pri vzniku/progresii nádorov mozgu.</p>	<p>Adekvátne/negatívne (glióm a meningióm)</p>			
									<i>Doba expozície: 1–4 roky</i>		
									Nevystavený	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)
									<0,42	0,69 (0,49–0,98)	0,60 (0,38–0,96)
									0,42–4,47	0,85 (0,54–1,35)	1,13 (0,60–2,14)
									4,48–18,8	0,77 (0,44–1,37)	0,86 (0,35–2,13)
									≥18,9	1,38 (0,75–2,54)	1,30 (0,58–2,91)
									<i>Doba expozície: 5–9 rokov</i>		
									Nevystavení	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)
									<0,42	0,84 (0,61–1,17)	0,60 (0,38–0,97)
									0,42–4,47	0,93 (0,60–1,44)	1,48 (0,84–2,61)
									4,48–18,8	0,82 (0,46–1,47)	1,08 (0,66–2,39)
									≥18,9	0,90 (0,44–1,83)	1,03 (0,45–2,63)

Tabuľka 7 (Súhrn 6 a, b) – Súhrnná tabuľka epidemiologických štúdií o rakovine, FR2: 24–100 GHz

Celkový počet štúdií*	3			
Adekvátne štúdie	3			
Pozorovaný nádor	Celkom adekvátne štúdie	Pozitívne výsledky	Nejednoznačné výsledky	Negatívne výsledky
Glióm	1			1
Meningióm	1			1
Melanóm uveálneho traktu	1			1
Rakovina semenníka	1			1

*jedna zo štúdií zahŕňa viac ako jedno miesto výskytu nádoru.

➤ **SÚHRN VÝSLEDKOV EPIDEMIOLOGICKÝCH ŠTÚDIÍ O RAKOVINE (FR2: 24 až 100 GHz, MMW) (Tabuľka 6a, b)**

Všetky tri posudzované relevantné štúdie nepreukázali žiadnu jasnú súvislosť medzi expozíciou vyšším frekvenciám (FR2) a vybraným typom rakoviny (tabuľka 7).

Pracovná skupina IARC v zhrnutí údajov týkajúcich sa expozície pri práci, ktoré sa týkali aj FR2, dospela k nasledujúcemu záveru:

„Nádory mozgu: „...nesprávna klasifikácia expozície a nedostatočná pozornosť venovaná možným zmätočným faktorom obmedzujú interpretáciu zistení. Neexistuje teda žiadny jasný náznak súvislosti medzi expozíciou RF žiareníu v pracovnom prostredí a rizikom rakoviny mozgu.“

„Leukémia/lymfóm: Zhrnutie: hoci existovali slabé náznaky možného zvýšenia rizika leukémie alebo lymfómu súvisiaceho s expozíciou RF žiareníu v pracovnom prostredí, obmedzené hodnotenie expozície a možné confounding faktory sťažujú interpretáciu týchto výsledkov“.

Ako potenciálne súvisiace s expozíciou vysokým frekvenciám sa objavili aj iné druhy nádorov (melanóm uvej, rakovina semenníka, prsníka, pľúc a kože), ale mnohé štúdie vykazovali metodické obmedzenia a výsledky boli nekonzistentné (IARC 2013). Následne nebola vykonaná žiadna ďalšia adekvátna štúdia týkajúca sa súvislosti týchto typov nádorov s expozíciou RF-EMF (FR2).

Tento prehľad potvrdzuje uvedené poznámky, a preto musíme konštatovať, že pokiaľ ide o najvyššiu frekvenciu 5G (FR2), tri epidemiologické štúdie, ktoré sa zaoberali expozíciou FR2, *nie sú dostatočné* na posúdenie vplyvu na zdravie.

4.1.3 Rakovina u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace zdravotné účinky RF v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G, 2G, 3G a 4G).

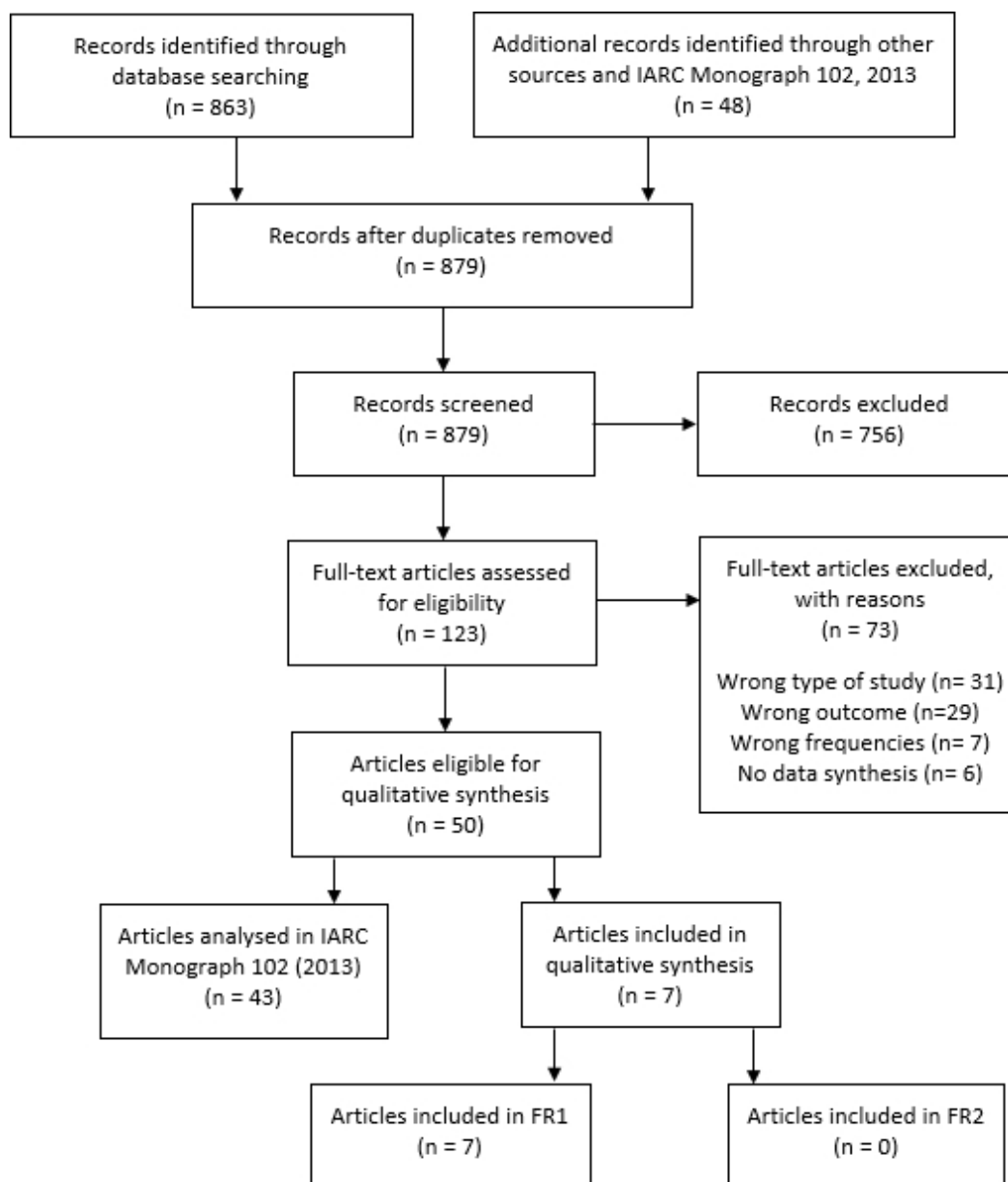
Po vyhľadani v databázach a iných zdrojoch bolo identifikovaných 911 článkov. Po odstránení duplicitných (32) a vylúčení irelevantných článkov (756) na základe názvov a abstraktov zostalo 123 článkov. Na základe prehliadania plných textov bolo ďalej vylúčených 73 článkov, takže článkov s frekvenciami vhodnými na zaradenie do tejto kvalitatívnej syntézy bolo 50.

Ako je podrobnejšie vysvetlené v časti venovanej metodike, za kľúčový referenčný zdroj pre všetky štúdie o rakovine u pokusných zvierat publikované do roku 2011 sme považovali monografiu IARC č. 102 (IARC, 2013): všetky pôvodné články (43), ktoré boli zahrnuté do tejto monografie, sme analyzovali a uviedli aj v tejto správe; pre účely tejto správy sme samozrejme zohľadnili iba konečnú klasifikáciu IARC. Po roku 2011 bolo uverejnených sedem adekvátnych štúdií.

V tejto fáze sa vykonalo aj rozdelenie na základe frekvenčného rozsahu: zo 7 zahrnutých článkov všetky uvádzali expozície patriace do pásma zohľadneného v FR1 a žiadny neuvádzal expozície týkajúce sa FR2 (obr. 11).

Pre každý vybraný článok je uvedený abstrakt spolu s tabuľkami, ktoré sumarizujú najdôležitejšie informácie; okrem toho senior expert vyhodnotil ich adekvátnosť pre posúdenie karcinogénnych účinkov (adekvátne/neadekvátne) a vyjadril celkovú syntézu výsledkov (pozitívne/negatívne/nejednoznačné) podľa kritérií opísaných v kapitole o metodike.

Obrázok 11 – Schéma postupu. Rakovina v štúdiách na pokusných zvieratách FR1

**KLÚČOVÝ ODKAZ: IARC 2013 (43 štúdií)**

Monografia IARC č. 102 je kľúčovým zdrojom pre túto štúdiu. Vyhodnotenie dostupných štúdií v danom čase je uvedené nižšie (IARC, 2013).

V máji 2011 sa 30 vedcov zo 14 krajín stretlo v Medzinárodnej agentúre pre výskum rakoviny (IARC) v Lyone vo Francúzsku, aby posúdili karcinogenitu vysokofrekvenčných elektromagnetických polí (RF-EMF). Tieto posudky boli uverejnené ako zväzok 102 monografií IARC (IARC, 2013).

Pracovná skupina preskúmala a posúdila štyri triedy biologických testov rakoviny na zvieratách. Tieto štúdie zahŕňali rôzne zvieracie modely, metricky expozície, trvanie expozície a ďalšie kritériá, na ktorých bolo založené hodnotenie karcinogenity.

Pracovná skupina hodnotila:

- 7 dvojročných biologických testov na rakovinu pri vystavení vysokofrekvenčnému žiareniu, z toho dva na myšiach a päť na potkanoch; šesť štúdií bolo zameraných na skúmanie účinkov vystavenia vysokofrekvenčnému žiareniu mobilných telefónov a jedna štúdia sa týkala vystavenia pulznému vysokofrekvenčnému žiareniu. V porovnaní s kontrolnými skupinami s placebom nebolo v žiadnej štúdií u zvierat vystavených vysokofrekvenčnému žiareniu mobilných telefónov zistené štatisticky významné zvýšenie výskytu benígnych alebo malígnych novotvarov v žiadnom orgáne. V štúdií s expozíciou pulznému RF žiareniu bol u potkanov pozorovaný zvýšený výskyt celkového počtu malígnych nádorov (všetky lokality spolu); pracovná skupina však považovala tento nález za biologicky obmedzený, keďže vyplýval zo zoskupenia nevýznamných zmien vo výskyte nádorov na viacerých miestach. Expozícia RF žiareniu nezvýšila celkový výskyt nádorov v žiadnej z ostatných šiestich hodnotených štúdií. Pracovná skupina dospela k záveru, že výsledky dvojročných biologických testov na rakovinu neposkytli žiadne dôkazy o tom, že dlhodobá expozícia RF žiareniu zvyšuje výskyt akýchkoľvek benígnych alebo malígnych novotvarov u štandardne chovaných myší alebo potkanov.

- 12 štúdií, ktoré použili štyri rôzne modely zvierat náchylných na nádory; dve z týchto štúdií preukázali zvýšený výskyt nádorov u zvierat vystavených RF žiareniu. Prvá štúdia s pozitívnymi výsledkami preukázala zvýšený výskyt lymfómu u *transgénnych* myší *Eμ-Pim1* vystavených RF žiareniu mobilných telefónov GSM pri 900 MHz; dve následné štúdie iných výskumníkov používajúcich ten istý modelový systém však tento zistenie nepotvrdili. V druhej štúdií s pozitívnymi výsledkami bol pozorovaný zvýšený výskyt nádorov mliečnej žľazy u myší C3H/HeA vystavených RF žiareniu pri 2450 MHz; hoci dve neskoršie štúdie používajúce rovnakú mieru expozície tento zistenie nepotvrdili, tieto naväzujúce štúdie boli vykonané pri nižších úrovniach expozície. Pracovná skupina dospela k záveru, že výsledky štúdií na troch modeloch zvierat náchylných na nádory (myší model lymfómu *Eμ-Pim1*, myší model lymfómu *AKR* a myší model rakoviny mozgu *Patched1*) nepodporujú hypotézu, že by sa výskyt nádorov v mozgu alebo lymfatickom tkanive zvýšil v dôsledku expozície vysokofrekvenčnému žiareniu.

- 16 štúdií o iniciácii a propagácii, ktoré boli vykonané na zvieracích modeloch tumorigenézy v koži, mliečnej žľaze, mozgu a lymfatickom tkanive. Žiadna z piatich štúdií na modeloch rakoviny kože a žiadna zo šiestich štúdií na modeloch rakoviny mozgu nepreukázala súvislosť s expozíciou vysokofrekvenčnému žiareniu. Jedna zo štyroch štúdií s modelom nádoru mliečnej žľazy u potkanov Sprague-Dawley poskytla pozitívne výsledky; ostatné tri štúdie – jedna s takmer identickým protokolom – nepreukázali súvislosť, hoci používali rovnaký experimentálny model a rovnaké podmienky vystavenia RF žiareniu. Podobne bola negatívna aj štúdia s modelom lymfómu. Pracovná skupina dospela k záveru, že dôkazy z týchto štúdií o iniciácii a propagácii nedokázali preukázať konzistentný vzorec zvýšenia karcinogenézy v dôsledku vystavenia RF žiareniu v žiadnej zo skúmaných tkanív.

- 6 štúdií o spolukarcinogéze zahŕňajúcich päť rôznych zvieracích modelov. Boli zaznamenané štyri pozitívne reakcie. Dve štúdie s pozitívnymi výsledkami – jedna na potkanoch Wistar, ktoré boli nepretržite vystavené pitnej vode obsahujúcej MX (vedľajší produkt dezinfekcie vody), a druhá na tehotných myšiach B6C3F1, ktorým bola podaná jednorazová dávka etylnitrozo-močoviny – zahŕňali vystavenie vysokofrekvenčnému žiareniu mobilných telefónov pri frekvenciách 900, resp. 1966 MHz. Ďalšie dve štúdie s pozitívnymi výsledkami zahŕňali súčasnú expozíciu myší BALB/c vysokofrekvenčnému žiareniu pri 2450 MHz a benzo[a]pyrenu. Hoci hodnota dvoch z týchto štúdií bola oslabená ich neznámou relevanciou pre rakovinu u ľudí, pracovná skupina dospela k záveru, že poskytli určité dodatočné dôkazy podporujúce karcinogenitu vysokofrekvenčného žiarenia u pokusných zvierat.

Záver hodnotenia štúdií na zvieratách bol: „Existujú obmedzené dôkazy o karcinogenite vysokofrekvenčného žiarenia u pokusných zvierat“ (IARC, 2013).

- PREHLAD ŠTÚDIÍ NA ZVIERATÁCH 2011–2020

Počnúc rokom 2011 táto prehľadová štúdia hodnotí podľa typu štúdie a roku publikovania (2011–2020) štúdie na zvieratách, ktoré sú zhrnuté aj v tabuľke 3 (a, b, c, d). Autorka dopĺňa krátke abstrakty o svoje vlastné stručné komentáre k výsledkom jednotlivých štúdií.

DVOJROČNÝ BIOASSAY RAKOVINY U MYŠÍ (Tabuľka 8a)**1. NTP TR 596, 2018.**

Myši B6C3F1/N vystavené rádiovým frekvenciám modulovaným systémom GSM (samce, samice) počas 24 mesiacov, štúdia karcinogenity.

Skupiny pozostávajúce zo 105 samcov a 105 samíc myší boli umiestnené v dozvukových komorách a boli vystavené celotelovému pôsobeniu rádiových frekvenčných žiarení (RFR) z mobilných telefónov modulovaných systémom GSM pri výkonových úrovniach 0 (fiktívna kontrola), 2,5, 5 alebo 10 W/kg, 9 hodín a 10 minút denne, 7 dní v týždni počas 106 (samce) alebo 108 (samice) týždňov s nepretržitým cyklom 10 minút zapnutia a 10 minút vypnutia počas obdobia 18 hodín a 20 minút každý deň. Zvieratá v skupine s fiktívnou kontrolou boli umiestnené v dozvukových komorách identických s tými, ktoré sa používali pre exponované skupiny, ale neboli vystavené RFR; spoločné skupiny neexponovaných myší každého pohlavia slúžili ako fiktívne kontroly pre obe modulácie RFR. Pätnásť myší v každej skupine bolo náhodne vybraných z hlavnej skupiny po 10 týždňoch štúdie; 10 z týchto 15 myší v každej skupine bolo použitých na priebežné hodnotenie po 14 týždňoch a päť myší v každej skupine bolo použitých na testovanie genetickej toxicity po 14 týždňoch. Zostávajúcich 90 zvierat v každej skupine bolo vystavených pôsobeniu až 2 roky. V dvojročnej štúdii bolo percento prežitia u samcov vystavených 5 W/kg významne vyššie ako v skupine s fiktívnou kontrolou. Prežitie ostatných vystavených skupín samcov a samíc bolo vo všeobecnosti podobné ako u fiktívnych kontrol. Priemerná telesná hmotnosť vystavených skupín samcov a samíc bola počas celej štúdie podobná ako u fiktívnych kontrol. Kombinovaná incidencia fibrosarkómu, sarkómu alebo malígneho fibrózneho histiocytómu kože bola zvýšená u samcov s dávkou 5 a 10 W/kg, hoci nie významne ani spôsobom súvisiacim so SAR; incidencia však prekročila celkové historické kontrolné rozsahy pre malígne fibrózne histiocytóm. V pľúcach bol u samcov zaznamenaný významný pozitívny trend vo výskyte alveolárneho/bronchiolárneho adenómu alebo karcinómu (spolu). V porovnaní s kontrolnou skupinou so simulovanou expozíciou mali všetky exponované skupiny samíc zvýšený výskyt malígneho lymfómu a výskyt v skupinách s expozíciou 2,5 a 5 W/kg bol významne zvýšený. Kontrolná skupina so simulovanou expozíciou mala nízky výskyt malígneho lymfómu v porovnaní s rozsahom pozorovaným v historických kontrolách. Neboli zaznamenané žiadne neoplastické lézie, ktoré by sa považovali za súvisiace s expozíciou RFR mobilných telefónov modulovaných systémom GSM.

2. NTP TR 596, 2018.

Myši B6C3F1/N (samce, samice) vystavené RFR modulovanému technológii CDMA, po dobu 24 mesiacov, štúdia karcinogenity.

Skupiny pozostávajúce zo 105 samcov a 105 samíc myší boli umiestnené v dozvukových komorách a boli vystavené celotelovému pôsobeniu rádiového žiarenia (RFR) z mobilných telefónov s moduláciou CDMA pri výkonových úrovniach 0 (fiktívna kontrola), 2,5, 5 alebo 10 W/kg, 9 hodín a 10 minút denne, 7 dní v týždni počas 106 (samce) alebo 108 (samice) týždňov s nepretržitým cyklom 10 minút zapnutia a 10 minút vypnutia počas obdobia 18 hodín a 20 minút každý deň. Zvieratá v kontrolnej skupine boli umiestnené v dozvukových komorách identických s tými, ktoré sa používali pre exponované skupiny, ale neboli vystavené RFR; spoločné skupiny neexponovaných myší každého pohlavia slúžili ako kontrolné skupiny pre obe modulácie RFR. Po 10 týždňoch štúdie bolo z hlavnej skupiny náhodne vybraných 15 myší na skupinu; 10 z týchto 15 myší na skupinu bolo použitých na priebežné hodnotenie po 14 týždňoch a 5 myší na skupinu bolo použitých na testovanie genetickej toxicity po 14 týždňoch. Zostávajúcich 90 zvierat na skupinu bolo vystavených pôsobeniu až 2 roky. Percentuálna prežiteľnosť bola v 2-ročnom štúdiu významne vyššia u samcov vystavených 2,5 W/kg v porovnaní s fiktívnymi kontrolami. Prežiteľnosť samcov a samíc vo všetkých ostatných vystavených skupinách bola vo všeobecnosti podobná ako u fiktívnych kontrol. Priemerná telesná hmotnosť vystavených skupín samcov a samíc bola počas celého štúdia podobná ako u fiktívnych kontrol. U samcov vystavených dávke 5 W/kg došlo k významnému zvýšeniu výskytu hepatoblastómu. V porovnaní s kontrolnou skupinou bez expozície bol výskyt malígneho lymfómu zvýšený vo všetkých vystavených skupinách samíc, pričom tento nárast bol významný v skupine s dávkou 2,5 W/kg. Ako bolo uvedené v štúdii GSM, spoločná kontrolná skupina bez expozície mala nízky výskyt malígneho

lymfóm v porovnaní s rozsahom pozorovaným u historických kontrolných skupín. Neboli zaznamenané žiadne neoplastické lézie, ktoré by sa považovali za súvisiace s vystavením rádiovým frekvenciám (RFR) z mobilných telefónov modulovaných systémom CDMA.

Komplexné zhrnutie: Za podmienok týchto dvojročných štúdií existovali nejednoznačné dôkazy o karcinogénnej aktivite RFR mobilných telefónov modulovaných systémom GSM pri frekvencii 1 900 MHz u samcov myši B6C3F1/N na základe kombinovaného výskytu fibrosarkómu, sarkómu alebo malígneho fibrózneho histiocytómu v koži a výskytu alveolárneho/bronchiolárneho adenómu alebo karcinómu (kombinovaného) v pľúcach. Existovali nejednoznačné dôkazy o karcinogénnej aktivite RFR mobilných telefónov modulovaných systémom GSM pri frekvencii 1 900 MHz u samíc myši B6C3F1/N na základe výskytu malígneho lymfómu (všetky orgány). Existovali nejednoznačné dôkazy o karcinogénnej aktivite RFR mobilných telefónov modulovaných systémom CDMA pri frekvencii 1 900 MHz u samcov myši B6C3F1/N na základe výskytu hepatoblastómu pečene. Na základe výskytu malígneho lymfómu (všetky orgány) existovali nejednoznačné dôkazy o karcinogénnej aktivite RFR mobilných telefónov modulovaných systémom CDMA pri frekvencii 1 900 MHz u samíc myši B6C3F1/N.

Celkové zhodnotenie: Nejednoznačné dôkazy o karcinogenite u myší v prípade RFR modulovaného systémom GSM a CDMA.

DVOJROČNÝ BIOASSAY NA RAKOVINU U POTKANOV (Tabuľka 9 a)

3. NTP TR 595, 2018.

RFR modulované systémom GSM, potkany Harlan SD (M, F), prenatalná expozícia počas 24 mesiacov, štúdia karcinogenity.

Počnúc 5. dňom gravidity boli skupiny 56 samíc potkanov F0 v rovnakom veku umiestnené do špeciálne navrhnutých dozvukových komôr a boli vystavené celotelovej expozícii RFR z mobilných telefónov modulovaných systémom GSM pri výkonových úrovniach 0 (fiktívna kontrola), 1,5, 3 alebo 6 W/kg počas 7 dní v týždni, a to počas celého obdobia gravidity a laktácie. Expozícia trvala až 18 hodín a 20 minút denne s nepretržitým cyklom 10 minút zapnutia a 10 minút vypnutia počas expozícií. Na každé pohlavie bolo sedem expozícií, vrátane spoločnej kontrolnej skupiny a troch expozícií pre každú moduláciu. Pri odstave boli náhodne vybrané tri samce a tri samice z každého vrhu z 35 vrhov na pokračovanie v expozícii. Odstavenie sa uskutočnilo v deň, keď posledný vrh dosiahol PND 21, čo znamenalo začiatok dvojročných štúdií. Skupiny 105 samcov a 105 samíc potomkov F1 naďalej dostávali celotelovú expozíciu RFR z mobilných telefónov modulovaných GSM pri rovnakých úrovniach výkonu a podľa rovnakého expozičného paradigmatu, 7 dní v týždni po dobu až 104 týždňov. Po 14 týždňoch expozície bolo v každej skupine náhodne vybraných 10 potkanov na priebežné histopatologické vyhodnotenie a päť potkanov bolo určených na posúdenie genetickej toxicity. V srdci sa na konci dvojročných štúdií pozoroval malígny schwannóm (synonymum: neurinóm) vo všetkých exponovaných skupinách samcov a v skupine samíc s dávkou 3 W/kg, avšak v kontrolnej skupine s fiktívnou expozíciou sa nevyskytol žiadny prípad. Hyperplázia endokardiálnych Schwannových buniek sa vyskytla aj u jedného samca v skupine s dávkou 1,5 W/kg a u dvoch samcov v skupine s dávkou 6 W/kg. Výrazne sa tiež zvýšil výskyt kardiomyopatie pravej komory u samcov a samíc v skupinách s dávkou 3 a 6 W/kg. V mozgu samcov bol zvýšený výskyt malígneho gliómu a hyperplázie gliových buniek vo všetkých exponovaných skupinách, avšak žiadny sa nevyskytol v kontrolných skupinách s placebom. Vo všetkých exponovaných skupinách bol tiež zvýšený výskyt benígnych alebo malígnych granulárnych nádorov. U samcov exponovaných na 1,5 alebo 3 W/kg bol významne zvýšený výskyt benígneho feochromocytómu a benígneho, malígneho alebo komplexného feochromocytómu (spolu) drene nadobličiek. V drene nadobličiek samíc vystavených 6 W/kg bol zaznamenaný významne zvýšený výskyt hyperplázie. V prostatickom žľaze samcov potkanov bol zaznamenaný zvýšený výskyt adenómu alebo adenómu a karcinómu (spolu) u samcov vystavených 3 W/kg a hyperplázia epitelu vo všetkých vystavených skupinách samcov. V hypofýze (pars distalis) bol zvýšený výskyt adenómu vo všetkých vystavených skupinách samcov. Zvýšený výskyt adenómu alebo karcinómu (kombinovaný) pankreatických ostrovčekov bol zaznamenaný vo všetkých vystavených skupinách samcov potkanov, avšak významný bol len výskyt v skupine s 1,5 W/kg. U samíc potkanov bol zaznamenaný významne zvýšený výskyt hyperplázie C-buniek štítnej žľazy vo všetkých exponovaných skupinách a významne zvýšený výskyt hyperplázie kôry nadobličiek v skupinách s dávkou 3 a 6 W/kg.

RFR modulované systémom GSM: V podmienkach tejto dvojiročnej štúdie o celotelovej expozícii sa na základe výskytu malígneho schwannómu srdca u samcov potkanov Hsd:Sprague Dawley (SD) preukázala jasná karcinogénna aktivita RFR mobilných telefónov modulovaných systémom GSM pri frekvencii 900 MHz. Výskyt malígneho gliómu mozgu a benígneho, malígneho alebo komplexného feochromocytómu (spolu) drene nadobličiek bol tiež spojený s expozíciou RFR. Výskyt benígnych alebo malígnych granulárnych nádorov mozgu, adenómu alebo karcinómu (spolu) prostaty, adenómu pars distalis hypofýzy a adenómu alebo karcinómu (spolu) buniek pankreatických ostrovčekov mohol súvisieť s expozíciou RFR. Na základe výskytu schwannómov srdca existovali nejednoznačné dôkazy o karcinogénnej aktivite RFR mobilných telefónov s moduláciou GSM pri 900 MHz u samíc potkanov Hsd:Sprague Dawley SD. Pri vystavení RFR modulovanému systémom GSM pri frekvencii 900 MHz došlo k nárastu neoplastických lézií srdca, mozgu a prostaty u samcov potkanov a srdca, štítnej žľazy a nadobličiek u samíc potkanov.

Komentár: Pozitívne dôkazy o karcinogenite zhubného schwannómu (neurinómu) srdca spojeného s expozíciou RF-EMF v blízkosti poľa (RFR modulované systémom GSM); výskyt zhubného gliómu mozgu a benígneho, zhubného alebo komplexného feochromocytómu (kombinovaného) drene nadobličiek bol tiež spojený s expozíciou RFR. Poznámka: Nárast výskytu nádorov mozgu a neurinómov bol zaznamenaný aj v epidemiologických štúdiách.

4. Falcioni et al., 2018.

Potkany SD (M, F), prenatalná expozícia až do spontánnej smrti, štúdia karcinogenity.

Samce a samice potkanov Sprague-Dawley boli od prenatalného obdobia až do prirodzenej smrti vystavené pôsobeniu GSM poľa v diaľkovom poli s frekvenciou 1,8 GHz a intenzitou 0, 5, 25, 50 V/m, pričom celotelová expozícia trvala 19 hodín denne. U ožiarených samcov potkanov pri najvyššej dávke (50 V/m) bol pozorovaný štatisticky významný nárast výskytu schwannómov srdca. Okrem toho bol u ožiarených samcov a samíc potkanov pri najvyššej dávke (50 V/m) pozorovaný nárast výskytu hyperplázie Schwannových buniek srdca, hoci tento nárast nebol štatisticky významný. U ožiarených samíc potkanov pri najvyššej dávke (50 V/m) bol pozorovaný nárast výskytu malígnych gliálnych nádorov, hoci nebol štatisticky významný. Zistenia RI týkajúce sa expozície RFR v diaľkovom poli sú v súlade s výsledkami štúdie NTP o expozícii v blízkom poli a potvrdzujú ich, keďže obe štúdie uvádzajú nárast výskytu nádorov mozgu a srdca u potkanov Sprague-Dawley vystavených RFR. Tieto nádory majú rovnaký histotyp ako nádory pozorované v niektorých epidemiologických štúdiách u používateľov mobilných telefónov. Tieto experimentálne štúdie poskytujú dostatočné dôkazy na to, aby sa požadovalo prehodnotenie záverov IARC týkajúcich sa karcinogénneho potenciálu RFR u ľudí.

Poznámka: Existujú dôkazy o súvislosti medzi expozíciou RF-EMF v diaľkovom poli (v prostredí) a zvýšeným výskytom schwannómov srdca (neurinóm je synonymum) [publikácia celej štúdie je v príprave]. Poznámka: V epidemiologických štúdiách sa tiež zaznamenal zvýšený výskyt nádorov mozgu a neurinómov.

MYŠI NÁCHYLNÉ NA NÁDORY (Tabuľka 10 a)

5. Lee et al., 2011

Myši AKR/J (M, F), 42 týždňov (~10 mesiacov), náchylné na lymfóm.

Boli skúmané karcinogénne účinky kombinovaných signálov RF-EMF na myši AKR/J, ktoré boli použité ako zvierací model lymfómu. Šesťtýždňové myši AKR/J boli súčasne vystavené dvom typom RF signálov: single code division multiple access (CDMA) a wideband code division multiple access (WCDMA). Myši AKR/J boli vystavené kombinovaným RF-EMF po dobu 45 minút denne, 5 dní v týždni, celkovo 42 týždňov. Priemerná miera špecifickej absorpcie (SAR) celého tela pri poliach CDMA a WCDMA bola 2,0 W/kg v každom prípade, celkovo 4,0 W/kg. Pri skúmaní konečnej prežiteľnosti, výskytu lymfómov a výskytu splenomegálie neboli zistené žiadne rozdiely medzi myšami vystavenými simulovanému pôsobeniu a myšami vystavenými RF. Výskyt infiltrácie metastáz do mozgu u myši s lymfómom sa však u myši vystavených RF

v porovnaní s myšami vystavenými simulovanej expozícii, hoci nebola pozorovaná žiadna konzistentná korelácia (nárast alebo pokles) medzi samcami a samicami. Výskyt infiltrácie do pečene, pľúc a sleziny sa však medzi skupinami nelíšil. Na základe týchto výsledkov sme dospeli k záveru, že súčasná expozícia RF-EMF v pásmach CDMA a WCDMA nemala vplyv na vývoj lymfómu u myši AKR/J.

Poznámka: Krátka doba expozície. Expozícia nemala vplyv na vývoj lymfómu u myši AKR/J.

ŠTÚDIE PROMOTIE U MYŠÍ (Tabuľka 11a)

6. Lerchl et al., 2015, myši B6C3F1 (F), 24 mesiacov, štúdia propagácie.

(Tillmann et al., 2010) naznačili, že RF-EMF má účinky podporujúce vznik nádorov. Bola vykonaná replikačná štúdia s vyšším počtom zvierat v každej skupine, ktorá zahŕňala dve ďalšie úrovne expozície (0 (simulovaná expozícia), 0,04, 0,4 a 2 W/kg SAR). Počet nádorov pľúc a pečene u exponovaných zvierat bol výrazne vyšší ako u kontrolnej skupiny s fiktívnou expozíciou. Okrem toho sa zistilo, že expozícia tiež výrazne zvyšuje výskyt lymfómov. Chýbal jasný účinok závislý od dávky. Predpokladáme, že tieto účinky podporujúce vznik nádorov môžu byť spôsobené metabolickými zmenami v dôsledku expozície. Keďže mnohé z účinkov podporujúcich vznik nádorov v našej štúdii boli pozorované pri nízkych až stredných úrovniach expozície (0,04 a 0,4 W/kg SAR), teda hlboko pod limitmi expozície pre používateľov mobilných telefónov, sú potrebné ďalšie štúdie na preskúmanie základných mechanizmov. Naše zistenia môžu pomôcť pochopiť opakované správy o zvýšenom výskyte nádorov mozgu u častých používateľov mobilných telefónov.

Komentár: Štúdia nie je presnou replikáciou štúdie Tillmanna a kol. (2010). Preukazuje pozitívny dôkaz súvislosti medzi nádormi pľúc, pečene a lymfómami a expozíciou RF-EMF.

Tabuľka 8 – Rakovina u pokusných zvierat: dvojročné testy na rakovinu u myší (450–6000 MHz) (a)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), trvanie, typ štúdie	Úroveň vystavenia RF Frekvencie, intenzity; akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Zvýšený výskyt nádorov (významnosť)	Poznámky
1. NTP TR 596, myši B6C3F1/N (M, F), prenatálna expozícia počas 24 mesiacov, štúdia karcinogenity, 2018	GSM, (1900 MHz), 2,5, 5 a 10 W/kg	9 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 105/pohlavie/skupina	Kombinovaná incidencia fibrosarkómu, sarkómu alebo malígneho fibrózneho histiocytómu v koži a incidencia alveolárneho/bronchiolárneho adenómu alebo karcinómu (kombinovaná) v pľúcach. U samíc zvýšená incidencia malígneho lymfómu (všetky orgány).	Primerané, nejednoznačné
2. NTP TR 596, myši B6C3F1/N (M, F), prenatálna expozícia počas 24 mesiacov, štúdia karcinogenity, 2018	CDMA (1900 MHz), 2,5, 5 a 10 W/kg	9 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 105/pohlavie/skupina	Hepatoblastóm pečene. U samíc zvýšený výskyt malígneho lymfómu (všetky orgány).	Adekvátne, nejednoznačné

Tabuľka 9 – Rakovina u pokusných zvierat: dvojročné bioassay testy na rakovinu u potkanov (450–6000 MHz) (a)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), trvanie, typ štúdie	Úroveň vystavenia RF Frekvencie, intenzity; akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Zvýšený výskyt nádorov (významnosť)	Poznámky
3. NTP TR 595 , potkany SD (samce, samice), prenatálna expozícia počas 24 mesiacov, štúdia karcinogenity, 2018	GSM, CDMA (900 MHz), 1,5, 3, 5 W/kg	9 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 105 jedincov/pohlavie/skupina	Glióm mozgu u samcov, schwannóm srdca a kombinovaný feochromocytóm nadobličiek (p < 0,05)	Adekvátne, pozitívne pre schwannómy srdca a nádory mozgu; pozitívne pre nádory nadobličiek
4. NTP TR 595 , potkany SD (M, F), prenatálna expozícia po dobu 24 mesiacov, štúdia karcinogenity, 2018	GSM, CDMA (900 MHz), 1,5, 3, 5 W/kg	9 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 105 jedincov/pohlavie/skupina	Glióm mozgu u samcov, schwannóm srdca a kombinovaný feochromocytóm nadobličiek (p < 0,05)	Adekvátne, pozitívne pre schwannómy srdca a nádory mozgu; pozitívne pre nádory nadobličiek
5. Falcioni et al., 2018 , potkany SD (samce, samice), prenatálna expozícia až do spontánnej smrti, štúdia karcinogenity	GSM (1800 MHz), 0,1, 0,03, 0,001 W/kg	19 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 200, 400 /pohlavie/skupina	Schwannóm srdca u samcov (p < 0,05) a glióm mozgu u samíc	Adekvátne, pozitívne pre schwannómy srdca; hraničné pre nádory mozgu

Tabuľka 10a – Rakovina u pokusných zvierat: myši náchylné na nádory (450–6000 MHz) (a)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), trvanie, typ štúdie	Úroveň vystavenia RF Frekvencie, intenzity; akékoľvek iné súbežné vystavenie	Doba expozície, počet zvierat	Zvýšený výskyt nádorov (významnosť)	Poznámky
6. Lee et al., 2011, myši AKR/J (samce, samice), 42 týždňov (~10 mesiacov), náchylné na lymfóm	CDMA (849 MHz) a WCDMA (1950 MHz), 4 W/kg (kombinované)	45 min/deň, 5 dní/týždeň, 40 jedincov/pohlavie/skupina	Žiadne štatisticky významné zvýšenie výskytu nádorov	Nedostatočné (krátka denná expozícia)

Tabuľka 10b – Rakovina u pokusných zvierat: štúdie o podpore u myší (450–6000 MHz) (a)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), trvanie, typ štúdie	Úroveň vystavenia RF Frekvencie, intenzity; akékoľvek iné súbežné expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Zvýšený výskyt nádorov (významnosť)	Poznámky
7. Lerchl et al., 2015, myši B6C3F1 (F), 24 mesiacov, štúdia o účinkoch	Pole UMTS, 0,04, 0,4 a 2,0 W/kg; prenatálne podanie ENU 40 mg/kg telesnej hmotnosti	23,5 h/deň, 7 dní/týždeň, 96/skupina	Lymfóm u samíc, adenóm a karcinóm pľúc, karcinóm pečene (podpora nádorového rastu) ($p < 0,05$)	Adekvátne, pozitívne

Tabuľka 11 (súhrnné tabuľky 8–10) – Zozbierané údaje z experimentálnych štúdií o rakovine (FR1: 450–6000 MHz)

Celkový počet štúdií FR1*		7							
Adekvátne štúdie		7							
		Potkan				Myš			
Pozorovaný nádor	Celkový počet adekvátnych štúdií	Pozitívne výsledky	Nejednoznačné výsledky	Negatívne výsledky	Celkový počet adekvátnych štúdií ^b	Pozitívne výsledky	Nejednoznačné výsledky	Negatívne výsledky	
Glóm	3	2	1						
Srdce Schwannóm	3	3							
Alveolárno-bronchiolárny adenóm, karcinóm					3	1	2		
Nádory pečene	2		1		3	1	2		
Feochromocytóm nadobličiek	2	2							
Pankreatické ostrovčeky adenóm + karcinóm	2		2						
Prostata adenóm + karcinóm	2		2						
Adenóm hypofýzy	2		2						
Lymfóm					4	1	2	1	
Fibrosarkóm, fibro-histiocytický sarkóm kože					3		2		

*Niektoré štúdie zahŕňajú viac ako jedno miesto výskytu nádoru. ^a 1 štúdia uverejnili len čiastočné výsledky týkajúce sa mozgu a srdca. ^b 1 štúdia na myšiach náchylných na lymfóm

SÚHRN VÝSLEDKOV ŠTÚDIÍ RAKOVINY NA EXPERIMENTÁLNYCH ZVIERATÁCH (FR1: 450 až 6000 MHZ) (Tabuľka 11)

Na základe prehľadu plných textov bolo na zaradenie do tejto kvalitatívnej syntézy vybraných 50 článkov. Ako je ďalej vysvetlené v časti o metodike, za kľúčový referenčný zdroj pre všetky štúdie o rakovine u pokusných zvierat publikované do roku 2011 sme považovali monografiu IARC č. 102 (IARC, 2013): všetky pôvodné články (43), ktoré boli zahrnuté do monografie IARC, boli analyzované a citované aj v tejto správe; samozrejme, pre túto správu sme zohľadnili iba konečnú klasifikáciu IARC. Sedem adekvátnych štúdií bolo publikovaných po roku 2011. Z tohto prehľadu bolo vybraných 7 štúdií o karcinogenite u pokusných zvierat. 4 štúdie boli vykonané na myšiach, 3 na potkanoch. Súhrny výsledkov sú uvedené v tabuľke 27.

Z 7 adekvátnych štúdií boli výsledky nasledovné:

- Karcinogenita u myší:

Boli vykonané dve adekvátne štúdie karcinogenity s cieľom preskúmať možné netermičné nepriaznivé účinky na karcinogenitu súvisiace s expozíciou RF-EMF u myší. Štúdie vykonalo laboratórium NTP v USA.

Ref: 1: RFR mobilného telefónu modulovaného systémom GSM pri frekvencii 1 900 MHz u samcov myší B6C3F1/N preukázalo: *pozitívnu* súvislosť medzi expozíciou RF-EMF a kombinovaným výskytom fibrosarkómu, sarkómu alebo malígneho fibrózneho histiocytómu v koži a výskytom alveolárneho/bronchiolárneho adenómu alebo karcinómu (kombinovaného) v pľúcach. Na základe výskytu malígneho lymfómu (všetky orgány) existovali *nejednoznačné* dôkazy o karcinogénnej aktivite u samíc myší B6C3F1/N.

Ref: 2: Na základe výskytu hepatoblastómu pečene existovali *nejednoznačné* dôkazy o karcinogénnej aktivite RFR mobilných telefónov modulovaných CDMA pri 1 900 MHz u samcov myší B6C3F1/N. Existovali *nejednoznačné* dôkazy o karcinogénnej aktivite RFR mobilného telefónu modulovaného CDMA pri 1 900 MHz u samíc myší B6C3F1/N na základe výskytu malígneho lymfómu (všetky orgány).

Na myšiach boli vykonané aj dve štúdie s odlišným zvieracím modelom a dizajnom:

Ref: 6: Jedna štúdia na myšiach náchylných na lymfóm nepreukázala žiadny nárast výskytu lymfómov (*žiadne* dôkazy).

Ref: 7: jedna dvojročná štúdia preukázala štatisticky významný nárast nádorov pľúc a pečene u exponovaných zvierat. Okrem toho sa zistil aj významný nárast lymfómov (*pozitívna* asociácia)

- Karcinogenita u potkanov

Boli vykonané tri adekvátne štúdie karcinogenity s cieľom preskúmať možné netepelné nepriaznivé účinky na karcinogenitu súvisiace s expozíciou RF-EMF u potkanov. Dve štúdie vykonalo laboratórium NTP v USA (Ref: 3, 4), jednu štúdiu (čiastočne publikovanú) vykonal Ramazziniho inštitút v Taliansku (Ref: 5).

Najpresvedčivejším dôkazom v rámci týchto 3 štúdií je štatisticky významný nárast (pozitívna asociácia) nádorov mozgu (Ref: 3, 4), podporený *nejednoznačnou* asociáciou toho istého nádoru v tretej štúdií (Ref: 5) a štatisticky významným nárastom veľmi zriedkavého nádoru srdca, malígneho schwannómu, vo všetkých 3 štúdiách (*pozitívna* asociácia). Nárast feochromocytómu nadobličiek bol štatisticky významný (pozitívna asociácia) a adenóm+karcinóm pankreatických ostrovčekov, adenóm+karcinóm prostaty a adenóm hypofýzy sa tiež zvýšili v liečených skupinách (Ref: 3, 4) (*nejednoznačná* asociácia).

FR1: Naše zhodnotenie experimentálnych štúdií na potkanoch a myšiach poskytuje dostatočné dôkazy o karcinogenite RF-EMF v nižších frekvenčných rozsahoch (FR1). Pozorovanie nádorov nervového systému (centrálneho a periférneho) u samcov potkanov má osobitný význam, pretože potvrdzuje zistenia epidemiologických štúdií.

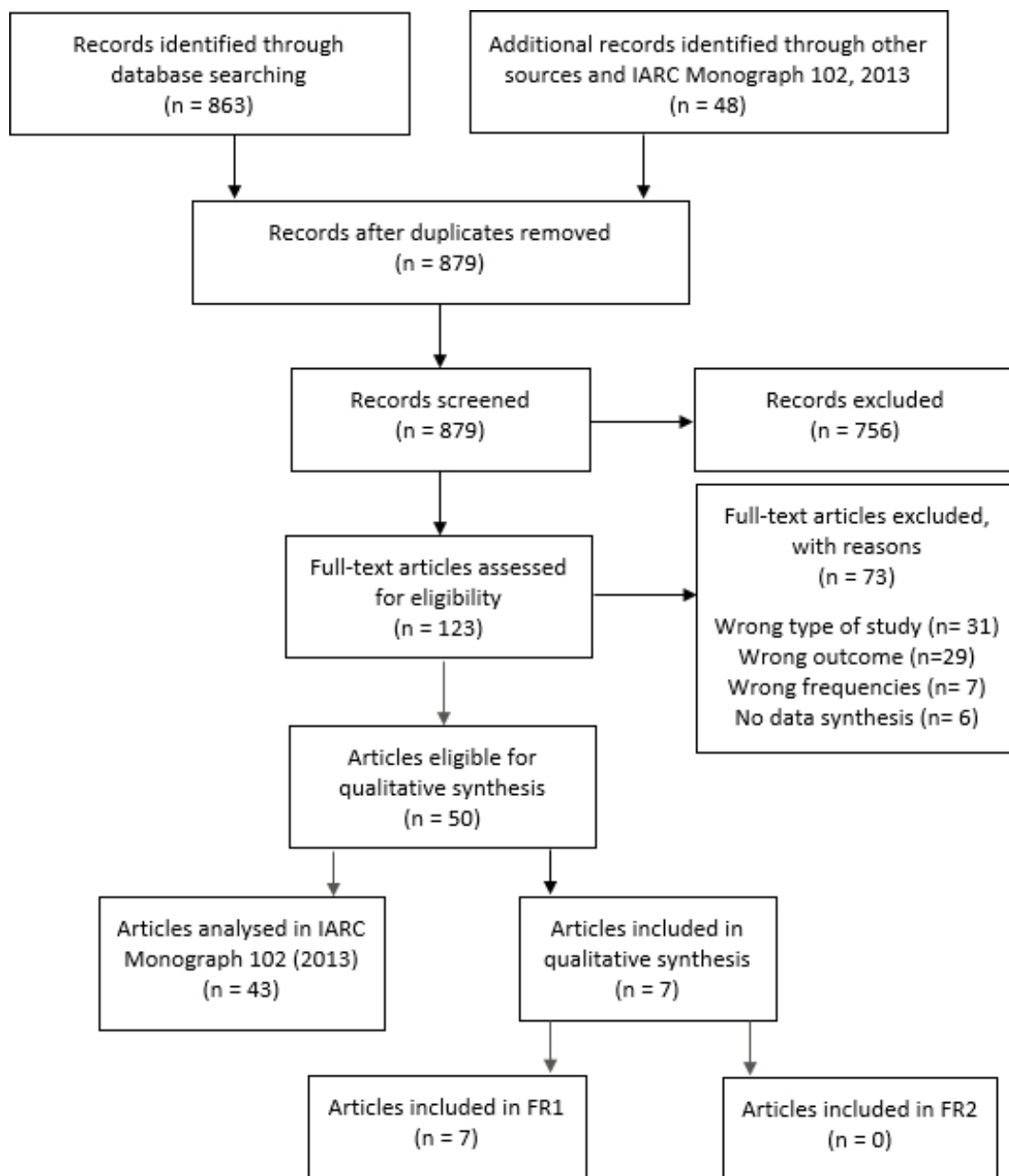
4.1.4 Rakovina u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace vplyvy RF v vyššom frekvenčnom rozsahu na zdravie (FR2: 24 až 100 GHz, MMW).

Po vyhľadani v databázach a iných zdrojoch bolo identifikovaných 911 článkov. Po odstránení duplicitných (32) a vylúčení irelevantných článkov (756) na základe názvov a abstraktov zostalo 123 článkov. Na základe prehliadania plných textov bolo ďalej vylúčených 73 článkov, takže článkov s frekvenciami vhodnými na zaradenie do tejto kvalitatívnej syntézy bolo 50 (obr. 12).

Ako je podrobnejšie vysvetlené v časti venovanej metodike, za kľúčový referenčný zdroj pre všetky štúdie o rakovine u pokusných zvierat publikované do roku 2011 sme považovali monografiu IARC č. 102 (IARC, 2013): všetky pôvodné články (43), ktoré boli zahrnuté do tejto monografie, sme analyzovali a uviedli aj v tejto správe; pre účely tejto správy sme samozrejme zohľadnili iba konečnú klasifikáciu IARC. Po roku 2011 bolo uverejnených sedem adekvátnych štúdií ().

V tejto fáze sa vykonalo aj rozdelenie na základe frekvenčného rozsahu: zo 7 zahrnutých článkov všetky uvádzali expozície patriace do pásma zohľadneného v FR1 a žiadny neuvádzal expozície týkajúce sa FR2. Na záver možno konštatovať, že nie je k dispozícii žiadna literatúra týkajúca sa súvislosti medzi RF žiarením v rozsahu 24 až 100 GHz (MMW) v experimentálnych štúdiách karcinogenity.

Obrázok 12 – Schéma postupu. Rakovina v štúdiách na pokusných zvieratách FR2



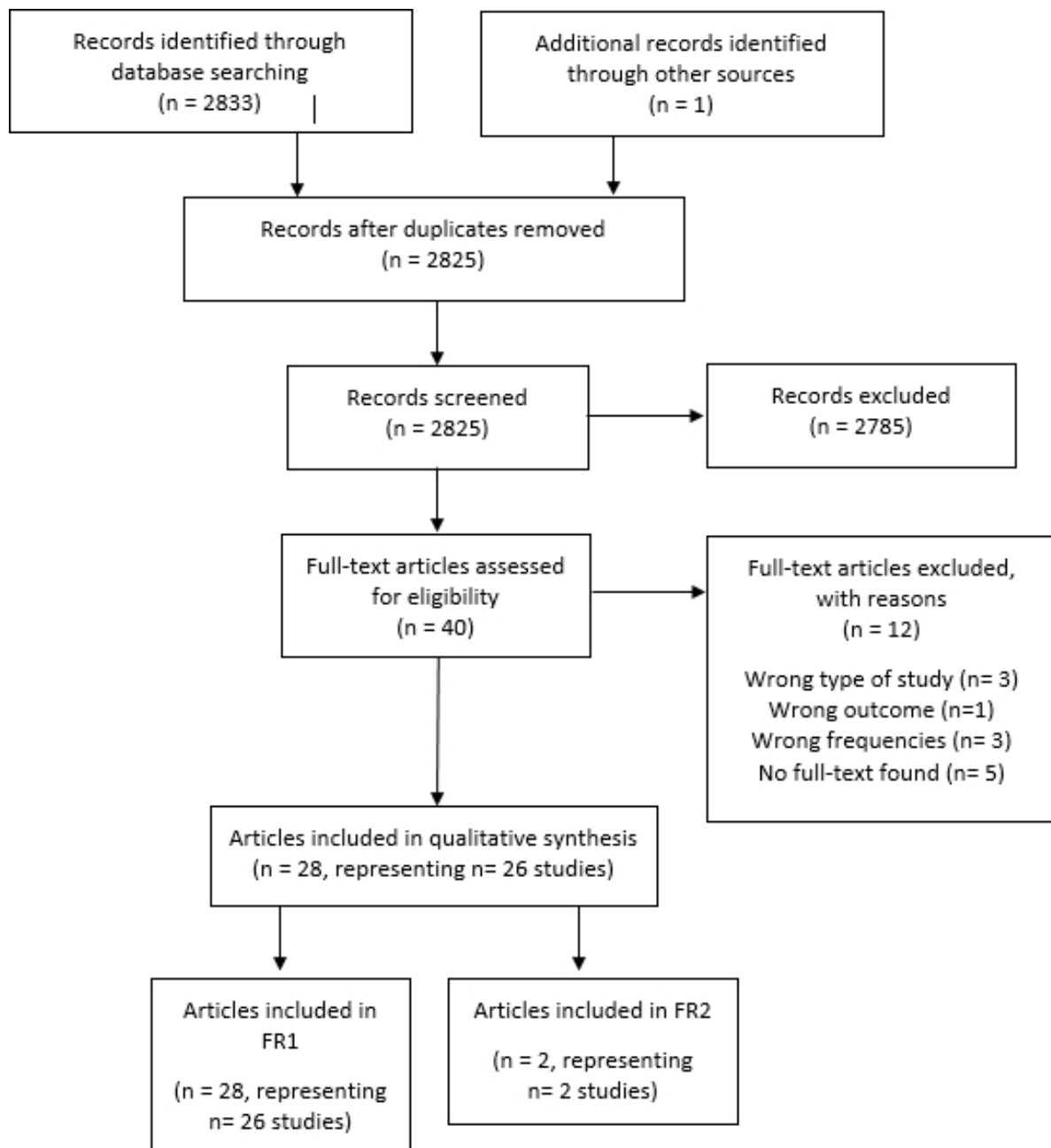
4.2 Nepriaznivé účinky na reprodukciu a vývoj podľa frekvenčného rozsahu

4.2.1 Vplyvy na reprodukciu a vývoj v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace vplyvy RF v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz) na zdravie, ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G, 2G, 3G a 4G).

Po vyhľadani v databázach a iných zdrojoch bolo identifikovaných 2834 článkov. Po odstránení duplícít (9) a po vylúčení irelevantných článkov (2785) na základe názvov a abstraktov zostalo 40 článkov. Na základe preverenia plných textov bolo ďalej vylúčených 12 článkov, takže počet publikovaných článkov s vhodnými frekvenciami, ktoré mali byť zahrnuté do tejto kvalitatívnej syntézy, bol 28, čo zodpovedá 26 štúdiám (v dvoch prípadoch boli publikované dva články obsahujúce informácie o tej istej štúdií) (obr. 13).

V tejto fáze sa vykonal aj výber na základe frekvenčného rozsahu: 28 článkov/26 štúdií sa týkalo expozícií patriacich do rozsahu FR1 a 2 sa týkali aj FR2. Tieto 2 články uvádzajú expozície vhodné pre FR1 aj FR2, takže sa nezapočítavajú do celkového počtu zahrnutých štúdií; tá istá štúdia sa preto analyzuje dvakrát, raz v každom frekvenčnom rozsahu.

Obrázok 13 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu/vývoj FR1



PLODNOSŤ MUŽOV

Prípadovo-kontrolné štúdie (tabuľky 12a)

1. Al-Quzwini et al., 2016. Irak.

Prípadovo-kontrolná štúdia.

Analýza semenného moku je klinickým ukazovateľom mužského reprodukčného potenciálu. Zistiť, či životné prostredie, ako napríklad vysielače mobilných sietí, má vplyv na reprodukčnú schopnosť mužov. Do štúdie bolo zaradených dvesto párov, sto párov s poruchami plodnosti ako skúmaná skupina (n = 100) a sto plodných párov ako kontrolná skupina (n = 100). Vystavenie elektromagnetickému žiareniu z vysielačov mobilných sietí a pracovné podmienky boli hodnotené pomocou štandardného dotazníka. Analýza spermií bola vykonaná u mužov s poruchami plodnosti, pretože muži s normálnou plodnosťou (kontrolná skupina) odmietli poskytnúť vzorky spermií. Riziko spojené s povolaním vykazovalo významný rozdiel medzi skupinou s poruchami plodnosti a kontrolnou skupinou (38 % oproti 12 %) ($p < 0,05$), s pomerom šancí (OR) = 4,5 a 95 % intervalom spoľahlivosti (CI): 2,175–9,288, a tiež environmentálny faktor (mobilná veža do päťdesiatich metrov od ich domu) vykazoval významný rozdiel (29 % oproti 12 %) ($p < 0,05$), s OR = 3; 95 % CI: 1,426–6,290. SFA u mužov s poruchou plodnosti bola 40 % abnormálna oproti 60 % normálnej analýze spermií. Tieto abnormality boli klasifikované ako 35 % oligozoospermia, 55 % asthenospermia a 10 % teratozoospermia. Oligozoospermia bola spojená s väčším pracovným rizikom (OR = 1,8, 95 % CI: 0,569–5,527). Teratozoospermia bola spojená s vyšším pracovným rizikom (OR = 5,23, 95 % CI: 0,524–52,204) a s expozíciou environmentálnemu riziku (OR = 2,6, 95 % CI: 0,342–19,070), ako aj s rizikom fajčenia (OR = 1,7, 95 % CI: 0,225–12,353). Mužská plodnosť reprezentovaná kvalitou spermií môže byť ovplyvnená expozíciou v práci a v prostredí, takže sa zdá, že prevencia pracovných a environmentálnych rizikových faktorov môže viesť k zlepšeniu kvality spermií u mužov s poruchami plodnosti.

Poznámka: Nedostatočné/nepriekazné.

Prerezové štúdie (tabuľky 13, a–d)

2. Baste et al., 2008.

Nórsko. 2002–2004. Prerezová štúdia, expozícia pri práci.

