

COMPARISON OF HIGH ALCOHOL CONCENTRATIONS DETERMINED IN BREATH AND BLOOD

Wojciech GUBAŁA, Jerzy ŁABĘD
Institute of Forensic Research, Cracow
Dariusz ZUBA
Faculty of Chemistry, Jagiellonian University, Cracow

ABSTRACT: A comparison of blood alcohol concentrations in breath testing and in direct blood samples analysis was the aim of this study. The examined material were blood samples taken from 56 patients of Sobriety Chamber in Cracow whose alcohol concentration estimated in breath testing exceeded 3‰. The absolute differences between an indication of a breath analyser and a result of chromatographic analysis ranged from -0.83‰ to 1.37‰ , while a relative difference of these values varied between -18.6% and 54.6% with patients. For high alcohol concentrations, there was not correlation ($r = 0.252$; $p > 0.05$) between the results obtained by breath testing and by direct blood analysis. For the examined group of people, a calculated mean value of blood/breath ratio was 2063:1, a standard deviation of this value was 230.3 and a coefficient of variation amounted to 11.2%.

KEY WORDS: Blood/breath ratio; High alcohol concentration.

Z Zagadnień Nauk Sądowych, z. XL, 1999, 18–26
Received 10 March 1999; accepted 25 August 1999

INTRODUCTION

In legal regulations the analysis of alcohol in breath has an evidential value but in spite of this it is still used in Poland as indirect method of blood analysis. If performing a breath – alcohol test, it is important to analyse an alveolar or deep lung air sample, because only air from this part of a lung have a direct contact with blood. The differences between the alcohol concentration in blood obtained by breath testing and by direct analysis of the blood sample from elbow vein are observed. The results of examination conducted in the phase of alcohol elimination from the human body indicate that the use of constant ratios of alcohol partition between blood and breath in measuring devices is a reason for errors. An individual variability is a fundamental cause of ascertained divergences; it influences the ratios of alcohol partition between blood and breath [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. The differences of alcohol concentration in blood obtained by breath testing and by direct blood analysis are especially considerable for high alcohol content.

The estimation of a reliability of breath alcohol testing devices in the case of high alcohol concentrations was the aim of the presented study.

MATERIAL AND METHODS

Blood samples were taken from 56 patients of Sobriety Chamber in Cra-cow whose alcohol concentration, estimated in breath testing, exceeded 3.0‰.

The concentration of alcohol in breath was determined by Siemens instrument Alcomat V 5, that utilises selective absorption in infrared. This device calculates an alcohol concentration in blood (in promiles) by the multiplication of alcohol content in breath (in mg/dm³) by the ratio coefficient equals 2100. During the examination, the device had an actual control calibration.

The determination of alcohol in blood samples was conducted by head-space gas chromatography, using Perkin Elmer Auto System with the HS-40 headspace autosampler.

A separation was done with a column of 1.83 m in length and internal cross-section 3.2 mm, by stationary phase 0.2% Carbowax 1500 on Graph-pack, granule size 80/100 mesh.

In the statistical analysis, the values of alcohol concentration in blood obtained by gas chromatography were assumed as reference points (real concentrations).

In order to compare the methods of alcohol estimation in blood, a diagram of relationship between results obtained by breath testing and by chromatographic method was evaluated. In a case of errors absence an equation $y = \beta_0 + \beta_1 x$ has to possess a slope $\beta_1 = 1$, an intercept equals 0, and a correlation coefficient equals 1. Under experimental condition, even if systematic error is absent, a random deviations from the real values exist. This is why, an equation $y = b_0 + b_1 x$ was fitted and then using t-test was verified if the obtained values b_0 and b_1 are not statistically significant different from established β_0 and β_1 . In this case t-test is equals:

$$t_{b_0} = \frac{|b_0 - \beta_0|}{s_{b_0}}, \quad \{1\}$$

$$t_{b_1} = \frac{|b_1 - \beta_1|}{s_{b_1}},$$

where: t_{b_0} , t_{b_1} present the t-test values for a slope and intercept, and s_{b_0} , s_{b_1} standard deviation for both coefficients.

