

HYDRATION DEGREE OF BODY FLUIDS *VERSUS* THE CONCENTRATION OF ETHYL ALCOHOL

Zofia OLSZOWY, Teresa GRABOWSKA, Joanna NOWICKA

Chair and Department of Forensic Medicine, Medical University of Silesia, Katowice

ABSTRACT: There are difficulties in interpreting ethyl alcohol concentrations in blood samples collected from a deceased persons with advanced putrescent changes or various degrees of carbonisation of the corpse. It is known that the concentration of ethyl alcohol depends mostly on the progression of the *post-mortem* changes and the water content in the tissues. In the paper, the authors present ethyl alcohol concentrations in blood, urine, vitreous humour and cerebrospinal fluid of the deceased determined with regard to the hydration degree of the biological material. Statistical analysis of the obtained results was carried out with the use of regression and correlation. The described examinations of autopsy material can be helpful in preparing expert opinions concerning alcohol intoxication.

KEY WORDS: Hydration degree; Body fluids; Ethyl alcohol.

Problems of Forensic Sciences, vol. LVIII, 2004, 19–33

Received 22 June 2004; accepted 3 December 2004

INTRODUCTION

The cessation of living processes and, concomitantly, of active transport via the bloodstream does not mean that diffusion processes stop. Their course depends on the difference in alcohol concentration between adjoining environments and the degree of isolation of these environments from each other. Displacements of water in the body have a significant influence on the alcohol content in the tested material. Brettel [2] and Audrlicky [1] revealed that elimination of water from blood located in the vessel bed occurs as early as several hours after death.

The differences in ethyl alcohol concentration in different tissues depend on the physiological processes occurring before death, i.e. absorption and transportation via the bloodstream to and from the extravascular space, elimination processes and the hydration of blood [4]. The displacements of water ascertained in hospitalised persons can be a result of post-traumatic shock, loss of blood, vomiting, administration of anti-swelling drugs or blood-replacing fluids, etc.

The determined alcohol concentrations are modulated by *post-mortem* processes that are sometimes difficult to predict [9, 14, 16].

It was determined that loss of water in blood collected from corpses, especially those in a state of advanced putrefaction and also partially carbonized ones, even exceeds 20%. The determined alcohol level in such condensed blood is relatively lower. For alcohol concentrations within range of 2.5‰–3.0‰, this value can be lower by even 1‰ [15, 16].

A medico-legal opinion concerning state of sobriety (intoxication) cannot be a simple report that is based only on the determined alcohol concentration, even in the case of examination of fresh blood collected from living persons. Particular care is required especially in interpretation of the results of blood tests using blood collected from a corpse. Information noted in medical records concerning which part of the body the blood was collected from, whether the smell of alcohol was detectable from body cavities, and also information concerning the circumstances of death are very important [3]. In determining the state of sobriety (intoxication) of the deceased, results of examinations of other alternative materials, namely urine, vitreous humour of the eye, the perilymph (middle ear fluid), or the cerebrospinal fluid, are also valuable. The advantages of the above mentioned body fluids are: their very low susceptibility to putrefaction processes and their small fluctuations in hydration, which are of great importance in the case of ethanol determination [7, 11, 12]. In routine examinations of blood for ethyl alcohol content, blood hydration is taken into account only in exceptional cases. In earlier research, Trela [13], Mađro [8] and Marek [6] have drawn attention to this problem in their papers, emphasising the importance of this fact in the preparation of expert opinions on alcohol intoxication.

AIM OF THE STUDY

In the present paper, a study was carried out on the relationship between alcohol concentration and degree of hydration in blood, urine, vitreous humour and cerebrospinal fluid collected from corpses. The alcohol concentration and hydration degree were simultaneously determined in all examined fluids. The determined ethanol concentrations, after taking the hydration degree into consideration, were subjected to statistical analysis, using regression and correlation analysis [5].

MATERIAL AND METHODS

The examined material consisted of samples of blood, urine, vitreous humour and cerebrospinal fluid collected from corpses that had not undergone putrefaction processes.

Ethyl alcohol was determined by means of gas chromatography using the headspace technique, applying a FISON-S-HRGC 5300 gas chromatograph, and also the enzymatic method. The hydration degree of body fluids was determined using apparatus for water determination manufactured by Schott, applying Karl-Fischer reagent and the weighing method according to E. W. Predeczeski [10].

Statistical analysis was performed in order to obtain the relations between alcohol concentrations in the examined fluids. The correlation coefficient, regression equation and mean estimation error were calculated. The confidence limits for the linear regression lines, corresponding to 95% confidence limits, were marked on the Figures [5].