Autori vykonali prierezovú štúdiu medzi vojakmi zamestnanými v Kráľovskom nórskom námorníctve, ktorá zahŕňala informácie o práci v blízkosti zariadení vyžarujúcich vysokofrekvenčné elektromagnetické polia, o jednoročnej neplodnosti, deťoch a pohlaví potomkov. Z 10 497 respondentov pracovalo 22 % v blízkosti vysokofrekvenčných antén v „vysokej“ alebo „veľmi vysokej“ miere. Neplodnosť sa významne zvyšovala spolu so zvyšujúcou sa vlastnou uvádzanou expozíciou vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam. V logistickej regresii bol pomer šancí (OR) pre neplodnosť u tých, ktorí pracovali bližšie ako 10 m od vysokofrekvenčných antén vo „veľmi vysokom“ rozsahu v porovnaní s tými, ktorí neuvádzali prácu v blízkosti vysokofrekvenčných antén, 1,86 (95 % interval spoľahlivosti (CI): 1,46–2,37), upravený o vek, fajčenie, konzumáciu alkoholu a vystavenie organickým rozpúšťadlám, zváraniu a olovu. Podobný upravený OR pre osoby vystavené „vysokému“, „strednej“ a „nízkej“ miere bol 1,93 (95 % CI: 1,55–2,40), 1,52 (95 % CI: 1,25–1,84) a 1,39 (95 % CI: 1,15–1,68).

. Vo všetkých vekových skupinách boli zaznamenané významné lineárne trendy s vyššou prevalenciou nedobrovoľnej bezdetnosti pri vyššej samohlásenej expozícii vysokofrekvenčným poliam. Stupeň expozície vysokofrekvenčnému žiareniu a počet detí však neboli asociované. Pri samohlásenej expozícii vysokofrekvenčným anténam aj komunikačným zariadeniam boli zaznamenané významné lineárne trendy s nižším pomerom chlapcov k dievčatám pri narodení, ak otec uvádzal vyšší stupeň expozície vysokofrekvenčnému elektromagnetickému poľu.

Komentár: Úroveň expozície uvádzaná samotnými účastníkmi. Vyššia miera expozície RF-EMF súvisí s neplodnosťou a nižším pomerom chlapcov k dievčatám pri narodení.

3. Mollerleken a Moen, 2008.

Nórsko. 2002. Prerezová štúdia, expozícia v pracovnom prostredí.

Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať vzťah medzi pracovníkmi vystavenými pôsobeniu elektromagnetických polí a ich reprodukčným zdravím. Údaje sme získali prostredníctvom dotazníka v rámci prierezovej štúdie medzi príslušníkmi námorníctva, pričom miera odpovedí dosiahla 63 % (n = 1487). Respondenti boli oslovení s otázkami týkajúcimi sa expozície, životného štýlu, reprodukčného zdravia, predchádzajúcich ochorení, práce a vzdelania. Skupina odborníkov zaradila pracovné kategórie súvisiace s expozíciou elektromagnetickým poliam do príslušných skupín. Pracovné kategórie „telekomunikácie“, „elektronika“ a „radar/sonar“ sme zaradili medzi kategórie vystavené elektromagnetickým poliam. Logistická regresia upravená o vek, fajčenie, vojenské vzdelanie a fyzickú aktivitu pri práci ukázala zvýšené riziko neplodnosti v kategórii telekomunikácie (odds ratio (OR) \leq 1,72, 95 % interval spoľahlivosti 1,04–2,85) a v kategórii radar/sonar (OR \leq 2,28, 95 % interval spoľahlivosti 1,27–4,09). Skupina pracujúcich v elektronike nevykazovala zvýšené riziko. Táto štúdia poukazuje na možný vzťah medzi vystavením vysokofrekvenčným poliam počas práce s vysokofrekvenčným zariadením a radarom a zníženou plodnosťou. Výsledky je však potrebné interpretovať s opatrnosťou.

Komentár: *Vlastné hlásenie o expozícii. Možné zvýšené riziko neplodnosti u operátorov telekomunikačných a radarových/sonarových zariadení.*

4. Fejz a kol., 2005.

Maďarsko. Priečková štúdia.

Anamnéza mužov v našej univerzitnej klinike bola doplnená otázkami týkajúcimi sa návykov pri používaní mobilných telefónov, vrátane vlastníctva, denného režimu pohotovosti a dennej doby vysielania. Analýzy ejakulátu boli vykonané konvenčnými metódami. Štatistické výpočty boli vykonané pomocou štatistického softvéru SPSS. Do štúdie bolo zaradených celkovo 371 mužov. Dĺžka vlastníctva a denný čas vysielania korelovali negatívne s podielom rýchlo progresívnych pohyblivých spermíí (r = 0,12, resp. r = 0,19) a pozitívne s podielom pomaly progresívnych pohyblivých spermíí (r = 0,12, resp. r = 0,28). Skupiny s nízkou a vysokou expozíciou sa líšili aj v podiele rýchlo sa pohybujúcich spermíí (48,7 % oproti 40,6 %). Dlhodobé používanie mobilných telefónov môže mať negatívny vplyv na charakteristiky pohyblivosti spermíí.

Komentár: *Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi. Zmiešavacie faktory neboli analyzované.*

5. Jurewicz et al., 2014, Radwan et al., 2016 (uverejnili tú istú štúdiu). Poľsko. Prerezová štúdia.

Cieľom štúdie bolo preskúmať súvislosť medzi ovplyvniteľnými faktormi životného štýlu a hlavnými parametrami spermíí parametre, morfológiu spermíí a štruktúru chromatinu spermíí. Vzorka pozostávala z 344 mužov, ktorí navštívili kliniku pre liečbu neplodnosti na diagnostické účely a mali normálnu koncentráciu spermíí v ejakuláte v rozmedzí 20–300 miliónov/ml alebo miernu oligozoospermiiu (celková koncentrácia spermíí v ejakuláte 15–20 miliónov/ml) [WHO 1999]. Účastníci boli vypočutí a poskytli vzorky ejakulátu. Rozhovor zahŕňal otázky týkajúce sa demografie, socioekonomického statusu, anamnézy, faktorov životného štýlu (konzumácia alkoholu, tabaku, kávy, používanie mobilného telefónu a sauny) a fyzickej aktivity. Výsledky štúdie naznačujú, že faktory životného štýlu môžu ovplyvňovať kvalitu ejakulátu. Bola zistená negatívna súvislosť medzi zvýšeným indexom telesnej hmotnosti (BMI) a objemom ejakulátu (p \leq 0,03). Voľnočasové aktivity boli pozitívne asociované s koncentráciou spermíí (p \leq 0,04) a pitie kávy s percentom pohyblivých spermíí a percentom abnormalít hláv a krčkov spermíí (p \leq 0,01, p \leq 0,05 a p \leq 0,03, v uvedenom poradí). Pitie červeného vína 1–3-krát týždenne bolo negatívne spojené s abnormalitami krčkov spermíí (p \leq 0,01). Okrem toho používanie mobilného telefónu dlhšie ako 10 rokov znížilo percentuálny podiel pohyblivých spermíí (p \leq 0,02). Muži, ktorí nosili boxerky, mali nižší percentuálny podiel abnormalít krčku spermíí (p \leq 0,002) a percentuálny podiel spermíí s poškodením DNA (p \leq 0,02). Tieto zistenia môžu mať dôležité dôsledky pre kvalitu ejakulátu a životný štýl.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. Výsledky mohli ovplyvniť rôzne confoundery.**6. Yildirim et al., 2015. Turecko.**

Priečková štúdia.

Od mužských pacientov, ktorí navštívili naše oddelenie liečby neplodnosti, sme odobrali vzorky ejakulátu na analýzu a požiadali ich, aby vyplnili anonymný dotazník. Zisťovali sme frekvenciu používania mobilných telefónov a bezdrôtového internetu s cieľom určiť ich vystavenie vysokofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu. Dotazník vyplnilo celkovo 1082 pacientov, z ktorých však 51 bolo zo štúdie vylúčených z dôvodu azoospermie. Neboli zistené žiadne významné rozdiely v počte spermíí a morfológii spermíí s výnimkou pohyblivosti spermíí v závislosti od dĺžky používania mobilného telefónu ($p = 0,074$, $p = 0,909$ a $p = 0,05$). Celkový počet pohyblivých spermíí a počet spermíí s progresívnou pohyblivosťou klesal s nárastom používania internetu ($p = 0,032$ a $p = 0,033$). Podobne ako v prípade celkového počtu pohyblivých spermíí, aj počet spermíí s progresívnym pohybom klesol pri používaní bezdrôtového internetu v porovnaní s používaním káblového pripojenia k internetu ($p = 0,009$, resp. $p = 0,018$). Medzi dĺžkou používania bezdrôtového internetu a celkovým počtom spermíí bola zaznamenaná negatívna korelácia ($r = -0,089$, $p = 0,039$). Na základe našich predbežných výsledkov sme tiež skúmali negatívny vplyv používania bezdrôtového internetu na pohyblivosť spermíí.

Komentár: Expozícia bola uvádzaná samotnými účastníkmi. Neanalyzovali sa žiadne zmätočné faktory. Akýkoľvek rozdiel medzi parametrami spermíí a používaním mobilných telefónov a bezdrôtového internetu je záverom autorov.**7. Zilberlicht et al., 2015. Izrael.**

Priečny rez.

Mužská neplodnosť predstavuje 30–40 % všetkých prípadov neplodnosti. Niektoré štúdie poukazujú na postupný pokles kvality spermíí od začiatku 20. storočia. Jedným z predpokladaných prispievajúcich faktorov je vysokofrekvenčné elektromagnetické žiarenie vyžarované z mobilných telefónov. Táto štúdia skúma súvislosť medzi charakteristikami používania mobilných telefónov a kvalitou spermíí. Dotazníky zamerané na demografické údaje a charakteristiky používania mobilných telefónov vyplnilo 106 mužov, ktorí boli odporučení na analýzu spermíí. Výsledky boli analyzované podľa kritérií WHO z roku 2010. Telefonovanie ≥ 1 hodinu denne a počas nabíjania zariadenia bolo spojené s vyššou mierou abnormálnej koncentrácie spermíí (60,9 % oproti 35,7 %, $P < 0,04$, resp. 66,7 % oproti 35,6 %, $P < 0,02$). U mužov, ktorí uviedli, že držia telefón vo vzdialenosti ≤ 50 cm od slabín, bol zistený nevýznamne vyšší výskyt abnormálnej koncentrácie spermíí (47,1 % oproti 11,1 %). Multivariačná analýza odhalila, že telefonovanie počas nabíjania zariadenia a fajčenie boli rizikovými faktormi pre abnormálnu koncentráciu spermíí (OR = 4,13 [95 % CI 1,28–13,3], $P < 0,018$ a OR = 3,04 [95 % CI 1,14–8,13], $P < 0,027$). Naše zistenia naznačujú, že určité aspekty používania mobilných telefónov môžu mať nepriaznivé účinky na koncentráciu spermíí. Je preto potrebné uskutočniť rozsiahle štúdie.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. Bola zistená určitá súvislosť.**8. Al-Bayyari, 2017.**

Jordánsko. Priečna observačná štúdia.

Cieľom bolo študovať vplyv používania mobilných telefónov na kvalitu ejakulátu a plodnosť mužov. Prerezová observačná štúdia vykonaná na 159 mužoch navštevujúcich kliniky neplodnosti v severných, stredných a južných gubernorátoch v Jordánsku a podstupujúcich vyšetrenie neplodnosti bola rozdelená do dvoch skupín podľa ich aktívneho používania mobilných telefónov: skupina A: ≤ 1 h/deň a skupina B: > 1 h/deň. Pacientom neboli podané žiadne intervencie a vzorky spermíí boli odobraté masturbáciou do sterilnej nádoby po 5-dňovom období abstinencie. Hlavnými meranými výsledkami boli objem spermíí, doba ztekutenia, pH, viskozita, počet, pohyblivosť a morfológia.

Zaznamenal sa čas strávený telefonovaním cez mobilný telefón a účastníci boli rozdelení do dvoch skupín: skupina A ≤ 1 hodina/deň ($n = 104$); skupina B > 1 hodina/deň ($n = 52$), pričom účastníci, ktorí mobilný telefón nepoužívali ($n = 3$), boli vylúčení zo štatistickej analýzy zameranej na skúmanie vplyvu času stráveného volaním alebo prijímaním hovorov. Medzi oboma skupinami neboli zistené štatisticky významné rozdiely ($p > 0,05$) v parametroch kvality spermií v závislosti od používania mobilného telefónu, avšak boli zaznamenané štatistické rozdiely v frekvencii koncentrácie, objemu, viskozity, času ztekutenia a priemerného počtu nehybných spermií a spermií s abnormálnou morfológiou. Okrem toho bol čas strávený sledovaním televízie a používaním bezdrôtových telefónov významne ($p \leq 0,05$) spojený so znížením priemerného percenta normálnej morfológie. Vzdialenosť od telekomunikačnej veže bola významne ($p \leq 0,05$) spojená so znižovaním objemu spermií. Medzitým bol čas strávený odosielaním alebo prijímaním správ významne ($p \leq 0,05$) spojený so znižovaním počtu spermií a nosenie mobilného telefónu vo vrecku nohavíc bolo významne spojené so zvyšovaním priemerného počtu nehybných spermií. Používanie mobilného telefónu môže mať negatívny vplyv na parametre kvality ejakulátu a je potrebný ďalší výskum.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. Používanie mobilného telefónu môže mať negatívny vplyv na parametre kvality spermií.

9. Shi et al., 2018.

Priečková štúdia.

Do štúdie bolo zaradených 328 subjektov, ktorí podstúpili analýzu ejakulátu. Rutinná analýza ejakulátu, Analyzovali sa vitalita spermií, test akrozómovej reakcie (AR) a index fragmentácie DNA spermií (DFI). Zozbierali sa demografické údaje a informácie o životnom štýle, vrátane (1) BMI, (2) súčasného fajčenia a frekvencie konzumácie alkoholu, (3) spánkových návykov, (4) denného príjmu tekutín, (5) týždenného príjmu mäsa, (6) frekvencie športovania, (7) používania mobilného telefónu vo vrecku nohavíc, (8) veku a (9) dĺžky abstinencie. Na analýzu možnej nelineárnej súvislosti sa použili generalizované aditívne modely. Výsledky ukázali, že celkový počet spermií (TSC) bol významne asociovaný s vekom ($P = 0,001$), dĺžkou abstinencie ($P = 0,001$) a denným príjmom kávy ($P = 0,044$). Objem ejakulátu bol významne asociovaný s vekom ($P < 0,001$) a denným príjmom kávy ($P < 0,001$). Koncentrácia spermií bola významne asociovaná s dĺžkou abstinencie ($P = 0,011$) a priemernou dĺžkou spánku ($P = 0,010$). Pohyblivosť spermií významne súvisela s vekom ($P = 0,002$) a denným príjmom ovocných štiav ($P = 0,001$). Celkový počet pohyblivých spermií bol významne asociovaný s vekom ($P = 0,003$) a dĺžkou abstinencie ($P = 0,009$). DFI bol významne asociovaný s vekom ($P = 0,002$), nepravidelnými spánkovými návykmi ($P = 0,008$) a dĺžkou abstinencie ($P = 0,032$). Percentuálny podiel spermií s abnormálnou morfológiou (AR) bol významne asociovaný s denným príjmom ovocných štiav ($P = 0,013$). Záverečne možno konštatovať, že DFI a TSC boli najcitlivejšími parametrami spermií na demografické a životné charakteristiky, zatiaľ čo vek mal väčší vplyv na parametre spermií ako ostatné demografické a životné charakteristiky. Používanie mobilného telefónu v nohaviciach nebolo významne asociované so žiadnou zmenou skúmaných parametrov spermií.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. Mnoho confounderov vo veku a životnom štýle. Akákoľvek súvislosť so zmenou spermií.

10. Blay et al., 2020.

Ghana. Priečková štúdia.

Je známe, že mužská neplodnosť sa podieľa približne na polovici všetkých prípadov neplodnosti. V Ghane je prevalencia mužskej neplodnosti vyššia (15,8 %) ako u žien (11,8 %). Kvalita spermií súvisí s pravdepodobnosťou otehotnenia a je známe, že v 90 % prípadov je príčinou problémov s plodnosťou u mužov. Vystavenie určitým environmentálnym faktorom znižuje kvalitu spermií u mužov. Štúdia skúmala vplyv environmentálnych faktorov a faktorov životného štýlu na kvalitu spermií u ghanských mužov. Materiály a metódy. Išlo o prierezovú štúdiu, do ktorej bolo zapojených 80 zdanlivo zdravých dospelých mužov v reprodukčnom veku. Účastníkmi boli muži, ktorí boli odporúčení do laboratória (Imunologické oddelenie Korle-Bu Teaching Hospital) na analýzu spermií a/alebo kultiváciu a citlivosť. Účastníci vyplnili dotazník, ktorý sa týkal vybraných faktorov životného prostredia (nehody alebo úrazy, vystavenie chemikáliám, žiareniu a teplu) a návykov životného štýlu (vrátane konzumácie alkoholu, fajčenia a toho, či účastníci sedeli viac alebo menej ako 4 hodiny denne).

Vzorky spermií boli následne odobraté masturbáciou do sterilných nádob a analyzované v súlade s usmerneniami WHO pre analýzu spermií do 60 minút po ejakulácii a odbere. Výsledky. Približne 69 % účastníkov malo pH spermií v normálnom rozmedzí v porovnaní s 15 %, ktorých pH bolo nižšie ako

7.2. U účastníkov, ktorí sedeli viac ako 4 hodiny denne, bol zaznamenaný štatisticky významne vyšší počet nehybných spermií ($p = 0,017$) v porovnaní s tými, ktorí sedeli menej ako 4 hodiny. U účastníkov, ktorí nosili mobilné telefóny vo vreckách na boku, došlo k štatisticky významnému nárastu pohyblivosti a životaschopnosti spermií ($p = 0,002$, resp. $0,009$). Fajčenie spôsobilo dvojnásobný pokles počtu spermií, keďže fajčiari mali výrazne nižší počet spermií ($12:28 \pm 10:95 \times 106/\text{ml}$) v porovnaní s nefajčiarimi ($23:85 \pm 22:14 \times 106/\text{ml}$). Pokiaľ ide o vystavenie pohlavne prenosným chorobám, medzi skúmanými skupinami neboli zaznamenané žiadne významné rozdiely v kvalite spermií. Záver. Kvalita spermií u ghanských mužov súvisí so životným štýlom. Fajčenie a dlhodobé sedenie ovplyvňovali pohybovú schopnosť, resp. počet spermií. Poznanie faktorov, ktoré ovplyvňujú kvalitu spermií v tejto geografickej oblasti, môže prispieť k informovanému rozhodovaniu o účinnom liečbe neplodnosti u ghanských mužov.

Komentár: Vlastné hlásenie o vystavení, neisté. Zvýšená aktivita a životaschopnosť spojená s mobilným telefónom v bočných vreckách. Mnoho confounderov.

Kohortové štúdie (tabuľky 14, a-c)

11. Zhang, 2016.

Čína. 2013–2015. Kohortová štúdia.

Výber účastníkov z kliniky pre liečbu neplodnosti, a nie z bežnej populácie, môže zvýšiť riziko selekčného skreslenia. Cieľom bolo preskúmať vplyv používania mobilných telefónov na parametre spermií v bežnej populácii. V roku 2013 sme preskúmali a zdokumentovali informácie o používaní mobilných telefónov u 794 mladých mužov z kohortovej štúdie Male Reproductive Health in Chongqing College students (MARHCS), v rokoch 2014 a 2015 to bolo 666, resp. 568 mužov. V univariálnych regresných analýzach sme zistili, že denná dĺžka hovorov cez mobilný telefón bola významne spojená so zhoršenými parametrami spermií, vrátane koncentrácie spermií [koeficient $\beta = -6,32$ % na jednotku dennej dĺžky hovorov cez mobilný telefón (h); 95 % interval spoľahlivosti (CI), $-11,94, -0,34$] a celkový počet spermií ($-8,23$; 95 % CI, $-14,38, -1,63$) v roku 2013; sperma objem ($-8,37$; 95 % CI, $-15,93, -0,13$) a celkový počet spermií ($-16,59$; 95 % CI, $-29,91, -0,73$) v roku 2015]. Používanie internetu cez mobilné siete bolo tiež spojené so zníženou koncentráciou spermií a celkovým počtom spermií v roku 2013 a so zníženým objemom ejakulátu v roku 2015. Na úpravu vplyvov potenciálnych confounderov boli použité multivariačné analýzy a významné negatívne asociácie medzi používaním internetu a parametrami ejakulátu pretrvávali. Konzistentné, ale nevýznamné negatívne asociácie medzi telefonovaním cez mobilný telefón a parametrami ejakulátu pretrvávali počas všetkých troch rokov štúdie a negatívna asociácia bola štatisticky významná v zmiešanom modeli, ktorý zohľadňoval údaje o telefonovaní cez mobilný telefón a kvalite ejakulátu za všetky tri roky. Naše výsledky ukázali, že určité aspekty používania mobilného telefónu môžu negatívne ovplyvňovať kvalitu spermií u mužov znížením objemu ejakulátu, koncentrácie spermií alebo počtu spermií, čím sa zhoršuje mužská plodnosť.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. Neanalyzované confounding faktory. Súvislosť so zhoršením mužskej plodnosti.

12. Lewis et al., 2017.

USA. 2004–2015. Longitudinálna kohortová štúdia, súčasť štúdie EARTH.

Ide o longitudinálnu kohortovú štúdiu, do ktorej boli zaradené páry vyhľadávajúce liečbu neplodnosti v Centre pre plodnosť Massachusetts General Hospital (MGH); ťažkosti s otehotnením môžu súvisieť s mužským faktorom, ženským faktorom alebo kombináciou oboch faktorov. Vzťah medzi spôsobmi používania mobilných telefónov a ukazovateľmi kvality spermií bol skúmaný v rámci longitudinálnej kohortovej štúdie zahŕňajúcej 153 mužov, ktorí navštevovali akademickú kliniku pre plodnosť v Bostone v štáte Massachusetts. Na účasť v štúdiu boli oprávnení muži vo veku 18–56 rokov

boli oprávnení zúčastniť sa štúdie. Informácie o dĺžke používania mobilného telefónu (nepoužívanie, <2 h/deň, 2–4 h/deň, >4 h/deň), používaní slúchadiel alebo náušníkov (nikdy, občas, niekedy, väčšinu času, stále) a mieste, kde bol mobilný telefón nosený (vrecko nohavíc, opasok, taška, iné), boli zistené prostredníctvom dotazníka vyplneného sestrou. Vzorky spermií (n = 350) boli odobraté a analyzované na mieste. S cieľom zohľadniť viacero vzoriek spermií na jedného muža boli na skúmanie súvislosti medzi používaním mobilného telefónu a parametrami spermií použité lineárne zmiešané modely s náhodnými priesečníkmi. Celkovo neboli zistené žiadne dôkazy o súvislosti medzi používaním mobilného telefónu a kvalitou spermií.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. Žiadne dôkazy o súvislosti medzi používaním mobilného telefónu a kvalitou spermií.

VÝSKUMY VÝVOJA

Prípadovo-kontrolné štúdie (tabuľky 15 a–f)

13. Tan et al., 2014.

Singapur. Prípadovo-kontrolná štúdia.

Hrozba potratu sa vyskytuje v 20 % tehotenstiev. Vykonali sme prípadovo-kontrolnú štúdiu s cieľom posúdiť súvislosť medzi faktormi životného štýlu matky a rizikom hrozby potratu. Prípadmi bolo 154 žien s hrozbou potratu v 5. až 10. týždni tehotenstva; kontrolnou skupinou bolo 264 žien bez hrozby potratu, ktoré navštívili prenatálnu ambulanciu v 5. až 10. týždni tehotenstva. Premenné týkajúce sa životného štýlu boli: súčasné a minulé fajčenie cigariet, súčasná expozícia pasívnemu fajčeniu, používanie počítača a mobilného telefónu, vnímaný stres, minulé používanie antikoncepcie, pravidelnosť menštruácie v minulosti a konzumácia rybieho tuku, kofeínu a alkoholu. Bola vykonaná logistická regresia. V multivariačnej analýze sme zistili pozitívnu súvislosť ohrozenia potratom s vystavením pasívnemu fajčeniu (OR 2,93, 95 % CI 1,32–6,48), používaním počítača (> 4 hodiny/deň) (OR 6,03, 95 % CI 2,82–12,88), používaním mobilného telefónu (> 1

hodina/deň) (OR 2,94; 95 % CI 1,32–6,53) a konzumácia kofeínu (OR 2,95; 95 % CI 1,57–5,57). Akákoľvek konzumácia rybieho tuku bola spojená so zníženým rizikom hrozby potratu (OR 0,20; 95 % CI 0,09–0,42). Dlhodobé používanie mobilného telefónu a počítača a doplnky stravy s rybím olejom sú potenciálne nové koreláty ohrozenia potratom, ktoré si zaslúžia ďalšie štúdium.

Komentár: Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi. Stres ako zmätočná premenná nebol zohľadnený. Bola pozorovaná korelácia medzi používaním mobilného telefónu a počítača a hroziacim potratom.

14. Mahmoudabadi et al., 2015. Irán.

Prípadová kontrolná štúdia.

Expozícia elektromagnetickým poliám mobilných telefónov sa vyskytuje čoraz častejšie, ale potenciálny vplyv na spontánneho potratu nebolo dôkladne preskúmané. Metódy: V prípadovo-kontrolnej štúdiu bolo 292 žien, ktoré mali nevysvetliteľný spontánny potrat v < 14. týždni tehotenstva, a 308 tehotných žien

> Do štúdie boli zaradené ženy v 14. týždni tehotenstva. Vyplnili sa dva dotazníky; jeden slúžil na zber údajov o socioekonomických a pôrodných charakteristikách, zdravotnej a reprodukčnej anamnéze a životnom štýle. Druhý slúžil na zber údajov o používaní mobilných telefónov počas tehotenstva. Na posúdenie vplyvu mobilných telefónov sme merali priemernú dĺžku hovorov za deň, umiestnenie mobilných telefónov, keď sa nepoužívali, používanie hands-free zariadení, používanie telefónov na iné účely, špecifickú absorpčnú rýchlosť (SAR) uvádzanú výrobcom a priemernú efektívnu SAR (priemerná dĺžka hovorov za deň × SAR). Analýzy boli vykonané pomocou softvéru SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) verzie 16. Súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a rizikom spontánnych potratov v porovnaní s potenciálnymi confounderami bola podložená dôkazom, že napriek úpravám o mnoho známych alebo podozrivých rizikových faktorov v logistických regresných analýzach sa odhad významne nezmenil. Všetky údaje týkajúce sa mobilných telefónov

sa v oboch skupinách líšili, s výnimkou používania hands-free zariadení ($p < 0,001$). Naše výsledky naznačujú, že používanie mobilných telefónov môže súvisieť s ranými spontánnymi potratmi.

Komentár: Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi. Používanie mobilných telefónov môže súvisieť s časnými spontánnymi potratmi.

Prerezové štúdie (tabuľky 16, a, b)

15. Col-Araz, 2013.

Turecko. 2009. Prerezová štúdia.

Štúdia bola realizovaná v Turecku na Lekárskej fakulte Univerzity Gaziantep, v ambulancii detského oddelenia. Zúčastnilo sa jej 500 pacientiek, ktoré navštívili ambulanciu v období od mája do decembra 2009. Všetkým účastníčkam bol predložený dotazník týkajúci sa ich anamnézy tehotenstva. Na štatistickú analýzu bol použitý program SPSS 13. V štúdiu malo 90 (19 %) pacientiek predčasný pôrod a 64 (12,9 %) malo nízku pôrodnú hmotnosť. Pôrodná hmotnosť pozitívne korelovala s vekom matky a jej východiskovou hmotnosťou ($r = 0,115$, $p = 0,010$; resp. $r = 0,168$, $p = 0,000$). Predčasný pôrod a pôrodná hmotnosť nižšia ako 2500 g boli častejšie u matiek s anamnézou ochorenia počas tehotenstva ($p = 0,046$, resp. $p = 0,008$). Zvyk matiek pozerat televíziu a používať mobilné telefóny a počítače nevykazoval žiadnu súvislosť s pôrodnou hmotnosťou. Matky, ktoré počas tehotenstva používali mobilné telefóny alebo počítače, mali viac pôrodov pred 37. týždňom ($p = 0,018$, resp. $p = 0,034$). Podobne bola dĺžka tehotenstva kratšia u matiek, ktoré počas tehotenstva používali mobilný telefón alebo počítač ($p = 0,005$, resp. $p = 0,048$). Mobilné telefóny a počítače môžu mať vplyv na predčasný pôrod.

Komentár: Vlastné hlásenie o vystavení. Mobilné telefóny a počítače môžu mať vplyv na predčasný pôrod.

16. Zarei S. et al., 2015.

Irán. 2014. Priečková štúdia.

Cieľom tejto štúdie bolo zistiť, či má vystavenie matiek rôznym zdrojom elektromagnetických polí vplyv na výskyt a závažnosť porúch reči u ich detí. V rámci tejto štúdie boli vypočítané matky 35 zdravých detí vo veku 3–5 rokov (kontrolná skupina) a 77 detí s diagnostikovanými poruchami reči, ktoré boli odporúčané do centra logopedickej liečby v meste Širáz v Iráne. Tieto matky boli opýtané, či boli vystavené rôznym zdrojom elektromagnetických polí, ako sú mobilné telefóny, základňové stanice mobilných telefónov, Wi-Fi, bezdrôtové telefóny, notebooky a elektrické vedenia. Zistila sa významná súvislosť medzi dĺžkou hovorov ($P = 0,002$) alebo históriou používania mobilného telefónu (počet mesiacov používania) a poruchami reči u potomkov ($P = 0,003$). Ostatné druhy expozície však nemali žiadny vplyv na výskyt porúch reči. Podľa našich vedomostí ide o prvú štúdiu, ktorá skúma možnú súvislosť medzi vystavením matky elektromagnetickým poliam a poruchami reči u potomkov. Hoci hlavným obmedzením našej štúdie je relatívne malá veľkosť vzorky, táto štúdia naznačuje, že vystavenie matky bežným zdrojom elektromagnetických polí, ako sú mobilné telefóny, môže ovplyvniť výskyt porúch reči u potomkov.

Komentár: Malá veľkosť vzorky, obmedzenie pri hodnotení expozície. Súvislosť medzi používaním mobilného telefónu matkou a poruchami reči u potomkov.

17. Abad et al., 2016.

Irán. Priečková štúdia.

Skúmanie súvislostí medzi vystavením elektromagnetickému poľu a spontánnymi potratmi u žien v Teheráne. Do tejto longitudinálnej štúdie sa zapojilo 462 tehotných žien s gestačným vekom < 12 týždňov zo siedmich hlavných regiónov mesta Teherán v Iráne, ktoré mali podobný sociálny a kultúrny status. Priemerný vek žien bol $28,22 \pm 4,53$ rokov. Frekvencia spontánných potratov bola 56 prípadov. Incidencia umelých potratov bola 12,3 %. Ženy boli osobne vypočúvané s cieľom zozbierať údaje. Informácie o reprodukcii

boli získané z lekárskeho záznamov v nemocniciach, kde ženy rodili. Meracie zariadenie meralo elektromagnetické vlny, bezpečnostné testovacie riešenia Narda s platným dátumom kalibrácie pri vchodových dverách ich domovov. U žien, ktoré boli vystavené významnej úrovni elektromagnetických vln, bola zaznamenaná významná pravdepodobnosť potratu. Táto súvislosť však nebola potvrdená Waldovým testom. Táto štúdia nemusí poskytovať silné alebo konzistentné dôkazy o tom, že vystavenie elektromagnetickému poľu súvisí s potratom alebo ho spôsobuje. Tento problém môže byť spôsobený malou veľkosťou vzorky v tejto štúdii.

Komentár: Vlastné hlásenie o vystavení. Malá vzorka. Neistá súvislosť medzi potratom a používaním mobilného telefónu.

18. Lu et al., 2017.

Japonsko. 2012–2014. Priečková štúdia na základe kohortných údajov.

Cieľom štúdie bolo zistiť súvislosti medzi nadmerným používaním mobilných telefónov a pôrodnou hmotnosťou novorodencov a zdravotným stavom dojčiat. V prieskume, ktorý sa týkal charakteristík matiek, charakteristík dojčiat a informácií o používaní mobilných telefónov matkami počas tehotenstva, sa zúčastnila vzorka 461 párov matiek a detí. Výsledky ukázali, že tehotné ženy v Japonsku majú tendenciu nadmerne používať mobilné telefóny. Priemerná pôrodná hmotnosť novorodencov bola v skupine s nadmerným používaním nižšia ako v skupine s bežným používaním a frekvencia núdzovej prepravy novorodencov bola v skupine s nadmerným používaním výrazne vyššia ako v skupine s bežným používaním. Nadmerné používanie mobilných telefónov počas tehotenstva môže byť rizikovým faktorom pre nižšiu pôrodnú hmotnosť a vysokú mieru núdzovej prepravy novorodencov.

Komentár: Vlastné hlásenie o vystavení. Obmedzená veľkosť vzorky. Obmedzené hodnotenie vystavenia matiek. Nejednoznačné.

Kohortové štúdie (tabuľky 17, a–f)

19. Mjøen et al., 2006.

Nórsko. 1976–1995. Kohortová štúdia o nepriaznivých výsledkoch tehotenstva, expozícia v práci.

Cieľom bolo posúdiť súvislosti medzi expozíciou otcov RF-EMF v rámci ich povolania a nepriaznivými výsledkami tehotenstva vrátane vrodených chýb na základe populačných údajov z Nórska. Údaje o reprodukčných výsledkoch získané z Nórskeho registra pôrodov boli prepojené s údajmi o povolaniach otcov získanými zo sčítaní obyvateľstva. Ako tri samostatné skupiny boli vybrané povolania v námornom sektore, pracovníci v oblasti opravy a inštalácie telefónov a zvárači. Odborná komisia kategorizovala povolania podľa miery expozície. Hodnotili sa tri úrovne expozície v rámci povolania, ktoré odrážali pravdepodobnosť expozície RFR; jedna skupina bola „pravdepodobne neexponovaná“ (376 837 narodených detí), jedna skupina „možno exponovaná“ (139 871 narodených detí) a jedna skupina „pravdepodobne exponovaná“ (24 885 narodených detí). Pomocou logistickej regresie bolo analyzovaných 24 kategórií vrodených chýb, ako aj iných nepriaznivých výsledkov. U potomkov otcov, ktorí boli s najväčšou pravdepodobnosťou vystavení expozícii, bolo pozorované zvýšené riziko predčasného pôrodu (OR: 1,08, 95 % interval spoľahlivosti (CI): 1,03, 1,15). V tejto skupine sme tiež pozorovali znížené riziko rozštepú pery (OR: 0,63, 95 % CI: 0,41, 0,97). V skupine so strednou mierou expozície sme pozorovali zvýšené riziko v kategórii „iné defekty“ (OR: 2,40, 95 % CI: 1,22, 4,70) a znížené riziko v kategórii „iné syndrómy“ (OR: 0,75, 95 % CI: 0,56, 0,99) a defektov horného gastrointestinálneho traktu (OR: 0,61, 95 % CI: 0,40, 0,93). Štúdia je čiastočne upokojujúca pre otcov vystavených expozícii v rámci výkonu povolania.

Komentár: Úroveň expozície je neistá. Neexistujú dôkazy o súvislosti medzi expozíciou RF-EMF v práci a nepriaznivým výsledkom tehotenstva.

20. Divan et al., 2008; Divan et al., 2011.

Dánsko. Deti narodené v rokoch 1997 až 1999, neskôr aktualizované do roku 2002. Kohortová štúdia.

Bola skúmaná súvislosť medzi prenatálnou a postnatálnou expozíciou mobilným telefónom a behaviorálnymi problémami u malých detí. Matky boli zaradené do Dánskej národnej kohorty narodených detí na začiatku tehotenstva. Keď deti z týchto tehotenstiev dosiahli v rokoch 2005 a 2006 vek 7 rokov, matky boli požiadané, aby vyplnili dotazník týkajúci sa aktuálneho zdravotného stavu a behaviorálneho stavu detí, ako aj minulého vystavenia používaniu mobilných telefónov. Matky hodnotili behaviorálne problémy dieťaťa pomocou dotazníka Strength and Difficulties Questionnaire. Matky 13 159 detí vyplnili dotazník sledovania, v ktorom uviedli svoje používanie mobilných telefónov počas tehotenstva, ako aj súčasné používanie mobilných telefónov dieťaťom. Vyššie pomerové šance na behaviorálne problémy boli pozorované u detí, ktoré mali možnú prenatálnu alebo postnatálnu expozíciu používaniu mobilných telefónov. Po zohľadnení potenciálnych confounderov bol pomer šancí pre vyššie celkové skóre behaviorálnych problémov 1,80 (95 % interval spoľahlivosti 1,45–2,23) u detí s prenatálnou aj postnatálnou expozíciou mobilným telefónom. Prenatálna expozícia mobilným telefónom – a v menšej miere aj postnatálna – bola spojená s behaviorálnymi ťažkosťami, ako sú emocionálne problémy a hyperaktivita, približne vo veku nástupu do školy.

Poznámka: Vlastné údaje o vystavení a ďalšie možné confoundery. Vystavenie mobilnému telefónu v prenatálnom období – a v menšej miere aj v postnatálnom období – bolo spojené s poruchami správania, ako sú emocionálne problémy a hyperaktivita, približne vo veku nástupu do školy.

Dánsko. Deti narodené v rokoch 1996 až 2002. Kohortová štúdia.

Cieľom druhej štúdie bolo preskúmať, či prenatálne používanie mobilných telefónov tehotnými matkami súvisí so oneskorením vývojových míľnikov u detí do 18 mesiacov veku.

Metódy Naša práca vychádza z Dánskej národnej kohorty novorodencov (DNBC), do ktorej boli v rokoch 1996–2002 zaradené tehotné ženy a ktorá bola založená s cieľom zhromažďovať rôzne podrobné informácie týkajúce sa expozície v maternici a rôznych zdravotných výsledkov. Na konci roka 2008 bolo viac ako 41 000 živonarodených jedináčikov sledovaných prostredníctvom dotazníka Age-7, ktorý zbieral údaje o vystavení matiek používaniu mobilných telefónov počas tehotenstva. Výsledky týkajúce sa vývojových míľnikov boli získané z telefonických rozhovorov s matkami 6 a 18 mesiacov po pôrode. Výsledky Logistický regresný model odhadol pomer šancí (OR) pre oneskorenia vývojových míľnikov, upravený o potenciálne confoundery. Menej ako 5 % detí vo veku 6 a 18 mesiacov malo kognitívne/jazykové alebo motorické vývojové oneskorenia. V 6 mesiacoch bol upravený OR 0,8 [95 % interval spoľahlivosti (95 % CI) 0,7–1,0] pre kognitívne/jazykové oneskorenie a 0,9 (95 %

CI 0,8–1,1) pre oneskorenie motorického vývoja. Vo veku 18 mesiacov boli upravené OR 1,1 (95 % CI 0,9–1,3) a 0,9 (95 % CI 0,8–1,0) pre oneskorenie kognitívneho/jazykového a motorického vývoja. Závěry Neboli pozorované žiadne dôkazy o súvislosti medzi prenatálnym používaním mobilných telefónov a oneskorením motorického alebo kognitívneho/jazykového vývoja u dojčiat vo veku 6 a 18 mesiacov. Aj pri zohľadnení vzťahov medzi dávkou a reakciou pri používaní mobilných telefónov boli tieto vzťahy nulové.

Komentár: Expozícia uvádzaná samotnými účastníkmi. Neexistujú žiadne dôkazy o súvislosti medzi prenatálnym používaním mobilných telefónov a oneskorením motorického alebo kognitívneho/jazykového vývoja.

21. Guxens et al., 2013.

Holandsko. Zapísaní v školskom roku 2003–2004; hodnotenie porúch správania v školskom roku 2008–2009; retrospektívne hodnotenie expozície v školskom roku 2010–2011.

Táto štúdia bola súčasťou populačnej prospektívnej kohortovej štúdie zameranej na novorodencov. Bezdrôtové telefóny spolu s mobilnými telefónmi predstavujú hlavný zdroj vystavenia hlavy rádiovým elektromagnetickým poliam. Preto sme posudzovali súvislosť medzi používaním mobilných a bezdrôtových telefónov matkami počas tehotenstva a problémami v správaní detí vo veku 5 rokov, ktoré uvádzali učitelia a samotné matky. Štúdia bola súčasťou štúdie Amsterdam Born Children and their Development, populačnej kohortovej štúdie v Amsterdame v Holandsku (2003–2004). Učitelia a matky hlásili problémy s správaním detí vo veku 5 rokov pomocou dotazníka Strength and Difficulties Questionnaire. Otázky týkajúce sa používania mobilných a bezdrôtových telefónov matkami počas tehotenstva boli kladené, keď mali deti 7 rokov. Celkovo 2618 detí

boli zahrnuté. V porovnaní s deťmi, ktoré mobilný telefón nepoužívali, vykazovali deti vystavené prenatálnemu používaniu mobilného telefónu zvýšenú, avšak štatisticky nevýznamnú súvislosť s celkovými problémami so správaním hlásenými učiteľmi, hoci bez vzťahu medzi dávkou a reakciou. s počtom hovorov (OR = 2,12 (95 % CI 0,95 až 4,74) pri < 1 hovore/deň, OR = 1,58 (95 % CI 0,69 až 3,60) pri 1–4 hovoroch/deň a OR = 2,04 (95 % CI 0,86 až 4,80) pri ≥5 hovoroch/deň). OR pre celkové problémy so správaním hlásené učiteľmi v rôznych kategóriách používania bezdrôtových telefónov boli nižšie ako 1 alebo blízke jednotke. Súvislosti medzi používaním mobilných a bezdrôtových telefónov matkami a celkovými problémami so správaním hlásenými matkami zostali nevýznamné. Nevýznamné súvislosti boli zistené aj v prípade špecifických podškál problémov so správaním. Naše výsledky nenaznačujú, že používanie mobilných alebo bezdrôtových telefónov matkami počas tehotenstva zvyšuje pravdepodobnosť výskytu problémov so správaním u ich detí.

Komentár: Vlastné hlásenie o vystavení a iné možné confoundery. Používanie mobilného telefónu počas tehotenstva zvyšuje špecifické behaviorálne problémy, nevýznamné.

22. Choi et al., 2017.

Južná Kórea. 2006–2016. Multicentrická prospektívna kohortová štúdia (štúdia Mothers and Children's Environmental Health (MOCEH)).

Štúdie zaoberajúce sa prenatálnou expozíciou používaniu mobilných telefónov a jej vplyvom na neurovývoj dieťaťa vykazujú odlišné výsledky v závislosti od vývojových štádií dieťaťa. S cieľom preskúmať neurologický vývoj detí do 36 mesiacov veku v súvislosti s prenatálnym používaním mobilných telefónov a vystavením rádiovým frekvenčným žiareniam (RF-EMF) v porovnaní s prenatálnym vystavením olovu sme analyzovali 1198 párov matiek a detí z prospektívnej kohortovej štúdie (Štúdia o environmentálnom zdraví matiek a detí). Tehotným ženám v 20. týždni tehotenstva alebo skôr boli poskytnuté dotazníky na posúdenie frekvencie a trvania hovorov z mobilných telefónov. Na meranie expozície RF-EMF počas 24 hodín u 210 tehotných žien bol použitý osobný merač expozície (PEM). Hladina olova v krvi matky (BLL) bola meraná počas tehotenstva. Neurovývoj dieťaťa bol hodnotený pomocou kórejskej verzie Bayleyho škál vývoja dojčiat – revidovanej vo veku 6, 12, 24 a 36 mesiacov. Na skupiny klasifikované analýzou trajektórií bola aplikovaná logistická regresná analýza, ktorá ukázala vzorce neurovývojového vývoja v čase. Index psychomotorického vývoja (PDI) a index mentálneho vývoja (MDI) vo veku 6, 12, 24 a 36 mesiacov neboli významne asociované s používaním mobilného telefónu matkou počas tehotenstva. Avšak u detí vystavených vysokej hladine olova v krvi matky v maternici bolo zaznamenané významne zvýšené riziko nízkeho PDI do veku 36 mesiacov v súvislosti s rastúcou priemernou dĺžkou hovorov (p-trend = 0,008). Existovalo tiež riziko zníženia MDI do veku 36 mesiacov v súvislosti s rastúcou priemernou dĺžkou hovorov alebo frekvenciou počas tehotenstva (p-trend = 0,05 a 0,007 pre dĺžku a frekvenciu). Nebola zistená žiadna významná súvislosť medzi neurovývinom dieťaťa a prenatálnou expozíciou RF-EMF meranou pomocou PEM u všetkých subjektov ani v skupinách rozdelených podľa hladiny olova v krvi matky počas tehotenstva. Nebola zistená žiadna súvislosť medzi prenatálnou expozíciou RF-EMF a neurovývinom dieťaťa počas prvých troch rokov života; naznačil sa však potenciálny kombinovaný účinok prenatálnej expozície olova a používania mobilných telefónov.

Komentár: Hladina olova v krvi matky ako hlavný confounding faktor. Naznačuje sa potenciálny kombinovaný účinok.

23. Papadopoulou a kol., 2017.

Nórsko. 1999–2008. Prospektívna populačná kohortová štúdia tehotenstva MoBa, Nórsky inštitút verejného zdravia.

Bola skúmaná súvislosť medzi používaním mobilného telefónu matkou počas tehotenstva a jazykovými, komunikačnými a motorickými zručnosťami dieťaťa vo veku 3 a 5 rokov. Táto prospektívna štúdia zahŕňa 45 389 párov matka-dieťa, účastníkov štúdie MoBa, zaradených v polovici tehotenstva v rokoch 1999 až 2008. Frekvencia používania mobilného telefónu matkou v ranom tehotenstve a jazykové, komunikačné a motorické zručnosti dieťaťa vo veku 3 a 5 rokov boli hodnotené prostredníctvom dotazníkov. Na odhad súvislostí bola použitá logistická regresia. Výsledky: 9,8 % žien uviedlo, že v ranom tehotenstve nepoužívalo mobilný telefón, zatiaľ čo 39 %, 46,9 % a 4,3 % žien bolo zaradených do kategórií nízkych, stredných a vysokých používateľiek mobilného telefónu. Deti matiek, ktoré používali mobilný telefón, mali o 17 % (OR = 0,83, 95 % CI: 0,77, 0,89) nižšie upravené riziko nízkej zložitosti viet vo veku

3 rokoch v porovnaní s deťmi žien, ktoré mobilný telefón nepoužívali. Riziko bolo o 13 %, 22 % a 29 % nižšie pri nízkej, strednej a vysokej miere používania mobilného telefónu matkou. Okrem toho mali deti žien, ktoré používali mobilný telefón, nižšie riziko nízkeho skóre motorických zručností vo veku 3 rokov v porovnaní s deťmi žien, ktoré mobilný telefón nepoužívali, ale táto súvislosť nebola zistená vo veku 5 rokov. Nezistili sme žiadnu súvislosť medzi používaním mobilného telefónu matkou a nízkymi komunikačnými zručnosťami. Zaznamenali sme znížené riziko nízkych jazykových a motorických zručností vo veku troch rokov v súvislosti s prenatálnym používaním mobilného telefónu, čo by sa dalo vysvetliť zvýšenou interakciou medzi matkou a dieťaťom u používateľov mobilných telefónov. Neboli zaznamenané žiadne dôkazy o nepriaznivých účinkoch prenatálneho používania mobilného telefónu na neurovývoj.

Komentár: Expozícia na základe vlastných údajov. Neboli zaznamenané žiadne dôkazy o nepriaznivých účinkoch prenatálneho používania mobilných telefónov na neurovývoj.

24. Sudan a kol., 2018.

Dánsko DNBC, Španielsko INMA a Kórea MOCEH.

Štúdia sa zaoberá vzťahom medzi používaním mobilného telefónu matkou počas tehotenstva a kognitívnymi schopnosťami u 5-ročných detí. Táto štúdia zahŕňala údaje z 3 kohort narodených detí: Dánska národná kohorta narodených detí (DNBC) (n = 1209), Španielsky projekt životného prostredia a detstva (INMA) (n = 1383) a Kórejská štúdia o zdraví matiek a detí v životnom prostredí (MOCEH) (n = 497). Všetky kohorty zbierali informácie o používaní mobilného telefónu matkou počas tehotenstva a kognitívnych výkonoch detí vo veku 5 rokov. Bola vykonaná lineárna regresia na výpočet priemerných rozdielov (MD) a 95 % intervalov spoľahlivosti (CI) v skóre všeobecnej, verbálnej a neverbálnej kognitívnej výkonnosti detí, pričom sa porovnávala frekvencia prenatálneho používania mobilných telefónov matkami s úpravami o početné potenciálne confounding faktory. Modely boli vypočítané samostatne pre každú kohortu a s použitím zozbieraných údajov v metaanalýze. Neboli zistené žiadne asociácie medzi frekvenciou prenatálneho používania mobilných telefónov a skóre kognitívnej výkonnosti detí. Skóre mali tendenciu byť nižšie v kategórii s najvyššou frekvenciou používania; MD (95 % CI) vo všeobecných kognitívnych skóre bolo 0,78 (-0,76, 2,33) pre žiadne, 0,11 (-0,81, 1,03) pre stredné a -0,41 (-1,54, 0,73) pre vysoké v porovnaní s nízkou frekvenciou používania. Tento vzor sa prejavoval vo všetkých kognitívnych dimenziách, ale výsledky boli celkovo nepresné. Boli pozorované vzory nižších priemerných kognitívnych skóre u detí v súvislosti s vysokou frekvenciou prenatálneho používania mobilných telefónov matkami. Príčinná povaha a mechanizmus tohto vzťahu zostávajú neznáme.

Komentár: Vlastné hlásenie o vystavení. Boli pozorované vzory nižších priemerných kognitívnych skóre u detí v súvislosti s vysokou frekvenciou používania mobilného telefónu matkou počas tehotenstva.

25. Tsarna a kol., 2019.

Dánsko, Holandsko, Španielsko, Južná Kórea. 1996–2011. Štyri populačné kohortové štúdie zamerané na narodené deti, ktoré sa zúčastnili projektu GERoNiMO – konkrétne Dánska národná kohortová štúdia narodených detí (DNBC), Štúdia detí narodených v Amsterdame a ich vývoja (ABCD), Španielsky projekt životného prostredia a detstva (INMA) a Kórejská štúdia zdravia matiek a detí v súvislosti so životným prostredím (MOCEH).

Výsledky štúdií hodnotiacich potenciálny vplyv prenatálnej expozície vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam z mobilných telefónov na priebeh tehotenstva a pôrod boli nejednoznačné. Na základe údajov o 55 507 tehotných ženách a ich deťoch z Dánska (1996–2002), Holandska (2003–2004), Španielska (2003–2008) a Južnej Kórey (2006–2011) sme skúmali, či bolo používanie mobilných telefónov matkami spojené s dĺžkou tehotenstva a rastom plodu. Na základe počtu hovorov z mobilného telefónu za deň, ktorý uviedli samotné ženy, bola expozícia rozdelená do skupín: žiadna, nízka (referenčná), stredná alebo vysoká. Skúmali sme dĺžku tehotenstva (gestačný vek pri pôrode, predčasný/po termíne pôrod), rast plodu (pomer pôrodnej hmotnosti, malá/veľká veľkosť pre gestačný vek) a premenné pôrodnej hmotnosti (pôrodná hmotnosť, nízka/vysoká pôrodná hmotnosť) a meta-analyzované odhady špecifické pre kohortu. Skupina so strednou expozíciou mala vyššie riziko pôrodu v nižšom gestačnom veku (pomerné riziko = 1,04, 95 % interval spoľahlivosti: 1,01, 1,07) a vzťahy medzi expozíciou a reakciou boli zistené v prípade kratšej dĺžky tehotenstva (P < 0,001) a predčasného pôrodu (P = 0,003). Nezaznamenali sme žiadnu súvislosť s rastom plodu ani pôrodnou hmotnosťou. Používanie mobilného telefónu matkou počas tehotenstva môže súvisieť s kratším trvaním tehotenstva a zvýšeným rizikom predčasného pôrodu, tieto výsledky by sa však mali interpretovať s opatrnosťou, keďže

môžu odrážať stres počas tehotenstva alebo iné reziduálne confounding faktory skôr než priamy vplyv vystavenia mobilnému telefónu.

Komentár: Stres ako zmätočný faktor. Neistá súvislosť.

26. Boileau et al., 2020.

Francúzsko. 2014–2017. Prospektívna, longitudinálna, multicentrická observačná kohortová štúdia

Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť súvislosť medzi používaním mobilných telefónov tehotnými ženami a vývojom plodu počas tehotenstva v bežnej populácii. Údaje pochádzali z kohorty NÉHaVi („prospektívne sledovanie od intrauterinného vývoja do veku 18 rokov u detí narodených v Haute-Vienne“), prospektívnej, longitudinálnej, multicentrickej (tri pôrodnice oddelenia v Haute-Vienne) observačnej kohorty zameranej na deti narodené v období od apríla 2014 do apríla 2017. Hlavným cieľom bolo preskúmať súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a rastom plodu. Boli vytvorené univariátne a multivariátne modely upravené o premenné socioprofesionálnej kategórie matky a ďalšie premenné, ktoré mohli ovplyvniť rast plodu. Do analýzy bolo zahrnutých 1378 zdravotných záznamov, z ktorých 1368 matiek (99,3 %) používalo mobilné telefóny počas tehotenstva. Priemerný čas používania telefónu bol 29,8 minút (rozsah: 0,0–240,0 minút) denne. Po úprave mali novorodenci, ktorých matky používali mobilné telefóny viac ako 30 minút denne, výrazne vyššiu pravdepodobnosť dosiahnutia skóre AUDIPOG ≤ 10 . percentilu ako novorodenci, ktorých matky používali mobilné telefóny menej ako 5 minút denne počas tehotenstva (aOR = 1,54 [1,03; 2,31], $p = 0,0374$). U žien, ktoré používali mobilné telefóny 5–15 minút a 15–30 minút, nebola zaznamenaná významná súvislosť so skóre AUDIPOG ≤ 10 . percentilu, resp. aOR = 0,98 [0,58; 1,65] a aOR = 1,68 [0,99; 2,82]. Používanie mobilného telefónu na telefonovanie viac ako 30 minút denne počas tehotenstva môže mať negatívny vplyv na rast plodu. Na ďalšie vyhodnotenie tejto potenciálnej súvislosti by sa mala vykonať prospektívna štúdia.

Poznámka: Obmedzenie rastu plodu bolo pozorované u matiek, ktoré používali mobilný telefón viac ako 30 minút denne.

