

PRACE ORYGINALNE

Mariola Śliwińska-Kowalska¹
Bartosz Bilski²
Ewa Zamysłowska-Szmytko¹
Piotr Kotyło³
Marta Fiszer³
Wiktor Wesołowski⁴
Małgorzata Pawlaczyk-Łuszczynska¹
Małgorzata Kucharska⁴
Adam Dudarewicz¹

OCENA USZKODZEŃ SŁUCHU U PRACOWNIKÓW NARAŻONYCH NA STYREN I HAŁAS W PRZEMYSŁE TWORZYW SZTUCZNYCH*

HEARING IMPAIRMENT IN THE PLASTICS INDUSTRY WORKERS EXPOSED TO STYRENE AND NOISE

¹ Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

Kierownik zakładu: prof. dr hab. M. Śliwińska-Kowalska

² Z Katedry Profilaktyki Zdrowotnej

Akademii Medycznej im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

Kierownik katedry: dr hab. med. J. Wysocki

³ Z Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

Kierownik centrum: prof. dr hab. med. M. Śliwińska-Kowalska

⁴ Z Zakładu Zagrożeń Chemicznych i Pyłowych

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

Kierownik zakładu: prof. dr hab. M. Jakubowski

STRESZCZENIE Styren wykazuje działanie ototoksyczne u zwierząt, a łączne oddziaływanie tego rozpuszczalnika z hałasem powoduje efekt synergistyczny w stosunku do izolowanej ekspozycji na hałas. U ludzi brak jest pewnych dowodów na ototoksyczność przewlekłego narażenia na styren w warunkach ekspozycji zawodowej, nie wykazano również, jak dotąd jego dodatkowego wpływu w przypadku łącznej ekspozycji z hałasem. Celem pracy była ocena stanu słuchu oraz ryzyka uszkodzenia słuchu u pracowników zatrudnionych w narażeniu na styren i hałas.

Badaniem objęto 72 mężczyzn narażonych zawodowo na styren i hałas przy produkcji tworzyw sztucznych. Wyniki badań odniesiono do dwóch dobranych pod względem wieku, płci i cech osobniczych, grup referencyjnych: 82 mężczyzn – pracowników drukarni narażonych wyłącznie na hałas o poziomach emisji niemal dwukrotnie wyższych, niż w grupie narażonych na styren i hałas; oraz 65 mężczyzn nienarażonych na rozpuszczalniki ani hałas w miejscu pracy.

W grupie osób narażonych na styren i hałas stwierdzono istotnie głębsze średnie ubytki słuchu niż w obu grupach referencyjnych, w całym zakresie badanych częstotliwości od 1 do 8 kHz. Ryzyko uszkodzenia słuchu w grupie narażonej na styren i hałas było 7-krotnie (RR: 6,6; 3,0-15,9) większe w stosunku do grupy nienarażonej i 4-krotnie (RR: 4,0; 1,8-9,1) większe w stosunku do grupy narażonej wyłącznie na hałas. Nie stwierdzono natomiast zależności, przy uwzględnieniu zakłócającego wpływu hałasu i wieku, między wielkością ekspozycji na styren a ubytkiem słuchu.

Wyniki badań sugerują, że narażenie na mieszaninę rozpuszczalników, której głównym składnikiem jest styren, może mieć dodatkowy, w stosunku do hałasu, negatywny wpływ na narząd słuchu. Med. Pr. 2001; 52; 5; 297—303

SŁOWA KLUCZOWE: rozpuszczalniki organiczne, styren, hałas, uszkodzenia słuchu

ABSTRACT Styrene exerts ototoxic effect in animals, and the combined exposure to this solvent and noise produces a synergistic effect relative to the isolated exposure to noise. However, there is a lack of reliable evidence that chronic occupational exposure to styrene is ototoxic to humans. Neither has been documented its additive effect with noise. The present study was aimed to assess hearing impairment and the risk of hearing loss in workers exposed to both styrene and noise.

The study group included 72 male workers occupationally exposed to styrene in the plastics industry. The results were compared with two control groups, matched by age, gender and personal traits: one group composed of 82 male workers employed in a printing house and exposed only to noise at the levels almost twice as high as those observed in the group exposed to styrene and noise, and the other consisted of 65 male workers exposed neither to solvents nor to noise at workplace.

In the group exposed to styrene and noise, significantly increased average hearing loss, as compared to both control groups, was found at all frequencies (1–8 kHz). The risk of hearing loss in the group exposed to styrene and noise was seven times higher (RR: 6.6; 3.0–15.9) than in the

non-exposed group, and four times higher (RR: 4.0; 1.8–9.1) than in when workers exposed only to noise. However, no relationship could be observed between the amount of styrene exposure and hearing impairment, taking account of the confounding effect of noise and age.

