

Joanna Nowicka, Teresa Grabowska, Joanna Kulikowska

Wpływ wysokiej temperatury na poziom wybranych związków endogennych

The effect of high temperature on the levels of selected endogenous compounds

Z Katedry Medycyny Sądowej, Zakładu Toksykologii Sądowo-Lekarskiej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

Kierownik: dr n. med. C. Chowaniec

W pracy przedstawiono obserwacje nad kształtowaniem się poziomów karboksyhemoglobiny, cyjanowodoru i alkoholu we krwi pobranej z 23 zwłok przebywających w ekstremalnych warunkach katastrofy górniczej (wybuch metanu, pożar, wysoka temperatura). Badania na obecność karboksyhemoglobiny, cyjanowodoru, alkoholu etylowego przeprowadzono bezpośrednio po pobraniu krwi ze zwłok. Obecność alkoholu etylowego w zakresie stężeń od 0,2‰ do 1,3‰ stwierdzono w 18 przypadkach. Karboksyhemoglobinę wykazano u 17 osób w granicach od 11% do 83%. U 6 ofiar, badanie na obecność HbCO było ujemne – stwierdzone w czasie badań sekcyjnych obrażenia wskazywały, że osoby te zginęły w momencie eksplozji. Badanie na obecność cyjanowodoru, we wszystkich przypadkach, było ujemne. Ekstremalne warunki katastrofy górniczej, zwłaszcza wysoka temperatura w jakiej przebywały zwłoki, nie wpłynęły na poziom endogenego cyjanowodoru i karboksyhemoglobiny. Takie warunki jednak w sposób znaczący wpłynęły na wytworzenie się alkoholu etylowego endogenego.

The authors present their research on the levels of carboxyhemoglobin, hydrogen cyanide and ethyl alcohol in the blood of 23 fatalities found in the extreme conditions (methane explosion, fire, high temperature) associated with a mining disaster. Determinations of the presence of carboxyhemoglobin, hydrogen cyanide, and ethyl alcohol were performed as soon as

the blood samples were collected from the deceased. The concentration of ethyl alcohol ranged from 0.2 ‰ to 1.3 ‰ in 18 cases. Blood HbCO levels tested within the range of 11% to 83% in 17 cases. In six cases, HbCO tested negative, and the injuries found at autopsy indicated these individuals to have been killed at the moment of the explosion. Blood cyanide content tested negative in all the examined cases. The extreme conditions of the mining disaster, especially high temperature, to which the bodies were exposed, did not have any effect either on endogenous cyanide or carboxyhemoglobin, causing, however, a significant increase in the level of ethyl alcohol in the blood.

Słowa kluczowe: katastrofy górnicze, związki endogenne

Key words: mining disasters, endogenous compounds

WSTĘP

Procesy biochemiczne zachodzące w organizmie człowieka ulegają zasadniczym zmianom po śmierci. Intensywność przemian tanatochemicznych jest determinowana udziałem wielu czynników fizykochemicznych: temperaturą, wilgotnością, dostępem powietrza jego cyrkulacją, rodzajem środowiska, w którym znajdują się zwłoki oraz upływem czasu. Nie bez znacze-

nia w postępujących procesach biodegradacji mają indywidualne cechy związane z wiekiem i mechanizmem śmierci [1, 2].

Produktami przemian pośmiertnych naturalnych składników tkanek i płynów ustrojowych są liczne, wtórne związki organiczne, wśród których najczęściej wymieniane są: alkohole, aldehydy, związki ketonowe, także związki nieorganiczne, takie jak siarkowodór, amoniak, dwutlenek węgla, tlenek węgla oraz związki cyjanowe [3].

Po zgonie zawartość endogennych substancji podlega zmianom. Zachodzą one w następujących okresach:

- Między zgonem a pobraniem materiału biologicznego do badań.
- Między pobraniem materiału biologicznego do badań a przeprowadzeniem analizy (co związane jest z czasem przechowywania i przenoszenia zabezpieczonego materiału).
- Podczas analizy [4].

Najlepiej poznanym związkiem endogennym jest alkohol etylowy. Wieloletnie badania pozwoliły określić mechanizm jego tworzenia się *in corpore* i *in vitro*. Wiedza ta wykorzystywana jest w sądowo-lekarskim opiniowaniu nietrzeźwości osób zmarłych [1, 5, 6, 7].