Tabuľka 12 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prípadovo-kontrolné štúdie (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
					Oligozoospermia u mužov s poruchou plodnosti, OR (95 % CI)	Asthenospermia u mužov s poruchou plodnosti, OR (95 % CI)	Teratozoospermia u mužov s poruchou plodnosti, OR (95 % CI)		
1. Al-Quzwini et al., 2016. Irak, 2014–2015. Prípadová štúdia.	100 náhodne vybraných párov s poruchami plodnosti, ktoré navštevovali kliniku neplodnosti v Babylon Teaching Hospital pre oddelenie pôrodnictva a pediatrie v meste Al-Hilla v Iraku; 100 dobrovoľníkov – plodných párov z radov zamestnancov alebo príbuzných z tej istej nemocnice ako kontrolná skupina.	Vystavenie elektromagnetickému žiareniu z vysieláčov mobilných telefónov a pracovné podmienky boli hodnotené pomocou štandardného dotazníka.	Bývanie v blízkosti základňovej stanice mobilného telefónu (<50 m) a pri intenzite výkonu 71,226 mW/m ² , dĺžka expozície elektromagnetickému žiareniu. Expozícia pracovným rizikám (napr. „vodiči“ s dlhým sedením, „pracovníci“ – maliari a stavební robotníci a „vojaci“)	Analýza semena u mužov s poruchami plodnosti. Pomery šanci a 95 % interval spoľahlivosti a chí-kvadrátový test na zistenie rozdielov.				Fajčenie	Nedostatočná Analýza spermií bola vykonaná u mužov s poruchou plodnosti, pretože plodní muži (kontrolná skupina) odmietli poskytnúť vzorky spermií.
			Typ rizika						
			Pracovné		1,8 (0,57–5,53)	1,07 (0,87–1,32)	5,23 (0,52–52,20)		
			Životné prostredie		1,03 (0,84–1,19)	1,19 (0,43–3,31)	2,6 (0,34–19,07)		

Tabuľka 13 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prierezové štúdie (450–6000 MHz) (pracovné prostredie) (a)

Informácie o štúdií	Obyvateľstvo	Druh expozície a posúdenie metóda	Kategória alebo úroveň expozície	Vplyv na zdravie a ukazovateľ	Odhad rizika (95 % CI)					Akákoľvek iná súbežná expozícia/úprava úpravy	Poznámky				
					Celková neplodnosť – <10 m od vysokofrekvenčný antény, OR (95 % CI)	Test lineárneho trendu (Mantel–Haenszel chi-kvadrát)	Celková neplodnosť – <3 m od komunikácia vybavenie, OR (95 % CI)	Test lineárneho trendu (Mantel–Haenszel chi-kvadrát)	Celková neplodnosť – <5 m od radaru, OR (95 % CI)			Test lineárneho trendu (Mantel–Haenszelov chi-kvadrát)			
2. Baste et al., 2008. Nórsko. 2002–2004. Medzi priečny štúdia	9925 súčasné a bývalí vojenský zamestnanci v Kráľovské nórske námorníctvo, definované vojenský zoznam zamestnaní (M); priemerný vek 49 rokov.	Vysokofrekvenčné antény, komunikácii vybavenie, radar. Vlastné hodnotenie pracovné kategórie expozície a veku posudzované poštou dotazník.	Vystavenie vysokofrekvenčnému elektromagnetické polia: pracovné menej ako 10 m od vysokej frekvenčné antény, pracovať bližšie viac ako 3 m od komunikačné zariadenia a práca vo vzdialenosti menej ako 5 m od radaru.	Neplodnosť. Pomer šancí a 95 % CI z upravená logistické regresné modely; Mantel–Haenszel test na lineárny trend.							Neplodnosť. Pravdepodobnosť pomer a 95 % CI z upravených logistické regresia modely; Mantel–Haenszelov test lineárneho trendu. Vlastné hlásenie úroveň expozície.	Adequate/ Požítivne			
			Vek <29												
			Nevystavený												
			Nizka	1,00 (ref.)	0,013	1,00 (ref.)	0,077	1,00 (ref.)	0,001						
			Niektorí	1,10 (0,30–4,07)		1,86 (0,54–6,40)		0,87 (0,25–2,99)							
			Vysoká	0,71 (0,15–3,34)		3,56 (1,05–12,08)		2,13 (0,64–7,06)							
			Veľmi vysoká	3,84 (1,09–13,52)		3,50 (0,83–14,78)		1,11 (0,20–6,00)							
			Vek 30–39	2,70 (0,76–9,53)		2,49 (0,60–10,42)		5,09 (1,59–16,30)							
			Nevystavený												
			Nizka	1,00 (ref.)	0,011	1,00 (ref.)	0,007	1,00 (ref.)	0,005						
			Niektoré	1,24 (0,83–1,87)		1,53 (1,04–2,26)		1,46 (0,99–2,15)							
			Vysoká	1,36 (0,90–2,04)		1,88 (1,25–2,82)		1,32 (0,87–2,02)							
			Veľmi vysoká	1,51 (0,97–2,37)		1,76 (1,11–2,80)		1,79 (1,14–2,82)							
			Vek 40–49	1,72 (1,08–2,74)		1,80 (1,10–2,96)		1,91 (1,19–3,07)							
			Nevystavený												
			Nizka	1,00 (ref.)	<0,001	1,00 (ref.)	<0,001	1,00 (ref.)	0,002						
			Niektoré	1,46 (1,03–2,07)		1,04 (0,75–1,45)		1,22 (0,87–1,71)							
			Vysoká	1,43 (0,99–2,07)		1,28 (0,91–1,81)		1,24 (0,87–1,79)							
			Veľmi vysoká	1,82 (1,21–2,75)		1,37 (0,91–2,08)		1,59 (1,05–2,41)							
			Vek >50	1,90 (1,20–3,01)		1,86 (1,18–2,94)		1,50 (0,95–2,35)							
Nevystavený															
Nizka	1,00 (ref.)	<0,001	1,00 (ref.)	<0,001	1,00 (ref.)	0,001									
Niektorí	1,28 (0,96–1,69)		1,02 (0,78–1,34)		1,11 (0,84–1,46)										
Vysoká	1,59 (1,20–2,11)		1,31 (0,99–1,73)		1,58 (1,20–2,09)										
Veľmi vysoká	2,02 (1,45–2,81)		1,71 (1,23–2,37)		1,39 (0,98–1,97)										

Tabuľka 13 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prierezové štúdiá (450–6000 MHz) (pracovné prostredie) (pokračovanie b)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)					Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
					Neplodnosť – % (p-hodnota z Chi2 testy)	Majú vlastné deti – % (p-hodnota z Chi2 testy)	Deti s anomáliami alebo chromozómovými poruchami – % (p-hodnota z Chi2 alebo Fisherovho exaktného testy)	Deti s predčasným pôrodom – % (p-hodnota z Chi2 alebo Fisherovho Exaktné testy)	Mŕtvo narodené deti a úmrtia do 1 roka – % (p-hodnota z Fisherov Presné testy)		
3. Møllerløkken et al., 2008. Nórsko. 2002. práca štúdia.	2265 (M) zamestnancov ktorí boli v súčasnosti slúžiaci v námorníctve, ako vojenská, tak aj civilisti. Priemerný vek 36 rokov, rozsah 20–62.	Pracovné vystavené vojenský komunikácia vybavenie. Informácie o pracovná anamnéza z dotazníka zaslaného poštou. Skupina odborníkov určila pracovné súvisiace s elektromagnetického expozície v teréne.	Pracovníci v oblasti radarov/sonarov , telekomunikácie, elektronika, iné povolania (neexponované).	Neplodnosť, Biologická Deti, Anomálie, Chromozómové chyby, Predčasné pôrody a mŕtvo narodené deti alebo úmrtia dojčiat. Výskyt následkov podľa skupiny expozície (%); Chi2 alebo Fisherov exaktný test na posúdenie významnosti rozdielov medzi skupinami.	8,6	62,0	3,5	7,9	2,3	Vek, kedykoľvek údené, vojenské vzdelávanie a fyzická aktivita v práci.	Adekvátne /pozitívny
			Iné pracovné miesta (nezverejnené skupina)		14,8 (0,01)	63,5 (0,70)	6,0 (0,18)	10,8 (0,18)	3,6 (0,22)		
			Telekomunikácie pracovníci (komunikačné zariadenia, rádio)		12,1 (0,15)	58,6 (0,40)	1,8 (0,19)	9,5 (0,44)	1,8 (0,47)		
			Elektronika (elektronika pre zbrane a komunikačné systémy)		17,5 (<0,01)	70,4 (0,10)	7,1 (0,11)	9,1 (0,37)	2,0 (0,61)		
			Pracovníci v oblasti radarov/sonarov (radar)								

Tabuľka 13 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prierezové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie c)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)					Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
					Objem (ml), korelácia, p-hodnota	Koncentrácia (mln/ml)	Celková pohyblivosť (%)	Celkový počet spermii (mil./ejakulát)	Celkový počet pohyblivých spermii (mil./ejakulát)		
4. Fejez et al. 2005. Maďarsko. Priečková štúdia.	611 po sebe nasledujúcich mužov kaukazského pôvodu v reprodukčnom veku z kliniky pre problémy s neplodnosťou.	Vlastné hlásenie	Dĺžka držania (v mesiacoch), dĺžka pobytu v pohotovostnej polohe vo vzdialenosti menej ako 50 cm od pacienta (v hodinách) a dĺžka denného prenosu (v minútach).	Kvalita ejakulátu. Použili sa parametrický t-test a Pearsonove korelačné testy.						Expozícia v práci niektorým chemickým pesticídum, ropným produktom, rozpúšťadlám, olovu a nitrozamínom, konzumácia tabaku.	Nedostatočné
			Doba trvania ejakulácie (mesiace)		-0,02, 0,64	-0,01, 0,91	-0,08, 0,14	-0,01, 0,81	-0,03, 0,53	Mnoho neanalyzovaných confunderov	
			Dĺžka dennej pohotovosti (h)		0,05, 0,42	-0,01, 0,39	-0,03, 0,64	-0,05, 0,41	-0,07, 0,22		
			Trvanie denného prenosu (min)		-0,01, 0,84	0,04, 0,84	-0,07, 0,16	0,03, 0,58	0,00, 0,54		
5. Jurewicz et al. 2014 a Radwan et al. 2016. Poľsko. Priečková štúdia.	344 mužov vo veku <45 rokov, ktorí v rokoch 2008–2011 navštevovali kliniky pre liečbu neplodnosti v Lodži v Poľsku na diagnostické účely.	Modifikovateľné faktory životného štýlu, medzi ktorými bolo aj používanie mobilného telefónu, hodnotené pomocou dotazníka vyplneného samotnými účastníkmi.	Doba vystavenia v dôsledku používania mobilných telefónov, hodnotená v rokoch.	Kvalita spermii (referenčné hodnoty WHO 1999 referenčné hodnoty) a fragmentácia DNA. Na posúdenie asociácie boli použité viacnásobné lineárne regresie.						Používanie mobilného telefónu dlhšie ako 10 rokov znížilo percentuálny podiel e1 pohyblivých spermii	Adekvátny/pozitívny
					Koeficient pre používanie mobilného telefónu, 0–5 rokov (p-hodnota)	Koeficient pre používanie mobilného telefónu, 6–10 rokov (p-hodnota)	Koeficient pre používanie mobilného telefónu, 11–25 rokov (p-hodnota)				
				Objem	1,16 (ref.)	-0,06 (0,32)	-0,01 (0,84)				
				Koncentrácia	3,03 (ref.)	0,29 (0,22)	0,42 (0,13)				
				Pohyblivosť	60,77 (ref.)	-4,13 (0,30)	-11,27 (0,01)				
				Atypické	45,73 (ref.)	4,44 (0,42)	19,00 (0,01)				
				Abnormality hlavičiek spermii	32,42 (ref.)	2,28 (0,69)	17,58 (0,01)				
				Abnormality krčku spermii	12,04 (ref.)	-0,25 (0,86)	0,12 (0,94)				
				Abnormality chvosta spermii	2,02 (ref.)	-0,01 (0,96)	-0,02 (0,93)				
	Index fragmentácie DNA	2,52 (ref.)	0,01 (0,97)	0,20 (0,22)							

Tabuľka 13 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prierezové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie d)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika					Akékoľvek ďalšie súběžné expozície/úpravy	Poznámky	
6. Yildirim et al., 2015. Turecko, 2013–2014. Krízová priečková štúdia.	1031 zdravých mužov z andrologického oddelenia urologického ústavu (Univerzita Turgut Ozal)	Používanie mobilných telefónov (850–1800 MHz) a bezdrôtového internetu (2400 MHz), hodnotené pomocou anonymného dotazníka.	Dĺžka denného používania mobilného telefónu, zvyky pri nosení mobilného telefónu, dĺžka používania bezdrôtového internetu a typ používania internetu.	Parametre spermií. Pearsonove korelačné, Studentov t-test (dvojstranný) a jednosmerná analýza rozptylu (ANOVA).							-	Nedostatočná
		Vlastné údaje	Doba používania mobilného telefónu (h)	Jednosmerná analýza rozptylu, p-hodnota	0,194	0,074	0,05	0,083	0,909	Nezohľadnené confounders		
			< 0,5	2,9 ± 1,41	42,3 ± 16,3	61,1 ± 60,6	47,5 ± 50,8	2,8 ± 1,9				
			0,5–2	2,9 ± 1,19	39,2 ± 16,3	54,6 ± 50,6	42,5 ± 42,1	2,57 ± 1,76				
			>2	3,01 ± 1,45	37,8 ± 16,1	53,8 ± 59	41,6 ± 51,2	2,74 ± 1,72				
		Zvyky pri nosení mobilného telefónu	Jednosmerná analýza rozptylu, p-hodnota	0,973	0,256	0,168	0,538	0,034				
		Vrecko na nohaviciach	2,9 ± 1,37	39,1 ± 31,1	56,5 ± 60,1	43,8 ± 51	2,72 ± 1,81					
		Kabelka	3,08 ± 1,4	45 ± 31,6	63 ± 48,6	49,6 ± 41,4	3,18 ± 2,47					
		Vrecko na bundu	3,02 ± 1,38	40,3 ± 27	53,6 ± 49,1	41,9 ± 41,1	2,43 ± 1,38					
		Doba používania bezdrôtového internetu (h)	Jednosmerná analýza rozptylu, p-hodnota	0,43	0,093	0,032	0,033	0,305				
		< 0,5	2,99 ± 1,4	43 ± 33	61,7 ± 60,2	48,2 ± 53,7	2,73 ± 1,84					
		0,5–2	2,81 ± 1,32	41,8 ± 28,2	56,2 ± 57,5	43 ± 42,1	2,65 ± 1,75					
		>2	2,99 ± 1,36	37,4 ± 29,4	53,8 ± 57,5	41,8 ± 49,6	2,73 ± 1,85					
		Využívanie internetu	Studentov t-test, p-hodnota	0,064	0,054	0,009	0,018	0,182				
		Kábel	2,92 ± 1,25	42 ± 32,3	62,7 ± 61,3	48,9 ± 50,3	2,82 ± 1,72					
Bezdrôtové	2,98 ± 1,43	38,8 ± 29,6	53,6 ± 55,2	41,1 ± 47,7	2,67 ± 1,88							
7. Zilberlicht et al., 2015. Izrael, 2011–2012. Prerezová štúdia.	80 mužských pacientov na vyšetrovaní neplodnosti v oddelení plodnosti a IVF v Carmel Medical Centre.	Denné návyky pri používaní mobilného telefónu hodnotené na základe dotazníka vyplneného pacientmi.	Každodenné návyky pri používaní mobilného telefónu.	Kvalita spermií bola hodnotená na základe štyroch parametrov: objemu, koncentrácie, pohyblivosti a morfológie. Premenné, ktoré boli štatisticky významné v univariačnej analýze, boli zahrnuté do multivariačnej logistickej regresnej. OR boli vypočítané s 95 % intervalom spoľahlivosti (CI).	P-hodnota asociácie koncentrácie spermií, abnormálnych vs. normálna	OR (95 % CI) pre abnormálnu koncentráciu spermií koncentráciu	p-hodnota			Fajčenie, vek, oblasť bydliska, povolanie, počet detí, roky vzdelania.	Adekvátny / pozitívny	
			Celkový denný čas hovorenia (≤1 h / >1 h)		0,040	Neuvádza sa	n.s.					
			Rozprávanie počas nabíjania zariadenia (Áno/Nie)		0,020	4,13 (1,28–13,3)	0,018					

Tabuľka 13 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prierezové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie e)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika	Akékoľvek ďalšie súbežné expozície/úpravy	Poznámky
8. Al-Bayyari, 2017. Jordánsko, 2015–2016. Pričná observačná štúdia.	159 mužov navštevujúcich kliniku liečby neplodnosti v severných, stredných a južných gubernoriách v Jordánsku.	Denné návyky pri používaní mobilného telefónu hodnotené na základe rozhovorov s použitím štruktúrovaného dotazníka.	Doba hovorov cez mobilný telefón.	Kvalita spermií. Na posúdenie vzájomného vzťahu boli použité Pearsonov chí-kvadrát test (V2) a Fisherov exaktný test.	Celkový denný čas hovorenia (≤1 h/deň vs. >1 h/deň), p-hodnota	-	Nedostatočná
				Koncentrácia spermií (hraničná hodnota 20 mil/ml)	0,494	Všetci z kliniky pre liečbu neplodnosti	
				Objem (hraničná hodnota 3 ml)	0,457		
				Viskozita (normálna vs. abnormálna)	0,556		
				Doba ztekutenia (hraničná hodnota 20 min)	0,534		
				Pohyblivosť spermií (%)	n.s.		
				Morfológia spermií (%)	n.s.		
9. Shi et al., 2018. Čína, 2015–2016. Pričková štúdia.	328 mužov vo veku <65 rokov, ktorí navštívili kliniku na analýzu spermií.	Používanie mobilného telefónu bolo hodnotené pomocou dotazníka založeného na vlastnom hlásení.	Zvyk nosiť telefón v nohaviciach.	SA, vitalita spermií, test akrozómovej reakcie (AR) a index fragmentácie DNA spermií (DFI). Na analýzu možnej nelineárnej súvislosti.	Dĺžka používania mobilného telefónu vo vrecku nohavíc (hodiny/deň)	BMI, fajčenie a konzumácia alkoholu, spánok, denný príjem tekutín, týždenný príjem mäsa, frekvencia športovania, nosenie mobilu v nohaviciach, vek, dĺžka abstinencie	Nedostatočný
				Objem	n.s.		
				Koncentrácia	n.s.	Všetko z kliniky pre liečbu neplodnosti	
				TSC	n.s.		
				Motilita	n.s.		
				TMC	n.s.		
				Vitalita	n.s.		
				DFI	n.s.		
				AR	n.s.		
				10. Blay et al., 2020. Ghana, 2004–2015. Prerezová štúdia.	80 mužov vo veku 21–62 rokov, vybraných z kliniky asistovanej reprodukcie v Akkre, Ghana.	Životný štýl hodnotený pomocou štruktúrovaného dotazníka.	
Objem	0,884	Zvýšená aktivita a životaschopnosť spojená s mobilným telefónom v bočnom vrecku					
pH	0,741						
Aktívna pohyblivosť (%)	0,002						
Pomalá pohyblivosť (%)	0,269						

				Pomalá pohyblivosť (%)	0,486	Všetko z kliniky pre liečbu neplodnosti	
				Životaschopnosť (%)	0,009		
				Počet (x106/ml)	0,109		

Tabuľka 14 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: epidemiologické kohortové štúdie plodnosti mužov (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)				Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky	
					Objem (ml), koeficient z modelu so zmiešanými efektmi (95 % CI), p-hodnota	Koncentrácia spermií (mil./ml), koeficient zo zmiešaného efektového modelu (95 % CI), p-hodnota	Celkový počet spermií (mil.), koeficient zo zmiešaného efektového modelu (95 % CI), p-hodnota	Spermie s progresívnou pohyblivosťou (mil.), koeficient zo zmiešaného efektového modelu (95 % CI), p-hodnota			
11. Zhang et al., 2016. Čína, 2013–2015. Kohortová štúdia MARHCS	794 (2013), 666 (2014) a 568 (2015) mladých mužov vo veku < 18 rokov, vysokoškolskí študenti, zapojení do štúdie o reprodukčnom zdraví mužov medzi vysokoškolskými študentmi v Čchung-čching (MARHCS).	Používanie mobilných telefónov, zistené prostredníctvom dotazníka.	Počet vlastných mobilných telefónov, prítomnosť funkcie 3G, dĺžka používania mobilného telefónu, poloha, v akej nosia mobilný telefón, denná dĺžka, počas ktorej je mobilný telefón zapnutý (v blízkosti tela do 50 cm), denný čas strávený na internete alebo mesačný dátový prevádzkový tok cez mobilné siete a denný čas strávený hovorením cez mobilný za posledné tri mesiace.	Parametre spermií. Na globálne vyhodnotenie údajov o používaní mobilných telefónov a parametrov ejakulátu za všetky tri roky bol použitý lineárny regresný model so zmiešanými efektmi					Vek, dĺžka abstinencie, index telesnej hmotnosti (BMI), fajčenie a konzumácia alkoholu, ako aj konzumácia kofeínu, kávy a vyprážaných jedál	Adekvátne/pozitívne	
					<i>Doba používania mobilného telefónu (h)</i>	-2,19 (-4,39, 0,06), 0,056	-2,90 (-6,91, 1,27), 0,170	-4,87 (-9,27, -0,27), 0,038			-0,77 (-2,71, 1,22), 0,445
					<i>Využitie internetu cez mobilnú sieť (h, 2013)</i>	0,42 (-0,71, 1,56), 0,472	-2,74 (-4,53, -0,91), 0,004	-2,75 (-4,76, -0,69), 0,009			0,51 (-0,29, 1,32), 0,213
			<i>Mesačný objem dát (GB, 2014–2015)</i>	-1,47 (-2,74, -0,19), 0,025	-1,65 (-4,04, 0,80), 0,185	-3,22 (-5,85, -0,52), 0,020	0,19 (-1,08, 1,48), 0,770				

Tabuľka 14 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: epidemiologické kohortové štúdie plodnosti mužov (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % interval spoľahlivosti)						Akékoľvek ďalšie spoluepozície/ úpravy	Poznámky	
					Absolútne rozdiely [β (95 % CI)], Objem ejakulátu	Absolútne rozdiely [β (95 % CI)], Celkový pohyblivosť	Relatívne rozdiely [exp(β) (95 % CI)], Celkovo počet spermíí	Relatívne rozdiely [exp(β) (95 % CI)], Spermie koncentrácia	Relatívne rozdiely [exp(β) (95 % CI)], Celkom pohyblivé spermie počet	Relatívne rozdiely [exp(β) (95 % CI)], Normálne spermie morfológia			
12. Lewis et al, 2017. USA. 2004–2015. Longitudinálne kohortová štúdia.	384 (M); 18–56 rokov; Muži vybraní z klinika plodnosti v Boston, Massachusetts, zapísaných do Životné prostredie a Reprodukčný Štúdia o zdraví (EARTH).	Mobilné telefóny rádiových frekvencií ; Samostatné hlásené vystavenie mobilného telefónu.	Použitie, trvanie (bez používania, <2 h/deň, 2–4 hod./deň, >4 hod./deň), slúchadlá alebo náušník používania (H/E, N H/E), a umiestnenie v	Pohyblivosť spermíí, celková počet spermíí, celkový počet pohyblivých spermíí, morfológia spermíí. Bolo použité prísne Krugerovo bodovanie kritériá klasifikovať mužov ako s normálnym alebo pod normálom morfológia slepými analytikmi spermíí. Lineárne modely so zmiešanými efektmi s náhodný subjekt účinky.							Všeobecné charakteristika , zdravotný história, najmä poruch imunitný systém, fajčenie návyky. Všetko z kliniky pre liečbu neplodnosti	Adekvátne/ pozitívne	
					<i>Kategória použitia (hodín/deň) a používanie náhlavnej súpravy alebo slúchadiel.</i>								
					Nepoužívanie	0 (ref.)	0 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)			1,00 (ref.)
					<2 h/deň, H/E	0,74 (0,08–1,41)	13,05 (1,57–24,53)	1,60 (1,04–2,46)	1,24 (0,81–1,89)	2,43 (1,17–5,07)			0,94 (0,68–1,31)
					<2 h/deň, N H/E	0,40 (-0,06–0,86)	4,47 (-3,53–12,46)	1,09 (0,80–1,47)	0,99 (0,74–1,33)	1,39 (0,83–2,31)			0,97 (0,77–1,22)
					>2 h/deň, H/E	0,29 (-0,43–1,01)	3,06 (-9,39–15,50)	1,14 (0,71–1,82)	1,03 (0,65–1,63)	1,44 (0,65–3,20)			0,84 (0,59–1,20)
>2 h/deň, N H/E	-0,12 (-0,93–0,68)	4,10 (-9,72–17,93)	1,47 (0,87–2,47)	1,52 (0,91–2,53)	1,89 (0,78–4,58)	0,83 (0,56–1,23)							

Tabuľka 15 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické prípadovo-kontrolné štúdie (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Katégoria alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky						
13. Tan et al., 2014. Singapur. november 2010 a február 2011. Prípadovo-kontrolná štúdia	Ženy s ohrozením potrat v 5. až 10. týždeň tehotenstva pozorované na pohotovostnej klinike KK Ženy a deti Nemocnica (KKH) v Singapure. (F). Priemerný vek prípadov a kontrolných skupín bol 30,2, resp. 30,7.	Potenciálne modifikovateľné faktory životného štýlu boli posudzované osobne rozhovor s prípadmi a kontrolná skupina, vykonané pri v čase náboru. Mobilné využívanie telefónu a počítača bolo kvantifikované ako počet hodín dennej spotreby na základe posledný týždeň.	Expozícia vysokofrekvenčnému žiareniu elektromagnetické polia mobilných telefónov a televíziou. Väčšie dĺžky používania mobilného telefónu alebo používanie počítača bolo spojené s vyšším rizikom ohrozenia potrat, s vzťahom dávka-odozva	Súvislosť medzi potenciálnym životným štýlom rizikové faktory (používanie mobilného telefónu a ohrozené potraty: výsledky upravené logistická regresná analýza. Multivariačná analýza s úpravou na všetky rušivých faktorov a gestačného veku.	Upravené šance pomeru (95 % interval interval):		Vek matky, vek otca, dĺžka tehotenstva vek, etnicita, výška, hmotnosť, pravidelnosť menštruačného cyklu, typu bývania, vzdelanie, predchádzajúce zdravotné problémy/tehotenské/gynekologické/psychiatrické anamnéza, súčasné a minulé fajčenie fajčenie, vystavenie pasívemu cigaretovému dymu v domácnosti, súčasnej a minulé konzumácii alkoholu, súčasnej a minulé konzumácia kofeínu, vnímaná úroveň stresu, príjem DHA a najnovšie používanie antikoncepcie	Adekvátne/ pozitívne						
									Používanie mobilného telefónu					
									0 až <1 hodina	1			Stres nie je považovaný za confounder	
									≥ 1 až <2 hodiny	2,94 (1,32–6,53)				
									≥ 2 hodiny	6,32 (2,71–14,75)				
									Používanie počítača					
									0 až <1 hodina	1				
									≥ 1 až <4 hodiny	2,66 (1,16–6,09)				
									≥ 4 hodiny	6,03 (2,82–12,88)				
									14. Mahmoudabad i et al., 2015. Irán. Pred rokom 2015. Prípadovo-kontrolná štúdia	Do štúdie bolo zaradených 292 žien, ktoré podstúpili nevysvetliteľný spontánny potrat v < 14. týždni tehotenstva, a 308 zodpovedajúcich tehotných žien v > 14. týždni tehotenstva. Účastníčky boli vybraných z 10 nemocníc v Teheráne.	Na zber údajov o používaní mobilných telefónov počas tehotenstva bol vyplnený formulár.	Priemerná dĺžka hovorov za deň, umiestnenie mobilných telefónov, keď sa nepoužívali, používanie hands-free zariadení, používanie telefónov na iné účely, špecifická miera absorpcie (SAR) uvádzaná výrobcom a priemerná efektívna hodnota SAR (priemerná dĺžka hovorov za deň × SAR).	Spontánne potraty. Na výpočet OR a 95 % CI bol použitý logistický regresný model; na posúdenie asociácie bol použitý *T-test, ** chí-kvadrátový test alebo Fisherov exaktný test.	OR (95 % CI)
Súvislosť spontánnych potratov s efektívnou SAR (špecifickou absorpčnou rýchlosťou)	1,11 (1,07–1,16)													
Doba telefonovania za deň* (minúty) Priemer ± SD		<0,001												
Používanie hands-free** n (%)		0,09												
Umiestnenie telefónov, keď sa nepoužívajú** n (%)		<0,001												
Používanie telefónu na iné účely **n (%)		<0,001												
Efektívna hodnota SAR* Priemer ± SD		<0,001												

Tabuľka 16 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické prierezové štúdie (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda posudzovania	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
					Pôrod pred 37. týždňa, χ^2 (p-hodnota)	Týždeň pôrodu, priemerná \pm SD	Týždeň pôrodu, p-hodnota		
15. Col Araz et al., 2013. Turecko, 2009. Prerezová štúdia.	500 matiek z ambulancie, oddelenie pediatrie, Univerzita v Gaziantepe.	Využitie televízie, počítača a mobilných telefónov počas tehotenstva hodnotené prostredníctvom dotazníka vyplneného samotnými respondentkami	Používanie mobilného telefónu, používanie počítača (užívateľky vs. neužívateľky).	Pôrodná hmotnosť a predčasný pôrod. Použili sa chí-kvadrátový test, t-test pre nezávislé vzorky a OR a 95 % CI z logistickej regresnej analýzy.				Sociodemografické informácie, hmotnosť matky, výška, prírastok hmotnosti, konzumácia tabaku a alkoholu počas tehotenstva, anamnéza ochorení, dodržiavanie náboženského pôstu počas tehotenstva, konzumácia čaju, mlieka a jogurtu, týždeň pôrodu a pôrodná hmotnosť ostatných detí, ak nejaké sú.	Adekvátne /pozitívne
			Používanie mobilného telefónu		5,584 (<0,018)		<0,005		
			Používateľ			38,7 \pm 1,9			
			Nepoužívateľ			39,2 \pm 1,6			
			Doba používania mobilného telefónu				<0,001		
			\leq 1 hod./deň			37,6 \pm 2,2			
			>1 hodina/deň			38,8 \pm 1,8			
			Používanie počítača		4,510 (<0,034)		<0,048		
			Používateľ			38,5 \pm 1,8			
			Nepoužívateľ			38,9 \pm 1,8			
			Doba používania mobilného telefónu				n.s.		
			\leq 1 h/deň			Neuvádza sa			
			>1 h/deň			Neuvádza sa			
			16. Zarei S. et al., 2015. Irán. 2014. Prerezová štúdia.	Matky 35 zdravých detí (kontrolná skupina) a 77 detí vo veku 3–5 rokov s diagnostikovanými poruchami reči (F).	Rôzne zdroje elektromagnetických polí (ako RF-EMF, tak aj ELF), napríklad mobilné telefóny, základňové stanice mobilných sietí, Wi-Fi, bezdrôtové telefóny, notebooky a elektrické vedenia. Vlastné hodnotenie vystavenia rôznym zdrojom elektromagnetických polí.	Priemerná denná dĺžka hovorov (z mobilného telefónu) bola približne 20 minút. Dĺžka hovorov, história používania mobilného telefónu (počet mesiacov používania), priemerná dĺžka denných hovorov, používanie bezdrôtových telefónov a používanie CRT počas tehotenstva.	Problémy s rečou u potomkov. P-hodnota menšia ako 0,05 bola považovaná za signifikantnú.		
doba hovoru		0,002							
história mobilného telefónu používania		0,003							
priemerná dĺžka denného hovoru počas tehotenstva		N.S.							
používanie bezdrôtového telefónu		0,528							
používanie CRT		0,990							

Tabuľka 16 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické prierezové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akéoľvek iné súběžné expozície/úpravy	Poznámky
17. Abad et al., 2016. Irán, 2009. Prerezová štúdia.	413 tehotných žien (vo veku 18–35 rokov) z teheránskeho regiónu. Informácie o reprodukčii boli získané z lekárskeých záznamov vedených v nemocniciach, kde účastníčky porodili.	Expozícia EMF (rozah 27 MHz – 3 GHz) v prostredí bola hodnotená pomocou NARDA pri vchodových dverách ich domovov trikrát počas tehotenstva (1, 2, 3). Ostatné informácie boli zistené prostredníctvom osobného rozhovoru.	Vystavenie EMF v prostredí.	Potrat (spontánny potrat, nízka pôrodná hmotnosť, predčasný pôrod a intrauterinná smrť plodu). T-test pre nezávislé vzorky.	Potrat, p-hodnota z t-testu				Nedostatočné
			Služby digitálneho rozhlasového a televízneho vysielania v strednej frekvencii 650 MHz		0,85				
			Služby mobilnej komunikácie 1,5 GHz		0,67				
			Wi-Fi prístup a MISC v centrálnej frekvencii 2,45 GHz		0,42				
18 Lu et al. 2017. Japonsko. 2012–2014. Prerezová štúdia na základe kohortných údajov.	461 párov matka a dieťa (M a F). Údaje zo štúdie Japan Environment and Children's Study (JECS) a doplnkovej štúdie JECS v Kumamoto.	Rádiofrekvencie mobilných telefónov; Vlastné hodnotenie expozície na základe dotazníkov vyplnených samotnými účastníkmi, ktoré obsahovali informácie o používaní mobilného telefónu matkou počas tehotenstva. V tejto štúdií bola použitá skrátená verzia Škály sebahodnotenia závislosti od textových správ (STDS) na posúdenie závislosti na textových správach.	Denná doba používania mobilného telefónu, umiestnenie telefónu počas dňa a v noci a stav napájania (zapnutý/vypnutý) mobilného telefónu počas spánku. Na určenie nadmerného používania mobilného telefónu sa použila hranica 15 bodov pre skóre nadmerného používania v STDS.	Pôrodná hmotnosť a zdravotný stav novorodenca (pôrodná výška, obvod hlavy pri narodení, obvod hrudníka pri narodení, spôsob pôrodu, týždne tehotenstva, hmotnosť placenty, nízka pôrodná hmotnosť), núdzová preprava novorodenca a predčasný pôrod; bola použitá lineárna regresná analýza.	β (95 % CI) pre pôrodnú hmotnosť	Upravený OR (95 % CI), núdzová preprava novorodenca preprava	Upravený OR (95 % CI), predčasný pôrod	Vek matky, výška pri narodení, BMI matky pred tehotenstvom, vek matky, obvod hlavy pri narodení, prvoroďička, fajčenie matky.	Nedostatočné
			Denné používanie mobilného telefónu						
			Bežní používatelia		0 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)		
			Nadmerní používatelia mobilných telefónov		-66,46 (-114,46 – -18,46)	7,93 (1,40–44,85)	0,67 (0,09–4,97)		

Tabuľka 17 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (a)

Informácie o štúdiu	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)						Akákoľvek iná súbežná expozícia/úprava a úpravy	Poznámky	
19. Mjøen et al., 2006. Nórsko. 1976–1995. Kohortová štúdia.	541 593 pôrodov (M a F). Údaje o všetkých zaregistrovaných narodení v rokoch 1976 a 1995 v Nórsko z „vystavených“ Register Nórsko; nórsky všeobecný expozície sčítania ľudu obsahujú údaje o povolania kódované podľa v severských Klasifikácia Povolania.	Otcovská povolania zaradené do kategórie „pravdepodobne nie vystavený“, „možných vystavený“ a „pravdepodobne vystavený“, odrážajúci pravdepodobnosť expozície RFR. Odborná komisia vyhodnotenú expozíciu voči vysokofrekvenčnému žiareniu oblasti v rôzne povolania.	Úroveň expozície pridelené od odborníkov.	Vrodené chyby, celkový počet CNS a muskuloskeletálne defekty končatín a všetky kategórií kombinované, predčasné pôrod, nízka pôrodná hmotnosť, pomer pohlaví a perinatálne úmrtnosti. Relatívna riziká pre každú kategória vystavenia boli vypočítané podľa odhad pomerov šancí (OR) s 95 % intervaly spoľahlivosti (CI) z logistického regresné modely.	Predčasný pôrod	Nízka pôrodná hmotnosť	Včasnú mŕtve narodenie	Neskoré mŕtve narodenie				Kalendár rok, miesto roku narodenia a úroveň vzdelania.	Adekvátny/negatívny
					pôrodu (<37 týždňov) - ALEBO (95 % CI)	(<2 500 g) - OR (95 % CI)	(medzi 16 a 28 týždňov) - OR (95 % CI)	(po 28 týždňov) - ALEBO (95 % CI)	mužské pohlavie - OR (95 % CI)	Akýkoľvek pôrod vada - OR (95 % CI)			
					1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)			
					0,99 (0,96–1,02)	1,03 (0,98–1,07)	1,01 (0,91–1,12)	1,01 (0,92–1,11)	1,01 (1,00–1,03)	0,98 (0,94–1,02)			
		Pravdepodobne nebol vystavený			1,08 (1,03–1,13)	1,05 (0,94–1,13)	0,98 (0,79–1,22)	1,09 (0,89–1,29)	0,99 (0,97–1,02)	0,94 (0,80–1,01)			
		Pravdepodobne vystavený											
		Pravdepodobne vystavený											

Tabuľka 17 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)					Akékoľvek iné súbežné vystavenie/úpravy	Poznámky					
					Oneskorenie kognitívneho a jazykového vývoja v 6 rokoch	Oneskorenie motorického vývoja v 6 rokoch	Oneskorenie kognitívneho a jazykového vývoja vo veku 18 rokov	Oneskorenie motorického vývoja vo veku 18 rokov	Celkové skóre behaviorálnych problémov vo veku 7 rokov							
20. Dívan et al., 2008 a Dívan et al. 2011. Dánsko. Deti narodené v rokoch 1997 až 2002. Kohortová štúdia.	41 541 detí (F a M). Matky a živonarodených detí tvoria 2 pevné kohorty. Zdravotný stav posúdený v 7. rok veku s využitím internetový Dotazník.	Mobilný telefón a bezdrôtový telefón použité, posudzované prostredníctvom štyroch telefón rozhovory.	Používanie mobilných telefónov medzi deti, medzi matkami počas tehotenstva (používanie mobilného telefónu matkou telefónom počas tehotenstva, používanie núk bezplatné vybavenie počas tehotenstva (podiel času) a umiestnenie telefón, keď nie je v použití (kabelka alebo obliečenie vrecku) a u detí súčasné používanie mobilných a iných bezdrôtových telefónov.	Kognitívne/jazykové vývoj oneskorenia, motorické vývojové oneskorenia a behaviorálne posudzovania problémov s využitím „metódy silných stránok“ a ťažkosti dotazníka“. Pomer šanci a 95 % CI z upravený logistický regresných modelov.	mesiacov Upravený OR (95 % CI)	mesiacov Upravený OR (95 % CI)	mesiacov Upravený OR (95 % CI)	mesiace- Upravený OR (95 % CI)	roky- Upravený OR (95 % CI)	Upravené podľa pohlavia dieťaťa, kombinované sociálno-pracovné stav, vek matky pri narodení, gestačný veku a pôrodná hmotnosť, dieťa starostlivosť mimo domova vo veku 18 mesiacov.	Adekvátne/ Negatívny Vystavenie pred narodením— a, to a menší stupeň, po pôrode —bolo súvisiace s behaviorálne ťažkosti také problémy s emóciami a hyperaktivitou ako okolo vek školy vstup.					
							<i>Iba prenatálna expozícia</i>						1,12 (0,97–1,30)		1,21 (1,05–1,40)	1,58 (1,29–1,93)
							<i>Iba popôrodná expozícia</i>						1,06 (0,92–1,23)		1,02 (0,89–1,18)	1,18 (0,96–1,45)
							<i>Prenatálna aj postnatálna expozícia</i>						1,25 (1,07–1,47)		1,49 (1,28–1,74)	1,80 (1,45–2,23)
							<i>Pred pôrodom: Počet vyslovených slov za deň</i>									
							0–1					1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)
							2–3					1,0 (0,7–1,4)	0,8 (0,5–1,0)	0,9 (0,6–1,3)	0,7 (0,5–1,0)	1,33 (0,99–1,79)
							4+					0,8 (0,4–1,3)	0,6 (0,3–1,0)	0,9 (0,5–1,6)	1,2 (0,8–1,8)	1,51 (1,02–2,22)
							<i>Pred pôrodom: Podiel času, počas ktorého bol zapnutý</i>									
		0			1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)							
		<50			1,1 (0,6–1,9)	1,3 (0,8–2,7)	1,2 (0,7–2,3)	1,1 (0,7–1,8)	0,62 (0,35–1,11)							
		50–99			0,9 (0,5–1,6)	1,1 (0,6–1,8)	1,2 (0,5–2,2)	1,2 (0,8–2,0)	0,93 (0,58–1,48)							

			100		1,0 (0,5–2,0)	1,1 (0,6–2,0)	1,5 (0,7–3,0)	1,3 (0,8–2,3)	1,09 (0,70–1,70)		

Tabuľka 17 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie c)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súběžné expozície/úpravy	Poznámky		
21. Guxens et al., 2013. Holandsko. 2003–2004 zapísanie; 2008–Hodnotenie z roku 2009 behaviorálne problémy; 2010–2011 retrospektívna vystavenie posúdenie. Štúdia zakorenené v na základe populácie prospektívne narodenie kohortová štúdia.	8266 tehotných žien, 2618 detí (F a M). Tehotné ženy zapísané počas ich prvá prenatalná návšteva pôrodnicej starostlivosti poskytovateľ. Prenatálne vyhodnotené používanie telefónu retrospektívne s poštou alebo cez internet dotazník na deti v 7. ročníku, a problémy s správaním detí hodnotené u detí v 5. roku.	Mobilné telefóny a používanie bezdrôtových telefónov počas tehotenstva. Samostatný posúdená expozícia z dotazníka. Vzhľadom na úvod Universal Mobile Telekomunikácie Technológia systému v Holandskom v začiatkom roka 2004, používanie mobilných telefónov očakávali sa správy takmer výlučne technológia globálneho systému mobilných komunikácií (GSM) 900/1800	Častot používanie mobilných telefónov hovory boli nastavené na 75 % počet volaní pre tých uvádzajúce používanie bezplatné vybavenie „menej ako „polovica prípadov“, na 25 % v prípade tí, ktorí uvádzajú, že ju využívajú „viac ako polovica hovorov“, a na 0 u tých, ktorí uvádzajú používať ho „takmer vždy“.	Celkové správanie (emocionálne príznaky, problémy s správaním, hyperaktivita/neaktivita problémy s pozornosťou, vzťahy s rovesníkmi problémy a pasívne sociálne správanie) uvádza základná škola učiteľia a matky používajúce dotazník silných stránok a ťažkostí (SDQ) vo veku 5 rokov. Pomer šanci a 95 % interval spoľahlivosti z neupravených a upravené logistické regresné modely.	Problémy s celkovým správaním detí hlásené učiteľmi, Neupravený model – OR (95 % CI)	Celkové správanie dieťaťa hlásené učiteľom problémov, Upravený model - OR 95 % CI)	Celkové správanie dieťaťa hlásené matkou problémy, Neupravené model – OR (95 % CI)	Celkové správanie dieťaťa podľa matky problémy, Upravený model - OR	Vek matky, matka vzdelanostná úroveň, materská krajina pôrod, počet pôrodov, materské pred tehotenskej hmotnosti a výška, matka fajčenie, materská pasívne fajčenie pri domov, materské spotreba alkoholu počas tehotenstva, tehotenskej kohortová súvisiaca úzkosť a úzkosť a depresia matky počas tehotenstva, adresy detí v čase narodenia ako indikátor socioekonomického pozícia.	Adekvátny/negatívne	
				<i>Prenatálna frekvencia telefonických telefonátov</i>							
				Žiadna	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)			
				<1/deň	2,09 (0,95 – 4,62)	2,12 (0,95 – 4,74)	0,95 (0,39 – 2,29)	0,89 (0,36 – 2,20)			
				1–4/deň	1,53 (0,69 – 3,42)	1,58 (0,69 – 3,60)	0,78 (0,32 – 1,92)	0,73 (0,28 – 1,85)			
				≥5/deň	1,88 (0,82 – 4,34)	2,04 (0,86 – 4,80)	0,77 (0,29 – 2,06)	0,75 (0,27 – 2,09)			
				<i>Prenatálna frekvencia hovorov bezdrôtového telefónu</i>							
				Žiadne	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)			
				<1/deň	0,89 (0,57 – 1,39)	1,19 (0,74 – 1,92)	0,27 (0,15 – 0,50)	0,35 (0,18 – 0,67)			
				1–4/deň	0,76 (0,48 – 1,22)	1,07 (0,65 – 1,76)	0,55 (0,32 – 0,96)	0,73 (0,41 – 1,33)			
				≥5/deň	0,50 (0,23 – 1,09)	0,61 (0,27 – 1,35)	0,40 (0,15 – 1,07)	0,43 (0,15 – 1,21)			

Tabuľka 17 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie d)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)				Akkoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
22. Choi et al., 2017. Južná Kórea. 2006–2016. Multicentrická prospektívna kohorta štúdia (matky a detské Zdravie životného prostredia (štúdia MOCEH).	1198 matiek a dojčiat párov (M a F).	Zdroje expozície RFR, vrátane mobilného telefónu, televízie, rádio, práca na internet a mobil telefónne základňové stanice. Vlastné hodnotenie vystavenia z dotazníka týkajúca sa priemernej frekvencie volania (≤ 2 , 3–5 a ≥ 6 -krát/deň) a priemerná dĺžka hovoru (< 3, 3–10, 10–30 a ≥ 30 min/deň) počas tehotenstva.	Častý používateľ definovaný ako volajúci frekvencia > 6-krát denne alebo dĺžka hovorov >30 minút denne. Kategórie podľa priemerného indexu čas (min/deň)	MDI: Duševné index vývoja, PDI: Psychomotorické rozvoja.	OR (95 % CI) pre zníženie MDI (6–36 mesiacov)				Expozícia pri práci na niektorých chemikáliu pesticídy, ropa, rozpúšťadlá, olovo a nitrozamíny, tabak spotreba.	Neprimeraná
			Priemerná dĺžka telefonovania (min/deň)			Nízka hladina olova v krvi matky počas tehotenstva (< 75%)	Vysoká hladina olova v krvi matky počas tehotenstva (<75%)	p-interakcia	Hladina olova v krvi matky ako hlavný confounding faktor	
			<3	0,50 (0,30–0,83)	0,71 (0,42–1,21)	0 (0–Inf)	0,02			
			3–10	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)				
			10–30	0,85 (0,60–1,19)	0,86 (0,57–1,28)	2,11 (0,67–6,68)				
			>30	0,63 (0,37–1,08)	0,76 (0,43–1,34)	0 (0–Inf)				
			P pre trend	0,86	0,48	0,05				
						OR (95 % CI) pri nízkej hodnote PDI (6–36 mesiacov)				
			Priemerná dĺžka hovorov (min/deň)			Nízka hladina olova v krvi matky počas tehotenstva (< 75%)	Vysoká hladina olova v krvi matky počas tehotenstva (<75%)	p-interakcia		
			<3	0,47 (0,24–0,94)	0,41 (0,19–0,92)	0,45 (0,23–0,89)	0,44			
			3–10	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)				
			10–30	0,77 (0,49–1,23)	0,81 (0,49–1,35)	1,10 (0,69–1,76)				
			>30	0,64 (0,32–1,29)	0,73 (0,36–1,48)	1,56 (0,74–3,26)				
			P pre trend	0,54	0,26	0,008				

Tabuľka 17 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie e)

Informácie o štúdiu	Populácia	Druh expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)			Akékoľvek iné súbežné vystavenie/úpravy	Komentár			
23. Papadopoulou et al., 2017. Nórsko, 1999–2008. Nórska kohortová štúdia matiek a detí (MoBa).	45 389 párov matka-dieťa (M a Ž), účastnícky štúdie MoBa, zaradené v polovici tehotenstva. Informácie získané prostredníctvom dotazníkov.	Frekvencia používania mobilného telefónu matkami v ranom štádiu tehotenstva, zistená prostredníctvom dotazníka vyplneného v 17. a ³⁰ týždni tehotenstva.	Frekvencia telefonovania cez mobilný telefón: „zriedka/nikdy“ (žiadne použitie), „niekoľkokrát týždenne“ (nízka), „denne“ (stredná) a „viac ako hodinu denne“ (vysoká).	Jazykové, komunikačné a motorické zručnosti dieťaťa vo veku 3 rokov (45389 páry matka-dieťa) a 5 rokov (17 310 párov matka-dieťa). Upravený OR a 95 % interval spoľahlivosti z logistickej regresie na odhad súvislosti.	Riziko nižšej zložitosti viet vo veku 3 rokov – upravený OR (95 % C.I.)			Počet pôrodov, vek matky, vzdelanie a rok pôrodu.	Adekvátne /negatívny			
					Používanie mobilného telefónu matkou v ranom štádiu tehotenstva							
					Nepoužívanie					1 (ref)		
					Akékoľvek použitie					0,83 (0,77, 0,89)		
					Nízka					0,87 (0,81, 0,94)		
					Stredná					0,78 (0,72, 0,84)		
					Vysoká					0,71 (0,62, 0,81)		
P pre trend			<0,001									
24. Sudan et al., 2018. Dánsko 1996–2002, Španielsko 2003–2008, Južná Kórea 2006–2011. Údaje z 3 kohort novorodencov, ktoré sú súčasťou projektu „Generalized EMF Research using Novel Methods“ (GERoNIMO).	3089 párov matka-dieťa zúčastňujúcich sa na Dánskej národnej kohorte narodených detí (DNBC) (n = 1209), Španielskom projekte životného prostredia a detstva (INMA) (n = 1383) a Kórejskej štúdiu o zdraví matiek a detí v súvislosti so životným prostredím (MOCEH) (n = 497).	Používanie mobilného telefónu matkou počas tehotenstva, hodnotené počas tehotenstva (ES a KO) alebo 7 rokov po narodení (DK).	Frekvencia telefonovania: „zriedka/nikdy“ (žiadne použitie), „niekoľkokrát týždenne“ (nízka), „denne“ (stredná) a „viac ako hodinu denne“ (vysoká). V kohortách DNBC, ABCD a INMA zodpovedala nulová expozícia nepoužívaniu mobilného telefónu, nízka expozícia ≤1 hovorov/deň, stredná expozícia 2–3 hovorov/deň a vysoká expozícia ≥4 hovorov/deň. V kohorte MOCEH zodpovedala nulová expozícia nepoužívaniu mobilného telefónu, nízka expozícia ≤2 hovorov/deň, stredná expozícia 3–5 hovorov/deň a vysoká expozícia ≥6 hovorov/deň.	Kognitívny výkon u detí vo veku 5 rokov. Lineárna regresia na výpočet priemerných rozdielov (MD) a 95 % intervalov spoľahlivosti (CI).	Všeobecné kognitívne schopnosti , Upravený OR (95 % CI)			Pohlavie dieťaťa, vek dieťaťa, IQ matky, vek matky, počet predchádzajúcich pôrodov, anamnéza psychickej tiesne u matky, vzdelanie matky, vzdelanie otca, fajčenie počas tehotenstva, konzumácia alkoholu počas tehotenstva a BMI matky pred tehotenstvom	Adekvátne /nejasné			
					Používanie mobilného telefónu matkou v ranom štádiu tehotenstva							
					Nepoužívanie					0,78 (-0,76, 2,33)	1,42 (1,12, 3,96)	0,72 (-0,85, 2,28)
					Nízka					1 (ref)	1 (ref)	1 (ref)
					Stredná					0,11 (-0,81, 1,03)	-0,23 (-1,29, 0,83)	-0,12 (-1,60, 1,35)
Vysoká			-0,41 (-1,54, 0,73)	-0,42 (-1,73, 0,89)	-0,85 (-2,23, 0,53)							

Tabuľka 17 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: vplyvy na vývoj, epidemiologické kohortové štúdie (450–6000 MHz) (pokračovanie f)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)				Akékoľvek iné súbežné vystavenie/úpravy	Poznámky					
					Predčasný pôrod – upravený OR (95 % C.I.)	Pôrod po termíne – Upravený OR (95 % interval spoľahlivosti)	Narodenie SGA – upravený OR (95 % CI)	Narodenie LGA – upravený OR (95 % CI)							
25. Tsarna et al., 2019. Dánsko 1996–2002, Španielsko 2003–2008, Južná Kórea 2006–2011. Údaje z 3 kohort narodených detí, súčasť projektu Generalized EMF Research using Novel Methods (GERoNiMO).	55 507 párov matka-dieťa (ženy a deti) zapojených do Dánskej národnej kohorty novorodencov (DNBC), španielskeho projektu „Environment and Childhood“ (INMA) a kórejskej štúdie o vplyve životného prostredia na zdravie matiek a detí (MOCEH).	Použitie mobilných telefónov počas tehotenstva. Bolo použité retrospektívne hodnotenie expozície (DNBC a ABCD) alebo prospektívne hodnotenie expozície (INMA a MOCEH).	Expozícia bola klasifikovaná do 4 kategórií (žiadna, nízka, stredná a vysoká) na základe dennej frekvencie telefonovania počas tehotenstva.	Predčasný/po termíne pôrod, rast plodu (malá alebo veľká veľkosť pre gestačný vek). Modifikované Waldove, χ^2 a Fischerove exaktné testy. Vypočítané upravené odhady špecifické pre kohortu boli meta-analyzované pomocou modelov s náhodnými efektmi.											
					Žiadne	0,96 (0,86–1,07)	0,98 (0,89–1,07)	0,94 (0,86–1,03)	0,98 (0,92–1,04)						
					Nízka	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	1,00 (ref.)	Stres nepovažovaný za zmiešavajúci faktor					
					Stredný	1,12 (0,97–1,28)	0,85 (0,75–0,97)	1,03 (0,88–1,21)	0,97 (0,89–1,05)						
					Vysoká	1,28 (0,87–1,88)	0,98 (0,83–1,16)	0,94 (0,78–1,13)	0,93 (0,83–1,04)						
					P pre trend	0,003	0,863	0,872	0,488						
26. Boileau et al., 2020. Francúzsko, deti narodené v rokoch 2014–2017. Prospektívna, longitudinálna, multicentrická observačná kohortová štúdia (kohorta NéHaVi)	1378 párov matka-dieťa (M a Ž). Dotazníky vyplnené počas osobných rozhovorov v popôrodnom období počas pobytu na pôrodníckom oddelení a zdravotné záznamy dieťaťa a rodičov.	Použitie mobilných telefónov počas tehotenstva. Bolo použité retrospektívne hodnotenie expozície (DNBC a ABCD) alebo prospektívne hodnotenie expozície (INMA a MOCEH).	Doba používania telefónu zaznamenaná v minútach za deň.	Rast plodu, hodnotený pomocou personalizovaného skóre AUDIPOG (obmedzenie rastu pri narodení, definované skóre AUDIPOG \leq 10. percentil pri narodení)	skóre AUDIPOG skóre \leq 10. percentil – upravený OR (95 % interval spoľahlivosti)	P-hodnota			Premenné socioprofesionálnej kategórie matky, ktoré môžu ovplyvniť čas strávený pri telefóne, fajčenie, konzumáciu alkoholu, anamnézu cukrovky alebo vysokého krvného tlaku, gestačnú cukrovku, gestačnú hypertenziu a potenciálne confounding faktory.	Adekvátne/pozitívne					
											Doba strávená pri telefóne (min/deň)				
											0–5	1,00 (ref.)			
											5–15	0,98 (0,58–1,65)	0,9423		
											15–30	1,68 (0,99–2,82)	0,0508		
											\geq 30	1,54 (1,03–2,31)	0,0374		

Tabuľka 18 (súhrnné tabuľky 12–17) – Zozbierané údaje pre epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu a vývoj (FR1: 450–6000 MHz)

Celkový počet štúdií		26			
Adekvátne štúdie		16			
Typ štúdie	Pozorovaný účinok	Celkom* adekvátne štúdií	Pozitívne štúdie	Sporné štúdie	Negatívne štúdie
Reprodukčná schopnosť – mužská plodnosť	Zhoršenie kvality spermií	6	6		
	Potrat	2	2		
Vplyv na vývoj matky a plodu	Predčasný/po termíne pôrod, rast plodu; chromozómové anomálie	8	2	2	4
	Jazyk/komunikácia/ problémy s správaním/kognitívne problémy	4		2	2

*Niektoré štúdie zahŕňajú viac ako jeden výsledok.

ZHRNUTIE ŠTÚDIÍ Z ZÍSKANÝCH ÚDAJOV EPIDEMIOLOGICKÉHO EPIDEMIOLOGICKÉ ŠTÚDIÍ O VPLYVOCH NA REPRODUKČNÚ SCHOPNOSŤ A VÝVOJ (FR1: 450 až 6000 MHz) (Tabuľka 18)

Epidemiologické dôkazy o možných súvislostiach medzi vystavením RF-EMF a vplyvmi na reprodukciu a vývoj pochádzajú zo štúdií rôzneho dizajnu, ktoré hodnotili celý rad zdrojov vystavenia: populácie zahŕňali ľudí vystavených v pracovnom prostredí, ľudí vystavených zdrojom vo všeobecnom prostredí, napr. rádiovými základňovými stanicami, a ľudí vystavených používaním bezdrôtových (mobilných a bezšnúrových) telefónov.

V kapitole 4 (Obmedzenia) tohto dokumentu sú rozoberané všeobecné metodické otázky súvisiace s hodnotením jednotlivých štúdií. Celkový počet epidemiologických štúdií vybraných pre tento prehľad týkajúci sa FR1 bol 26. Po ďalšej dôkladnej analýze týchto 26 pôvodných článkov sa 16 štúdií ukázalo ako vhodných na základe posúdenia expozície, veľkosti vzorky a primeranosti analýz confounding faktorov.

V 16 vhodných štúdiách sa analyzoval pokles kvality spermií, riziko potratu, predčasný/počasný pôrod, rast plodu, jazykové/komunikačné/behaviorálne/kognitívne problémy z hľadiska možnej súvislosti s expozíciou RF-EMF súvisiacou s používaním mobilného telefónu alebo s environmentálnou/pracovnou expozíciou emisiám z rádiových základňových staníc. S odvolaním sa na čísla uvedené v príslušných abstraktách a tabuľkách je súvislosť rôznych nepriaznivých účinkov s expozíciou RF-EMF nasledovná:

Zhoršenie kvality spermií: zo 6 relevantných štúdií týkajúcich sa tohto výsledku všetky preukázali pozitívnu súvislosť s vystavením RF-EMF (Ref: 2, 3, 5, 7, 11, 12).

Potrat: obe z 2 adekvátnych štúdií týkajúcich sa tohto výsledku preukázali pozitívnu súvislosť s expozíciou RF-EMF (Ref: 13, 14).

Predčasný/po termíne pôrod, rast plodu: z 8 adekvátnych štúdií týkajúcich sa týchto výsledkov 2 preukázali pozitívnu súvislosť s expozíciou RF-EMF (Ref: 15, 26), 2 nejednoznačnú súvislosť (Ref: 24, 25), zatiaľ čo 4 boli negatívne (Ref: 19, 20, 21, 23).

Jazykové/komunikačné/behaviorálne/kognitívne problémy: zo 4 adekvátnych štúdií 2 preukázali nejednoznačné dôkazy o súvislosti s expozíciou RF-EMF (Ref: 20, 24) a 2 boli negatívne (Ref: 21, 23).

Môžeme vyvodiť nasledujúci záver:

FR1: 450 až 6000 MHz:

Existujú dostatočné dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť u mužov. Existujú obmedzené dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť u žien.