The results of the study suggest that the exposure to solvent mixtures with styrene as a basic component may exert additional, to noise, adverse effect on the auditory organ. *Med Pr* 2001; 52; 5; 297–303

KEY WORDS: organic solvents, styrene, noise, hearing impairment

WSTĘP

Zawodowe uszkodzenia słuchu związane są niemal wyłącznie z oddziaływaniem hałasu. Coraz więcej badań doświadczalnych na zwierzętach, jak i klinicznych, wskazuje jednak na ototoksyczne działanie substancji chemicznych, takich jak metale ciężkie, gazy duszące, czy rozpuszczalniki organiczne, w tym styren (1).

Styren jest węglowodorem aromatycznym powszechnie wykorzystywanym w przemyśle tworzyw sztucznych przy produkcji laminatów poliestrowych, polimerów i kopolimerów. Jego produkcja w skali światowej w roku 1992 wynosiła 17 milionów ton (2). Badania środowiskowe wykazują, że największe poziomy tego rozpuszczalnika stwierdzane są przy produkcji laminatów (3). Styren wchłania się zarówno przez drogi oddechowe, jak i przez skórę, co wzmacnia jego potencjalne działanie neuro- i ototoksyczne (3,4).

W badaniach na zwierzętach wykazano, że styren działa uszkadzająco zarówno na ślimak, jak i na wyższe odcinki drogi słuchowej. Powoduje on degenerację komórek rzęsatych zewnętrznych w zakręcie podstawnym i niższym środkowym ślimaka (5). Podwyższenie progów słuchu zależy od poziomu ekspozycji. Narażenie na stężenia rzędu 1600 ppm (6720 mg/m³) objawia się podwyższeniem progów słuchu u szczurów w zakresie średnich częstotliwości (16 kHz oraz w nieco mniejszym zakresie 8 kHz) (6). Dłuższa ekspozycja powoduje poszerzenie ubytku słuchu zarówno w stronę częstotliwości wyższych (24, 32 i 40 kHz), jak i niższych (poniżej 16 kHz) (5).

W dotychczasowych badaniach klinicznych i epidemiologicznych nie wykazano uszkodzeń słuchu w standardowym zakresie częstotliwości ocenianych w audiometrii tonalnej u narażonych pracowników. Sugerowano natomiast pogorszenie progów słuchu dla tonów czystych w zakresie częstotliwości wysokich (≥ 8 kHz) (7,8,9), a także, w oparciu o nieprawidłowe wyniki testów mowy zniekształconej oraz korowych potencjałów wywołanych, zaburzenia w zakresie ośrodkowej części narządu słuchu (10).

W środowisku pracy narażeniu na rozpuszczalniki organiczne często towarzyszy hałas. W badaniach na szczurach wykazano, że łączne narażenie na styren i hałas powoduje głębszy ubytek słuchu oraz uszkodzenie większej liczby komórek rzęsatych ucha wewnętrznego niż narażenie na każdy z tych czynników oddzielnie (11). Co więcej, autorzy cytowanej pracy sugerują, że łączne działanie obu czynników może mieć efekt większy niż addycyjny (sumowanie efektów obu czynników).

W dotychczasowych badaniach epidemiologicznych nie wykazano, jak dotąd, takiego efektu u ludzi. Stwierdzono bowiem, że w przypadku łącznej ekspozycji na hałas i styren, działanie ototoksyczne styrenu jest pomijalne w porównaniu z hałasem (12). U osób narażonych na styren w stężeniach poniżej 210 mg/m³ i hałas o poziomie w zakresie 85–90 dB-A, stwierdzono zależność między dawką hałasu a uszkodzeniem słuchu, natomiast nie wykazano takiej zależności dla styrenu. Tak więc, brak jest aktualnie dowodów, dotyczących istotnie większych skutków łącznego działania ototoksycznego styrenu i hałasu u ludzi w porównaniu z izolowaną ekspozycją na hałas.

Celem pracy była ocena stanu słuchu oraz ryzyka uszkodzenia słuchu u pracowników zatrudnionych w narażeniu na styren i hałas.

MATERIAŁ I METODY

Badani

Badaniami objęto pracowników narażonych na styren i hałas, zatrudnionych w dużym zakładzie tworzyw sztucznych. Wszystkie osoby zakwalifikowane do badań zapoznane zostały z protokołem badawczym i wyraziły świadomą zgodę na dobrowolny udział w eksperymencie. W zakładzie określono wstępnie działy, w których, na podstawie danych stacji sanitarno-epidemiologicznych i oceny procesu technologicznego, występują rozpuszczalniki organiczne. Wyjściową grupę pracowników stanowiło 75 mężczyzn narażonych na styren, pracujących w zakładzie co najmniej 6 miesięcy. Wyłączono z niej osoby z chorobami ucha środkowego oraz te, u których wywiad lekarski sugerował pozazawodową etiologię uszkodzenia słuchu. Ostatecznie, analizie poddano grupę 72 mężczyzn, u których wykonano badania ankietowe, laryngologiczne oraz oceniono stan słuchu. Średnia wieku w tej grupie wynosiła $35,3 \pm 7,4$ lat, okres narażenia na styren $4,8 \pm 4,1$ lat (0,5–24,5), natomiast średni okres narażenia na hałas $7,8 \pm 4,1$ lat (0,5–28,0).

