

JSOU DĚTSKÉ OCHRANNÉ VAKY FUNKČNÍ?

Vlastimil Sýkora^{*)}

ABSTRAKT

Bylo provedeno hodnocení dětských ochranných vaků DV-65 a DV-75 používaných k ochraně dětské populace v České republice (zkoušení difuzních filtrů na záchyt škodlivin, stanovení obsahu oxidu uhličitého uvnitř vaků).

Klíčová slova: dětské ochranné vaky, difuzní filtr, sarin, oxid uhličitý

ABSTRACT

Evaluation of child protective bags DV-65 and DV-75 used for protection of child population in the Czech Republic was conducted (testing of diffusion filters to capture pollutants, determining the content of carbon dioxide inside the bags).

Key words: children protective bags, diffusing filter, sarin, carbon dioxide

1. ÚVOD

Dětské ochranné vaky DV-65 a DV-75 jsou ochranné prostředky dýchacích orgánů a povrchu těla určené k ochraně dětí do stáří 18 měsíců. Doba životnosti těchto prostředků byla exspirována koncem devadesátých let. Vzhledem k jejich technickému stavu byl oprávněný předpoklad, že tyto prostředky byly a budou i nadále schopny plnit svoji funkci.

Tento předpoklad však bylo třeba potvrdit exaktními zkouškami funkčnosti, a to jednak posouzením schopnosti a účinnosti difuzního filtru dětského vaku propouštět oxid uhličitý (CO₂) z prostoru vaku ven do okolní atmosféry a ověřit, zda dětské ochranné vaky DV 65 a DV 75 chrání 1-1,5 roční dítě o hmotnosti cca 15 kg před účinky sarinu o koncentraci minimálně 17 ppm po dobu 6 hodin. Uvedená koncentrace

^{*)} 1. pplk. Ing. Vlastimil Sýkora, CSc. (MV GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, pracoviště expertíz pro požární ochranu a prostředky ochrany obyvatelstva; Na Lužci 204, 533 41 Lázně Bohdaneč, Česká republika; tel.: +420 950 580 351; e: vlastimil.sykora@ioob.izscr.cz)

2. Ing. Čestmír Hylák (MV GŘ HZS České republiky, Institut ochrany obyvatelstva)

3. pplk. prof. Ing. Jiří Cabal, CSc. (FVZ Univerzity obrany Hradec Králové)

4. MVDr. Ladislav Novotný, Ph.D. (FVZ Univerzity obrany Hradec Králové)

sarinu představuje vyšší koncentraci než je předpokládaná minutová LC₅₀ pro člověka (80 mg·m⁻³)¹⁾. V případě, že vaky nebudou po tuto dobu dítě chránit, zjistit, jak dlouho budou dětské vaky schopné tuto ochranu před účinky dané koncentrace sarinu plnit.

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Princip měření

1. Propustnost difuzního filtru na oxid uhličitý

Zkouška spočívá v kontinuálním měření koncentrace vydechovaného CO₂ ve vaku pomocí fotoakustické IČ spektroskopie.

2. Účinnost difuzního filtru na záchyt par sarinu

Účinnost difuzního filtru je hodnocena nepřímo pomocí laboratorních potkanů umístěných v prostorách vaku, a to posouzením aktivity cholinesteráz obsažených v krvi potkanů, s jejíž pomocí lze indikovat případnou intoxikaci.

Materiál

Dětské vaky

Ke zkouškám byly použity dětské ochranné vaky DV-65 a DV-75 (skladované za předepsaných podmínek) dodané Základnou logistiky HZS Olomouc.

Laboratorní psi

Ke zkouškám byly použity samice laboratorního psa Beagle. Feny byly před zahájením zkoušky premedikovány níže uvedenými preparáty - viz tabulka č. 1.

Tabulka č. 1 Charakteristika laboratorních psů a preparáty použité k jejich premedikaci včetně umístění do jednotlivých vaků

typ vaku	číslo vaku	jméno psa	pohlaví	hmotnost (kg)	věk (roky)	látky podané psům před zahájením pokusu
DV-75	5644/5418/1	Ďapka	fena	15,4	10	butomidol, xylazin, ketamin, atropin
DV-75	5622/5397/2	Jenny	fena	14,9	11	butomidol, xylazin, ketamin, atropin
DV-65	7.9.	Brita	fena	11,1	10	butomidol, xylazin, ketamin, atropin
DV-65	8.9.	Sendy	fena	18,8	9	butomidol, xylazin, ketamin, atropin

Laboratorní potkani

Pro ověření účinku dlouhodobého působení nízkých koncentrací sarinu na aktivitu krevních cholinesteráz i pro testování ochranné účinnosti dětských vaků byly použity samice albinotického potkana kmene Wistar o hmotnosti 150-180 g.