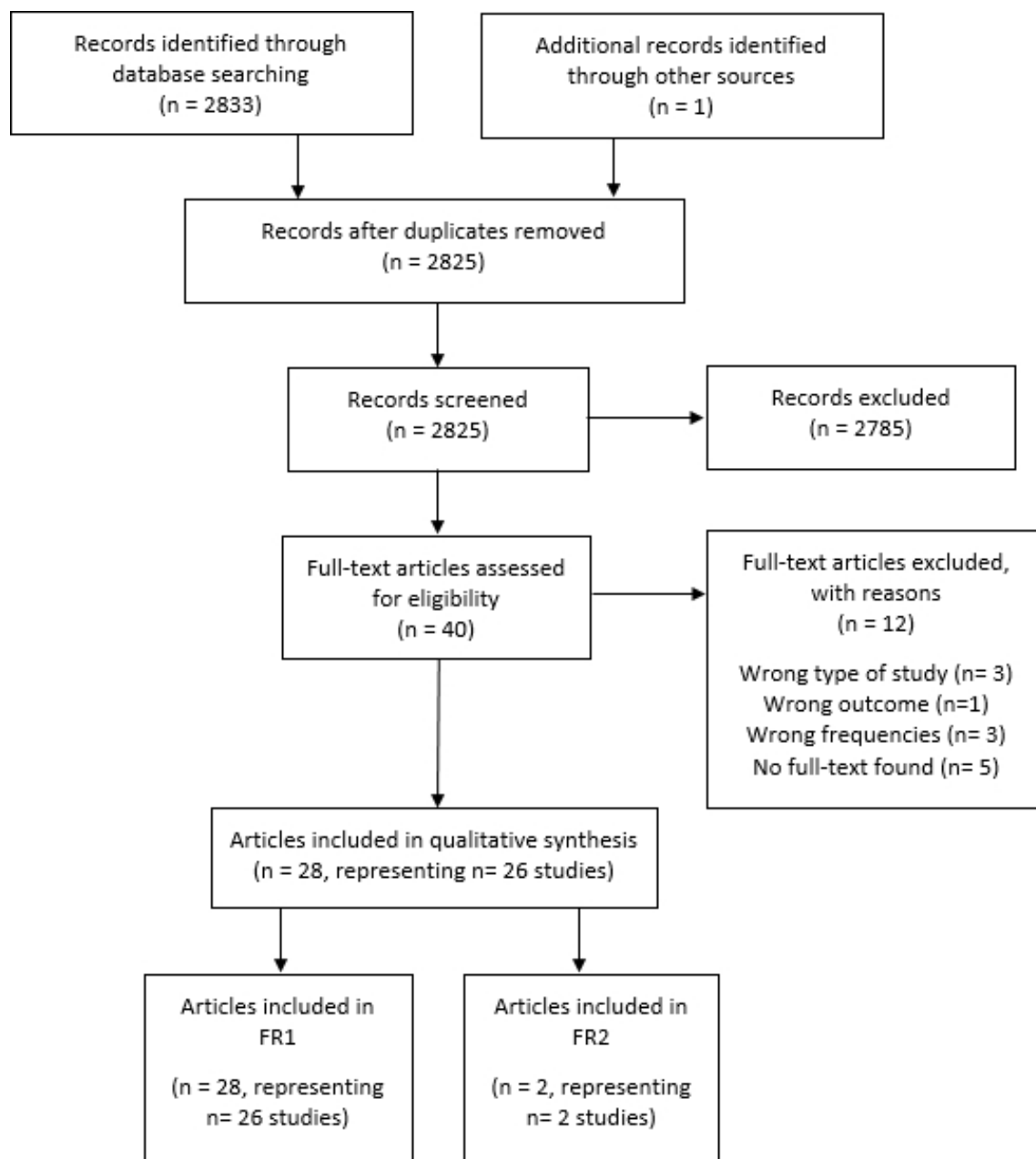
Existujú obmedzené dôkazy o nepriaznivých účinkoch na tehotné ženy a ich potomkov vo všetkých skúmaných vývojových ukazovateľoch.

4.2.2 Vplyvy na reprodukciu/vývoj v epidemiologických štúdiách: Štúdie hodnotiace vplyvy RF v vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz, MMW) na zdravie.

Po vyhľadani v databázach a iných zdrojoch bolo identifikovaných 2834 článkov. Po odstránení duplícít (9) a po vylúčení irelevantných článkov (2785) na základe názvov a abstraktov zostalo 40 článkov. Na základe preverenia plných textov bolo ďalej vylúčených 12 článkov, takže počet publikovaných článkov s frekvenciami vhodnými na zaradenie do tejto kvalitatívnej syntézy bol 28, čo zodpovedá 26 štúdiám. Boli publikované dva články, ktoré uvádzali informácie o tej istej štúdií (obr. 14).

V tejto fáze sa vykonal aj výber na základe frekvenčného rozsahu: 28 článkov/26 štúdií sa týkalo expozícií patriacich do rozsahu FR1 a 2 sa týkali aj FR2. Tieto články uvádzali expozície vhodné pre FR1 aj FR2, takže sa nezapočítavajú do celkového počtu zahrnutých štúdií; sú uvedené dvakrát, raz v každom frekvenčnom rozsahu s príslušným výsledkom.

Obrázok 14 – Schéma postupu. Epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu/vývoj FR2



PLODNOSŤ MUŽOV

Prerezové štúdie (tabuľka 19 a, b)

1. Baste et al., 2008.

Nórsko. 2002–2004. Prípado- kontrolná štúdia, expozícia v pracovnom prostredí.

Autori vykonali prierezové štúdiu medzi vojakmi zamestnanými v Kráľovskom nórskom námorníctve, ktorá zahŕňala informácie o práci v blízkosti zariadení vyžarujúcich vysokofrekvenčné elektromagnetické polia, o jednoročnej neplodnosti, deťoch a pohlaví potomkov. Zo 10 497 respondentov pracovalo 22 % v blízkosti vysokofrekvenčných antén v „vysokej“ alebo „veľmi vysokej“ miere. Neplodnosť sa významne zvyšovala spolu so zvyšujúcou sa vlastnou uvádzanou expozíciou vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam. V logistickej regresii bol pomer šancí (OR) pre neplodnosť u tých, ktorí pracovali bližšie ako 10 m od vysokofrekvenčných antén vo „veľmi vysokom“ rozsahu v porovnaní s tými, ktorí neuvádzali prácu v blízkosti vysokofrekvenčných antén, 1,86 (95 % interval spoľahlivosti (CI): 1,46–2,37), upravený o vek, fajčenie, konzumáciu alkoholu a vystavenie organickým rozpúšťadlám, zváraniu a olovu. Podobný upravený OR pre osoby vystavené „vysokému“, „strednej“ a „nízkej“ miere bol 1,93 (95 % CI: 1,55–2,40), 1,52 (95 % CI: 1,25–1,84) a 1,39 (95 % CI: 1,15–1,68).

. Vo všetkých vekových skupinách boli zaznamenané významné lineárne trendy s vyššou prevalenciou nedobrovoľnej bezdetnosti pri vyššej samohlásenej expozícii vysokofrekvenčným poliam. Stupeň expozície vysokofrekvenčnému žiareniu a počet detí však neboli asociované. Pri samohlásenej expozícii vysokofrekvenčným anténam aj komunikačným zariadeniam boli zaznamenané významné lineárne trendy s nižším pomerom chlapcov k dievčatám pri narodení, ak otec uvádzal vyšší stupeň expozície vysokofrekvenčnému elektromagnetickému polu.

Komentár: Úroveň expozície uvádzaná samotnými účastníkmi. Vyššia miera expozície RF-EMF súvisí s neplodnosťou a nižším pomerom chlapcov k dievčatám pri narodení.

2. Mollerlekken a Moen, 2008.

Nórsko. 2002. Prípado- kontrolná štúdia, expozícia v pracovnom prostredí.

Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať vzťah medzi pracovníkmi vystavenými pôsobeniu elektromagnetických polí a ich reprodukčným zdravím. Údaje sme získali prostredníctvom dotazníka v rámci prierezovej štúdie medzi príslušníkmi námorníctva, pričom miera odpovedí dosiahla 63 % (n = 1487). Respondenti boli oslovení s otázkami týkajúcimi sa expozície, životného štýlu, reprodukčného zdravia, predchádzajúcich ochorení, práce a vzdelania. Skupina odborníkov zaradila pracovné kategórie súvisiace s expozíciou elektromagnetickým poliam do príslušných skupín. Pracovné kategórie „telekomunikácie“, „elektronika“ a „radar/sonar“ sme zaradili medzi kategórie vystavené elektromagnetickým poliam. Logistická regresia upravená o vek, fajčenie, vojenské vzdelanie a fyzickú aktivitu pri práci ukázala zvýšené riziko neplodnosti v kategórii telekomunikácie (odds ratio (OR) ≤ 1,72, 95 % interval spoľahlivosti 1,04–2,85) a v kategórii radar/sonar (OR ≤ 2,28, 95 % interval spoľahlivosti 1,27–4,09). Skupina pracujúcich v elektronike nevykazovala zvýšené riziko. Táto štúdia poukazuje na možný vzťah medzi vystavením vysokofrekvenčným poliam počas práce s vysokofrekvenčným zariadením a radarom a zníženou plodnosťou. Výsledky je však potrebné interpretovať s opatrnosťou.

Komentár: Vlastné hlásenie o expozícii. Možné zvýšené riziko neplodnosti u operátorov telekomunikačných a radarových/sonarových zariadení.

Tabuľka 19 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prípadovo-kontrolné štúdie (24–100 GHz)(a)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a metóda hodnotenia	Kategoría alebo úroveň expozície	Zdravotné výsledky a meranie	Odhad rizika (95 % CI)		Akékoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky
					Celková neplodnosť – <5 m od radaru, OR (95 % CI)	Test lineárneho trendu (Mantel–Haenszelove štvorcový)		
1. Baste et al., 2008. Nórsko. 2002–2004. Prípadovo-kontrolná štúdia	9925 súčasní a bývalí mužskí zamestnanci v armáde	Vysokofrekvenčné antény, komunikácia	Expozícia vysokofrekvenčnému elektromagnetickému poli: práca	neplodnosti. Pomery šancí a 95 % interval spoľahlivosti na základe upravených údajov logistické regresné modely; Mantel–Haenszelov test lineárneho trendu.			Neplodnosť. Pomery šancí a 95 % CI z upraveného	Adekvátne/ Pozitívne pre mužskú neplodnosť
	v Kráľovskom nórskom námorníctve, definované podľa zoznamu vojenských povolání (M); priemerný vek 49 rokov.	vybavenie, radar. Vlastné hodnotenie expozície pri práci a vekové kategórie posudzované podľa dotazník zaslaný poštou.	menej ako 10 m od vysokofrekvenčných antén, práca menej ako 3 m od komunikačného a práca vo vzdialenosti menšej ako 5 m od radaru.				logistické regresné modely; Mantel–Haenszelov test lineárneho trendu.	
			Vek <29					
			Nevystavený					
			Nízka		1,00 (ref.)	0,001		
			Niektoré		0,87 (0,25–2,99)			
			Vysoká		2,13 (0,64–7,06)			
			Veľmi vysoká		1,11 (0,20–6,00)			
			Vek 30–39		5,09 (1,59–16,30)			
			Nevystavený					
			Nízka		1,00 (ref.)	0,005		
			Niektoré		1,46 (0,99–2,15)			
			Vysoká		1,32 (0,87–2,02)			
			Veľmi vysoká		1,79 (1,14–2,82)			
			Vek 40–49		1,91 (1,19–3,07)			
			Nevystavený					
			Nízka		1,00 (ref.)	0,002		
			Niektoré		1,22 (0,87–1,71)			
		Vysoká		1,24 (0,87–1,79)				
		Veľmi vysoká		1,59 (1,05–2,41)				
		Vek >50		1,50 (0,95–2,35)				
		Nevystavený						
		Nízka		1,00 (ref.)	0,001			
		Niektoré		1,11 (0,84–1,46)				
		Vysoká		1,58 (1,20–2,09)				
		Veľmi vysoká		1,39 (0,98–1,97)				

Tabuľka 19 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u ľudí: plodnosť mužov, epidemiologické prípadovo-kontrolné štúdie (24–100 GHz) (pokračovanie b)

Informácie o štúdií	Populácia	Typ expozície a hodnotenie metóda	Kategória alebo úroveň expozície	Zdravotný výsledok a meranie	Odhad rizika (95 % CI)				Akémkoľvek iné súbežné expozície/úpravy	Poznámky	
2. Møllerløkken et al., 2008. Nórsko. 2002. Prípadovo-kontrolná štúdia.	2265 (M) zamestnanci, ktorí v tom čase slúžili v námorníctve, vojaci aj civilisti. Priemerný vek 36 rokov, rozpätie 20–62.	Expozícia v rámci výkonu povolania spôsobená vojenskými komunikačnými zariadeniami. Informácie o pracovnej anamnéze získané prostredníctvom dotazníka zaslaného poštou. Odborná skupina stanovila pracovné súvisiace s expozíciou elektromagnetickému poľu.	Pracovníci v oblasti radarov/sonarov, telekomunikácií, elektroniky a iných povolani (nevystavení).	Neplodnosť, biologické deti, anomálie, chromozómové chyby, predčasné pôrody a mŕtvo narodené deti alebo úmrtia dočiat. Výskyt výsledkov podľa skupiny vystavenia (%); Chi2 alebo Fisherove exaktné testy na posúdenie významnosti rozdielov medzi skupinami.	Neplodnosť – % (p-hodnota z testov Chi2)	Narodenie biologických detí – % (p-hodnota z testov Chi2)	Deti s anomáliami alebo chromozómovými poruchami – % (p-hodnota z testov Chi2 alebo Fisherovho exaktného testov)	Predčasne narodené deti – % (p-hodnota z testov Chi2 alebo Fisherovho exaktného testov)	Mŕtvo narodené deti a úmrtia dočiat do 1 roka – % (p-hodnota z Fisherovho presných testov)	Vek, fajčenie v minulosti, vojenské vzdelanie a fyzická námaha pri práci.	Adekvátne/ Pozitívne pre mužskú neplodnosť a vývojových parametrov u potomkov
			Iné povolania (nevystavená skupina)	8,6	62,0	3,5	7,9	2,3			
			Pracovníci v oblasti radarov/sonarov (radar)	17,5 (<0,01)	70,4 (0,10)	7,1 (0,11)	9,1 (0,37)	2,0 (0,61)			

Tabuľka 20 (súhrnné tabuľky 19 a, b) – Zozbierané údaje pre epidemiologické štúdie o vplyvoch na reprodukciu a vývoj (FR2: 24–100 GHz).

Celkový počet štúdií*		2			
Adekvátne štúdie		2			
Typ štúdie	Pozorovaný účinok	Celkový počet adekvátnych štúdií	Pozitívne výsledky	Negatívne výsledky	Nejednoznačné výsledky
Reprodukcia – muž plodnosť	Pokles kvality spermií kvality	2	2		
Vývojové parametre	Deti: predčasný pôrod; chromozómové anomálie	1	1		

Epidemiologické dôkazy o možných súvislostiach medzi expozíciou RF-EMF a vplyvmi na reprodukciu/vývoj pochádzajú zo štúdií rôzneho dizajnu, ktoré hodnotili celý rad zdrojov expozície. Skúmané populácie pre FR2 zahŕňajú ľudí vystavených expozícii v pracovnom prostredí, najmä vojenských zamestnancov.

V kapitole 4 (Obmedzenia) tohto dokumentu sú uvedené všeobecné metodické otázky súvisiace s hodnotením jednotlivých štúdií. Celkový počet epidemiologických štúdií do roku 2020, vybraných pre tento prehľad týkajúci sa FR2, bol 2, pričom obe boli považované za adekvátne.

SÚHRN ZÍSKANÝCH ÚDAJOV Z EPIDEMIOLOGICKÝCH ŠTÚDIÍ O VPLYVOCH NA REPRODUKČNÚ SCHOPNOSŤ A VÝVOJ (FR2: 24–100 GHz) (tabuľka 20)

FR2 (24–100 GHz)

Dve analyzované štúdie o FR2 majú obmedzenia v hodnotení expozície, takže skutočné úrovne expozície RF/EMF sú neisté. Obidve štúdie však preukazujú *dostatočné* dôkazy o nepriaznivých účinkoch na mužskú plodnosť (Ref: 1, 2).

V jednej zo štúdií sú uvedené *obmedzené dôkazy* o vplyvoch na vývoj potomkov vystavených vojenských pracovníkov (Ref: 2).

Vzhľadom na malý počet dostupných adekvátnych štúdií a neistotu týkajúcu sa posúdenia expozície však tieto výsledky neumožňujú potvrdiť ani vyvrátiť súvislosť medzi expozíciou FR2 a výsledkami reprodukčného vývoja (*nemožno klasifikovať*).

4.2.3 Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace vplyvy na zdravie spôsobené vysokofrekvenčným žiarením (RF) v nižšom frekvenčnom rozsahu (FR1: 450 až 6000 MHz), ktorý zahŕňa aj frekvencie používané v širokopásmových mobilných sieťach predchádzajúcich generácií (1G, 2G, 3G a 4G).

Po vyhľadani v databázach a iných zdrojoch bolo identifikovaných 5052 článkov. Po odstránení duplicitných (77) a vylúčení irelevantných článkov (4886) na základe názvov a abstraktov zostalo 89 článkov. Na základe prehliadania plných textov bolo ďalej vylúčených 43 článkov, takže publikovaných článkov s vhodnými frekvenciami na zaradenie do tejto kvalitatívnej syntézy bolo 46, čo zodpovedá 39 štúdiám. V troch prípadoch bol uverejnený viac ako jeden článok, ktorý uvádzal informácie o tej istej štúdií pre rôzne reprodukčné/vývojové koncové body (obr. 15).

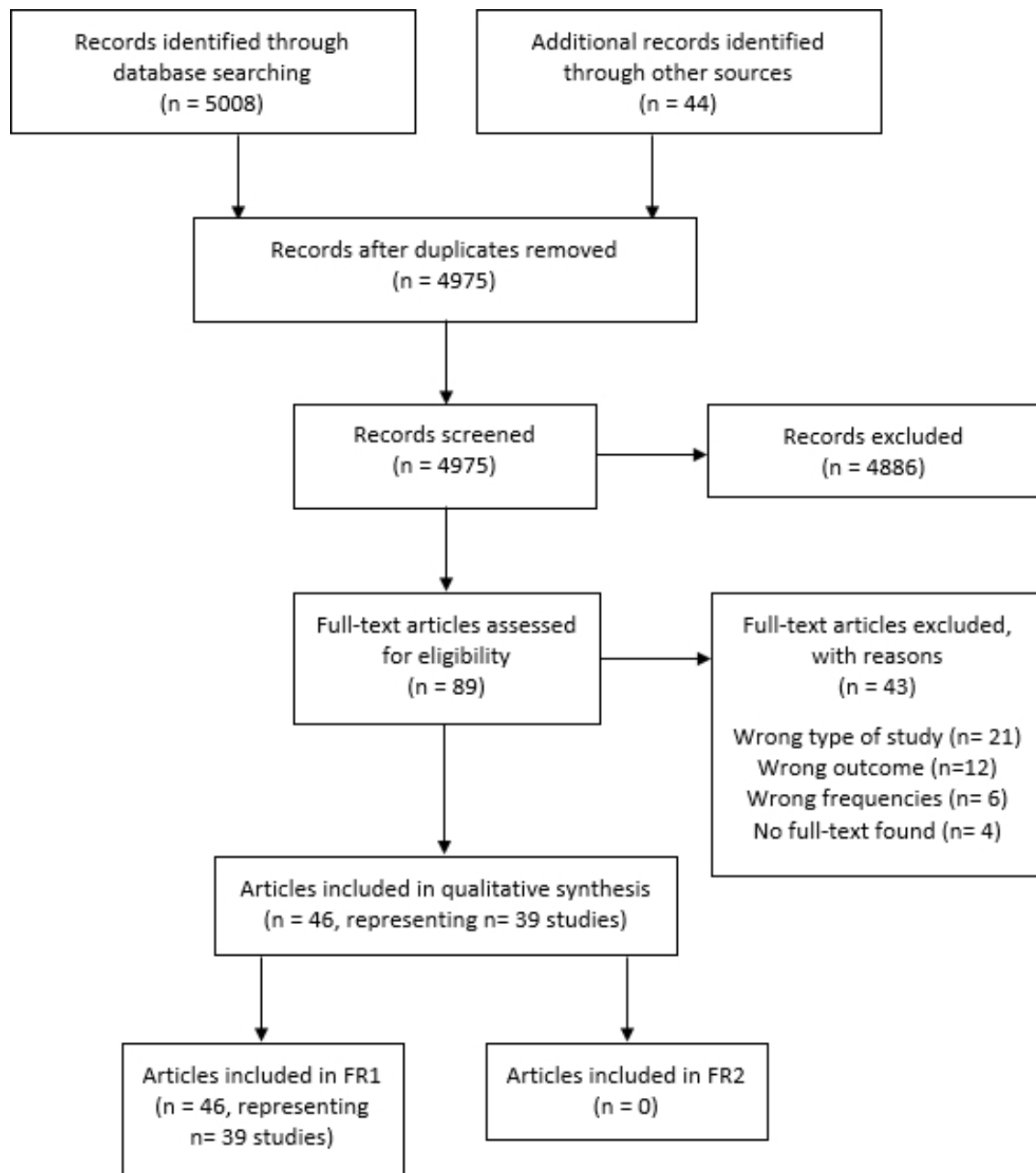
V tejto fáze sa vykonal aj výber na základe frekvenčného rozsahu: zo 46 článkov/39 štúdií všetky uvádzali expozície v rozsahu FR1 a žiadna v rozsahu FR2.

Ďalší výber bol založený na usmerneniach NTP Modified One Generation Study a OECD 443 z roku 2014 (Foster et al., 2014), ktoré sú celosvetovo uznávané ako zlatý štandard pre plánovanie, vykonávanie a monitorovanie experimentálnych biologických testov na zvieratách (hlodavcoch) zameraných na zistenie účinkov na vývojovú patológiu, endokrinné disruptory, ženskú reprodukciu, mužskú reprodukciu a účinky na reprodukčný systém.

Návrh štúdie uvedený v usmernení počíta s minimálne 10 zvieratami na jedno pohlavie v skupine, aby sa dosiahli štatisticky spoľahlivé výsledky. Na základe tohto predpokladu boli štúdie rozdelené podľa typu výskumu, t. j. reprodukcia samcov, reprodukcia samíc, vývojová patológia.

Pre každú štúdiu je uvedený abstrakt spolu s tabuľkami, ktoré sumarizujú najdôležitejšie informácie; vedúci expert vyhodnotil ich primeranosť na posúdenie reprodukčných a vývojových účinkov (primerané/neprimerané) a vyjadril celkové zhrnutie výsledkov (pozitívne/negatívne/nejednoznačné) podľa kritérií opísaných v časti metodika.

Obrázok 15 – Schéma postupu. Reprodukčné/vývojové účinky u pokusných zvierat FR1



REPRODUKČNÁ TOXICITA

Samce myši (tabuľky 21, a, b)**1. Mugunthan et al., 2012.**

India. Myši. Reprodukčná toxicita.

Myši (n = 18) boli vystavené ultra vysokofrekvenčnému žiareniu 2G, a to 48 minút denne počas obdobia 30 až 180 dní. Intenzita elektromagnetického poľa (EMF), ktorému boli vystavené, bola meraná meradlom frekvencie žiarenia. Osemnásť myši bolo vystavených žiareniu s frekvenciou 900–1900 MHz vyžarovanému mobilným telefónom 2G a osemnásť myši tvorilo kontrolnú skupinu s placebom. Myši v kontrolnej skupine (n = 18) boli vystavené podobným podmienkam bez vystavenia 2G žiareniu. Hmotnosť každého zvierata bola zaznamenaná pred usmrtením. V experimentálnej skupine boli na konci 30., 60., 90., 120., 150. a 180. dňa expozície po 24 hodinách od poslednej expozície utratené po tri zvieratá. Rovnaký počet kontrolných zvierat bol utratený v podobnom období. Odobrali sme vzorky krvi na meranie plazmatického testosterónu. Zmerali a analyzovali sme veľkosť, hmotnosť a objem semenníkov. Rezmí semenníkov sme analyzovali pod svetelným mikroskopom na štrukturálne zmeny. Výsledky: V skupine vystavenej 2G bola hmotnosť zvierat nižšia v prvom, druhom a štvrtom mesiaci (hodnota $p \leq 0,05$). Priemerná hmotnosť semenníkov u myši vystavených 2G bola významne znížená vo všetkých mesiacoch okrem štvrtého mesiaca (hodnota $p < 0,05$) a priemerný objem semenníkov bol významne znížený v prvých troch mesiacoch (hodnota $p 0,02$). Priemerná hustota semenníkov na jednotku plochy bola v semenníkoch vystavených žiareniu 2G významne nižšia (hodnota $p < 0,001$). Priemerný priemer semenníkov bol v semenníkoch vystavených žiareniu 2G významne znížený (hodnota p je vysoko významná $< 0,001$) s výnimkou druhého mesiaca. Priemerný počet Sertolihových buniek a Leydigových buniek bol výrazne znížený u myši vystavených 2G žiareniu (hodnota p je vysoko významná $< 0,001$). V porovnaní s kontrolnou skupinou bola priemerná hladina testosterónu v sére u myši vystavených 2G žiareniu výrazne nižšia (hodnota $p 0,004$). V semenníkoch myši vystavených žiareniu mobilných telefónov 2G boli zistené nasledujúce mikroskopické zmeny. 1. Interstícium sa javilo ako široké. 2. Sertolihovy bunky a spermatogónie sa oddelili od bazálnej membrány. 3. Vakuolárna degenerácia a deskvamácia semenníkového epitelu. Väčšina periférnych kanálikov vykazovala zastavenie dozrievania v spermatogenéze. Semenové kanáliky dosiahli skóre 8 až 9 podľa Johnsonovho skóre testikulárnej biopsie. Chronická expozícia ultra vysokofrekvenčnému žiareniu vyžarovanému z 2G mobilného telefónu môže spôsobiť mikroskopické zmeny v semenových kanálikoch, zníženie počtu Sertolihových a Leydigových buniek a zníženú hladinu testosterónu v sére. Dlhodobé používanie mobilných telefónov môže spôsobiť mužskú neplodnosť.

Komentár: Primerané/pozitívne.**2. Shahin et al., 2014.**

India. Švajčiarske myši (M). Reprodukčná toxicita.

Dvanásťtyždňové myši boli vystavené netermickému nízkofrekvenčnému mikrovlnnému žiareniu s frekvenciou 2,45 GHz (CW 2-krát denne po dobu 30 dní, hustota výkonu = 0,029812 mW/cm² a SAR = 0,018 W/kg). Bol vykonaný test počtu a životaschopnosti spermíí a boli spracované vitálne orgány na účely štúdia rôznych parametrov stresu. Na stanovenie testosterónu sa použila plazma a na test 3b HSD semenníky. V semenníkoch sa tiež vykonala imunohistochemia 3b HSD a syntázy oxidu dusnatého (i-NOS). Zistili sme, že ožiarenie mikrovlnami vyvolalo významný pokles počtu a životaschopnosti spermíí spolu s poklesom priemeru semenníkových kanálikov a degeneráciou semenníkových kanálikov. V skupine myši vystavených žiareniu bolo tiež zaznamenané zníženie aktivity 3b HSD v semenníkoch a hladín testosterónu v plazme. V skupine myši ožiarených mikrovlnami bola pozorovaná zvýšená expresia i-NOS v semenníkoch. Tieto nepriaznivé účinky na reprodukciu ďalej naznačujú, že chronická expozícia neionizujúcemu mikrovlnnému žiareniu môže viesť k neplodnosti prostredníctvom mechanizmu sprostredkovaného voľnými radikálmi.

Komentár: Primerané/pozitívne.

3. Zhu et al., 2015.

USA. Myši ICR (samce, SPF). Reprodukčná toxicita.

Dospelé samce myši ICR boli vystavené pôsobeniu rádiových frekvenčných polí (RF) s nepretržitou vlnou o frekvencii 900 MHz. Po 7-dňovej karanténe boli zvieratá odvážené (20 ± 2 g) a náhodne rozdelené do troch samostatných skupín po 10 myší na rôzne typy ožiarovania. a. Rádiové frekvenčné pole s nepretržitou vlnou o frekvencii 900 MHz a intenzite $1,6 \text{ mW/cm}^2$, 4 hodiny denne počas 15 dní. b. Simulovaná expozícia bez prenosu RF (kontrolné myši). c. Akútna dávka 2 Gy gama žiarenia (GR, pozitívne kontroly). Na konci expozície bola každá myš umiestnená do klietky s 3 dospelými panenskými samicami na párenie. Po 7 dňoch bola každá samičie myš premiestnená do novej klietky a spárovaná s druhou skupinou 3 samíc. Tento proces sa opakoval celkovo 4 po sebe idúce týždne. Samce myši vystavené simulovanej expozícii a samce myši vystavené akútnemu ožiarovaniu 2 Gy (GR) boli zaobchádzané podobne a použité ako neexponované a pozitívne kontroly. Všetky samice boli usmrtené v 18. dni gravidity a predpokladaného párenia a obsah ich materníc bol vyšetrený. Celkové pozorovania počas 4 týždňov párenia naznačili, že neexponované samice myši spárené s samcami myši vystavenými RF nevykazovali žiadne významné rozdiely v percentuálnom podiele gravidít, celkovom počte implantátov, živých implantátov a mŕtvych implantátov v porovnaní s tými, ktoré boli spárené s myšami vystavenými simulovanej expozícii. Naopak, samice myši, ktoré sa pářili s samcami vystavenými GR, vykazovali konzistentný vzorec významných rozdielov v uvedených ukazovateľoch v každom z všetkých 4 týždňov párenia. Údaje teda naznačovali absenciu mutagénneho potenciálu vystavenia RF v pohlavných bunkách samcov myši.

Komentár: Primerané/negatívne.**4. Pandey a kol., 2017.**

India. Švajčiarske myši (M). Reprodukčná toxicita.

Švajčiarske albínske myši boli vystavené RFR (900 MHz) po dobu 4 a 8 hodín denne počas 35 dní. Jedna skupina zvierat bola po uplynutí expozičného obdobia utratená, zatiaľ čo ostatné boli chované ďalších 35 dní po ukončení expozície. Expozícia RFR spôsobila depolarizáciu mitochondriálnych membrán, čo viedlo k destabilizácii bunkovej redoxnej homeostázy. U zvierat vystavených RFR bolo zaznamenané štatisticky významné zvýšenie indexu poškodenia v pohlavných bunkách a defektov hlávok spermií. Odhad podtypov pohlavných buniek v semenníkoch myši pomocou prietokovej cytometrie odhalil 2,5-násobné zvýšenie populácie spermatogónií so značným poklesom spermatid. Zistilo sa takmer štvornásobné zníženie obratu spermatogónií na spermatidy (1C:2C) a trojnásobné zníženie obratu primárnych spermatocytov na spermatidy (1C:4C), čo naznačuje zastavenie v premeiotickom štádiu spermatogenézy, čo viedlo k strate postmeiotických pohlavných buniek zrejme z histológie semenníkov a nízkeho počtu spermií u zvierat vystavených RFR. Boli tiež pozorované histologické zmeny, ako je odlupovanie nezrelých pohlavných buniek do lúmenu semenníkov, vyčerpanie epitelu a zastavenie dozrievania. Všetky tieto zmeny sa však po období po expozícii v rôznej miere zotavili, čo naznačuje, že nepriaznivé účinky RFR na pohlavné bunky myši sú škodlivé, ale reverzibilné. Záverom možno konštatovať, že oxidačný stres vyvolaný expozíciou RFR spôsobuje poškodenie DNA v pohlavných bunkách, čo mení priebeh bunkového cyklu a vedie k nízkej koncentrácii spermií u myši.

Komentár: primerané/pozitívne.**5. Pandey et al., 2018.**

India. Švajčiarske myši (M). Reprodukčná toxicita.

V tejto štúdii sa skúmala vplyv rádiových frekvencií (RFR) typu globálneho systému mobilnej komunikácie (GSM) s frekvenciou 900 MHz a suplementácie melatonínom na vývoj pohlavných buniek počas spermatogenézy. Švajčiarske albínske myši boli rozdelené do štyroch skupín. Jedna skupina bola vystavená RFR dvakrát denne po dobu 3 hodín počas 35 dní a druhá skupina bola vystavená rovnakému ožiarovaniu, ale s melatonínom (N-acetyl-5-metoxytryptamín) (MEL; 5 mg/kg telesnej hmotnosti/deň). Dve ďalšie skupiny dostávali iba MEL alebo neboli vystavené žiadnemu ožiarovaniu. Hodnotili sa abnormality hlávok spermií, celkový počet spermií, biochemické stanovenie lipidových peroxidov, redukovaného glutatiónu, aktivity superoxidodismutázy a histológia semenníkov. Okrem toho sa v semenníkoch vykonalo prietokové cytometrické hodnotenie podtypov pohlavných buniek a kometový test. Rozsiahle poškodenie DNA v pohlavných bunkách zvierat vystavených RFR spolu so zastavením v premeiotických štádiách spermatogenézy nakoniec viedli k nízkej koncentrácii spermií a spermií

boli pozorované abnormality hlavy. Okrem toho biochemické testy odhalili nadmernú tvorbu voľných radikálov, čo viedlo k histologickým a morfológickým zmenám v semenníkoch, resp. v morfológii pohlavných buniek. Tieto účinky však boli u zvierat vystavených RFR, ktorým bol podávaný melatonín, oslabené alebo úplne chýbali. Z toho možno vyvodit' záver, že melatonín inhibuje zastavenie premeiotickej spermatogenézy v samčích pohlavných bunkách vďaka svojmu antioxidantnému potenciálu a schopnosti zlepšovať opravné dráhy DNA, čo vedie k normálnemu počtu a morfológii spermií u zvierat vystavených RFR.

Komentár: Primerané/pozitívne (skupina liečená bez akéhokoľvek doplnku melatonínu).

6. Shahin et al., 2018.

India. Švajčiarske myši. Reprodukčná toxicita.

Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať podrobný mechanizmus apoptózy semenníkov vyvolanej pôsobením voľných radikálov a redoxnou nerovnováhou v dôsledku vystavenia mikrovlnnému žiareniu s frekvenciou 2,45 GHz, ako aj stupeň závažnosti tohto javu v závislosti od dĺžky trvania expozície. Dvanásťtýždňové samice myši boli vystavené mikrovlnnému žiareniu s frekvenciou 2,45 GHz [nepretržitá vlna (CW) s celkovou priemernou hustotou výkonu 0,0248 mW/cm² a celkovou priemernou hodnotou SAR pre celé telo 0,0146 W/kg] po dobu 2 hodín denne v priebehu 15, 30 a 60 dní. Hodnotili sa histológia semenníkov, hladina testosterónu v sére, ROS, NO, MDA, aktivita antioxidantných enzýmov, expresia proapoptotických proteínov (p53 a Bax), antiapoptotických proteínov (Bcl-2 a Bcl-xL), cytochrómu-c, neaktívnej/aktívnej kaspázy-3 a nerozštiepeného PARP-1. Zistenia naznačujú, že expozícia mikrovlnnému žiareniu s frekvenciou 2,45 GHz vyvolala redoxnú nerovnováhu v semenníkoch, čo nielen vedie k zvýšenej apoptóze semenníkov prostredníctvom p53-dependentnej dráhy sprostredkovej Bax-kaspázou-3, ale tiež zvyšuje stupeň závažnosti apoptózy v závislosti od trvania expozície.

Komentár: Primerané/pozitívne.

Samice myši (tabuľka 22, a)

7. Gul et al., 2009.

Turecko. Potkany (F). Reprodukčná toxicita.

Cieľom tejto štúdie bolo zistiť, či mikrovlny z mobilných telefónov majú toxické účinky na vaječníky potkanov. V tejto štúdií bolo použitých 82 samíc potkaních mláďat vo veku 21 dní (43 v skúmanej skupine a 39 v kontrolnej skupine). Tehotné potkany v skúmanej skupine boli vystavené pôsobeniu mobilných telefónov, ktoré boli umiestnené pod polypropylénovými klietkami počas celého obdobia tehotenstva. V klietke sa nenachádzali žiadne materiály, ktoré by mohli ovplyvňovať elektromagnetické polia. Mobilný telefón v pohotovostnom režime po dobu 11 hodín a 45 minút bol každých 12 hodín na 15 minút prepnutý do režimu hovoru a batéria bola nepretržite nabitá. 21. deň po pôrode boli samice potkaních mláďat usmrtené a boli im odstránené pravé vaječníky. Bol zmeraný objem vaječníkov a spočítaný počet folikulov v každom desiatom reze. Analýza odhalila, že v skúmanej skupine bol počet folikulov nižší ako v kontrolnej skupine. Znížený počet folikulov u mláďat vystavených mikrovlnám mobilných telefónov naznačuje, že intrauterinná expozícia má toxické účinky na vaječníky. Predpokladáme, že mikrovlny mobilných telefónov môžu znižovať počet folikulov u potkanov prostredníctvom niekoľkých známych a nepochybne nespočetných neznámych mechanizmov.

Komentár: Primerané/nejednoznačné.

8. Shahin et al., 2017.

India. Švajčiarske myši (F). Reprodukčná toxicita.

V tejto štúdií sa skúmali dlhodobé účinky žiarenia mobilného telefónu (1800 MHz) v režimoch pohotovosti, vytáčania a prijímania na reprodukčnú funkciu samíc (histoarchitektúra vaječníkov a maternice a steroidogenéza) a reakcie na stres (oxidatívny a nitrozatívny stres). Zistili sme, že žiarenie mobilného telefónu vyvoláva významné zvýšenie ROS, NO, peroxidácie lipidov, celkového obsahu karbonylov a kortikosterónu v sére spolu s významným poklesom antioxidantných enzýmov v hypotalame, vaječníkoch a maternici myši. V porovnaní s kontrolnou skupinou vykazovali exponované myši znížený počet vyvíjajúcich sa

a zreých folikulov, ako aj žltých teliesok. V porovnaní s kontrolnou skupinou boli vo všetkých vystavených skupinách myši pozorované výrazne znížené sérové hladiny hypofýzových gonadotropínov (LH, FSH), pohlavných steroidov (E2 a P4) a expresia SF-1, StAR, P-450scc, 3beta-HSD, 17beta-HSD, cytochrómu P-450 aromatázy, ER-alfa a ER-beta. Tieto zistenia naznačujú, že žiarenie mobilných telefónov vyvoláva oxidačný a nitrozačný stres, ktorý ovplyvňuje reprodukčnú výkonnosť samic myši.

Komentár: Primerané/pozitívne.

Samce potkanov (tabuľky 23, a-c)

9. Ozguner et al., 2005.

Čína. Potkany Sprague-Dawley (M). Reprodukčná toxicita.

Cieľom tejto experimentálnej štúdie bolo zistiť biologické a morfológické účinky elektromagnetického poľa (EMF) s rádiovou frekvenciou 900 MHz na semenníky potkanov. Štúdia bola realizovaná v laboratóriách pre výskum fyziológie a histológie na Lekárskej fakulte Univerzity Süleyman Demirel v Isparte v Turecku v máji 2004. Dvadsať dospelých samcov potkanov Sprague-Dawley s hmotnosťou 270 – 320 g bolo náhodne rozdelených do 2 skupín po 10 zvierat: Skupina I (kontrolná skupina) nebola vystavená EMF a skupina II (skupina EMF) bola vystavená EMF s frekvenciou 900 MHz 30 minút denne, 5 dní v týždni počas 4 týždňov. Tkanivá semenníkov boli odoslané na histologické a morfológické vyšetrenie. Zaznamenal sa počet bodov v skóre biopsie semenníkov a percentuálny podiel intersticiálnej tkanivovej hmoty na celkovej tkanivovej hmote semenníkov. Biochemicky sa stanovili hladiny testosterónu v sére, luteinizačného hormónu (LH) a folikuly stimulujúceho hormónu (FSH) v plazme. Výsledky: Hmotnosť semenníkov, počet bodov v skóre biopsie semenníkov a percentuálny podiel intersticiálnej tkanivovej hmoty na celkovej tkanivovej hmote semenníkov sa v skupine vystavenej EMF v porovnaní s kontrolnou skupinou významne nelíšili. Priemer semenníkov a priemerná výška germinálneho epitelu však boli v skupine vystavenej EMF významne znížené ($p < 0,05$). V skupine vystavenej EMF došlo k významnému zníženiu hladiny celkového testosterónu v sére ($p < 0,05$). V porovnaní s kontrolnou skupinou došlo v skupine vystavenej EMF k nevýznamnému zníženiu hladín LH a FSH v plazme ($p > 0,05$). Biologické a morfológické účinky vyplývajúce z vystavenia RF EMF s frekvenciou 900 MHz nepodporujú tvrdenia o nepriaznivom vplyve na spermatogézu a na germinálny epitel. Morfológické zmeny v semenníkoch môžu byť preto pravdepodobne spôsobené hormonálnymi zmenami.

Komentár: Primerané/pozitívne.

10. Lee et al., 2010.

Kórea. Potkany Sprague Dawley (M). Reprodukčná toxicita.

Skúmali sme histologické zmeny spôsobené vysokofrekvenčnými (RF) poľami na semenníkoch potkanov, konkrétne so zreteľom na citlivé procesy, ako je spermatogéza. Samce potkanov (20 v skupine) boli vystavené RF s frekvenciou 848,5 MHz počas 12 týždňov. Plán vystavenia RF pozostával z dvoch 45-minútových období vystavenia RF, oddelených 15-minútovým intervalom. Priemerná miera špecifickej absorpcie (SAR) RF v celom tele bola 2,0 W/kg. Následne sme skúmali koreláty funkcie semenníkov, ako napríklad počet spermíí v cauda epididymis, koncentrácie malondialdehydu v semenníkoch a epididymis, frekvenciu štádií spermatogézy, počet zárodočných buniek a výskyt apoptotických buniek v semenníkoch. Tiež sme vykonali imunoblotting p53, bcl-2, kaspázy 3, p21 a PARP v semenníkoch u zvierat vystavených simulovanej expozícii a RF. Na základe týchto výsledkov sme dospeli k záveru, že subchronická expozícia 848,5 MHz s SAR RF 2,0 W/kg nemala žiadne pozorovateľné nepriaznivé účinky na spermatogézu potkanov.

Komentár: Primerané/negatívne.

11. Imai et al., 2011.

Japonsko. Potkany Sprague-Dawley (M). Reprodukčná toxicita.

V posledných rokoch sa objavili obavy, či nosenie mobilného telefónu v blízkosti reprodukčných orgánov, ako sú semenníky, môže spôsobiť poruchy ich funkcie a najmä zníženie vývoja a produkcie spermíí, a tým aj zníženie plodnosti u mužov. Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať vplyv elektromagnetického poľa s frekvenciou 1,95 GHz na funkciu semenníkov u samcov potkanov plemena Sprague-Dawley. Päťtýždňové zvieratá boli

boli rozdelení do 3 skupín po 24 jedincov a na ožiarenie celého tela bol použitý širokopásmový signál s kódovým rozdelením prístupu (W-CDMA) s frekvenciou 1,95 GHz, ktorý sa využíva pre službu FOMA (Freedom of Mobile Multimedia Access), a to 5 hodín denne, 7 dní v týždni počas 5 týždňov (obdobie od 5. do 10. týždňa veku, čo zodpovedá reprodukčnému dozrievaniu u potkanov). Priemerné špecifické absorpčné rýchlosti (SAR) pre celé telo jednotlivcov boli navrhnuté na 0,4, resp. 0,08 W/kg. Kontrolná skupina bola vystavená simulovanej expozícii. Medzi skupinami neboli zaznamenané žiadne rozdiely v prírastku telesnej hmotnosti ani v hmotnosti semenníkov, nadvarlete, semenných vačiek a prostaty. Počet spermií v semenníkoch a nadvarlete sa v skupinách vystavených elektromagnetickému poľu (EMF) neznížil a v skutočnosti sa počet spermií v semenníkoch pri SAR 0,4 významne zvýšil. Neboli pozorované abnormality motility alebo morfológie spermií a histologického vzhľadu semenníkových kanálikov, vrátane štádia spermatogénneho cyklu. Za súčasných podmienok expozície teda nebola zrejma žiadna toxicita pre semenníky.

Komentár: Primerané/negatívne.

12. Meo et al., 2011.

Saudská Arábia. Potkany Wistar. Reprodukčná toxicita.

Štyridsať samcov potkanov Wistar albínov bolo rozdelených do troch skupín. Prvá skupina pozostávajúca z ôsmich jedincov slúžila ako kontrolná. Druhá skupina [skupina B, n = 16] bola vystavená žiareniu mobilného telefónu po dobu 30 minút denne a tretia skupina [skupina C, n = 16] bola vystavená žiareniu mobilného telefónu po dobu 60 minút denne, a to celkovo počas 3 mesiacov. Morfológické zmeny v semenníkoch vyvolané žiarením mobilných telefónov boli pozorované pod svetelným mikroskopom. Vystavenie žiareniu mobilných telefónov po dobu 60 minút denne spôsobilo u albínskych potkanov v porovnaní s kontrolnou skupinou 18,75 % hypospermatogénu a 18,75 % zastavenie dozrievania v semenníkoch. U albínskych potkanov, ktoré boli vystavené žiareniu mobilného telefónu 30 minút denne počas celkovej doby 3 mesiacov, však neboli pozorované žiadne abnormálne nálezy. Dlhodobá expozícia žiareniu mobilného telefónu môže spôsobiť hypospermatogénu a zastavenie dozrievania spermií v semenníkoch albínskych potkanov Wistar.

Komentár: Primerané (menší počet zvierat v kontrolnej skupine)/nejednoznačné.

13. Al-Damegh, 2012.

Saudská Arábia. Potkany Wistar (M). Reprodukčná toxicita.

Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať možné účinky elektromagnetického žiarenia pri bežnom používaní mobilných telefónov na oxidačný a antioxidačný stav v krvi a tkanive semenníkov potkanov a určiť možnú ochrannú úlohu vitamínov C a E pri prevencii škodlivých účinkov elektromagnetického žiarenia na semenníky. Skúmanú populáciu tvorilo 120 samcov potkanov Wistar albínov, rozdelených do skupín po minimálne 10 jedincov. Skupiny boli vystavené elektromagnetickému poľu, elektromagnetickému poľu plus vitamínu C (40 mg/kg/deň) alebo elektromagnetickému poľu plus vitamínu E (2,7 mg/kg/deň). Všetky skupiny boli vystavené rovnakej elektromagnetickej frekvencii po dobu 15, 30 a 60 minút denne počas dvoch týždňov. V skupine vystavenej elektromagnetizmu došlo k významnému zvýšeniu priemeru semenníkov s narušením cyklu spermií v semenníkoch. Aktivita konjugovaného diénu, lipidového hydroperoxidu a katalázy v sére a semenníkovom tkanive sa zvýšila trojnásobne, zatiaľ čo celkové hladiny glutatiónu a glutatiónpoxidázy v sére a semenníkovom tkanive sa u zvierat vystavených elektromagnetizmu znížili 3- až 5-násobne. Výsledky naznačujú, že nepriaznivý účinok generovanej elektromagnetickej frekvencie mal negatívny vplyv na architektúru semenníkov a enzymatickú aktivitu. Tento zistenie tiež poukazuje na možnú úlohu vitamínov C a E pri zmiernení oxidačného stresu pôsobiaceho na semenníky a pri obnovovaní normálneho stavu semenníkov.

Komentár: Primerané/pozitívne.

14. Celik et al., 2012.

Turecko. Potkany Wistar (samce). Reprodukčná toxicita.

Samce potkanov Wistar-Kyoto boli zaradené buď do kontrolnej skupiny, alebo do skupiny vystavenej elektromagnetickému poľu (EMF). Dva mobilné telefóny s hodnotami špecifickej absorpčnej rýchlosti 1,58 boli umiestnené

a ponechané v klietkach, v ktorých bolo umiestnených 15 potkanov zaradených do kontrolnej skupiny, a štyri mobilné telefóny boli umiestnené a ponechané zapnuté v klietkach, v ktorých bolo umiestnených 30 potkanov zaradených do experimentálnej skupiny. Po 3 mesiacoch bola vyhodnotená hmotnosť, priemer semenníkov a stav spermatogénnych buniek všetkých semenníkov potkanov. Polovica každého semenníka bola vyšetrená aj pod elektrónovým mikroskopom. Medzi hmotnosťou semenníkov, priemerom semenníkov a histopatologickými hodnoteniami u potkanov, ktoré boli a neboli vystavené EMF, neboli pozorované žiadne významné rozdiely. Analýza elektrónovým mikroskopom odhalila, že v experimentálnej skupine došlo k zvýšeniu hrúbky membrány propria a obsahu kolagénových vlákien a k rozšíreniu kapilárnych žíl. Ako pozoruhodné zistenia tejto štúdie boli zaznamenané bežná vakuolizácia v cytoplazme Sertolihu buniek, rast elektrónovo hustých štruktúr a existencia veľkých lipidových kvapôčok. Hoci bunky, ktoré boli vystavené dlhodobému pôsobeniu nízkych dávok EMF, nevykazovali žiadne zistenia, ktoré by boli v rozpore s kontrolnými podmienkami, zmeny pozorované počas ultrastrukturálneho vyšetrenia vyvolali dojem, že ak by sa štúdia predĺžila, mohli by nastať významné zmeny. Na lepšie pochopenie účinkov EMF na tkanivo semenníkov sú potrebné dlhodobšie štúdie.

Komentár: Primerané/negatívne.

15. Lee et al., 2012.

Kórea. Potkany Sprague Dawley (M). Reprodukčná toxicita.

Skúmali sa účinky kombinovanej expozície vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam (RF-EMF) na funkciu semenníkov potkanov, konkrétne s ohľadom na citlivé procesy, ako je spermatogenéza. Samce potkanov (20 jedincov v skupine) boli počas 12 týždňov vystavené vysokofrekvenčným signálom technológie CDMA (Code Division Multiple Access) a WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Plán vystavenia RF zahŕňal 45 minút denne, 5 dní v týždni, celkovo 12 týždňov. Priemerná miera špecifickej absorpcie (SAR) celého tela pri CDMA a WCDMA bola 2,0 W/kg, resp. 4,0 W/kg celkovo. Skúmali sa koreláty funkcie semenníkov, ako napríklad počet spermii v cauda epididymis, koncentrácia testosterónu v krvnom sére, koncentrácie malondialdehydu v semenníkoch a nadvarlete, frekvencia štádií spermatogenézy a výskyt apoptotických buniek v semenníkoch. Bol vykonaný imunoblot na p53, bcl2, GADD45, cyklín G a HSP70 v semenníkoch zvierat vystavených simulovanej a kombinovanej RF. Na základe výsledkov sme dospeli k záveru, že súčasná expozícia RF-EMF CDMA a WCDMA pri SAR 4,0 W/kg nemala žiadne pozorovateľné nepriaznivé účinky na spermatogenézu potkanov.

Komentár: Primerané/negatívne.

16. Ozlem-Nisbet et al., 2012.

Turecko. Potkany Wistar (samce). Reprodukčná toxicita.

Samce albínskych potkanov Wistar (vo veku 2 dní) boli vystavené vplyvu EMF na reprodukciu u rastúcich samcov potkanov. Samce albínskych potkanov Wistar (vo veku 2 dní) boli vystavené EMF s frekvenciou 1800 a 900 MHz nepretržite 2 hodiny denne počas 90 dní. Fiktívna kontrola bola udržiavaná za podobných podmienok s výnimkou toho, že pole nebolo aplikované počas rovnakého obdobia. Po odbere krvných vzoriek boli zvieratá usmrtené 24 hodín po poslednej expozícii a boli odobraté tkanivá, ktoré boli predmetom záujmu. Priemerná hladina celkového testosterónu v plazme vykazovala podobnosť medzi oboma študovanými skupinami a bola významne vyššia ako u potkanov vo fiktívnej kontrolnej skupine. Percento pohyblivosti spermii v nadvarlete bolo významne vyššie v skupine s frekvenciou 1800 MHz ($P < 0,05$). Podiel morfológicky normálnych spermii bol vyšší a podiel spermii s abnormalitou chvosta a celkový podiel abnormalít bol nižší v skupine s frekvenciou 900 MHz ($P < 0,05$). Histopatologické parametre v skupine s frekvenciou 1800 MHz boli výrazne vyššie ($P < 0,05$). Záverom možno konštatovať, že táto štúdia poukázala na to, že vystavenie elektromagnetickému žiareniu spôsobilo zvýšenie hladiny testosterónu, motility spermii v nadvarlete (vpred) a normálnej morfológie spermii u potkanov. V dôsledku toho by sa EMF s frekvenciou 1800 a 900 MHz mohli považovať za príčinu predčasnej puberty u rastúcich potkanov.

Komentár: Primerané/pozitívne.

17. Bin-Meferijand El-kott, 2015.

Saudská Arábia. Potkany Sprague Dawley (M). Reprodukčná toxicita.

Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať schopnosť extraktu z listov *Moringa oleifera*, bohatého na polyfenoly, chrániť semenníky potkanov pred poškodením spôsobeným EMR na základe hodnotenia počtu spermíí, životaschopnosti, pohyblivosti, morfológie spermíí, antioxidantov (SOD a CAT), markerov oxidačného stresu, histopatológie tkaniva semenníkov a imunohistochemie PCNA. Vzorka pozostávala zo šesťdesiatich samcov potkanov Wistar, ktorí boli rozdelení do štyroch rovnakých skupín. Prvá skupina (kontrolná) dostávala iba štandardnú stravu, zatiaľ čo druhá skupina bola denne a počas ôsmich týždňov dopĺňaná 200 mg/kg vodného extraktu z listov *Moringa*. Tretia skupina bola vystavená poľu s frekvenciou 900 MHz jednu hodinu denne a sedem dní v týždni. Štvrtá skupina bola vystavená žiareniu z mobilných telefónov a dostávala extrakt z *Moringa*. Výsledky ukázali, že skupina vystavená EMR vykazovala výrazne zhoršené parametre spermíí. Navyše, súčasná expozícia EMR a liečba MOE výrazne zlepšila parametre spermíí. Histologické výsledky v skupine EMR však ukázali nepravidelné semenovody, málo spermatogónií, obrovské viacjadrové bunky, degenerované spermie a počet Leydigových buniek bol výrazne znížený. Indexy značenia PCNA boli v skupine EMR významné v porovnaní s kontrolnou skupinou. EMR tiež ovplyvňuje spermatogézu a spôsobuje apoptózu v dôsledku tepla a iného stresu súvisiaceho s EMR v tkanive semenníka. Táto štúdia dospela k záveru, že chronická expozícia EMR spôsobuje poškodenie semenníka, ktorému možno predísť extraktom z listov *Moringa oleifera*.

Komentár: Primerané/pozitívne.

18. Liu et al., 2015.

Čína. Potkany Sprague-Dawley (M). Reprodukčná toxicita.

Dvadsaťštyri potkanov bolo vystavených elektromagnetickému žiareniu s frekvenciou 900 MHz a špecifickou absorpčnou rýchlosťou $0,66 \pm 0,01$ W/kg po dobu 2 hodín denne. Po 50 dňoch sa skúmal počet spermíí, morfológia, apoptóza, reaktívne formy kyslíka (ROS) a celková antioxidantná kapacita (TAC), ktorá predstavuje súčet enzymatických a neenzymatických antioxidantov. Na stanovenie expresných hladín proteínov a génov súvisiacich s apoptózou, vrátane bcl-2, bax, cytochrómu c a kaspázy-3, sa použili metódy Western blotting a reverzná transkripčná PCR. Výsledky: V tejto štúdii sa percentuálny podiel apoptotických spermíí v expozičnej skupine v porovnaní s kontrolnou skupinou významne zvýšil o 91,42 %. Navyše koncentrácia ROS v expozičnej skupine sa zvýšila o 46,21 %, zatiaľ čo TAC sa znížila o 28,01 %. Žiarenie tiež dramaticky znížilo expresiu proteínu a mRNA bcl-2 a zvýšilo expresiu bax, cytochrómu c a kaspázy-3. Záver: RF-EMR zvyšuje hladinu ROS a znižuje TAC v spermíách potkanov. Nadmerný oxidačný stres mení hladiny expresie génov súvisiacich s apoptózou a spúšťa apoptózu spermíí prostredníctvom signálnych dráh bcl-2, bax, cytochrómu c a kaspázy-3.

Komentár: Primerané/pozitívne.

19. Saygin et al., 2015.

Turecko. Potkany Sprague Dawley. Reprodukčná toxicita.

Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať vplyv elektromagnetického žiarenia (EMR) vysielaného bezdrôtovými zariadeniami (2,45 GHz), ktoré môže spôsobiť fyziopatologické alebo ultrastrukturálne zmeny v semenníkoch potkanov. Zamerali sme sa na to, či môže doplnková kyselina gallová (GA) tieto nepriaznivé účinky zmierniť. V tejto štúdii boli použité šesťtýždňové samce potkanov plemena Sprague Dawley. Štyridsaťosem potkanov bolo rovnomerne rozdelených do štyroch skupín, ktoré boli nazvané: Sham, len EMR (EMR, 3 h deň 21 po dobu 30 dní), EMR1GA (30 mg/kg/denne) a GA (30 mg/kg/denne). Hladiny malondialdehydu (MDA) a celkového oxidačného stavu (TOS) sa zvýšili ($p < 0,001$ v oboch prípadoch) v skupine len s EMR. Hladiny TOS a indexu oxidačného stresu (OSI) sa v skupine liečenej GA významne znížili ($p < 0,001$, resp. $p < 0,045$). Aktivita celkového antioxidantného statusu (TAS) klesla v skupine s iba EMR a vzrástla v skupine liečenej GA ($p50,001$, resp. $p50,029$). Hladiny testosterónu a vaskulárneho endoteliálneho rastového faktoru (VEGF) klesli v skupine s iba EMR, ale tento pokles nebol štatisticky významný. Hladiny testosterónu a VEGF sa zvýšili v skupine EMR1GA v porovnaní so skupinou s iba EMR ($p50,002$) a tiež sa zvýšili v skupine s GA v porovnaní s kontrolnou skupinou a skupinou s iba EMR ($p50,044$ a

p50,032). Farbenie prostaglandínu E2 (PGE2) a peptidu súvisiaceho s génom kalcitonínu (CGRP) sa zvýšilo v tubuloch semenníkov v skupine s iba EMR ($p < 0,001$ pre obidva) a znížilo sa v tubuloch semenníkov v skupine s EMR1GA ($p < 0,001$ pre všetky parametre). V skupine vystavenej iba EMR obsahovala väčšina kanálikov menej spermií a počet spermií v kanálikoch semenníkov klesol. Všetky tieto zistenia a regeneračná reakcia, charakterizovaná mitotickou aktivitou, sa zvýšili v bunkách semenníkových kanálikov v skupine EMR1GA ($p < 0,001$). Dlhodobá expozícia EMR viedla k fyziopatológii semenníkov prostredníctvom oxidačného poškodenia a zápalu. GA môže mať zlepšujúce účinky na fyziopatológiu semenníkov predpubertálnych potkanov.