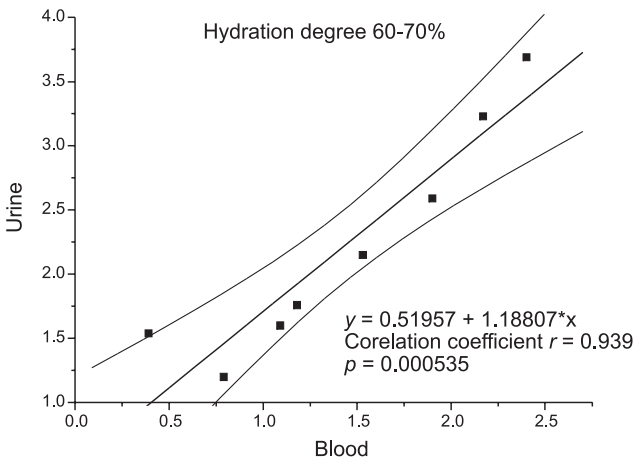


Fig. 1. Relationship between urine alcohol concentration and blood alcohol concentration in the first group.

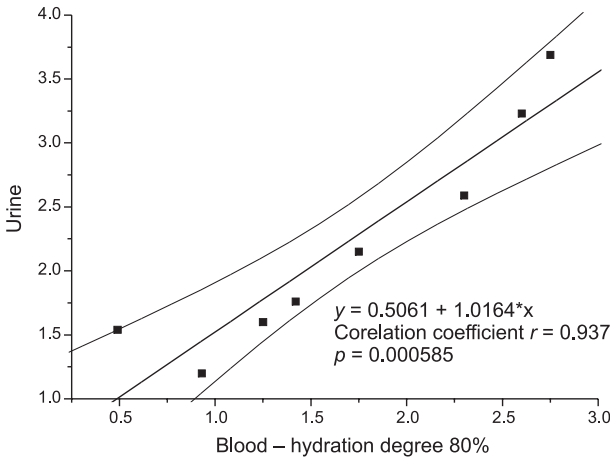


Fig. 1a. Relationship between urine alcohol concentration and blood alcohol concentration in the first group, after correction relative to 80% hydration.

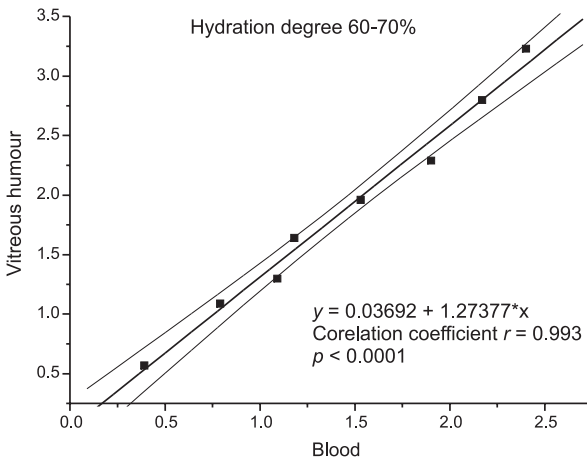


Fig. 2. Relationship between alcohol concentration in vitreous humour and blood alcohol concentration in the first group.

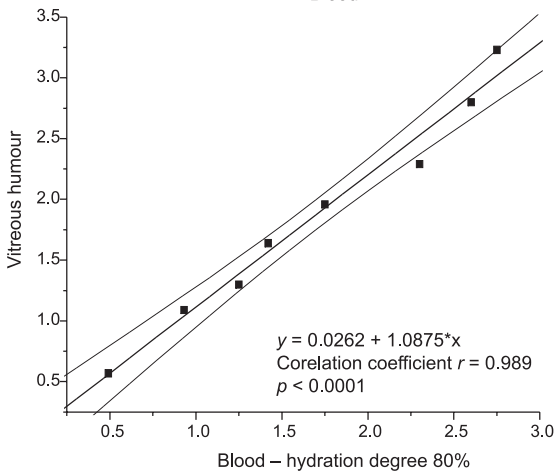


Fig. 2a. Relationship between alcohol concentration in vitreous humour and blood alcohol concentration in the first group, after correction relative to 80% hydration.

