

REAKCE NEUROENDOKRINNÍHO SYSTÉMU NA PŮSOBNÍ HLUKU

Pplk. MUDr. Petr BEDNARČÍK, MUDr. Miloslava HORSKÁ, CSc., plk. doc. MUDr. Karel MARTINÍK, DrSc.,
mjr. MUDr. Jiří CHALOUPKA, CSc.
Vojenská lékařská akademie JEP, Hradec Králové
(rektor: plk. prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.)

Úvod

Nejčastější zevní noxou, která negativně působí na organismus, se v posledních desetiletích stává hluk. V současné době trvale narůstá hluková expozice v pracovním i životním prostředí. Neustále se zvyšuje doba působení hluku na organismus, a to i přes automatizaci, mechanizaci, zavádění nové techniky a snahu technických pracovišť omezovat a redukovat zdroje hluku. Trvalý trend nárůstu civilizačních onemocnění nutí odborníky různých lékařských oborů k hledání nových cest s cílem ožrejmít patofyziologické pochody při působení málointenzivních faktorů zevního prostředí v rámci primární prevence.

Řada autorů udává různé a vzájemně značně odlišné výsledky při sledování odezvy organismu na hlukovou expozici, ale většina si plně uvědomuje významný podíl subjektivního prožívání hluku, který nám významně modifikuje odpověď organismu a způsobuje velkou interindividuální variabilitu v reakcích organismu na hluk.

Tento fakt vede k zavádění psychologických metod do sledování a metod sledujících vegetativní ladění a stupeň dráždivosti organismu jako metod velice citlivých a schopných umožnit předpovědět s velkou pravděpodobností individuální reakci organismu na hluk.

Situace v armádě je v otázce působení hluku na organismus ještě více vyhrcoena. V pracovním prostředí vojáků jde o expozice v provozu těžké vojenské techniky, speciální techniky a zabezpečení letového provozu. Více než v běžném prostředí vystupuje do popředí nutnost kvalitního výběru osob do provozu s rizikem hluku tak, aby výběr objevil a vyřadil jedince citlivé na hluk, u kterých je předpoklad většího rozvoje patofyziologických reakcí vedoucích k poškození organismu.

Hormonální a metabolická podstata změn probíhajících v organismu za akutní zátěžové situace je v současné době již relativně dobře známá. Nej přesnějším indikátorem akutního stresu je hladina ACTH. Druhým indikátorem jsou hladiny glukokortikoidů, u člověka kortizolu a katecholaminů. Tyto indikátory v podstatě platí i pro stres chronický.

Z mechanismů působení odpovědi organismu na zevní zátěžové podněty vyplývají široké možnosti pro sledování hormonálních korelátů. Hormonální ukazatele lze hodnotit jak na úrovni tkáňové, tak i humorální, z hlediska lokalizace pak na jednotlivých úrovních působení rychlejší složky neuroendokrinní reakce (parahypofyzární cesty), jednotlivých úrovních pomalejší složky stresové reakce (transhypofyzární cesty), spočívající v aktivaci osy hypothalamus-hypofyza-nadledvinky až po úroveň monitorování vlastních metabolických důsledků.

Při sledování vlivu hluku na neuroendokrinní systém

bylo prokázáno, že pracující v hlučných provozech vylučují více katecholaminů než běžná populace bez zvýšené hlukové expozice. Také dlouhodobý pobyt při hladině hluku 75 dB vede ke zvýšenému vylučování noradrenalinu za současného, ale menšího zvýšení vylučování adrenalinu (12, 19).

Byla také nalezena přímá závislost doby expozice, charakteru hluku, ohlazení a stupně neurovegetativní dystonie na množství vylučování noradrenalinu. Vznikla-li potenciace hluku s vibracemi, nenastávaly již změny v množství vylučovaného noradrenalinu, ale zvyšovalo se vylučování adrenalinu. Množství vylučovaných katecholaminů je tedy závislé na individuálním vnímání hluku (9, 10).

Stresová odpověď na působení hluku stimuluje zvýšené vyplavování ACTH, katabolických glukokortikoidů i katecholaminů. Vzestup hladiny adrenokortikoidních hormonů působí inhibičně jednak přímo na štítnou žlázu, jednak na hypofyzární sekreci TSH (7, 18). Mimo to může extrahypotalamicky nebo hypothalamicky docházet k redukcí sekrece TSH a tím k přímé alteraci tyroidální sekrece (20). Změny tyroidální funkce mohou na druhé straně snižovat sekreci STH, stejně tak jako snížená tyroidální sekrece může působit inhibičně na synergismus mezi tyroidálními hormony a STH (7).

Ke zvýšenému vylučování adrenalinu dochází při "emočním diskomfortu", zatímco zvýšení exkrece noradrenalinu je zaměřeno na humorální regulaci oběhového aparátu ve stresové situaci. Jedná se o stimulaci ergotropního systému a spouštění energetického látkového, vodního a minerálního metabolismu k přípravě organismu na motorickou zátěž. Proto také kromě katecholaminů je pozorováno zvýšené vylučování steroidů.