Pochodna hemoglobiny – karboksyhemoglobina (HbCO), występująca we krwi w niewielkich ilościach, jest naturalnym składnikiem ludzkiego organizmu, stanowi bowiem produkt rozkładu hemoglobiny [1, 8, 9, 10, 11]. Określenie jej stężenia w zwłokach ofiar pożarów, a także innego rodzaju zdarzeń np. katastrof, jest bardzo ważne w opiniowaniu medyczno-sądowym dotyczącym przyczyny zgonu [12, 13].

U ofiar pożarów istotne znaczenie mają również wyniki badań na zawartość cyjanowodoru (HCN). Z danych literaturowych wynika, że istnieje możliwość wytworzenia się cyjanków we krwi sekcyjnej. Obserwowano, iż w czasie rozkładu gnilnego zachodzącego w temperaturze pokojowej przy dostępie powietrza we krwi sekcyjnej powstają jony cyjankowe. W niektórych próbach krwi sekcyjnej stwierdzano ich wysokie stężenia. Dotychczas nie znaleziono jednak dostatecznego wyjaśnienia mechanizmu ich wytwarzania [1, 3, 4, 12, 13, 14].

CEL PRACY

Celem pracy była ocena poziomu wybranych endogennych związków toksycznych: etanolu, karboksyhemoglobiny i cyjanowodoru, które mogły powstać w okresie między zgonem a po-

braniem materiału biologicznego do analizy, w zwłokach przebywających w ekstremalnych warunkach katastrofy górniczej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badany stanowiły próby krwi i moczu pobrane ze zwłok 23 osób, które zginęły w katastrofie górniczej (wybuch metanu i pyłu węglowego). Zwłoki przebywały w wyrobisku kopalnianym w wysokiej temperaturze (w momencie wybuchu temperatura osiągała 1500-2000°C) i wilgotności dochodzącej do 100% przez okres od 10 do 38 godzin.

W zabezpieczonym ze zwłok materiale biologicznym, bezpośrednio po pobraniu w trakcie sekcji zwłok, przeprowadzono następujące badania:

- Oznaczono karboksyhemoglobinę metodą Wolffa przy użyciu spektrofotometru Hitachi 2001.
- Oznaczono cyjanowodór techniką mikrodyfuzji i metodą kolorymetryczną w oparciu o reakcję Königa.
- Oznaczono alkohol etylowy metodą chromatografii gazowej techniką *headspace* (chromatograf gazowy Focus Finnigan) oraz metodą enzymatyczną.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Uzyskane wyniki badań zebrano w tabeli I i II.

Tabela I. Wyniki badań materiału biologicznego zabezpieczonego ze zwłok ujawnionych kilkanaście godzin po katastrofie.

Table I. The results of examinations of biological material collected from the fatalities found several hours after a mining disaster.

L.p.	HbCO [%]	HCN [µg/ml]	etanol ethanol [%]	
			krew blood	mocz urine
1	0,0	0,0	0,0	0,03
2	0,0	0,0	0,5	–
3	45	0,0	0,2	0,08
4	0,0	0,0	0,0	0,0
5	79	0,0	0,0	0,0
6	61	0,0	0,0	0,0

Tabela II. Wyniki badań materiału biologicznego zabezpieczonego ze zwłok ujawnionych kilkadziesiąt godzin po katastrofie.

Table II. The results of examinations of biological material collected from the fatalities found several hours after a mining disaster.

L.p.	HbCO [%]	HCN [$\mu\text{g/ml}$]	etanol ethanol [% \circ]	
			krew blood	mocz urine
1	70	0,0	0,0	0,0
2	48	0,0	1,0	–
3	81	0,0	1,0	–
4	57	0,0	0,6	–
5	0,0	0,0	0,6	0,3
6	44	0,0	0,4	0,2
7	0,0 śledziona i mięsień spleen and muscle	0,0 ociekлина ze śledziony spleen livor	0,8 mięsień muscle	–
8	28	0,0	1,0	–
9	16	0,0	0,4	–
10	66	0,0	0,6	–
11	11	0,0	0,3	–
12	53	0,0	0,2	–
13	83	0,0	1,3	–
14	41	0,0	0,9	–
15	33	0,0	1,0	–
16	25	0,0	0,8	0,3
17	0,0	0,0	0,7	0,0