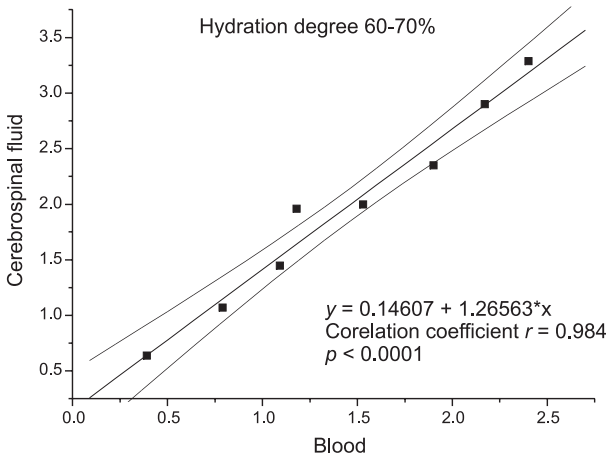


Fig. 3. Relationship between alcohol concentration in cerebrospinal fluid and blood alcohol concentration in the first group.

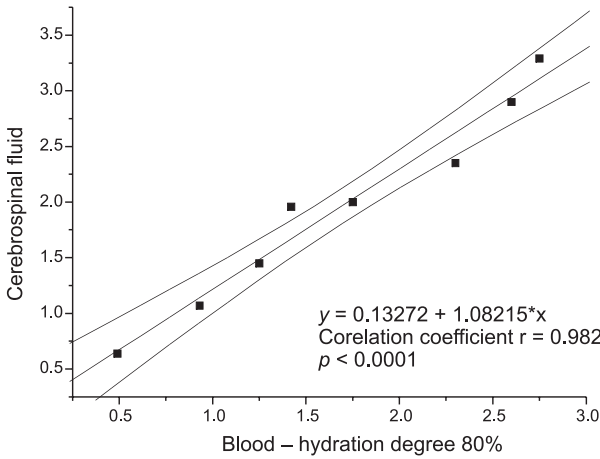


Fig. 3a. Relationship between alcohol concentration in cerebrospinal fluid and blood alcohol concentration in the first group, after correction relative to 80% hydration.

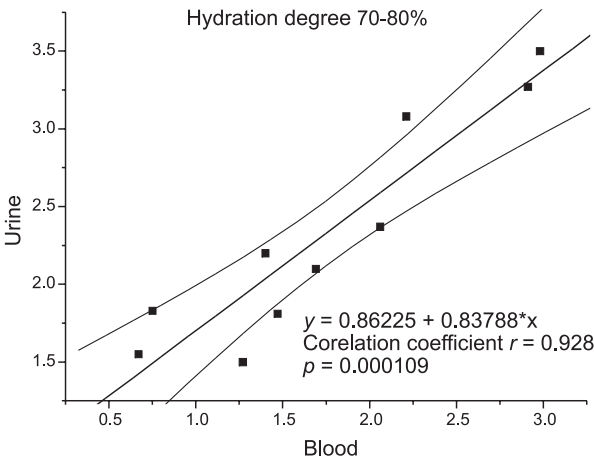


Fig. 4. Relationship between urine alcohol concentration and blood alcohol concentration in the second group.

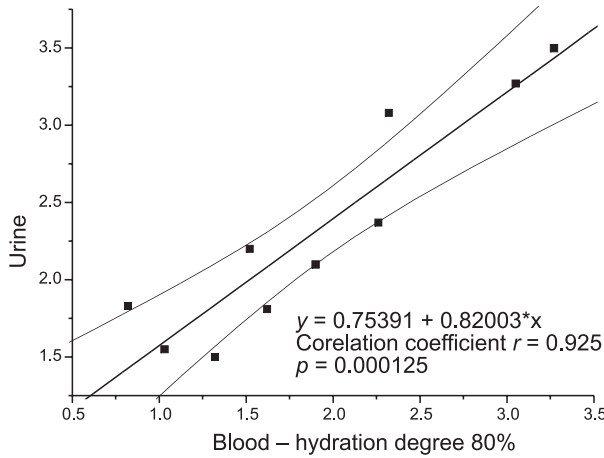


Fig. 4a. Relationship between urine alcohol concentration and blood alcohol concentration in the second group, after correction relative to 80% hydration.

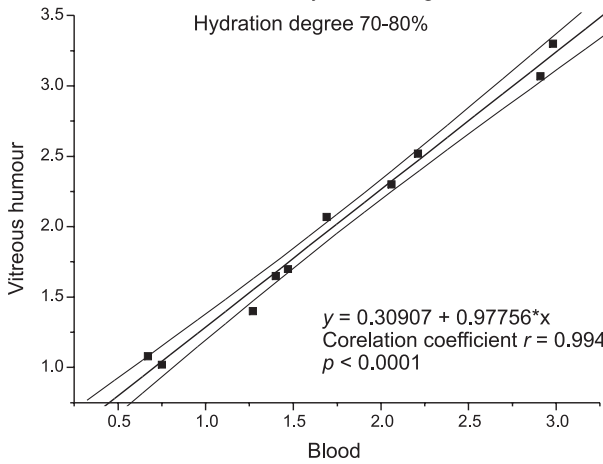


Fig. 5. Relationship between alcohol concentration in vitreous humour and blood alcohol concentration in the second group.

