

NETEPELNÉ ÚČINKY MOBILNÝCH TELEFÓNOV NA BIOLOGICKÉ OBJEKTY NON-THERMAL EFFECTS MOBILE PHONES AT BIOLOGICAL OBJECTS

Ladislav Balogh

Ružový rad 2 940 00 Nové Zámky

Abstrakt Článok pojednáva o netermálnych vplyvoch mobilných telefónov na biologické objekty. Aj keď tieto vplyvy sú pozorované už dlhšiu dobu, nie sú výsledky doposiaľ nadobudnutých biologických a biofyzikálnych výsledkov v tejto oblasti zďaleka jednoznačné. Biologické účinky elektromagnetického poľa (EMP) závisia totiž na jeho charaktere, dobe pôsobenia ako aj na vlastnostiach organizmu. Pretože nie sú známe receptory poľa (t. j. vstupy EMP do organizmu), posudzujú sa tieto účinky len podľa nešpecifických reakcií organizmu. U vysokofrekvenčných a mikrovlnných polí sú relatívne najviac objasnené tepelné účinky, no účinky EMP mobilných telefónov na centrálny nervový systém, srdco-cievny, krvotvorný a imunitný systém sa pripisujú netepelným účinkom, t. j. dlhšie trvajúcim expozíciám polí s relatívne nízkou výkonovou úrovňou. No ani tieto, ako ani genetické či karcinogénne účinky mobilných telefónov však zatiaľ neboli jednoznačne preukázané a uznané.

Summary The article deals with non-thermal effects of mobile phones on biological objects. Even though these effects are observed for longer period, there are not so far unequivocal results on obtained biological and biophysical results in this field. Biological effects of electromagnetic field (EMF) depend on its character, its duration as well as on features of organism. As the receptors of field are not known (e.g. inputs of EMF into organism), its effects are judged only by non-specific reaction of organism. With high-frequency and microwave fields are relatively the most clarified thermal effects, but effect of EMF mobile phones on central nervous system, cardio-vascular, blood and immune system are ascribed to non-thermal effects, e.g. longer standing exposures of fields with relative low power level. Neither these, nor genetic or carcinogen effects of mobile phones have been so far unequivocally proved and acknowledged.

1. Úvod

Elektromagnetický náboj má prakticky každý predmet, ktorý sa nachádza na zemi. V bežných podmienkach však nie je žiadny z týchto elektrických potenciálov zdraviu nebezpečný. Elektromagnetické pole pôsobiacie na akýkoľvek vodič ovplyvňuje rozmiestnenie elektrického náboja na jeho povrchu. Ľudské telo je svojím spôsobom tiež vodič. Okrem toho je tiež zdrojom malých elektrických prúdov, ktoré vznikajú v dôsledku chemických reakcií, ktoré sú normálnou súčasťou telesných funkcií. Celá nervová sústava je založená na drobných elektrických impulzoch, ktorými sa odovzdáva informácia z mozgu a miechy do všetkých nervových zakončení a naopak. Vďaka týmto impulzom pracuje i naše srdce. EMP o dostatočnej intenzite môže stimulovať nervovú sústavu a mať tak ďalšie účinky na biologické procesy v ľudskom tele. Každý človek pritom reaguje na pôsobenie EMP inak, pretože adaptačné, kompenzačné a regeneračné možnosti a schopnosti sú u každého individuálne. Preto je veľmi obtiažne analyzovať zmeny v organizme a na základe štatistických výsledkov dôjsť k obecné platným záverom. Problematikou elektromagnetickej kompatibility biologických systémov voči mobilným telefónom sa zaoberá viacero výskumných lekárskejších štúdií s cieľom posúdiť odolnosť ľudského organizmu voči elektromagnetickým vplyvom a mechanizmom ich pôsobenia. No dodnes zostáva jediným dokázaným efektom vysokofrekvenčného elektromagnetického poľa zahrievanie tkaniva.

