

613.6:312.6

K HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍHO STAVU VYBRANÝCH PROFESÍ

MUDr. Jaroslav TEJRAL, CSc., prof. RNDr. Vladimír SRB, DrSc., doc. MUDr. Jindra ŠMEJKALOVÁ, CSc., Ing. Zdeněk FIALA, CSc.,
¹Ing. Marie GRÁFOVÁ, ¹RNDr. Vladimír KRAJÁK, CSc., ¹MUDr. Peter BEDNARČÍK, CSc.
Katedra hygieny a preventivního lékařství Lékařské fakulty UK, Hradec Králové
(vedoucí: prof. RNDr. Vladimír Srb, DrSc.)
¹Krajská hygienická stanice v Hradci Králové
(ředitelka: MUDr. Marta Tmějová)

Úvod

Svařování je jednou z častých technologií používaných v průmyslové výrobě. Jeho negativní účinky na zdravotní stav nepocítují jenom svářeči, kteří jsou zdroji škodlivin nejbližší, ale také ostatní pracovníci, kteří jsou v dosahu jeho účinků.

V rámci sledování svářečů nerezových ocelí byla provedena opakovaná vyšetření exponovaných osob, rovněž opakovaně bylo měřeno pracovní prostředí (Tejral a spol., 1988; Procházková a spol., 1989; Tejral a spol., 1989, 1993, 1994).

Vzhledem k tomu, že v halách, kde je svařována nerezová ocel, pracují rovněž ženy obsluhující jeřáby, rozhodli jsme se vyšetřit také jejich zdravotní stav i parametry pracovního prostředí v úrovni jejich dýchacích zón.

Metodika

V úzké spolupráci s podnikem ZVÚ, a. s. v Hradci Králové jsme opakovaně vyšetřili 3 skupiny pracovníků ZVÚ, včetně 19 jeřábnic, které pracují na jeřábech v halách s výskytem svářečských dýmů, a kontrolní skupiny neexponovaných zaměstnanců. Konkrétní počty skupin jsou uvedeny v tabulkách výsledků. U všech osob bylo provedeno celkové vyšetření zdravotního stavu, hematologické a biochemické vyšetření. Kultivace periferní krve a cytogenetická analýza byla provedena podle doporučené metodiky IHE standardním způsobem (AHEM, příloha č. 1/1981, viz Šrám a spol., 1981).

Měření škodlivin v pracovním prostředí ve střediscích chemie a kotlárna provedly laboratoře

hygieny práce KHS Hradec Králové podle jednotných metodik pro hygienické stanice.

Měřenou škodlivinou byl aerosol s obsahem chromu, manganu a niklu, které se uvolňují do pracovního ovzduší při svařování.

Kromě toho byl vyšetřen standardním způsobem také obsah rozpustidel a polyaromatických uhlovodíků v pracovním prostředí svařovací haly.

Výsledky získané vyšetřením osob byly statisticky vyhodnoceny programem BMDP 30-T-test.

Výsledky

Vyšetření pracovního prostředí

Měření základních škodlivin bylo provedeno celkem 3krát. Tabulka 1 ukazuje, že při prvním měření v roce 1988 byly naměřeny nejvyšší hodnoty kovů, zejména chromu, při svařování v uzavřených nádobách. Avšak i hodnoty při ručním svařování vně překračovaly nejvýše přípustné koncentrace. Připomínáme, že průměrné hodnoty NPK pro chrom a jeho sloučeniny jsou $0,05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, mezní pak $0,1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. U niklu je to $0,05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ a $0,25 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Limitními hodnotami pro mangan jsou koncentrace $2,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ a $6,0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, svářečské dýmy mají NPK-P pro bázecké elektrody $3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Z tabulky 2 je patrné zřetelné zlepšení u porovnatelných měření. Koncentrace chromu sice při ručním svařování uvnitř hydrolyzáru ještě překračuje NPK-P mezní hodnoty, ale nesrovnatelně méně než při prvním měření. Ani ostatní naměřené koncentrace přípustné hodnoty nepřekračují.

Výsledky měření kovů při svařování v roce 1995 obsahuje tabulka 3. Naměřené hodnoty odpovídají

koncentracím kovů v dechové zóně jeřábnic, jsou zřetelně pod úrovní NPK-P.

