

Teresa Grabowska, Joanna Nowicka, Zofia Olszowy

Rola etanolu w kompleksowych zatruciach tlenkiem węgla i cyjanowodorem u ofiar pożarów

The role of ethanol in complex poisonings with carbon monoxide and hydrogen cyanide in fire victims

Z Katedry Medycyny Sądowej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Z. Olszowy

W latach 1995-2003 w Katedrze Medycyny Sądowej w Katowicach opracowano 230 przypadków zgonów w płonących pomieszczeniach. We krwi osób zmarłych w 177 przypadkach stwierdzono obecność hemoglobiny tlenkowej i cyjanowodoru, których stężenia zawarte były w przedziale 4-95 % HbCO (średnio 31,5 %) i 0,5-40,3 µg/ml HCN (średnio 9,98 µg/ml). U 122 osób stwierdzono ponadto obecność etanolu, którego stężenie zawarte było w granicach 0,89-5,0 ‰ (średnio 1,45 ‰). Porównanie zakresu stężeń HbCO i HCN w zbiorze z alkoholem i bez alkoholu wykazało, że przedziały stężeń, oraz średnie wartości obu tych ksenobiotyków były wyższe w grupie bezalkoholowej. Jednocześnie ze wzrostem stężenia etanolu obserwowano spadek stężenia HbCO i HCN. Kształtowanie się stężenia hemoglobiny tlenkowej i cyjanowodoru oceniano stosując analizę regresji i korelacji.

A total of 230 cases of deaths in burning spaces dating from the years 1995-2003 were investigated in Forensic Medicine Department, Silesian University of Medicine, Katowice. HbCO and HCN found in 177 blood samples ranged from 4-95 % (mean, 31.5 %) and 0.5-40.3 µg/ml (mean, 9.98 µg/ml), respectively. Moreover, ethanol was found in 122 blood samples. Its concentration ranged from 0.89-5.0 ‰ (mean, 1.45 ‰). A comparative analysis of HbCO and HCN levels in the groups with and without ethanol showed that the range and the mean concentration of both these xenobiotics were higher in the group with no alcohol. It was also shown that the increased ethanol caused a drop in HbCO and HCN levels. To evaluate HbCO and HCN levels, the regression and correlation analysis was used.

Słowa kluczowe: HCN, HbCO, zgon w pożarach, etanol

Key words: HCN, HbCO, death in fire, ethanol

WSTĘP

Przyczyny zatruc i śmierci w pożarze są różnorodne, kompleksowe i często występują między nimi zależności. Wśród wielu gazów duszących, powstających podczas pożarów, tylko tlenek węgla oraz cyjanowodor, znajdujące się w dymie w stosunkowo wysokim stężeniu, powodują ostre efekty toksyczne [1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26].

W praktyce sądowo-lekarskiej w organizmie osób śmiertelnie zatrutych tlenkiem węgla często spotyka się równoczesną obecność alkoholu a w warunkach pożaru dodatkowo cyjanowodoru. Opiniowanie w toksykologii sądowo-lekarskiej skupia się zazwyczaj na uwzględnianiu zależności ostrej toksyczności tlenku węgla od etanolu. Rozważany jest najczęściej problem interakcji etanol – tlenek węgla, rodzaj korelacji pomiędzy wielkością dawki etanolu, stężeniem hemoglobiny tlenkowej i długością czasu przeżycia [5, 14, 16].

Zagadnieniem niewątpliwie bardziej skomplikowanym jest problem interakcji etanolu, tlenku węgla i cyjanowodoru stwierdzanych we krwi osób, których zgon miał miejsce w warunkach pożaru. W oparciu o 230 przypadków zgonów w pożarze

odnotowanych w Katedrze Medycyny Sądowej w Katowicach w latach 1995-2003, podjęto próbę ustalenia zależności pomiędzy kształtowaniem się stężenia etanolu, hemoglobiny tlenkowej i cyjanowodoru we krwi śmiertelnych ofiar pożarów.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy zebrany w latach 1995-2003 stanowiły 230 próby krwi pobrane od osób, których zwłoki znaleziono w pożarze.

