

THE ROLE OF ENDOGENOUS HYDROGEN CYANIDE IN FORENSIC MEDICAL APPRAISAL AND INTERPRETATION OF FIRE VICTIMS

Teresa GRABOWSKA, Halina SYBIRSKA

*Chair and Department of Forensic Medicine, Silesian Medical Academy,
Katowice*

ABSTRACT: To estimate the effect of endogenous cyanide on the level of this compound in blood from deceased persons, a control determination of cyanide ions was carried out. The material examined was as follows: blood samples from people who were first murdered and then the crime scene was torched, blood samples from people who were suspected of having been poisoned with carbon monoxide (control group) and blood samples from deceased persons in which hydrogen cyanide was negative, as checked, and which were stored at fridge temperature for 12 weeks. Microdiffusion techniques and colorimetric method based on König's reaction and modified by J. Nedoma were used to detect cyanide ions. Quantitative determination of HbCO was carried out by Wolff's method with use of a Specol colorimeter and Hitachi 2001 spectrophotometer.

The obtained results show that endogenous cyanide occurs in blood (half of the samples examined) in the 3rd or 4th week of its storage at refrigerator temperature (+4°C), but its increase is especially high in the 5th or 6th week.

Hydrogen cyanide was negative in blood samples from people who were first murdered and then the scene of crime was torched, and its concentration was below 0.1 µg/ml in blood samples from people who were suspected of having been poisoned with HCN.

KEY WORDS: Hydrogen cyanide; Blood levels in fire victims; Death in fire; Endogenous cyanide.

*Problems of Forensic Sciences, vol. LIV, 2003, 82–92
Received 12 November 2003; accepted 26 November 2003*

INTRODUCTION

Forensic medical appraisal and interpretation of hydrogen cyanide in blood samples taken from corpses found in burning places is difficult owing to possible aspiration (while still alive) of hydrogen cyanide formed during burning of materials containing cyano groups [6, 8, 7]. These cyanides can also arise in corpses as a result of the action of high temperatures [9, 10, 14], and also processes of autolysis and putrefaction [2, 4, 5, 12, 15].

Two hypotheses for hydrogen cyanide formation in biological material have been suggested:

1. cyanide biosynthesis could take place with the participation of microorganisms such as *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas aeruginosa* (Patty, Castric, Askeland, Morrison) [1, 2, 3];
2. hydrogen cyanide could be a product of autolytic processes of decomposition of proteins and amino acids, mainly methyl and amine groups of glycine [3].

Intensive formation of cyanide in whole blood *in vitro* has been observed at temperatures over 63°C [9, 16]. In optimum temperature conditions, i.e. at a temperature of 75°C, about 0.2 mmol of cyanide was formed from one mole of haemoglobin. It should, however, be stressed that the amount of cyanide produced in examined samples did not exceed a concentration of 50 ng/ml [16]. This value is considerably lower than the concentration of 2.4–5.0 µg/ml of hydrogen cyanide in blood considered a lethal dose [17].

THE AIM OF THE STUDY

The aim of the study was to observe the rate of formation and change of concentrations of endogenous hydrogen cyanide in *post-mortem* blood samples. The investigation was carried out on blood samples taken from dead bodies, in which – because of the specific circumstances of death – optimal conditions for endogenous hydrogen cyanide formation could exist.

MATERIALS AND METHODS

The investigated material consisted of 167 *post-mortem* blood samples, which were separated into 3 groups:

1. samples of non-putrefied blood taken from 20 dead bodies (checked negative for presence of HCN), stored with access of air at fridge temperature of 4°C. Examination for hydrogen cyanide presence was conducted every seventh day for a period of 12 weeks;
2. blood samples taken from corpses of 12 persons found in burning places, with marked features of the action of high temperatures; analysis was conducted immediately after collection of samples;
3. 135 blood samples with signs of *post-mortem* autolysis, taken from dead bodies of persons poisoned by carbon monoxide not connected with fires – analysis was also conducted immediately after collection of samples.