Tabulka 1

Výsledky měření škodlivin - rok 1988

Odběrové místo	Průměrné koncentrace v mg.m ⁻³			
	aerosol	chróm	nikl	mangan
1. Průměrný vzorek	1,6	0,014	0,004	0,060
2. Poblíž kotle	2,4	0,013	0,007	0,090
3. Automat vně	4,2	0,017	0,009	0,320
4. Ruční svařování vně hydrolyzéro	13,3	0,388	0,142	0,340
5. Ruční svařování uvnitř hydrolyzéro	502,7	20,760	3,365	16,320

Tabulka 2

Výsledky měření škodlivin - rok 1990

Odběrové místo	Průměrné koncentrace v mg.m ⁻³			
	aerosol	chróm	nikl	mangan
1. Automat vně	1,6	0,009	0,005	0,374
2a. Kotlářna vně	2,5	0,053	0,024	0,050
2b. Kotlářna vně	4,8	0,087	0,063	0,121
3. Ruční svařování vně	1,4	0,024	0,006	0,084
4. Ruční svařování uvnitř	5,0	0,141	0,039	0,060

Tabulka 3

Výsledky měření škodlivin - rok 1995

Odběrové místo	Průměrné koncentrace v mg.m ⁻³			
	aerosol	chróm	nikl	mangan
1. Chemie č. 1	2,0	0,001	0,003	0,021
2. Chemie č. 2	1,5	0,001	0,003	0,025
3. Kotlářna č. 1	0,7	0,007	0,006	0,005
4. Kotlářna č. 2	1,1	0,010	0,011	0,007

Vzhledem k cytogenetickým nálezům (uvedeným dále) jsme hledali příčiny zvýšeného procenta

aberovaných buněk periferních lymfocytů. Když koncentrace organických rozpustidel ani jiných škodlivin nebyly překročeny, vyšetřili jsme i hodnoty polycyklických aromatických uhlovodíků (tab. 4) a porovnali je s hodnotami na velmi živé křižovatce velkého města. Z tabulky je patrné, že v některých parametrech jsou nalezené hodnoty v dýchacích zónách jeřábnic mnohonásobně vyšší.

Tabulka 4

Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků

PAH	ng.m ⁻³	ng.m ⁻³	ng.m ⁻³
	vzorek č. 1 jeřábnice	vzorek č. 2 křižovatka	vzorek č. 3 křižovatka
fenantren	421,9	61,4	50,34
antracen	35,9	8,3	5,64
fluoranten	51,8	26,3	20,49
pyren	53,0	20,5	12,09
benzo(a)antracen	3,6	3,7	0,33
chrysen	9,4	6,7	0,98
benzo(b)fluoranten	5,5	5,0	0,62
benzo(k)fluoranten	3,9	2,6	0,14
benzo(a)pyren	5,0	5,0	0,59
dibenzo(ah)antracen	1,7	1,3	<0,18
benzo(ghi)perylene	5,3	4,0	1,26
indeno(1,2,3-cd)pyren	3,6	5,5	1,44

Vyšetření osob

Hematologická vyšetření většinou prokazovala u svářečů nepravidelně vyšší hodnoty leukocytů. Biochemické nálezy ukazovaly u této skupiny osob vyšší hodnoty cholesterolu a naopak nižší hodnoty glykémie při porovnání s kontrolní skupinou. Rozdíly byly statisticky významné. Podobné nálezy nebyly u jeřábnic zjištěny.

Vyšetření chromozomových aberací periferních lymfocytů ukázalo, že skupina svářečů měla hodnoty překračující 2 % aberovaných buněk - ABB (tab. 5), avšak vzhledem k počtu aberací v kontrolní skupině nebyl rozdíl významný. Při vyšetření v roce 1993 byly u svářečů lepší výsledky než v kontrolní skupině (tab. 6). Kotláři měli při vyšetření v témže roce počty aberovaných buněk vyšší při porovnání s kontrolní skupinou, opět však statisticky nevýznamně (tab. 7). Významný rozdíl na 1% hladině významnosti se projevil při srovnání kotlářů se svařeči (tab. 8).

