

RIZIKO MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ SE ZAMĚŘENÍM NA PREVENTIVNÍ PROHLÍDKY TECHNIKŮ RADIOLOKÁTORŮ

Podplukovník MUDr. Milan PLHÁK, kapitán MUDr. Vladimír SERVUS
MUDr. Jarmila SCHUBERTOVÁ,
vnitřní oddělení vojenské nemocnice v Olomouci
(náčelník plukovník MUDr. Čestmír Číhalík)

V průběhu druhé světové války se postupně začalo používat v armádě mikrovlnného záření (dále m. z.) ve stále větší míře. Tehdy se také objevily první obavy z možných účinků na lidský organismus.

V dnešní době se používá m. z. v technice i v lékařství. Termín mikrovlny se užívá pro elektromagnetické vlny délky od 1 m do 1 cm, tj. frekvence 300 milionů do 300 biliónů Hz/s. Kromě radarové techniky se m. z. používá v průmyslu při výrobě polovodičů, elektronek, při sváření plastických hmot i v potravinářském průmyslu, jako například k sušení vajec nebo k přípravě pokrmů. V lékařství se používá i mikrovlnné diatermie. Nejúčinnější délka vln je 12,4 cm, tj. 2 400 MHz/s.

Ve své práci se pokusíme z dostupné nám literatury shrnout některé poznatky o účinku m. z. na organismus a předložit výsledky, které jsme získali při preventivních prohlídkách techniků radiolokátorů.

M. z., které přichází do styku s povrchem organismu, se zčásti odráží, pohlcuje a zčásti tkáněmi proniká. Záření o frekvenci pod 1 000 MHz a nad 3 000 MHz se pohlcuje asi ze 40 %. Mezi těmito hodnotami se absorbuje v závislosti na vlastnostech prostoru, umístění objektu, jeho povrchu a vnitřní struktury 20—100 % energie. Nejčastěji používané vlnové délky m. z. 1—10 cm pronikají u organismů do hloubky 0,7—100 mm, jak uvádí Mc Afee. Absorbovaná energie se mění v energii tepelnou. Velká část vzestupu teploty je způsobena vibrací molekul, které se v elektromagnetickém poli seřazují vzhledem ke své elektrické polaritě a při rychlých změnách pole mají tendenci vibrovat stejnou frekvencí. U bílkovin, jak uvádí Marha, dochází ke vzniku indukovaných dipólů a od určité intenzity pole k řetězení a shlukování aminokyselin a bílkovin se vznikem pseudomakromolekul, které se chovají jako organismu cizí látky. Se změnami náboje se mění i fyziologický stav buňky, a pokud jde o buňku řídící, ovlivní se i stav organismu. Nerovnoměrné pohlčení vysokofrekvenční energie působí nestejný ohřev buněk, dochází k narušení termolabilních enzymů i biochemických reakcí. Vysokofrekvenční energie se údajně může dostat po vodivých drahách (nervy, cévy) i do míst, do kterých by jinak nepronikla. Naindukováním napětí na vodivých drahách se vysokofrekvenční energie může dostat do mozku a srdce, kde může dojít k poškození těchto orgánů. Při chronickém působení m. z. uvádí Marha

snížení odolnosti organismu, vznik změn v mezinuronových spojích, změny růstu a infekčních vlastností bakterií. Nejdůležitější změny jsou změny v dělení buněk, které mohou mít vliv i na změnu vlastností potomstva.

Vedle prokázaného tepelného účinku existují i jevy, pro něž nebylo dosud podáno konečné vysvětlení. Zvláště netepelné účinky m. z. jsou prozatím ve stadiu pokusů. Tepelný vliv je snižován zvýšeným prokrvením, a proto jsou největšímu nebezpečí vystaveny orgány se špatnou možností termoregulace, jako je například čočka, nebo orgány citlivější na teplo, jako zárodečný epitel varlete.

Znalosti o účinku m. z. na organismus vycházejí jak z experimentálních prací prováděných na zvířatech, tak z pozorování lidí, kteří pracují v poli m. z. Hoeft prokázal, že nejvhodnějším objektem pro experimenty s m. z. jsou větší zvířata, jako například pes. Výsledky zjištěné u myši a krysa lze obtížně vztahovat na člověka vzhledem k velkým rozdílům tělesné hmoty a možnosti termoregulace. První projevy m. z. byly zjištěny na oku a na zárodečném epitelu seminiferálních tubulů varlete. Daily a Richardson popsali v roce 1948 u králíků vznik katarakty ve dvou typech. Při hrubém, makroskopicky patrném poškození i ostatních struktur oka, se objevilo zkalení čočky subkapsulárně bezprostředně po expozici a difúzně progredovalo, až byla postižena celá čočka. Při lehčím postižení oka, kdy cornea, iris, corpus ciliare nebyly makroskopicky poškozeny, zkalení čočky bylo ohraničeno na zadní část, někdy však také s tendencí k progresi. Tato katarakta vznikala až po několika dnech nebo týdnech. Později prokázal Daily u prvního typu změny v hodnotách některých termolabilních enzymů v čočce.