The blood samples were examined for hydrogen cyanide presence by the microdiffusion technique and colorimetric method based on the König's reaction, modified by J. Nedoma [13]. The absorbency value of the formed colour was measured with the use of a Hitachi spectrophotometer 2001 at wavelength $\lambda_{max} = 630$ nm. Analysis for the presence of CO-haemoglobin was performed by the Wolf-method with the use of the Hitachi spectrophotometer 2001.

The following statistical analysis of the obtained results was carried out:

- nonparametric test of goodness of fit χ^2 ;
- test of mean difference (matched pairs);
- Wilcoxon nonparametric test.

Statistical verification included the following levels of significance:

- $p > 0.05$ – no statistical significance;
- $p < 0.05$ – statistical significance;
- $p < 0.01$ – high statistical significance;
- $p < 0.001$ – very high statistical significance.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of 12 weeks' observation on endogenous hydrogen cyanide formation in blood are shown in Table I.

The dynamics of change in blood hydrogen cyanide concentration in samples stored at a temperature of 4°C at weekly intervals is illustrated in Figure 1.

Hydrogen cyanide presence was recorded in 5 out of 20 examined samples in the third week of their storage, in 2 samples in the fourth week, and in 1 of the samples hydrogen cyanide appeared in the sixth week. The highest intensity of increase in compound concentration was observed in the 5th and the 6th week.

In the remaining samples, the results of detection of hydrogen cyanide presence were negative in the whole 12 weeks' observation period.

In the statistical analysis of spontaneous hydrogen cyanide formation in blood samples, the test of mean difference (matched pairs) and Wilcoxon nonparametric test were applied. The results of the statistical analysis are presented in Table II.

The first significant difference in hydrogen cyanide concentration during successive weeks of observation arose between the second and third week of storage. In the following weeks, differences between these concentrations were statistically significant until the period between the 5th and 6th week. After this time, the differences in hydrogen cyanide concentrations between the blood samples were alternately significant and not significant. However, the absolute values of these concentrations in successive weeks were significantly higher, which indicates continued formation of endogenous hydrogen cyanide.

TABLE I. FLUCTUATION IN BLOOD ENDOGENOUS HYDROGEN CYANIDE CONCENTRATIONS

| Number of sample | Observation period [week] | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | HCN concentration [$\mu\text{g/ml}$] | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 8.3 | 15.3 | 40 | 58 | 45 | 40 | 41 | 42.3 | 40.6 | 41 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.2 | 16 | 10.8 | 10 | 9.6 | 10 | 9 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 10 | 19.8 | 45.2 | 50 | 47.8 | 45 | 40.3 | 41 | 39.5 | 38 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 7.9 | 10.2 | 12 | 15 | 17 | 14.5 | 14.5 | 12 | 11.5 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 15 | 14 | 35 | 37 | 36 | 30 | 30 | 28.8 | 29 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 5.7 | 12.9 | 25.7 | 31.5 | 30.4 | 34.5 | 30 | 31 | 30 | 29.7 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 6.8 | 10.9 | 23 | 38.9 | 37.9 | 35.3 | 31.4 | 30.8 | 31 | 30 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 4.6 | 8 | 17.5 | 27 | 30.7 | 28 | 26 | 25.6 | 24.4 | 25 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mean | 0.00 | 0.00 | 1.86 | 4.73 | 9.24 | 13.82 | 13.67 | 12.98 | 11.75 | 11.83 | 11.38 | 11.22 |
| SD | 0.00 | 0.00 | 3.36 | 6.82 | 14.56 | 19.64 | 18.12 | 17.23 | 15.73 | 15.95 | 15.41 | 15.26 |
| N | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| T | – | – | 2.419 | 3.019 | 2.767 | 3.068 | 3.289 | 3.283 | 3.255 | 3.234 | 3.220 | 3.204 |
| P | – | – | 0.014 | 0.004 | 0.007 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.003 |