Tabulka 5

Nálezy u svářečů a kontrol ZVÚ - cytogenetické vyšetření (1987)

Znak	Svářeči n=21	Kontrola n=23	Hodnota P	Stupeň významnosti
SD	1,44	1,29		
ABB v % M	2,09	1,82	0,6631	--

Tabulka 6

Nálezy u svářečů a kontrol ZVÚ - cytogenetické vyšetření (1993)

Znak	Svářeči n=20	Kontrola n=20	Hodnota P	Stupeň významnosti
SD	0,91	1,40		
ABB v % M	1,0	1,79	0,0508	--

Tabulka 7

Nálezy u kotlářů a kontrol ZVÚ - cytogenetické vyšetření (1993)

Znak	Kotláři n=20	Kontrola n=20	Hodnota P	Stupeň významnosti
SD	1,22	1,40		
ABB v % M	2,17	1,79	0,3713	--

Tabulka 8

Nálezy u kotlářů a svářečů ZVÚ - cytogenetické vyšetření (1993)

Znak	Kotláři n=20	Svářeči n=20	Hodnota P	Stupeň významnosti
SD	1,22	0,91		
ABB v % M	2,17	1,0	0,0021	++

Zcela jiná situace byla v roce 1995, kdy jeřábničky měly průměrné procento aberovaných buněk v porovnání s kontrolou statisticky vysoce významně vyšší (tab. 9).

Tabulka 9

Nálezy u jeřábnic a kontrol ZVÚ - cytogenetické vyšetření (1995)

Znak	Jeřábničky n=19	Kontrola n=20	Hodnota P	Stupeň významnosti
SD	1,3	0,96		
ABB v % M	2,24	0,63	0,0001	+++

Diskuse

Vyšetřili jsme opakovaně skupinu svářečů nerezových ocelí, kotlářů a jeřábnic s vědomím, že osoby ve svářečských provozech působí v prostředí zvýšeného genetického rizika. Kromě standardního vyšetření byla provedena také cytogenetická analýza.

U svářečů se aberace periferních lymfocytů zlepšovaly simultánně se zlepšováním pracovního prostředí během let 1987 až 1993. U jeřábnic byly nalezeny nejmarkantnější statisticky vysoce významné změny v aberacích periferních lymfocytů

ze všech vyšetřovaných skupin; překvapivě však neodpovídaly koncentracím kovů ve svářečských dýmech. Za zvýšený počet chromozomových aberací by mohly být odpovědné koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků, které byly u některých reprezentantů PAH mnohonásobně vyšší v dýchací zóně jeřábnic, než je tomu na živé městské křižovatce.

Stern (1987) a Angerer a spol. (1987) uvádějí, že v průmyslově vyspělých zemích je okolo půl až dvou procent pracujících v průmyslu ve spojení se svařováním kovů. Biologicko-zdravotnické důsledky svařování jsou proto zhruba od 70. let tohoto století v popředí zájmu (Piscator, 1976; Moreton, 1982, 1986; Aitio, 1984; WHO Report, 1985; Bencko, 1985; Bencko a spol., 1984, 1985; IARC, 1987; Spáčilová a Hykeš, 1985; Oláh, 1990; Tejral a spol., 1989, 1993).

Svářečské dýmy, jmenovitě při ručním svařování elektrickým obloukem, obsahují mj. šestimocný chrom a nikl a jsou prokazatelně genotoxické na podsavčí a savčí úrovni (Stella a spol., 1982 a další). Navíc epidemiologické studie upozornily na vztah mezi rakovinou plic či močového měchýře a svařováním nerezových ocelí s obsahem těžkých kovů, zejména chromu a niklu (Milham, 1976; Sjögren, 1980; WHO Report, 1985; Angerer a spol., 1987; IARC, 1987; Dong a spol., 1995).

Vedle shora uvedených chemických nox působí při svařování i rizikové faktory fyzikální. Patří sem všechny druhy záření (ultrafialové, viditelné, infračervené, elektromagnetické), dále hluk, vibrace a nelze opomenout, že se na přikrytí používají textilie s obsahem azbestových vláken.

K vyšetření zdravotního stavu jeřábnic nás přivedlo postupné sledování všech pracovníků, kteří jsou vystaveni svářečským dýmům. Při měřeních nás opakovaně zaujaly obláčky dýmů, které stoupaly směrem ke stropu haly.

Hematologická a biochemická vyšetření u všech exponovaných skupin neukázala přesvědčivé výsledky. U našich sledovaných skupin jsme nenašli v anamnéze žádné onemocnění typu maligního tumoru, pouze u několika svářečů byla rentgenologicky zjištěna sideróza bez významných změn dýchacích funkcí. Většina svářečů při práci v uzavřených nádobách měla výrazné dráždění spojivek a horních dýchacích cest s kašlem a vodnatou sekrecí z nosu. Několik jich uvádělo dokonce po několika hodinách od skončení práce horečku z kovových par, která vždy do rána ustoupila.