Použité přístroje a zařízení

K testování byla použita statická kovová inhalační komora vybavená odtahem a

filtra-ventilačním zařízením. Vzduch ve vaku byl dodýcháván pomocí simulátoru plic do objemu odpovídající dýchání cca 15 kg dítěte. Simulátor plic se sestával ze dvou jednočinných pneumatických válců (každý pro jeden dětský ochranný vak) s nastavenou frekvencí pulzů na $30 \times \text{min}^{-1}$ a připojení na tlakový vzduch.

Páry sarinu byly vytvářeny jeho odpařováním na kovové topné desce vybavené termostatem s regulací teploty v rozmezí 55-60 °C. Dávkování bylo prováděno pomocí skleněné injekční stříkačky upevněné do držáku lineární dávkovací pumpy ovládané časovým spínačem.

Koncentrace sarinu v komoře byla indikována pomocí přenosného plynového chromatografu CHP 05-1 (typ Voyager). Průnik sarinu ve vacích byl monitorován přístrojem RAID (Rapid Alarm Identification Device), spektrofotometr Spekol 210 byl použit pro stanovení aktivity cholinesteráz v krvi testovaných potkanů a fotoakustický IČ spektrofotometr FD 1412 (Air Tech Instruments) pro měření koncentrace CO₂.

Postup

1) Účinnost difuzního filtru na záchyt par sarinu

Testované dětské vaky byly po vyjmutí z expedičního obalu prohlédnuty a sestaveny dle přiloženého návodu. Nahoře do čelní stěny byly vyseknuty dva otvory. K jednomu byla připevněna hadice pro dodýchávání pomocí umělých plic a k druhému hadice pro odběr vzorků vzduchu z vnitřní atmosféry vaku pro kontrolu případného zamoření sarinem. Před vložením vaků do komory byly odstraněny kryty difúzních filtrů. Do speciálních klíček, umožňujících dobrou cirkulaci vzduchu, byla umístěna vždy čtveřice zvířat a do každého testovaného vaku byly vloženy 2 takovéto klíčky. Poté byly dětské vaky uzavřeny a vloženy do inhalační komory, vždy jeden vak typu DV-65 a jeden vak typu DV-75 tak, aby vzduch v komoře mohl volně difundovat přes ochranné filtry. Vaky byly napojeny na přívod vzduchu ze simulátoru plic.

Při vlastním testování vaků byla dechová frekvence na simulátoru plic nastavena na $30 \times \text{min}^{-1}$, dechový objem simulátoru plic na $2 \times 200 \text{ ml}$ a poměr nádech-výdech na 1 : 1. Celková ventilace 1 vaku včetně 8 zvířat (dechová frekvence potkana: $50 \times \text{min}^{-1}$, dechový objem potkana: 1,1 ml) tak byla $6,44 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.

Po uzavření komory byl vzduch zamořen sarinem tak, aby dosažená koncentrace byla minimálně 17 ppm. Po celou dobu expozice byl kontrolován stav ovzduší v obou dětských vacích i koncentrace sarinu v komoře a byla též sledována zvířata, zda se u nich neobjevují příznaky otravy (slinění, třes, křeče).

Po skončení expozice byl vzduch z komory odsát a komora byla i s vloženými vaky ponechána po dobu 30 minut k odvětrání. Poté byly vaky vyjmuty, otevřeny a byly z nich vyndány klíčky se zvířaty. Bezprostředně poté byla zvířatům odebrána v lehké éterové narkóze krev, ve které byla zjišťována aktivita cholinesteráz. Výsledky byly porovnány s hodnotami kontrolních zvířat.

Stanovení aktivity cholinesteráz v krvi potkanů

Aktivita krevních cholinesteráz byla zjišťována modifikovanou Ellmanovou metodou²⁾. Ze všech 8 naměřených vzorků pro příslušný vak byla vypočtena průměrná hodnota, pomocí které se následně vypočítá aktivita kontrolní skupiny podle vzorce:

$$\%A = X_x \cdot 100 / X_k$$

%A.....aktivita cholinesteráz

X_xprůměrná hodnota aktivity (směrnice) pro příslušnou skupinu zvířat

X_kprůměrná hodnota aktivity (směrnice) pro kontrolní skupinu zvířat

Za signifikantní snížení hodnoty aktivity krevních cholinesteráz je považován pokles o minimálně 20% proti kontrolním zvířatům. Pokles aktivity do 20% lze vysvětlit jednak biologickou variabilitou zvířat a jednak chybou měření.