We wszystkich przypadkach wykonano następujące badania w krwi:

- Oznaczenie ilościowe hemoglobiny tlenkowej wykonano metodą Wolffa przy użyciu spektrofotometru Hitachi 2001 [3, 12, 25].
- Oznaczenie ilościowe cyjanowodoru wykonano techniką mikrodyfuzji i metodą kolorymetryczną w oparciu o reakcję Königa w opracowaniu i modyfikacji Nedomy [2, 17, 18, 19, 22].
- Oznaczenie ilościowe alkoholu etylowego wykonano metodą chromatografii gazowej, techniką „headspace”, stosując chromatograf gazowy firmy FISON-S-HRGC 5300 oraz metodą enzymatyczną.

Wzajemne relacje pomiędzy ustalonymi w badanych płynach ustrojowych stężeniami alkoholu, hemoglobiny tlenkowej i cyjanowodoru zbadano za pomocą rachunku statystycznego. Obliczono współczynnik korelacji, równanie regresji oraz średni błąd szacunku [13, 28]. Na wykresach zaznaczono przedział ufności dla linii regresji liniowej odpowiadający poziomowi ufności 95 %.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wśród opracowanych 230 przypadków zgonów w płonących pomieszczeniach, 122 przypadki stanowiły grupę, w której obok karboksyhemoglobiny i cyjanowodoru stwierdzono także alkohol etylowy (grupa „alkoholowa”), 76 przypadków – grupę, w której nie wykryto alkoholu natomiast stwierdzono obecność karboksyhemoglobiny i cyjanowodoru (grupa „bezalkoholowa”) oraz 32 przypadki, w których nie wykazano karboksyhemoglobiny, cyjanowodoru i alkoholu. Wyniki badań dla grupy „alkoholowej” i „bezalkoholowej” zestawiono w tabeli I i tabeli Ia.

Tabela I. Zestawienie wyników badań na obecność etanolu, HbCO i HCN – grupa „alkoholowa” (n=122).

Table I. Concentrations of ethanol, HbCO and HCN – group with alcohol (n=122).

Liczebność Number n	Etanol [%] Ethanol Zakres stężeń Concentration range	HbCO [%] Zakres stężeń Concentration range	HCN [µg/ml] Zakres stężeń Concentration range
65	< 0,89-4,6 >	< 3,5-95,0 >	< 5,0-56,4 >
14	< 1,9-3,9 >	0,0	0,5-36,5
25	< 3,0-5,0 >	< 14,0-94,0 >	0,0
18	< 1,2-4,1 >	0,0	0,0

Tabela Ia. Zestawienie wyników badań na obecność HbCO i HCN – grupa „bezalkoholowa” (n=76).

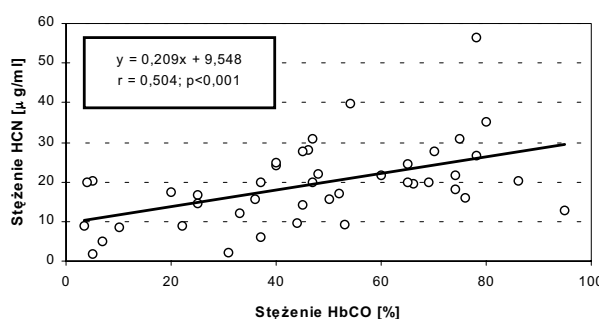
Table Ia. Concentrations of HbCO and HCN – group without alcohol (n=76).

Liczebność Number n	HbCO [%] Zakres stężeń Concentration range	HCN [µg/ml] Zakres stężeń Concentration range
32	< 6,0-90,0 >	< 2,7-40,3 >
14	0,0	< 1,7-40,0 >
30	< 4,0-91,0 >	0,0

Na rycinie 1 przedstawiono wynik analizy regresji i korelacji dla całego zbioru, w którym we krwi obok HbCO i HCN obecny był etanol.

Ryc. 1. Zależność pomiędzy stężeniem hemoglobiny tlenkowej i stężeniem cyjanowodoru dla n = 122 przypadków, w których wykryto obecność alkoholu etylowego.

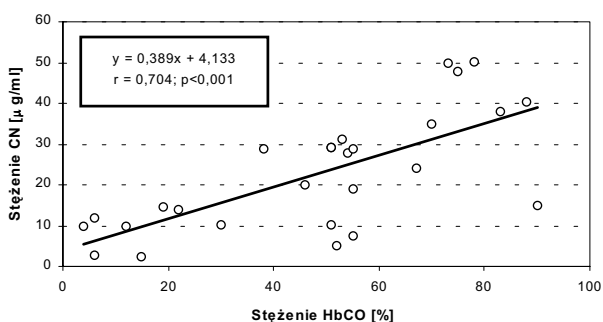
Fig. 1. Correlation between concentrations of HbCO and HCN in cases with ethyl alcohol (n=122).