TABLE II. STATISTICAL EVALUATION OF ENDOGENOUS HYDROGEN CYANIDE CONCENTRATION CHANGES IN THE COURSE OF 12 WEEKS' OBSERVATION

| Weeks | Test of mean difference | Wilcoxon test | | | | | | |
|-------|-------------------------|---------------|----|-------|-------|----|-------|-------|
| | Mean | SD | n | t | p | T | z | p |
| 2-1 | 0 | 0 | 19 | – | – | – | – | – |
| 3-2 | 1.863 | 3.357 | 19 | 2.419 | 0.014 | 0 | 2.023 | 0.043 |
| 4-3 | 2.863 | 4.453 | 19 | 2.803 | 0.006 | 0 | 2.366 | 0.018 |
| 5-4 | 4.516 | 8.415 | 19 | 2.339 | 0.016 | 1 | 2.197 | 0.028 |
| 6-5 | 4.579 | 6.967 | 19 | 2.865 | 0.005 | 0 | 2.521 | 0.012 |
| 7-6 | -0.147 | 3.621 | 19 | 0.177 | 0.431 | 15 | 0.420 | 0.674 |
| 8-7 | -0.695 | 2.193 | 19 | 1.381 | 0.093 | 8 | 1.400 | 0.161 |
| 9-8 | -1.232 | 2.063 | 19 | 2.602 | 0.009 | 2 | 2.240 | 0.025 |
| 10-9 | 0.084 | 0.455 | 19 | 0.807 | 0.215 | 6 | 0.943 | 0.345 |
| 11-10 | -0.447 | 0.805 | 19 | 2.422 | 0.013 | 3 | 2.100 | 0.036 |
| 12-11 | -0.163 | 0.508 | 19 | 1.400 | 0.090 | 9 | 1.260 | 0.208 |

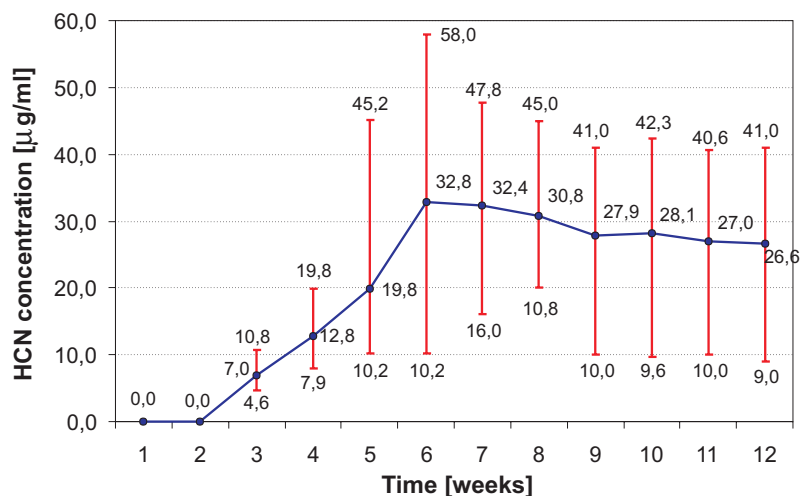


Fig. 1. The dynamics of blood endogenous hydrogen cyanide concentration changes in samples stored at the temperature of 4°C.

Hydrogen cyanide and carboxyhaemoglobin were not found in the blood samples taken from corpses of victims who were set on fire after death (homicide, suicide, accident).

In the control group (*post-mortem* blood samples from persons suspected of carbon monoxide poisoning) the presence of blood hydrogen cyanide was ascertained in only 8 out of 135 examined blood samples. The concentration was at about the level of 0.1 µg/ml, i.e. below the limit of detection assumed in the study. The results of the examination are presented in Table III.

TABLE III. RESULTS OF BLOOD EXAMINATION FOR THE PRESENCE OF HYDROGEN CYANIDE IN THE CONTROL GROUP (GROUP 3 – *POST-MORTEM* BLOOD FROM PERSONS SUSPECTED OF CARBON MONOXIDE INTOXICATION)

| Number of blood samples | Number of positive samples | Level of HCN concentration [µg/ml] |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 135 | 8 | < 0.1 |

The COHb concentration in the aforementioned set of samples was in the range 12.0 to 95.0%.