Wyniki badań słuchu uzyskane w grupie osób narażonych na styren porównano z 2 grupami odniesienia: grupą pracowników ekspozowanych wyłącznie na hałas oraz grupą kontrolną osób zdrowych, nienarażonych w miejscu pracy na hałas ani rozpuszczalniki organiczne. Grupę narażonych jedynie na hałas stanowiło 92 mężczyzn – pracowników drukarni. Podobnie, jak w grupie narażonej na rozpuszczalniki organiczne, wyłączono z badań osoby z uszkodzeniami ucha środkowego oraz wywiadem, sugerującym pozazawodową etiologię uszkodzeń słuchu, a także te, u których trudno było

zweryfikować poziom narażenia na hałas w przeszłości. Ostatecznie do badań słuchu zakwalifikowano 82 mężczyzn, dobranych do grupy osób narażonych na rozpuszczalniki pod względem wieku, płci, czynników konstytucjonalnych i zdrowotnych oraz nawyków i stylu życia. Średnia wieku w tej grupie wynosiła $34,0 \pm 9,5$ lat; średni staż pracy w narażeniu na hałas wynosił $9,6 \pm 7,4$ lat (0,8–36,0). Grupę kontrolną, osób nienarażonych na hałas ani substancje chemiczne w miejscu pracy, stanowiła populacja 65 mężczyzn, pracowników biurowych, zdrowych, niepodających w wywiadzie chorób ucha. Osoby te negowały również zawodowy kontakt z czynnikami ototoksycznymi i hałasem w przeszłości. Grupa kontrolna dobrana została do grupy narażonej na rozpuszczalniki analogicznie, jak grupa narażona wyłącznie na hałas. Średnia wieku wynosiła $35,3 \pm 10,9$ lat.

W zakres badań wchodziły: pełna ocena narażenia na rozpuszczalniki organiczne i hałas, badanie laryngologiczne i ocena stanu narządu słuchu.

Ocena narażenia

Rozpuszczalniki organiczne

Do oceny aktualnego stężenia par rozpuszczalników organicznych w powietrzu zastosowano metodę dozometrii indywidualnej, zgodną z przyjętymi w Polsce jednolitymi kryteriami monitoringu środowiska pracy (PN-89/Z-04008/07). Metodyka pomiarów została opisana dokładnie w poprzedniej publikacji (13). Ocena narażenia zawodowego została dokonana na podstawie pomiaru stężeń wszystkich substancji toksycznych obecnych w środowisku pracy.

Dla oszacowania ekspozycji w ciągu wszystkich lat pracy zawodowej danego pracownika wykorzystano bieżące pomiary oraz archiwalne protokoły badań środowiskowych. Łączna ekspozycja na styren, wchłonięty drogą powietrzną – tzw. zintegrowane stężenie podczas całej pracy zawodowej zostało obliczone dla każdej osoby oddzielnie, po szczegółowej analizie danych z wywiadu zawodowego i pozazawodowego wg wzoru:

$$D_T = \sum_{i=1}^N C_i T_{ei}$$

gdzie:

D_T – zintegrowane stężenie ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{lata}$).

C_i – średnie stężenie (średnia arytmetyczna narażeń) w i -tych warunkach pracy (mg/m^3).

N – ilość wyróżnionych okresów o określonym narażeniu.

T_{ei} – i -ty okres, którego środek stanowi data kolejnych pomiarów środowiskowych (lata).

Podobnie zintegrowane stężenia obliczono dla innych rozpuszczalników organicznych występujących w atmosferze środowiska pracy.

Hałas

Podstawę aktualnej oceny ekspozycji na hałas na stanowiskach pracy były wyniki własnych pomiarów przeprowadzo-

nych zgodnie z PN-N-01309:1994. Stosowaną metodykę pomiarów opisano dokładnie wcześniej (13). Jako podstawę oceny przyjęto poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy lub tygodnia pracy.

Celem oszacowania całkowitego narażenia na hałas podczas pracy zawodowej, wyznaczono dla każdego pracownika poziom życiowej ekspozycji zwany inaczej poziomem immisji hałasu. Wykorzystano do tego celu bieżące i pochodzące z przeszłości wyniki pomiaru hałasu.

Poziom immisji hałasu obliczano wg wzoru (14,15):

$$L_{T,A} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T_c} \left(\sum_{i=1}^N T_{ei} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Ex_i}} \right) \right] + 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N \frac{T_{ei}}{T_o} \right)$$

gdzie:

$L_{T,A}$ – poziom immisji hałasu (dB-A).

L_{Ex_i} – poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy/tygodnia pracy w i -tych warunkach pracy w narażeniu na hałas (dla i -tego stanowiska pracy lub/i dla i -tego miejsca zatrudnienia) (dB-A).

T_{ei} – czas pracy (staż) w i -tych warunkach narażenia na hałas (dla i -tego stanowiska pracy lub miejsca zatrudnienia) (lata).

T_o – czas odniesienia (1 rok).

N – liczba różnych warunków pracy w narażeniu na hałas (stanowiska pracy/miejsca zatrudnienia).