Istotnym czynnikiem przy określeniu przyczyny zgonu zwłaszcza w pożarach jest problem ewentualnego wpływu temperatury na zawartość HbCO. Ustalenie wpływu temperatury na zmiany jej poziomu we krwi były przedmiotem zainteresowań wielu badaczy. W tym zakresie, badania w warunkach *in vitro*, prowadzili między innymi Markiewicz, Fechner, Gee. Markiewicz stwierdził, iż w toku rozkładu w temperaturze powyżej 60°C pojawia się w próbce krwi pochodna hemoglobiny o cechach HbCO.

Podczas ogrzewania krwi występował znaczny wzrost stężenia wymienianej pochodnej, aż do wartości mających istotne znaczenie w orzecznictwie sądowo-lekarskim. Obserwacje te nie znalazły potwierdzenia w badaniach Fechnera i Gee [8, 15, 16, 17]. W naszych badaniach, prowadzonych w związku z katastrofą, nie obserwowano powstawania endogennej karboksyhemoglobiny. Przemawiają za tym ujemne wyniki badań na zawartość HbCO u 6 osób, które zginęły natychmiast w wyniku doznanych bardzo ciężkich obrażeń wielonarządowych, a których zwłoki przebywały przez kilkadziesiąt godzin w wysokiej temperaturze i wilgotności. Nie nastąpiła także pośmiertna dyfuzja tlenu węgla z atmosfery przez powłoki ciała do krwi. Uzyskane przez nas wyniki korelują z obserwacjami uzyskanymi w warunkach *in vitro* przez Teresińskiego i wsp. [18].

Badania w kierunku cyjanowodoru we wszystkich próbach wykazały wynik negatywny. Ujemne wyniki badań wskazują, że we krwi pobranej ze zwłok przebywających przez dłuższy czas w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności cyjanowodor nie tworzył się. Biegące w tych warunkach procesy gnilno-rozkładowe nie powodowały powstania cyjanowodoru endogenego. Potwierdziły się więc nasze wcześniejsze obserwacje w tym zakresie [13, 14]. Zjawisko powstawania alkoholu etylowego po zgonie stanowi poważny problem opiniodawczy. Alkohol etylowy endogeny ze szczególną dynamiką powstaje w zwłokach znajdujących się w ekstremalnych warunkach – takich jakie miały miejsce w katastrofie górniczej. Obok czynników fizykochemicznych, niezwykle istotnym elementem wpływającym na kształtowanie się poziomu alkoholu endogenego, okazał się czas jaki upłynął od zgonu do pobrania materiału do analizy [19, 20]. W grupie 6 zwłok najszybciej wydobytych z katastrofy (tj. po kilkunastu godzinach akcji ratowniczej), we krwi uzyskano dwa pozytywne wyniki na obecność alkoholu: 0,2‰ i 0,5‰ (tabela I). W moczu wyniki badań były ujemne.

Materiał biologiczny, zabezpieczony ze zwłok ujawnionych kilkadziesiąt godzin po katastrofie, znajdował się w stanie daleko posuniętego rozkładu (17 przypadków, tabela II). We krwi 16 górników stwierdzono od 0,2‰ do 1,3‰ etanolu. W 3 próbach moczu, na 5 zabezpieczonych, również obserwowano obecność alkoholu w stężeniach od 0,2‰ do 0,3‰.

W świetle dostępnych ustaleń procesowych jak również przy uwzględnieniu danych literaturowych oraz wieloletnich doświadczeń włas-

nych, alkohol etylowy, który oznaczono we krwi i moczu ofiar katastrofy górniczej, uznano za alkohol endogeny – powstały *in corpore*.

WNIOSKI

1. Nie zaobserwowano wpływu wysokiej temperatury, występującej w warunkach katastrofy górniczej, na intensywność tworzenia się w zwłokach endogennej karboksyhemoglobiny i endogenego cyjanowodoru.
2. W zwłokach przebywających w wyrobisku kopalnianym w wysokiej temperaturze i wilgotności alkohol etylowy endogeny tworzy się w stężeniach istotnych opiniodawczo.
3. Znajomość postępujących przemian, jakim podlega materiał biologiczny oraz okoliczności zdarzenia, to elementy niezbędne dla prawidłowej interpretacji wyników analizy chemiczno-toksykologicznej.