Komentár: Primerané/pozitívne.

20. Bilgici et al., 2018.

Turecko. Potkany Wistar (samce). Reprodukčná toxicita.

Zápalový účinok a poškodenie semenníkov u potkanov vystavených nízkej úrovni elektromagnetických polí (EMF) pri Bolo skúmané mikrovlnné žiarenie s frekvenciou 2,45 GHz. Dvadsaťdva potkanov Wistar bolo rozdelených do dvoch skupín. Skupina 1 bola kontrolná skupina a nebola vystavená EMF. Skupina 2 bola vystavená nízkej úrovni EMF (priemerné elektrické pole $3,68 \pm 0,36$ V/m, priemerná hodnota SAR pre celé telo $0,0233$ W/kg v 10 g tkaniva) pri frekvencii 2,45 GHz počas 1 hodiny denne po dobu 30 po sebe nasledujúcich dní. Na konci štúdie sa v sére potkanov merali interleukín-6 (IL-6), interleukín-10 (IL-10), interleukín-32 (IL-32) a C-reaktívny proteín (CRP) a v tkanive semenníkov potkanov sa merali IL-6, IL-10 a IL-32. Okrem toho boli semenníkové tkanivá histopatologicky vyhodnotené z hľadiska spermatogenézy a koagulačnej nekrózy. Zistilo sa, že hladiny IL-6 a CRP v sére sa v študovanej skupine významne líšili v porovnaní s kontrolnou skupinou ($p < 0,05$), avšak v hladinách IL-10 a IL-32 v sére a hladinách IL-6, IL-10 a IL-32 v tkanive semenníkov sa v porovnaní s kontrolnou skupinou nezistil žiadny významný rozdiel ($p > 0,05$). Na druhej strane, histopatologické vyhodnotenie tkaniva semenníka odhalilo významný rozdiel v nekróze a spermatogenéze v porovnaní s kontrolnou skupinou ($p < 0,05$). Možno konštatovať, že nízka úroveň EMF pri 2,45 GHz zvyšuje zápal a poškodenie semenníka a má negatívny vplyv na funkciu mužského reprodukčného systému.

Komentár: Primerané/pozitívne.

21. Guo et al., 2019.

Čína. Potkany Sprague-Dawley. Reprodukčná toxicita.

Za určitých pracovných podmienok sú pracovníci nevyhnutne vystavení vysokofrekvenčným (RF) poliam s vysokou intenzitou. V tejto štúdií sme skúmali vplyv mesačnej expozície pulzovane modulovanému RF poľu s frekvenciou 220 MHz a hustotou výkonu 50 W/m² na kvalitu spermií u dospelých samcov potkanov. Kvalita spermií bola hodnotená meraním počtu, abnormality a miery prežitia spermií. Morfológiu semenníkov sme skúmali farbením hematoxylinom a eozínom (HE). Hladiny sekrečných faktorov Sertolihových buniek (SC) a Leydigových buniek (LC) sme stanovili pomocou enzýmovo viazaného imunisorbentového testu (ELISA). Hladinu štiepeného kaspázy 3 v semenníkoch sme detekovali imunofluorescenčným farbením. Nakoniec sa hladiny expresie proteínov súvisiacich s apoptózou (kaspáza 3, BAX a BCL2) v semenníkoch hodnotili pomocou Western blot. V porovnaní s kontrolnou skupinou sa kvalita spermií v skupine vystavenej RF významne znížila. Hladiny sekrečných faktorov SC a morfológia semenníkov vykazovali po expozícii RF zreteľnú zmenu. Hladina sekrečného faktora LC sa po expozícii RF významne znížila. Hladiny štiepeného kaspázy 3, kaspázy 3 a pomeru BAX/BCL2 v semenníkoch sa po expozícii RF výrazne zvýšili. Tieto údaje spoločne naznačujú, že za súčasných experimentálnych podmienok by vystavenie pulzovanej modulovanej RF s frekvenciou 220 MHz mohlo zhoršiť kvalitu spermií u potkanov a tento škodlivý účinok by mohol byť spôsobený narušením sekrečnej funkcie LC a zvýšenou apoptózou buniek semenníkov vyvolanou RF poľom.

Komentár: Primerané/pozitívne.

22. Yu et al., 2020.

Čína. Potkany Sprague Dawley. Reprodukčná toxicita (experiment 1 a 2).

Súvislosť medzi dlhodobou expozíciou elektromagnetickému žiareniu z mobilných zariadení (SRF-EMR) a poklesom mužskej plodnosti si postupne získava čoraz väčšiu pozornosť lekárskej verejnosti. Hoci sú mužské reprodukčné orgány často vystavené pôsobeniu SRF-EMR, v súčasnosti je známe len málo o priamych účinkoch dlhodobej expozície SRF-EMR na semenníky a o jej podiele na znížení mužskej reprodukčnej schopnosti. Cieľom tejto štúdie bolo preskúmať túto problematiku pomocou 4G SRF-EMR u potkanov. Unikátny model vystavenia s využitím 4G smartfónu umožnil lokálne vystavenie mieška potkanov po dobu 6 hodín denne (smartfón bol v aktívnom režime hovoru a prijímal externý hovor po dobu 1 minúty v 10-minútových intervaloch). Výsledky ukázali, že expozícia SRF-EMR po dobu 150 dní znížila kvalitu spermií a hmotnosť mláďat, čo sprevádzalo poškodenie semenníkov. Tieto nepriaznivé účinky však neboli zrejme u potkanov vystavených SRF-EMR po dobu 50 alebo 100 dní. Sekvenčná analýza a western blotting naznačili nadmernú expresiu Spock3 v semenníkoch potkanov vystavených SRF-EMR po dobu 150 dní. Inhibícia nadmernej expresie Spock3 zlepšila zhoršenie kvality spermií a zmiernila poškodenie semenníkov a poruchu osi BTB u vystavených potkanov. Okrem toho expozícia SRF-EMR potlačila aktivitu MMP2, pričom zvýšila aktivitu komplexov MMP14–Spock3 a znížila komplexy MMP14–MMP2; tieto výsledky boli zvrátené inhibíciou Spock3. Dlhodobá expozícia 4G SRF-EMR teda znížila mužskú plodnosť priamym narušením osi Spock3–MMP2–BTB v semenníkoch dospelých potkanov. Podľa našich vedomostí je to prvá štúdia, ktorá preukázala priamu toxicitu SRF-EMR na semenníky, ktorá sa prejavuje po dlhodobej expozícii.

Poznámka: Primerané/pozitívne.

TOXICITA PRE VÝVOJ

Škrečky (tabuľka 24, a)

23. Lerchl 2008a, 2008b, 2008c.

Nemecko. Džungarské škrečky. Vývojová toxicita.

V troch experimentoch boli dospelé samce džungarských škrečkov (*Phodopus sungorus*) vystavené 24 hodín denne počas 60 dní vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliám (RF-EMF) pri 383, 900 a 1800 MHz, modulovaným podľa noriem TETRA (383 MHz) a GSM (900 a 1800 MHz). Systém radiálnych vlnovodov zabezpečil jasne definovanú a rovnomernú expozíciu pri priemerných hodnotách špecifickej absorpčnej rýchlosti v celom tele 80 $\mu\text{W}/\text{kg}$, čo zodpovedá hornej hranici expozície celého tela u všeobecnej populácie v Nemecku a iných krajinách. V každom experimente boli pomocou dvoch identických vlnovodov škrečky vystavené expozícii ($n = 120$) a fiktívnej expozícii ($n = 120$) v slepej štúdií. Vo všetkých experimentoch neboli ovplyvnené hladiny melatonínu v epifýze a sére, ako aj hmotnosti semenníkov, mozgu, obličiek a pečene. Pri 383 MHz viedla expozícia k významnému prechodnému zvýšeniu telesnej hmotnosti až o 4 %, zatiaľ čo pri 900 MHz bolo toto zvýšenie telesnej hmotnosti výraznejšie (až o 6 %) a nebolo prechodné. Pri frekvencii 1800 MHz nebol pozorovaný žiadny vplyv na telesnú hmotnosť. Výsledky potvrdzujú skoršie zistenia, ktoré nepreukázali žiadne účinky RF EMF na hladiny melatonínu in vivo a in vitro. Údaje sú v súlade s hypotézou, že absorbovaná RF energia môže viesť k metabolickým zmenám, ktoré nakoniec spôsobujú zvýšenie telesnej hmotnosti u vystavených zvierat. Údaje podporujú názor, že metabolické účinky RF-EMF je potrebné v budúcich štúdiách preskúmať podrobnejšie.

Komentár: Primerané/negatívne.

Myši (tabuľka 25, a-c)**24. Finnie a kol. a, b (2006, 2009)**

Myši BALB/c. Vývojová toxicita.

Cieľom bolo zistiť, či celoplošná expozícia mozgu plodu myši rádiovým poliám mobilných telefónov počas celého tehotenstva vyvoláva stresovú reakciu, ktorú je možné zistiť indukciou proteínov tepelného šoku (HSP). Pomocou špeciálne navrhnutého expozičného systému pri frekvencii 900 MHz boli tehotné myši vystavené jednorazovej expozícii celého tela v diaľkovom poli so špecifickou absorpčnou rýchlosťou 4 W/kg po dobu 60 minút denne od 1. do 19. dňa tehotenstva. Kontrolné myši boli vystavené simulovanej expozícii alebo sa voľne pohybovali v klietke, aby sa vylúčil akýkoľvek stres spôsobený obmedzením pohybu v expozičnom module. Bezprostredne pred pôrodom v 19. dni boli odobraté mozgy plodov, fixované v 4 % paraformaldehyde a zalité do parafínu. Z každého mozgu boli vyrezané tri koronárne rezy zahŕňajúce širokú škálu anatomických oblastí a akákoľvek stresová reakcia bola detekovaná imunofarbením na HSP25, 32 a 70. Výsledky V žiadnom mozgu nedošlo k indukcii HSP32 ani 70, zatiaľ čo expresia HSP25 bola obmedzená na dve jadrá mozgového kmeňa a vyskytovala sa konzistentne v exponovaných aj neexponovaných mozgoch.

Komentár: Primerané/negatívne.**25. Lee et al., 2009.**

Kórea. Myši ICR. Vývojová toxicita (teratogenéza).

Plod myši je veľmi citlivým indikátorom účinkov stresu alebo podnetov v prostredí. Preto sme skúmali teratogénne účinky viacnásobných rádiových elektromagnetických polí (RF EMF) na plody myši. Tehotné myši boli súčasne vystavené dvom typom RF signálov, a to signálu s jedným kódovým rozdelením viacerých prístupov (CDMA) a signálu so širokopásmovým kódovým rozdelením viacerých prístupov (WCDMA). Myši boli počas celého obdobia gravidity denne vystavené dvom 45-minútovým expozíciami RF poľa, oddelenými 15-minútovým intervalom. Priemerná miera špecifickej absorpcie (SAR) celého tela pri CDMA alebo WCDMA bola 2,0 W/kg. Zvieratá boli humánne usmrtené v 18. dni gravidity a plody boli vyšetrené z hľadiska úmrtnosti, spomalenia rastu, zmien veľkosti hlavy a iných morfológických abnormalít. Na základe výsledkov po prvýkrát uvádzame, že súčasná experimentálna expozícia RF EMF CDMA a WCDMA nespôsobila žiadne pozorovateľné nepriaznivé účinky na plody myši.

Poznámka: Primerané (krátkodobá denná expozícia)/negatívne.**26. Fragopoulou et al., 2010.**

Grécko. Myši Balb/c. Vývojová toxicita.

Táto štúdia sa zameriava na vývoj plodu po miernej dennej expozícii tehotných myši elektromagnetickému žiareniu v blízkosti zdroja, ktoré vyžaruje mobilný telefón. Podnetom k tomuto výskumu bola skutočnosť, že potenciálne nebezpečné elektromagnetické žiarenie vyžarované mobilnými telefónmi je v súčasnosti predmetom obrovského záujmu verejnosti. Fyzicky porovnateľné tehotné myši boli vystavené vysokofrekvenčnému žiareniu GSM 900 MHz vyžarovanému mobilným telefónom. Do 5 hodín po narodení bola väčšina mláďat fixovaná, následne bolo vykonané dvojité farbenie in toto a konvenčná parafínová histológia. Ostatné mláďatá zostali so svojimi matkami až do prerazenia zubov. Štrukturálny vývoj sa hodnotil vyšetrením novorodencov na prítomnosť anomálií a/alebo variácií v mäkkých tkanivách a anatómii kostry. Novorodenci vystavení elektromagnetickému vysokofrekvenčnému žiareniu vykazovali pri vonkajšom vyšetrení normálny fenotyp. Histochemické a histologické štúdie však odhalili u vystavených plodov v porovnaní s kontrolnými variácie týkajúce sa osifikácie lebečných kostí a rebier hrudného koša, ako aj posunutia Meckelovej chrupavky. Súrodenci vyšetrení po prerazaní zubov vykazovali normálne fenotypy. Dospelo sa k záveru, že mierna expozícia žiareniu z mobilných telefónov môže ovplyvniť, hoci len prechodne, vývoj myších plodov na úrovni osifikácie. Pozorované vývojové odchýlky by sa dali vysvetliť zohľadnením odlišného embryonálneho pôvodu a spôsobu osifikácie postihnutých kostných prvkov.

Komentár: Primerané/pozitívne.

27. Sambucci et al., 2011.

Taliansko. Novorodené myši C57BL/6 (samce a samice). Vývojová toxicita (imunotoxicológia).

Vývoj imunitného systému začína počas embryogenézy, pokračuje počas celého fetálneho života a dozrieva v ranom detstve. Vystavenie imunotoxickým zlúčeninám v koncentráciách, ktoré u dospelých vyvolávajú obmedzené/prechodné účinky, vedie k dlhodobým alebo trvalým imunitným deficitom, ak k nemu dochádza v perinatálnom období. Potenciálne škodlivé vystavenie vysokofrekvenčnému žiareniu (RF) bolo skúmané hlavne na dospelých zvieratách alebo na bunkách dospelých jedincov, pričom väčšina štúdií nepreukázala žiadne účinky. Je vyvíjajúci sa imunitný systém citlivejší na účinky vystavenia RF? Na zodpovedanie tejto otázky boli novonarodené myši vystavené signálom WiFi pri konštantných špecifických absorpčných rýchlostiach (SAR) 0,08 alebo 4 W/kg, 2 hodiny denne, 5 dní v týždni, počas 5 po sebe idúcich týždňov, počnúc dňom po narodení. Experimenty sa vykonali pomocou slepeho postupu s použitím skupín vystavených simulovanému pôsobeniu ako kontrolných skupín. U myši oboch pohlaví neboli zistené žiadne rozdiely v telesnej hmotnosti a vývoji medzi skupinami. Pokiaľ ide o imunologické analýzy, výsledky u novonarodených samíc a samcov myši vystavených v ranom postnatálnom období nepreukázali žiadne účinky na všetky skúmané parametre s jednou výnimkou: zníženú produkciu IFN-g v slezinových bunkách u samcov (nie u samíc) myši vystavených mikrovlnám (MW) (SAR 4 W/kg) v porovnaní s myšami vystavenými simulovanej expozícii. Celkovo naše zistenia nepodporujú hypotézu, že vystavenie signálom WiFi v ranom postnatálnom období má škodlivé účinky na vyvíjajúci sa imunitný systém.

Komentár: Primerané/negatívne, s výnimkou zníženej produkcie IFN-g v bunkách sleziny u samcov (nie u samíc) myši vystavených mikrovlnám (SAR 4 W/kg) v porovnaní s myšami vystavenými simulovanej expozícii.

28. Zhang et al., 2015.

Čína. Myši CD1. Vývojová toxicita (štúdia správania).

Nedávny rýchly rozvoj technológií elektronickej komunikácie vedie k výraznému nárastu vystavenia ľudí elektromagnetickým poliám (EMP). To vyvolalo obavy verejnosti ohľadom zdravotných rizík dlhodobého vystavenia plodu a detí EMP v prostredí. Niektoré štúdie naznačujú, že vystavenie detí EMP by mohlo vyvolať poruchy nervového systému. Dopady vystavenia mikrovlnnému žiareniu na kognitívne poruchy v závislosti od pohlavia však doteraz neboli zaznamenané. V tejto štúdii sme skúmali, či vnútromaternicová expozícia mikrovlnnému žiareniu s frekvenciou 9,417 GHz počas celého tehotenstva (dni 3,5–18) ovplyvnila správanie, a to pomocou testu otvoreného poľa (OFT), zvýšeného bludiska (EPM), testu zavesenia za chvost (TST), testu núteného plávania (FST) a Morrisovho vodného bludiska (MWM). Zistili sme, že myši vykazovali menej pohybu v strede otvoreného poľa (pri použití OFT) a v otvorenom ramene (pri použití EPM) po expozícii v maternici žiareniu s frekvenciou 9,417 GHz, čo naznačovalo, že myši mali zvýšené správanie súvisiace s úzkosťou. Myši vykazovali zníženú nehybnosť v testoch TST a FST po expozícii v maternici žiareniu s frekvenciou 9,417 GHz, čo naznačovalo, že myši mali znížené správanie súvisiace s depresiou. Z testu MWM sme pozorovali, že samčie potomstvo vykazovalo znížené schopnosti učenia a pamäti, zatiaľ čo samice neboli v schopnostiach učenia a pamäti ovplyvnené, čo naznačovalo, že mikrovlny mali účinky závislé od pohlavia. V súhrne sme poskytli prvý experimentálny dôkaz o tom, že mikrovlny vyvolávajú účinky závislé od pohlavia.

Komentár: Primerané/pozitívne (účinky závislé od pohlavia).

29. Fatehi et al., 2018.

Irán. Myši NMRI. Vývojová toxicita.

Použilo sa dvesto samcov a samíc myši NMRI. Sto samcov bolo rozdelených do piatich skupín (n = 20) ako kontrolné a ožarované skupiny. Skupiny II, III a IV boli ožarované vysokofrekvenčným žiarením z mobilného telefónu v „režime pohotovosti“ po dobu 1, 5 a 10 hodín denne. Skupina V bola ožarovaná mobilným telefónom v „aktívnom režime“ jednu hodinu denne. Po 30 dňoch ožiarovania bolo 50 samcov a 50 samíc ponechaných 24 hodín na posúdenie ich embryí. Päťdesiat samcov bolo usmrtených na vyhodnotenie parametrov in vitro aj in vivo a 50 samíc dostalo PMSG a HCG na kvantitatívne aj kvalitatívne vyhodnotenie. Porovnanie skupín III, IV a V s kontrolnou skupinou ukázalo významný pokles počtu dvojčuniek embryí (p = 0,000); zistil sa však významný nárast počtu mŕtvych embryí (p = 0,000). Okrem toho 5-hodinové denné ožarovanie významne znížilo počet embryí stupňa A (p = 0,015), zatiaľ čo významne zvýšilo počet embryí stupňov B, C a D (p-hodnoty = 0,026,

0,007, resp. 0,006). Navyše pri porovnaní skupín IV a V s kontrolnou skupinou bol zistený významný nárast dĺžky tehotenstva ($p = 0,005$, resp. $p = 0,009$). V uvedených skupinách sa však zaznamenal významný pokles počtu novonarodených myší ($p = 0,001$, resp. $p = 0,004$). Záverom možno konštatovať, že zistenia ukázali, že žiarenie mobilných telefónov môže ovplyvniť vývoj embryí, ako aj počet novonarodených mláďat a dĺžku tehotenstva u myší NMRI, čo môže byť významnou príčinou reprodukčných porúch.

Komentár: Primerané/pozitívne.

Potkany (tabuľka 26, a)

30. Nelson et al., 1991, 1994, 1997, 1997. USA. Potkany Sprague-Dawley. Vývojová toxicita (synergické účinky).

Na pracovisku dochádza k súbežnej expozícii chemickým a fyzikálnym činiteľom; medzi exponovaných pracovníkov patria zamestnanci v mikroelektronickom priemysle, pri práci s plastovými tesniacimi materiálmi a s elektrochirurgickými prístrojmi. Predchádzajúce výskumy na zvieratách naznačujú, že hypertermia vyvolaná zvýšením okolitej teploty môže zosilňovať toxicitu a teratogenitu niektorých chemických látok. Predtým sme preukázali, že kombinovaná expozícia vysokofrekvenčnému (r.f.; 10 MHz) žiareniu, ktoré tiež vyvoláva hypertermiu a je teratogénne pre vystavené zvieratá, a priemyselnému rozpúšťadlu 2-metoxyethanolu (2ME) spôsobuje zvýšenú teratogenitu u potkanov. Následná štúdia replikovala a rozšírila tento výskum skúmaním interaktívnej teratogenity r.f. žiarenia (fiktívna expozícia alebo udržiavanie teploty hrubého čreva na 42,0 °C po dobu 0, 10, 20 alebo 30 minút absorpciou r.f. žiarenia) a 2ME (0, 75, 100, 125 alebo 150 mg/kg) v 9. alebo 13. dni gravidity potkanov. Cieľom tohto výskumu je určiť účinky vysokofrekvenčného žiarenia (dostatočného na udržanie teploty hrubého čreva na 42,0 °C po dobu 10 minút) na rôzne dávky 2ME (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 a 140 mg/kg) podávané v 13. dni gravidity potkanov. Tento výskum sa zameriava na charakterizovanie vzorca interakcií medzi dávkou a reakciou a snaží sa určiť najnižšiu úroveň interaktívneho účinku. Plody vo 20. dni boli vyšetrené na vonkajšie a kostné malformácie. Výsledky sú v súlade s predchádzajúcimi pozorovaniami. U 2ME bola pozorovaná vývojová toxicita závislá od dávky, a to aj v prítomnosti, aj v neprítomnosti vysokofrekvenčného žiarenia. Súčasná expozícia vysokofrekvenčnému žiareniu však zmenila tvar krivky dávka-účinek 2ME. Tieto údaje naznačujú, že pri vypracúvaní usmernení pre expozíciu a intervenčných stratégií by sa mali zohľadniť účinky kombinovanej expozície.

Poznámka: Nedostatočné (pri skúmaní synergických účinkov sa zohľadňujú tepelné účinky).

31. Nelson et al., 2001.

USA. Potkany Sprague-Dawley. Vývojová toxicita (synergické účinky).

Cieľom tohto výskumu je zistiť, či interaktívne účinky pozorované pri rádiovom žarení a 2ME sú špecifické pre tieto látky, alebo či by sa podobné interakcie mohli vyskytovať aj pri iných chemických látkach. Keďže metanol sa široko používa ako rozpúšťadlo aj ako prísada do palív a vo vysokých koncentráciách má u zvierat teratogénne účinky, zvolili sme metanol ako chemickú látku na posúdenie všeobecnej platnosti týchto zistení. Na základe literatúry a našich pilotných štúdií bolo v 9. alebo 13. dni gravidity podaných 0, 2 alebo 3 g/kg metanolu (dvakrát, v 6-hodinových intervaloch) skupinám po 10 potkanov Sprague-Dawley. Samice liečené v 9. dni dostali metanol a boli vystavené RF žiareniu v množstve postačujúcom na udržanie teploty hrubého čreva na 41 °C po dobu 60 minút (alebo placebo). Tým, ktoré boli liečené v 13. dni, bol podaný metanol spolu s 0 alebo 100 mg/kg 2ME. Keďže sme pozorovali, že metanol vyvoláva hypotermiu, niektorým skupinám bola podaná počiatočná dávka metanolu súčasne s RF alebo 2ME, a iným bola podaná prvá dávka metanolu 1,5 hodiny pred RF alebo 2ME. Samice boli usmrtené v 20. dni gravidity a plody boli vyšetrené na vonkajšie malformácie. Výsledky naznačujú, že RF žiarenie alebo metanol v 9. dni zvýšili výskyt resorbovaných plodov, neboli však pozorované žiadne interakčné účinky. Resorpcie boli najvyššie v skupinách, ktorým boli podané experimentálne liečby v 1,5-hodinovom intervale. Vyššia dávka metanolu tiež znížila hmotnosť plodov. Podanie 2ME alebo metanolu v 13. dni zvýšilo mieru malformácií a existovali dôkazy o pozitívnej

interakcie medzi 2ME a metanolom. Hmotnosť plodov bola znížená samotným 2ME a metanolom, ale nebola pozorovaná žiadna interakcia. Tiež oddelenie podávania teratogénov nemalo vplyv na výsledky. Tieto výsledky poukazujú na to, že interakcie vo vývojovej toxikológii, ako sú tie, ktoré sme študovali v prípade RF žiarenia, 2ME a metanolu, sú komplexné a takéto interakcie nemožno plne pochopiť ani predpovedať bez ďalšieho výskumu. Je dôležité, aby sa pri vypracúvaní usmernení pre expozíciu fyzikálnym aj chemickým látkam a stratégií intervencie zohľadnili účinky kombinovanej expozície.

Komentár: Neadekvátne (pri skúmaní synergických účinkov sa zohľadňujú tepelné účinky).

32. Ogawa a kol., 2009.

Japonsko. Potkany Sprague-Dawley (F), 10 dní. Vývojová toxicita.

Cieľom tejto štúdie bolo zistiť, či môže expozícia elektromagnetickému poľu (EMF) v období gravidity, zameraná na oblasť hlavy a podobná tej, ktorú vyžarujú mobilné telefóny, ovplyvniť embryogenézu u potkanov. Signál širokopásmového kódového prístupu s viacerými účastníkmi (W-CDMA) s frekvenciou 1,95 GHz, ktorý sa používa v systéme International Mobile Telecommunication 2000 (IMT-2000) a slúži na zabezpečenie voľného prístupu k mobilným multimédiám (FOMA), bol použitý na ožiarenie hláv štyroch skupín tehotných potkanov CD(SD) IGS (20 jedincov v skupine) v 7. až 17. dni tehotenstva. Ožarovanie prebiehalo 90 minút denne v dopoludňajších hodinách. Priestorová priemerná miera špecifickej absorpcie (SAR) pre jednotlivé mozgy bola navrhnutá na 0,67 a 2,0 W/kg s maximálnymi hodnotami SAR v mozgu 3,1 a 7,0 W/kg pre nízku (skupina 3) a vysokú (skupina 4) expozíciu, pričom priemerná hodnota SAR pre celé telo bola nižšia ako 0,4 W/kg, aby nedošlo k tepelným účinkom v dôsledku zvýšenia teploty. Boli zahrnuté aj kontrolné a simulované skupiny. V 20. dni gravidity boli všetky samice usmrtené a plody boli vyňaté cisárskym rezom. Neboli zaznamenané žiadne rozdiely v prírastku telesnej hmotnosti matiek. Neboli pozorované žiadne nepriaznivé účinky expozície EMF na žiadne reprodukčné a embryotoxické parametre, ako napríklad počet živých (243–271 plodov), mŕtvych alebo resorbovaných embryí, hmotnosť placenty, pomer pohlaví, hmotnosť alebo vonkajšie, viscerálne či kostrové abnormality živých plodov.

Komentár: Primerané/negatívne.

33. Sommer et al., 2009.

Nemecko, myši C57BL (M, F). Viacgeneračná štúdia. Vývojová toxicita.

Samce a samice myší (C57BL) boli dlhodobo vystavené (po celý život, 24 hodín denne) elektromagnetickým poliám mobilnej komunikácie s frekvenciou približne 1966 MHz (UMTS). Ich vývoj a plodnosť sa sledovali počas štyroch generácií prostredníctvom skúmania histologických, fyziologických, reprodukčných a behaviorálnych funkcií. Expozícia trvala 24 hodín denne, 7 dní v týždni, s použitím 128 samcov a 256 samíc v priebehu štyroch generácií. Priemerné hodnoty SAR pre celé telo, vypočítané pre dospelé zvieratá v čase párenia, boli 0 (kontrolná skupina), 0,08, 0,4 a 1,3 W/kg. Hustoty výkonu boli pre každú skupinu udržiavané na konštantnej úrovni (0, 1,35, 6,8 a 22 W/m²), čo viedlo k variabilným hodnotám SAR v dôsledku rôzneho počtu dospelých jedincov a mláďat v priebehu experimentu. Experiment sa vykonal slepým spôsobom. Výsledky nepreukázali žiadne škodlivé účinky expozície na plodnosť a vývoj zvierat. Počet a vývoj mláďat neboli expozíciou ovplyvnené. Niektoré údaje, hoci bez jasného vzťahu medzi dávkou a reakciou, naznačujú vplyv expozície na príjem potravy, čo je v súlade s niektorými skôr publikovanými údajmi. Zhrnutie: Výsledky tejto štúdie nepreukázali škodlivé účinky dlhodobej expozície myší UMTS v priebehu viacerých generácií.

Komentár: Primerané/negatívne.

34. Ozorak et al., 2013.

Turecko. Potkany Wistar. Vývojová toxicita.

Cieľom tejto štúdie bolo zistiť vplyv elektromagnetického žiarenia (EMR) vyvolaného Wi-Fi (2,45 GHz) a mobilnými telefónmi (900 a 1800 MHz) na oxidačný stres a hladiny stopových prvkov v obličkách a semenníkoch rastúcich potkanov od tehotenstva do veku 6 týždňov. Tridsaťdva potkanov a ich 96 novonarodených potomkov bolo rovnomerne rozdelených do štyroch rôznych skupín, a to kontrolnej, 2,45 GHz, 900 MHz,

a 1 800 MHz. Skupiny vystavené frekvenciám 2,45 GHz, 900 MHz a 1 800 MHz boli počas tehotenstva a rastu vystavené EMR po dobu 60 minút denne. Počas štvrtého, piateho a šiesteho týždňa experimentu boli z dekapitovaných potkanov odobraté vzorky obličiek a semenníkov. Výsledky zo štvrtého týždňa ukázali, že úroveň peroxidácie lipidov v obličkách a semenníkoch a hodnoty medi, zinku, redukovaného glutatiónu (GSH), glutatiónpoxidázy (GSH-Px) a celkového antioxidačného stavu (TAS) v obličkách klesli v skupinách vystavených EMR, zatiaľ čo koncentrácie železa v obličkách, ako aj koncentrácie vitamínu A a vitamínu E v semenníkoch v skupinách vystavených EMR stúpili. Výsledky vzoriek z piateho týždňa ukázali, že koncentrácie železa, vitamínu A a β -karoténu v obličkách sa v skupinách vystavených EMR zvýšili, zatiaľ čo hladiny GSH a TAS klesli. Výsledky zo šiesteho týždňa ukázali, že koncentrácie železa v obličkách a rozsah peroxidácie lipidov v obličkách a semenníkoch sa v skupinách vystavených EMR zvýšili, zatiaľ čo koncentrácie medi, TAS a GSH klesli. Medzi štyrmi skupinami neboli štatisticky významné rozdiely v koncentráciách chrómu, horčíka a mangánu v obličkách. Záverom možno konštatovať, že EMR vyvolané Wi-Fi a mobilnými telefónmi spôsobilo oxidačné poškodenie zvýšením rozsahu peroxidácie lipidov a hladiny železa, pričom znížilo celkový antioxidačný status, hodnoty medi a GSH. EMR vyvolané Wi-Fi a mobilnými telefónmi môže u rastúcich potkanov spôsobiť predčasnú pubertu a oxidačné poškodenie obličiek a semenníkov.

Komentár: Primerané, pozitívne (aj poškodenia semenníkov).

35. Poullotier de Gannes et al., 2013.

Francúzsko. Potkany Wistar (samce, samice). Vývojová toxicita.

Po prvýkrát sme hodnotili účinky vystavenia signálu Wi-Fi s frekvenciou 2450 MHz (1 hodina/deň, 6 dní/týždeň) na reprodukčný systém samcov a samíc potkanov Wistar, ktorí boli vystavení Wi-Fi ešte pred dosiahnutím pohlavnej zrelosti. Bolo zakúpených 36 samcov a samíc potkanov Wistar Han (Janvier, Francúzsko) vo veku 6, resp. 7 týždňov, ktoré boli vystavené pôsobeniu 1 hod. denne, 6 dní v týždni, po 12 zvierat v skupine. Expozícia trvala 3 týždne (samce) alebo 2 týždne (samice), potom boli zvieratá spárené a páry boli vystavené pôsobeniu ešte 3 týždne. Deň pred pôrodom boli plody pozorované z hľadiska letality, abnormalít a klinických príznakov. V našom experimente neboli pozorované žiadne škodlivé účinky vystavenia Wi-Fi na reprodukčné orgány a plodnosť samcov a samíc potkanov pri expozičii 1 hodinu denne. Neboli zaznamenané žiadne makroskopické abnormality u plodov, a to ani pri kritickej úrovni 4 W/kg.

Komentár: Primerané/negatívne.

36. Celik et al., 2016.

Turecko. Potkany Wistar. Vývojová toxicita (neurologická).

Štúdia skúma vplyv EMR vyvolaného Wi-Fi na antioxidačné redoxné systémy mozgu a pečene u potkanov počas tehotenstva a vývoja. Šestnásť tehotných potkanov a ich 48 novorodencov bolo rovnomerne rozdelených do kontrolnej a EMR skupiny. Skupiny EMR boli vystavené EMR s frekvenciou 2,45 GHz (1 hodina/deň počas 5 dní/týždeň) od tehotenstva do veku 3 týždňov. Vzorky mozgovej kôry a pečene boli odobraté z novorodencov medzi prvým a tretím týždňom. V skupinách vystavených EMR sa po expozičii EMR zvýšili hladiny peroxidácie lipidov v mozgu a pečeni; aktivita glutatiónpoxidázy (GSH-Px) a koncentrácie vitamínu A, vitamínu E a β -karoténu však v mozgu a pečeni klesli. Koncentrácie glutatiónu (GSH) a vitamínu C v mozgu boli v skupinách vystavených EMR tiež nižšie ako v kontrolných skupinách; v pečeni sa však ich koncentrácie nezmenili. Záverom možno konštatovať, že oxidačný stres vyvolaný Wi-Fi v mozgu a pečeni vyvíjajúcich sa potkanov bol výsledkom znížených koncentrácií GSH-Px, GSH a antioxidačných vitamínov. Navyše sa zdalo, že mozog bol v porovnaní s pečenu citlivejší na oxidačné poškodenie počas vývoja novorodencov.

Komentár: Primerané/pozitívne.

37. Shirai et al., 2016.

Japonsko. Potkany Sprague-Dawley. Vývojová toxicita.

S cieľom zhodnotiť možné nepriaznivé účinky multifrekvenčných RF-EMF bol vykonaný experiment, v ktorom boli tehotné potkany a ich novonarodené mláďatá súčasne vystavené ôsmim rôznym EMF komunikačných signálov (dvom v pásme 800 MHz, dvom v pásme 2 GHz, jednému v pásme 2,4 GHz, dvom v pásme 2,5 GHz a jednému v pásme 5,2 GHz). Tridsaťšesť tehotných 10-týždňových potkanov Sprague-Dawley (SD) bolo rozdelených do troch skupín po 12 potkanov: jedna kontrolná skupina (falošná expozícia) a dve experimentálne skupiny (expozícia RF EMF s nízkou a vysokou úrovňou). Celé telo matiek bolo vystavené RF EMF 20 hodín denne od 7. dňa gravidity až do odstavenia a potom boli potomkovia F1 (46–48 mláďat F1 v každej skupine) vystavení až do veku 6 týždňov tiež 20 hodín denne. Hodnotené parametre zahŕňali rast, stav tehotenstva a hmotnosť orgánov matiek; mieru prežitia, vývoj, rast, fyzický a funkčný vývoj, pamäťovú funkciu a reprodukčnú schopnosť potomkov F1; a embryotoxicitu a teratogenitu u potkanov F2. U samíc ani u potomkov F1 vystavených RF EMF, ani u potomkov F2 neboli pozorované žiadne abnormálne nálezy v žiadnom z hodnotených parametrov. Za podmienok tohto experimentu teda súčasná expozícia celého tela ôsmim rôznym EMF komunikačných signálov pri frekvenciách medzi 800 MHz a 5,2 GHz nepreukázala žiadne nepriaznivé účinky na tehotenstvo ani na vývoj potkanov.

Komentár: Primerané/negatívne.

38. Stasinopoulou et al., 2016.

Grécko. Potkany Wistar. Vývojová toxicita (neuro).

V tejto štúdií boli na posúdenie vplyvu základňového zariadenia bezdrôtovej technológie DECT (Digital Enhanced Communication and Telephony) v pásme 1880–1900 MHz na vývoj plodu a novorodenca potkany Wistar (80 samíc v 4 skupinách) počas gravidity vystavené pôsobeniu elektrického poľa s priemernou intenzitou 3,7 V/m, 12 hodín denne. Po pôrode bola skupina samíc a ich potomkov podobne vystavená žiareniu ďalších 22 dní. Kontrolná skupina bola vystavená simulovanému žiareniu. Údaje ukázali, že vystavenie žiareniu zo základňových staníc DECT spôsobilo zvýšenie srdcovej frekvencie u embryí v 17. dni tehotenstva. Okrem toho boli zaznamenané významné zmeny v somatomerických charakteristikách novorodencov. V oblasti CA4 hipokampu 22-dňových mláďat, ktoré boli ožiarené buď počas prenatálneho života, alebo pred aj po narodení, bola zistená strata pyramídových buniek a nadmerná expresia kyselého proteínu glia fibrillary (GFAP). Zmeny v integritě mozgu u 22-dňových mláďat by mohli potenciálne súvisieť so zmenami vývojového správania počas fetálneho obdobia.

Komentár: Primerané/pozitívne.

39. Othman et al., 2017.

Tunisko. Potkany Wistar. Vývojová toxicita (neuro).

V tejto štúdií sme skúmali vplyv prenatálnej expozície rádiovým vlnám bežných WiFi zariadení na postnatálny vývoj a správanie potomstva potkanov. Desať tehotných potkaníc plemena Wistar albino bolo náhodne rozdelených do dvoch skupín ($n = 5$). Experimentálna skupina bola počas celého obdobia gravidity vystavená WiFi signálu s frekvenciou 2,45 GHz po dobu 2 hodín denne. Samice v kontrolnej skupine boli vystavené rovnakým podmienkam ako experimentálna skupina, avšak bez pôsobenia WiFi žiarenia. Po pôrode bolo potomstvo testované na fyzický a neurologický vývoj počas 17 dní po narodení (PND), potom na úzkosť (PND 28) a motoriku (PND 40–43), ako aj na reakciu na oxidačný stres v mozgu a aktivitu cholinesterázy v mozgu a sére (PND 28 a 43). Naše hlavné výsledky ukázali, že expozícia WiFi v maternici narušila neurovývoj potomkov počas prvých sedemnástich postnatálnych dní bez toho, aby ovplyvnila emocionálne a motorické správanie v dospelosti. Okrem toho prenatálna expozícia WiFi vyvolala nerovnováhu oxidačného stresu v mozgu (zvýšenie hladiny malondialdehydu (MDA) a peroxidu vodíka (H_2O_2) a zníženie aktivity katalázy (CAT) a superoxidodismutázy (SOD)) vo veku 28, ale nie 43 dní, a táto expozícia ovplyvnila aj aktivitu acetylcholinesterázy na mozgovej aj sérovej úrovni. Súčasná štúdia teda odhalila, že vystavenie matky rádiovým frekvenciám WiFi viedlo k rôznym nepriaznivým neurologickým účinkom u potomstva tým, že ovplyvnilo neurovývoj, rovnováhu mozgového stresu a aktivitu cholinesterázy.

Poznámka: Primerané/pozitívne.

Tabuľka 21 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samcov myší (450–6000 MHz) (a)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
1. Mugunthan et al., 2012, švajčiarske albínske myši (M), 30 až 180 dní	2G ultra-vysokofrekvenčné žiarenie (900 – 1900 MHz); najvyššia hodnota SAR pre tento štandardný telefón bola 1,69 W/kg	48 minút/deň; 18 myši/skupina	Hmotnosť exponovaných zvierat bola nižšia v prvom, druhom a štvrtom mesiaci ($p < 0,05$). Priemerná hmotnosť semenníkov exponovaných myší bola významne znížená vo všetkých mesiacoch s výnimkou štvrtého mesiaca ($p < 0,05$) a priemerný objem semenníkov bol významne znížený v prvých troch mesiacoch ($p < 0,05$). Priemerná hustota semenníkových kanálikov na jednotku plochy bola v exponovaných semenníkoch výrazne nižšia ($p < 0,01$). Priemerný priemer semenníkových kanálikov bol v exponovaných semenníkoch výrazne znížený ($p < 0,01$) s výnimkou druhého mesiaca. Priemerný počet Sertolliho buniek a Leydigových buniek bol u exponovaných myší výrazne znížený ($p < 0,01$). Priemerná hladina testosterónu v sére u exponovaných myší bola výrazne nižšia ($p < 0,01$). V semenníkoch myší exponovaných RFR boli zistené nasledujúce mikroskopické zmeny: 1. Interstícium sa javilo ako široké. 2. Sertolliho bunky a spermatogónie sa oddelili od bazálnej membrány. 3. Vakuolárna degenerácia a deskvamácia semenníkového epitelu. Väčšina periférnych kanálikov vykazovala zastavenie dozrievania v spermatogéze. Semenné kanáliky dosiahli skóre 8 až 9 podľa Johnsonovho skóre testikulárnej biopsie.	Adekvátne/pozitívne
2. Shahin et al., 2014, švajčiarske myši (M), 30 dní	2,45 GHz; SAR: 0,018 W/kg	2 h/deň; skupina 20 myší, celkom 40	RFR vyvolalo výrazný pokles počtu spermíí a ich životaschopnosti spolu so zmenšením priemeru semenníkových kanálikov a ich degeneráciou. V skupine myší vystavených pôsobeniu RFR bolo tiež pozorované zníženie aktivity β -HSD v semenníkoch a hladín testosterónu v plazme. V skupine myší ožiarených mikrovlnami bolo pozorované zvýšené vyjadrenie i-NOS v semenníkoch ($p < 0,01$)	Adekvátne/pozitívne
3. Zhu et al., 2015, myši ICR (SPF) (dospelé samce), [na párenie bolo použitých 12 panenských samic na každého samca], 15 dní	900 MHz; 1,6 mW/cm ² , priemerná hodnota SAR pre celé telo 0,731 W/kg; akútne ožiarenie 2 Gy zo zdroja Co60 pri dávkovom príkone 1 Gy za minútu ako pozitívna kontrola	4 h/deň; 10 samcov myší na skupinu vystavenú ožiareniu. Po ožiarení bol každý samec myši umiestnený do samostatnej kletky s 3 panenskými samicami na párenie. Po 7 dňoch bol každý samec oddelený od samic a premiestnený do novej kletky s novou skupinou 3 panenských samic na párenie v druhom, treťom a štvrtom týždni (celkovo: 12 samic na každého samca).	Neboli zaznamenané žiadne štatisticky významné účinky na priemernú telesnú hmotnosť ani hmotnosť semenníkov u samcov myší vystavených RFR. Porovnanie samic spárených s myšami vystavenými RF a s myšami vystavenými simulovanej expozícii: nevýznamné rozdiely v percentuálnom podiele tehotenstiev, živých a mŕtvych implantátov. Neboli zaznamenané žiadne významné rozdiely v počte vypočítaných celkových implantátov, živých a mŕtvych implantátov na jednu tehotnú samicu ($p > 0,05$).	Adekvátne/negatívne

Tabuľka 21 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samcov myší (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
4. Pandey et al., 2017, švajčiarske albínske myši (M), 35 dní	900 MHz (GSM), 0,0054 - 0,0516 W/kg	4 alebo 8 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 15/skupina	Zvýšený index poškodenia v pohlavných bunkách, defekty hlávok spermíí, znížený počet spermíí, zastavenie v premeiotickom štádiu spermatogenézy, strata nezrelých pohlavných buniek do lúmenu semenníkových kanálikov, vyčerpanie epitelu a zastavenie dozrievania (p<0,05)	Adekvátne/pozitívne
5. Pandey et al., 2018, švajčiarske albínske myši (M), 35 dní	900 MHz (GSM), (melatonin 5 mg/kg telesnej hmotnosti/deň), 0,0054 – 0,0516 W/kg	6 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 15/skupina	Znížený počet spermíí, abnormality hlávok spermíí, rozsiahle poškodenie DNA v pohlavných bunkách, zastavenie v predmeiotických štádiách spermatogenézy, nadmerná tvorba voľných radikálov vedúca k histologickým a morfológickým zmenám v semenníkoch a morfológii pohlavných buniek (p<0,05)	Adekvátne/pozitívne (skupina liečená bez doplnku melatonínu)
6. Shahin et al., 2018, švajčiarske albínske myši (M), 15, 30 a 60 dní	2,45 GHz MW, SAR celého tela 0,0146 W/kg	2 h/deň; 10 myši/skupina	Vystavenie mikrovlnnému žiareniu s frekvenciou 2,45 GHz vedie k zmene histoarchitektúry semenníkov, zníženiu priemeru semenníkových kanálikov, počtu spermíí, životaschopnosti spermíí a hladiny testosterónu v sére. V semenníkoch vystavených zvierat bol pozorovaný nárast celkovej hladiny reaktívnych kyslíkových radikálov (ROS), oxidu dusnatého (NO) a malondialdehydu (MDA), ktorý závisel od dĺžky vystavenia. Vystavenie RFR vedie k zmene expresie p53, Bax, Bcl-xL, Bcl-2, pro-kaspázy-3, aktívnej kaspázy-3 a PARP-1. Zistilo sa, že expresia cytochrómu c bola v semenníkoch všetkých myši vystavených RFR v porovnaní s kontrolnou skupinou významne zvýšená v závislosti od trvania expozície. (p < 0,05)	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 22 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samíc myší (450–6000 MHz) (a)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek ďalšia súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
7. Gul et al., 2009, švajčiarske myši (F), 21 dní	NR (mobilný telefón v pohotovostnom režime 11 hodín a 45 minút a v režime hovoru 15 minút), NR	12 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 30/skupina	Znížený počet folikulov vo vaječníkoch myši, znížený objem vaječníkov (p<0,01)	Adekvátne/nejednoznačné
8. Shahin et al., 2017, švajčiarske albínske myši (F), 4 mesiace (120 dní)	1800 MHz, Nokia 100 (2G, GSM) dvojpásmové mobilné telefóny, v rôznych prevádzkových režimoch (volanie, príjem, pohotovostný režim a vypnuté)	3 hodín/deň; 24 myši/skupina, 2 experimentov po 12 myši/skupina, 48 samíc myši v každej skupine.	Expozícia spôsobila výrazné zvýšenie hladín ROS, NO, peroxidácie lipidov, celkového obsahu karbonylových zložiek a kortikosterónu v sére, spolu s výrazným poklesom hladín antioxidantných enzýmov v hypotalame, vaječníkoch a maternici myši. V porovnaní s kontrolnou skupinou vykazovali exponované myši znížený počet vyvíjajúcich sa a zreých folikulov, ako aj žltých teliesok. Vo všetkých exponovaných skupinách myši bol v porovnaní s kontrolnou skupinou pozorovaný významný pokles sérových hladín hypofýzových gonadotropínov (LH, FSH), pohlavných steroidov (E2 a P4) a expresie SF-1, StAR, P-450sc, 3β-HSD, 17β-HSD, cytochrómu P-450 aromatázy, ER-α a ER-β v porovnaní s kontrolnou skupinou (p < 0,01)	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 23 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samcov potkanov (450–6000 MHz) (a)

Referenčná hodnota, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
9. Ozguner et al., 2015, potkany Sprague-Dawley (M), 4 týždne	900 MHz, špičkový výkon 2 W, priemerná hustota výkonu $1 \pm 0,4$ mW/cm ²	30 minút/deň, 5 dni/týždeň; 10 potkanov/skupina, celkom 20	Hmotnosť semenníkov, počet bodov v skóre biopsie semenníkov a percentuálny podiel intersticiálnej tkanivovej hmoty na celkovom objeme semenníkovej tkanivovej hmoty sa v skupine s RFF v porovnaní s kontrolnou skupinou významne nelíšili. Priemer semenníkových kanálikov a priemerná výška germinálneho epitelu boli v skupine s RFF významne znížené ($p < 0,05$). V skupine s RFF došlo k významnému poklesu hladiny celkového testosterónu v sére ($p < 0,05$). Preto došlo k nevýznamnému poklesu hladín LH a FSH v plazme v skupine RFF v porovnaní s kontrolnou skupinou ($p > 0,05$).	Adekvátne/pozitívne
10. Lee et al., 2010, potkany Sprague-Dawley, 12 týždňov	848,5 MHz, 2,0 W/kg (CDMA)	90 min/deň, 5 dni/týždeň, 20/skupina	Žiadne štatisticky významné zmeny (NS) v oblasti funkcie semenníkov a spermatogenézy ($p > 0,05$)	Adekvátne/negatívne
11. Imai et al., 2011, potkany Sprague-Dawley, 5 týždňov	1950 MHz (CDMA), 0,4 W/kg, 0,08 W/kg	5 hodín/deň, 7 dni/týždeň, 24/skupina	Žiadna štatisticky významná zmena (NS) funkcie semenníkov ($p > 0,05$).	Adekvátne/negatívne
12. Meo et al., 2011, potkany Wistar, 12 týždňov	900, 1800 GHz (GSM). Intenzity: NR	30 minút/deň, 60 minút/deň, 7 dni/týždeň 16/skupina (kontrolná skupina: 8)	Hypospermatogenéza a zastavenie dozrievania v semenníkoch (Význam: NR)	Adekvátne/nejednoznačné
13. Al-Damegh, 2012, potkany Wister albini (M), 14 po sebe idúcich dní	900/1800/1900 MHz (GSM), 0,9 W/kg, vitamín C (40 mg/kg/deň) alebo vitamín E (2,7 mg/kg/deň)	15, 30, a 60 min/deň; 30/skupina vystavených potka nov; 10/skupina kontrolných potkanov	V skupine vystavenej RFR došlo k významnému zvýšeniu priemeru semenníkov s narušením cyklu spermií v semenníkoch. Aktivita konjugovaného diénu, lipidového hydroperoxidu a katalázy v sére a semenníkovom tkanive sa zvýšila trojnásobne, zatiaľ čo celkové hladiny glutatiónu a glutatiónperoxidázy v sére a semenníkovom tkanive klesli 3-5-násobne u zvierat vystavených RFR ($p < 0,05$)	Adekvátne/pozitívne
14. Celik et al., 2012, potkany Wistar-Kyoto (M), 3 mesiace	NR, žiarenie mobilných telefónov, SAR 1,58 W/kg	24 h/deň (30 M vystavené, 15 M kontroly)	Žiadne významné rozdiely v hmotnosti semenníkov, priemere semenníkových kanálikov a histopatologických hodnoteniach ($p > 0,05$). Analýza elektrónovým mikroskopom: u exponovaných zvierat došlo k zvýšeniu hrúbky membrány propria a obsahu kolagénových vlákien a k rozšíreniu kapilárnych žíl. Bežná vakuolizácia v cytoplazme Sertolliho buniek, rast elektrónovo hustých štruktúr a existencia veľkých lipidových kvapôčok sú pozoruhodnými zisteniami tejto štúdie.	Nedostatočné
15. Lee et al., 2012, potkany Sprague-Dawley, 12 týždňov	848,5 MHz (CDMA), 1950 MHz (WCDMA), 4,0 W/kg	45 min/deň, 5 dni/týždeň, 20/skupina (kontrolná skupina v klietkach: 5)	Žiadna štatisticky významná zmena (NS) v funkcii semenníkov a spermatogenéze ($p > 0,05$)	Adekvátne/negatívne
16. Ozlem-Nisbet et al., 2012, potkany Wistar albini (M), 90 dní	1800 a 900 MHz, SAR: 3,00, 2,7, 2,2, 1,2 mW/kg pre 900 MHz pre 10, 20, 50, 70-dňové potkany; 0,053, 0,046, 0,011, 0,011 mW/kg pri 1800 MHz pre 10, 20, 50, 70 dní starých potkanov	2 h/deň; 11 potkanov/skupina	Priemerná hladina celkového testosterónu v plazme bola v oboch skúmaných skupinách podobná a bola výrazne vyššia ako u potkanov v kontrolnej skupine s fiktívnym zákrokom. Percento pohyblivosti spermií v nadvarlete bolo výrazne vyššie v skupine s frekvenciou 1800 MHz ($P < 0,05$). Podiel morfoloicky normálnych spermií bol vyšší a podiel spermií s abnormalitami chvosta, ako aj celkový podiel spermií s abnormalitami bol nižší v skupine s frekvenciou 900 MHz ($P < 0,05$). Histopatologické parametre v skupine s frekvenciou 1800 MHz boli výrazne vyššie ($P < 0,05$).	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 23 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samcov potkanov (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
17. Bin-Meferij El-kott et al., 2015, potkany Sprague-Dawley, 8 týždňov	900 MHz pre GSM, intenzita NR, 200 mg/kg vodný extrakt z listov Moringa oleifera	1 hodina denne (15 M vystavených RF + extraktu MO; 15 M vystavených RF; 15 M vystavených extraktu MO; 15 samcov v kontrolnej skupine)	Štatisticky významný pokles počtu spermií v nadvarlete v exponovanej skupine ($P < 0,001$). Významný pokles pohyblivosti spermií. Významný ($P < 0,001$) nárast percentuálnej frekvencie mŕtvych spermií u exponovaných zvierat. Celkovo bola v semenníkoch exponovaných potkanov v porovnaní s ich zodpovedajúcou kontrolnou skupinou pozorovaná hypospermatogenéza a zastavenie dozrievania spermií.	Adekvátne/pozitívne
18. Liu et al., 2015, potkany Sprague-Dawley (M), 50 dní (od 10 týždňov veku)	900 MHz, SAR 0,66 W/kg	2 h/deň (24 M vystavených; 24 M kontrolné)	Významný nárast percenta apoptotických spermií o 91,42 % u exponovaných zvierat; Významný nárast koncentrácie ROS o 46,21 %; Významný pokles TAC o 28 %; Významný pokles expresie bielkovín a mRNA bcl-2 a nárast bax, cytochrómu c a kaspázy-3 ($p < 0,05$)	Adekvátne/pozitívne
19. Saygin et al., 2015, Sprague-Dawley potkany (mladé samce), 30 dní	2,45 GHz, SAR celého tela 3,21 W/kg, kyselina gallová (GA), 30 mg/kg/denne	3 hodiny denne; 12 potkanov/skupina, celkom 48	Hladiny malondialdehydu a celkového oxidačného stavu (TOS) sa zvýšili ($p < 0,01$) v skupine s iba RFR. Hladiny TOS a indexu oxidačného stresu sa v skupine liečenej GA významne znížili ($p < 0,05$). Celková antioxidantná aktivita sa znížila v skupine s iba RFR a zvýšila sa v skupine liečenej GA ($p < 0,05$). Hladiny testosterónu a vaskulárneho endotelialného rastového faktoru klesli v skupine s iba RFR, ale toto nebolo štatisticky významné. Hladiny testosterónu a VEGF sa zvýšili v skupine RFR+GA v porovnaní so skupinou s iba RFR ($p < 0,01$) a tiež sa zvýšili v skupine s GA v porovnaní s kontrolnou skupinou a skupinou s iba RFR ($p < 0,05$). Farbenie prostaglandínu E2 a peptidu súvisiaceho s génom kalcitonínu sa zvýšilo v tubuloch semenníkov v skupine liečenej iba RFR ($p < 0,01$) a znížilo sa v tubuloch semenníkov v skupine liečenej RFR + GA ($p < 0,01$). V skupine s iba RFR obsahovala väčšina tubulov menej spermií a počet spermií v tubuloch semenníkov klesol. Všetky tieto zistenia a regeneračná reakcia, charakterizovaná mitotickou aktivitou, sa zvýšili v bunkách semenníkových tubulov v skupine RFR+GA ($p < 0,01$).	Adekvátne/pozitívne
20. Bilgici et al., 2018, potkany Wistar (M), 30 dní	2,45 GHz, priemerná hodnota SAR pre celé telo 0,0233 W/kg	1 h/deň (11 M vystavených, 11 M kontrolná skupina)	Hladiny IL-6 a CRP v sére sa u exponovaných zvierat významne líšili ($p < 0,05$). Významný rozdiel v nekróze a spermatogenéze u exponovaných zvierat ($p < 0,05$)	Adekvátne/pozitívne
21. Guo et al., 2019, potkany Sprague-Dawley, 1 mesiac	220 MHz (pulzná modulácia), 0,030 W/kg	1 hodina/deň, 7 dní/týždeň, 20/skupina	Znížený počet spermií a miera prežitia spermií ($p < 0,05$), zvýšený výskyt abnormalít spermií (NS), zvýšená expresia v semenníkoch štiepeného kaspázy 3 ($p < 0,05$), kaspázy 3 ($p < 0,01$) a pomeru BAX/BCL2 ($p < 0,01$), znížená hladina T v sére ($p < 0,05$)	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 23 – Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat: reprodukčná toxicita u samcov potkanov (450–6000 MHz) (pokračovanie c)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
22. Yu et al., Experiment 1, 2020 , potkany Sprague-Dawley (dospelé samce), 50, 100 alebo 150 dní	smartfón vyžarujúci SRF-EMR, 2575–2635 MHz (TD-LTE), 1,05 W/kg.	6 hodín denne (smartfón bol v režime aktívneho hovoru a v 10-minútových intervaloch počas 10 cyklov prijal externý hovor trvajúci 1 minútu); 135 potkanov (9 skupín po 15 potkanov).	Po 150 dňoch vystavenia SRF-EMR bola koncentrácia spermií, ich pohyblivosť, životaschopnosť a normálna morfológia v skupine vystavenej SRF v porovnaní s kontrolnou skupinou nižšia. Experiment s párením u potkanov vystavených SRF-EMR po dobu 150 dní: hmotnosť mláďat bola v skupine vystavenej SRF v porovnaní s kontrolnou skupinou nižšia. Morfologické poškodenie semenníkov: po 150 dňoch bolo pozorované zvýšené narušenie spermatogenézy, ako aj významná strata zárodočných buniek a znížená výška epitelu, spolu s nižším Johnsenovým skóre a vyšším Cosentinovým skóre. Oxidačný stres v semenníkoch: Po 100 dňoch expozície bol v skupine SRF zistený len výrazne nižší obsah CAT a GSH. Po 150 dňoch boli v skupine SRF tiež porovnateľne vyššie hladiny MDA, 4-HNE a LPO, zatiaľ čo obsah GSH, SOD a CAT bol nižší. Apoptóza v semenníkoch: po 100 dňoch bola v skupine SRF významne zvýšená iba hladina štiepeného kaspázy 8. Po 150 dňoch bola v skupine SRF nižšia iba hladina Bcl-2, zatiaľ čo hladiny Bax, štiepeného kaspázy 3, Fas, FasL a štiepeného kaspázy 8 boli významne vyššie ($p < 0,01$).	Adekvátny/pozitívny
Experiment 2, 2020 , potkany Sprague-Dawley (dospelé samce), 150 dní	smartfón vyžarujúci SRF-EMR, 2575–2635 MHz (TD-LTE), 1,05 W/kg.	6 hodín/deň (smartfón bol v aktívnom režime hovoru a prijal externý hovor na 1 minútu v 10-minútových intervaloch, počas 10 cyklov); 10 až 15 potkanov/skupina, celkovo 91 potkanov (7 skupín)	Zmeny transkripčného profilu: 1663 diferencovane exprimovaných génov, vrátane 1446 génov s upreguláciou a 217 génov s downreguláciou. Hladina Spock3 bola vyššia u potkanov vystavených SRF-EMR počas 150 dní. Inhibícia nadmernej expresie Spock3 zlepšila zhoršenie kvality spermií a zmiernila poškodenie semenníkov a poruchu BTB u vystavených potkanov. Vystavenie SRF-EMR potlačilo aktivitu MMP2, pričom zvýšilo aktivitu komplexov MMP14–Spock3 a znížilo komplexy MMP14–MMP2; tieto výsledky boli zvrátené inhibíciou Spock3 ($p < 0,01$).	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 24 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u samcov potkanov (450–6000 MHz) (a)