The positive analytical result of the control analysis for the presence of endogenous hydrogen cyanide was statistically verified with the χ^2 goodness of fit test. In the testing, the null hypothesis of equal probability of hydrogen cyanide detection or absence (uniform distribution) was assumed. The observed disproportion between positive and negative results refutes this hypothesis at the significance level of $p < 0.001$, which means that this distri-

bution is certainly non-uniform. The result of the goodness of fit test ($\chi^2 = 103.141$; $p < 0.001$) for this set of blood samples indicates that the presence of hydrogen cyanide can be acknowledged as incidental. The result of the goodness of fit test is presented in Figure 2.

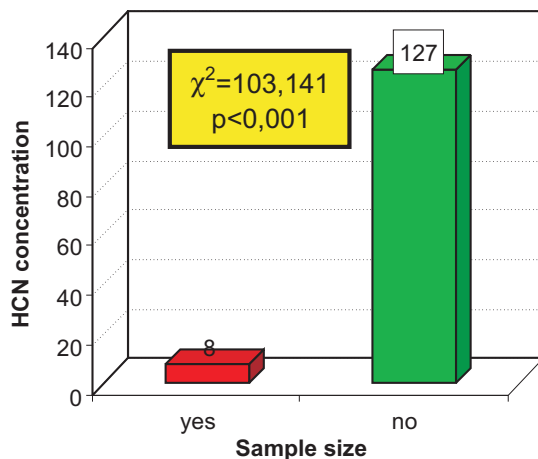


Fig. 2. The result of the goodness of fit test χ^2 for blood samples originating from dead bodies of persons suspected of carbon monoxide intoxication.

Examination of 20 blood samples stored with access of air at a temperature of 4°C for 12 weeks revealed endogenous hydrogen cyanide formation in half of the samples. Its appearance was ascertained in particular blood samples in the third and fourth week of storage. In the following weeks, a slight upward tendency of hydrogen cyanide concentration was still observed, and then stabilisation at the end of the storage period [12, 13].

The obtained results of the examination for the presence of endogenous hydrogen cyanide formed during 12 weeks' observation and high percentage of negative results in the blood of persons who had died in a fire [8], and also persons who had died earlier (homicide, suicide), may indicate the marginal importance of endogenous cyanide in the interpretation of obtained results concerning fire victims who died due to intoxication.

The control research conducted in this study confirms the phenomenon, observed by other authors, of the formation of endogenous hydrogen cyanide as a result of putrefactive transformations. However, the cyanide concentrations are below the limit of detection of the method (i. e. $< 0.1 \mu\text{g/ml}$), so they are of no significance for expert opinions and for the course of the intoxication.

CONCLUSIONS

1. Intensity of endogenous hydrogen cyanide formation as a result of autolysis and putrefaction processes in blood samples from corpses is low.

2. An increase in endogenous hydrogen cyanide concentration, of significance for forensic medical expert opinions, was noticed only after 2 weeks of storage of the blood samples.

3. The threat of adulteration of results by endogenous hydrogen cyanide during storage of *post-mortem* blood samples at a temperature of +4°C is slight.

References:

1. Askeland R. A., Morrison S. M., Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas aeruginosa*, *Applied and Environmental Microbiology* 1983, vol. 45, pp. 1802–1807.
2. Ballantyne B., Artefacts in the definition of toxicity by cyanides and cyanogens, *Fundamental and Applied Toxicology* 1986, vol. 3, pp. 4000–4008.
3. Ballantyne B., Marrs C. T., Clinical and experimental toxicology of cyanide, Wright Bristol 1987, pp. 233–243.
4. Curry A., Cyanide poisoning, *Acta Pharmaceutica et Toxicologica* 1963, vol. 20, pp. 291–294.
5. Gosselin R. E., Clinical toxicology of commercial products, Wilkins, Baltimore 1984.
6. Grabowska T., Sybirska H., Badania nad poziomem cyjanowodoru we krwi osób zmarłych w pożarach, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 2000, t. 50, s. 39–47.
7. Grabowska T., Sybirska H., Maliński M., Próba oceny ryzyka śmiertelnego zatrucia na podstawie kształtowania się stężenia cyjanowodoru i karboksyhemoglobiny we krwi ofiar pożarów, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 2003, t. 53, s. 9–17.
8. Grabowska T., Kształtowanie się stężeń cyjanowodoru we krwi osób zmarłych w pożarach, Katowice 2002 [nieopublikowana rozprawa doktorska].
9. Gubała W., Wpływ temperatury na powstawanie endogennych związków toksycznych w aspekcie oceny przyczyny zgonu ofiar pożarów, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1997, t. 47, s. 157–162.
10. Karhunen P. J., Lukari I., Vuori E., High cyanide level in homicide victim burned after death: evidence of post mortem diffusion, *Forensic Science International* 1991, vol. 49, pp. 179–183.
11. Maliński M., Szymał J., Współczesna statystyka matematyczna w medycynie w arkuszach kalkulacyjnych, Wydawnictwo Śląskiej Akademii Medycznej, Katowice 1999.
12. Nedoma J., O powstawaniu cyjaników i rodanów w gnijącej krwi, *Archiwum medycyny sądowej, psychiatrii sądowej i kryminalistyki* 1968, t. 23, s. 109–111.

13. Nedoma J., Ocena wyników oznaczeń zawartości cyjanowodoru w eksper-tyzie toksykologicznej, Kraków 1969 [nieopublikowana rozprawa doktorska].
14. Norris J. C., Moore S. J., Hume A. S., Synergistic lethality induced by the combination of carbon monoxide and cyanide, *Toxicology* 1986, vol. 40, p. 121.
15. Seńczuk W., Toksykologia, PZWL, 1999.
16. Seto Y., Stability and spontaneous production of blood cyanide during heat-
ing, *Journal of Forensic Sciences* 1966, vol. 41, pp. 465–468.
17. Winek L, Wahba W., Drug and chemical blood – level data, *Forensic Science
International* 2001, vol. 122, pp. 107–123.

ROLA CYJANOWODORU ENDOGENNEGO W INTERPRETACJI I OCENIE SĄDOWO-LEKARSKIEJ ŚMIERTELNYCH OFIAR W POŻARACH

Teresa GRABOWSKA, Halina SYBIRSKA

WSTĘP

Interpretacja i ocena sądowo-lekarska cyjanowodoru znajdującego się we krwi pobranej ze zwłok znalezionych w płonących pomieszczeniach jest trudna z uwagi na możliwość przyżyciowej aspiracji cyjanowodoru powstałego w czasie spalania materiałów zawierających grupy cyjanowe [6, 8, 7]. Cyjanki te mogą również powstawać w zwłokach w wyniku działania wysokiej temperatury [9, 10, 14], a także postępujących procesów autolitycznych i gnilno-rozkładowych [2, 4, 5, 12, 15].

Znane są dwie hipotezy wyjaśniające możliwość tworzenia się cyjanowodoru w materiale biologicznym:

1. biosynteza cyjanku odbywać się może z udziałem mikroorganizmów, takich jak: *Pseudomonas aeruginosa*, mikroorganizmów fluorescencyjnych (Patty, Castric, Askeland, Morisson) [1, 2, 3];
2. cyjanowódór może być produktem autolitycznych procesów rozkładu białek i aminokwasów głównie z grup metylowych i aminowych glicyny [3].

Intensywne powstawanie cyjanku w krwi pełnej *in vitro* obserwowane było w temperaturach powyżej 63°C [9, 16]. W optymalnych warunkach temperaturowych, tj. w temperaturze 75°C, powstawało około 0,2 mmol cyjanku z jednego mola hemoglobiny. Zaznaczyć jednak należy, że ilość wytworzonego cyjanowodoru w przebadanych próbkach nie przekraczała stężenia 50 ng/ml [16]. Wartość ta jest znacznie niższa od stężenia 2,4–5,0 µg/ml we krwi uznawanego za odpowiadające dawce śmiertelnej cyjanowodoru [17].