Arguelles (1962) našel vzestup koncentrace kortikosteroidů v krvi, největší při frekvenci 10 000 Hz. Podobné, ale nižší změny nastaly při vylučování 17-oxosteroidů.

Atherley a spol. (1970) našli v laboratorních podmínkách při použití hluku leteckých motorů snížené vylučování 17-oxosteroidů.

Při všech těchto nálezech byly používány hladiny hluku o vysoké intenzitě. Pokud byly použity nízké hladiny kolem 80 dB, nebyla uvedena do činnosti osa hypofyza-nadledvinky. Při vyšších hladinách docházelo k aktivaci kůry nadledvinek a ke zvýšení exkrece kortikosteroidů. Naproti tomu vylučování 17-oxosteroidů v moči nebylo zdaleka tak přesným ukazatelem jako při sledování v krvi.

Při dlouhodobé hlukové expozici dochází k mobilizaci volných mastných kyselin z tukové tkáně a ke snížení krevního cukru, ke zvýšení hladiny cholesterolu (3, 11, 12, 13, 14).

Nejedná se vždy jen o zapojení do činnosti osy hypo-

fýza-nadledvinky, ale i o nespecifický vliv hlukové zátěže na neurovegetativní systém, což je doprovázeno také změnami vegetativní soustavy (5, 10, 15).

Bugard (1958) ukazuje i na zapojení tyreoidy do neuroendokrinní reakce.

Petrykowski (1982) sledoval změny hladin T₃, T₄ v průběhu dne u novorozenců hospitalizovaných v dětské nemocnici ve středu města, kde denní hladiny hlukové expozice kolísaly mezi 60-90 dB. Vyvolané změny v hormonální homeostáze organismu potvrzuje také Takeda (1980), který našel při působení hluku změny aktivity některých krevních peptidáz v séru. Závěry Johsona (1974) o sekundárních účincích hluku na organismus ukázaly nejen změny v metabolismu vápníku (osteogennická inhibice až zástava růstu), ale i v elektrolytovém metabolismu.

Metodika

Uskutečnili jsme tři experimenty s hlukovou stimulací osob. V prvním experimentu jsme v modelových podmínkách exponovali skupinu 18 strojvůdců infrazvukem. V druhém sledování jsme hodnotili odezvu organismu 4 strojvůdců při třech variantách jízdy lokomotivy na zkušební železniční okruhu a ve třetím experimentu jsme exponovali skupinu 5 posluchačů vysoké vojenské školy osmi variantami hluku v modelových podmínkách stejnou metodikou jako první skupinu strojvůdců.

Metodika hlukových stimulací u posluchačů

Sledování jsme provedli u skupiny 5 mladých zdravých mužů, ve věku 19 let, posluchačů vysoké vojenské školy. Hluková stimulace u sledovaných osob trvala 15 minut a probíhala v klimatizované komoře. Vyšetřovaná osoba seděla na židli a byla vystavena homogennímu akustickému poli ze šesti reproduktorů umístěných po levé a pravé straně. Rozdíl byl při infrazvukových expozicích, kdy jsme pro dosažení žádaného akustického tlaku museli umístit do klimatizované komory ještě dřevěnou konstrukci tvaru hranolu bez přední stěny. Na bočních stěnách, zadní a stropní stěně byly umístěny reproduktory a sledovaná osoba seděla uvnitř konstrukce.

Každou osobu jsme exponovali širokopásmovým bílým šumem, čistými tóny o frekvencích 500 a 3000 Hz a infrazvukovou frekvencí 8 Hz, vše při dvou hladinách akustického tlaku 75 dB(A) a 95 dB(A).

Širokopásmový bílý šum jsme generovali pomocí velkého klinického audiometru Präecitronic MA 30 a po příslušném zesílení reprodukovali pomocí šesti reproduktorů. Infrazvukové tóny jsme generovali pomocí upraveného NF generátoru Tesla BM 365, signál byl dále zesílen zesilovačem Studiosolo 130 Tesla, na jehož výstupu byly připojeny čtyři NF reproduktory o průměru 40 cm.

Průběžné měření hladiny hluku v prostoru hlavy vyšetřované osoby jsme prováděli pomocí hlukoměru firmy Brüel a Kjaer, typ 2210.

Vlastní sledování probíhalo v ranních a dopoledních hodinách. Obdobně jako při expozicích u strojvůdců byla sledovaná osoba po příchodu na pracoviště ponechána půl

hodiny v klidu a pak následoval blok předstimulačních vyšetření, vlastní hluková stimulace s průběžným sledováním některých fyziologických funkcí a poststimulační blok vyšetření.

Pořadí jednotlivých stimulací jsme u každé vyšetřované osoby určili náhodným výběrem.