Jako nejcitlivější se ukázalo vyšetření cytogenetické. U svářečů i kotlářů citlivě reagovalo na zlepšení pracovního ovzduší. Nejvýznamnější nálezy (s individuálními hodnotami dokonce až 6 % aberovaných buněk) byly u jeřábnic, kde koncentrace kovů v jejich dýchacích zónách byly velmi nízké. Hledali jsme proto jiné příčiny, které by vysvětlovaly tyto cytogenetické nálezy. Také rozpustidla byla v nevýznamných koncentracích. Napadlo nás vyšetřit

polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), o nichž je známo, že jsou mj. výrazně karcinogenní (IARC, 1983). U nich však nejsou nejvyšší přípustné koncentrace stanoveny, a proto jsme se pokusili srovnat naměřené hodnoty s koncentracemi na živé křižovatce velkého města.

Polycyklické aromatické uhlovodíky představují sloučeniny s velice rozmanitými rizikovými vlastnostmi, řada z nich je potenciálními karcinogeny a mutageny, mnohé mají toxické účinky.

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou v prostředí velmi rozšířeny. Byly detekovány prakticky ve všech částech prostředí, v biotických i abiotických, v průmyslových oblastech i v místech vzdálených od průmyslových a městských center. Podle údajů Jongeneelena (1987, 1994) i údajů IARC (Vol. 32, 1983) představují největší skupinu chemických karcinogenů produkovaných během spalování, pyrolýzy a pyrosyntézy organické hmoty. Jsou to geochemicky stabilní sloučeniny, které mají podle řady literárních údajů (např. Kanoh a spol., 1993; Zhao a spol., 1992) tendenci ke kumulaci v sedimentech a sedimentovaných horninách.

Nepodařilo se nám zatím najít jejich zdroje v prostředí hal se svářečskými technologiemi. Bude proto třeba provést ještě řadu dalších měření a sledování, včetně analýz svářečských materiálů.

Prozatímní závěry

1. Na koncentrace svářečských dýmů v dýchací zóně svářečů a kotlářů nejcitlivěji reagovalo cytogenetické vyšetření.
2. Cytogenetické změny v aberacích periferních lymfocytů u jeřábnic ve svářečských provozech nelze přičítat vlivu kovů, které tvoří součást svářečských dýmů, neboť jsou výrazně pod NPK-P, stejně jako organická rozpustidla.
3. Cytogenetické vyšetření prokázalo, že genotoxická zátěž u sledované skupiny jeřábnic byla signifikantně vyšší než u kontrolní skupiny a odpovídá zařazení do pásma zvýšeného genetického rizika.
4. Naměřené koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků u některých sloučenin několikanásobně překračují koncentrace zjišťované na frekventované městské křižovatce.
5. Subjektivní obtíže jeřábnic byly rozdílné při srovnání s obtížemi svářečů; blížily se subjektivním obtížím kontrolní skupiny.
6. Hematologické a biochemické vyšetření neprokázalo významné rozdíly mezi svářeči, kotláři, jeřábnicemi a kontrolní skupinou.
7. K dořešení etiologie zvýšeného genotoxického rizika jeřábnic bude třeba dalších vyšetření a rozborů pracovního prostředí.

Souhrn

Opakovaně byla vyšetřena skupina svářečů ne-rezových ocelí, kotlářů a jeřábnic. Kromě standardního šetření pracovního prostředí a biologicko-medicínského monitorování byla provedena speciální cytogenetická analýza. Ta přinesla rozhodující cytogenetické nálezy. U svářečů se snižoval výskyt chromozomových aberací periferních lymfocytů simultánně se zlepšováním pracovního prostředí. U kotlářů a zvláště u jeřábnic byly stanoveny statisticky významné změny ve výskytu aberovaných buněk řadící exponované skupiny mezi kolektivy se zvýšeným genetickým rizikem. Neodpovídaly však nalezeným koncentracím kovů ve svářečských dýmech a jejich očekávanému genotoxickému působení.

Za zvýšený počet aberací chromozomů v periferních lymfocytech by mohly být odpovědné koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků, které zvláště u některých agens zjištěných v dýchací zóně jeřábnic (fenantren, antracen, floranten, pyren), byly několikanásobně vyšší než na živé městské křižovatce.

Připravena jsou další sledování.