Imig se spolupracovníky prokázal u krysa stejný druh poškození zárodečného epitelu varlat, který se nelišil od poškození způsobeného infračerveným zářením, nebo od postižení, jaké nacházíme u abdominálního kryptorchismu. Intersticiální tkáň včetně Sertoliho buněk byla beze změn. V obou případech bylo použito záření o vysoké energii. V oku byla naměřena teplota 47—54 st. C. Tkáň varlat byla zahřata na 30—47 st. C. Při přímém působení m. z. na játra, pravou ledvinu a přední stěnu žaludku u laparotomovaných králíků zjistil Linke nejvyšší citlivost u přední stěny žaludku. V játrech byly nejcitlivější buňky jaterního parenchymu a v ledvinách epitel tubulů. Zvířata však přežívala i při rozsáhlých nekrózách.

Celkové příznaky po aplikaci m. z. sledovali Seth, Michaelson a ostatní u psů. Zcela prokázán byl tepelný účinek. Klinický obraz byl charakterizován vedle vzestupu tělesné teploty dušností, salivací, vazodilatací v kůži a v sliznicích, v chování od nehybnosti až po agitovanost, projevy žízně, terminálně slabostí až prostrací, finálně docházelo k zástavě dechu.

V hematokritu do 30 min. od aplikace m. z. byly patrné známky hemodiluce v důsledku přesunu extravazální tekutiny vlivem periferní dilatace. Po ní následovala hemokoncentrace. Po podání vody sice teplota stoupla méně, avšak zvýšila se pohotovost k povrchním popáleninám, zejména na hrudníku, jejíž příčina není známa. Ve svých pokusech na kočkách prokázal Mc Afee, že změny chování ve smyslu obranných reakcí, které vznikají ještě před prokazatelným vzestupem teploty, jsou způsobeny tepelným drážděním periferních senzitivních nervových vláken při zvýšení místní teploty v blízkosti nervových zakončení asi na 45 st. C. Reakce byla stejná, ať došlo k zvýšení místní teploty mikrovlnným či infračerveným zářením, nebo i mechanicky při zhmoždění nervu. Stejný účinek při celotělovém ozáření jako při centrování paprsků na hlavu zvířete vysvětluje autor vysokým počtem nervových zakončení v těchto místech.

Hematologické účinky m. z. sledoval Michaelson v pokusech na psech. Změny, které vznikají v bílém krevním obraze, jsou závislé na frekvenci, intenzitě pole a době působení. Dochází k poklesu počtu lymfocytů a eozinofilů a mírněmu zvýšení neutrofilních leukocytů. Při větších dávkách nastal mírný pokles všech složek bílého krevního obrazu. Nejvýraznější změny nastaly při použití frekvence 1280 MHz/s z pulsního a 200 MHz/s z kontinuálního zdroje. Výrazně poklesl počet retikulocytů po 3 měsících, s návratem k normě po 6 měsících. Změny v metabolismu železa připomínaly útlum krvetvorby.

Dávky záření, používané v pokusech na zvířatech, jsou však mnohem vyšší (obvykle kolem 165 mW/cm² po dobu 2 hodin), než s jakými se setkává člověk při práci v prostředí m. z.

Názory na účinky m. z. u lidí se liší podle sovětských a amerických pramenů. V SSSR byly u obsluhujícího personálu zjištěny funkční změny závislé na intenzitě pole a době působení. Objevily se četné neurastenické obtíže a kardiovaskulární změny, jako hypotenze, bradykardie, sinusová arytmie, prodloužení intrakardiálního vedení, snížení voltáže ekg, u některých zvětšení štítné žlázy bez změny funkce. Byly také pozorovány katarakty se sklonem k progresi. V USA byla skupina exponovaných osob pozorována 4 roky. Nebyly zjištěny žádné změny proti kontrolní skupině. Jen malé množství osob si uvědomovalo tepelné a jiné fenomény v poli m. z. Další skupina pracovníků (cit. podle Hübnera) byla sledována 9 let. Ani zde se nenašly žádné podstatné změny od normálu. Ani oční vyšetření neprokázalo signifikantní změny. Byl pozorován jen úbytek červených krvinek u 10 %

ze 175 pracovníků. U 50 % sledovaných bylo zvýšení bílých krvinek a lymfocytů pravidelné.