RESULTS

56 results of alcohol concentrations in blood, obtained by breath testing and direct blood analysis, made subject to estimation. A difference between an indication of breath alcohol device and a result of direct blood analysis ($X_{BrAC} - X_{BAC}$) was calculated for each patient. The results are shown on Figure 1.

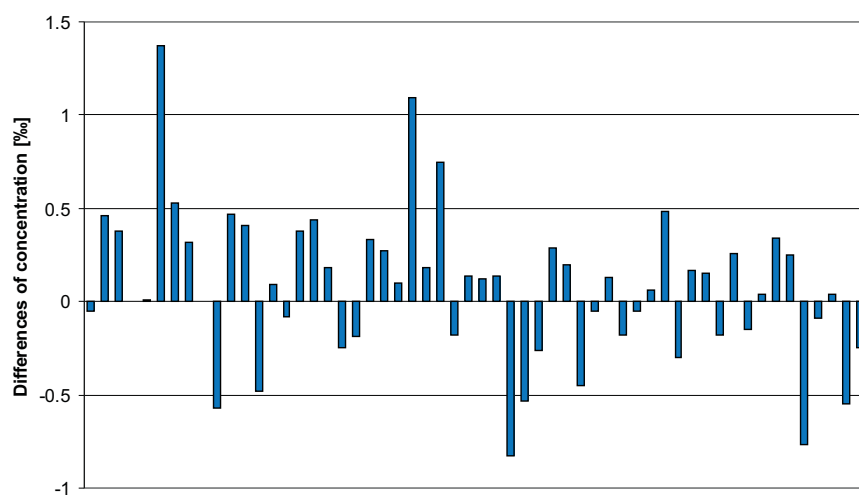


Fig. 1. The differences of concentration between the indications of breath alcohol device and the result of chromatographic analysis ($BrAC - BAC$) for each patient.

These results show that alcohol concentrations indicated by breath analyser could be higher as well as lower than the results of direct blood analysis. A value of alcohol concentration in blood definite by breath analyser was lower in 21 cases (37.5%), higher in 33 cases (59.0%) and equals to the results of chromatographic analysis in 2 cases (3.5%). The range amounted to 2.2‰, from $-0.83‰$ to $1.37‰$.

A relative difference between the indication of breath analyser and the result of chromatographic analysis was calculated for each of the patients. The results are shown on Figure 2.

This relative difference between the indication of breath analyser and the result of chromatographic analysis varied from -18.6% to 54.6% . For 39 cases (69.5%) it did not exceed 10%.

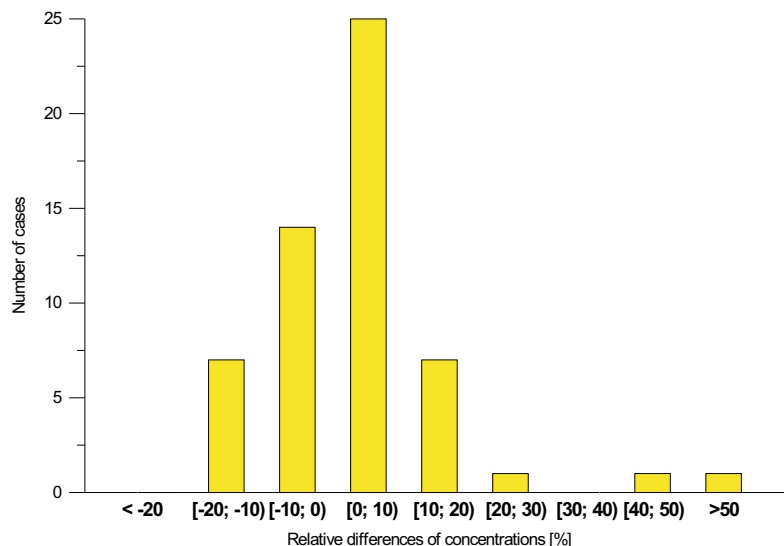


Fig. 2. The relative differences between the indication of breath analyser and the result of chromatographic analysis.