CEL PRACY

Celem pracy było przeprowadzenie obserwacji szybkości powstawania i kształtowania się stężeń cyjanowodoru endogennego we krwi sekcyjnej. W badaniach wykorzystano próbki krwi pobrane ze zwłok, w których – ze względu na towarzyszące okoliczności zgonu – mogły zaistnieć optymalne warunki dla powstania endogennego cyjanowodoru.

MATERIAŁ I METODY

Materiał poddany badaniom stanowiły 167 próbki krwi pobrane ze zwłok, z których wydzielono 3 grupy:

1. próby krwi bez cech rozkładu gnilnego pobrane ze zwłok 20 osób (nie zawierające, jak sprawdzono, HCN), przechowane z dostępem powietrza w tempera-

- turze lodówki wynoszącej 4°C. Badanie na obecność cyjanowodoru przeprowadzono w odstępach siedmiodniowych przez okres 12 tygodni;
2. próby krwi pobrane ze zwłok 12 osób znalezionych w płonących pomieszczeniach z zaznaczonymi cechami działania wysokiej temperatury; badanie wykonano bezpośrednio po pobraniu;
 3. 135 próbek krwi z cechami autolizy pośmiertnej pobranych ze zwłok osób po zatruciu tlenkiem węgla nie związanego z pożarami – również badane bezpośrednio.

Badania na obecność cyjanowodoru przeprowadzono metodą mikrodyfuzji i metodą kolorymetryczną opartą o reakcję Kóniga w modyfikacji Nedomy [13]. Wartość absorbancji powstałego zabarwienia mierzona była spektrofotometrem Hitachi 2001 przy długości fali $\lambda_{\text{max}} = 630$ nm. Badanie na obecność hemoglobiny tlenkowej wykonano metodą Wolffa przy użyciu spektrofotometru Hitachi 2001.

W ramach statystycznej analizy wyników badań zastosowano [11]:

- nieparametryczny test zgodności χ^2 ;
- test średniej różnicy (zmiennie połączone);
- nieparametryczny test różnic Wilcoxon.

W weryfikacji statystycznej uwzględniano następujące poziomy znamienności:

- $p > 0,05$ – brak znamienności statystycznej;
- $p < 0,05$ – znamienność statystyczna;
- $p < 0,01$ – wysoka znamienność statystyczna;
- $p < 0,001$ – bardzo wysoka znamienność statystyczna.

WYNIKI I BADANIA I OMÓWIENIE

W tabeli I przedstawiono wyniki 12 tygodniowej obserwacji powstawania we krwi cyjanowodoru endogennego.

Dynamikę kształtowania się stężenia cyjanowodoru we krwi przechowywanej w temperaturze 4°C w rytmie tygodniowym zilustrowano graficznie na rycinie 1.

Obecność cyjanowodoru stwierdzono w pięciu na 20 badanych próbek krwi w trzecim tygodniu ich przechowywania, w dwóch próbach w 4 tygodniu przechowywania, a w jednej cyjanowódor pojawił się w szóstym tygodniu. Największą intensywność wzrostu stężenia tego związku obserwowano w 5 i 6 tygodniu.

W pozostałych próbach badanie na obecność cyjanowodoru było ujemne przy całym 12-tygodniowym okresie obserwacji.

W analizie statystycznej dotyczącej samoistnego powstania cyjanowodoru w próbkach krwi zastosowano test dla średniej różnicy (zmiennie połączone) oraz test różnic Wilcoxon. Wyniki badań statystycznych zamieszczono w tabeli II.