Metodika infrazvukových modelových stimulací

Předstimulační blok:

- soubor psychologických testů - SUPOS 7
- odběr žilní krve na katecholaminy
- odběr moči na cAMP, cGMP
- tremorometrické vyšetření
- stabilografické vyšetření
- audiometrické vyšetření
- příprava ke snímání EEG a R-R intervalů
- snímání klidového EEG a R-R signálu po dobu 2 minut

Stimulační blok:

- 15 minut hlukové stimulace
- snímání EEG a RRI v prvních dvou minutách stimulace, v sedmé a osmé minutě a v posledních dvou minutách stimulace

Poststimulační blok:

- snímání EEG a RRI okamžitě po vypnutí infrazvukové stimulace po dobu dvou minut
- odběr žilní krve na katecholaminy
- odběr moči na cAMP, cGMP
- tremorometrické vyšetření
- stabilografické vyšetření
- audiometrické vyšetření
- psychologické vyšetření
- odběr žilní krve na katecholaminy v době po uplynutí 1 hodiny od předcházejícího odběru

Metodika sledování strojvůdců během jízdy na zkušební okruhu

Variety jízdy jsme označili a, b, c a jsou charakterizovány polohou oken v kabině strojvůdce. Platí, že čím více jsou okna otevřena, tím vyšší hladiny infrazvuku lze naměřit v prostoru obsluhy:

- varianta jízdy a - okna plně uzavřená - 101,1 dB LIN
- varianta jízdy b - okna plně otevřená - 124,7 dB LIN
- varianta jízdy c - okna otevřená napůl - 118,0 dB LIN

Stanovení hormonů

Hladiny hormonů byly stanoveny ve vzorcích odebraných podle harmonogramů jednotlivých sledování. Vzorky pro hodnocení klidových hladin byly odebrány po půlhodinovém zklidnění sledovaných osob vleže. Dopamin, adrenalin, noradrenalin v plazmě a cAMP, cGMP v moči byly stanovovány radioimunoanalyticky použitím komerčně vyráběných souprav (výroba ÚVVVR).

Výsledky

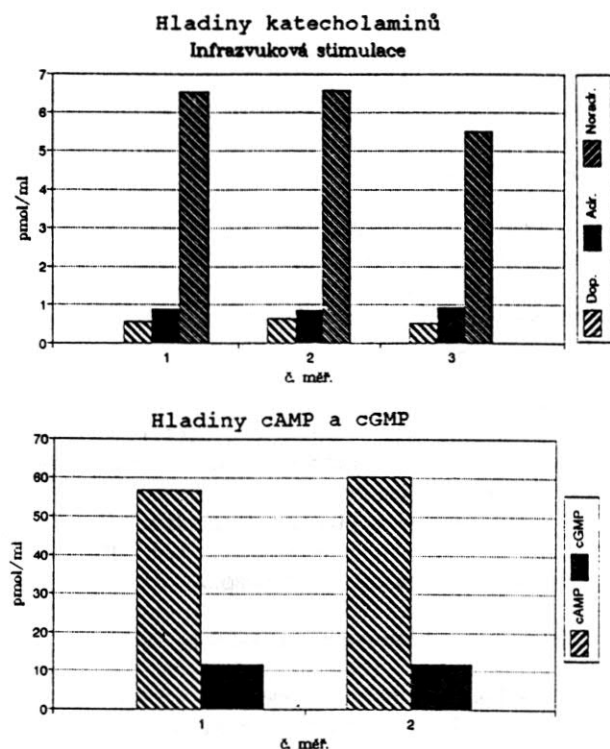
Za jeden z nejcitlivějších parametrů indukujících změny v organismu při reakci a adaptaci na působení nespe-

cifických faktorů je považována neuroendokrinní odezva. Z celého spektra hormonů zapojených do zátěžové reakce jsme pro sledování odezvy organismu na vliv hlukové zátěže vybrali katecholaminy - signalizující změny v adrenomedulární sekreci, a cyklické nukleotidy - odrážející neuroendokrinní reakci na tkáňové úrovni.

Infrazvuková modelová stimulace

Odezva adrenální sekrece katecholaminů na zátěž se projevila především v reakci plazmatických hladin dopaminu. Bezprostředně po zátěži byl vzestup hladiny dopaminu o 14 % vyšší oproti hodnotě před zátěží. Po jednohodinovém zklidnění došlo k poklesu o 7 % v porovnání s hladinou těsně po zátěži. Sekrece noradrenalinu reagovala na zátěž nepatrným zvýšením. Výrazný pokles (o 16 %) se projevil za 1 hodinu po zátěži. Hladina adrenalinu v plazmě se po zátěži nevýrazně snížila (o 3 %). Její pozdní zvýšení bylo zjištěno teprve při odběru za 1 hodinu.

V reakci močové exkrece cyklických nukleotidů se zřetelněji projevila odezva celkového obrátu cAMP. Hladina cAMP v moči byla po zátěži zvýšena o 6 %, cGMP reagovalo nevýrazným poklesem (graf 1).