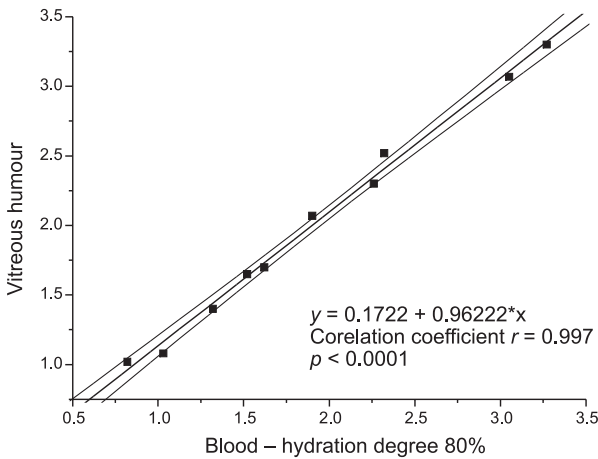


Fig. 5a. Relationship between alcohol concentration in vitreous humour and blood alcohol concentration in the second group, after correction relative to 80% hydration.

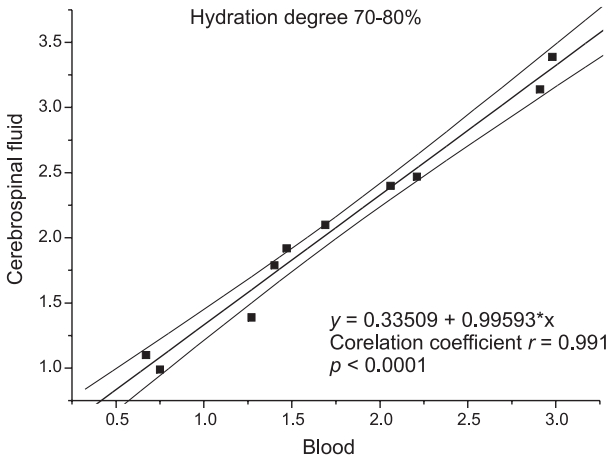


Fig. 6. Relationship between alcohol concentration in cerebrospinal fluid and blood alcohol concentration in the second group.

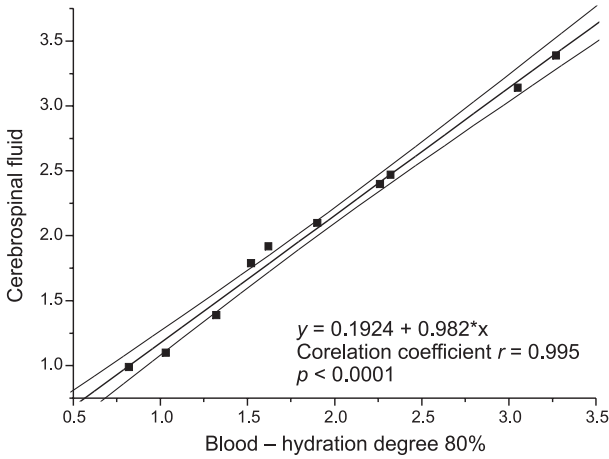


Fig. 6a. Relationship between alcohol concentration in cerebrospinal fluid and blood alcohol concentration in the second group, after correction relative to 80% hydration.

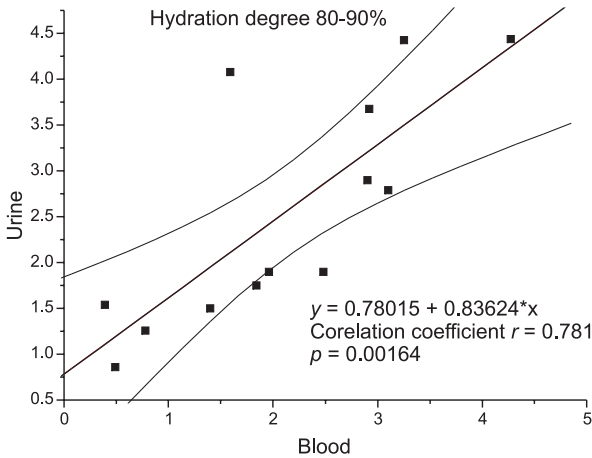


Fig. 7. Relationship between urine alcohol concentration and blood alcohol concentration in the third group.