Masové rozšírenie mobilných telefónov podnietilo zdravotnícku inštitúciu ku skúmaniu otázky, či elektromagnetické pole vznikajúce pri prevádzke týchto zariadení poškodzuje nejakým spôsobom organizmus ich užívateľov. Sústavný cieľový výskum o vplyve EM

poľa na biologické objekty existuje zatiaľ len niekoľko desiatok rokov a prezentácia jeho výsledkov pre verejnosť je príliš komplikovaná. Snaha objasniť zdravotné dopady je celosvetová, pretože je nutná nielen pre bežnú prax, ale i pre lekára či hygienika. Je potrebné vedieť, ako môže elektromagnetické žiarenie nepriaznivo pôsobiť na človeka a ako predchádzať danému zbytočnému hazardu. Poznatkov o vplyve elektromagnetických polí na živý organizmus je síce celý rad, no je ťažké poskladať jednotlivé poznatky do jedného logického reťazca. V tom je v súčasnosti stále ešte mnoho medzier a táto práca sa snaží vnieť trochu svetla práve v tomto smere. Rozbor do hĺbky by presiahol povolenú veľkosť danej publikácie, z toho dôvodu bude uvedených iba zopár najzaujímavejších faktov zo štúdií o netermálnych vplyvoch mobilných telefónov na biologické objekty, ktoré doposiaľ neboli vyvrátené odbornou verejnosťou.

Mobilné telefóny (MT) sa po prvý raz objavili v USA v roku 1984 a odvtedy sa stali jedným z najobľúbenejších prístrojov, ale súčasne svetová zdravotnícka organizácia (WHO) potvrdila, že MT sa stali ďalším rizikovým faktorom vzniku civilizačných chorôb. V súvislosti s MT sa hovorí o dvoch typoch vplyvu na organizmus - tzv. tepelných a netepelných. V súčasnej dobe je dokázaný iba tepelný vplyv účinkom (EMP) pri frekvenciách nad 10 MHz. Neionizujúce žiarenie rádiových vln, ktoré produkujú MT a základňové stanice sú schopné prinútiť molekuly k rýchlejšiemu pohybu a tým vyvolať ich zahriatie, pričom hĺbka prenikania radiofrekvenčného (RF) poľa do živého tkaniva závisí od frekvencie, pri MT to býva rádovo okolo centimetra u dospelého človeka. RF energia je telom pohlcovaná a premieňa sa na teplo, ale normálne termoregulačné procesy ľudského tela toto teplo dobre odvádzajú. Priemerný absorbovaný výkon pri poliach s

tak nízkou intenzitou je síce zanedbateľný na celkový ohrev tkaniva. Môžu však vznikáť lokálne maximá, kde o ohreve a eventuálnom poškodení tkaniva môžeme hovoriť, pričom miera takého ohrevu je priamo úmerná intenzite poľa. Podľa lekárskeho výskumu môže 20 minútový hovor s MT s výkonom 0,25 wattu zvýšiť teplotu vnútorných mozgových tkanív od 0,1 °C až do 0,2 °C, a to aj napriek tomu, že mozog je priebežne ochladzovaný pretekajúcou krvou. Ľudské telo je schopné dobre si poradiť s celkovým ohrevom, ale nikto zatiaľ presne nevie, čo s organizmom urobí zahriatie len niektorej jeho vnútornej časti. Problém je aj v tom, že naše telo má síce veľmi dobre prepracovaný termoregulačný systém, ale príslušné receptory sa nachádzajú na jeho povrchu. Žiarenie však mozog začína zahrievať zvnútra a tak termoregulačný systém nezíska signály o potrebe ochladiť ho.

Čo sa týka netepelných vplyvov, predpokladá sa, že sú potenciálne ďaleko zhubnejšie a spočívajú v tom, že pri extrapolácii elektromagnetickej (EM) emisie MT vyvolávajú v tele biologických objektov elektrické prúdy. Pritom EMP o dostatočnej intenzite môže stimulovať nervovú sústavu, ktorá pracuje na drobných elektrických impulzoch, čo môže mať následné účinky na biologické procesy v ľudskom tele. Medzi ne môžu patriť napr. možné zmeny tkaniva či základných stavebných prvkov organizmu, samotných buniek, kde môže dôjsť k zmene bunkovej priepustnosti membrány a tým k následnej toxikácii ľudského mozgu jedovatými látkami z krvi. Pulzne modulované signály o nižšej frekvencii prenikajú hlbšie do tkanív biologických objektov, a tým aj do mozgového tkaniva. No aj keď toto nebezpečie je citeľné, neexistuje doposiaľ výskum, ktorý by splňoval všetky náležitosti tak, aby ho mohli uznať vedci za dostatočne preukázateľné. Radiácia taktiež môže mať epigenetický efekt, vstupuje do interakcie so známymi genotoxickými agensami (ionizujúcim žiarením a chemickými karcinogénmi) a zosilňuje ich efekt, čím môže iniciovať aj vznik nádorov.