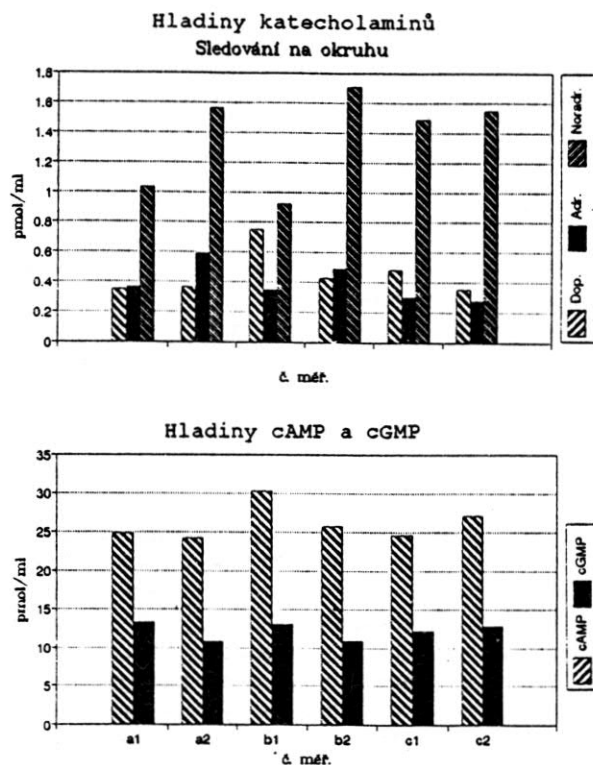


Graf 1

Sledování na okruhu

Při porovnání plazmatických hladin jednotlivých katecholaminů při třech typech pracovního expozičního zatížení byla zjištěna nejvýraznější odezva adrenalinu a noradrenalinu. Sekrece dopaminu při všech expozičních reagovala nevýrazně. K jejímu mírnému vzestupu (0,35 až

0,37 pmol/ml) došlo při zatížení typu a (zavřená okna). Po typu zátěže b (otevřená okna), c (napůl otevřená okna) bylo zjištěno snížení hladin dopaminu. Reakce sekrece adrenalinu se projevila zejména při zatížení a, b, které v obou případech vedlo k jejímu signifikantnímu zvýšení (o 56 % a 40 %). Mírný pokles hladiny adrenalinu byl nalezen po expozici c. K nejvýraznějšímu odrazu adrenální sekrece katecholaminů došlo u noradrenalinu. Při expoziční zátěži a se plazmatická hladina noradrenalinu zvýšila o 50 %, při zátěži b o 83 %. Reakce při zátěži c nebyla zřetelná (1,49-1,55 pmol/ml). Celkový hormonální metabolismus při expozicích se projevil snížením sekrece obou cyklických nukleotidů při a, b zátěži a mírným vzestupem cAMP, cGMP při zátěži typu c (graf 2).



Graf 2

Hluková stimulace u posluchačů

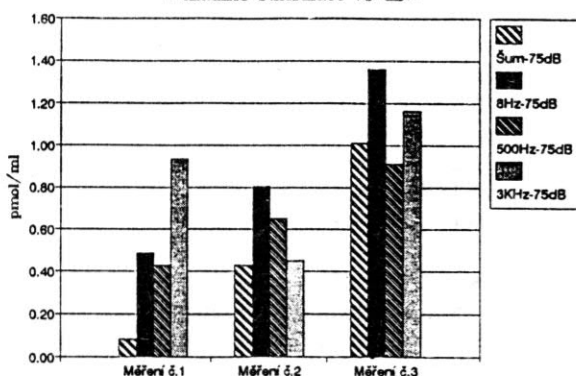
Ve všech sledovaných případech reagovala na stimulaci sekrece dopaminu uniformně postupným zvyšováním plazmatických hladin přetrvávajícím i v odběrech po 1 hodině.

Charakter změn sekrece adrenalinu reagující na jednotlivé typy stimulace byl rozdílný v porovnání s dopaminem a noradrenalinem, zejména v diferencích změn při stimulačních hladinách. Expozice šumu intenzity 75 dB vedla ke zvýšení hladiny adrenalinu v plazmě, které přetrvávalo i po ukončení stimulace. Na expozici šumu 95 dB reagoval adrenalin snížením hladiny v průběhu stimulace, na které navazoval další hluboký pokles. Stimulace 75 a 95 dB při 8 Hz se odrazila postupným nevýrazným zvýšením hladin adrenalinu. Na expozici 75 dB, 500 Hz reagovala sekrece adrenalinu snížením v průběhu stimulace, na 95 dB, 500 Hz minimálním zvýšením. V obou případech došlo

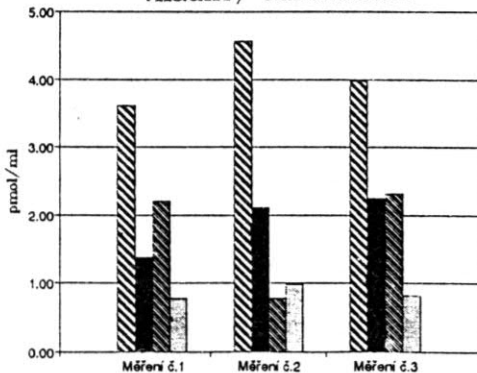
k pozdnímu zvýšení sekrece adrenalinu. Při stimulaci 75 dB a 95 dB, 3000 Hz se projevil vliv expozice postupným zvyšováním hladin adrenalinu přetrvávajícím i po stimulaci.