Pierwsza istotna różnica w stężeniach cyjanowodoru podczas kolejnych tygodni obserwacji pojawiła się pomiędzy drugim i trzecim tygodniem przechowywania. W kolejnych tygodniach różnice pomiędzy tymi stężeniami były statystycznie znamienne aż do okresu pomiędzy 5 i 6 tygodniem. Po tym czasie różnice w stężeniach cyjanowodoru były na przemian znamienne i nieznamienne. Bezwzględne wartości tych stężeń w kolejnych tygodniach były jednak wyraźnie wyższe, co wskazuje na dalsze tworzenie się cyjanowodoru endogennego.

W badanych próbach krwi pobranych ze zwłok osób, które po zgonie (zabójstwo, samobójstwo, wypadek) zostały podpalone, nie wykazano obecności cyjanowodoru i hemoglobiny tlenkowej.

W grupie kontrolnej tylko w 8 na 135 przebadanych próbek krwi wykazano obecność cyjanowodoru. Stężenie kształtowało się na poziomie wartości 0,1 $\mu\text{g/ml}$, tj. poniżej przyjętej w pracy granicy oznaczalności metody. Wyniki tych badań zebrano w tabeli III.

Stężenie hemoglobiny tlenkowej w powyższym zbiorze próbek mieściło się w granicach 12,0–95,0%.

Ten pozytywny rezultat analityczny dotyczący badań kontrolnych na obecność cyjanowodoru endogennego poddano weryfikacji statystycznej za pomocą testu zgodności χ^2 . W teście przyjęto hipotezę zerową o jednakowym prawdopodobieństwie wykrycia bądź braku obecności cyjanowodoru (rozkład równomierny). Obserwowana dysproporcja między wynikami dodatnimi i ujemnymi przeczy tej hipotezie na poziomie istotności $p < 0,001$, co oznacza, że rozkład jest jednoznacznie nierównomierny. Wynik testu zgodności ($\chi^2 = 103,141$; $p < 0,001$) dla tego zbioru próbek krwi wskazuje, że obecność cyjanowodoru można uznać za incydentalny. Wynik testu zgodności przedstawiono na rycinie 2.

Badania 20 próbek krwi przechowywanych z dostępem powietrza w temperaturze $+4^\circ\text{C}$ przez 12 tygodni ujawniły powstawanie w połowie próbek cyjanowodoru endogennego. Jego pojawienie się stwierdzono w poszczególnych próbkach krwi w trzecim i w czwartym tygodniu przechowywania. W następnych tygodniach obserwowano jeszcze niewielkie tendencje wzrostowe stężenia cyjanowodoru, a pod koniec jego stabilizację [12, 13].

Uzyskane wyniki badań na obecność powstałego w czasie 12-tygodniowej obserwacji cyjanowodoru endogennego oraz wysoki odsetek wyników ujemnych we krwi osób, które zginęły w pożarze [8] a także dotyczące osób wcześniej zmarłych (zabójstwa, działania samobójcze), wskazywać mogą na niewielkie znaczenie cyjanoków endogennych w interpretacji uzyskanych wyników dotyczących osób zmarłych w wyniku zatrucia w płonącym pomieszczeniu.

Wykonane w tej pracy badania kontrolne potwierdzają obserwowane przez innych autorów zjawisko tworzenia się cyjanowodoru endogennego w wyniku postępujących przemian gnilno-fermentacyjnych. Stężenia te znajdują się jednak poniżej granicy oznaczalności metody (są one mniejsze niż 0,1 $\mu\text{g/ml}$), co nie ma znaczenia dla celów opiniodawczych i samego przebiegu zatrucia.

WNIOSKI

1. Intensywność tworzenia się cyjanowodoru endogennego w wyniku procesów autolitycznych i gnilno-rozkładowych we krwi pochodzącej ze zwłok jest niewielka.
2. Istotny dla opiniowania sądowo-lekarskiego wzrost stężenia cyjanowodoru endogennego obserwowano dopiero po 2 tygodniach przechowywania próbek krwi.
3. W czasie przechowywania krwi ze zwłok w temperaturze $+4^\circ\text{C}$ zagrożenie zafałszowania wyniku przez endogenne cyjanowodor jest mało prawdopodobne.