2. Účinky slabých nízkofrekvenčných magnetických polí na mozgové funkcie

Bývalé Československo začiatkom šesťdesiatych rokov zachytilo vývoj a stalo sa v roku 1965 [1] vôbec prvou krajinou, ktorá zaviedla hygienické limity v prípade vystavenia ľudí EM žiareniu v neionizujúcej časti frekvenčného spektra nielen pre profesionálne expozície, ale tiež prísnejšie pre obyvateľstvo. K danému dátumu sa datuje aj vznik špecializovaného laboratória EMP. Je málo historicky známe že až o trinásť rokov neskôr sa tomu tak stalo v ostatných vyspelých krajinách sveta. V súvislosti so štúdiom tzv. netepelných efektov, ktorých uplatnenie sa predpokladalo pri dlhodobých expozíciách polí s nízkymi environmentálnymi úrovňami, bol u nás už koncom sedemdesiatych rokov teoreticky i modelovo sledovaný a experimentálne preukázaný podiel pulznej modulácie na biologickom efekte so súčasným

potvrdením existencie zrejme iného, než tepelného mechanizmu účinku [2],[3],[4]. Len pre zaujímavosť potenciálne nebezpečné schopnosti EM žiarenia bez sporu dokázal jeden z prvých pokusov vykonaný začiatkom šesťdesiatych rokov v dnešnom Štátnom zdravotnom ústave v Prahe. Potkany, inak veľmi odolné proti vonkajším vplyvom, boli vystavené pulznému EM žiareniu stredného výkonu 200W a po niekoľkých minútach všetky pokapali. Následná pitva v tých časoch však nebola schopná nájsť príčinu ich smrti. Na tomto mieste je však nutné pripomenúť, že MT pracuje s výkonom viac než stonásobne nižším.

Súčasťou poľa generovaného MT typu GSM, je okrem vysokofrekvenčnej nosnej zložky aj nízkofrekvenčná pulzná modulácia a teda i jej magnetická zložka charakteristická premenlivým magnetickým polom, ktorá je biologicky aktívna prostredníctvom netepelných mechanizmov. Z tohto dôvodu sú zaujímavé i možné vplyvy týchto slabých, premenných polí na funkciu central nervous system (CNS) u človeka. Zopár najzaujímavejších experimentov, ktoré neboli zamerané cielene pre potreby hodnotenia MT priniesli nasledovné výsledky.

V jednej štúdií z 1995 vedenej doktorom F. Papim [5] bola popísaná zmena v percepcii bolesti u ľudí po krátkodobej expozícii slabým, oscilujúcim magnetickým poľom. Podobne ako v experimentoch so zvieratami došlo k zníženiu prahu bolesti pravdepodobne zásahom do neuroendokrinných mechanizmov. Autori sa domnievajú, že zmeny magnetického poľa (oscilácie) indukujú inhibíciu endogénneho opioidného systému. Podľa výskumu vo fínsku v 1993 [6] bolo zistené, že po krátkodobej expozícii sínusoidálneho magnetického poľa o frekvencii 45 Hz a úrovni 1,26 mT boli u dobrovoľníkov pozorované štatisticky významné zmeny elektrickej aktivity mozgu, mnohé z nich hlavne po intermitentnej prevádzke, kedy bolo v sekundových intervaloch pole vypínané a zapínané. Autori uvažujú, že efekt je spôsobený skôr rýchlymi zmenami úrovne poľa než úrovňou samotnou. Predpokladá sa, že dané zistenie môže mať značný vplyv pri MT typu GSM, ktoré používajú pulznú moduláciu, kde signál pri hovore cyklicky kolíše od minima po vysoké maximum. Existujú predpoklady, že táto modulácia je pre ľudský organizmus horšie prijateľná, než modulácia frekvenčná pri analógových MT typu NMT 450.