Odezva sekrece noradrenalinu na expozici hluku se projevila při jednotlivých stimulacích odlišně. Při expozici šumu a hluku frekvence 500 Hz došlo ke snížení plazmatických hladin těsně po stimulaci, které se postupně v dalším období vyrovnávalo. Na stimulaci při frekvenci 8 Hz reagovala sekrece noradrenalinu zvýšením. Stejně tak ke zvýšení sekrece noradrenalinu s náhlým poklesem k normě vedla expozice 75 dB, 3000 Hz. Stimulace 95 dB, 3000 Hz se projevila snížením plazmatické hladiny noradrenalinu bezprostředně po expozici a jeho dalším prohlubováním v následujících minutách (grafy 3, 5).

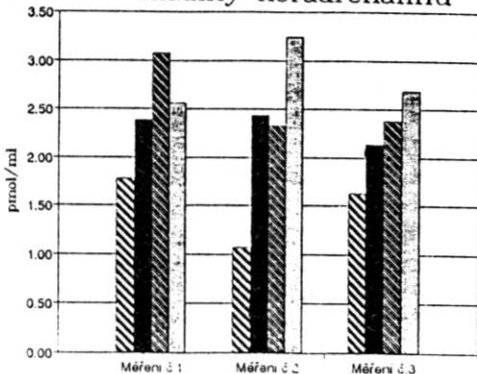
Hladiny dopaminu
v hladině stimulace 75 dBA



Hladiny adrenalinu

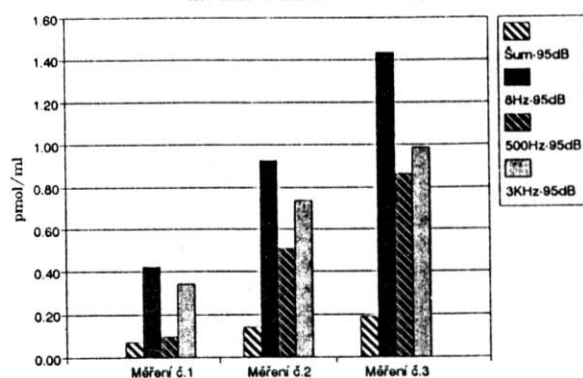


Hladiny noradrenalinu

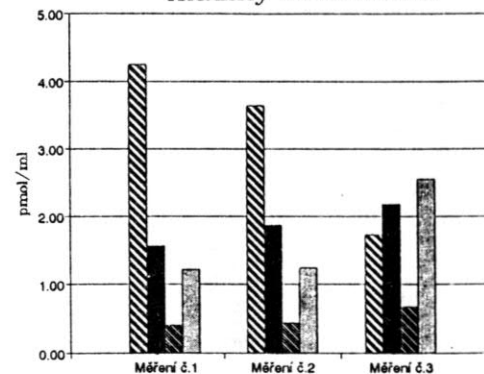


Graf 3

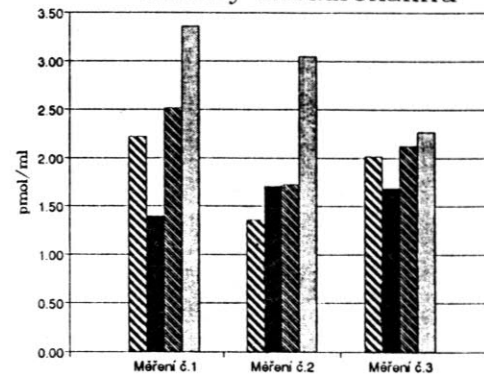
Hladiny dopaminu
v hladině stimulace 95 dBA



Hladiny adrenalinu



Hladiny noradrenalinu



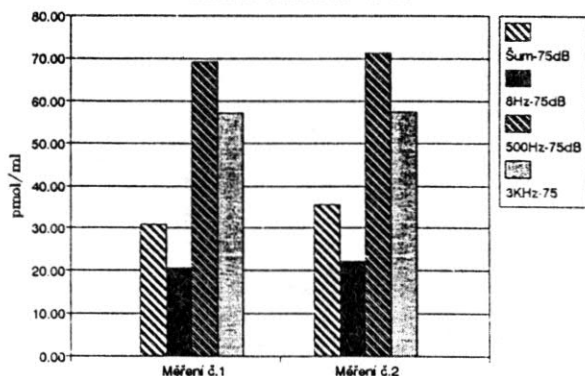
Graf 5

Celkové změny neuroendokrinních regulačních pochodů odrážejících se v exkreci cyklických nukleotidů v případech sledovaných expozic hluku se projeví mírným zvýšením při všech typech stimulací. Výjimkou byla stimulace 95 dB, 8 Hz, kde došlo ke zcela nesignifikantnímu poklesu plazmatické hladiny cGMP. Výraznějším sklonem ke zvýšení exkrece cAMP reagoval organismus při stimulacích na hladinách 95 dB (grafy 4, 6).