2) Propustnost difuzního filtru na oxid uhličitý

Vaky byly před měřením opět sestaveny dle přiloženého návodu. Septem byla protažena pryžová hadice a připojena na vstup měřicího přístroje. Psi byli premedikováni preparáty uvedenými v tabulce č. 1. Po zklidnění byli vloženi do vaku a vak byl předepsaným způsobem uzavřen. Po uzavření bylo započato s měřením koncentrace CO₂ ve vaku, a to až do doby, kdy se ustavila rovnovážná koncentrace CO₂. Po skončení byli psi z vaku vyjmuti a probuzeni.

3. VÝSLEDKY

Tabulka č. 2 *Ověřování účinnosti ochranného vaku DV- 65 proti parám sarinu*

číslo testu	sériové číslo DV	obsah sarinu v IKO (ppm)			počet zvířat ve vaku	délka expozice (h)	teplota laboratoře (°C)	aktivita ChE (% aktivity kontrol)	statistická významnost rozdílu proti kontrolám
		od	do	Ø					
1	13.1.1969	17,6	40,2	26,7	8	6	20,0	95,3	n. s.
2	20.1.1969	4,1	48,7	25,8	8	6	19,5	104,2	n. s.
3	1.6.1965	21,1	52,6	35,6	8	6	20,5	100,8	n. s.
4	13.12.1965	22,0	52,6	34,5	8	10	21,5	98,2	n. s.
5	27.11.1968	32,9	58,7	42,7	8	6	19,0	114,9	n. s.

Výsledky zkoušek záchytu par sarinu difuzními filtry dětských vaků jsou uvedeny v tabulkách č. 2 (DV-65) a č. 3 (DV-75). Z naměřených výsledků vyplynulo, že v případě hodnoceného vaku DV-65 nebylo nalezeno žádné snížení aktivity krevních cholinesteráz větší než 20% hodnot aktivity kontrolních zvířat (max. o 5%). Hodnocené vaky tedy vyhovují pro další použití.

Tabulka č. 3 *Ověřování účinnosti ochranného vaku DV- 75 proti parám sarinu*

číslo testu	sériové číslo DV	obsah sarinu v IKO (ppm)			počet zvířat ve vaku	délka expozice (h)	teplota laboratoře (°C)	aktivita ChE (% aktivity kontrol)	statistická významnost rozdílu proti kontrolám
		od	do	Ø					

1	36-10-83	17,6	40,2	26,7	8	6	20,0	115,0	n. s.
2	23-07-85	4,1	48,7	25,8	8	6	19,5	94,9	n. s.
3	44-11-85	21,1	52,6	35,6	8	6	20,5	107,3	n. s.
4	22-07-85	22,0	52,6	34,5	8	10	21,5	79,4	*
5	44-11-81	32,9	58,7	42,7	8	6	19,0	82,0	n. s.

Snížení aktivity krevních cholinesteráz pokusných zvířat pod hranici 80% bylo naopak naměřeno u 1 vaku DV-75 (výr. č. 22-07-85). Toto snížení však bylo pouze hraniční (79,4%), exponovaná zvířata byla bez příznaků otravy. Jednalo se o prodlouženou 10 hodinovou expozici. I zde lze tedy konstatovat, že hodnocené vaky svému účelu vyhovují. Výsledky měření koncentrace CO₂ jsou shrnuty v následujících tabulkách č. 4 a č. 5.

Tabulka č. 4 Hodnoty rovnovážných koncentrací CO₂ a rychlostních konstant saturace vnitřní atmosféry vaků CO₂

typ vaku	číslo vaku	jméno psa	dosažená rovnovážná koncentrace CO ₂ (ppm)	rychlostní konstanta saturace CO ₂ (min ⁻¹)
DV-75	5644/5418/1	Ťapka	6120	0,070
DV-75	5622/5397/2	Jenny	5580	0,065
DV-65	7.9.	Brita	8500	0,053
DV-65	8.9.	Sendy	14200	0,067

Tabulka č. 5 Koncentrace CO₂ přepočtená na jednotkovou hmotnost psa a dítě o standardní hmotnosti odpovídající věku 18 měsíců

pes	typ vaku	poměr konc. CO ₂ /hmotnost psa (ppm/kg)	koncentrace CO ₂ pro hmotnost 10,7 kg (ppm)
Ťapka	DV-75	397	4248
Jenny	DV-75	374	4002
Brita	DV-65	766	8196
Sendy	DV-65	755	8079

Ukázalo se, že použití metody kontinuálního monitoringu významně zvýšilo kvalitu dat proti dříve používané metodě diskontinuálního měření a pomohlo odhalit některé dříve nezjištěné anomálie. Jedná se např. o pokles koncentrace CO₂ mezi 20. a 30. minutou. Tento pokles a jeho opětovné vyrovnaní úzce souvisí s narkotizací psů a její nestejnou hloubkou v celém časovém profilu a je zřejmě maximem účinku zklidňujících medikamentů.