3. Vplyv krátkodobého používania MT

V súčasnej dobe je už cielene riešená otázka možného nepriaznivého vplyvu signálu MT na kognitívne funkcie akými sú pamäť, pozornosť, koncentrácia. Napriek veľkému záujmu o túto problematiku relatívne málo štúdií bolo realizovaných na ľuďoch a tie existujúce sledujú len efekty krátkodobých expozícií. Štúdie sledujúce expozície nízkych úrovni poľa v pásme MT sú väčšinou zamerané nie na ukazovatele kognitívneho prejavu, ale na elektrofyziologické koreláty mozgových funkcií ako napríklad EEG. Nálezy z tých štúdií

naznačujú, že expozície signálu MT ovplyvňujú mozgové funkcie a oprávňujú požiadavku ďalšieho skúmania, zvlášť na spánok a zmeny EEG počas riešenia kognitívnych úloh. Tu si zvláštnu pozornosť zasluhujú tri nové práce. Jedna z roku 1999, dve z 2001 [7] sledujúce u dobrovoľníkov zmeny niektorých kognitívnych prejavov (dlhodobej a krátkodobej pamäti, selektívnej pozornosti a rýchlosti rozhodovania) po expozícii signálom MT (telefonovanie v presne definovanom režime). Autori zhodne naznačujú, že expozície signálom MT na úrovniach v medziach existujúcich limitov, sú biologicky aktívne a sú dostatočné na ovplyvnenie chovania a zhodujú sa i vo vysvetlení mechanizmu účinku. Nálezy odrážajú efekty malých teplotných vzostupov na synaptických prevodoch v oblasti mozgovej kôry pod anténou MT. Teda mechanizmom efektu je pravdepodobne hypertermia určitej lokality, vyvolaná absorpciou energie vysokofrekvenčnej nosnej zložky.

4. Vplyv MT na dospievajúcu mládež a deti.

Odborný Anglický mesačník *British Medical Journal* zverejnil štúdiu, v ktorej sa uvádza, že v rokoch 1996 – 2002 výrazne ubudlo v Anglicku fajčiarov – teenage rov z 30 na 21 percent. V tej istej dobe však naopak rapidne stúpol počet majiteľov MT v tej istej vekovej kategórii, takmer z nuly na 70 percent a nie je tomu tak len v Anglicku. Pričom daný fakt nie je možné si nepovšimnúť, pretože v množstve štúdií sa uvádza, že deti by mali používať MT čo najmenej, pretože šanca, že na ich vyvíjajúce sa mozgy bude MT pôsobiť, je citeľne vyššia, než u dospelých osôb. Ich telo sa len vyvíja a preto sú citlivejšie na všetky vonkajšie negatívne vplyvy. Tenšia lebka umožňuje absorbovať detskému mozgu viac energie z MT než je tomu u dospelých. Už v roku 1979 skupina amerických výskumníkov zistila a poukázala na väčšiu citlivosť a kauzálne spojenie medzi EM poľom a deťmi, ktoré zomreli na leukémiu. V blízkosti ich domovov sa totiž nachádzali rozvody vysokého elektrického napätia alebo distribučnej siete, ktoré sa pri dlhodobom pobyte v ich blízkosti stali „karcinogénom“ pre deti hlavne v predškolskom veku. Od tej doby množstvo epidemiologických štúdií sa orientovalo na možné súvislosti s rozpornými zisteniami. V súčasnej dobe sa však epidemiologické štúdie orientujú aj na zvýšený výskyt detskej leukémie v blízkosti základňových staníc pre MT (BTS) [8]. Podľa štúdií prírodovedca Dr. Gerarda Hylanda tvoria dospievajúci do 18 rokov, štvrtinu z 38 miliónov používateľov MT v Anglicku, pričom sú však podstatne zraniteľnejší žiareniam z týchto prístrojov kvôli slabšiemu imunitnému systému. Toto žiarenie preukázateľne vplyva na mozgový rytmus, pričom deti sú naň obzvlášť citlivé. Vplýva na stabilitu buniek v tele, pričom jeho hlavné účinky sú neurologické (bolesti hlavy, straty pamäte, poruchy spánku, a pod.), uvádza Hyland. Taktiež rakovina, ako dôsledok používania MT, je u mladých ľudí podstatne väčšia ako u starších ľudí. Hylandove zistenia o pôsobení MT na