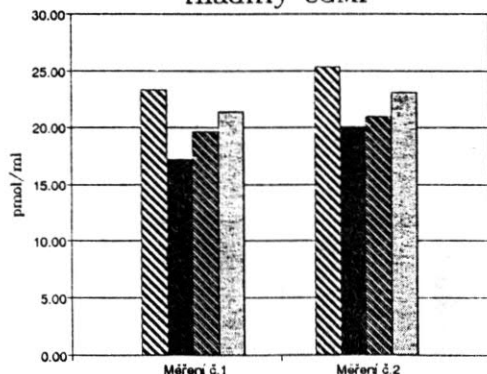
Na základě hodnocení výsledků hormonální odezvy na vliv expozičních zátěží lze konstatovat, že plazmatické změny katecholaminů se měnily v závislosti na typech jednotlivých zátěží a v závislosti na individuální reaktivitě organismu.

Hladiny cAMP

v hladině stimulace 75 dBA



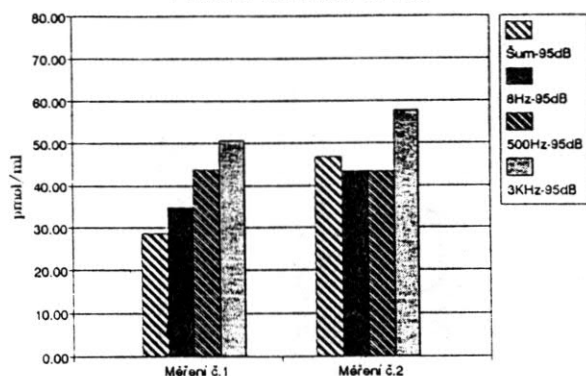
Hladiny cGMP



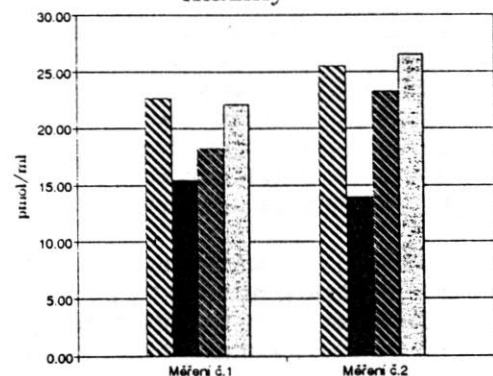
Graf 4

Hladiny cAMP

v hladině stimulace 95 dBA



Hladiny cGMP



Graf 6

Diskuse

Každý podnět vyvolávající změny v zevním prostředí nebo přímo ve vnitřním prostředí organismu - i nepřímo, zprostředkovaně, vědomím - vede v organismu k zapojení komplexních regulačních dějů, které umožňují spuštění hlavního mechanismu adaptace od úrovně molekulární až po celkovou adaptaci organismu. Vegetativní nervový systém, sympatikus, ale v menší míře i parasympatikus, je na tyto změny nejcitlivější, a to vždy v souvislosti s celým souborem neuroendokrinních procesů. Biologický efekt hormonů, závislý na koncentraci cirkulujících hormonů, je výsledkem jejich sekrece, metabolismu i degradace. Reakce všech těchto tří komponent na působení psychické i fyzické stresové zátěže podléhá v první řadě komplexním regulačním vztahům uvnitř celého neuroendokrinního systému. Stejně tak jako funkční fyziologický stav ostatních systémů je i aktivita neuroendokrinní soustavy závislá kromě jiného i na neurovegetativní a fyzické somatické zdatnosti organismu. Odolnost organismu vzniká a rozvíjí se mimo jiné i podmíněně reflektorickou cestou vegetativní části nervového systému, pod kontrolou mozkové kůry. Je známo, že čím je organismus trénovanější, tím pohotověji reaguje na změny z klidu do činnosti a naopak (6, 8).

Při psychické i fyzické zátěži jsou hormonální odpovědi, její vliv na energetický metabolismus a konečný efekt ve využití získané energie závislé na řadě faktorů (17). Mezi primární faktory patří intenzita zátěže a doba jejího trvání. Rozhodující vliv má však i stav organismu před zátěží, jeho výživa a stupeň adaptace, individuální vnímavost a vztah k hlukové expozici (27).