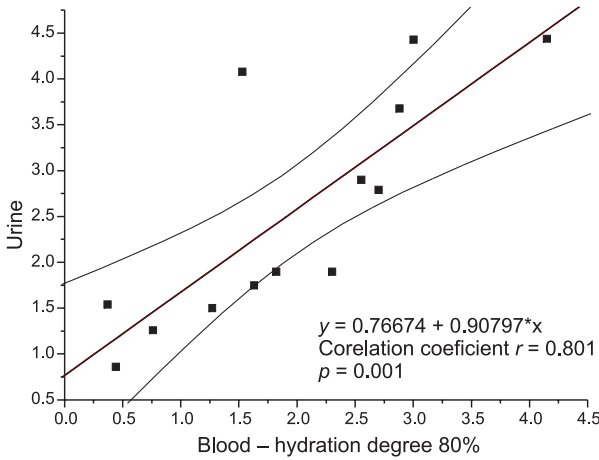


Fig. 7a. Relationship between urine alcohol concentration and blood alcohol concentration in the third group, after correction relative to 80% hydration.

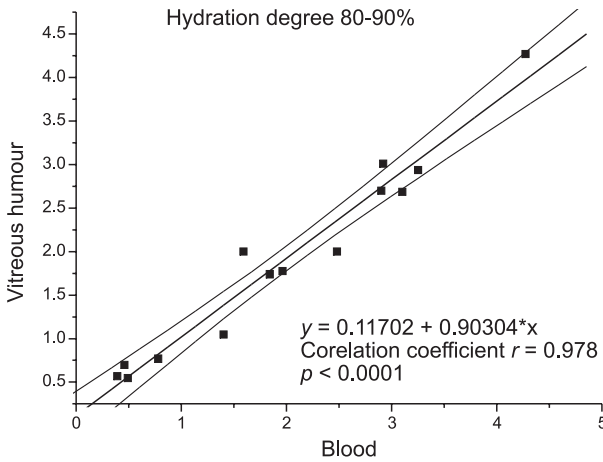


Fig. 8. Relationship between alcohol concentration in vitreous humour and blood alcohol concentration in the third group.

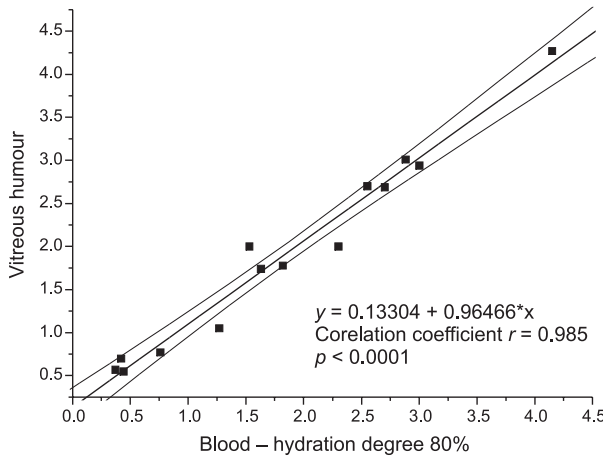


Fig. 8a. Relationship between alcohol concentration in vitreous humour and blood alcohol concentration in the third group, after correction relative to 80% hydration.

RESULTS

Hydration of body fluids: vitreous humour, cerebrospinal fluid and urine ranged from 97.5% to 99.2% and the hydration degree of blood – from 63.13 to 90.84%. Correction of the determined alcohol concentrations was performed on the basis of a normal hydration degree of blood of 80%.

The examined material was divided into three groups, applying the hydration degree of blood as the criterion. The first group was made up of a set of samples with blood hydration in the range from 60% to 70%. The second group comprised a set of samples with blood hydration in the range from 70% to 80%, and the third – a set of samples with blood hydration in the range from 80% to 90%.

The performed statistical analysis indicated the close correlation between ethyl alcohol concentration in the examined body fluids and in blood, after correcting relative to 80% hydration.