Literatura

1. AITIO, A.: Biological Monitoring of Occupational Exposure to Nickel. In: Nickel in the Human Environment. (Sunderman, F. W. et al., eds.). Lyon, IARC 1984, s. 497 až 505.
2. ANGERER, J. et al.: Occupational Chronic Exposure to Metals. I. Chromium Exposure of Stainless Steel Welders - Biological Monitoring. Int. Arch. occupat. environ. Health, 59, 1987, č. 5, s. 503-511.
3. BENCKO, V.: Chromium. A Review of Environmental and Occupational Toxicology. J. Hyg. Epidemiol. Immunol., 29, 1985, s. 37-46.
4. BENCKO, V. - CIKRT, M. - LENER, J.: Toxické kovy v pracovním a životním prostředí člověka. Praha, Avicenum 1984. 264 s.
5. BENCKO, V. - CIKRT, M., - LENER, J.: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. Praha, Grada Publishing 1995. 288 s.
6. DONG, W. et al.: Mortality Study of Construction Workers in the UK. Inter. J. Epidemiol., 24, 1995, č. 4, s. 750-757.
7. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. Vol. 23, Some Metals and Metallic Compounds. Lyon, IARC 1980.
8. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans, Suppl. 7. Lyon, IARC 1987.
9. JONGENEEL, F. J.: Toxicol. Lett., 1994, 72, s. 205-211.
10. JONGENEEL, F. J.: Biological Monitoring of Occupational Exposure to PAH. Ph.D. Thesis, University of Nijmegen 1987.
11. KANO, T. et al.: Environ. Res., 1993, 62, s. 230-241.
12. MILHAM, S. Jr.: Cancer Mortality Patterns Associated with exposure to Metals. Ann. N. Y. Acad. Sci. (US), 27 L, 1976, s. 243-249.
13. MORETON, J.: Assessment of Welding Fume Hazards. Ann. Occup. Hyg., 25, 1982, č. 4, s. 421-430.
14. MORETON, J.: The Case for Standardization of Tests for Welding Fume Emission Rate and chemical Composition Determination. Ann. Occup. Hyg., 30, 1986, 4, s. 435-444.
15. OLÁH, L.: Je zvarovanie škodlivé? Bezpečná práca, 21, 1990, č. 5, s. 201-204.

16. PISCATOR, M.: Health Hazards from Inhalation of Metal Fumes. *Environ. Res.*, 11, 1976, s. 268-270.
17. PROCHÁZKOVÁ, J. et al.: Imunologický profil svářečů nerez ocelí. XXI. kongres pracovního lékařství, Praha 17. až 19. 4. 1989.
18. SJÖGREN, B.: A Retrospective Cohort Study of Mortality Among Stainless Steel Welders. *Scan. J. Work environ. Health*, 6, 1980, s. 197-200.
19. SPÁČILOVÁ, M. - HYKEŠ, P.: Umírají svářeči na maligní onemocnění? *Prac. Lék.*, 37, 1985, č. 9, s. 340-342.
20. STELLA, M. et al.: Clastogenic Effects of Chromium on Human Lymphocytes in Vitro and in Vivo. *Mutat. Res.*, 101, 1982, s. 151-164.
21. STERN, R.M. et al.: International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases. Copenhagen 18.-21. February, 1986. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 59, 1987, č. 5, s. 503-511.
22. ŠRÁM, R. J. - RÖSSNER, P. - ČERNÁ, M.: Genetické poškození při profesionální expozici mutageny. Metodika úkolu 3/1, AHEM, Praha, příloha č. 1, 1981.
23. TEJRAL, J. et al.: Příspěvek k biologicko-medicínskému monitorování svářečů nerez ocelí. VIII. celostátní dny závodních lékařů, Frýdek-Místek 21.-23. 9. 1988.
24. TEJRAL, J. et al.: Příspěvek ke sledování zdravotního stavu a vybraných biologických ukazatelů u svářečů nerez ocelí. XXI. kongres pracovního lékařství, Praha 17.-19. 4. 1989.
25. TEJRAL, J. et al.: Sledování zdravotního stavu svářečů nerezových ocelí. In: *Suppl. Sbor. věd. Prací LF UK v Hradci Králové*. 36. Hradec Králové 1993, 1/2, s. 21-27.
26. TEJRAL, J. et al.: Porovnání vybraných ukazatelů zdravotního stavu svářečů a kotlárů s kontrolní skupinou vzhledem ke stavu pracovního prostředí. Nepublikovaná závěrečná zpráva z výzkumu LF UK, 1994.
27. WHO Report: Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases. WHO, Copenhagen 1985. 41 s.
28. ZHAO, Z. et al.: *J. environ. Sci. Health*, 1992, A2, s. 1949 až 1966.

Klíčová slova: Svářeči; Kotláři; Jeřábnyce; Svářečské dýmy; Těžké kovy; Biologicko-medicínské monitorování.

Do redakce došlo 9. 1. 1997