Bartoníček a spol. vyšetřovali hladinu kyseliny mléčné a pyrohroznové v krvi. U 70 % byla hladina kyseliny pyrohroznové normální, u 10 % zvýšená a 20 % vyšetřovaných mělo hladinu kyseliny pyrohroznové sniženou. Ani z hladiny kyseliny mléčné nelze usuzovat na postižení organismu m. z. Při sledování kreatininu došli autoři k závěru, že m. z. neovlivňuje rozpad bílkovinné složky natolik, aby výrazně zvyšovalo hladinu kreatinu v moči, ač u některých pracujících s m. z. pozorovali svalové úchytky s odpovídajícím nálezem elektromyografickým (např. ojedinělé svalové ruptury při zátěži). Pokud našli některé rozdíly v hodnotách glykemické křivky (u 3/4 z celkového počtu vyšetřovaných byly drobné odchylky od normy), považují tyto změny za centrálně podmíněné, za projev vegetativní dysregulace a domnívají se, že jsou příspěvkem k objektivizaci organických mezodiencefalických poruch v počátečních stadiích vlivu m. z. na nervovou soustavu. Také Slepíčka nachází u pracovníků krátkovlnného vysílače obdobné drobné změny glykemické křivky. Při vyšetřování bílkovinného spektra nachází normální hodnoty u 50 %, v jedné třetině pak zvýšení gama globulinu. Nejmarkantnější změny jsou při elektroencefalografickém vyšetření. Buď jde o plochý graf (v 50 %), nebo jde o hypersynchronní záznam (vlny theta a delta). Hůzl et al. sledovali účinek metrových a delších elektromagnetických vln na pracovníky indukčních pecí. Spolu se Slepíčkou nacházejí zvýšení subjektivních neurastenických obtíží proti kontrolní skupině. Nejčastějšími subjektivními stesky byly bolest hlavy, únavnost, pocení, závratě, u žen poruchy menses, dráždivost, neklid, pocit napětí, ospalost, nespavost, depresivní stavy, anxiózní, zapomětivost, nesoustředěnost. Objektivní interní i oční nálezy včetně barevného perimetru, ORL, vestibulární nálezy i audiogram byly normální. Neurolog v 50 % prokazoval neurastenický syndrom.

Naše pozorování: Provádíme preventivní prohlídky techniků radiolokátorů od roku 1964 v rozsahu uvedeném v předpise Zdrav-3-1. Za celou dobu jsme nenalezli při běžném ambulantním vyšetřování žádné známky, které by nasvědčovaly poškození m. z. V roce 1967 jsme vyšetřili formou krátkodobé hospitalizace 7 techniků radiolokátorů, kteří v prostředí m. z. pracovali 8–13 let s průměrnou dvouhodinovou denní expozicí. Vyšetřování byli ve stáří 27–35 let. Fyzikální interní nálezy byly fyziologické. Hodnoty TK u všech hospitalizovaných, jakož i ambulantně vyšetřovaných nebyly zvýšeny. ORL a oční vyšetření včetně vyšetření očního pozadí a barevného perimetru u hospitalizovaných bylo normální. Neurologické vyšetření včetně eeg vyšetření neprokázalo žádnou zjevnou poruchu.

Laboratorní výsledky: jaterní testy, transaminázy, fosfatázy, kyselina močová, sedimentace

červených krvinek a krevní obraz byly normální. Krvácivost a srážlivost u hospitalizovaných i ambulantně vyšetřovaných neprokázaly změny od normy. Glykemická křivka se u všech vrátila ve stanovenou dobu pod výchozí hodnotu. Jen jeden vyšetřovaný, a to ten, který pracuje v prostředí m. z. 13 let, měl lehce zvýšenou hodnotu gama globulinu (21 % při celkové bílkovině 6,59 g% a A/G kvocientu 1,34).