TABLE I. LIST OF RESULTS OF ANALYSIS FOR ETHANOL CONTENT IN THE FIRST GROUP

No.	Hydration degree of blood [%]	Blood alcohol concentration [‰]	Blood alcohol concentration after correction relative to 80% hydration [‰]	Urine alcohol concentration [‰]	Alcohol concentration in vitreous humour [‰]	Alcohol concentration in cerebrospinal fluid [‰]
1	63.13	0.39	0.49	1.54	0.57	0.64
2	69.61	2.40	2.75	3.69	3.23	3.29
3	69.01	1.53	1.75	2.15	1.96	2.00
4	65.97	1.90	2.30	2.59	2.29	2.35
5	66.08	1.18	1.42	1.76	1.64	1.96
6	69.41	1.09	1.25	1.60	1.30	1.45
7	66.59	2.17	2.60	3.23	2.80	2.90
8	67.34	0.79	0.93	1.20	1.09	1.07
9	63.58	1.79	2.25	2.04	2.10	1.98
10	68.57	2.29	2.67	2.89	2.93	2.70
11	64.53	2.80	3.47	3.07	3.19	3.37
Mean	66.43	1.66	1.67	2.34	2.10	2.15

TABLE II. THE LIST OF RESULTS OF STUDIES FOR ETHANOL CONTENT IN THE SECOND GROUP

No.	Hydration degree of blood [%]	Blood alcohol concentration [‰]	Blood alcohol concentration after correction relative to 80% hydration [‰]	Urine alcohol concentration [‰]	Alcohol concentration in vitreous humour [‰]	Alcohol concentration in cerebrospinal fluid [‰]
1	75.01	0.67	1.03	1.55	1.08	1.10
2	76.23	2.91	3.05	3.27	3.07	3.14
3	70.92	1.69	1.90	2.10	2.07	2.10
4	72.60	2.06	2.26	2.37	2.30	2.40
5	76.79	1.27	1.32	1.50	1.40	1.39
6	73.23	1.40	1.52	2.20	1.65	1.79
7	75.01	2.21	2.32	3.08	2.52	2.47
8	72.79	2.98	3.27	3.50	3.30	3.39
9	72.33	1.47	1.62	1.81	1.70	1.92
10	72.71	0.75	0.82	1.83	1.02	0.99
11	70.57	2.56	2.90	3.09	2.89	2.93
12	72.35	1.89	2.08	2.20	1.90	2.11
Mean	73.14	1.82	2.00	2.37	1.91	2.14

TABLE III. THE LIST OF RESULTS OF STUDIES FOR ETHANOL CONTENT IN THE THIRD GROUP

No	Hydration degree of blood [%]	Blood alcohol concentration [‰]	Blood alcohol concentration after correction relative to 80% hydration [‰]	Urine alcohol concentration [‰]	Alcohol concentration in vitreous humour [‰]	Alcohol concentration in cerebrospinal fluid [‰]
1	83.13	0.39	0.37	1.54	0.57	0.64
2	81.90	0.78	0.76	1.26	0.77	0.70
3	85.75	0.46	0.42	0.62	0.70	0.53
4	89.03	2.92	2.88	3.68	3.01	2.90
5	93.02	1.59	1.53	4.08	2.00	1.49
6	88.83	0.49	0.44	0.86	0.55	0.40
7	86.27	3.25	3.00	4.43	2.94	2.98
8	86.01	2.48	2.30	1.90	2.00	2.24
9	97.96	1.40	1.27	1.50	1.05	1.10
10	85.95	1.96	1.82	1.90	1.78	1.70
11	90.07	3.10	2.70	2.79	2.69	2.50
12	90.84	2.90	2.55	2.90	2.70	2.65
13	90.01	1.84	1.63	1.75	1.74	1.74
14	82.26	4.27	4.15	4.44	4.27	4.30
Mean	97.90	1.98	1.84	2.35	1.92	1.84

SUMMARY AND CONCLUSIONS

On the basis of the obtained results one can state that:

1. In cases where the hydration of *post-mortem* blood is higher than 85% or lower than 70%, correction of the determined ethanol concentration should be performed.
2. Determination of the hydration degree of *post-mortem* blood allows us to estimate the intoxication degree at the time of death more precisely.
3. Alcohol concentration in the examined body fluids was highly correlated with the concentration determined in blood, after correcting for hydration degree relative to 80% hydration.
4. Examination of other body fluids, in which no significant fluctuations in hydration were observed, supports the conclusions regarding the state of intoxication.