Ocena narażenia na hałas uwzględniała również pochodzące z wywiadu informacje dotyczące wykorzystywanych indywidualnych ochron słuchu. Gdy pracownik nosił systematycznie ochronniki – odejmowano 4 dB od średniego narażenia w ocenianym okresie czasu. Gdy ochronniki słuchu były wykorzystywane przez 3/4 zmiany roboczej – odejmowano wartość 3 dB, natomiast gdy były noszone krócej – nie uwzględniano tej poprawki. Ten sposób postępowania był wzorowany na propozycji Sass-Kortsak i wsp. (12).

Ocena narządu słuchu

W zakres badania lekarskiego i oceny narządu słuchu wchodziły: szczegółowa ankieta, przedmiotowe badanie laryngologiczne oraz badanie audiometrii tonalnej i impedancyjnej. Ankieta zawierała ok. 20 rozbudowanych pytań dotyczących wywiadu zawodowego, osobniczego, zdrowotnego oraz narażenia pozazawodowego na czynniki ototoksyczne. Szczegóły ankiety opisano poprzednio (13).

Badanie laryngologiczne obejmowało w szczególności ocenę ucha zewnętrznego, błony bębenkowej oraz drożności nosa i trąbki słuchowej.

Audiometria impedancyjna

Badanie obejmowało tympanometrię oraz rejestrację odruchów z mięśnia strzemiączkowego przy stymulacji ipsilateralnej tonem czystym o częstotliwościach 0,5, 1,0, 2,0 i 4,0

kHz oraz szumem białym o poziomie dźwięku w zakresie od 70 do 115 dB SPL. Prawidłowy wynik badania (tympanogram typu A, obecne odruchy strzemiączkowe) był warunkiem zakwalifikowania do audiometrii tonalnej. Ocenę przeprowadzono z wykorzystaniem audiometru impedancyjnego typu Zodiac 901 firmy Madsen.

Badanie audiometrii tonalnej

Badanie wykonywano w sposób standardowy, metodą wstępującą, według metodyki podanej w poprzedniej publikacji (13). Próg słuchu dla przewodnictwa powietrznego określano w zakresie częstotliwości od 1 kHz do 8 kHz w skokach oktaowych oraz półoktaowych dla częstotliwości 1,5 i 4 kHz. Próg przewodnictwa kostnego wyznaczono w zakresie częstotliwości od 0,5 kHz do 4 kHz. Badanie przeprowadzano po co najmniej szesnastogodzinnej przerwie w narażeniu na hałas, w celu uniknięcia oceny czasowego przesunięcia progu słuchu. W ocenie ryzyka uszkodzenia słuchu wynik audiometrii kwalifikowany był jako nieprawidłowy, jeżeli próg słuchu dla co najmniej jednej częstotliwości był równy lub wyższy od 30 dB HL. W badaniach wykorzystano audiometr tonalny typu AC 40 firmy Interacoustic.

Statystyka

Do wykonania analizy statystycznej wykorzystano pakiet statystyczny Statistica 5.1 i odpowiednie opcje w programie Microsoft Excel. Znamienność różnic w progach słuchu oce-

niono za pomocą testu Tukey HSD oraz testu U Manna-Whitneya.

Ocenę zależności stanu słuchu od wieku, płci, czynników osobniczych i narażenia na czynniki zawodowe dokonano wykorzystując analizę znamienności statystycznej różnic w ocenianych populacjach pod względem danej cechy (testy: chi-kwadrat, chi-kwadrat z poprawką Yatesa i dokładny test Fishera) oraz analizę korelacji między czynnikami osobniczymi, zawodowymi i pozazawodowymi a stanem słuchu poprzez określenie wartości współczynnika Pearsona.

WYNIKI

Ocena narażenia

W zakładzie tworzyw sztucznych stwierdzono występowanie w powietrzu trzech substancji chemicznych: styrenu, dichlorometanu i acetonu (tab. I). Najwyższe narażenia na stanowiskach pracy w odniesieniu do wartości NDS dotyczyły styrenu i dichlorometanu. Maksymalne stężenia tych związków przekraczały 2,5–3,5-krotnie dopuszczalną normę. Natomiast średnie wartości stężeń acetonu na żadnym ze stanowisk nie przekraczały kilku procent wartości polskiego normatywu higienicznego, a ich najwyższe stężenia nie były wyższe niż wartość ok. 0,5 NDS. Archiwalne protokoły badań, będących w posiadaniu zakładów pracy, obejmowały wyłącznie ocenę stężeń styrenu, pomijając, jako nieistotne, narażenie na dichlorometan i aceton.

Tabela I. Stężenia rozpuszczalników organicznych występujących w atmosferze środowiska pracy w zakładzie przemysłu tworzyw sztucznych (1999 r.)
Table I. Concentrations of organic solvents present in the workplaces ambient air at plastics plant, 1999

Lp. No.	Substancja Substance	NDS* OEL** mg/m ³	Średnia arytmetyczna Arithmetic mean mg/m ³	Stężenie maksymalne Maximum concentration mg/m ³	Stężenie minimalne Minimum concentration mg/m ³	% wag. Mass fraction %
1.	Styren Styrene	50	47,2	131,6	7,5	43,8
2.	Aceton Acetone	600	36,5	331,6	1,8	33,9
3.	Dichlorometan Dichloromethane	20	21,7	71,9	4,5	20,1

*NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie.