Rycina 2 przedstawia analogiczne rezultaty dla grupy osób, u których we krwi nie stwierdzono obecności etanolu.

Ryc. 2. Zależność pomiędzy stężeniem hemoglobiny tlenkowej i stężeniem cyjanowodoru dla n=108 przypadków, w których nie wykryto obecności alkoholu etylowego.

Fig. 2. Correlation between concentrations of HbCO and HCN in cases without ethyl alcohol (n=108).



Wyodrębnione z grupy „alkoholowej”, wg rosnącego stężenia etanolu 4 podgrupy, wykorzystano do zbadania za pomocą analizy regresji i korelacji siłę oddziaływania etanolu na kształtowanie się stężenia hemoglobiny tlenkowej i cyjanowodoru.

Wyniki analiz na obecność hemoglobiny tlenkowej i cyjanowodoru, dla przyjętych czte-

rech przedziałów stężeń etanolu, zamieszczono w tabeli II.

Na rycinach 3, 4, 5 i 6 przedstawiono rezultaty badań statystycznych.

Ryc. 3. Zależność pomiędzy stężeniem hemoglobiny tlenkowej i stężeniem cyjanowodoru dla n=35 przypadków, w których stężenie etanolu zawarte było w granicach 1,0-1,9 ‰.

Fig. 3. Correlation between concentrations of HbCO and HCN in cases where ethanol concentration ranged from 1.0 to 1.9 ‰ (n=35).

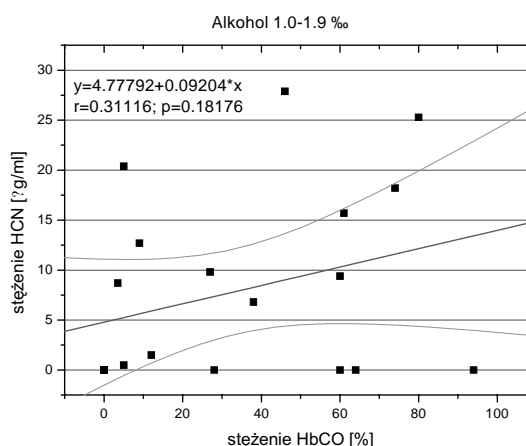


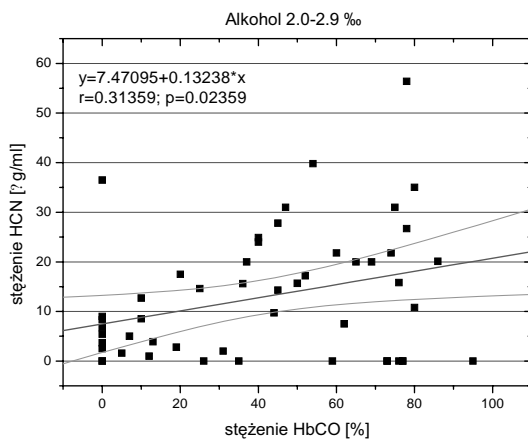
Tabela II. Zestawienie wyników badań uwzględniające stężenie alkoholu dla grupy osób, u których we krwi, stwierdzono HbCO i HCN.

Table II. Comparison of examination results in cases where HbCO, HCN and ethyl alcohol were found in blood.

	Podgrupa I Subgroup I	Podgrupa II Subgroup II	Podgrupa III Subgroup III	Podgrupa IV Subgroup III
Liczebność podgrupy Numer of cases	n= 35	n= 50	n=31	n=6
Zakres stężeń alkoholu [‰] Alcohol concentration	<1,0-1,9>	<2,0-2,9>	<3,0-3,9>	<4,0-5,0>
Średnie stężenie HbCO [%] Mean HbCO concentration	37,9	38,8	23,1	18,6
Średnie stężenie HCN [µg/ml] Mean HCN concentration	12,1	11,7	6,0	3,0

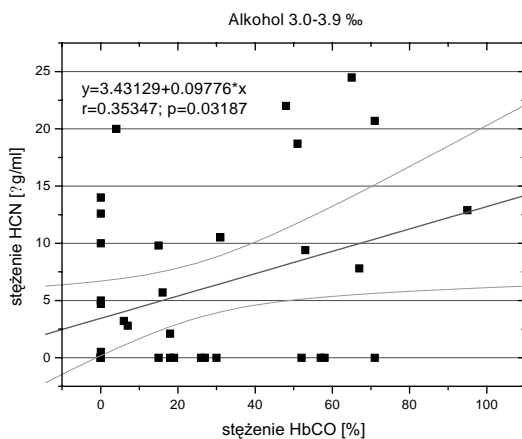
Ryc. 4. Zależność pomiędzy stężeniem hemoglobiny tlenkowej i stężeniem cyjanowodoru dla n=50 przypadków, w których stężenie etanolu zawarte było w granicach 2,0-2,9 ‰.