References:

1. Audrlicky I., Die Abhangigkeit des Alkoholspiegels im Leichenblut von verschiedenen Wassergehalt im untersuchten Material, *Blutalkohol* 1965, Bd. 3, S. 169–175.
2. Brettel H. F., Erfahrungen mit Wassergehaltbestimmungen bei Leichenblut, *Blutalkohol* 1969, S. 439–449.
3. Gubała W., Toksykologia alkoholu, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 1997.
4. Jones A. W., Determination of liquid/air partition coefficients for dilute solution of ethanol in water, whole blood, and plasma, *Journal of Analytical Toxicology* 1983, vol. 77, pp. 193–197.
5. Maliński M., Statystyka matematyczna wspomaganą komputerowo, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
6. Marek Z., Trela F., Białka J., Wpływ stopnia uwodnienia krwi na ocenę stężenia alkoholu, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1978, t. 28, s. 1–4.
7. Mądro R., Badania doświadczalne na królikach nad przydatnością równoczesnego oznaczenia stężenia alkoholu w ciałku szklistym gałki ocznej i we krwi dla pośmiertnej diagnostyki stanu nietrzeźwości, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1987, t. 37, s. 1–13.
8. Mądro R., Jaklińska A., Zawartość wody we krwi sekcyjnej. Znaczenie w diagnostyce stanu nietrzeźwości, Materiały Konferencyjne VIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Medycyny Sądowej i Kryminologii, Poznań, 4–6 września 1987.
9. Pragłowski T., Nasilowski W., Sybirska H., Badania nad powstawaniem alkoholu endogenego w zwłokach ludzkich, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1968, t. 18, s. 61–65.
10. Predeczeskij E. W., Borowskaja W. M., Margolina Ł. T., Metody badań laboratoryjnych, PZWL, Warszawa 1953.

11. Raszeja S., Kreuger A., Olszewska I., Stężenie alkoholu etylowego w ciałku szklistym oka i mazi stawowej, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1979, t. 21, s. 61–66.
12. Trela F., Badania nad rozmieszczeniem alkoholu etylowego w ustroju człowieka w aspekcie sądowo-lekarskim, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1985, t. 35, s. 213–227.
13. Trela F., Badania porównawcze stężeń alkoholu w żółci, w ciałku szklistym i we krwi pobranych ze zwłok, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 2000, t. 50, s. 227–233.
14. Trela F., Untersuchungen zur Äthanolverteilung in den Körperflüssigkeiten des Menschen unter Rechtsmedizinischen Aspekten, *Blutalkohol* 1989, Bd. 26, S. 305–318.
15. Trela F., Bogusz M., Usefulness of ethanol determination in perilymph and skeletal muscle in the case of advanced putrefaction on the body, *Blutalkohol* 1980, vol. 17, pp. 198–206.
16. Trela F., Marek Z., Halama A. [in.], Poziom alkoholu we krwi i przychłonce pobranych ze zwłok, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 1974, t. 24, s. 65–69.

STOPIEŃ UWODNIENIA PŁYNÓW USTROJOWYCH A STĘŻENIE ALKOHOLU ETYLOWEGO

Zofia OLSZOWY, Teresa GRABOWSKA, Joanna NOWICKA

WPROWADZENIE

Ustanie procesów życiowych, a wraz z nimi czynnego transportu przez krwioobieg, nie oznacza przerwania procesów dyfuzyjnych. Ich przebieg zależy od różnicy stężenia alkoholu w stykających się ze sobą środowiskach oraz stopnia izolacji tych środowisk od siebie. Przesunięcia wodne w organizmie mają znaczący wpływ na zawartość alkoholu w badanym materiale. Brettel [2] i Audrlicky [1] wykazali, że eliminacja wody z krwi znajdującej się w łożysku naczyniowym ma miejsce już po kilku godzinach po śmierci.

Różnice w stężeniu alkoholu etylowego w różnych tkankach zależą od poprzedzających zgon procesów fizjologicznych, tj. wchłaniania oraz przenoszenia przez krwioobieg do i z przestrzeni pozanaczyniowej toczących się procesów eliminacji oraz uwodnienia [4]. U osób hospitalizowanych stwierdzone przesunięcia wodne mogą być następstwem wstrząsu pourazowego, utraty krwi, wymiotów, podawania leków przeciwozrękowych, płynów krwiozastępczych itp.

Stężenia oznaczonego alkoholu modulowane jest przez procesy pośmiertne czasem trudne do przewidzenia [9, 14, 16].

We krwi pobranej ze zwłok, zwłaszcza będących w rozkładzie gnilnym a także ze zwłok częściowo zwięzłych, stwierdzono, że ubytek wody przekracza nawet 20%. Oznaczony poziom alkoholu w tak zagęszczonej krwi jest relatywnie niższy. Przy stężeniach etanolu w granicach 2,5‰–3,0‰ wartość ta może być zaniżona nawet o 1‰ [15, 16].