**OEL – occupational exposure limit.

Tabela II. Zintegrowane stężenia rozpuszczalników w grupie narażonych na rozpuszczalniki i hałas
Table II. Integrated concentrations of solvents in the group of workers exposed to solvents and noise

Lp. No.	Substancja Substance	Średnia arytmetyczna mg · m ⁻³ · lata Arithmetic mean mg · m ⁻³ · yrs	Wartość maksymalna mg · m ⁻³ · lata Maximum value mg · m ⁻³ · yrs	Wartość minimalna mg · m ⁻³ · lata Minimum value mg · m ⁻³ · yrs
1.	Styren Styrene	97,9	1108,4	4,0
2.	Aceton Acetone	58,0	663,2	0,9
3.	Dichlorometan Dichloromethane	24,0	251,65	2,25

Tabela III. Narażenie na hałas w grupie osób narażonych na rozpuszczalniki organiczne i hałas oraz w grupie osób narażonych jedynie na hałas
Table III. Exposure to noise in the group exposed to organic solvents and noise and in the group exposed only to noise

Lp. No.	Wielkość Magnitude	Ekspozowani na rozpuszczalniki i hałas Exposed to solvents and noise		Ekspozowani jedynie na hałas Exposed only to noise	
		Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	Średnia geometryczna Geometric mean	Średnia arytmetyczna Arithmetic mean	Średnia geometryczna Geometric mean
1.	Poziom emisji (dB) Immission level (dB)	93,5	93,4	96,0	95,9
2.	Poziom emisji po uwzględnieniu działania ochronników (dB) Immission level corrected for hearing protectors (dB)	92,4	92,3	94,0	93,9
3.	Staż pracy w hałasie (lata) Duration of employment (yrs)	7,8	5,2	9,6	6,6

Ocena wartości zintegrowanych stężeń styrenu, dichlormetanu i acetonu, oceniających ekspozycję całościową, wykazała natomiast, że najwyższe wartości występowały dla styrenu, najniższe dla dichlormetanu (tab. II).

Poza narażeniem na rozpuszczalniki organiczne w zakładzie tworzyw sztucznych występowało narażenie na hałas nieustalony. Średni poziom emisji hałasu mierzony w grupie narażonej na styren i hałas wynosił 93,5 dB(A) i był blisko dwukrotnie mniejszy niż w grupie pracowników drukarni narażonych jedynie na hałas. Różnice te dotyczyły szacowań zarówno bez, jak i z uwzględnieniem stosowania ochronników słuchu (tab. III).

Analiza danych ankietowych

Analiza danych ankietowych nie wykazała różnic pomiędzy trzema badanymi grupami w częstości występowania ocenianych cech, takich jak: wiek, masa ciała, stężenie pigmentu w skórze, palenie tytoniu, przebyte choroby, w tym zapalenie ucha środkowego, cukrzyca, choroby nerek oraz długość narażenia pozazawodowego na hałas. Obserwowane różnice dotyczyły natomiast częstości stosowania leków ototoksycznych (5% osób nienarażonych, 15% osób narażonych na hałas, 3% osób narażonych na styren) oraz narażenia pozazawodowego na rozpuszczalniki (0%, 0%, 23% w odpowiednich grupach).

Ocena stanu słuchu

Średni ubytek słuchu

Analiza porównawcza średnich progów słuchu wykazała największe ubytki w grupie pracowników narażonych na styren i hałas, mniejsze w grupie narażonej jedynie na hałas, najmniejsze natomiast w grupie nienarażonej (ryc. 1). W grupie narażonej na styren i hałas upośledzenie słuchu dotyczyło nie tylko częstotliwości wysokich, ale również częstotliwości średnich, ubytki słuchu były istotnie ($p < 0,05$) głębsze w porównaniu z obiema grupami odniesienia w całym zakresie częstotliwości. Natomiast średnie progu słuchu u osób narażonych wyłącznie na hałas były istotnie ($p < 0,05$)

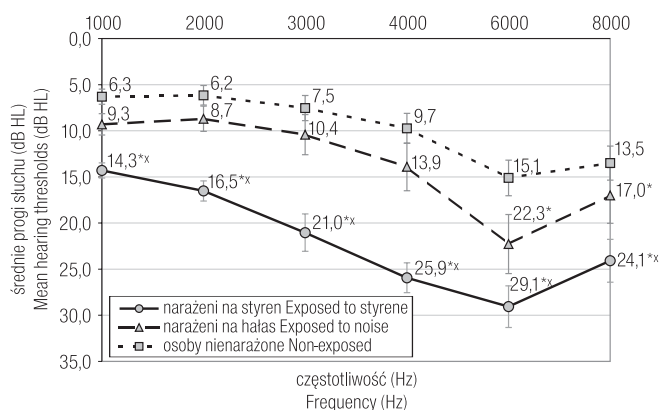
wyższe w stosunku do grupy nienarażonej jedynie dla częstotliwości 4 i 6 kHz.