In order to estimate a correlation between results obtained by breath analysis and by direct blood analysis for high alcohol concentrations a scatter diagram of the results received from both methods was made. The data was described by the following linear equation:

$$BrAC = 0.146 \cdot BAC + 3.20 , \quad \{2\}$$

where $BrAC$ define an alcohol concentration in breath testing and BAC – alcohol concentration obtained by chromatographic method.

The obtained values of the slope b_1 and the intercept b_0 differ significantly from the expected ones. These differences are statistically significant ($t_{b_0} = 11.35$, $t_{b_1} = 11.16$, whereas $t_{0,05,54} = 1.98$). The regression coefficients indicate disagreement between the indication of breath analyser and results of direct blood analysis in a case of high alcohol concentrations. This is confirmed by low value of correlation coefficient ($r = 0.252$, $p > 0.05$). A relationship $BrAC = f(BAC)$ was shown on Figure 3.

The value of blood/breath ratio for alcohol was estimated for the examined group of people from the obtained results. The concentrations of alcohol in blood indicated by Alcomat device (in promiles) were recalculated for the concentration of alcohol in breath (in mg/dm^3). Next, the concentration of alcohol in blood obtained by chromatographic method was divided by a calculated content of alcohol in breath. The frequency distribution of blood/breath ratio for the examined group was presented on Figure 4.

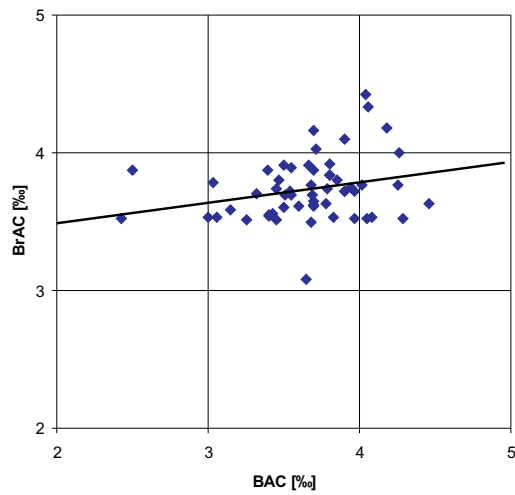


Fig. 3. A relationship between the results of breath testing and direct blood analysis.

The mean value of blood/breath ratio was 2063:1, and median was 2046:1. The range of the ratio varied from 1357:1 to 2580:1. A standard deviation of this ratio was 230.3 and a coefficient of variation amounted to 11.2%.

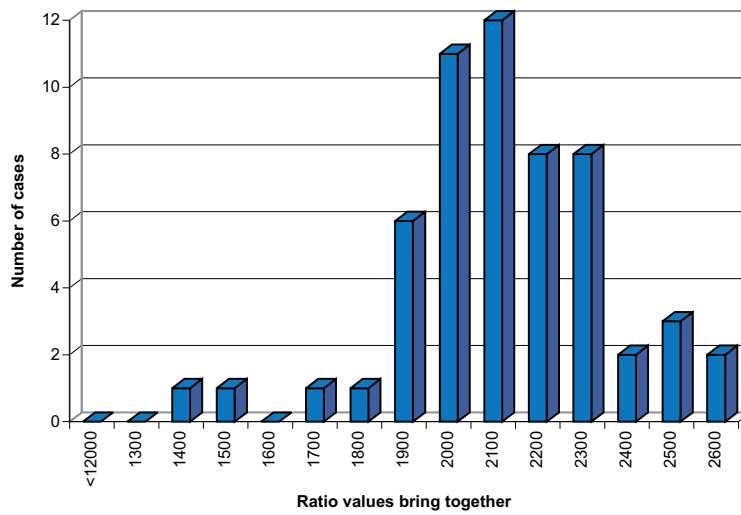


Fig. 4. The frequency distribution of blood/breath ratios for the examined group of people.