Referenčná hodnota, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
23. Lerchl et al., 2008 a, b, c , džungarské škrečky (M), 60 dní	a: 383 MHz (TETRA), b: 900 a c: 1800 MHz (GSM), SAR 0,08 W/kg	24 hodín/deň (120 M vystavených; 120 M kontrolná skupina)	a: Hladiny melatonínu v epifýze a sére, ako aj hmotnosť semenníkov, mozgu, obličiek a pečene neboli ovplyvnené; Významný prechodný nárast telesnej hmotnosti až o 4 %; b: Hladiny melatonínu v epifýze a sére, ako aj hmotnosť semenníkov, mozgu, obličiek a pečene neboli ovplyvnené; Významný neprechodný nárast telesnej hmotnosti až o 6 %; c: Hladiny melatonínu v epifýze a sére, ako aj hmotnosť semenníkov, mozgu, obličiek a pečene neboli ovplyvnené; žiadny vplyv na telesnú hmotnosť;	Adekvátne/negatívne

Tabuľka 25 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u myší (450–6000 MHz) (a)

Referenčná hodnota, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
24. Finnie et al. a, b (2006), c (2009), BALB/c myši (F)	900 MHz, 4 W/kg	1 hodina/deň, 7 dní/týždeň, 10/skupina	Žiadna štatisticky významná zmena (NS) v: (a) : priepustnosti hematoencefalickej bariéry v nezrelom mozgu fetálnych hláv, (b) : expresii okamžitého raného génu c-fos ako markera neurálneho stresu (c) : reakcia na stres prostredníctvom indukcie proteínov tepelného šoku	Adekvátna/negatívna
25. Lee et al., 2009, myši ICR (chovné samice; plody samíc a samcov), 1.–17. deň gravidity	CDMA (849 MHz) a WCDMA (1,95 GHz), SAR 2,0 W/kg počas 2 expozičné obdobia (celkom 4 W/kg)	2 expozície 45 minút/deň, oddelené 15-minútovým intervalom (14 F simulovaná; 17 F vystavené CDMA; 20 F simulovaná CDMA+WCDMA kontroly; 20 F vystavených CDMA+WCDMA vystavené). Krátka denná expozícia	Súčasná experimentálna expozícia RF EMF CDMA a WCDMA nespôsobila žiadne pozorovateľné nepriaznivé účinky (úhyn, spomalenie rastu, zmeny veľkosti hlavy a iné morfológické abnormality) na plody myši.	Adekvátne/negatívne
26. Fragopoulou et al., 2010, Balb/c Mus musculus (samice chovné; samce a samice potomstva), 5 dní pred otehotnením; 1.–21. deň gravidity	GSM 900 MHz, SAR 0,6–0,94 W/kg	0 (5 samíc z kontrolnej skupiny, 7 samcov a samíc z potomstva); 6 minút/deň (7 samíc vystavených pôsobeniu, 20 samcov a samíc z potomstva); 30 minút/deň (7 samíc vystavených pôsobeniu, 20 samcov a samíc potomkov)	Štatisticky významné odchýlky v osifikácii lebečných kostí a rebier hrudného koša a posun Meckelovej chrupavky u vystavených zvierat (obe skupiny). Súrodenci z toho istého vrhu vyšetrení po prerazení zubov vykazovali normálne fenotypy.	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 25 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u myší (450–6000 MHz) (pokračovanie b)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
27. Sambucci a kol., 2011, novonarodené myši C57BL/6 (samce a samice), 5 po sebe nasledujúcich týždňov, počnúc dňom po narodení	Wi-Fi pri 2,45 GHz, 0,08 alebo 4 W/kg SAR	2 h/deň, 5 dní/týždeň; 16 novorodencov/skupina, každému boli pridelené 4 adoptívne matky (celkovo 48 mláďat)	U myší oboch pohlaví neboli zistené žiadne rozdiely v telesnej hmotnosti a vývoji medzi skupinami. V prípade imunologických analýz výsledky u novorodených samíc a samcov myší vystavených v ranom postnatálnom období nepreukázali žiadne účinky na všetky skúmané parametre ($p > 0,05$), s jednou výnimkou: znížená produkcia IFN- γ v slezinových bunkách samcov myší vystavených mikrovlnám (MW) (SAR 4 W/kg) v porovnaní s myšami vystavenými simulovanému žiareniu ($p < 0,05$).	Adekvátne/negatívne
28. Zhang et al., 2015, myši CD1 (samce a samice), expozícia v maternici počas celého tehotenstva (dni 3,5–18)	9,417 GHz, SAR: 2,0 W/kg	12 hodín/deň; 4 tehotné samice myši v skupine. Predtým, s cieľom dosiahnuť tehotenstvá typu „ μ “: bolo pripravených 12 chovných klieťok, z ktorých každá obsahovala jednu samicu myši CD1 a dvoch samcov myši CD1, všetci vo veku 6 týždňov.	Myši sa nelíšili v motorických schopnostiach pri teste v otvorenom poli (OFT); frekvencia vstupov do stredovej zóny a dĺžka pobytu v nej však boli u liečenej skupiny nižšie v porovnaní s kontrolnou skupinou. U myší vystavených žiareniu došlo k zvýšeniu úzkostného správania v teste zvýšeného bludiska (EPM). Test zavesenia za chvost (TST) a test núteného plávania (FST) ukázali, že vystavenie RFR významne znížilo čas nehybnosti, čo dokazuje, že potomkovia myši vystavených žiareniu vykazovali znížené depresívne správanie. V Morrisovom vodnom bludisku (MWM) liečené myši vykazovali postupný pokles latencie úniku. Na štvrtý a piaty deň testu MWM len samce v skupine vystavenej žiareniu strávili viac času hľadaním plošiny, čo naznačuje zníženú schopnosť priestorového učenia ($p < 0,01$).	Adekvátne/pozitívne
29. Fatehi et al., 2018, myši NMRI (potomkovia samcov a samíc), 30 dní	900 MHz, intenzita NR	Mobilný telefón v „režime pohotovosti“: 1, 5 a 10 hodín/deň (skupiny 2, 3, 4); mobilný telefón zapnutý „aktívnom režime“: 1 hod./deň (skupina 5); 20 myši/skupina	U ožiarených myší (bez ohľadu na dĺžku expozície) došlo k významnému predĺženiu trvania gravidity. Okrem toho, keď sa mobilný telefón prepnul z vypnutého režimu do aktívneho režimu, pozorovalo sa výrazné oneskorenie trvania gravidity. Expozícia RFR vedie k významnému poklesu počtu novonarodených myší v porovnaní s kontrolnou skupinou. Výsledky tiež preukázali, že predĺženie doby ožiarenia z 1 hodiny denne (skupina 2) na 10 hodín denne (skupina 4) v pohotovostnom režime spôsobilo významný rozdiel v počte novorodencov ($p < 0,05$).	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 25 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u myší (450–6000 MHz) (pokračovanie c)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
30. Nelson et al., 1991, 1994, 1997, 1997; potkany Sprague-Dawley (F); 10, 20, 30 minút	10 MHz (2-metoxyetanol pri 20, 40, 60, 75, 80, 100, 120, 125, 140 alebo 150 mg/kg), 0,8–6,6 W/kg. Tepelné účinky (teplota 42 °C)	10, 20, 30 minút; 10–27/skupina	Synergický účinok medzi podaním RFR a 2ME pri vyvolaní teratogénnych účinkov: zvýšený výskyt vonkajších malformácií plodov (p < 0,05)	Nedostatočné
31. Nelson et al., 2001, potkany Sprague-Dawley (F), 60 minút	10 MHz (metanol 2, 3 g/kg); 0,8–6,6 W/kg Tepelné účinky (teplota 42 °C)	60 minút; 10/skupina	Zvýšený výskyt resorbovaných plodov (p < 0,05). Žiadne synergické účinky.	Nedostatočné
32. Ogawa et al., 2009, potkany Sprague-Dawley (F), 10 dní	1950 MHz CDMA, 0,4 W/kg	90 min/deň, 7 dní/týždeň, 20/skupina	Žiadne štatisticky významné zmeny (NS) v prípade: znakov pohlavnej zrelosti, veľkosti životaschopného vrhu/indexu živonarodených mláďat, rastu novorodencov, indexov prežitia novorodencov, pomeru pohlaví u potomstva, fyziologických koncových bodov odhaľujúcich špecifické toxické účinky na tehotenstvo a laktáciu (p > 0,05).	Adekvátne/negatívne
33. Sommer et al., 2009, myši C57BL (M, F), multigeneračná štúdia	1966 MHz (UMTS), 0,08, 0,4, 1,3 W/kg	24 hodín/deň, 7 dní/týždeň, 128 samcov a 256 samíc v priebehu štyroch generácií (1 samec a 2 samice na kľetku)	Žiadne štatisticky významné zmeny (NS) v: veľkosti životaschopného vrhu/indexe živonarodených mláďat, raste novorodencov, indexoch prežitia novorodencov, prenatálnej úmrtnosti, hodnotení kvality spermií, hmotnosti a morfológii reprodukčných orgánov, indexoch párenia a plodnosti a reprodukčných výsledkoch, znakov pohlavnej zrelosti, sexuálnom správaní (p < 0,05)	Adekvátne/negatívne
34. Ozorak et al., 2013, potomkovia potkanov Wistar albino (a dospelá samica v gravidite), od gravidity do veku 6 týždňov	RFR Wi-Fi (2,45 GHz) a mobilného telefónu (900 a 1800 MHz), SAR celého tela 0,1 W/kg	1 hodina denne, 5 dní v týždni; 24 potkanov/skupina, celkovo 96	Výsledky zo štvrtého týždňa ukázali, že hladina peroxidácie lipidov v obličkách a semenníkoch a hodnoty medi, zinku, redukovaného glutatiónu (GSH), glutatiónpoxidázy a celkového antioxidačného stavu (TAS) v obličkách klesli v skupinách RFR, zatiaľ čo koncentrácie železa v obličkách, ako aj koncentrácie vitamínu A a vitamínu E v semenníkoch v skupinách RFR stúpili. Výsledky vzoriek z piateho týždňa ukázali, že koncentrácie železa, vitamínu A a β-karoténu v obličkách sa v skupinách RFR zvýšili, zatiaľ čo hladiny GSH a TAS klesli. Výsledky zo šiesteho týždňa ukázali, že koncentrácie železa v obličkách a rozsah peroxidácie lipidov v obličkách a semenníkoch sa v skupinách RFR zvýšili, zatiaľ čo koncentrácie medi, TAS a GSH klesli (p < 0,05). Medzi štyrmi skupinami neboli štatisticky významné rozdiely v koncentráciách chrómu, horčíka a mangánu v obličkách (p > 0,05).	Adekvátne/pozitívne
35. Poulletier de Gannes et al., 2013, potkany Wistar (M, F), 5 týždňov F, 6 týždňov M	2450 MHz (Wi-Fi signál), 0,08, 4 W/kg	1 h/deň, 6 dní/týždeň, 12/skupina	Žiadna štatisticky významná zmena (NS) v: počte živých a mŕtvych plodov na maternicovom rohu, počte a umiestnení miest skorého a neskorého resorbovania v každom maternicovom rohu, rozložení miest implantácie na každom maternicovom rohu (Významnosť: NR).	Adekvátne/negatívne

Tabuľka 26 – Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: vývojová toxicita u potkanov (450–6000 MHz) (a)

Referencia, kmeň, druh (pohlavie), dĺžka expozície	Frekvencia, intenzita Akákoľvek iná súbežná expozícia	Doba expozície, počet zvierat	Pozorované účinky	Poznámky
36. Celik a kol., 2016 , potkany Wistar albini (samice chovné, samce potomstvo), od gravidity do veku 21 dní	EMR 2,45 GHz s impulzmi 217 Hz, SAR 0,1 W/kg	1 h/deň po dobu 5 dní v týždni (8 samíc vystavených samíc, 24 vystavených samcov; 8 kontrolných samíc, 24 kontrolných samcov)	V mozgu a pečeni vyvíjajúcich sa potkanov bol pozorovaný oxidačný stres v dôsledku znížených koncentrácií GSH-Px, GSH a antioxidantných vitamínov. Navyše, mozgy boli citlivejšie na oxidačné poškodenie v porovnaní s pečeňou pri vývoji novorodencov ($p < 0,05$).	Adekvátne/pozitívne
37. Shirai et al., 2016 , potkany Sprague–Dawley (dospelé samice a ich potomstvo), matky: od 7. dňa gravidity do odstavenia; potomkovia F1 od narodenia do veku 6 týždňov	Osem rôznych komunikačných signálov RFR (dva v pásme 800 MHz, dva v pásme 2 GHz, jeden v pásme 2,4 GHz, dva v pásme 2,5 GHz a jeden v pásme 5,2 GHz), 0,4 W/kg, pričom každá frekvencia prispieva k 0,05 W/kg	20 hodín/deň; matky: 12 potkanov/skupina; 46–48 mláďat F1 na skupinu.	U matiek ani u potomstva F1 vystaveného RFR, ani u potomstva F2 neboli pozorované žiadne abnormálne nálezy z žiadnom z hodnotených parametrov ($p > 0,05$).	Adekvátne/negatívne
38. Stasinopoulou et al., 2016 , potkany Wistar (dospelé jedince F a ich potomstvo), tehotné potkany počas celého tehotenstva a skupina matiek a ich potomstva počas ďalších 22 dní	1880–1900 MHz, SAR celého tela v rozmedzí od 0,016 do 0,020 W/kg	12 hodín/deň; 40 potkanov/skupina	Vystavenie RFR spôsobilo zvýšenie srdcovej frekvencie u embryí v 17. dni tehotenstva. Boli zaznamenané významné zmeny v somatometrických charakteristikách novorodencov. V oblasti CA4 hipokampu u 22-dňových mláďat, ktoré boli ožiarené buď v prenatalnom období, alebo pred aj po narodení, bola zistená strata pyramídálnych buniek a nadmerná expresia kyselého fibrilárneho proteínu gliových buniek ($p > 0,05$).	Adekvátne/pozitívne
39. Othman et al., 2017 , potkany Wistar albini, tehotenstvo (19–20 dní)	2,45 GHz z Wi-Fi, intenzita NR (Wi-Fi: Vystavená skupina bola umiestnená vo vzdialenosti 25 cm od antén. D-Link DWL-3200 AP s 802.11 g a sieťovou ochranou WPA2)	2 h/deň; 63 kontrolných potomkov a 37 ošetrovaných potomkov, 5 dospelých tehotných vystavených potkanov/skupina	Vystavenie WiFi v maternici narušilo neurovývoj potomkov počas prvých 17 dní po narodení, pričom však neovplyvnilo ich emocionálne a motorické správanie v dospelosti. Okrem toho prenatalná expozícia WiFi vyvolala nerovnováhu oxidačného stresu v mozgu (zvýšenie hladiny malondialdehydu a peroxidu vodíka a zníženie aktivity katalázy a superoxidodismutázy) vo veku 28, ale nie 43 dní, a táto expozícia ovplyvnila aj aktivitu acetylcholinesterázy na mozgovom aj sérovom úrovni ($p < 0,05$).	Adekvátne/pozitívne

Tabuľka 27 (súhrnné tabuľky 21–26) (a, b) – Zozbierané údaje z experimentálnych štúdií o vplyvoch na reprodukciu a vývoj (FR1: 450–6000 MHz)

Celkový počet štúdií		39							
Adekvátne štúdií		37							
Typ štúdie		Myš				Potkan			
Pozorované účinky		Celkový počet adekvátnych štúdií*	Pozitívne výsledky	Nejednoznačné výsledky	Negatívne výsledky	Celkový počet adekvátnych štúdií*	Pozitívne výsledky	Nejednoznačné výsledky	Negatívne výsledky
Reprodukčné mužská plodnosť	Kvalita spermií								
	Histopatologické zmeny	9	6		3	14	10	1	3
	Plodnosť								
Reprodukčné Plodnosť samíc	Plodnosť								
	Doba tehotenstva	2	1	1					
	Počet mláďat								
	Hmotnosť vrhu								
Vývojové Samice – vrhy	Neurologické/behaviorálne účinky								
	Rast plodu	10	4		6	4	3		1
	Hematochemické charakteristiky								

*Niektoré štúdie zahŕňajú viac ako jeden výsledok. Jedna štúdia (Ref. 23) bola vykonaná na džungarskom škrečkovi a bola považovaná za adekvátnu/negatívnu.

SÚHRN VÝSLEDKOV ŠTÚDIÍ REPRODUKČNÝCH/VÝVOJOVÝCH ÚČINKOV NA EXPERIMENTÁLNYCH ZVIERATÁCH (FR1: 450 až 6000 MHz) (Tabuľka 27)

Z tohto prehľadu bolo vybraných 39 štúdií o vplyvoch na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat. 20 štúdií bolo vykonaných na myšiach, 18 na potkanoch a 1 na škrečkoch. V adekvátnych štúdiách boli u myší aj potkanov skúmané rôzne koncové body. Súhrn výsledkov je uvedený v tabuľke 27.

Z 37 adekvátnych štúdií boli výsledky nasledovné:

Reprodukcia, mužská plodnosť (kvalita spermií, histopatologické zmeny, plodnosť).

Bolo vykonaných dvadsaťtri adekvátnych štúdií s cieľom preskúmať možné netepelné nepriaznivé účinky na reprodukciu u samcov potkanov a myší. U myší 6 z 6 adekvátnych štúdií preukázalo pozitívnu súvislosť medzi expozíciou a nepriaznivými účinkami (Ref: 1, 2, 4, 5, 6, 8) a 1 bola negatívna (Ref: 3). U potkanov bolo z 14 štúdií bolo 10 pozitívnych (Ref: 9, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23), 1 vykazovala nejednoznačné výsledky (Ref: 12) 3 boli negatívne (Ref: 10, 11, 15).

Najpresvedčivejšie dôkazy sa týkajú štatisticky významného zhoršenia kvality spermií, a to tak u potkanov, ako aj u myší. Pokiaľ ide o tento výsledok, existujú *dostatočné* dôkazy o súvislosti medzi vystavením RF-EMF a zhoršením kvality spermií.

Reprodukcia, ženská plodnosť (plodnosť, dĺžka gravidity, počet mláďat, hmotnosť vrhu).

Iba 2 štúdie na myšiach boli považované za adekvátne pre túto revíziu. Jedna z nich (Ref: 8) preukázala pozitívne dôkazy o súvislosti nepriaznivých účinkov s expozíciou RF-EMF, jedna bola nejednoznačná (Ref: 7). Ženská plodnosť nebola dostatočne preskúmaná, takže hoci boli zistené štatisticky významné účinky, dôkazy sú *obmedzené* na to, aby umožnili akékoľvek záverné hodnotenie.

Vývoj – matky a vrhy (hematochemické charakteristiky vrhu, neuro/behaviorálne účinky, rast plodu atď.)

Bolo analyzovaných 14 adekvátnych štúdií zameraných na vývojové výsledky. Z 14 štúdií bolo 10 vykonaných na myšiach a 4 na potkanoch. U myší 4 štúdie preukázali pozitívnu súvislosť s expozíciou (Ref: 26, 28, 29, 34) a 6 bolo negatívny (Ref.: 24, 25, 27, 32, 33, 35). U potkanov boli z 4 adekvátnych štúdií 3 pozitívne (Ref.: 36, 38, 39) a 1 negatívna.

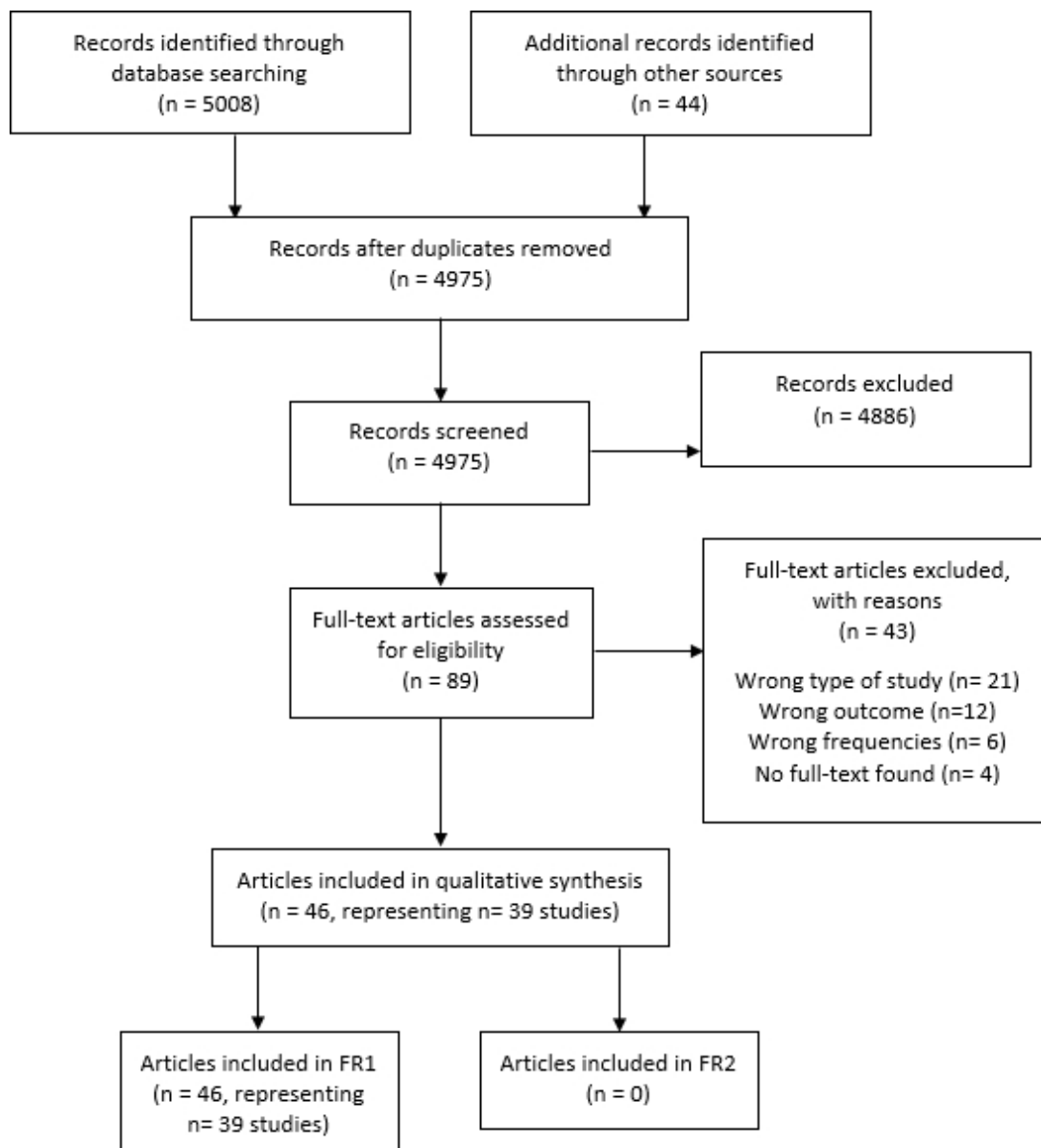
Výsledky týkajúce sa tohto koncového bodu sú zmiešané (protichodné) a dôkazy o možnej súvislosti nepriaznivých účinkov na vývoj s expozíciou RF-EMF sú *obmedzené*.

4.2.4 Vplyvy na reprodukciu/vývoj u pokusných zvierat: Štúdie hodnotiace vplyvy RF vo vyššom frekvenčnom rozsahu (FR2: 24 až 100 GHz, MMW) na zdravie.

Po vyhľadávaní v databázach a iných zdrojoch bolo identifikovaných 5052 článkov. Po odstránení duplícít (77) a vylúčení irelevantných článkov (4886) na základe názvov a abstraktov zostalo 89 článkov. Na základe prehliadania plných textov bolo ďalej vylúčených 43 článkov, takže publikovaných článkov s frekvenciami vhodnými na zaradenie do tejto kvalitatívnej syntézy bolo 46, čo zodpovedá 39 štúdiám. V troch prípadoch bol uverejnený viac ako jeden článok, ktorý uvádzal informácie o tej istej štúdií pre rôzne reprodukčné/vývojové koncové body (obr. 16).

V tejto fáze sa vykonal aj výber na základe frekvenčného rozsahu: zo 46 článkov/39 štúdií všetky uvádzali expozície v rozsahu FR1 a žiadna v rozsahu FR2.

Obrázok 16 – Schéma postupu. Vplyvy na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat (FR2)



5. Diskusia

ICNIRP vo svojej najnovšej publikácii uvádza, že: „(...) hlásené nepriaznivé účinky RF-EMF na zdravie musia byť nezávisle overené, musia mať dostatočnú vedeckú kvalitu a musia byť v súlade so súčasným vedeckým poznaním, aby mohli byť považované za „dôkaz“ a použité na stanovenie obmedzení expozície. V rámci usmernení sa v tomto kontexte bude používať pojem „dôkaz“ a pojem „podložený účinok“ sa bude používať na opis hlásených účinkov, ktoré spĺňajú túto definíciu dôkazu. Spoliehanie sa na takéto dôkazy pri určovaní nepriaznivých účinkov na zdravie má zaistiť, aby obmedzenia expozície vychádzali zo skutočných účinkov, a nie z nepodložených tvrdení (...)“ (ICNIRP, 2020a).

U ľudí aj na zvieracích modeloch boli pozorované účinky, ktoré ICNIRP definuje ako „nepodložené tvrdenia“; a niektoré z nich predstavujú „podložené účinky“, t. j. objektívne a relevantné pozorovania z epidemiologických a experimentálnych štúdií, vrátane tých, ktoré sa týkajú rakoviny a nepriaznivých účinkov na reprodukciu a vývoj.

Epidemiologické štúdie môžu, ak sú realizované s dostatočnými informáciami o scenároch expozície a správnu metodikou, poskytnúť presvedčivé dôkazy o „preukázaných účinkoch“ látky, faktora alebo situácie. Epidemiologické štúdie však často trpia viacerými obmedzeniami, ako je malá veľkosť vzorky, nízka štatistická výpovedná sila a rušivé faktory. Medzi tieto obmedzenia patria: i) malé populácie exponovaných osôb alebo sledovaných osôb, ktoré môžu byť nedostatočné na dosiahnutie primeranej štatistickej výpovednej sily; ii) Povaha, množstvo a načasovanie expozície nebezpečnej látke môžu viesť k nesprávnej klasifikácii expozície a falošne negatívnym výsledkom; iii) Môže byť ťažké odvodiť jasné výsledky kvôli rušivým faktorom; iv) Metodické faktory, ako je skreslenie spomienok alebo skreslenie publikácií, môžu tiež brániť získaniu jasných výsledkov; v) Vnútorne oneskorenie pri stanovovaní spoľahlivých epidemiologických výsledkov v dôsledku dlhého obdobia latencie nádorov u ľudí (t. j. od prvej expozície po identifikáciu nádoru) môže v priemere trvať 10–40 rokov; vi) Široké rozšírenie a difúzna expozícia iným nebezpečným látkam, ktoré môžu mať synergické alebo ochranné účinky v kombinácii so skúmanou látkou; vii) Široká expozícia EMF spôsobuje ťažkosti pri hľadaní dostatočne veľkej neexponovanej kontrolnej skupiny: čo potom môže vyžadovať použitie skupín s najnižšou expozíciou na porovnanie ako kontrol, čo môže byť menej spoľahlivé.

Hlavným smerom skreslenia vyplývajúcim z mnohých týchto metodických a iných obmedzení štúdií na ľuďoch je sklon k produkcii „falošných negatív“, t. j. výsledkov, ktoré látku zbavujú podozrenia zo škodlivosti, ale ktoré sa neskôr ukážu ako nesprávne (Grandjean, 2013).

Hoci sa v štúdiách na pokusných zvieratách pozorovali dostatočné dôkazy o karcinogenite RF-EMF, nasledujúce dôvody naznačujú, že tieto zistenia sú dôležité/relevantné pre posudzovanie rizika u ľudí. Štúdie na zvieratách (biologické testy) majú len málo obmedzení a ak sú riadne vykonané v súlade s odporúčanými vysokými štandardmi (OECD, 2018b), môžu v porovnaní so štúdiami na ľuďoch poskytnúť relatívne rýchle a spoľahlivé dôkazy o súvislosti medzi expozíciou a konkrétnym výsledkom.

Kedže latencia je úmerná priemernému životnému cyklu organizmu, u hlodavcov, ktoré sa bežne používajú v laboratóriách, je latencia úmerne kratšia. Latencia trvajúca jeden rok u potkanov zodpovedá niečo viac ako 30 rokom latencie u ľudí, takže biologické testy na zvieratách, dokonca aj počas celého životného cyklu potkanov, ktorý trvá približne 2,5 roka, umožňujú identifikáciu rakoviny v relatívne krátkom čase v porovnaní so štúdiami na ľuďoch.

Biologické testy na zvieratách môžu preto poskytnúť dôležité informácie o riziku rakoviny u ľudí v dôsledku expozície rôznym látkam. Tieto údaje môžu posilniť našu dôveru v dôkazy o rizikách rakoviny u ľudí získané z epidemiologických údajov.

Mnohé ľudské karcinogény boli spočiatku spoľahlivo identifikované na primerane testovaných laboratórnych zvieratách, často mnoho rokov predtým, ako boli zistené dôkazy u ľudí (Huff, 1999; Huff, 2013; Maronpot et al., 2004).

Môžu existovať aj konzistentné dôkazy medzi dobre vykonanými (OECD, 2016) štúdiami na zvieratách a ľuďoch o nepriaznivých účinkoch na reprodukciu a vývoj.

Význam experimentálnych biologických testov pre ochranu ľudského zdravia vyplýva aj z hodnotení rizík chemických látok, ktoré sa zakladajú na kvalitne vykonaných štúdiách na zvieratách. Štúdie na zvieratách sa teda využívajú na stanovenie hladiny s najnižším pozorovaným nepriaznivým účinkom (LOAEL, t. j. najnižšia koncentrácia chemickej látky; alebo niekedy hladiny bez pozorovaného nepriaznivého účinku – NOAEL), ktorá spôsobuje nepriaznivé zmeny morfológie, funkčnej kapacity, rastu, vývoja alebo dĺžky života cieľového organizmu, odlišiteľné od neexponovaných zvierat/organizmov toho istého druhu a kmeňa za rovnakých podmienok expozície (Gaylor, 1999).

V prípade RF-EMF výsledky epidemiologických štúdií doteraz poskytli len „obmedzené dôkazy“ o súvislosti s rakovinou, a to najmä kvôli vyššie uvedeným obmedzeniam epidemiologických štúdií a absencii dostatočného nezávislého financovania takéhoto výskumu.

V štúdiách na laboratórnych zvieratách, kde sú rušivé faktory a iné obmedzenia minimálne, sú však dôkazy o karcinogénnom účinku RF-EMF, najmä na bunky periférneho a centrálného nervového systému, spoľahlivejšie ako v roku 2011, a to v nadväznosti na publikácie amerického NTP a Ramazziniho inštitútu z rokov 2018/19, a teraz dosahujú „dostatočnosť“ dôkazov zo štúdií na zvieratách podľa hodnotenia dôkazov IARC (IARC, 2019).

5.1 Rakovina a nižšie telekomunikačné frekvencie (FR1: 450 až 6000 MHz)

V roku 2011 pracovná skupina IARC vzhľadom na obmedzené dôkazy získané na ľuďoch a pokusných zvieratách klasifikovala RF-EMF ako „možno karcinogénne pre ľudí“ (skupina 2B). Toto hodnotenie podporila veľká väčšina členov pracovnej skupiny. Celkové hodnotenie znelo: *Rádiofrekvenčné elektromagnetické polia sú možno karcinogénne pre ľudí* (skupina 2B).

Takmer 10 rokov neskôr bolo uverejnených mnoho nových štúdií a je potrebná aktualizácia. Poradná skupina 29 vedcov z 18 krajín sa v marci 2019 stretla v Medzinárodnej agentúre pre výskum rakoviny (IARC), aby odporučila priority pre program monografií IARC na roky 2020–2024, medzi ktorými sú aj RF-EMF (IARC, 2019).

5.1.1 RF-EMF (FR 1: 450 až 6000 MHz) a rakovina u ľudí

Naše preskúmanie literatúry do roku 2020 zistilo, že od vydania monografie IARC č. 102 (IARC, 2013) bolo uverejnených niekoľko nových epidemiologických štúdií o súvislosti medzi RF-EMF a rakovinou, dôkazy však zostávajú nejednoznačné (protichodné výsledky). V kohorte štúdie Million Women Study neboli zistené žiadne dôkazy o zvýšenom riziku gliómu alebo meningiómu. Zistilo sa zvýšené riziko vestibulárneho schwannómu (neurinómu akustického nervu) pri dlhodobom používaní a významný vzťah medzi dávkou a reakciou (Benson et al., 2013).

Aktualizované sledovanie v rámci celoštátnej dánskej štúdie používateľov mobilných telefónov nezistilo zvýšené riziko gliómu, meningiómu ani vestibulárneho schwannómu, a to ani u osôb s dĺžkou používania 10 a viac rokov (Frei et al., 2011; Schüz et al., 2011).

Nové správy z prípadovo-kontrolných štúdií, ktoré hodnotili dlhodobé používanie, takisto dospeli k nejednoznačným výsledkom; napríklad zvýšené riziko gliómu a akustického neurómu uvádzajú Hardell a Carlberg (2015) a Hardell et al. (2013 a, b), avšak žiadne dôkazy o zvýšenom riziku týchto nádorov neuvádzajú Yoon et al. (2015) a Pettersson et al. (2014).

Niekoľko rozsiahlych štúdií stále prebieha a výsledky by mali byť k dispozícii v priebehu najbližších niekoľkých rokov. Mobi-Kids je multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia nádorov mozgu u osôb vo veku 10–24 rokov. Kohortová štúdia používania mobilných telefónov a zdravia (COSMOS) je nová európska kohortová štúdia dospelých používateľov mobilných telefónov. K dispozícii budú aj aktualizované výsledky štúdie Million Women Study (IARC, 2019).

Niektorí autori uvádzajú, že zvýšené riziko rakoviny mozgu a neurinómu, ktoré dokazujú rôzne epidemiologické štúdie, nezodpovedá pozorovaným časovým trendom výskytu, ktoré sa považujú za informatívne v tejto konkrétnej téme. To však nie je to, čo sme zistili v najnovšej dostupnej literatúre.

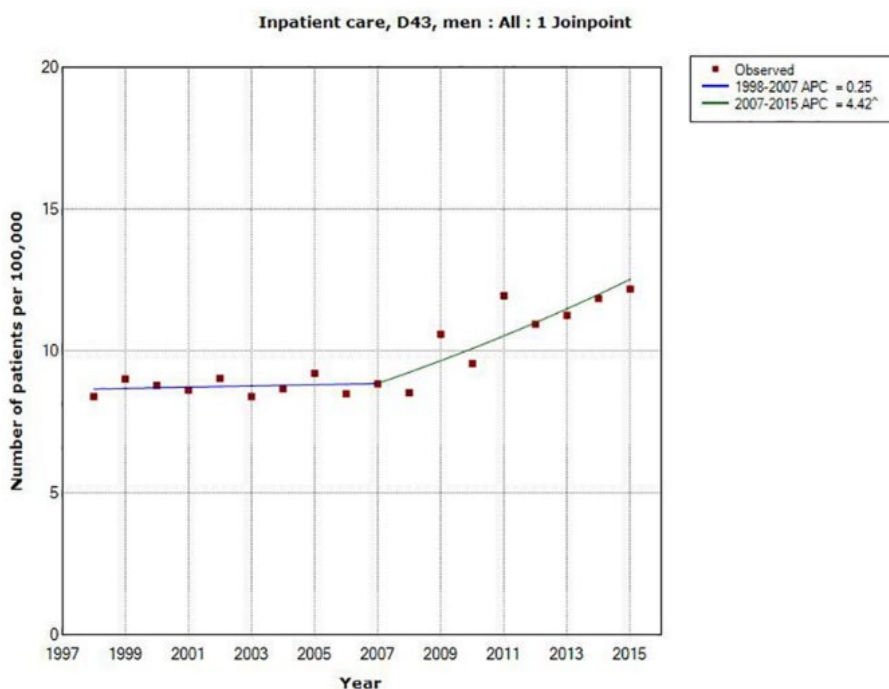
Pokiaľ ide o zhubné nádory centrálného nervového systému (CNS), štúdia Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors (GBD) (GBD 2016, uverejnená v časopise Lancet Neurol, 2019) uvádza celosvetovú incidenciu malígných nádorov CNS na úrovni 4,63 na 100 000 osôb, čo predstavuje nárast o 17,3 % v období od roku 1990 do roku 2016. Prvé tri krajiny s najvyšším počtom nových prípadov boli Čína, USA a India.

V USA bol tiež zaznamenaný nárast výskytu glioblastómu multiforme v čelných a spánkových lalokoch a v mozočku (Little et al., 2012; Zada et al., 2012).

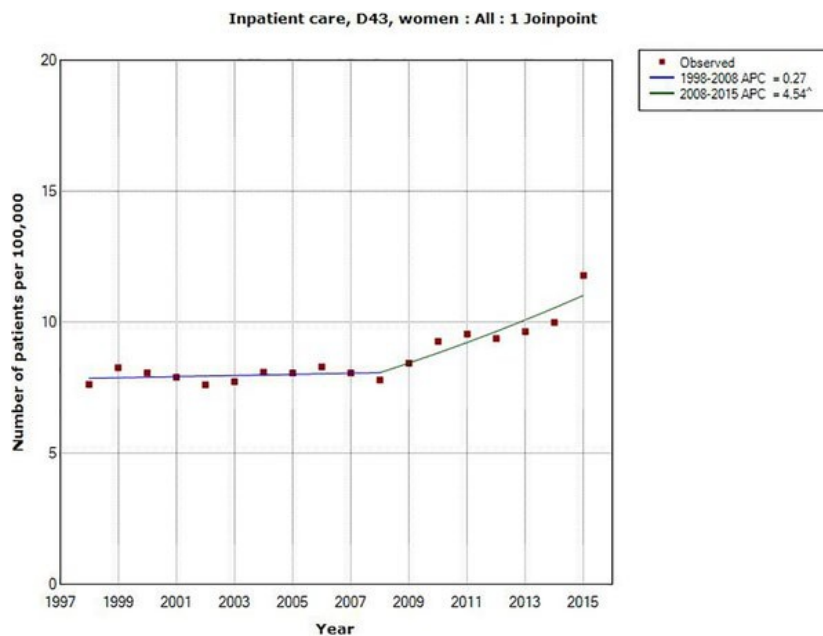
Štúdia založená na registri vo Švédsku (Hardell a Carlberg, 2017) ukázala rastúci počet nádorov neznámeho typu v mozgu s vyššou incidenciou v rokoch 2007–2015 u oboch pohlaví (obr. 17 a 18).

Obr. 17 – Švédsky národný register hospitalizovaných pacientov (zdroj: Hardell a Carlberg, 2017): muži

Analýza regresie Joinpoint počtu pacientov na 100 000 obyvateľov podľa Švédskeho národného registra hospitalizovaných pacientov pre mužov všetkých vekových skupín v rokoch 1998–2015 s diagnózou D43 = nádor neznámeho typu v mozgu alebo CNS (<http://www.socialstyrelsen.se/statistik/statistikdatabas/diagnoserislutenvard>).



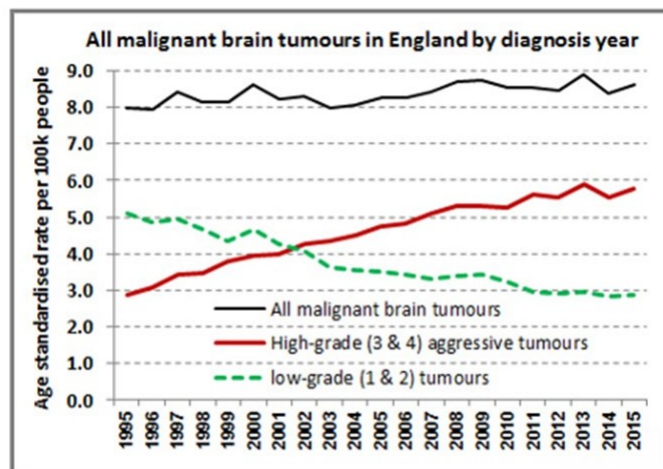
Obrázok 18 – Švédsky národný register hospitalizovaných pacientov (zdroj: Hardell a Carlberg, 2017): ženy
 Analýza regresie Joinpoint počtu pacientov na 100 000 obyvateľov podľa švédskeho národného registra hospitalizovaných pacientov pre ženy všetkých vekových skupín v rokoch 1998–2015 s diagnózou D43 = nádor neznámeho typu v mozgu alebo CNS.
<http://www.socialstyrelsen.se/statistik/statistikdatabas/diagnoserislutenvard>.



Okrem toho ANSES (2019) v publikácii „Estimations nationales de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine entre 1990 et 2018“ uvádza trend výskytu (nové prípady podľa rokov) glioblastómov (maligných nádorov mozgu) potvrdených histologicky. V rokoch 1990 až 2018 sa počet nových prípadov za rok u mužov aj žien zvýšil: je to v podstate pripisované zvýšeniu rizík (environmentálnych, pracovných) súvisiacich s týmto typom rakoviny (ANSES, 2019).

V britskej štúdií založenej na národných údajoch o výskyte zhubných nádorov mozgu bol zaznamenaný nárast výskytu agresívnejšieho typu, ktorý bol identifikovaný v epidemiologických prípadovo-kontrolných štúdiách (obr. 19). Autori sledovali incidenciu nádorov mozgu v troch „hlavných registroch rakoviny“ počas 15-ročného obdobia (1992–2006). Štúdia ukázala „pokles výskytu primárnych nádorov mozgu vo všetkých lokalitách s výnimkou zvýšenej incidencie glioblastómu multiforme (GBM) v čelných lalokoch, spánkových lalokoch a mozočku. Nárast GBM v spánkovom laloku (oblasti mozgu najbližšej k uchu a potenciálne k telefónu) bol zaznamenaný vo všetkých troch registroch, a to v rozmedzí približne 1,3 % až 2,3 % ročne, čo je štatisticky významný zistenie (Philips et al., 2018).

Obrázok 19 – Trendy vo výskyte všetkých malígnych nádorov mozgu v Anglicku
(Philips et al., 2018)



<http://www.saferemr.com/2018/03/brain-tumor-incidence-trends.html>

Záverom, s odvolaním sa na náš výskum týkajúci sa FR1, v literatúre boli pozorované pozitívne *obmedzené* súvislosti medzi vystavením RF-EMF z bezdrôtových telefónov a gliómom a akustickým neurómom u ľudí.

5.1.2 RF-EMF (FR1: 450 až 6000 MHz) a rakovina u pokusných zvierat

Od predchádzajúceho hodnotenia v monografiách IARC v roku 2011 boli uverejnené nové údaje o vystavení RF-EMF (FR1) u pokusných zvierat (IARC, 2013).

Rozsiahla štúdia Národného toxikologického programu Spojených štátov (NTP) zistila zvýšené riziko malígnych schwannómov srdca u samcov potkanov s vysokou expozíciou vysokofrekvenčnému žiareniu pri frekvenciách používaných mobilnými telefónmi, ako aj možné zvýšené riziko určitých typov nádorov v mozgu a nadobličkách a nejednoznačné zvýšené riziko u myši alebo samíc potkanov (NTP, 2018a, b).

Štúdia Ramazziniho inštitútu (RI) tiež zistila štatisticky významný nárast schwannómov srdca u vysoko vystavených (50 V/m) samcov potkanov a nárast gliómov u samíc potkanov (Falcioni et al., 2018). V štúdiu Lee et al. (2011) na transgénnych myšiach Eμ-piml, náchylných na lymfómy, nebol pozorovaný žiadny nárast výskytu nádorov. Lerchl et al. (2015) v štúdiu o podpore zistili, že nádory pľúc a pečene u exponovaných zvierat boli výrazne častejšie ako u kontrolných zvierat s fiktívnou expozíciou. Okrem toho sa zistilo, že expozícia výrazne zvyšuje výskyt lymfómov, čo naznačuje podporný účinok RF-EMF.

Štúdia NTP v hodnote 30 miliónov dolárov zahŕňa myši aj potkany. Jej dokončenie trvalo viac ako 10 rokov a je to jedno z najkomplexnejších doterajších hodnotení zdravotných účinkov u zvierat vystavených RF-EMF, myši a potkanov. FDA vyzvala na tento výskum v roku 1999.

V tejto štúdiu NTP zistilo u myši vystavených GSM v dialke nádory kože a pľúc u samcov a malígne lymfómy u samíc. U myši vystavených CDMA v dialke sa prejavil nárast hepatoblastómov pečene u samcov a malígnych lymfómov u samíc. Výsledky boli označené za nejednoznačné (marginálny nárast novotvarov, ktorý môže súvisieť s testovanou látkou, aj keď zvýšený výskyt nádorov bol štatisticky významný).

Dlhodobá štúdia na potkanoch (NTP, 2018a) zistila, že vystavenie vysokým hladinám RF-EMF, aké sa používajú v mobilných telefónoch 2G a 3G, bolo spojené s:

- Jasnými dôkazmi nádorov v srdciach samcov potkanov (malígne schwannómy).

- Niektorými dôkazmi nádorov v mozgu samcov potkanov (malígne gliómy).
- Určitými dôkazmi nádorov v nadobličkách samcov potkanov (feochromocytómami).

Odborná recenzná komisia dospela k záveru, že štúdie NTP boli dobre navrhnuté a že ich výsledky preukázali, že rádiové frekvenčné žiarenie modulované systémami GSM aj CDMA má karcinogénny účinok na srdce (schwannomy) a mozog (gliómy) samcov potkanov (Záverčné hodnotenie: *Jasný dôkaz karcinogenity*) (NTP, 2018c).

RI v Taliansku vykonalo štúdiu karcinogenity počas celého života na potkanoch Sprague-Dawley s cieľom vyhodnotiť karcinogénne účinky RF-EMF v situácii vzdialeného poľa, pričom reprodukovalo environmentálnu expozíciu RF-EMF generovanému 1,8 GHz GSM anténami na rádiových základňových staniciach pre mobilné telefóny. Ide o najväčšiu dlhodobú štúdiu, aká bola kedy vykonaná na potkanoch, zameranú na zdravotné účinky RF-EMF, zahŕňajúcu 2 448 zvierat. Autori uviedli konečné výsledky týkajúce sa nádorov mozgu a srdca, ktoré potvrdili a posilnili rovnaké pozorovanie ako NTP u potkanov: štatisticky významný nárast schwannómov srdca u samcov a nárast malígnych gliových nádorov u samíc.

Nedávne štúdie NTP a RI týkajúce sa RF-EMF priniesli podobné zistenia v súvislosti so schwannómami srdca a gliómami mozgu, čím sa vzájomne potvrdili ich výsledky. Štúdie NTP aj RI boli vykonané kvalitne, bez akéhokoľvek skreslenia ovplyvňujúceho výsledky. V experimentoch NTP aj RI sa uplatňovalo zaslepenie v súlade s príslušnými štandardnými operačnými postupmi (SOP) alebo špecifikáciami. Je celkom bežné, že myši a potkany reagujú na karcinogénu odlišne, a rozdiely v reakcii na karcinogény medzi pohlaviami sú bežné tak u pokusných zvierat, ako aj u ľudí. Schwannomy sú nádory vznikajúce zo Schwannových buniek, ktoré sú periférnymi gliovými bunkami pokrývajúcimi a chrániacimi povrch všetkých nervov rozptýlených po celom tele; vestibulárne (akustické nervové) a srdcové schwannomy majú teda rovnakú tkanivovú pôvod. U potkanov je zvýšený výskyt malígnych srdcových schwannómov, malígnych gliových nádorov mozgu a hyperplázie Schwannových buniek (premalígnej lézie) zriedkavý. Tieto lézie však boli pozorované u exponovaných zvierat v dvoch nezávislých laboratóriách v širokom rozsahu skúmaných expozícií RF-EMF. V dôsledku toho nebolo možné interpretovať zistenia týchto dvoch laboratórií ako „náhodné“. Štúdie NTP a RI ukazujú, že predpoklad, že RF žiarenie nie je schopné spôsobiť nepriaznivé účinky na zdravie iné ako ohrievanie tkaniva, nemá vedecké opodstatnenie.

Stojí za zmienku, že ako NTP, tak aj RI za posledných 40 rokov svojimi výsledkami výrazne prispeli k posudzovaniu rizík rôznych chemických a fyzikálnych činiteľov. Ich výsledky mali často prediktívny charakter pre ľudské zdravie. NTP je najväčší toxikologický program na svete; pokiaľ ide o počet študovaných činiteľov, RI je na druhom mieste hneď za NTP. Dvojročné štúdie karcinogenity NTP a RI a ich publikácie sa tiež považujú za „zlatý štandard“ štúdií rakoviny vďaka ich vysokej kvalite, užitočnosti pri hodnotení rizík pre ľudské zdravie a prítomnosti, transparentnosti a nezávislosti, ktorú prinášajú do hodnotenia údajov.

Záverom možno konštatovať, že u pokusných zvierat vystavených FR1 boli pozorované pozitívne súvislosti s *dostatočnými* dôkazmi medzi expozíciou RF-EMF a gliómami a neurómami (synonymum pre schwannóm).

5.2 Rakovina a vyššie telekomunikačné frekvencie (FR2: 24 až 100 GHz)

5.2.1 RF-EMF (FR2: 24 až 100 GHz) a rakovina u ľudí

Veľmi málo štúdií bolo vykonaných na frekvenciách medzi 24 až 100 GHz (FR2). Najväčšia časť z nich sa týkala pracovnej expozície u pracovníkov zapojených do radarovej telekomunikácie. Expozícia bola uvádzaná samotnými účastníkmi alebo súvisela s pracovnou pozíciou a bola založená na vzdialenosti od zdroja RF emisií. Na záver, hoci existujú slabé náznaky možného zvýšenia rizika rakoviny mozgu, lymfómov a leukémií u pracovníkov vystavených expozícii v rámci svojej profesie, nesprávna klasifikácia expozície

nesprávna klasifikácia expozície a nedostatočná pozornosť venovaná možným confounderom obmedzujú interpretáciu zistení. V monografii IARC č. 102 bol záver:

Nádory mozgu: „nesprávna klasifikácia expozície a nedostatočná pozornosť venovaná možným zmätočným faktorom obmedzujú interpretáciu zistení. Neexistuje teda jasný dôkaz o súvislosti medzi pracovnou expozíciou RF žiarenia a rizikom rakoviny mozgu“ (IARC, 2013).

„Leukémia/lymfóm: Zhrnutie: hoci existovali slabé náznaky možného zvýšenia rizika leukémie alebo lymfómu v súvislosti s expozíciou vysokofrekvenčnému žiareniu v pracovnom prostredí, obmedzené posúdenie expozície a možné rušivé faktory sťažujú interpretáciu týchto výsledkov“ (IARC, 2013).

Objavili sa aj iné druhy nádorov, ktoré by mohli súvisieť s expozíciou vysokým frekvenciám (melanóm uvej, rakovina semenníka, prsníka, pľúc a kože), avšak mnohé štúdie vykazovali metodické obmedzenia a výsledky boli nekonzistentné (IARC, 2013).

Tento prehľad potvrdzuje poznámky IARC, že pokiaľ ide o najvyššiu frekvenciu 5G (FR2), neexistujú žiadne adekvátne epidemiologické štúdie, na základe ktorých by bolo možné posúdiť vplyv na zdravie.

5.2.2 RF-EMF (FR2: 24 až 100 GHz) a rakovina u pokusných zvierat

Bolo preskúmaných 76 štúdií zameraných na rakovinu u pokusných zvierat. Nebola nájdená žiadna dostupná literatúra týkajúca sa novej súvislosti medzi experimentálnou karcinogenitou a RF žiarením v rozsahu 24 až 100 GHz (FR2).

5.3 Nežiaduce účinky na reprodukciu/vývoj a nižších telekomunikačných frekvenciách (FR1: 450 až 6000 MHz)

5.3.1 RF-EMF (450 až 6000 MHz) a nepriaznivé účinky na reprodukciu /vývoj u ľudí.

Približne 2800 štúdií v tomto prehľade spĺňalo vopred stanovené kritériá zaradenia. Ďalšie záznamy identifikované prostredníctvom preštudovaných článkov odhalili niekoľko ďalších vhodných článkov. Na extrakciu údajov sa však použilo celkovo len 40 článkov a 26 epidemiologických štúdií bolo posúdených ako metodicky adekvátnych. Výsledky prehľadu sú uvedené v tabuľke 18.

➤ Plodnosť mužov

V posledných rokoch sme pozorovali všeobecný nárast percenta mužskej neplodnosti. Pripisuje sa to celému radu faktorov týkajúcich sa životného prostredia, zdravia a životného štýlu.

Počet spermii, ich pohyblivosť, integrita DNA, životaschopnosť a morfológia boli parametre, ktoré boli najviac ovplyvnené vystavením mužov RF-EMF.

FR1 (450 až 6000 MHz): Existujú dostatočné dôkazy o súvislosti medzi vystavením RF-EMF a nepriaznivým vplyvom na plodnosť u mužov.

➤ Expozícia tehotných žien

Potraty a predčasné pôrody u žien, ktoré počas tehotenstva intenzívne používali mobilné telefóny, boli popísané ako možné súvisiace s expozíciou embrya/plodu počas tehotenstva; štúdie sú príliš obmedzené počtom a nedostatočné na posúdenie expozície, aby bolo možné dospieť k definitívnym záverom. Súvislosť nemožno ani vylúčiť, ani potvrdiť.

FR1 (450 až 6000 MHz): Existujú obmedzené dôkazy o súvislosti medzi vystavením RF-EMF a nepriaznivým vplyvom na plodnosť žien.

➤ **Vplyv na vývoj potomkov**

U potomkov boli behaviorálne ťažkosti a motorické/kognitívne/jazykové oneskorenia skúmané prostredníctvom epidemiologické prierezové a kohortové štúdie; výsledky sú nejednoznačné (protichodné) a nie sú jednoznačné. Súvislosť nemožno ani vylúčiť, ani potvrdiť.

FR1 (450 až 6000 MHz): Existujú obmedzené dôkazy o súvislosti medzi expozíciou RF-EMF a nepriaznivým vplyvom na zdravie potomstva.

5.3.2 RF-EMF (450 až 6000 MHz) a nepriaznivé účinky na reprodukciu /vývoj u pokusných zvierat.

Dôležitým aspektom posudzovania bezpečnosti chemických a fyzikálnych činiteľov je stanovenie ich potenciálnej reprodukčnej a vývojovej toxicity. Viacero usmernení stanovilo sériu samostatných štúdií reprodukčnej a vývojovej toxicity od oplodnenia až po dospelosť a v niektorých prípadoch až po druhú generáciu.