Dosažené rovnovážné koncentrace CO₂ byly porovnány s údaji uváděnými v literatuře²⁾, kde je uvedeno, že koncentrace CO₂ by neměla překročit u vaků DV - 65 1,8 % obj., tj. 18 000 ppm a u vaků DV - 75 1,0 % obj., tj. 10 000 ppm. Porovnání těchto hodnot s naměřenými experimentálními daty (viz tabulka č. 4) a s daty získanými přepočtem na jednotkovou hmotnost dítěte (viz tabulka č. 5) je zřejmé, že

difuze CO₂ skrz filtry ven z vaků probíhá uspokojivým způsobem a odpovídá požadavků kladeným na jednotlivé typy vaků.

Na maximální koncentraci oxidu uhličitého C_{max} má vliv několik faktorů, a to především vnitřní objem vaku, plocha a výkonnost filtrů a výkonnost zdroje CO₂ odvoditelná z hmotnosti a aktivity psa.

Pokusy byly uspořádány tak, aby se ve vacích DV-75 setkali psi podobných hmotností, kdežto ve vacích DV-65 co nejvíce rozdílných - viz tabulka č. 1. Vnitřní objem vaku DV-65 je 70 l, resp. 150 l v případě DV-75, tj. poměr objemů je 1:2,14, plocha filtru u vaku DV-65 je cca 20 dm², resp. 31 dm² u vaku DV-75, tj. poměr 1:1,55. Je zřejmé, že vak DV-65 má nevýhodu jak v menším vnitřním objemu, tak i v účinné ploše filtru.

Z výsledků je patrné, že v případě stejného typu vaku jsou si limitní koncentrace CO₂ podobné, pokud jsou si podobné hmotnosti psů při shodné aktivitě. Pokud se hmotnosti testovaných psů liší (jako tomu je v případě Brity a Sendy, kdy je hmotnostní poměr 1:1,69), je nadýchaná koncentrace CO₂ výrazně vyšší v případě těžšího psa a odpovídá přibližně jejich hmotnostnímu poměru (z rovnovážných koncentrací vychází tento poměr na 1:1,67). Obdobně je tomu i u hmotnostně podobných psů Ďapky a Jenny (hmotnostní poměr je 1:1,03, poměr nadýchaných koncentrací CO₂ 1:1,1).

Rozdíl mezi hmotnostmi psů Ďapky a Jenny na jedné straně a Brity na druhé straně ukazují, že použitím lehčího psa lze do značné míry eliminovat konstrukční handicap staršího typu vaků.

Vliv konstrukce vaku na limitní koncentraci CO₂ je dobře patrný z poměrů mezi dosaženou limitní koncentrací CO₂ vztaženou na jednotkovou hmotnost psa (Tabulka č. 5). Při takto provedené eliminaci rozdílů ve hmotnostech psů je zřejmé, že ve vacích DV-65 vznikají téměř 2x vyšší limitní koncentrace CO₂, což souvisí přibližně s 2x tak větším objemem vaku DV-75 než DV-65 a téměř o 60% vyšší účinnou plochou filtru.

4. ZÁVĚR

U všech ochranných prostředků DV-65 a DV-75 použitých pro hodnocení byly experimentálně prokázány požadované ochranné účinky proti parám sarinu o koncentraci minimálně 17 ppm po dobu 6 hodin, tedy proti dávkám téměř 1 000 krát vyšším, než je minutová LC₅₀. Výsledky zkoušek vaků naznačují také možnost poskytování ochrany i při vystavení vyšším koncentracím sarinu než 17 ppm a též s vysokou pravděpodobností i proti parám ostatních organofosfátových inhibitorů cholinesterázy (soman, cyklohexylsarin, tabun a další).

U obou typů vaků bylo dosaženo difuzních parametrů pro CO₂ uvedených v technických podmínkách příslušných dětských vaků. Tyto výsledky s laboratorními psy potvrdily funkčnost difuzních filtrů obou typů dětských ochranných vaků.

5. LITERATURA

[1] HRDINA, V. a kol.: Toxikologie bojových chemických látek a zdravotnicko-

protichemická ochrana. Učební texty VL VDÚ JEP, Hradec Králové, sv. 189, 1983, díl I., str. 87

- [2] BAJGAR, J.: Stanovení aktivity cholinesterázy v lidské krvi - možná modifikace pro polní použití. Voj. zdrav. Listy, 1972, roč. 41, str. 78-80
- [3] KROUPA, M.: Prostředky individuální ochrany (Příručka pro orgány státní správy, územní samosprávy, právnické osoby, podnikající fyzické osoby a obyvatelstvo) Praha: MV GŘ HZS ČR, 2003, ISBN 80-86640-11-6

Článek recenzoval:
doc. Ing. Miroslav Tomek, PhD.