Częstość i ryzyko występowania niedosłuchu

Ubytki słuchu występowały (średnia dla obu uszu) u 34% mężczyzn narażonych na rozpuszczalniki organiczne, 19% mężczyzn narażonych na hałas oraz 15% mężczyzn z grupy nienarażonej.

Ryzyko wystąpienia niedosłuchu w grupie narażonych na styren było 4-krotnie (RR: 4,0; 1,8–9,1) wyższe, niż w grupie narażonych na hałas oraz prawie 7-krotnie (RR: 6,6; 3,0–15,9) wyższe niż w grupie osób nienarażonych.

Analiza ryzyka wystąpienia uszkodzenia słuchu dla poszczególnych częstotliwości wykazała ich istotność w grupie narażonej na styren i hałas w porównaniu z grupą narażoną na hałas (wartości minimalne ryzyka większe od



* Średnie progi słuchu różnią się w stosunku do grupy kontrolnej, $p < 0,05$.

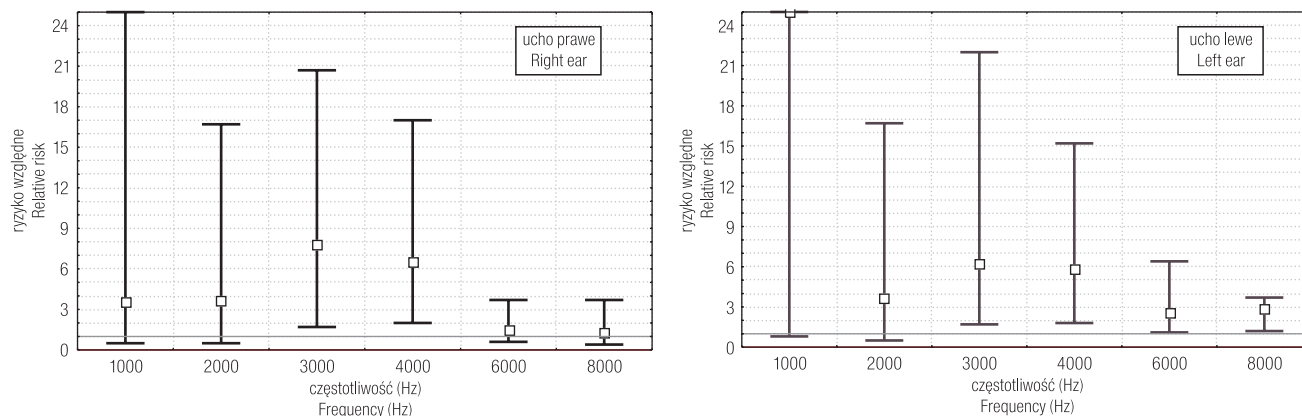
x Średnie progi słuchu różnią się w stosunku do grupy narażonych wyłącznie na hałas, $p < 0,05$.

* Mean hearing thresholds differ as compared to controls $p < 0,05$.

x Mean hearing thresholds differ as compared to the group exposed only to noise, $p < 0,05$.

Ryc. 1. Średnie progi słuchu i średnie błędy średnich (przedział 95% ufności) w grupach pracowników narażonych na styren i hałas, narażonych wyłącznie na hałas i nienarażonych.

Fig. 1. Mean hearing thresholds and mean errors (95% confidence interval) in the groups of workers: exposed to both styrene and noise; exposed only to noise and non-exposed.



Ryc. 2. Wartości ryzyka względnego wystąpienia niedosłuchu w poszczególnych częstotliwościach u pracowników narażonych na styren i hałas w porównaniu z grupą narażoną jedynie na hałas (oddzielnie dla ucha prawego i lewego).

Fig. 2. The values of relative risk of hearing loss at particular frequencies in workers exposed to styrene and noise as compared to those exposed only to noise (left and right ears separately).

jedności) dla częstotliwości 3 i 4 kHz dla ucha prawego oraz dla 3, 4, 6 i 8 kHz dla ucha lewego (ryc. 2).

Zależność uszkodzenia słuchu od narażenia i wieku

Stwierdzono występowanie statystycznie istotnych zależności (przy każdorazowym uwzględnieniu wpływu pozostałych czynników zakłócających oraz wieku) między wielkością ubytku słuchu i dwiema zmiennymi: aktualnie mierzonym stężeniem dichlorometanu (dla częstotliwości 1 i 2 kHz), a także średnim poziomem hałasu (dla częstotliwości 3 i 4 kHz). W analizie czynników określających całożyciowe ekspozycje na rozpuszczalniki i hałas, zależność istotną statystycznie ($p < 0,05$) stwierdzono wyłącznie między ubytkiem słuchu a poziomem immisji hałasu (dla częstotliwości 3 i 4 kHz). Nie stwierdzono natomiast zależności w odniesieniu do styrenu czy dichlorometanu

OMÓWIENIE I WNIOSKI

Mimo dość dobrze udokumentowanych wyników badań doświadczalnych, wskazujących na toksyczne oddziaływanie na narząd słuchu takich rozpuszczalników, jak: styren, ksylen, toluen, trójchloroetylen, dwusiarczek węgla i n-heksan, nadal brak jest jednoznacznych i pewnych dowodów ototoksyczności tych związków, występujących przewlekłe w stężeniach przemysłowych u ludzi.