mozog detí prišli v čase, keď britská vláda už vytvárala nový tím na výskum možných nebezpečenstiev MT. Okolo potenciálnych nebezpečenstiev MT je príliš mnoho neistoty. Ak by podľa Hylanda boli MT potravinou, jednoducho by kvôli takým veľkým pochybnostiam nedostali licenciu. Vládou iniciované skúmanie týchto rizík odporučilo už v máji 2001, že každý MT prístroj v Anglicku musí mať medzi základnými technickými parametrami aj údaj o množstve absorbovanej energie SAR vo wattoch na kilogram hmoty (W/kg). Taktiež Anglická vláda nariadila, aby deti do 16 rokov MT nepoužívali vôbec, alebo používali len veľmi obmedzene v nevyhnutných situáciách. U nás dané nariadenia neplatia ani v súčasnosti! Vedci sa zhodujú v tom, že EM žiarenie MT zohrieva mozgové tkanivá. No skutočné riziko podľa Hylanda však nepredstavuje ohrievanie mozgu, ale neteplná extrapolácia žiarenia s nízkou intenzitou na biologické objekty. K opatrnosti pri bezdrôtovom telefonovaní nabáda mladú generáciu taktiež svetová zdravotnícka organizácia (WHO). Okrem toho v doporučeníach Britskej vlády je tiež zmienka o tom, že žiarenie vysokej intenzity zo základňových staníc (BTS) nesmie zasahovať na územie škôl alebo jej budov, pokiaľ k tomu škola a rodičia nedajú výslovný súhlas. Dané nariadenie bolo iniciované pre zvýšený výskyt detských leukémií v blízkosti antén základných staníc telefónnych spoločností sledovaný od roku 1996 vo Veľkej Británii [8].

5. Záver

Pri vytváraní hygienicko-legislatívnych limitov sú bohužiaľ aj takí, ktorí argumentujú, že limity musia byť založené na veľmi dobre definovaných rizikách a tvrdia, že takzvané múdre vyhnutie, alebo predbežná opatrnosť by mala byť obmedzená iba na všeobecné pokyny opatrnosti. Dôvod, prečo sú nutné číselné hodnoty limitov je však jednoduchý. Hovorenie je totiž lacný vágny sľub o obmedzovaní expozícií, ktoré nie sú nasledované žiadnymi zmenami, zvlášť keď konečné rozhodnutia robí priemysel alebo telekomunikačné spoločnosti. Pokiaľ existujú neistoty okolo zdravotných účinkov, dovtedy je vyhládka na zmierňovanie limitov a ich harmonizácia prinajmenšom nejasná, pretože zostávajú cieľom, ktorý je presadzovaný väčšinou obchodom a nie vždy verejným zdravím.

Prísne kritériá a prístup radikálneho odmietania negatívnych výskumov vplyvu EM poľa MT na biologické objekty s tvrdeniami, že serióznym výskumom si vyžaduje dlhší čas a opätovné overovanie výsledkov však necháva skeptických veľkú skupinu vedcov. Existujú totiž kvalitné experimentálne dôkazy o biologickej aktivite pri expozícii EM signálom z MT o úrovniach neprekračujúcim existujúce hygienické limity. Expozícia má už preukázaný priamy krátkodobý efekt na elektrickú aktivitu ľudského mozgu a na kognitívne funkcie. To môže mať pôvod v najrôznejších biologických pochodoch, ktoré sú do istej miery evidované experimentálne na zvieratách a izolovaných

bunkách v skúmavkách. Neodkladne by bolo preto potrebné posúdiť, či tieto priame efekty na mozgové tkanivo môžu mať následky na zdravie, a pokiaľ áno, či je možné definovať prahové hodnoty efektu a prípadne prispôbiť ich na hygienické predpisy. Je ďalej potrebné zistiť, či tieto efekty sú následkom lokálnej hypertermie, alebo či k nim prispievajú i netepelné mechanizmy a následne ich extrapolovať v expozičných limitoch. Experimentálne podklady v otázkach bezpečnosti dlhodobého používania MT by mali priniesť štúdie kognitívnych prejavov a EEG na ľuďoch, pretože doteraz realizované a prezentované experimenty sa sústredili len na následky väčšinou krátkodobých expozícií.