Opinia sądowo-lekarska o stanie trzeźwości nie może być zwykłą relacją opartą jedynie na oznaczonym stężeniu alkoholu, nawet w przypadkach badania krwi świeżej. Szczególnej rozważliwości wymaga zwłaszcza interpretacja wyników badań krwi pobranej ze zwłok. Istotne w tej sytuacji są informacje zamieszczone w protokole, wskazujące, skąd pobrano krew, czy wyczuwalna była woń alkoholu z jam ciała, a także informacja o okolicznościach zgonu [3]. Przy ustaleniu stanu trzeźwości osób zmarłych cenne są również wyniki badań innych alternatywnych materiałów, a mianowicie moczu, ciałałka szklistego oka, przychłonki czy płynu mózgowo-rdzeniowego. Walerami wymienionych płynów ustrojowych są: bardzo mała podatność na procesy gnilne oraz niewielkie wahania w uwodnieniu, co w przypadku oznaczania etanolu ma istotne znaczenie [7, 11, 12]. W rutynowo wykonywanych badaniach krwi na obecność alkoholu etylowego tylko w wyjątkowych przypadkach zwraca się uwagę na uwodnienie krwi. Wcześniej na problem ten zwrócili uwagę w swoich doniesieniach Trela [13], Mądro [8], Marek [6], podkreślając znaczenie tego faktu w opiniowaniu o nietrzeźwości.

CEL PRACY

W niniejszej pracy podjęto badania nad zależnością stężenia alkoholu od stopnia uwodnienia we krwi, moczu, płynie z gałki ocznej oraz płynie mózgowo-rdzeniowym pobranych ze zwłok. Równolegle we wszystkich badanych płynach oznaczono stężenie alkoholu i stopień ich uwodnienia. Oznaczone stężenia etanolu po uwzględnieniu stopnia uwodnienia poddano analizie statystycznej, stosując analizę regresji i korelacji [5].

MATERIAŁ BADANY I METODY

Materiał badany stanowiły próby krwi, moczu, płynu z gałki ocznej oraz płynu mózgowo-rdzeniowego, pobrane ze zwłok nie objętych procesami gnicia.

Alkohol etylowy oznaczono metodą chromatografii gazowej techniką *headspace*, stosując chromatograf gazowy firmy FISON-S-HRGC 5300 oraz metodą enzymatyczną. Stopień uwodnienia płynów ustrojowych wyznaczono aparatem do oznaczania wody firmy Schott, stosując odczynnik Karl-Fischera oraz metodą wagową wg E. W. Predeczeskiego [10].

Dla uzyskania wzajemnych relacji stężeń alkoholu w badanych płynach przeprowadzono analizę statystyczną. Obliczono współczynnik korelacji, równanie regresji oraz średni błąd szacunku. Na wykresach zaznaczono przydział ufności dla linii regresji liniowej odpowiadający poziomowi ufności 95% [5].

WYNIKI BADAŃ

Uwodnienie płynów ustrojowych: płynu z gałki ocznej, płynu mózgowo-rdzeniowego oraz moczu przyjęło wartości od 97,5% do 99,2%, zaś stopień uwodnienia krwi mieści się w przedziale 63,13–90,84%. Przyjmując 80% stopień uwodnienia krwi, przeprowadzono korektę oznaczonych stężeń alkoholu.

Badany materiał podzielono na trzy grupy, stosując jako kryterium stopień uwodnienia krwi. Pierwszą grupę stanowił zbiór próbek, w których uwodnienie krwi wynosiło od 60% do 70%. Drugą grupę stanowił zbiór próbek, w których uwodnienie krwi wynosiło od 70% do 80%, natomiast trzecią – zbiór próbek, w których uwodnienie krwi wynosiło od 80% do 90%.

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała ścisłą korelację pomiędzy stężeniem alkoholu etylowego w badanych płynach ustrojowych a krwią po przeprowadzeniu korekty uwzględniającej jej stopień uwodnienia.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Mając na uwadze uzyskane wyniki badań, stwierdzić należy, iż:

1. W przypadku uwodnienia krwi sekcyjnej powyżej 85% względnie poniżej 70% winna być przeprowadzona korekta oznaczonego stężenia etanolu.
2. Oznaczenie stopnia uwodnienia krwi sekcyjnej pozwala na bardziej precyzyjne określenie stopnia nietrzeźwości w chwili śmierci.

3. Stężenie alkoholu w badanych płynach było wysoce skorelowane ze stężeniem oznaczonym we krwi po korekcie uwzględniającej jej 80% stopień uwodnienia.
4. Badanie innych płynów ustrojowych, w których nie obserwowano istotnych wahań w uwodnieniu, uwiarygodnia wnioskowanie o stanie nietrzeźwości.