Fig. 4. Correlation between concentrations of HbCO and HCN in cases where ethanol concentration ranged between 2.0 and 2.9 ‰ (n=50).



Ryc. 5. Zależność pomiędzy stężeniem hemoglobiny tlenkowej i stężeniem cyjanowodoru dla n=31 przypadków, w których stężenie etanolu zawarte było w granicach 3,0-3,9 ‰.

Fig. 5. Correlation between concentrations of HbCO and HCN in cases where ethanol concentration ranged between 3.0 and 3.9 ‰ (n=31).

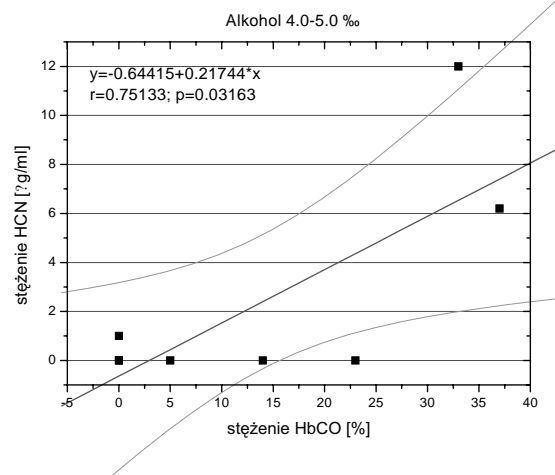


Dodatkowo przeprowadzono metodą statystyczną badanie dla wyodrębnionej grupy osób n=30, u których we krwi wykryto obecność hemoglobiny tlenkowej i etanolu. Rezultaty analizy przedstawiono na ryc. 7.

Podjęta próba określenia za pomocą rachunku statystycznego siły oddziaływania etanolu na poziom hemoglobiny tlenkowej i cyjanowodoru we krwi ofiar śmiertelnych w pożarze w zamkniętym pomieszczeniu nie ujawniła w sposób jednoznaczny tego oddziaływania.

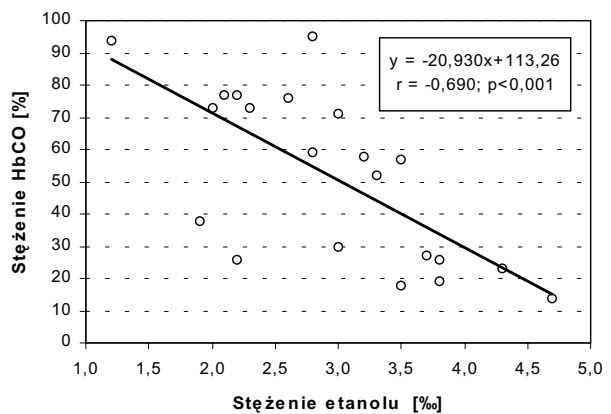
Ryc. 6. Zależność pomiędzy stężeniem hemoglobiny tlenkowej i stężeniem cyjanowodoru dla n=6 przypadków, w których stężenie etanolu zawarte było w granicach 4,0-5,0 ‰.

Fig. 6. Correlation between concentrations of HbCO and HCN in cases where ethanol concentration ranged between 4.0 and 5.0 ‰ (n=6).



Ryc. 7. Wykres zależności pomiędzy kształtowaniem się stężenia hemoglobiny tlenkowej a stężeniem etanolu.

Fig. 7. Graphic presentation of correlations between concentrations of HbCO and ethyl alcohol.