Je pochopiteľné a isto aj správne, že prevádzkovatelia MT sa snažia, aby sa neuvážene nešírili negatívne správy o možných zdravotných vplyvoch takého veľkého tabu ako je EM pole produkované MT medzi laickú verejnosť, ktorá by ľahko mohla vyvolať zbytočnú psychózu. Nezodpovedanou otázkou na tomto mieste však zostáva fakt, prečo potom traja najväčší výrobcovia MT Nokia, Ericsson a Motorola si dali registrovať komponenty, ktoré majú funkciu obmedzovať vyžarovanie z MT na patentovom úrade vo Washingtone, keď sú presvedčení o ich neškodnosti na ľudské zdravie. Dané fakty sú zakryté veľkým ruskom tajomstvom, a vyznievajú až k banalizácii problému zo strany prevádzkovateľov a výrobcov MT. Preto treba uvážene určiť, kde je hranica, aby nedošlo k zbytočnému hazardu na ľudskom zdraví. Pretože toto je oblasť, kde vedecký výskum nesmie byť korumpovaný a dezorientovaný komerčnými záujmami a nesmie sa zabúdať na dôležitý fakt, že aj keď doposiaľ nepotvrdil žiadny priamy negatívny vplyv MT na ľudský organizmus (aj keď existuje veľa kvalitných experimentálnych pokusov dokazujúcich daný fakt), nepotvrdila sa ani ich neškodnosť. Preto predbežná opatnosť pri používaní MT by nemala byť podceňovaná hlavne, keď aj nepatrné riziko pri takej veľkej skupine používateľov by mohla byť priamo alarmujúca. Za neodvratnú skutočnosť treba v súčasnosti vziať aj fakt, že žiareniu z MT je vystavených už takmer pol miliardy ľudí. A či si to pripustíme alebo nie, je to jeden veľký experiment na ľuďoch, pretože určitú mieru rizika nemožno zatiaľ v žiadnom prípade dopredu vylúčiť. Hlavnou úlohou by preto mala byť osвета neodbornej verejnosti, pri používaní MT, pretože pri ich používaní ide predovšetkým o ich zdravie. Okrem toho sa nádory a rôzne neurologické poruchy vyvíjajú oveľa pomalšie, ako napreduje technológia v danom smere.

Literatúra

- [1] Výnos hlavného hygienika HE-344.5, 21.1.1965.
- [2] Musil, J., Marha, K.: Kletka kak električeskij kontur. Usilenije po naprjaženiju. Biofizika (SSSR), XXIV, 1, 1979, s. 108.
- [3] Štverák, J., Marha, K., Pařková, H.: Some Effect of Various Pulsed Fields on Animals with Audiogenic Epilepsy. In: Proc. of an International Symposium on Biological Effects and Health Hazards of Microwave Radiations, Warsaw, Oct. 1973, n. 141-144.
- [4] Pařková, H., Marha, K., Čechová, Z.: Vliv elektrostatického pulzního pole na citlivost ke zvukovému dráždění u krys a myši s audiogenní epilepsií. Prac. lěk., 26, 6, 1974, s. 210-214.
- [5] Papi, F., Ghione, S., Ros, a C., Seppia, C., Luschi, P.: Exposure to oscillating magnetic fields influences sensitivity to electrical stimuli. II. Experiments on humans. Bioelectromagnetics, 16, 1995, n. 295-300.
- [6] Lyskov, E. B., Juutilainen, J., Jousmäki, V., Partanen, J., Medvedev, S., Hänninen, O.: Effects of 45-Hz magnetic field on the functional state of human brain. Bioelectromagnetics, 14, 1993, n. 87-95.
- [7] Stewart, W.: Mobile Phones and Health. Independent Expert Group on Mobile Phones - Report. <http://www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm>
- [8] Mobile Phones and Their Base Stations. WHO Fact Sheet No 193, June 2000.