Smernica OECD č. 443 je určená na posúdenie vplyvov na reprodukciu a vývoj, ktoré môžu nastať v dôsledku prenatálnej a postnatálnej expozície chemickým látkam, ako aj na posúdenie systémovej toxicity u tehotných a dojčiacich samíc a u mláďat a dospelých potomkov. Tieto testovacie usmernenia sú určené na hodnotenie vplyvov na reprodukciu a vývoj, ktoré môžu nastať v dôsledku expozície chemickým látkam pred a po narodení, ako aj na hodnotenie systémovej toxicity u tehotných a dojčiacich samíc a u mladých a dospelých potomkov.

Rozšírená štúdia reprodukčnej toxicity jednej generácie (EOGRTS) je najnovším a najkomplexnejším usmernením v tejto sérii. EOGRTS stanovuje toxicitu počas obdobia pred počatím, vývoja embrya/plodu a novorodenca, dospievania a dospelosti, so špecifickým dôrazom na nervový, imunitný a endokrinný systém. EOGRTS tiež hodnotí toxicitu u matky a otca.

Cieľom štúdie prenatálnej vývojovej toxicity je poskytnúť všeobecné informácie o vplyvoch prenatálnej expozície na tehotné pokusné zviera a na vyvíjajúci sa organizmus. Konkrétnejšie, štúdia vývojovej toxicity má za cieľ identifikovať priame a nepriame vplyvy na vývoj embrya a plodu vyplývajúce z expozície látky; identifikovať akúkoľvek toxicitu pre matku; stanoviť vzťah medzi pozorovanými reakciami a dávkou u matky aj u potomstva; stanoviť hodnoty NOAEL (no observed adverse effect level – úroveň, pri ktorej neboli pozorované nepriaznivé účinky na matku a vývoj mláďat).

Vybrali a analyzovali sme štúdie na zvieratách s ohľadom na ich súlad s uvedenými usmerneniami, hoci náš prístup bol skôr inkluzívny, ak bol počet zvierat, posúdenie expozície a postup považované za prijateľné.

Výsledky sú zhrnuté v tabuľke 27. Spomedzi rôznych nepriaznivých účinkov FR1 bolo najzreteľnejšie zhoršenie kvality spermií.

Štruktúralne a/alebo fyziologické analýzy semenníkov ukázali degeneratívne zmeny, zníženú hladinu testosterónu, zvýšený počet apoptotických buniek a zvýšenú produkciu reaktívnych foriem kyslíka (ROS).

Pre všetky ostatné parametre boli výsledky obmedzené a neumožňujú jednoznačné hodnotenie.

➤ **Plodnosť samcov**

Pokiaľ ide o expozíciu RF-EMF, počet spermíí, pohyblivosť, integrita DNA, životaschopnosť a morfológia spermíí boli najviac ovplyvnenými parametrami pri expozícii pokusných zvierat RF-EMF.

FR1 (450 až 6000 MHz): Existujú dostatočné dôkazy o súvislosti medzi vystavením RF-EMF a nepriaznivým vplyvom na plodnosť u samcov pokusných zvierat.

➤ **Plodnosť samíc**

Počet štúdií je príliš obmedzený na to, aby bolo možné dospieť k definitívnym záverom. Dve adekvátne Preskúvané štúdie poukazujú na nepriaznivé účinky, avšak súvislosť nemožno ani poprieť, ani potvrdiť.

FR1 (450 až 6000 MHz): Existujú obmedzené dôkazy o súvislosti medzi vystavením RF-EMF a nepriaznivým vplyvom na plodnosť u samíc pokusných zvierat.

➤ **Vplyv na vývoj potomstva**

U potomstva boli dĺžka gravidity, rast plodu, charakteristiky vrhu a neurobehaviorálne účinky skúmali prostredníctvom experimentálnych biologických testov na hlodavcoch. Niektoré štúdie boli pozitívne, ale výsledky rôznych štúdií sú často protichodné a pri hodnotení expozície boli pozorované obmedzenia. Výsledky teda neboli jednoznačné. Súvislosť nemožno poprieť, ani potvrdiť.

FR1 (450 až 6000 MHz): Existujú obmedzené dôkazy o súvislosti medzi expozíciou RF-EMF a nepriaznivým vplyvom na vývojové parametre u matiek aj potomstva.

5.4 Nepriaznivý vplyv na reprodukciu/vývoj a vyššie telekomunikačné frekvencie (FR2: 24 až 100 GHz)

5.4.1 Nepriaznivý vplyv na reprodukciu/vývoj u ľudí (FR2: 24 až 100 GHz)

Niekoľko dostupných epidemiologických štúdií, ktoré sme analyzovali, bolo vykonaných na mužoch vystavených expozícii v rámci výkonu povolania (tabuľka 20). Boli hlásené nepriaznivé účinky na plodnosť spermíí. Dve dostupné prierezové štúdie však majú obmedzenie v podobe expozície uvádzanej samotnými účastníkmi alebo hodnotenia vykonaného na základe pracovnej pozície. Súvislosť nemožno poprieť ani potvrdiť. Na základe nášho vyhľadávania neboli nepriaznivé účinky na vývoj pri týchto vyšších frekvenciách dostatočne študované na ľudskej populácii.

FR2 (24 až 100 GHz): V tomto pásme vyšších frekvencií neboli vykonané žiadne primerané štúdie.

5.4.2 Nepriaznivý vplyv na reprodukciu/vývoj v štúdiách na pokusných zvieratách (FR2: 24 až 100 GHz)

V niekoľkých štúdiách zameraných na vyššie frekvencie boli primerane skúmané iba nepriaznivé tepelné účinky.

FR2 (24 až 100 GHz): V tomto pásme vyšších frekvencií neboli vykonané žiadne primerané štúdie.

6. Závěry

6.1 Telekomunikačné frekvencie FR1 450 MHz – 6000 MHz

6.1.1 Rakovina u ľudí

Existujú obmedzené dôkazy o karcinogenite vysokofrekvenčného žiarenia u ľudí. Od roku 2011 sa opäť pozorujú pozitívne súvislosti medzi vystavením vysokofrekvenčnému žiareniu z bezdrôtových telefónov a gliómom a akustickým neurómom, ale dôkazy ešte nie sú dostatočne silné na to, aby sa potvrdil priamy vzťah.

6.1.2 Rakovina u pokusných zvierat

Existujú dostatočné dôkazy o karcinogenite vysokofrekvenčného žiarenia u pokusných zvierat.

6.1.3 Vplyv na reprodukciu a vývoj u ľudí

Existujú dostatočné dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť mužov. Existujú *obmedzené* dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť žien. Existujú *obmedzené* dôkazy o vplyve na vývoj potomkov matiek, ktoré počas tehotenstva intenzívne používali mobilné telefóny.

6.1.4 Vplyv na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat

Existujú dostatočné dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť samcov potkanov a myší. Existujú *obmedzené* dôkazy o nepriaznivých účinkoch na plodnosť samíc myší. Existujú *obmedzené* dôkazy o nepriaznivých účinkoch na vývoj potomkov potkanov a myší vystavených žiareniu počas embryonálneho vývoja.

6.2 Telekomunikačné frekvencie FR2: 24 až 100 GHz

6.2.1 Rakovina u ľudí

Málo dostupných a nedostatočných údajov neumožňuje žiadne hodnotenie.

6.2.2 Rakovina u pokusných zvierat

Žiadne údaje nie sú k dispozícii.

6.2.3 Vplyv na reprodukciu a vývoj u ľudí

Údaje nie sú k dispozícii.

6.2.4 Vplyv na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat

Údaje nie sú k dispozícii.

6.3 Celkové hodnotenie

6.3.1 Rakovina

FR1 (450 až 6000 MHz): Ako zhrnutie toho, čo sa nám podarilo analyzovať v dostupnej vedeckej literatúre, a to tak v štúdiách na ľuďoch, ako aj na zvieratách, môžeme konštatovať, že vystavenie RF-EMF pri frekvenciách FR1 pravdepodobne spôsobuje rakovinu, a to najmä gliómy a akustické neuromy u ľudí.

FR2 (24 až 100 GHz): Neboli vykonané žiadne adekvátne štúdie o netermických účinkoch vyšších frekvencií.

6.3.2 Vplyv na reprodukciu a vývoj

FR1 (450 až 6000 MHz): Tieto frekvencie *jednoznačne* ovplyvňujú mužskú plodnosť. Tieto frekvencie *pravdepodobne* ovplyvňujú ženskú plodnosť. *Pravdepodobne* majú nepriaznivé účinky na vývoj embryí, plodov a novorodencov.

FR2 (24 až 100 GHz): Neboli vykonané *žiadne primerané* štúdie o netermických účinkoch vyšších frekvencií.

7. Možnosti politiky

Nižšie sú uvedené možnosti politických opatrení vyplývajúce z tejto správy – týkajúce sa frekvencií 5G (700 MHz, 3600 MHz, 26 GHz) a so zreteľom na to, že frekvencie 2G, 3G a 4G sa budú naďalej používať ešte mnoho rokov.

7.1 Rozhodnutie pre novú technológiu mobilných telefónov, ktorá umožňuje znížiť vystavenie RF žiareniu

Zdrojom RF emisií, ktorý v súčasnosti predstavuje najväčšiu hrozbu, sú mobilné telefóny. Hoci niektorí ľudia vnímajú vysielacie zariadenia (rádiové veže) ako najväčšie riziko, v skutočnosti najväčšia záťaž z ožiarovania u ľudí všeobecne pochádza z ich vlastných mobilných telefónov a epidemiologické štúdie zaznamenali štatisticky významný nárast nádorov mozgu a nádorov Schwannových buniek periférnych nervov, hlavne u častých používateľov mobilných telefónov.

Preto musíme zabezpečiť, aby sa vyrábali čoraz bezpečnejšie telefónne zariadenia, ktoré vyžarujú nízku energiu a ak je to možné, fungujú len v určitej vzdialenosti od tela. Káblové slúchadlo rieši veľkú časť problému, ale je nepohodlné, a preto odrádza používateľov; na druhej strane nie je vždy možné používať režim hlasitého odposluchu.

Možnosť čo najviac znížiť vystavenie RF-EMF v súvislosti s telefónmi stále platí bez ohľadu na frekvencie, od 1G po 5G. Krajiny ako USA a Kanada, ktoré uplatňovali prísnejšie limity SAR pre mobilné telefóny ako Európa, boli stále schopné vybudovať efektívne 2G, 3G a 4G komunikácie (Madjar, 2016). Keďže cieľom 5G je byť energeticky úspornejšie ako predchádzajúce technológie, prijatie prísnejších limitov v EÚ pre mobilné telefóny bude zároveň udržateľným aj preventívnym prístupom.

7.2 Revízia expozície verejnosti a expozícií limitov pre verejnosť a životné prostredie s cieľom znížiť vystavenie RF žiareniu z mobilných vysieláčov

Nedávne európske politiky (Európska komisia, 2019) presadzujú udržateľnosť nového modelu hospodárskeho a sociálneho rozvoja, ktorý využíva nové technológie na neustále monitorovanie zdravotného stavu planéty, vrátane zmeny klímy, energetickej transformácie, agroekológie a zachovania biodiverzity. Využitie najnižších frekvencií 5G a prijatie preventívnych limitov expozície, aké sa používajú napríklad v Taliansku, Švajčiarsku, Číne a Rusku a ktoré sú výrazne nižšie ako limity odporúčané ICNIRP, by mohlo pomôcť dosiahnuť tieto európske ciele udržateľnosti.

To, čo epidemiologické štúdie už v roku 2011 (IARC, 2013) preukázali, potvrdili štúdie na laboratórnych zvieratách, najmä pokiaľ ide o súvislosť medzi expozíciou RF-EMF a karcinogénnym účinkom na nervový systém. Úroveň bezpečnosti, ktorá je v súčasnosti povolená v Európe, je 61 V/m (ICNIRP, 2020a). Najnižšia dávka, pri ktorej boli tieto účinky experimentálne pozorované pri expozícii v diaľkovom poli, je 50 V/m. V tej istej experimentálnej štúdií (Falcioni et al, 2018) bol akýkoľvek karcinogénny účinok pozorovaný pri 5 V/m.

Vzhľadom na tento výsledok by jednou z možností bolo prehodnotiť maximálne hodnoty expozície v obytných a verejných priestoroch v celej Európe. Hodnoty by sa mohli znížiť najmenej desaťnásobne, t. j. na približne 6 V/m, čo je úroveň expozície, pri ktorej neboli u pokusných zvierat pozorované žiadne účinky na vznik rakoviny. 6 V/m sa zdá byť aj preventívnou hranicou, pri ktorej sa neobjavujú žiadne nepriaznivé účinky na plodnosť. Môže to znieť ako neuskutočiteľne nízka hodnota, ak máme rozšíriť telekomunikácie o 5G, ale nie je to tak.

V Taliansku napríklad zákon stanovuje hornú hranicu 20 V/m, hoci všade tam, kde sú ľudia neustále vystavení pôsobeniu viac ako štyri hodiny (domovy, pracoviská, školy, miesta zhromažďovania atď.), je kritická hodnota stanovená na 6 V/m. Tento limit je veľmi blízko k 5 V/m, ktoré sme spomínali skôr ako bezpečné pre pokusné zvieratá. Hodnoty NOAEL („No Observed Adverse Effect Level“ – úroveň bez pozorovaných nepriaznivých účinkov) v experimentálnych štúdiách sa bežne používajú pri hodnotení rizík a vo výskume (Gaylor, 1999).

V mnohých talianskych mestách, vrátane Bologne, už 5G funguje na frekvencii 3600 MHz. Údaje z monitorovania ukazujú, že priemerná expozícia v meste Bologna bola v roku 2019 1,97 V/m (s maximom 4,62 V/m v jednom konkrétnom prípade). Štatistiky za rok 2020 sa ešte spracúvajú, ale v žiadnom prípade neboli prekročené hodnoty stanovené talianskym zákonom. Momentálne sa teda zdá, že je možné vybudovať nové zariadenia pri dodržaní zákonných limitov.

Ďalším príkladom je Paríž. Mesto dosiahlo dohodu so štyrmi hlavnými francúzskymi operátormi mobilných sietí, ktorej cieľom je zaviesť prísnejšie normy pre žiarenie zo sietí. Limit vystavenia RF-EMF bol znížený z predchádzajúcich 7 V/m na 5 V/m pre vnútorné priestory, čo predstavuje 30-percentné zníženie pri referenčnej frekvencii 900 MHz, čím sa stanovil nižší limit ako ten, ktorý bol prijatý v Bruseli (6 V/m) alebo Ríme (6 V/m). Dohoda, ktorú v roku 2017 schválilo parížske mestské zastupiteľstvo, zahŕňa aj plány na zavedenie novej monitorovacej služby, ktorá pomôže merať úrovne EMF v budovách. Brusel je tretím príkladom prijatia nižšej hranice 6 V/m.

7.3 Prijatie opatrení na podporu znižovania vystavenia RF-EMF

Veľkú časť pozoruhodného výkonu novej bezdrôtovej technológie 5G je možné dosiahnuť aj využitím optických káblov a zavedením inžinierskych a technických opatrení na zníženie expozície zo systémov 2G až 4G (Keiser, 2003; CommTech Talks, 2015; Zlatanov, 2017). Tým by sa minimalizovala expozícia všade tam, kde sú potrebné pripojenia na pevných miestach. Napríklad by sme mohli použiť optické káble na prepojenie škôl, knižníc, pracovísk, domovov, verejných budov, všetkých nových budov atď. Verejné zhromažďovacie miesta by mohli byť zónami bez RF-EMF (ako je to v prípade fajčenia cigariet), aby sa zabránilo pasívnej expozícii ľudí, ktorí nepoužívajú mobilný telefón ani technológiu prenosu na veľké vzdialenosti, čím by sa chránili mnohí zraniteľní starší ľudia alebo osoby s oslabeným imunitným systémom, deti a osoby citlivé na elektromagnetické pole.

7.4 Podpora multidisciplinárneho vedeckého výskumu s cieľom posúdiť dlhodobé zdravotné účinky 5G a nájsť vhodnú metódu monitorovania vystavenia 5G

V odbornej literatúre neexistujú žiadne adekvátne štúdie, na základe ktorých by bolo možné vylúčiť riziko výskytu nádorov a nepriaznivých účinkov na reprodukciu a vývoj v dôsledku vystavenia mikrovlnnému žiareniu 5G, ani vylúčiť možnosť určitých synergických interakcií medzi 5G a inými frekvenciami, ktoré sa už využívajú. V dôsledku toho je zavedenie 5G spojené s neistotou, pokiaľ ide o zdravotné otázky aj o prognózovanie/monitorovanie skutočnej expozície obyvateľstva: tieto medzery vo vedomostiach sa uvádzajú ako dôvod na odôvodnenie výzvy na moratórium na 5G MMW, kým sa nedokončí primeraný výskum.

Vzhľadom na tieto neistoty je jednou z politických možností podporovať multidisciplinárny tímový výskum rôznych faktorov týkajúcich sa hodnotenia expozície, ako aj biologických účinkov 5G MMW na ľudí, flóru a faunu životného prostredia, neľudské stavovce, rastliny, huby a bezstavovce pri frekvenciách medzi 6 a 300 GHz. Výsledky týchto štúdií by mohli tvoriť základ pre vypracovanie politik založených na dôkazoch týkajúcich sa expozície ľudí a

neľudských organizmov frekvenciám 5G MMW. Sú potrebné ďalšie štúdie na lepšie a nezávislé preskúmanie zdravotných účinkov RF-EMF vo všeobecnosti a MMW zvlášť.

Cieľom nariadenia REACH je zlepšiť ochranu ľudského zdravia a životného prostredia prostredníctvom lepšej a včasnejšej identifikácie vnútorných vlastností chemických látok. Nariadenie REACH EÚ upravuje registráciu, hodnotenie, povoľovanie a obmedzovanie chemických látok. Jeho cieľom je tiež posilniť inováciu a konkurencieschopnosť chemického priemyslu EÚ. Nariadenie REACH EÚ vychádza zo zásady „bez údajov žiadny trh“, čím kladie zodpovednosť za poskytovanie informácií o bezpečnosti látok na priemysel. Výrobcovia a dovozcovia sú povinní zhromažďovať informácie o vlastnostiach svojich chemických látok, ktoré umožnia ich bezpečnú manipuláciu, a registrovať tieto informácie v centrálnej databáze Európskej chemickej agentúry (ECHA) v Helsinkách. Jednou z politických možností môže byť uplatňovanie rovnakého prístupu, aký sa používa v prípade chemických látok, na všetky typy technologických inovácií.

7.5 Podpora informačných kampaní o 5G

Bohužiaľ, chýbajú informácie o potenciálnych škodlivých účinkoch RF-EMF. Táto informačná medzera vytvára priestor pre popieračov aj alarmistov, čo vedie k sociálnemu a politickému napätiu v mnohých krajinách EÚ (OECD, 2017). Kampane zamerané na informovanie občanov by preto mali byť prioritou.

Informačné kampane by sa mali realizovať na všetkých úrovniach, počnúc školami. Mali by poukazovať na potenciálne zdravotné riziká, ale aj na príležitosti digitálneho rozvoja, na existujúce alternatívy infraštruktúry pre prenos 5G, na bezpečnostné opatrenia (limity expozície) prijaté EÚ a členskými štátmi a na správne používanie mobilných telefónov. Iba prostredníctvom spoľahlivých a presných informácií môžeme získať späť dôveru občanov a dosiahnuť spoločnú dohodu o technologickej voľbe, ktorá pri správnom riadení môže priniesť veľké sociálne a ekonomické prínosy.

8. Referencie

8.1 Všeobecné referencie

- Adams JA, Galloway TS, Mondal D, et al. Vplyv mobilných telefónov na kvalitu spermií: systematický prehľad a metaanalýza. *Environ Int.* 2014; 70: 106-12.
- Adebayo EA, Adeeyo AO, Ayandele AA, Omomowo IO. Vplyv RFy žiarenia z telekomunikačných základňových staníc na mikrobiálnu diverzitu a rezistenciu voči antibiotikám. *J Appl Sci Environ Manag.* 2014; 18: 669–674.
- Agiwal M, Roy A, Saxena N. Bezdrôtové siete 5G novej generácie: komplexný prieskum. *IEEE Communications Surveys and Tutorials.* 2016; 8:1617-1655.
- Akdeniz M, Liu Y, Samimi M, et al. Modelovanie kanálov milimetrových vln a hodnotenie kapacity mobilných sietí. *IEEE J. Sel. Areas Commun.* 2014; 32:1–18.
- Alekseev ,S., Ziskin ,M. Millimeter wave power density in aqueous biological samples. *Bioelectromagnetics.* 2001;22: 288-291.
- Alphandéry E. Liečba glioblastómu: prehľad najnovších priemyselných vývojev. *Frontiers in Pharmacology.* 2018; 9: 879. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphar.2018.00879> DOI=10.3389/fphar.2018.00879
- Al-Saadeh O, Sung KA. Porovnanie výkonu vnútropásmového plne duplexného a dynamického TDD pre vnútorné bezdrôtové siete 5G. *EURASIP, Journal on Wireless Communications and Networking.* 2018.
- ANSES, Francúzska agentúra pre potraviny, životné prostredie a bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. 2013; https://www.anses.fr/en/content/anses-issues-recommendations-limiting-exposure-radiofrequencies?utm_campaign=Issue%20506_13_Oct_16_.htm&utm_medium=email&utm_source=Eloqua&elq=cb3f837aad7a401d8ff78f74b52ac467&elqCampaignId=712
- ANSES, Francúzska agentúra pre potraviny, životné prostredie a bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. Národné odhady výskytu a úmrtnosti na rakovinu v metropolitnej Francúzsku v rokoch 1990 až 2018 .2019. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/cancers/cancer-du-sein/documents/rapport-synthese/estimations-nationales-de-l-incidence-et-de-la-mortalite-par-cancer-en-france-metropolitaine-entre-1990-a-2018-zvazok-1-solidne-nadory-studia>
- Armstrong R, Hall BJ, Doyle J, Waters E. Cochrane Update. Stanovenie rozsahu Cochraneho prehľadu. *Časopis Public Health.* 2011; 33: 147–50.
- Rakúsky technologický inštitút. 5G-Mobilfunk und Gesundheit; Záverečná správa, vypracovaná na objednávku rakúskych parlamentu. 2020. https://www.parlament.gv.at/ZUSD/FTA/5G-Gesundheit_Endbericht_final.pdf
- Baan R, Grosse A, Lauby-Secretan B, et al., v mene pracovnej skupiny pre monografie Medzinárodnej agentúry pre výskum rakoviny pri WHO. Karcinogenita vysokofrekvenčných elektromagnetických polí. 2011. Uverejnené online, www.thelancet.com/oncology
- Baracca P, Weber A, Wild T, Grangeat C. Štatistický prístup k posúdeniu hraníc dodržiavania limitov vystavenia RF v systémoch Massive MIMO. 2018 :ArXiv abs/1801.08351.
- Balazs-Bertenyi B. Štandardy 5G NR v 3GPP. 2017. https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/event/the-silicon-valley-5g-summit-2017/Session-1_3GPP_Balazs-Bertenyi.pdf.
- Centrum pre kontrolu chorôb v Britskej Kolumbii. Sada nástrojov pre odborníkov v oblasti environmentálneho zdravia. Kanada, 2013. http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/EH/EH/RadiofrequencyToolkit_v5_26032014.pdf

- Bhartiya P. a kol. Ožiarovanie fyziologického roztoku pulznými mikrovlnami s vysokým výkonom 3,5 GHz a ich biologické hodnotenie na ľudských bunkových líniiach. *Sci Rep.* 2021; 11: 8475. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88078-x>
- BERENIS Newsletter. Špeciálne vydanie. Švajčiarska expertná skupina pre elektromagnetické polia a neionizujúce žiarenie. 2021. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/electrosmog/newsletter-of-the-swiss-expert-group-on-electromagnetic-fields-a.html>
- Blackman C, Forge S. Zavádzanie 5G: Súčasný stav v Európe, USA a Ázii. Podrobná analýza vyžiadaná výborom ITRE. Odbor pre hospodársku, vedeckú a kvalitu života, Generálne riaditeľstvo pre vnútorné politiky. 2019; PE 631.060.
- Bosco L, Notari T, Ruvolo G, et al. Fragmentácia DNA spermií: Včasný a spoľahlivý marker znečistenia ovzdušia. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2018; 58: 243-249.
- Chahat N, Zhadobov M, Le Coq L, et al. Charakterizácia interakcií medzi 60-GHz anténou a ľudským telom v scenári mimo tela. *IEEE Trans. Antennas Prop.* 2021; 60: 5958-5965.
- CommTech Talks. Optické vlákna pre snímanie, Politecnico di Milano. 2015. <http://commtech.dei.polimi.it/it/eventi/commtech-talks>
- David T, Viswanath P. Základy bezdrôtovej komunikácie. Cambridge University Press. 2005; Cambridge, Spojené kráľovstvo.
- De Vocht F. Prípád akustického neurómu: Komentár k článku: Používanie mobilných telefónov a riziko nádorov mozgu a iných druhov rakoviny. *International Journal of Epidemiology.* 2014;43:273–274
- EPRS, Výskumná služba Európskeho parlamentu. (2017). Nové rádiové frekvencie pre mobilné internetové služby. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/607293/EPRS_BRI%282017%2960729_3EN.pdf
- EPRS, Výskumná služba Európskeho parlamentu. (2020). Vplyv bezdrôtovej komunikácie 5G na ľudské zdravie. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI\(2020\)646172_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI(2020)646172_EN.pdf)
- Európska komisia (2019). Európsky zelený dohovor: Snahou o to, aby sa Európa stala prvým klimaticky neutrálnym kontinentom. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Európska environmentálna agentúra. Neskoré poučenia z včasných varovaní: veda, opatrnosť, inovácie. Správa EEA č. 1. 2013. ISSN 1725-9177.
- Zhromaždenie Európskeho parlamentu. Potenciálne nebezpečenstvá elektromagnetických polí a ich vplyv na životné prostredie. Rezolúcia Rady Európy č. 1815. 2011a. <https://pace.coe.int/en/files/17994>
- Zhromaždenie Európskeho parlamentu. Text prijatý Stálym výborom v mene Zhromaždenia, 27. mája 2011. 2011b. <https://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/Xref-XML2HTML-en.asp?fileid=17994>
- Uznesenie Európskeho parlamentu o oznámení Komisie o zásade predbežnej opatrnosti. COM 2000. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8deb58fd-ff20-4562-998c-293eee6724ac/language-en/format-PDF/source-search>
- Európske observatórium 5G. V Európe sa začína harmonizácia rádiového spektra v pásme 3,4–3,8 GHz. 2020. <https://5gobservatory.eu/harmonisation-on-3-4-3-8-ghz-radio-spectrum-kicks-off-in-europe/>
- FCC, Federálna komisia pre komunikácie, Hodnotenie súladu s usmerneniami FCC pre vystavenie ľudí vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam. Technická správa, doplnok C k bulletinu OET 652001.
- FORPG, Federálny úrad pre ochranu ochranu v Nemecko, 2019. <https://www.bfs.de/SharedDocs/Stellungnahmen/Bfs/EN/2019/0320-5G.html>
- Foster KR. Komentáre k Neufeldovi a Kusterovi: Systematický výpočet bezpečnostných limitov pre časovo premennú expozíciu 5G RFY na základe analytických modelov a tepelnej dávky. *Health Physics.* 2019; 117:67-69.

- Foster KR, Lozano-Nieto A, Riu PJ, Ely TS. Otepľovanie tkanív mikrovlnami: analýza modelu. *Bioelectromagnetics*. 1998; 19:420-8.
- Foster PMD. Stanovisko regulačného fóra: Nové paradigmy testovania reprodukčnej a vývojovej toxicity. Modifikovaná štúdia jednej generácie NTP a OECD 443. *Toxicologic Pathology*. 2014; 42: 1165-1167.
- Gaylor DW, Kodell RL, Chen JJ, Krewski D. Jednotný prístup k hodnoteniu rizika pre onkologické a neonkologické koncové body na základe referenčných dávok a faktorov neistoty/bezpečnosti. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1999; 29: 151–157.
- GBD, Global Burden of Disease 2016. Spolupracovníci v oblasti rakoviny mozgu a iných častí centrálného nervového systému. Globálna, regionálna a národná záťaž rakoviny mozgu a iných častí centrálného nervového systému, 1990–2016: systematická analýza pre štúdiu Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol* 2019; 18: 376–93.
- Golovacheva TV. Terapia EHF v komplexnej liečbe kardiovaskulárnych ochorení. 10. ruské sympóziu. Milimetrové vlny v medicíne a biológii. 1995; 29–31. Moskva: IRE RAN. (v ruštine).
- Grandjean P. Veda pre preventívne rozhodovanie. In: Neskoré ponaučenia z včasných varovaní: Veda, prevencia, inovácie. EEA. 2013; 635-638.
- Guo L, Kubat NJ, Isenberg RA. Využitie pulznej rádiovkej frekvenčnej energie (PRFE) v humánnej medicíne. *Electromagn Biol Med*. 2011; 30:21-45.
- Hardell L, Carlberg M. Mobilné telefóny, bezdrôtové telefóny a výskyt nádorov na mozgu v rôznych vekových skupinách vo Švédskom národnom registri hospitalizovaných pacientov a Švédskom registri rakoviny v rokoch 1998–2015. *PLoS ONE*. 2017; 12: e0185461.
- Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Súhrnná analýza prípadovo-kontrolných štúdií o akustickom neuróme diagnostikovanom v rokoch 1997–2003 a 2007–2009 a používaní mobilných a bezdrôtových telefónov. *International Journal of Oncology*. 2013; 43: 1036–1044.
- Hardell L, Mild HK, Sandström M, et al. Vestibulárny schwannóm, tinnitus a mobilné telefóny. *Neuroepidemiology*. 2003;22:124-9.
- Hasegawa T, Kida Y, Kato T, Iizuka H, et al. Dlhodobá bezpečnosť a účinnosť stereotaktickej rádioterapie pri vestibulárnych schwannómoch: hodnotenie 440 pacientov viac ako 10 rokov po liečbe chirurgickým zákrokom Gamma Knife. *J Neurosurg*. 2013; 118:557-65.
- Rada pre zdravie Holandska. 5G a zdravie. Haag: Rada pre zdravie Holandska, 2020; publikácia č. 2020/16. www.healthcouncil.nl.
- Huff J. Dlhodobé biologické testy chemickej karcinogenézy predpovedajú riziká rakoviny u ľudí: problémy, kontroverzie a neistoty. *Annals New York Academy of Sciences*. 1999; 895: 56-79.
- Huff J. Hodnota testovania na zvieratách pri identifikácii karcinogénov. In: Neskoré ponaučenia z včasných varovaní: Veda, opatrnosť, inovácie. EEA, 2013; 194-196.
- Kastenhofer K, Mesbahi Z., Schaber F., Nentwich M. 5G. Mobilné komunikácie a zdravie; Záverečná správa vypracovaná na objednávku rakúskeho parlamentu, č. ITA-AIT-11, Viedeň: Inštitút pre hodnotenie technologických dôsledkov (ITA) a AIT Austrian Institute of Technology. 2020. Zhrnutie v angličtine. epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-11.pdf
- Keiser G. Optická komunikácia. *Wiley Encyclopedia of Telecommunication*. 2003. <https://doi.org/10.1002/0471219282.eot158>
- Jalilian H, Eeftens M, Ziaei M, Röösli M. Vystavenie verejnosti vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam v bežnom mikroprostredí: Aktualizovaný systematický prehľad pre Európu. *Environ Res*. 2019; 176:108517.
- IARC, Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny. Neionizujúce žiarenie, časť II: vysokofrekvenčné elektromagnetické polia. Monografie o hodnotení karcinogénnych rizík pre ľudí, zväzok 102. 2013; Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny, Lyon.
- IARC, Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny. Preambula aktualizovaná v roku 2019. IARC. 2019; <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/Preamble-2019.pdf>

- IARC, Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny. Správa poradnej skupiny na odporúčanie priorít pre monografie IARC na roky 2020–2024. IARC. 2019. https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2019/10/IARCMonographs-AGReport-Priorities_2020-2024.pdf.
- ICNIRP. Usmernenia pre obmedzenie vystavenia elektromagnetickým poliam (100 kHz až 300 GHz). Health Phys. 2020a; 118: 483–524. <https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/rf-guidelines-2020-published.html>
- ICNIRP. Rozdiely medzi usmerneniami ICNIRP (2020) a predchádzajúcimi usmerneniami. 2020b. <https://www.icnirp.org/en/differences.html>
- ICNIRP. Verejná konzultácia. 2020c. <https://www.icnirp.org/en/activities/public-consultation/index.html>
- Norma IEEE pre bezpečnostné úrovne v súvislosti s vystavením ľudí elektromagnetickým poliam s rádiovou frekvenciou, 3 kHz až 300 GHz, norma IEEE C95.1. 1992.
- Písmenové označenia pásiem radarových frekvencií podľa normy IEEE, v: IEEE Std 521-2002 (revízia normy IEEE Std 521-1984). 2003;1-10.
- Norma IEEE pre bezpečnostné úrovne s ohľadom na vystavenie ľudí elektromagnetickým poliam s rádiovou frekvenciou, 3 kHz až 300 GHz, norma IEEE C95.1. 2005.
- ISTISAN, Istituto Superiore di Sanità, správa 19/11. Lagorio S, Anglesio L, d'Amore G, Marino C, Scarfi MR. RFy žiarenie a rakovina: zhrnutie vedeckých dôkazov. 2019; ii, 111 (v taliančine).
- Lebedeva NN Reakcie senzorov a subsenzorov zdravého človeka na periférne účinky milimetrových vln nízkej intenzity. Milimetrové vlny v biológii a medicíne. 1993; 2: 5–23 (v ruštine).
- Lebedeva NN. Neurofyziologické mechanizmy biologických účinkov periférneho pôsobenia neionizujúcich elektromagnetických polí nízkej intenzity na ľudí. 10. ruské sympóziu Milimetrové vlny v medicíne a biológii. 1995; 138–140. (Zborník príspevkov). Moskva: IRE RAN. (v ruštine).
- Le Drea Y, Mahamoud YS, Le Page Y a kol. Súčasný stav poznatkov o biologických účinkoch v pásme 40–60 GHz. Comptes Rendus Physique. 2013; 14:402–411.
- Leszczynski D. 2020. <https://betweenrockandhardplace.wordpress.com/2020/03/31/fact-check-there-are-no-30-000-studies-on-health-effects-of-emf-used-in-wireless-communication/>
- Madjar HM. Limity vystavenia ľudí vysokofrekvenčnému žiareniu: Aktualizácia referenčných úrovní v Európe, USA, Kanade, Číne, Japonsku a Kórei. Medzinárodné sympóziu o elektromagnetickej kompatibilite – EMC EUROPE 2016. IEEE, 2016.
- Mandrioli D, Schlünssen V, Ádám B, et al. WHO/ILO pracovné zaťaženie chorobami a úrazmi: Protokol pre systematické prehľady pracovnej expozície prachu a/alebo vlákien a vplyvu pracovnej expozície prachu a/alebo vlákien na pneumokoniózu. Environment International. 2018; 119 :174-185.
- Maronpot RR, Flake G, Huff J. Význam zistení v oblasti karcinogenézy u zvierat pre predpovede a prevenciu rakoviny u ľudí. Toxicologic Pathology. 2004; 32; 40–48.
- Melnick R. Ohľadom hodnotenia ICNIRP týkajúceho sa štúdií karcinogenity Národného toxikologického programu o vysokofrekvenčných elektromagnetických poliach. Health Physics. 2020; 118: 6.
- Microwave News (2020). Sporné vlnové formy 5G. Ken Foster a Niels Kuster sa nezhodujú na dĺžke priemerovania. <https://www.microwavenews.com/short-takes-archive/5g-waveforms-dispute>
- Mitschke F. Optické senzory. In: Fiber Optics. Springer, Berlín, Heidelberg. 2009. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03703-0_12.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, za skupinu PRISMA. Preferované položky pre systematické prehľady a metaanalýzy: vyhlásenie PRISMA. BMJ. 2009;339:b2535.
- Montano L, Bergamo P, Andreassi MG, Lorenzetti S. Úloha ľudského semena ako včasného a spoľahlivého nástroja na posudzovanie vplyvu životného prostredia na ľudské zdravie. Skupina Eco Food Fertility. 2018. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73231>

- Morgan R L, Whaley P, Thayer K A, Schünemann HJ. Identifikácia modelu PECO: Rámec pre formulovanie kvalitných otázok na skúmanie súvislosti medzi environmentálnymi a inými expozíciami a zdravotnými následkami. *Environmental International*. 2018. <https://www.researchgate.net/publication/327267890>
- Moskowitz, Joel M. Účinky vystavenia elektromagnetickým poliam. Bezpečnosť elektromagnetického žiarenia, 2018 (aktualizované v roku 2020). 2020. <https://publichealth.berkeley.edu/news-media/video-room/joel-m-moskowitz-radio-frequency-radiation-health-risks-implications-for-5g/>
- Nasim I, Kim S. Vystavenie ľudí vysokofrekvenčným poliam v 5G downlinku. 2017. arXiv:1711.03683v1 [eess.SP].
- Neufeld E a Kuster N. Odpoveď na komentáre profesora Fostera. *Health Physics*. 2019; 117,1: 70-71 https://journals.lww.com/health-physics/Citation/2019/07000/Response_to_Professor_Foster_s_Comments.10.aspx
- NTP, Národný toxikologický program. Peer review návrhov technických správ NTP o rádiovom žiarení mobilných telefónov. 2018. https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/about_ntp/trpanel/2018/march/peerreview20180328_508.pdf
- OECD, Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj. Test č. 421: Skríningový test reprodukčnej/vývojovej toxicity. Usmernenia OECD pre testovanie chemických látok, oddiel 4. 2018; OECD Publishing, Paríž, <https://doi.org/10.1787/9789264264380-en>.
- OECD, Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj. Dôvera a verejná politika: Ako môže lepšia správa vecí verejných pomôcť obnoviť dôveru verejnosti. *Prehľady verejnej správy OECD*. 2017; Vydavateľstvo OECD, Paríž, <https://doi.org/10.1787/9789264268920-en>.
- OECD, Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj. Test č. 443: Rozšírená štúdia reprodukčnej toxicity na jednej generácii. Usmernenia OECD pre testovanie chemických látok, oddiel 4. 2018a; Vydavateľstvo OECD, Paríž. <https://doi.org/10.1787/9789264185371-en>.
- OECD, Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj. Test č. 451: Štúdie karcinogenity. Usmernenia OECD pre testovanie chemických látok, oddiel 4. 2018b; Vydavateľstvo OECD, Paríž. <https://doi.org/10.1787/9789264071186-en>.
- OECD, Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj. Rozšírená štúdia reprodukčnej toxicity jednej generácie (EOGRTS) (OECD TG 443). Revidovaný usmerňovací dokument 150 o štandardizovaných usmerneniach pre testovanie chemických látok z hľadiska narušenia endokrinného systému. 2018c. Vydavateľstvo OECD, Paríž, <https://doi.org/10.1787/9789264304741-34-en>.
- Pakhomov AG, Akyel Y, Pakhomova ON, et al. Súčasný stav a dôsledky výskumu biologických účinkov milimetrových vln: prehľad literatúry. *Bioelectromagnetics*. 1998; 19:393-413.
- Peterson J, Pearce PF MPH, Ferguson LA, Langford CA . Porozumenie prehľadovým štúdiám: definícia, účel a proces. 2016. <https://doi.org/10.1002/2327-6924.12380>
- Philips A, Henshaw DL, Lamburn G, O'Carroll MJ. Nádory mozgu: nárast výskytu glioblastómu multiforme v Anglicku v rokoch 1995–2015 naznačuje nepriaznivý faktor životného prostredia alebo životného štýlu. *J Environ Public Health*. 2018; Článok ID 7910754, 10 strán. <https://doi.org/10.1155/2018/7910754> Qualcomm.com. Globálna aktualizácia spektra pre 4G a 5G. 2020. <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/spectrum-for-4g-and-5g.pdf>
- Ramundo-Orlando A. Vplyv žiarenia milimetrových vln na bunkovú membránu – stručný prehľad. *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*. 2010; 31:1400–1411.
- Rappaport T, Sun S, Mayzus S, et al. Mobilná komunikácia v milimetrovom pásme pre 5G: bude to fungovať! *IEEE Access*. 2013; 1: 335-349.
- Romanenko S, Harvey AR, Hool L, et al. Žiarenie milimetrových vln aktivuje nociceptory pijavic prostredníctvom senzibilizácie receptorov podobných TRPV1. *Biophys J*. 2019; 116:2331–2345.
- Rösli M, Lagorio S, Schoemaker MJ, et al. Nádory mozgu a slinných žliaz a používanie mobilných telefónov: vyhodnotenie dôkazov z rôznych epidemiologických štúdií. *Annu Rev Public Health*. 2019; 40: 221–38.

- Saghir M a Dorato A. Testovanie reprodukčnej a vývojevej toxicity: Preskúmanie usmernení pre rozšírenú štúdiu reprodukčnej toxicity na jednej generácii. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 2016; 79: 110–11.
- Sambo N, Castoldi P, D'Errico A et al. Transpondéry novej generácie s variabilnou šírkou pásma a možnosťou rozdelenia. *IEEE Communications Magazine*. 2015; 53:163-171.
- SCHEER, Vedecký výbor pre zdravie, životné prostredie a nové riziká. Vyhlásenie o nových zdravotných a životného prostredia problémov. 2018. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/experts/declarations/scheer_en
- SCENIHR, Vedecký výbor pre nové a novo identifikované zdravotné riziká. Stanovisko k potenciálnym zdravotným účinkom vystavenia elektromagnetickým poliam. *Bioelectromagnetics*. 2015;36: 480-4.
- Scruggs S. Úrad pre komunikáciu a styk s verejnosťou NIEHS. Január 2020. <https://factor.niehs.nih.gov/2020/1/community-impact/5g-technology/index.htm>
- Seferis, C, et al. Maligná transformácia vestibulárneho schwannómu: správa o jednom prípade, rešerš literatúry a diskusia. *J Neurosurg*. 2014; 121 (Suppl): 160-6.
- Scargi D, Adam B, Budnik L, et al. Protokol pre systematický prehľad a metaanalýzu vystavenia ľudí rezíduám pesticídov v mede a iných včelích produktoch. *Environmental Research*. 2020; 186:109470.
- Shakib S, Park H, Dunworth J, et al. Vysoko účinný a lineárny výkonový zosilňovač pre 28-GHz 5G fázované anténne systémy v 28-nm CMOS. *IEEE J. Solid-State Circuits*. 2016; 51, 12.
- Simkó M, Mattsson MO. Bezdrôtová komunikácia 5G a vplyvy na zdravie – Pragmatický prehľad založený na dostupných štúdiách týkajúcich sa frekvencií 6 až 100 GHz. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(18). pii: E3406.
- Singh R, Nath R, Mathur AK, Sharma RS. Vplyv RFy žiarenia na reprodukčné zdravie. *Indian J Med Res*. 2018;148(Suppl): 92–99.
- Smith-Roe SL, Wyde ME, Stout MD a kol. Hodnotenie genotoxicity vysokofrekvenčného žiarenia mobilných telefónov u samcov a samíc potkanov a myší po subchronickej expozícii. *Environ Molec. Mutagenesis*. 2020; 61: 276–290.
- Soghomonyan D, Trchounian K, Trchounian A. Milimetrové vlny alebo elektromagnetické polia s extrémne vysokou frekvenciou v prostredí: aký je ich vplyv na baktérie? *Appl Microbiol Biotechnol*. 2016; 100:4761-71.
- SSM, Vedecká rada Švédskeho úradu pre radiačnú bezpečnosť pre elektromagnetické polia. Najnovší výskum EMF a zdravotných rizík. Štrnásť správa Vedeckej rady SSM pre elektromagnetické . 2020. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/en/publications/reports/radiation-protection/2020/202004/>
- Špecifikácia 3GPP série 38, Štandard mobilného širokopásmového pripojenia <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm>
- Úrad vlády Spojených štátov pre zodpovednosť (GAO). Telekomunikácie: požiadavky na expozíciu a testovanie mobilných telefónov by mali byť prehodnotené. *GAO*. 2012; 12:771.
- Vornoli A, Falcioni L, Mandrioli D, et al. Prínos štúdií na živých cicavcoch k poznaniu nepriaznivých účinkov vysokofrekvenčného žiarenia na ľudské zdravie. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:3379.
- Warren C, James LA, Ramsden RT, et al. Identifikácia opakujúcich sa oblastí straty a zisku chromozómov pri vestibulárnych schwannómoch pomocou komparatívnej genómovej hybridizácie. *J Med Genet*. 2003;40: 802-6.
- WHO, Svetová zdravotnícka organizácia. (1993). Elektromagnetické polia. Kritériá environmentálneho zdravia. 1993;137.
- WHO, Svetová zdravotnícka organizácia. Rádiofrekvenčné polia. Monografia o kritériách environmentálneho zdravia. Opätovná výzva na prejavenie záujmu o systematické prehľady. 2020. https://www.who.int/peh-emf/research/rf_ehc_page/en/.

- Wyde M, Cesta M, Blystone C, et al. Správa o čiastočných zisteniach z karcinogénnych štúdií Národného toxikologického programu týkajúcich sa rádiového žiarenia mobilných telefónov u potkanov Hsd: Sprague Dawley® (expozícia celého tela). 2016. <https://doi.org/10.1101/055699>
- Woodruff TJ a Sutton P. Metodika systematického prehľadu Navigation Guide: prísna a transparentná metóda pre premenu vedy o životnom prostredí a zdraví na lepšie výsledky v oblasti zdravia. *Environ Health Perspect*. 2014; 122: 1007-14.
- Wu T, Rappaport T a Collins C. Bezpečnosť pre budúce generácie: Úvahy o bezpečnosti milimetrových vln v bezdrôtovej komunikácii. *IEEE Microwave*. 2015; 16: 65–84.
- Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, et al. Oxidačné mechanizmy biologickej aktivity nízkofrekvenčného rádiového žiarenia. *Electromagn Biol Med*. 2016; 35: 186–202.
- Zada G, Bond AE, Wang YP, et al. Trendy výskytu primárnych malígnych nádorov mozgu podľa anatomického umiestnenia v Spojených štátoch: 1992–2006. *World Neurosurg*. 2012;77:518–24.
- Zalubovskaya N P. Biologické účinky milimetrových rádiových vln. *Vracheboyne Delo*. 1977; 3:116-119. (V ruštine).
- Zhang J, Ge X, Li Q, Guizani M, Zhang Y. Anténne pole s milimetrovými vlnami 5G: návrh a výzvy. *IEEE Wireless Communications*. 2017.
- Zimmerman JW, Jimenez H, Pennison MJ, et al. Cielená liečba rakoviny pomocou vysokofrekvenčných elektromagnetických polí s amplitúdovou moduláciou na frekvenciách špecifických pre nádor. *Chin J Cancer*. 2013; 32: 573–581.
- Zlatanov N. Úvod do teórie optických vlákien. 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.29183.20641.

8.2 Referencie pre prehľad o rakovine u ľudí

- Ahlbom A, Feychting M, Green A et al. ICNIRP (Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením). Stála komisia pre epidemiológiu. Epidemiologické dôkazy o mobilných telefónoch a riziku nádorov: prehľad. *Epidemiology*. 2009; 20: 639-652.
- Al-Qahtani K. Používanie mobilných telefónov a riziko nádorov prúšnej žľazy: retrospektívna prípadovo-kontrolná štúdia. *Gulf J Oncolog*. 2016;1:71-8.
- Armstrong B, Mriault G, Guenel P et al. Súvislosť medzi vystavením pulzným elektromagnetickým poliám a rakovinou u pracovníkov elektrární v Quebecu, Kanade a vo Francúzsku. *Am J Epidemiol*. 1994; 140: 805-820.
- Atzmon I, Linn S, Richter E, Portnov BA. Riziko rakoviny v drúzskej dedine Isifya: Dôvody a antény RF/MW. *Pathophysiology*. 2012;19:21-8.
- Auvinen A, Hietanen M, Luukkonen R, Koskela RS. Nádory mozgu a rakovina slinných žliaz u používateľov mobilných telefónov. *Epidemiology*. 2002; 13: 356-359.
- Aydin D, Feychting M, Schüz J a kol. Používanie mobilných telefónov a nádory mozgu u detí a dospelých: multicentrická prípadovo-kontrolná štúdia. *J Nat Cancer Inst*. 2011; 103:1264-1276.
- Baldi I, Coureau G, Jaffre A et al.. Expozícia elektromagnetickým poliám v práci a v domácnosti a riziko nádorov na mozgu u dospelých: prípadovo-kontrolná štúdia v Gironde, Francúzsko. *Int J Cancer*. 2011; 129: 1477-1484.
- Balekouzou A, Yin P, Afewerky HK, Bekolo C, et al. Behaviorálne rizikové faktory rakoviny prsníka v Bangui v Stredoafrickej republike: retrospektívna prípadovo-kontrolná štúdia. *PLoS ONE* 2017; 12: e0171154.
- Baumgardt-Elms C, Ahrens W, Broman K, et al. Rakovina semenníkov a elektromagnetické polia (EMF) na pracovisku: výsledky populačnej prípadovo-kontrolnej štúdie v Nemecku. *Cancer Causes Control*. 2002; 13:895-902.
- Benson VS, Pirie K, Schüz J, et al. Spolupracovníci štúdie Million Women Study. Používanie mobilných telefónov a riziko nádorov mozgu a iných druhov rakoviny: prospektívna štúdia. *Int J Epidemiol*. 2013; 42:792-802.

- Berg G, Schiiz J, Samkange-Zeeb F, Blettner M. Hodnotenie expozície vysokofrekvenčnému žiareniu pri každodennom používaní mobilných telefónov v rámci epidemiologickej štúdie: Nemecká validačná štúdia medzinárodnej prípadovo-kontrolnej štúdie o nádoroch mozgu – štúdia INTERPHONE. *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 2005; 15: 217–224.
- Berg G, Spallek J, Schiiz J et al. INTERPHONE Study Group, Nemecko. Expozícia rádiovým frekvenciám/mikrovlnnému žiareniu v pracovnom prostredí a riziko nádorov mozgu: INTERPHONE Study Group, Nemecko. *Am J Epidemiol.* 2006; 164: 538-548.
- Cardis E, Armstrong BK, Bowman JD, et al. Riziko nádorov na mozgu vo vzťahu k odhadovanej dávke RF z mobilných telefónov: výsledky z piatich krajín Interphone. *Occup Environ Med.* 2011; 68:631-640.
- Cardis E, Deltour I, Mann S, et al. Rozloženie RF energie vyžarovanej mobilnými telefónmi v anatomických štruktúrach mozgu. *Phys Med Biol.* 2008; 53: 2771-2783.
- Cardis E a kol. Štúdia INTERPHONE: dizajn, epidemiologické metódy a popis skúmanej populácie. *Eur J Epidemiol.* 2007; 22: 647–664.
- Carlberg M, et al. Rastúci výskyt rakoviny štítnej žľazy v severských krajinách so zameraním na švédske údaje. 2016, *BMC cancer*, 16, 426-426.
- Carlberg M et al. Pacienti s meningiómom diagnostikovaní v rokoch 2007–2009 a súvislosť s používaním mobilných a bezdrôtových telefónov: prípadová kontrolná štúdia. *Environmental Health* 2013 12:60.
- Christensen HC et al. Používanie mobilných telefónov a riziko akustického neurómu. *Am J Epidemiol.* 2004;; 159: 277-283.
- Christensen HC, Schüz J, Kosteljanetz M, et al. Mobilné telefóny a riziko nádorov mozgu: populačná, incidentná prípadovo-kontrolná štúdia. *Neurology.* 2005;64: 1189-95.
- Cook A, Woodward A, Pearce N, Marshall C. Používanie mobilných telefónov a časové trendy v prípade nádorov mozgu, hlavy a krku. *N Z Med J.* 2003; 116(1175):U457.
- Cooke R, Laing S, Swerdlow AJ. Prípadová kontrolná štúdia rizika leukémie v súvislosti s používaním mobilných telefónov. *Br J Cancer.* 2010; 103: 1729-1735.
- Cooper D, Hemming K, Saunders P. Re: Výskyt rakoviny v blízkosti rozhlasových a televíznych vysielateľov vo Veľkej Británii. I. Vysielač v Sutton Coldfield; II. Všetky vysielače s vysokým výkonom. *Am J Epidemiol.* 2001; 153: 202-204.
- Coureau G, et al. Používanie mobilných telefónov a nádory na mozgu v prípadovo-kontrolnej štúdii CERENAT. *Occup Environ Med.* 2014; 71:514-22.
- Czeminski R, Zini A, Sgan-Cohen HD. Riziko malígných nádorov prúšnej žľazy v Izraeli (1970–2006). *Epidemiology*, 2011; 22: 130-131.
- Davis RL, Mostofi FK. Zhluk prípadov rakoviny semenníkov u policajtov vystavených vplyvu ručných radarov. *Am J Ind Med.* 1993; 24; 231-233.
- de Vocht F, Burstyn I, Cherrie JW. Časové trendy (1998–2007) v incidencii rakoviny mozgu vo vzťahu k používaniu mobilných telefónov v Anglicku. *Bioelectromagnetics.* 2011; 32: 334–339.
- Degrave E, Meeusen B, Grivegne AR a kol. Príčiny úmrtí medzi belgickými profesionálnymi vojenskými radarovými operátormi: 37-ročná retrospektívna kohortová štúdia. *Int J Cancer.* 2009; 124: 945-951.
- Deltour I, Johansen C, Auvinen A, et al. Časové trendy v incidencii nádorov na mozgu v Dánsku, Fínsku, Nórsku a Švédsku, 1974-2003. *J Natl Cancer Inst.* 2009; 101: 1721-1724.
- Deltour I, Johansen C, Auvinen A, et al. Odpoveď: Re: Časové trendy v incidencii nádorov mozgu v Dánsku, Fínsku, Nórsku a Švédsku, 1974–2003. *J Natl Cancer Inst.* 2010; 102: 742–743.
- Dolk H, Shaddick G, Walls P, Grundy C, Thakrar B, Kleinschmidt I, Elliott P. Výskyt rakoviny v blízkosti rozhlasových a televíznych vysielateľov vo Veľkej Británii. I. Vysielač Sutton Coldfield. *Am J Epidemiol.* 1997; 1;145:1-9.
- Dreyer NA, Loughlin JE, Rothman KJ. Úmrtnosť na konkrétne príčiny u používateľov mobilných telefónov. *JAMA.* 1999; 282: 1814-1816.

- Duan Y, Zhang Z, Bu RF. Korelácia medzi používaním mobilných telefónov a zhubnými nádormi epitelu príušnej žľazy. *Int J Oral Medicine*. 2011; 40: 9966-972.
- Eger H, Hagen KU, Lucas B a kol. Vplyv fyzickej blízkosti k vysielacej veži mobilnej siete na výskyt rakoviny. *Umwelt-medizin Gesellschaft*. 2004; 7:1-7.
- Eger H a Neppe F. Výskyt rakoviny u obyvateľov v okolí vysieláča mobilnej siete vo Vestfálsku. *Umwelt-medizin Gesellschaft*. 2009; 22: 55-60.
- Elliott P, Toledano MB, Bennett J, Beale L, de Hoogh K, Best N, Briggs DJ. Základňové stanice mobilných telefónov a rakovina v ranom detstve: prípadová kontrolná štúdia. *BMJ*. 2010; 340:c3077.
- Frei P, Mohler E, Biirgi A et al.; Tím QUALIFEX. Klasifikácia osobnej expozície rádiovým elektromagnetickým poliam (RF-EMF) pre epidemiologický výskum: Hodnotenie rôznych metód posudzovania expozície. *Environ Int*. 2010; 36: 714-720.
- Frei P a kol. Používanie mobilných telefónov a riziko nádorov na mozgu: aktualizácia dánskej kohortovej štúdie. *BMJ* 2011;343:d6387.
- Gavin AT a Catney D. Riešenie obáv komunity týkajúcich sa výskytu rakoviny. *The Ulster Medical Society*. 2006; 75: 195-199.
- Gonzalez-Rubio J, Arribas E, Ramirez-Vazquez R, Najera A. Rádiofrekvenčné elektromagnetické polia a niektoré druhy rakoviny neznámej etiológie: Ekologická štúdia. *Sci Total Environ*. 2017;599-600:834-843.
- Gousias K, Markou M, Voulgaris S a kol. Deskriptívna epidemiológia mozgových gliómov v severozápadnom Grécku a štúdia potenciálnych predispozičných faktorov, 2005–2007. *Neuroepidemiology*. 2009; 33: 89–95.
- Grayson JK. Ožiarenie, socioekonomický status a riziko nádorov mozgu v americkom letectve: vnošená prípadovo-kontrolná štúdia. *Am J Epidemiol*. 1996; 143: 480–486.
- Groves FD, Page WF, Gridley G, et al. Rakovina u námorných technikov z kórejskej vojny: prieskum úmrtnosti po 40 rokoch. *Am J Epidemiol*. 2002; 155: 810–818.
- Ha M, Im H, Kim BC, et al. Odpoveď piatich autorov. *Am J Epidemiol*. 2008;167: 884-885.
- Ha M, Im H, Lee M a kol. Vystavenie vysokofrekvenčnému žiareniu z AM rozhlasových vysieláčov a detská leukémia a rakovina mozgu. *Am J Epidemiol*. 2007; 166: 270-279.
- Ha M, Lim HJ, Cho SH, et al. Výskyt rakoviny v blízkosti kórejských AM rádiových vysieláčov. *Arch Environ Health*. 2003; 58: 756-762.
- Hardell L, Hansson Mild K, Pahlson A, Hallquist A. Ionizujúce žiarenie, mobilné telefóny a riziko nádorov mozgu. *Eur J Cancer Prev*. 2001; 10: 523-529.
- Hardell L, Hansson Mild K, Carlberg M. Prípadová kontrolná štúdia o používaní mobilných a bezdrôtových telefónov a riziku malígnych nádorov mozgu. *Int J Radiat Biol*. 2002; 78: 931-936.
- Hardell L, Hansson Mild K, Carlberg M. Ďalšie aspekty týkajúce sa mobilných a bezdrôtových telefónov a nádorov na mozgu. *Int J Oncol*. 2003; 22: 399-407.
- Hardell L, Carlberg M. Mobilné telefóny, bezdrôtové telefóny a riziko nádorov mozgu. *Int J Oncol*. 2009; 35: 5-17.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Súhrnná analýza dvoch prípadovo-kontrolných štúdií o používaní mobilných a bezdrôtových telefónov a riziku benígnych nádorov mozgu diagnostikovaných v rokoch 1997–2003. *Int J Oncol*. 2006a; 28: 509–518.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Súhrnná analýza dvoch prípadovo-kontrolných štúdií o používaní mobilných a bezdrôtových telefónov a riziku malígnych nádorov mozgu diagnostikovaných v rokoch 1997–2003. *Int Arch Occup Environ Health*. 2006b;79: 630–639.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Epidemiologické dôkazy o súvislosti medzi používaním bezdrôtových telefónov a nádorovými ochoreniami. *Pathophysiology*. 2009; 16: 113-122.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Používanie mobilných telefónov a riziko malígnych nádorov mozgu: prípadovo-kontrolná štúdia zosnulých pacientov a kontrolnej skupiny. *Neuroepidemiology*. 2010;35:109-114.

- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Súhrnná analýza prípadovo-kontrolných štúdií o zhubných nádoroch mozgu a používaní mobilných a bezdrôtových telefónov vrátane živých a zosnulých subjektov. *Int J Oncol*. 2011; 38: 1465-1474.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K, Eriksson M. Prípadovo-kontrolná štúdia o používaní mobilných a bezdrôtových telefónov a riziku malígneho melanómu v oblasti hlavy a krku. *Patofyziológia*. 2011b;18:325-333.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Prípadová kontrolná štúdia o súvislosti medzi používaním mobilných a bezdrôtových telefónov a malígnymi nádormi mozgu diagnostikovanými v rokoch 2000–2003. *Environ Res*. 2006c ; 100: 232–241.
- Hardell L, Carlberg M, Ohlson CG, et al. Používanie mobilných a bezdrôtových telefónov a riziko rakoviny semenníkov. *Int J Androl*. 2007b; 30: 115-122.
- Hardell L, Carlberg M, Soderqvist F et al. Dlhodobé používanie mobilných telefónov a nádory na mozgu: zvýšené riziko spojené s používaním > alebo = 10 rokov. *Occup Environ Med*. 2007a; 64: 626-632.
- Hardell L, Carlberg M, Soderqvist F, Hansson Mild K. Metaanalýza dlhodobého používania mobilných telefónov a súvislosť s nádormi na mozgu. *Int J Oncol*. 2008; 32: 1097-1103.
- Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Prípadovo-kontrolná štúdia súvislosti medzi malígnymi nádormi mozgu diagnostikovanými v rokoch 2007 až 2009 a používaním mobilných a bezdrôtových telefónov. *Int J Oncol*. 2013a;43:1833-45.
- Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Súhrnná analýza prípadovo-kontrolných štúdií o akustickom neuróme diagnostikovanom v rokoch 1997–2003 a 2007–2009 a používaní mobilných a bezdrôtových telefónov. *Int J Oncol*. 2013b;43:1036–44.
- Hardell L, Carlberg M. Používanie mobilných a bezdrôtových telefónov a riziko gliómu – analýza súhrnných prípadovo-kontrolných štúdií vo Švédsku v rokoch 1997–2003 a 2007–2009, *Pathophysiology*; 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pathophys.2014.10.001>
- Hardell L, Eriksson M, Carlberg M a kol. Používanie mobilných alebo bezdrôtových telefónov a riziko non-Hodgkinovho lymfómu. *Int Arch Occup Environ Health*. 2005; 78: 625-632.
- Hardell L a Hallquist A, Hansson Mild K et al. Mobilné a bezdrôtové telefóny a riziko nádorov na mozgu. *Eur J Cancer Prev*. 2002a; 11: 377-386.
- Hardell L, Hallquist A, Hansson Mild K a kol. Žiadna súvislosť medzi používaním mobilných alebo bezdrôtových telefónov a nádormi slinných žliaz. *Occup Environ Med*. 2004; 61: 675-679.
- Hardell L, Nasman A, Pahlson A, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko nádorov na mozgu: Prípadovo-kontrolná štúdia. *Int J Oncol*. 1999;15: 113-116.
- Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A. Prípadovo-kontrolná štúdia o práci v rádiológii, lekárskech röntgenových vyšetreniach a používaní mobilných telefónov ako rizikových faktorov pre nádory mozgu. *Med Gen Med*. 2000;2(2):E2.
- Hartikka H. Používanie mobilných telefónov a lokalizácia gliómov: analýza prípadov. *Bioelectromagnetics*. 2009; 30: 176-182.
- Hauri DD, et al. Vystavenie vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliám z vysielacích staníc a riziko detskej rakoviny: kohortová štúdia založená na sčítaní ľudu. *Am J Epidemiol*. 2014;179:843-51.
- Hayes RB, Brown LM, Pottern LM a kol. Zamestnanie a riziko rakoviny semenníka: prípadovo-kontrolná štúdia. *Int J Epidemiol*. 1990; 19: 825-831.
- Hepworth SJ, Schoemaker MJ, Muir KR, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko gliómu u dospelých: prípadovo-kontrolná štúdia. *BMJ*. 2006; 332: 883-887.
- Hocking B, Gordon IR, Grain HL, Hatfield GE. Výskyt rakoviny a úmrtnosť a blízkosť k televíznym vežiam. *Med J Aust*. 1996: 165: 601-605.
- Hours M, Bernard M, Montestrucq L, et al. Mobilné telefóny a riziko nádorov mozgu a sluchového nervu: francúzska prípadovo-kontrolná štúdia INTERPHONE. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2007; 55: 321-332.

- IARC, Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny. Neionizujúce žiarenie, časť 1: statické a extrémne nízko-frekvenčné (ELF) elektrické a magnetické polia. Monografie o hodnotení karcinogénnych rizík pre ľudí, zväzok 80. 2002. Lyon: Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny.
- IARC, Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny. Neionizujúce žiarenie, časť II: vysokofrekvenčné elektromagnetické polia. Monografie o hodnotení karcinogénnych rizík pre ľudí, zväzok 102. 2013. Lyon: Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny.
- Inskip PD, Devesa SS, Fraumeni JF Jr. Trendy vo výskyte melanómu oka v Spojených štátoch, 1974–1998. *Cancer Causes Control*. 2003; 14:251–7.
- Inskip PD, Hoover RN, Devesa SS. Trendy výskytu rakoviny mozgu v súvislosti s používaním mobilných telefónov v Spojených štátoch. *Neuro-oncol*. 2010; 12: 1147–1151.
- Inskip PD, Tarone RE, Hatch EE, et al. Používanie mobilných telefónov a nádory mozgu. *N Engl J Med*. 2001; 344:79–86.
- Študijná skupina INTERPHONE. Riziko nádorov mozgu vo vzťahu k používaniu mobilných telefónov: výsledky medzinárodnej prípadovo-kontrolnej štúdie INTERPHONE. *Int J Epidemiol*. 2010; 39: 675–694.
- Študijná skupina INTERPHONE. Riziko akustického neurómu v súvislosti s používaním mobilných telefónov: výsledky medzinárodnej prípadovo-kontrolnej štúdie INTERPHONE. *Cancer Epidemiol*. 2011; 35: 453–464.
- Johansen C, Boice J Jr, McLaughlin J, Olsen JH. Mobilné telefóny a rakovina – celonárodná kohortová štúdia v Dánsku. *J Natl Cancer Inst*. 2001; 93: 203–207.
- Johansen C, Boice JD Jr, McLaughlin JK a kol. Mobilné telefóny a malígny melanóm oka. *Br J Cancer*. 2002; 86: 348–349.
- Kan P, Simonsen SE, Lyon JL, Kestle JR. Používanie mobilných telefónov a nádory mozgu: metaanalýza. *J Neurooncol*. 2008; 86: 71–78.
- Karipidis KK, Benke G, Sim MR, et al. Expozícia ionizujúcemu a neionizujúcemu žiareniu v práci a riziko gliómu. *Occup Med (Lond)*. 2008; 57: 518–524.
- Karipidis KK et al. Expozícia ionizujúcemu a neionizujúcemu žiareniu v pracovnom prostredí a riziko non-Hodgkinovho lymfómu. *Int Arch Occup Environ Health*. 2007;80:663–70.
- Karipidis KK, Benke G, Sim MR, Kauppinen T, Giles G. Expozícia ionizujúcemu a neionizujúcemu žiareniu v pracovnom prostredí a riziko gliómu. *Occup Med (Lond)*. 2007;57:518–24.
- Kaufman DW, Anderson TE, Issaragrisil S. Rizikové faktory pre leukémiu v Thajsku. *Ann Hematol*. 2009; 88: 1079–1088.
- Khurana VG, Teo C, Kundi M, et al. Mobilné telefóny a nádory mozgu: prehľad vrátane dlhodobých epidemiologických údajov. *Surg Neurol*. 2009; 72: 205–215.
- Klaeboe L, Blaasaas KG, Tynes T. Používanie mobilných telefónov v Nórsku a riziko intrakraniálnych nádorov. *Eur J Cancer Prev*. 2007; 16: 158–164.
- Lagorio S, Rossi S, Vecchia P a kol. Úmrtnosť pracovníkov v odvetví výroby plastových výrobkov vystavených pôsobeniu vysokofrekvenčného žiarenia. *Bioelectromagnetics*. 1997; 18: 418–421.
- Lahkola A, Auvinen A, Raitanen J, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko gliómu v 5 severských krajinách. *Int J Cancer*. 2007; 120: 1769–1775.
- Lahkola A, Salminen T, Auvinen A. Výberová skreslenosť spôsobená rozdielnou účasťou v prípadovo-kontrolnej štúdií o používaní mobilných telefónov a nádoroch mozgu. *Ann Epidemiol*. 2005; 15: 321–325.
- Lahkola A, Salminen T, Raitanen J, et al. Meningióm a používanie mobilných telefónov – spoločná prípadovo-kontrolná štúdia v piatich severských krajinách. *Int J Epidemiol*; 2008; 37: 1304–1313.
- Lahkola A, Tokola K, Auvinen A. Metaanalýza používania mobilných telefónov a intrakraniálnych nádorov. *Scand J Work Environ Health*. 2006; 32: 171–177.
- Larjavaara S, Schilz J, Swerdlow A, et al. Lokalizácia gliómov vo vzťahu k používaniu mobilných telefónov: analýza prípadov a kontrolných skupín. *Am J Epidemiol*. 2011; 174: 2–11.

- Lehrer S, Green S, Stock RG . Súvislosť medzi počtom zmlúv na mobilné telefóny a výskytom nádorov mozgu v devätnástich štátoch USA. *Neuro-oncol.* 2011; 101:505-507.
- Li CY, Liu CC, Chang YH, Chou LP, Ko MC. Populačná prípadovo-kontrolná štúdia o vystavení rádiovým frekvenciám vo vzťahu k detským novotvarom. *Sci Total Environ.* 2012;435-436:472-8.
- Lilienfeld AM, Tonascia J, Libauer C, et al. Štúdia zahraničnej služby: Hodnotenie zamestnancov zahraničnej služby a iných zamestnancov z vybraných východoeurópskych pracovísk. Dokument NTIS č. PB-28B 163/9GA. 1978; 436.
- Linnet MS, Taggart T, Severson RK, et al. Mobilné telefóny a non-Hodgkinov lymfóm. *Int J Cancer.* 2006; 119: 2382-2388.
- Lonn S, Ahlborn A, Christensen HC, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko nádoru prúšnej žľazy. *Am J Epidemiol.* 2006; 164: 637-643.
- Lonn S, Ahlborn A, Hall P, Feychting M, Švédská študijná skupina INTERPHONE. Dlhodobé používanie mobilných telefónov a riziko nádorov mozgu. *Am J Epidemiol.* 2005; 161: 526-535.
- Lonn S, Klaeboe L, Hall P, et al. Trendy výskytu primárnych intracerebrálnych nádorov u dospelých v štyroch severných krajinách. *Int J Cancer.* 2004; 108: 450-455.
- Luo J, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko rakoviny štítnej žľazy: populačná prípadovo-kontrolná štúdia v Connecticute. *Ann Epidemiol.* 2019; 29: 39-45.
- Maskarinec G, Cooper J, Swygert L. Vyšetrovanie zvýšeného výskytu detskej leukémie v blízkosti rádiových veží na Havaji: predbežné pozorovania. *J Environ Pathol Toxicol Oncol.* 1994;13: 33-37.
- Merzenich H, Schmiedel S, Bennack S a kol. Detská leukémia v súvislosti s vysokofrekvenčnými elektromagnetickými poľami v blízkosti televíznych a rozhlasových vysielačov. *Am J Epidemiol.* 2008; 168: 1169-1178.
- Meyer M, Giirtig-Daug A, Radespiel-Troger M . Mobilfunkbasisstationen und Krebshaufigkeit in Bayern [Základné stanice mobilných telefónov a výskyt rakoviny v Bavorsku] [nemecky]*Umweltmed Forsch Prax.* 2006; 11: 89-97.
- Michelozzi P, Capon A, Kirchmayer U, et al. Leukémia u dospelých a detí v blízkosti vysokovýkonnej rozhlasovej stanice v Ríme, Taliansko. *Am J Epidemiol.* 2002; 155: 1096-1103.
- Milham S Jr. Zvýšená úmrtnosť u amatérskych rádiových operátorov v dôsledku lymfatických a hematopoetických malignít. *Am J Epidemiol.* 1988a; 127: 50-54.
- Milham S Jr. Úmrtnosť podľa triedy licencie u amatérskych rádiových operátorov. *Am J Epidemiol.* 1988b; 128: 1175-1176. PMID:3189292
- Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, et al. Vystavenie rádiovým frekvenciám a úmrtnosť na rakovinu mozgu a lymfatického/hematopoetického systému. *Epidemiology- 2000; 11: 118-127.*
- Muscat JE, Hinsvark M, Malkin M . Mobilné telefóny a výskyt rakoviny mozgu. *Neuroepidemiology.* 2006; 27: 55-56.
- Muscat JE, Malkin MG, Shore RE a kol. Mobilné telefóny a riziko akustického neurómu. *Neurology.* 2002; 58: 1304-1306.
- Muscat JE, Malkin MG, Thompson S, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko rakoviny mozgu. *JAMA.* 2000;284: 3001-3007.
- Myung SK, Ju W, McDonnell DD, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko nádorov: metaanalýza. *J Clin Oncol.* 2009; 27: 5565-5572.
- Nelson PD, Toledano MB, Mcconville J, et al. Trendy v oblasti akustického neurómu a mobilných telefónov: existuje súvislosť? *Neurology.* 2006; 66: 284-285.
- Nomura E, Ioka A, Tsukuma H . Trendy vo výskyte primárnych intrakraniálnych nádorov v Osake, Japonsko. *Jpn J Clin Oncol.* 2011; 41: 291-294.
- O b e r f e l d G. [Environmentálno-epidemiologická štúdia výskytu rakoviny v obciach Hausmannstitten a Vasoldsberg (Rakúsko)] Úrad Štajerskej Landesregierung,

- odbor pre zdravotníctvo (krajská zdravotná správa), tlačové centrum Univerzity v Salzburgu, Graz, Rakúsko. 2008. <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/21212/DE/> (nefunkčný odkaz) (v nemčine).
- Park SK, Ha M, Im HJ. Ekologická štúdia o bydliskách v blízkosti vysielacích veží AM rádia a úmrtiach na rakovinu: predbežné pozorovania v Kórei. *Int Arch Occup Environ Health*. 2004; 77: 387-394.
- Pettersson D, et al. Dlhodobé používanie mobilných telefónov a riziko akustického neurómu. *Epidemiology*. 2014;25:233-41.
- Poulsen AH, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko rakoviny kože: celonárodná kohortová štúdia v Dánsku. *Am J Epidemiol*. 2013;178(2):190-7.
- Propp JM, McCarthy BJ, Davis FG, Preston-Martin S. Deskriptívna epidemiológia vestibulárnych schwannómov. *Neuro-oncol*. 2006; 8: 1-11.
- Richter E, Berman T, Ben-Michael E, et al. Rakovina u radarových technikov vystavených vysokofrekvenčnému/mikrovlnnému žiareniu: sentinelové prípady. *Intl Occup Environ Health*. 2000; 6: 187-193.
- Robinette CD, Silverman C, Jablon S. Vplyv pracovnej expozície mikrovlnnému žiareniu (radar) na zdravie. *Aml Epidemiol*. 1980; 112: 39-53.
- Roosli M, Michel G, Kuehni CE, Spoerri A. Používanie mobilných telefónov a časové trendy v úmrtnosti na nádory mozgu vo Švajčiarsku v rokoch 1969 až 2002. *Eur J Cancer Prev*. 2007; 16:77-82.
- Sadetzki S, Chetrit A, Jarus-Hakak A, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko benígnych a malígnych nádorov prúšnej žľazy – celonárodná prípadovo-kontrolná štúdia. *Am J Epidemiol*. 2008; 167: 457-467.
- Saika K, Katanoda K. Porovnanie časových trendov v úmrtnosti na rakovinu mozgu a centrálného nervového systému (1990–2006) medzi krajinami na základe databázy úmrtnosti WHO. *Jpn J Clin Oncol*. 2011; 41: 304–305.
- Samkange-Zeeb F, Berg G, Blettner M. Validácia vlastného hlásenia o používaní mobilných telefónov. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2004; 14: 245-248.
- Saracci R, Samet J. Komentár: Zavolaj mi na mobil... alebo radšej nie? – pohľad na výsledky štúdie INTERPHONE. *Int J Epidemiol*. 2010 ;39: 695-698.
- Sato Y, Akiba S, Kubo O, Yamaguchi N. Prípadová štúdia používania mobilných telefónov a rizika akustického neurómu v Japonsku. *Bioelectromagnetics*. 2011; 32: 85-93.
- Satta G, et al. Odhady environmentálnej expozície vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam a riziko podtypov lymfómu. *Radiat Res*. 2018;189:541-547.
- Schlehofer B, Schlaefer K, Blettner M. Skupina INTERPHONE. Environmentálne rizikové faktory sporadického akustického neurómu (skupina Interphone, Nemecko). *Eur J Cancer*. 2007; 43: 1741–1747.
- Schmiedel S, Brilggemeyer H, Philipp J, et al. Hodnotenie ukazovateľov expozície v epidemiologickej štúdii o vysielacích staniciach rozhlasu a televízie a riziku detskej leukémie. *Bioelectromagnetics*. 2009; 30: 81-91.
- Schoemaker MJ a Swerdlow AJ. Riziko nádorov hypofýzy u používateľov mobilných telefónov: prípadovo-kontrolná štúdia. *Epidemiology*. 2009; 20: 348-354.
- Schoemaker MJ, Swerdlow AJ, Ahlborn A et al. Používanie mobilných telefónov a riziko akustického neurómu: výsledky prípadovo-kontrolnej štúdie Interphone v piatich severných krajinách. *Br J Cancer*. 2005; 93: 842-848.
- Schilz J, Bohler E, Berg G et al. Mobilné telefóny, bezdrôtové telefóny a riziko gliómu a meningiómu (Interphone Study Group, Nemecko). *Am J Epidemiol*. 2006a 163: 512-520.
- Schilz J, Bohler E, Schlehofer B, et al. Študijná skupina INTERPHONE, Nemecko. Rádiofrekvenčné elektromagnetické polia vyžarované zo základňových staníc bezdrôtových telefónov DECT a riziko gliómu a meningiómu (Študijná skupina INTERPHONE, Nemecko). *Radiat Res*. 2006b; 166: 116–119.
- Schilz J, Elliott P, Auvinen A, et al. Medzinárodná prospektívna kohortová štúdia používateľov mobilných telefónov a zdravia (Cosmos): úvahy o dizajne a zaradenie do štúdie. *Cancer Epidemiol*. 2011; 35: 37-43.

- Schilz J, Jacobsen R, Olsen JH, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko rakoviny: aktualizácia celonárodnej dánskej kohorty. *J Natl Cancer Inst.* 2006c; 98: 1707-1713.
- Selvin S, Schulman J, Merrill DW. Merania vzdialenosti a rizika pre analýzu priestorových údajov: štúdia detských nádorov. *Soc Sci Med.* 1992; 34: 769-777.
- Söderqvist F, Carlberg M, Hardell L. Používanie bezdrôtových telefónov a riziko nádorov slinných žliaz: prípadovo-kontrolná štúdia. *Eur J Cancer Prev.* 2012; 21: 576-9.
- Spinelli V, Chinot O, Cabaniols C, et al. Pracovné a environmentálne rizikové faktory pre rakovinu mozgu: pilotná prípadovo-kontrolná štúdia vo Francúzsku. *Presse Med.* 2010; 39: e35-e44.
- Stang A, Anastassiou G, Ahrens W, et al. Možná úloha vysokofrekvenčného žiarenia pri vývoji melanómu uveálneho traktu. *Epidemiology.* 2001; 12: 7-12.
- Stang A, Schmidt-Pokrzywniak A, Lash TL, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko melanómu uveálneho traktu: výsledky prípadovo-kontrolnej štúdie rizikových faktorov melanómu uveálneho traktu. *Natl Cancer Inst.* 2009;101: 120-123.
- Szmigielski S. Výskyt rakoviny u osôb, ktoré sú v rámci svojej profesie vystavené vysokofrekvenčnému (rádiovému a mikrovlnnému) elektromagnetickému žiareniu. *Sci Total Environ.* 1996; 180: 9-17.
- Szmigielski S, Sobiczewska E, Kubacki R. Karcinogénny potenciál mikrovlnného žiarenia: prehľad problému a výsledky epidemiologických štúdií na poľskom vojenskom personáli. *European Journal of Oncology.* 2001; 6: 193-199.
- Takebayashi T, Akiba S, Kikuchi Y, et al. Používanie mobilných telefónov a riziko akustického neurómu v Japonsku. *Occup Environ Med.* 2006; 63: 802-807.
- Takebayashi T, Varsier N, Kikuchi Y, et al. Používanie mobilných telefónov, vystavenie vysokofrekvenčnému elektromagnetickému poľu a nádory mozgu: prípadová kontrolná štúdia. *Br J Cancer.* 2008; 98: 652-659.
- Thomas TL, Stolley PD, Stemhagen A, et al. Riziko úmrtnosti na nádory mozgu u mužov pracujúcich v elektrotechnickom a elektronickom priemysle: prípadová kontrolná štúdia. *J Natl Cancer Inst.* 1987; 79: 233-238.
- Tynes T, Hannevik M, Andersen A, et al. Výskyt rakoviny prsníka u nórskeho operátoriek rádiových a telegrafických staníc. *Cancer Causes Control.* 1996; 7: 197-204.
- Viel JF, Clerc S, Barrera C, et al. Expozícia obyvateľstva vysokofrekvenčným poľiam z vysielačov mobilných telefónov a rozhlasových vysielačov: populačná štúdia s použitím osobných meracích prístrojov. *Occup Environ Med.* 2009; 66: 550-556.
- Vila J, Turner MC, Gracia-Lavedan E, Figuerola J, et al. Študijná skupina INTEROCC. Expozícia vysokofrekvenčným elektromagnetickým poľiam v pracovnom prostredí a riziko nádorov na mozgu v štúdiu INTEROCC: individualizovaný prístup k hodnoteniu. *Environment international.* 2018; 119, 353-365.
- Vrijheid M, Armstrong BK, Bedard D, et al. Skreslenie spomienok pri hodnotení expozície mobilným telefónom. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2009a; 19: 369-381.
- Vrijheid M, Cardis E, Armstrong BK a kol.; INTERPHONE Study Group. Validácia krátkodobého spomienkového výpovede o používaní mobilných telefónov pre štúdiu Interphone. *Occup Environ Med.* 2006b; 63: 237-243.
- Vrijheid M, Deltour I, Krewski D, et al. Vplyv chýb v spomienkach a selekčného skreslenia v epidemiologických štúdiách o používaní mobilných telefónov a riziku rakoviny. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2006a; 16: 371-384.
- Vrijheid M, Richardson L, Armstrong BK, et al. Kvantifikácia vplyvu selekčného skreslenia spôsobeného neúčastou v prípadovo-kontrolnej štúdiu o používaní mobilných telefónov. *Ann Epidemiol.* 2009b; 19: 33-41.
- Yoon S et al. Používanie mobilných telefónov a riziko gliómu: prípadovo-kontrolná štúdia v Kórei za roky 2002-2007. *Environ Health Toxicol.* 2015;30:e2015015.
- Wolf R a Wolf D. Zvýšený výskyt rakoviny v blízkosti vysielača mobilných telefónov. *International Journal of Cancer Prevention.* 2004; 1: 123-128.

8.3 Referencie k prehľadu o rakovine u pokusných zvierat

- Adey WR, Byus CV, Cain CD, et al. Spontánne a nitrozourea-indukované primárne nádory centrálného nervového systému u potkanov Fischer 344 vystavených frekvenčne modulovaným mikrovlnným poliam. *Cancer Res.* 2000;60: 1857-1863.
- Anane R, Dulou PE, Taxile M, et al. Vplyv mikrovln GSM-900 na nádory mliečnej žľazy vyvolané DMBA u samíc potkanov Sprague-Dawley. *Radiat Res.* 2003; 160:492-497.
- Anderson LE, Sheen DM, Wilson BW a kol. Dvojročná chronická biologická štúdia na potkanoch vystavených rádiovému signálu s frekvenciou 1,6 GHz. *Radiat Res.* 2004; 162: 201-210.
- Anghileri LJ, Mayayo E, Domingo JL, Thouvenot P. Karcinogenéza vyvolaná rádiovými frekvenciami: zmeny bunkovej homeostázy vápnika ako spúšťač faktor. *Int J Radiat Biol.* 2005; 81: 205-209.
- Bartsch H, Bartsch C, Seebald E, et al. Chronická expozícia signálu podobnému GSM (mobilný telefón) nestimuluje vývoj nádorov mliečnej žľazy vyvolaných DMBA u potkanov: výsledky troch po sebe idúcich štúdií. *Radiat Res.* 2002; 157: 183-190.
- Bartsch H, Kupper H, Scheurlen U, et al. Vplyv chronickej expozície signálu podobnému GSM (mobilný telefón) na prežívanie samíc potkanov Sprague-Dawley: modulačné účinky podľa mesiaca narodenia a prípadne fázy slnečného cyklu. *Neuro Endocrinol Lett.* 2010;31: 457-473.
- Breuer M, Slebos R, Verbeek S, et al. Veľmi vysoká frekvencia indukcie lymfómu chemickým karcinogénom u transgénnych myší pim-1. *Nature.* 1989; 340: 61-63.
- Chagnaud JL, Moreau JM, Veyret B. Žiadny vplyv krátkodobej expozície mikrovlnám s nízkym výkonom modulovaným systémom GSM na nádory vyvolané benzo(a)pyrenom u potkanov. *Int J Radiat Biol.* 1999; 75: 1251-1256.
- Chou CK, Guy AW, Kunz LL a kol. Dlhodobé ožarovanie potkanov mikrovlnami s nízkou intenzitou. *Bioelectromagnetics.* 1992; 13:469-496.
- Falcioni L, Bua L, Tibaldi E, Lauriola M, et al. Správa o konečných výsledkoch týkajúcich sa nádorov mozgu a srdca u potkanov Sprague-Dawley vystavených od prenatálneho života až do prirodzenej smrti rádiovým frekvenčným poliam mobilných telefónov reprezentatívnym pre emisiu zo základňovej stanice GSM s frekvenciou 1,8 GHz. *Environ Res.* 2018;165:496-503.
- Frei MR, Berger RE, Dusch SJ, et al. Chronická expozícia myší náchylných na rakovinu nízkofrekvenčnému žiareniu 2450 MHz. *Bioelectromagnetics.* 1998a; 19: 20-31.
- Frei MR, Jauchem JR, Dusch SJ, et al. Chronická expozícia myší náchylných na rakovinu prsníka mikrovlnám s frekvenciou 2450 MHz pri nízkej úrovni (LO W/kg). *Radiat Res.* 1998b; 150: 568-576.
- Heikkinen P, Ernst H, Huuskonen H, et al. Žiadne účinky vysokofrekvenčného žiarenia na tumorigenézu indukovanú 3-chlór-4-(dichlórmetyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanómom u samíc potkanov Wistar. *Radiat Res.* 2006; 166: 397-408.
- Heikkinen P, Kosma VM, Alhonen L, et al. Vplyv žiarenia mobilných telefónov na UV-indukovanú tumorigenézu kože u transgénnych a netransgénnych myší s ornitín dekarboxylázou. *Int J Radiat Biol.* 2003; 79: 221-233.
- Heikkinen P, Kosma VM, Hongisto T, et al. Vplyv žiarenia mobilných telefónov na tumorigenézu vyvolanú röntgenovým žiarením u myší. *Radiat Res.* 2001; 156: 775-785.
- Hruby R, Neubauer G, Kuster N, Frauscher M. Štúdia o potenciálnych účinkoch „bezdrôtových komunikačných signálov typu GSM s frekvenciou 902 MHz“ na nádory mliečnej žľazy vyvolané DMBA u potkanov Sprague-Dawley. *Mutat Res.* 2008; 649: 34-44.
- Huang TQ, Lee JS, Kim TH, et al. Vplyv expozície vysokofrekvenčnému žiareniu na vznik nádorov kože u myší vyvolaných 7,12-dimetylbenz[alfa]antracénom. *Int J Radiat Biol.* 2005; 81: 861-867.
- IARC, Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny. Monografie o hodnotení karcinogénnych rizík pre ľudí, zväzok 102. Neionizujúce žiarenie, časť II: vysokofrekvenčné elektromagnetické polia. 2013. Lyon: Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny.

- Imaida K, Kuzutani K, Wang J, et al. Nedostatočná podpora karcinogenézy kože u myší vyvolanej 7,12-dimethylbenz[a]antracénom v blízkosti elektromagnetických polí s frekvenciou 1,5 GHz. *Carcinogenesis*. 2001;22:1837-41.
- Jauchem JR, Ryan KL, Frei MR a kol. Opakovaná expozícia myší C3H/HeJ elektromagnetickým impulzom v ultraširokopásmovom spektre: žiadne účinky na nádory mliečnej žľazy. *Radiat Res*. 2001; 155: 369-377.
- La Regina M, Moros EG, Pickard WF, et al. Vplyv chronickej expozície rádiovým frekvenciám 835,62 MHz FDMA alebo 847,74 MHz CDMA na výskyt spontánnych nádorov u potkanov. *Radiat Res*. 2003; 160: 143-151.
- Lee HJ, Jin YB, Lee JS, et al. Vývoj lymfómu pri súčasnej kombinovanej expozícii dvom vysokofrekvenčným signálom u myší AKR/J. *Bioelectromagnetics*. 2011;32:485-92.
- Lerchl A, Klose M, Grote K, et al. Podpora nádorov vystavením vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliam pod limitmi expozície pre ľudí. *Biochem Biophys Res Commun*. 2015; 17;459:585-90.
- Mason PA, Walters TJ, Di Giovanni J, et al. Chýbajúci účinok expozície rádiovým frekvenčným žiarením 94 GHz v zvieracom modeli karcinogenézy kože. *Carcinogenesis*. 2001; 22: 1701-1708.
- Národný toxikologický program. Štúdie toxikológie a karcinogenézy u potkanov Hsd:Sprague Dawley SD vystavených rádiovému žiareniu celého tela pri frekvencii (900 MHz) a moduláciách (GSM a CDMA) používaných v mobilných telefónoch. Research Triangle Park, NC: Národný toxikologický program; NTP TR-595; 2018a.
- Národný toxikologický program. Štúdie toxikológie a karcinogenézy u myší B6C3F1/N vystavených celotelovému vysokofrekvenčnému žiareniu s frekvenciou (1900 MHz) a moduláciami (GSM a CDMA) používanými v mobilných telefónoch. Research Triangle Park, NC: Národný toxikologický program; NTP TR-596; 2018b.
- Národný toxikologický program. Recenzia návrhov technických správ NTP o rádiovom žiarení mobilných telefónov . 26–28. 2018 2018 [online]. 2018c. https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/about_ntp/trpanel/2018/march/peerreview20180328_508.pdf.
- Oberto G, Rolfo K, Yu P, et al. Štúdia karcinogenity pulzných elektromagnetických polí s frekvenciou 217 Hz a 900 MHz u transgénnych myší Pim1. *Radiat Res*. 2007; 168: 316–326.
- Paulraj R, Behari J. Vplyv mikrovlnného žiarenia nízkej intenzity na karcinogenézu u myší Swiss Albino. *Mol Cell Biochem*. 2011; 348: 191-197.
- Repacholi MH, Basten A, GebSKI V, et al. Lymfómy u transgénnych myší E mu-Pim1 vystavených pulzným elektromagnetickým poliam s frekvenciou 900 MHz. *Radiat Res*. 1997; 147: 631-640.
- Saran A, Pazzaglia S, Mancuso M, et al. Účinky vystavenia novonarodených heterozygotných myší s génom patched1 signálu GSM, 900 MHz. *Radiat Res*. 2007; 168: 733-740.
- Shirai T, Ichihara T, Wake K, et al. Chýbajúce podporné účinky chronickej expozície signálom W-CDMA 1,95 GHz pre mobilný systém IMT-2000 na vývoj nádorov centrálného nervového systému vyvolaných N-etylNitrozomoeou u potkanov F344. *Bioelectromagnetics*. 2007; 28: 562-572.
- Shirai T, Kawabe M, Ichihara T, et al. Chronická expozícia elektromagnetickému poľu s frekvenciou 1,439 GHz používanému v mobilných telefónoch nepodporuje nádory centrálného nervového systému vyvolané N-etylNitrozomoeou u potkanov F344. *Bioelectromagnetics*. 2005; 26: 59-68.
- Smith P, Kuster N, Ebert S, Chevalier HJ. Signály bezdrôtovej komunikácie GSM a DCS: kombinovaná štúdia chronickej toxicity/karcinogenity u potkanov Wistar. *Radiat Res*. 2007; 168: 480-492.
- Sommer AM, Bitz AK, Streckert J, et al. Vývoj lymfómu u myší chronicky vystavených rádiovým elektromagnetickým poliam modulovaným systémom UMTS. *Radiat Res*. 2007; 168: 72-80.
- Sommer AM, Streckert J, Bitz AK a kol. Žiadne účinky elektromagnetických polí s frekvenciou 900 MHz modulovaných systémom GSM na mieru prežívania a spontánny vývoj lymfómu u samíc myší AKR/J. *BMC Cancer*. 2004; 4: 77.
- Szmigielski S, Szudzinski A, Pietraszek A, et al. Urychlený vývoj spontánneho a benzo-pyrenom indukovaného rakoviny kože u myší vystavených mikrovlnnému žiareniu s frekvenciou 2450 MHz. *Bioelectromagnetics*. 1982; 3: 179-191.

- Szudzinski A, Pietraszek A, Janiak M, et al. Urychlenie vývoja rakoviny kože vyvolanej benzopyrenom u myší mikrovlnným žiarením. *Arch Dermatol Res.* 1982; 274: 303-312.
- Tillmann T, Ernst H, Ebert S, et al. Štúdia karcinogenity signálov bezdrôtovej komunikácie GSM a DCS u myší B6C3F1. *Bioelectromagnetics.* 2007; 28: 173-187.
- Tillmann T, Ernst H, Streckert J, et al. Indikácia kokarcinogénneho potenciálu chronickej expozície rádiovým frekvenciám modulovaným systémom UMTS na myšom modeli s etylnitrosourem. *Int J Radiat Biol.* 2010; 86: 529-541.
- Toler JC, Shelton WW, Frei MR, et al. Dlhodobá expozícia myší náchylných na nádory mliečnej žľazy nízkym úrovňami rádiového žiarenia s frekvenciou 435 MHz. *Radiat Res.* 1997; 148: 227-234.
- Utteridge TD, Gebiski V, Finnie JW, et al. Dlhodobá expozícia transgénnych myší E-mu-Pim1 mikrovlnám s frekvenciou 898,4 MHz nezvyšuje výskyt lymfómov. *Radiat Res.* 2002; 158: 357-364.
- van Kreijl CF, van der Houven van Oordt CW, Kroese ED et al. Hodnotenie transgenického myšieho modelu Emu-pim-1 pre krátkodobé testovanie karcinogenity. *Toxicol Pathol.* 1998; 26: 750-756.
- Wu RY, Chiang H, Shao BJ, et al. Vplyv mikrovlnného žiarenia s frekvenciou 2,45 GHz a forbolového esteru 12-O-tetradekanoilforbol-13-acetátu na rakovinu hrubého čreva vyvolanú dimetylhydrazínom u myší. *Bioelectromagnetics.* 1994; 15: 531-538.
- Yu D, Shen Y, Kuster N, et al. Vplyv signálov bezdrôtovej komunikácie GSM s frekvenciou 900 MHz na nádory mliečnej žľazy vyvolané DMBA u potkanov. *Radiat Res.* 2006; 165: 174-180.
- Zook BC, Simmens SJ. Vplyv rádiového žiarenia s frekvenciou 860 MHz na indukciu alebo podporu nádorov mozgu a iných novotvarov u potkanov. *Radiat Res.* 2001;155: 572-583.
- Zook BC, Simmens SJ. Vplyv rádiových frekvencií mobilného telefónu (860 MHz) na latenciu nádorov mozgu u potkanov. *Int Congr Ser.* 2002; 1236: 137-139.
- Zook BC, Simmens SJ. Vplyv pulzného rádiového žiarenia s frekvenciou 860 MHz na podporu neurogénnych nádorov u potkanov. *Radiat Res.* 2006; 165: 608-615.

8.4 Referencie k prehľadu o vplyvoch na reprodukciu a vývoj u ľudí

- Abad M., Malekafzali H., Simbar M. a kol. Súvislosť medzi vystavením elektromagnetickému poľu a potratmi u tehotných žien žijúcich v Teheráne. *Iran J Reproductive Medicine.* 2016;14: 347-354.
- Al-Bayyari N. Vplyv používania mobilných telefónov na kvalitu spermií a plodnosť u jordánskych mužov. *Middle East Fertility Society Journal.* 2017;22, 178-182.
- Al-Quzwini O, Al-Tae H, Al-Shaikh S. Mužská plodnosť a jej súvislosť s rizikami vyplývajúcimi z povolania a z vysielateľov mobilných telefónov: analytická štúdia. *Middle East Fertility Society Journal.* 2016; 21: 236-240.
- Baste V, Riise T, Moen BE. Rádiofrekvenčné elektromagnetické polia; mužská neplodnosť a pomer pohlaví potomkov. *Eur J Epidemiol.* 2008;23:369-77.
- Blay RM, Pinamang AD, Sagoe AE a kol. Vplyv životného štýlu a environmentálnych faktorov na kvalitu spermií u ghanských mužov. *Int J Reprod Med.* 2020;6908458.
- Boileau N, Margueritte F, Gauthier T, et al. Používanie mobilných telefónov počas tehotenstva: Aký je vzťah s rastom plodu? *J Gynecol Obstet Hum Reprod.* 2020 ;49:101852.
- Choi KH, Ha M, Ha EH, et al. Neurovývoj počas prvých troch rokov po prenatálnom používaní mobilných telefónov, vystavení rádiovým frekvenciám a olovu. *Environmental research.* 2017; 156, 810-817.
- Col-Araz N. Hodnotenie faktorov ovplyvňujúcich pôrodnú hmotnosť a predčasný pôrod v južnom Turecku. *J Pakistan Medical Association.* 2013; 63: 459-462.
- Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Prenatálna a postnatálna expozícia používaniu mobilných telefónov a behaviorálne problémy u detí. *Epidemiology (Cambridge, Mass.).* 2008; 19: 523-9.

- Divan HA, Kheifets L, Olsen J. Prenatálne používanie mobilných telefónov a oneskorenia vo vývojových míľnikoch u dojčiat. *Scandinavian Journal of Work Environmental Health*. 2011; 37: 341–348.
- Fejes I, Závaczki Z, Szöllösi J, et al. Existuje súvislosť medzi používaním mobilných telefónov a kvalitou spermií? *Archives of Andrology*. 2005; 51: 385–393.
- Guxens M, van Eijsden M, Vermeulen R, et al. Používanie mobilných a bezdrôtových telefónov matkami počas tehotenstva a poruchy správania u 5-ročných detí. *Journal epidemiology community health*. 2013; 67: 432-8.
- Jurewicz J, Radwan M, Sobala W, et al. Životný štýl a kvalita spermií: úloha modifikovateľných rizikových faktorov. *Systémová biológia v reprodukčnej medicíne*. 2014; 60: 43-51
- Lewis RC, Mínguez-Alarcón L, Meeker JD, et al. Vlastné hlásenia o používaní mobilných telefónov a parametre spermií u mužov z kliniky plodnosti. *Reproductive toxicology (Elmsford, N.Y.)*. 2017; 67, 42-47.
- Lu X, Oda M, Ohba T, et al. Súvislosť nadmerného používania mobilných telefónov počas tehotenstva s pôrodnou hmotnosťou: doplnková štúdia v rámci japonskej štúdie Environment and Children's Study v Kumamoto. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2017; 22:52.
- Mahmoudabadi F, Ziaei S, Firoozabadi M a Kazemnejad A. Používanie mobilného telefónu počas tehotenstva a riziko spontánneho potratu. *J Environmental Health Science Engineering*. 2015; 13:34.
- Mjøen G, Saetre DO, Lie RT a kol. Expozícia otca v práci vysokofrekvenčným elektromagnetickým poliám a riziko nepriaznivého výsledku tehotenstva. *European journal of epidemiology*. 2006; 21: 529-35.
- Møllerlökken OJ, Moen BE. Je plodnosť znížená u mužov vystavených vysokofrekvenčným poliám v nórskom námorníctve? *Bioelectromagnetics*. 2008; 29: 345-52.
- Papadopoulou E, Haugen M, Schjølberg S, et al. Používanie mobilného telefónu matkou v ranom štádiu tehotenstva a jazykové, komunikačné a motorické zručnosti dieťaťa vo veku 3 a 5 rokov: nórska kohortová štúdia matiek a detí (MoBa). *BMC Public Health*. 2017; 17:685
- Radwan M, Jurewicz J, Merecz-Kot D, et al. Poškodenie DNA spermií – vplyv stresu a faktorov každodenného života. *International Journal of Impotence Research*. 2016;28: 148–154.
- Shi X, Pui Shan Chan C, Waters T, et al. Životný štýl a demografické faktory súvisiace s kvalitou ľudského semena a funkciou spermií. *Systems Biology in Reproductive Medicine*. 2018; 64: 358-367.
- Sudan M, Birks LE, Aurrekoetxea JJ, et al. Používanie mobilného telefónu matkou počas tehotenstva a kognitívne schopnosti dieťaťa vo veku 5 rokov v 3 kohortách narodených detí. *Environment International*. 2018; 120, 155-62.
- Tan TC, Neo GH, Malhotra R, et al. Rizikové faktory životného štýlu spojené s hrozbou potratu: prípadovo-kontrolná štúdia. *Journal of Fertilization: In vitro – IVF-Worldwide, Reproductive Medicine, Genetics and Stem Cell Biology*. 2014; 2: 123.
- Tsarina E, Reedijk M, Birks LE, et al. Súvislosť medzi používaním mobilného telefónu matkou počas tehotenstva a dĺžkou tehotenstva a rastom plodu v 4 kohortách narodených detí. *American journal of epidemiology*. 2019; 188: 1270-1280.
- Yildirim M, Kaynar M, Badem H, et al. Čo je škodlivé pre mužskú plodnosť: mobilný telefón alebo bezdrôtový internet? *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. 2015; 31, 480-484.
- Zarei S, Mortazavi SM, Mehdizadeh AR a kol. Náročná otázka v etiológii porúch reči: Vplyv vystavenia matky elektromagnetickým poliám na poruchy reči u potomkov. *Journal of biomedical physics and engineering*. 2015; 5: 151-4.
- Zhang G, Yan H, Chen Q, et al. Vplyv používania mobilných telefónov na parametre spermií: Výsledky kohortovej štúdie MARHCS v Čchung-čching, Čína, *Environment International*. 2016; 91, 116–121.
- Zilberlicht A, Wiener-Megnazi Z, Sheinfeld Yet al. Návyky pri používaní mobilných telefónov a kvalita spermií – zaslúži si to pozornosť? *Reproductive BioMedicine Online*. 2015; 31, 421–426.

8.5 Referencie k prehľadu o vplyvoch na reprodukciu a vývoj u pokusných zvierat

- Al-Damegh MA. Poškodenie semenníkov u potkanov vyvolané elektromagnetickým žiarením z bežného mobilného telefónu a ochranné účinky antioxidantov – vitamínov C a E. *Clinics (Sao Paulo)*. 2012;67: 785-92.
- Bilgici B, Gun S, Avci B, et al. Aký je nepriaznivý vplyv bezdrôtovej lokálnej siete s frekvenciou 2,45 GHz na reprodukčný systém? *Int J Radiat Biol*. 2018; 94:1054-1061.
- Bin-Meferij MM, El-Kott OF. Neuroprotektívne účinky *Moringa oleifera* proti neplodnosti u potkanov vyvolanej elektromagnetickým žiarením mobilných telefónov. *Int J Clin Exp. Med*. 2015;8:12487-97.
- Çelik S, Aridogan IA, Izol V, et al. Hodnotenie účinkov dlhodobého používania mobilných telefónov na semenníky prostredníctvom analýzy svetelným a elektrónovým mikroskopom. *Urology*. 2012;79:346-50.
- Çelik Ö, Kahya MC, Naziroğlu M. Oxidatívny stres mozgu a pečene sa zvyšuje vystavením potkanov Wi-Fi (2,45 GHz) počas tehotenstva a vývoja novorodencov. *J Chem Neuroanat*. 2016;75:134-9.
- Fatehi, Daryoush, et al. Biologické účinky vystavenia rádiovým vlnám mobilných telefónov na oplodnenie u myši; in vivo a in vitro štúdia. *Middle East Fertility Society Journal*. 2018; 23:148-153.
- Finnie JW, Blumbergs PC, Cai Z, et al. Vplyv mobilnej telefónie na priepustnosť hematoencefalickej bariéry v mozgu plodu myši. *Pathology*. 2006; 38: 63–65.
- Finnie JW, Cai Z, Blumbergs, PC, et al. *Expresia okamžitého skorého génu cfos* v mozgu plodu po celotestovom vystavení tehotných myši mikrovlnám globálneho systému mobilnej komunikácie. *Pathology*. 2006; 38: 333–335.
- Finnie JW, Chidlow G, Blumbergs PC a kol. Indukcia proteínov tepelného šoku v mozgu plodu myši ako ukazovateľ stresu po celotestovacej expozícii rádiovým poliam mobilných telefónov. *Pathology* 2009; 41: 276–279.
- Fragopoulou AF, Koussoulakos SL, Margaritis LH. Variácie lebečnej a postkraniálnej kostry vyvolané žiarením mobilných telefónov u embryí myši. *Patofyziológia*. 2010;17:169-77.
- Gul A, Celebi H, Uğraş S. Vplyv mikrovln vyžarovaných mobilnými telefónmi na ovariálne folikuly u potkanov. *Arch Gynecol Obstet*. 2009;280:729-33.
- Guo L, Lin JJ, Xue YZ, et al. Vplyv pulzného modulovaného vysokofrekvenčného poľa s frekvenciou 220 MHz na kvalitu spermií u potkanov. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:1286.
- Imai N, Kawabe M, Hikage T a kol. Vplyv signálu WCDMA s frekvenciou 1,95 GHz pre mobilné telefóny IMT-2000 na semenníky potkanov. *Syst. Biol. Reprod. Med*. 2011; 57: 204–209.
- Lee HJ, Lee JS, Pack JK, et al. Absencia teratogenity po kombinovanej expozícii tehotných myši rádiovým elektromagnetickým poliam CDMA a WCDMA. *Radiat Res*. 2009;172:648-52.
- Lee HJ, Pack JK, Kim TH, et al. Chýbajúce histologické zmeny spôsobené vysokofrekvenčným žiarením mobilných telefónov CDMA na semenníkoch potkanov. *Bioelectromagnetics*. 2010; 31: 528–534.
- Lee HJ, Jin YB, Kim TH, et al. Vplyvy súčasnej kombinovanej expozície elektromagnetickým poliam CDMA a WCDMA na funkciu semenníkov potkanov. *Bioelectromagnetics*. 2012; 33: 356–364.
- Liu Q, Si T, Xu X, et al. Elektromagnetické žiarenie pri 900 MHz indukuje apoptózu spermií prostredníctvom signálnych dráh bcl-2, bax a kaspázy-3 u potkanov. *Reprod Health*. 2015;12:65.
- Meo SA, Arif M, Rashied S, et al. Hypospermatogenéza a zastavenie dozrievania spermií u potkanov vyvolané žiarením mobilných telefónov. *J Coll Physicians Surg. Pak*. 2011; 21: 262–265.
- Mugunthan N, Anbalagan J, Meenachi S. Vplyv dlhodobej expozície žiareniu 2G mobilných telefónov (900 – 1900 MHz) na semenníky myši. *International Journal of Science and Research*. 2014; 3: 523–529.

- Nelson BK, Conove DL, Brightwell WS, et al. Výrazný nárast teratogenity pri kombinovanom podávaní priemyselného rozpúšťadla 2-metoxyetanolu a vysokofrekvenčného žiarenia u potkanov. *Teratology*. 1991; 43: 621–634.
- Nelson BK, Conover DL, Shaw PB, et al. Interaktívna vývojová toxicita vysokofrekvenčného žiarenia a 2-metoxyetanolu u potkanov. *Teratology*. 1994; 50: 275–293.
- Nelson BK, Conover DL, Krieg EF Jr, et al. Vzájomné pôsobenie hypertermie vyvolanej vysokofrekvenčným žiarením a teratogenity 2-metoxyetanolu u potkanov. *Bioelectromagnetics*. 1997; 18: 349–359.
- Nelson BK, Conover DL, Shaw PB, et al. Interakcie vysokofrekvenčného žiarenia s teratogenitou 2-metoxyetanolu u potkanov. *J Appl Toxicol*. 1997;17:31-9.
- Nelson BK, Snyder DL, Shaw PB. Interakcie vývojovej toxicity metanolu a vysokofrekvenčného žiarenia alebo 2-metoxyetanolu u potkanov. *Int J Toxicol*. 2001; 20:89-100.
- Ogawa K, Nabae K, Wang J, et al. Účinky gestačnej expozície signálom 1,95 GHz W-CDMA pre mobilné telefóny IMT-2000: Absencia embryotoxicity a teratogenity u potkanov. *Bioelectromagnetics*. 2009; 30:205-12.
- Othman H, Ammari M, Rtibi K, et al. Vplyv vnútro maternicovej expozície potkanov rádiovým vlnám emitovaným z bežných WiFi zariadení na postnatálny vývoj a správanie. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2017;52: 239-247.
- Ozguner M, Koyu A, Cesur G, et al. Biologické a morfológické účinky na reprodukčné orgány potkanov po vystavení elektromagnetickému poľu. *Saudi Medical Journal*. 2005 ;26:405-410.
- Ozlem Nisbet H, Nisbet C, Akar A, Cevik M, Karayigit MO. Vplyv vystavenia elektromagnetickému poľu (1,8/0,9 GHz) na funkciu a štruktúru semenníkov u rastúcich potkanov. *Res Vet Sci*. 2012 ;93:1001-5.
- Özorak A, Nazıroğlu M, Çelik Ö, et al. Riziká vyvolané Wi-Fi (2,45 GHz) a mobilnými telefónmi (900 a 1800 MHz) pre oxidačný stres a prvky v obličkách a semenníkoch potkanov počas tehotenstva a vývoja potomstva. *Biol Trace Elem Res*. 2013;156:221-9.
- Pandey, N.; Giri, S.; Das, S.; Upadhaya, P. Poškodenie DNA a zastavenie bunkového cyklu v semenníkových zárodočných bunkách u švajčiarskych albínových myší vyvolané vysokofrekvenčným žiarením (900 MHz). *Toxicol. Ind. Health*. 2017; 33: 373–384.
- Pandey N, Giri S. Melatonin zmiernuje oxidačný stres, poškodenie DNA a zastavenie bunkového cyklu vyvolané vysokofrekvenčným žiarením (900 MHz) v pohlavných bunkách samcov švajčiarskych albínových myší. *Toxicol. Ind. Health*. 2018; 34: 315–327.
- Pouletier de Gannes F, Billaudel B, Haro E, et al. Plodnosť potkanov a vývoj embrya a plodu: Vplyv vystavenia signálu Wi-Fi. *Reprod. Toxicol*. 2013; 36: 1–5.
- Sambucci M, Laudisi F, Nasta F, et al. Vystavenie signálom podobným Wi-Fi s frekvenciou 2,45 GHz v ranom veku: vplyv na vývoj a dozrievanie imunitného systému. *Prog Biophys Mol Biol*. 2011;107:393-8.
- Saygin M, Asci H, Ozmen O, et al. Vplyv mikrovlnného žiarenia s frekvenciou 2,45 GHz na biomarkery zápalovej dráhy v semenníkoch u mladých potkanov: Úloha kyseliny galovej. *Environ Toxicol*. 2016;31: 1771-1784.
- Shahin S, Mishra V, Singh SP, Chaturvedi CM. Ožiarovanie mikrovlnami s frekvenciou 2,45 GHz nepriaznivo ovplyvňuje reprodukčnú funkciu u samcov myší (*Mus musculus*) vyvolaním oxidačného a nitrozačného stresu. *Free Radic Res*. 2014;48:511-25.
- Shahin S, Singh SP, Chaturvedi CM. Žiarenie mobilných telefónov (1800 MHz) narúša reprodukčné funkcie samíc u myší (*Mus musculus*) prostredníctvom stresom vyvolanej inhibície činnosti vaječníkov a maternice. *Reproductive Toxicology*, 2017; 73: 41–60.
- Shahin S, Singh SP, Chaturvedi CM. Mikrovlnné žiarenie s frekvenciou 2,45 GHz vyvolalo oxidačný a nitrozačný stres sprostredkovaný apoptózou semenníkov: Účast' p53-dependentnej dráhy sprostredkovanej bax-kaspázou-3. *Environ Toxicol*. 2018; 33:931-945.
- Shirai T, Wang J, Kawabe M, et al. Neboli zistené žiadne nepriaznivé účinky súčasnej expozície celého tela viacerým frekvenciám vysokofrekvenčných elektromagnetických poľí u potkanov v intrauterinnom období a v období pred a po odstavu. *J Radiat Res*. 2017; 58:48-58.

- Sommer, AM, Grote, K, Reinhardt T, et al. Vplyv vysokofrekvenčných elektromagnetických polí (UMTS) na reprodukciu a vývoj myší: Multigeneračná štúdia. *Radiat. Res.* 2009; 171: 89–95.
- Stasinopoulou M, Fragopoulou AF, Stamatakis A, et al. Vplyv prenatálnej a postnatálnej expozície žiarenia základňových staníc DECT v pásme 1880–1900 MHz na vývoj potkanov. *Reprod Toxicol.* 2016; 65:248–262.
- Yu G, Tang Z, Chen H, et al. Dlhodobá expozícia vysokofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu zo smartfónov 4G znížila reprodukčný potenciál samcov priamym narušením osi Spock3-MMP2-BTB v semenníkoch dospelých potkanov. *Sci Total Environ.* 2020; 698:133860.
- Zhang Y, Li Z, Gao Y, Zhang C. Vplyv vystavenia plodu mikrovlnnému žiareniu na správanie potomkov u myší. *J Radiat Res.* 2015;56:261-8.
- Zhu S, Zhang J, Liu C, et al. Test dominantnej letálnej mutácie u samcov myší vystavených vysokofrekvenčným poliam s frekvenciou 900 MHz. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen.* 2015; 792: 53-7.

V posledných desaťročiach došlo k bezprecedentnému rozvoju technológií bezdrôtovej komunikácie (mobilná telefónia, Wi-Fi). Očakáva sa, že blížiaci sa zavedenie technológie 5G v celej EÚ prinesie občanom a podnikom nové príležitosti v podobe rýchlejšieho prehliadania internetu, streamovania a sťahovania, ako aj lepšej konektivity. Technológia 5G však spolu s technológiami 3G a 4G, s ktorými bude niekoľko rokov fungovať paralelne, môže predstavovať aj hrozbu pre ľudské zdravie. Cieľom tejto správy STOA je zhodnotiť súčasný stav poznatkov o vplyvoch technológie 5G na zdravie.

Toto je publikácia Vedeckej prognostickej jednotky (STOA) EPRS | Výskumnej služby Európskeho parlamentu

Tento dokument je vypracovaný pre poslancov a zamestnancov Európskeho parlamentu a je im určený ako podkladový materiál na podporu ich parlamentnej práce. Za obsah dokumentu nesú výhradnú zodpovednosť jeho autori a žiadne názory v ňom vyjadrené by nemali byť považované za oficiálne stanovisko Parlamentu.

ISBN 978-92-846-8030-6 | doi: 10.2861/657478 | QA-09-21-134-EN-N