Wyznaczone współczynniki korelacji pomiędzy hemoglobina tlenkową i cyjanowodem w grupie „alkoholowej” jak i dla wydzielonych zbiorów na podstawie zróżnicowanego zakresu stężeń etanolu, odznaczały się niską wartością. W całej grupie „alkoholowej” współczynnik korelacji wynosił $r=0,50$ na poziomie istotności $p<0,001$ (ryc. 1) a dla wydzielonych na podstawie zróżnicowanego stężeń etanolu podgrup: w I – $r=0,31$ dla $p=0,18$ (ryc. 3), w II – $r=0,31$ dla $p=0,02$ (ryc. 4), w III –

$r=0,35$ dla $p=0,03$ (ryc. 5). Współczynniki korelacji pomiędzy alkoholem i hemoglobina tlenkową oraz pomiędzy alkoholem i cyjanowodorem uzyskane przez Yeoh i Braitberga wynosiły odpowiednio $r=0,22$ dla $p<0,01$ i $r=0,36$ dla $p<0,001$ [27]. Porównanie zakresu stężeń HbCO i HCN w zbiorze z alkoholem i bez alkoholu wykazało, że przedziały stężeń oraz średnie wartości obu tych ksenobiotyków były wyższe w grupie „bezalkoholowej”. Jednocześnie ze wzrostem stężenia etanolu obserwowano spadek stężenia HbCO i HCN. W grupie „bezalkoholowej” współczynnik korelacji pomiędzy stężeniem HbCO i HCN kształtował się na poziomie 0,70 przy istotności równej $p<0,001$ (ryc. 2). Oznaczać to może większą zależność między kształtowaniem się stężenia obu tych ksenobiotyków we krwi ofiar śmiertelnych. Zwrócić należy uwagę, że uzyskane rezultaty badań dotyczyły niejednorodnej grupy osób, które zginęły w pożarze o zróżnicowanej nieokreślonej dynamice. Dynamika ta oddziałuje zapewne na intensywność powstawania tlenku węgla, a także cyjanowodoru w wyniku termicznego rozkładu palących się materiałów. Równoczesne, wzajemne oddziaływanie tlenku węgla, cyjanowodoru i etanolu wykazuje wiele ważnych aspektów a także zjawisk, również z zakresu patofizjologii i wymiany gazowej, które wymagałyby prowadzenia dalszych badań w oparciu o toksykologię eksperymentalną.

WNIOSKI

1. Zastosowane metody matematyczno-statystyczne oraz obliczone współczynniki korelacji dla poszczególnych grup „alkoholowych” nie wskazują aby alkohol etylowy miał wpływ na kształtowanie się stężenia we krwi cyjanowodoru i hemoglobiny tlenkowej.
2. Stosując podobny zakres analizy statystycznej dla grupy „bezalkoholowej” stwierdzono jedynie większą, w porównaniu z grupą „alkoholową”, korelację między kształtowaniem się stężenia obu ksenobiotyków we krwi ofiar pożarów.
3. Pomimo braku korelacji pomiędzy oznaczonymi stężeniami etanolu, HbCO i HCN we krwi całościowa ich ocena dla opiniowania o przyczynie zgonu ofiar pożarów może mieć istotne znaczenie zwłaszcza w sytuacji, kiedy występuje konkurencja oddziałujących na organizm trucizn i wysokiej temperatury.