W pracy oceniono stan słuchu osób pracujących w narażeniu na hałas i rozpuszczalniki organiczne, których główną składową był styren, a wyniki odniesiono do 2 grup referencyjnych.

Badania ankietowe wykazały, że w ocenianych trzech grupach osób na stan słuchu nie posiadały wpływu przebyte choroby (takie jak zapalenie ucha środkowego, cukrzyca, choroby nerek i inne), czy ewentualne narażenie pozazawodowe na hałas. Wynik ten był rezultatem wstępnej eliminacji pracowników, u których uszkodzenie słuchu mogło

być spowodowane czynnikami pozazawodowymi. Różnice między danymi z wywiadu, dotyczącymi stosowanych leków ototoksycznych należy w dużym stopniu wiązać z większą świadomością zdrowotną osób pracujących w narażeniu na hałas (drukarnia).

Pracownicy przemysłu tworzyw sztucznych charakteryzowali się dość krótkim stażem pracy w narażeniu na styren (średnio 5 lat), lecz o stosunkowo dużym stężeniu, gdyż zintegrowane średnie stężenia tego rozpuszczalnika przekraczały prawie dwukrotnie wartości dopuszczalne. Natomiast życiowa ekspozycja na hałas w tej grupie była niższa od ekspozycji grupy narażonej wyłącznie na hałas o 2,5 dB-A, a więc nieomal o połowę. Podobne grupy osób narażonych na styren i hałas badali Muijser i wsp. (9) oraz Saas-Kortsak i wsp. (12), jakkolwiek w pierwszej pracy ocena narażenia dotyczyła jedynie rozpuszczalników organicznych, nie obejmowała natomiast hałasu.

Muijser i wsp. (9), w populacji narażonej na styren i nienarażonej nie stwierdzili różnic progów słuchu w audiometrii tonalnej w zakresie konwencjonalnych i wysokich częstotliwości. Jednakże porównanie podgrup najbardziej narażonych z najmniej narażonymi na styren wykazało istotnie głębsze ubytki słuchu dla częstotliwości 8 kHz i wyższych w pierwszej z nich. Autorzy, jak wspomniano, nie brali jednak pod uwagę wpływu hałasu, którego poziom w obu podgrupach mógł się różnić i być przyczyną stwierdzonych różnic w ostrości słuchu. Przekonują o tym badania Saas-Kortsak i wsp. (12), którzy w grupie pracowników o podobnym narażeniu na styren nie stwierdzili zależności między stężeniem styrenu a uszkodzeniem słuchu, po uwzględnieniu zakłócającego wpływu hałasu. Autorzy nie dysponowali jednakże grupą odniesienia, tj. osób narażonych jedynie na hałas oraz osób nienarażonych na hałas ani na styren w miejscu pracy, stąd nie mogli ocenić jakościowego ryzyka uszkodzenia słuchu związanego z ekspozycją na rozpuszczalniki organiczne. W badaniach własnych takie populacje, dobrane pod względem płci i wieku, zostały

uwzględnione. Stwierdzono prawie 7-krotnie większe ryzyko uszkodzenia słuchu w grupie narażonej na styren i hałas w porównaniu z grupą nienarażoną oraz aż 4-krotnie większe ryzyko w tej grupie w porównaniu z grupą narażoną jedynie na hałas. W grupie osób narażonych na styren i hałas wykazano istotnie głębsze ubytki słuchu w całym zakresie częstotliwości od 1 do 8 kHz w porównaniu zarówno z grupą kontrolną, jak i narażoną jedynie na hałas, podczas gdy grupa narażona na hałas różniła się od grupy kontrolnej jedynie w częstotliwościach 3 i 4 kHz. Należy przy tym wziąć pod uwagę, że emisja hałasu w grupie narażonych jedynie na hałas była istotnie większa, niż w grupie narażonych na styren i hałas, tak więc wyniki badań sugerują dodatkowy, w stosunku do hałasu, wpływ styrenu na narząd słuchu. W pracy trudno było oszacować wpływ samego styrenu albowiem w badanej grupie pracowników nie było osób nienarażonych na hałas o poziomach całkowicie bezpiecznych dla narządu słuchu (poniżej 80 dB-A).