Na neuroendokrinní aktivitu může působit řada sekundárních vlivů, které se extrémně uplatňují především v případě katecholaminů. Hladiny katecholaminů v tělních tekutinách reagují nejen na stresové, zátěžové faktory, ale do značné míry jsou ovlivněny např. i způsobem odběru krve. Před vlastním odběrem je nutná minimálně půlhodinová stabilizace probanda v horizontální poloze. V případě naší situace byl odběr krve proveden všem probandům za stejných podmínek, vsedě po předchozí horizontální stabilizaci, nicméně i přes dodržení těchto konstantních podmínek nelze absolutně vyloučit ortostatickou reakci a emoční odpověď organismu.

V soulasu s literárními údaji prokázaly výsledky sledování reakci sympatoadrenální aktivity v závislosti na typu zátěže (23, 24, 26). Při modelových laboratorních expozicích byla nejvýznamnější odezva zjištěna ve změnách plazmatických hladin dopaminu a v případě expozice na okruhu u plazmatických hladin adrenalinu. Patrně se při těchto typech zátěží výrazněji v aktivaci nadledvin uplatnila emoční složka zátěže než vlivy fyzické. Svědčí pro to i minimální reakce hladin noradrenalinu, pohybující se okolo klidové, výchozí hodnoty. V porovnání s nálezy při experimentech v modelových laboratorních podmínkách došlo při pracovním expozičním zatížení na trati zkušební okruhu k nejvýraznější odezvě noradrenalinu a adrenalinu. Zvýšená sekrece noradrenalinu je považována za odraz fyzické složky zátěže (6, 21, 25). Z tohoto hlediska by se hluková expozice v průběhu pracovního zatížení projevila vedle intenzivní fyzické zátěže i emocionálními nároky, které klade na

organismus trvalá expozice hluku dané intenzity a frekvence. U sledovaných souborů se projevila buněčná odezva na zátěž reakcí močové exkrece obou cyklických nukleotidů. Výraznější změny se objevily v močové exkreci cAMP. Signifikanční zvýšení hladin cAMP oproti cGMP je popisováno při působení psychických zátěžových podnětů (6, 16). O zřetelnějším působení emoční složky zátěže sledovaných souborů při vyšetřeních svědčí rovněž současně markantnější odezva v sekreci adrenalinu.

Všechny sledované typy zátěže vyvolaly reakci hladin sledovaných hormonů odrážející vztah mezi jejich sekrecí a požadavky periférie. Diference regulační kinetiky metabolismu jednotlivých hormonů se v některých případech projevily interindividuálními rozdíly.

Při porovnání neuroendokrinních reakcí organismu na sledované modelové laboratorní zátěže s expozicemi pracovní hlukové zátěži na trati zkušební okruhu byl zjištěn ve větším rozsahu odpovídající korelát typu a míry reakce hormonálních hladin mezi laboratorní stimulací 110 dB, 12,5 Hz a variantou c (napůl otevřená okna) - (118 dB) na zkušební okruhu. Stejný charakter změn, mimo nevýrazného zvýšení adrenalinu a dopaminu, byl nalezen při laboratorní stimulaci posluchačů hlukem intenzity 95 dB, frekvence 8 Hz. U varianty a (zavřená okna) byla naměřena intenzita hluku 101,1 dB, u varianty b (otevřená okna) 124,7 dB. V obou typech variant došlo k významné reakci plazmatických hladin adrenalinu a noradrenalinu.

Na základě porovnání obdobných výsledků expozic a varianty c na zkušební okruhu s výsledky variant a, b zátěží lze předpokládat, že na významnější výraznější odezvu na variantu a, b zátěžové expozice se více uplatňují komplexní zátěžové pracovní-emoční vlivy než vlastní hluková zátěž.

Závěr

Naše výsledky názorně ukázaly na významné změny v průběhu sledování. Hormonální změny ve všech sledovaných byly pravděpodobně výsledkem nejen hlukové a infrazvukové zátěžové hormonální odpovědi, ale i odezvy celého neuroendokrinního regulačního mechanismu na komplex současného vlivu intenzivní hlukové zátěže, emočně psychické pracovní expozice i vlastní fyzické zátěže.

Nejednotnost a nejednoznačnost literárních údajů svědčí o složitém působení zevních faktorů na člověka a jeho odezvu. Hraje zde důležitou roli nejen kvalita a kvantita působícího faktoru, ale i poměr doby působení a možnosti regenerace. U hlukové a infrazvukové zátěže je v popředí individuální odpověď, která modifikuje celou oblast nespecifické odpovědi na danou noxu.

Souhrn

Práce je zaměřena na hodnocení vybraných ukazatelů nespecifické odpovědi organismu na zvukovou stimulaci širokopásmovým bílým šumem, čistými tóny a infrazvukem. Na základě dvou modelových experimentů v laboratorních podmínkách a jednoho sledování v terénu autoři sledovali závislost odezvy organismu na úrovni neuroendokrinního systému. Hodnocení sekrece katecholaminů a cyklických nukleotidů potvrdilo, že hormonální změny byly pravděpodobně výsledkem odezvy celého

neurokrinního regulačního mechanismu na komplex současného vlivu emočních faktorů a hlukové zátěže.