U 20 vyšetřovaných osob jsme pátrali po příznacích neurastenie formou dotazníku, postihujícího všechny známé příznaky tohoto onemocnění. Zjistili jsme růst obtíží úměrný délce zaměstnání a věku vyšetřovaných. Ve skupině 8 osob pracujících s m. z. 1–5 let se výraznější neurastenické obtíže vyskytly ojediněle. Ve skupině 12 pracovníků, kteří pracují s m. z. 6–17 let, se výrazné obtíže neurastenického charakteru vyskytly u 70 %. Nejčastějším příznakem byla podrážděnost (50 %), zvýšená zapomětivost (41 %), vznětlivost (31 %), zvýšená únavnost (27 %), nespavost (22 %), pocit napětí (22 %). Jako kontrolní skupinu jsme vyšetřili 27 vojáků z povolání, kteří slouží v armádě 10 až 21 let a pracují na jednom velitelství nepřetržitě 3–5 let. Určité neurotické obtíže udávalo 92 % dotázaných. Nejčastějšími příznaky byla předrážděnost (40 %), únavnost a vyčerpanost (33 %), bolesti hlavy (37 %), pocit napětí (22 procent). Z výsledku je patrné, že sama dlouhodobá práce v armádě spolu s ostatními civilizačními zátěžemi našeho života vede k určitému počtu neurotických obtíží, takže hodnocení vlivu m. z. v tomto směru je prakticky nemožné.

Z výsledků preventivních prohlídek techniků radiolokátorů vyplývá:

1. toho času nejsou k dispozici žádné vyšetřovací metody, které by specificky odhalovaly orgánové poškození způsobené m. z.,
2. změny popisované v literatuře jsme u techniků radiolokátorů námi vyšetřovaných nezjistili.
3. výskyt subjektivních obtíží neurastenického rázu se významně neliší od kontrolní skupiny důstojníků štábu.

Na základě pokusných prací i pozorování personálu pracujícího v poli m. z., uváděných v literatuře vyplývá, že v případě překročení hygienických norem by mohlo dojít k poškození očí (katarakta), ke změnám eeg, krevního obrazu a bílkovinného spektra. Z toho usuzujeme, že tito pracovníci by měli být sledováni na odborných

odděleních na výše uvedené poruchy zdraví. Vedle interního, neurologického a očního vyšetření by mělo být prováděno i vyšetření sluchu vzhledem k práci v hlučném prostředí. Z laboratorních vyšetření připadá v úvahu krevní obraz s rozpočtem bílých krvinek, chemické vyšetření moči, sedimentace červených krvinek. Vzhledem k zatížení eeg laboratorii doporučujeme provádět eeg vyšetření při vstupní a výstupní prohlídce a při výskytu neurastenických obtíží. Podle našich zkušeností je přiměřené provádět preventivní prohlídky techniků radiolokátorů jedenkrát ročně.

Literatura

Časopisy :

1. Bartoníček, V., Klímková-Deutšchová, E.: Některé biochemické změny u pracujících s centimetrovými vlnami. Čas. lék. čes. 103, 1964, 1:26–30.
2. Daily, L., Zeller, E. A., Wakim, K. G.: Influence of microwave on certain enzyme systems in the lens of the eye. Amer. J. Ophtal. 34, 1951, 1301–1306.
3. Hoeft, L. O.: Microwave Heating: A study of the critical Exposure variables for man and experimental animal. Aerospace Medicine. 36, 1965, 621–622.
4. Hůzl, F., Klímková-Deutšchová, E., Janková, J., Mainerová, J., Salcmanová, Z., Schwartzová, K., Suchanová, L., Sýkora, J.: Vyšetření pracujících v riziku metrových a delších elektromagnetických vln v Západočeském kraji. Prac. lék. 18, 1966, 3:100–108.
5. Hübner, R.: Die biologische Wirkung von Mikrowellen. Elektromedizin 6, 1961, 193–209.
6. Imig, C. J., Thomson, J. D., Hines, H. M.: Testicular degeneration as a result of microwave irradiation. Proc. Soc. exp. Biol. (N. Y.) 69, 1948, 382–386.
7. Linke, C. A., Lounsbury, W., Goldschmidt, V.: Effects of microwaves on normal tissues: J. Urol. 88/ang., 1962, 303–311.
8. Marha, K.: Biologické účinky elektromagnetických vln o vysoké frekvenci. Prac. lék. 15, 1963, 387–393.
9. McAfee, R. D.: Neurophysiological effect of 3-cm microwaves radiation. Am. J. Physiol. 200/Feb., 1961, 192–194.
10. Michaelson, S. M., Roderick, A. E., Howland, T. and J. W.: Physiology aspects of microwave irradiation of mammals. Am. J. Physiol. 201/ang., 1961, 351–356.
11. Michaelson, S. M., Thomson, R. A., El Tamani, M. Y.: The hematologic effects of microwave exposure. Aerospace Med. 35, 1964, 824–829.
12. Seth, H. S., Michaelson, S. M.: Microwave hazard evaluation. Aerospace med. 35, 1964, 734–738.
13. Slepíčka, J., Slívová, A., Pochmon, O., Zapletalová, E.: Vliv elektromagnetického záření o vlnové délce řádu m na pracovníky krátkovlnného vysílače. Prac. lék. 19, 1967, 1:5–11.