Analizując korelacje między czynnikami środowiska pracy a stanem słuchu w grupie pracowników zakładu przemysłu tworzyw sztucznych stwierdzono istotne statystycznie zależności dla ekspozycji na hałas, nie stwierdzono natomiast dla styrenu. Wśród czynników chemicznych środowiska pracy tylko aktualny pomiar stężenia dichlorometanu w powietrzu wykazywał istotną statystycznie korelację z głębokością ubytku słuchu dla pojedynczych częstotliwości, jednakże nie stwierdzono takiej zależności między wartościami progów słuchu a zintegrowanym stężeniem dichlorometanu (ekspozycji całościowej). Brak jest aktualnie publikacji mogących świadczyć o ototoksycznym wpływie dichlorometanu, zarówno u zwierząt, jak i u ludzi. Jednakże substancję tę można podejrzewać o takie działanie, gdyż jej metabolit – tlenek węgla jest czynnikiem hipoksemicznym i w wyniku niedotlenienia może powodować uszkodzenie ślimaka.

W badaniach słuchu nie stwierdzono również korelacji między wskaźnikami narażenia na styren a wielkością ubytku słuchu. Można to tłumaczyć dwójako. Z jednej strony narażenie na ten związek było, być może, zbyt krótkie dla uzyskania liniowej zależności (12). Z drugiej zaś, w badaniach własnych nie oceniano wchłaniania styrenu przez skórę, które może istotnie wpływać na poziom tego związku w płynach ustrojowych (16). Stąd też ocena poziomu styrenu jedynie w powietrzu mogła nie odzwierciedlać rzeczywistej dawki ekspozycyjnej pracowników. Dość trudno będzie jednak, ze względu na prawdopodobnie złożone interakcje między substancjami ototoksycznymi, stworzyć modele zależności typu ekspozycja-efekt biologiczny, zarówno w odniesieniu do styrenu, jak i innych rozpuszczalników. Do ustalenia tych związków przyczynić się może ocena narażenia z wykorzystaniem monitoringu biologicznego, który pozwala na dokładniejszą ocenę dawki ekspozycyjnej.

Reasumując, uzyskane dane wskazują, że styren stanowi składnik środowiska pracy o potencjalnie szkodliwym wpływie na stan słuchu narażonych pracowników, zwłaszcza gdy występuje łącznie z hałasem.

PIŚMIENNICTWO

1. Rybak L.: Hearing: The effects of chemicals. *Otolaryngol. Head. Neck Surg.* 1992, 106, 677-685.
2. Miller R.R., Newhook R., Poole A.: Styrene production, use, and human exposure. *Crit. Rev. Toxicol.* 1994, 24, 1-10.
3. Kryteria Zdrowotne Środowiska. Styren. Tom 26. PZWL, Warszawa 1989.
4. Kryteria Zdrowotne Środowiska. Toluen. Tom 52. IMP, Łódź 1994.
5. Yano B., Dittenber D., Albee L., Mattsson J.: Abnormal auditory brain stem responses and cochlear pathology in rats induced by an exaggerated styrene exposure regimen. *Toxicol. Pathol.* 1992, 20, 1-6.
6. Crofton K., Lassiter T., Rebert C.: Solvent-induced ototoxicity in rats: an atypical selective mid-frequency hearing deficit. *Hear. Res.* 1994, 80, 25-30.
7. Dreschler A., Hulst R., Tange R., Urbanus N.: The role of high-frequency audiometry in early detection of ototoxicity. *Audiology* 1985, 24, 387-395.
8. Morioka I., Kuroda M., Miyashita K., Takeda S.: Evaluation of organic solvent ototoxicity by the upper limit of hearing. *Arch. Environ. Health* 1999, 54, 341-346.
9. Muijser H., Hoogendijk E., Hooisma J.: The effects of occupational exposure to styrene on high-frequency hearing thresholds. *Toxicol.* 1988, 49: 331-340.
10. Möller C., Odqvist L., Larsby B., Tham R., Ledin T., Bergholtz L.: Otoneurological findings in workers exposed to styrene. *Scand. J. Work Environ. Health* 1990, 16, 189-194.
11. Lataye R., Campo P., Loquet G.: Combined effects of noise and styrene exposure on hearing function in the rat. *Hear. Res.* 2000, 1-2, 86-96.
12. Sass-Kortsak A., Corey P., Robertson J.: An investigation between exposure to styrene and hearing loss. *Ann. Epidemiol.* 1995, 5, 1, 15-24.
13. Śliwińska-Kowalska M., Zamysłowska-Szymtke E., Kotyło P., Wesolowski W., Dudarewicz A., Fiszer M. i wsp.: Ocena uszkodzeń słuchu u pracowników narażonych na mieszaniny rozpuszczalników organicznych w przemyśle farb i lakierów. *Med. Pr.* 2000, 1, 1-10.
14. Robinson D.W.: NPL Aero Report Ac 32. National Physical Laboratory, London, England 1968.
15. Solecki L.: Ocena skutków zawodowej ekspozycji na hałas operatorów ciągników rolniczych w zależności od dawki stażowej. *Med. Pr.* 1998, 6, 535-544.
16. Brygiert H., Adamski J., Buszewski B.: Zastosowanie monitoringu biologicznego do oceny zawodowego narażenia na styren w przemyśle tworzyw sztucznych. *Med. Pr.* 1998, 5, 439-448.

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: marsliw@imp.lodz.pl

Nadesłano: 22.06.2001

Zatwierdzono: 14.09.2001