Literatura

- ARGUELLES, A. E. et al.: Pituitary-adrenal stimulation by sound of different frequencies. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 22, 1962, s. 846-851.
- ATHERLEY, G. R. et al.: Moderate acoustic stimuli the interrelation of subjective importance and certain physiological changes. *Ergonomics*, 13, 1970, č. 5, s. 536-545.
- BENKO, E.: Further information about the narrowing of the visual fields caused by noise damage. *Ophthalmologica*, 143, 1962, č. 1, s. 76-80.
- BUGARD, P.: Les affects des bruits intenses et des ultrasons sur le système neuro-endocrinien, applications aux bruits industriels. *Arch. Mal. Prof.*, 21, 1958, č. 1, s. 19-27.
- BYSTRZANOWSKA, T.: Influence of fatigue on hearing in the presence of noise. *Otolaryngol. Pol.*, 20, 1966, č. 6, s. 172-176.
- CHRISTENSEN, N. J.: Catecholamines and exercise. *Diabetes*, 28, 1979, č. 1, s. 58-62.
- DAUGHADAY, W. H. - HERINGTON, A. C. - PHILIPS, L. S.: The regulation of growth by endocrines. *Ann. Rev. Physiol.*, 37, 1975, s. 211-244.
- DELAHUNT, J. W. - MELLISOP, F.: Hormone changes in stress. *Stress Med.*, 3, 1987, č. 1, s. 123-134.
- ETTEMA, J. H. et al.: Physiological parameters of mental load. *Ergonomics*, 14, 1971, č. 4, s. 137-144.
- EWRTSEN, H. W.: Psychological effects of noise. *Acta Otolaryngol.*, 48, 1976, č. 5, s. 88-93.
- FADE, P. W. et al.: Railway vehicle internal noise. *J. Sound Vibr.*, 17, 1977, č. 3, s. 403-415.
- GIBBS, H. G. et al.: Stress, vibration and noise analysis in vehicles. 1 ed. London, App. sci. publ. LTD. 1976. 485 s.
- HAVRÁNEK, J.: Význam úrovně hluku v bydlíšti pro rozvoj profesionální ztráty sluchu. *Čs. Hyg.*, 21, 1976, č. 7, s. 268-274.
- HULTCRANZ, E. et al.: Noise and Cochlear Blood Flow. *Acta Otorhinolaryngol.*, 224, 1979, č. 6, s. 103-106.
- HÉTU, R.: Critical analysis of the effectiveness of secondary prevention of occupational hearing loss. *J. Occup. Med.*, 21, 1979, č. 4, s. 251-253.
- JOHNSON, D. L.: Infrasound, its sources effects on man. *Proc. Electro.*, 76, 1974, č. 12, s. 1-9.
- JONES, F. N. et al.: Residence under an airport landing pattern as a factor in teratism. *Arch. Environ. Health.*, 33, 1978, č. 6, s. 10-12.
- JONES, H. H. et al.: Farm equipment noise exposure levels. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 29, 1968, č. 4, s. 146-151.
- MARTINK, K. - OPLTOVÁ, L.: Human nonspecific response to sound stimulation. *J. Hyg. Epid. Microbiol. Immunol.*, 30, 1986, č. 2, s. 139-144.
- NICOLOFF, J. T. et al.: The role of Glucocorticoids in the regulation of thyroid function in man. *J. Clin. Invest.*, 49, 1970, s. 1922-1929.
- NISHIMURA, K. et al.: The pituitary adrenocortical response in rats and human subjects exposed to infrasound. *J. of Low Frequency Noise and Vibration*, 6, 1987, č. 1, s. 18-28.
- PETRYKOWSKI, W. et al.: Urinary free T4 And T3 in healthy infants and during noise exposure. *Hormone Res.*, 16, 1982, s. 56-60.
- TAKEDA, S.: Some effects of infrasonic noise on man. *Sumitomo Bulletin of Industrial Health (Jap.)*, 8, 1978, s. 48-54.
- TAKEDA, S.: The effects of infrasonic noise on a man. *Sumitomo Bulletin of Industrial Health (Jap.)*, 5, 1980, s. 1-10.
- VAN de KAR, L. D.: Stress neuroendocrine and pharmacological mechanism. *Methods Achiev. Exp. Pathol.*, 14, 1991, s. 133-173.
- YAMAZAKI, K. - TOKITA, Y.: The effects of infrasonic sound on the sleep. Rep. 1982 Autumn Meeting, Acoust. Soc. Jpn. (Jap.). s. 423-424.
- ZENKER, N. - BERNSTEIN, D. E.: The estimation of small amounts of corticosterone in rat plasma. *J. Biol. Chem.*, 213, 1958, s. 695-701.

Klíčová slova: Hluk; Hormony.

Do redakce došlo 7. 12. 1992