PIŚMIENNICTWO

1. Kała M., Chudzikiewicz E.: The influence of post-mortem changes in biological material on interpretation of toxicological analysis results, *Problems of Forensic Sciences*, 2003, 54, 32-51.
2. Zschocke D.: Potential disturbance due to autolysis and putrefaction (Introduction to thanatochemistry), [in:] Müller R. K. [ed.], *Toxicological analysis*, Verlag Gesundheit, Berlin, 1991.
3. Wachowiak R.: Chemical structure of endogenous compounds of the biological background and their importance in the identification research of xenobiotics, *Problems of Forensic Sciences*, 2003, 54, 60-74.
4. Gubała W.: Wpływ temperatury na powstawanie endogennych związków toksycznych w aspekcie oceny przyczyny zgonu ofiar pożarów, *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1977, 47, 2, 157-162.
5. Bogusz M., Gumińska M., Markiewicz J.: Studies on the formation of endogenous ethanol in blond putrefying *in vitro*, *J Forensic Med*, 1970, 17, 158-159.
6. Clarke's isolation and identification of drugs, Moffat A. C. [ed.], *The Pharmaceutical Press*, London, 1986.
7. O'Neal C. L., Poklis A.: Postmortem production of ethanol and factors that influence interpretation: a critical review, *Am J Forensic Med Pathol*, 1996, 17, 8-20.
8. Fechner G., Gee D.: Study on the effects of heat on blood and the post-mortem estimation of carboxyhaemoglobin and methaemoglobin, *Forensic Sci Int*, 1989, 40, 63-67.
9. Markiewicz J.: Zwiększona zawartość COHb pochodzenia endogenego we krwi sekcijnej. *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1980, 30, 1-4.
10. Markiewicz J.: Badania *in vitro* nad COHb pochodzenia endogenego w sekcyjnie pobranych próbach krwi, *Przegl. Lek.*, 1966, II, 9, 615.
11. Markiewicz J., Investigation on endogenous carboxyhaemoglobin, *J Forensic Med*, 1967, 14, 16-21.
12. Grabowska T.: Kształtowanie się stężeń cyjanowodoru we krwi osób zmarłych w pożarach. Rozprawa doktorska, Śląska Akademia Medyczna, Katowice, 2002.
13. Grabowska T., Sybirska H.: The role of endogenous hydrogen cyanide in forensic medical appraisal and interpretation of fire victims, *Problems of Forensic Sciences*, 2003, 74-90.
14. Grabowska T., Nowicka J., Kabiesz-Neniczka S.: Opiniowanie o przyczynie zatrucia i śmierci w przypadku badania zwłok wydobytych z pożaru, *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 2007, 57, 2, 231-236
15. Markiewicz J.: Reakcje chemiczne rozkładu hemoglobiny. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 1962.
16. Markiewicz J.: Redoxpotential und Wasserstoffexponent des *in vitro* verfaulenden Leichenblutes, *Kongress und Tagungsberichte der Martin Luther Universität, Halle* 1979.
17. Markiewicz J.: Zwiększone zawartości COHb pochodzenia endogenego we krwi sekcijnej, *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1980, 30, 1-4.
18. Teresiński G., Buszewicz G., Mądro R.: Pośmiertna dyfuzja tlenu węgla do mięśni i krwi – badania wstępne, *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 2004, 54, 37-43.
19. Wachowiak R., Rahhal A. N.: Endogenne lotne związki organiczne we krwi i ich znaczenie sądowo-lekarskie. Cz. III. Skład jakościowo-ilościowy wyższych alkoholi obserwowany w przypadkach intoksykacji oraz podczas rozkładu zwłok, *Arch. Med. Sąd. Krym.*, 1996, 46, 269-275.
20. Zumwalt R. E., Bost R. O., Sunshine I.: Evaluation of ethanol concentration in decomposed bodies, *J Forensic Sci*, 1982, 27, 549-554.

Katedra Medycyny Sądowej
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
40-752 Katowice
ul. Medyków 18
e-mail forensic@sum.edu.pl