PIŚMIENNICTWO

1. Alarie Y.: Toxicity of fire smoke. *Crit Rev Toxicol.*, 2002, 32 (4), 259-89.
2. Bogusz M., Białka J., Gierz J.: Ocena metod oznaczania cyjanowodoru w materiale biologicznym. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1985, t. 35, nr 2, 94-98.
3. Buszewicz G., Mądro R.: Chromatograficzne oznaczenie tlenku węgla oraz hemoglobiny tlenkowej techniką head-space z zastosowaniem mikrokatalizatora sprzężonego z detektorem FID. *Z Zag. Nauk. Sąd.*, 1997, XXXVI, 132-140.
4. Clark C. J., Campbell D., Reid W. H.: Blood carboxyhaemoglobin and cyanide levels in fire survivors. *Lancet* 1988, 1(8234), 1332-1335.
5. Duda U., Kłys M., Trela F.: Zatrucia śmiertelne tlenkiem węgla w materiale sekcyjnym Zakładu Medycyny Sądowej w Krakowie w latach 1947-1996. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1997, t. 47, nr 3, 197-208.
6. Ferrari L. A., Arado M. G., Giannuzzi L., Mastrantonio G., Guatelli M. A.: Hydrogen cyanide and carbon monoxide in blood of convicted dead in a polyurethane combustion: a proposition for the data analysis. *Forensic Sci Int.*, 2001, 121 (1-2), 140-3.
7. Gill J. R., Goldfeder L. B., Stajic M.: The happy land homicides: 87 deaths due to smoke inhalation. *J forensic Sci.* 2003, 48(1), 161-3.
8. Grabowska T., Sybirska H., Maliński M.: Próba oceny ryzyka śmiertelnego zatrucia na kształtowaniu się stężenia cyjanowodoru i karboksyhemoglobiny we krwi ofiar pożarów. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 2003, t. 53, nr 1, 8-17.
9. Hall A. H., Rumac B. H.: Clinical toxicology of cyanide. *Am. Emerg. Med.*, 1986.
10. Harwood B., Hall J.R.: Toxicity Testing of Fire Effluents-Part1: General. *Fire Journal*, 1989, May/June, 29-34.
11. Kłys M., Klementowicz W., Duda U.: Carbon monoxide and cyanide poisonings of fire victims in medicolegal aspect. *Acta Pol. Toxicol.*, 2000, 1, 93-99.
12. Kłys M., Klementowicz W., Gomułka E., Opidowicz A., Kurowska W.: Badania nad przydatnością metod spektrofotometrycznej i chromatografii gazowej (GC/FID) z metanizerem do oznaczeń tlenku węgla we krwi sekcyjnej. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 2000, t. 50, 235-247.
13. Maliński M., Szymal J.: Współczesna statystyka matematyczna w medycynie w arkuszach kalkulacyjnych. Wyd. Śląskiej Akademii Medycznej, Katowice, 1999.
14. Markiewicz J., Gubała W.: Przyczynek do badań nad synergizmem alkoholu i tlenku węgla. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1988, t. XXXVIII, nr 1, 18-27.

15. Mayes R. W.: The Toxicological Examination of the Victims of the British Air Tours Boeing 737 – Accident at Manchester in 1985. *Journal of Forensic Sciences, JFSCA*, 1991, Vol. 36, No 1, pp. 179-184.
16. Molenda R.: Wpływ stężenia etanolu na toksyczność tlenu węgla. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1991, t. XLI, nr 3, 178-184.
17. Nedoma J.: Metoda wykrywania cyjanków w rozłożonym gnilnie materiale biologicznym. *Z Zagadnień Kryminalistyki*, 1968, II, 39-46.
18. Nedoma J.: Ocena wyników oznaczeń zawartości cyjanowodoru w ekspertyzie toksykologicznej. Praca doktorska, Kraków 1969.
19. Norris J. C., Moore S. J., Hume A. S.: Synergistic lethality induced by the combination of carbon monoxide and cyanide. *Toxicology*, 1986, Aug. 40(2), 121.
20. Pośniak M.: Zagrożenia chemiczne w warunkach akcji gaśniczo-ratowniczych. *Medycyna Pracy*, 2000, t. L, I, 4, 335-344.
21. Pruser D.: How Toxic Smoke Products Affect the Ability of Victims to Escape from Fires *Fire Prevention*, 1985, May, 28-32.
22. Rusiecki W., Kubikowski P.: Toksykologia współczesna. PZWL Warszawa, 1997, 464-466.
23. Summerfield M.: Fires in Mass Transit Vehicles: Guidelines for the Evaluation of Toxic Hazard Report of the Committee National Academy Press, 1991.
24. Szczepańska K., Pufnal E.: Zatrucie tlenkiem węgla, jonami cyjankowymi w pożarach. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1992, t. 42, nr 4, 274-278.
25. Wachowiak R., Tobolski J.: Wykorzystanie chromatografii gazowej w toksykologicznej analizie lotnych związków nieorganicznych w materiale biologicznym. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1997, t. 47, 3, 240-243.
26. Wardaszka Z., Niemcunowicz-Janica A., Janica J., Koc-Zorawska E.: Stężenie tlenu węgla i cyjanowodoru we krwi osób zmarłych w pożarach w materiale ZMS AM w Białymstoku. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 2005, 55 (2), 130-3.
27. Yeoh M. J., Braitberg G.: Carbon monoxide and cyanide poisoning in fire related deaths in Victoria, Australia. *J Toxicol Clin Toxicol.* 2004, 42 (6), 855-63.
28. Jeffrey Dean, Andrew Dean Anthony Burton, & Richard Dicker Centers for Disease Control Epidemiology Program Office Atlanta, Georgia, Program EPI 5.00 (ogólnodostępny).

Adres pierwszego autora:
Katedra Medycyny Sądowej ŚAM
ul. Medyków 18
40-752 Katowice