CONCLUSION

The results of this study indicate that the use of breath testing as indirect method of blood analysis do not reflect the real concentration of alcohol in blood. The calculated mean value of the blood/breath ratio was 2063:1 i.e. it was nearly the same as the one used in measuring device but it varied from 1357:1 to 2580:1 with patient. This fact confirms the occurrence of considerable individual variability. Although in 69.5% of cases a relative difference between an indication of breath alcohol device and a result of chromatographic analysis do not exceed 10%, the result was overestimated more than 50% in extreme case. For high alcohol concentrations, a result of breath testing do not correlate with a result of direct blood analysis. This is why a comparison of results of alcohol content in blood obtained for the same person by breath testing and direct blood analysis ought not to have place in jurisdiction, especially in the case of high alcohol concentrations.

References:

1. Dubowski K., O'Neil B., The blood/breath ratio of ethanol, *Clinical Chemistry* 1979, vol. 25, p. 1144.
2. Jones A. W., Anderson L., Variability of the blood/breath alcohol ratio in drinking drivers, *Journal of Forensic Sciences* 1996, vol. 41, pp. 916–921.
3. Labianca D. A., Simpson G., Medicolegal alcohol determination: variability of the blood – to breath-alcohol ratio and its effect on reported breath-alcohol concentrations, *European Journal of Clinical Chemistry & Clinical Biochemistry*, 1995, vol. 33, pp. 919–925.
4. Labianca D. A., Simpson G., Statistical analysis of blood – to breath-alcohol ratio data in the logarithm-transformed and non-transformed modes, *European Journal of Clinical Chemistry & Clinical Biochemistry* 1996, vol. 34, pp. 111–117.
5. Simpson G., Do breath test really underestimate blood alcohol concentration?, *Journal of Analytical Toxicology* 1989, vol. 13, pp. 120–123.
6. Simpson G., Incorrect overestimates of blood alcohol concentration from breath test results, *Journal of Analytical Toxicology* 1990, vol. 14, pp. 263–264.
7. Trafford D. J. H., Makin H. L. J., Breath-alcohol concentration may not always reflect the concentration of alcohol in blood, *Journal of Analytical Toxicology* 1994, vol. 18, pp. 225–228.

PORÓWNANIE WYSOKICH STĘŻEŃ ALKOHOLU OZNACZONYCH W POWIETRZU WYDYCHANYM I WE KRWI

Wojciech GUBAŁA, Jerzy ŁABĘD , Dariusz ZUBA

WSTĘP

Pomimo uregulowań prawnych przyznających wartość dowodową analizie powietrza wydychanego na zawartość alkoholu, nadal jest ona stosowana jako pośrednia metoda analizy krwi. Podstawą prawidłowego pomiaru jest badanie powietrza pochodzącego z pęcherzyków płucnych, ponieważ jedynie powietrze z tej części płuc ma bezpośredni kontakt z krwią. Obserwuje się różnice między stężeniami alkoholu we krwi uzyskanymi poprzez badanie powietrza wydychanego a stężeniami określonymi w drodze bezpośredniej analizy prób krwi pobranej z żyły łokciowej. Na podstawie badań przeprowadzonych w fazie eliminacji alkoholu z organizmu człowieka wynika, że stosowanie w urządzeniach pomiarowych stałych współczynników podziału alkoholu między krew i powietrze wydechane jest źródłem błędów. Zasadniczą przyczyną stwierdzanych rozbieżności przy porównywaniu uzyskanych w ten sposób wyników są zmienności osobnicze, które wpływają na wartość współczynnika podziału alkoholu między krew a powietrze zawarte w pęcherzykach płucnych [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Różnice między stężeniami alkoholu we krwi określonymi dzięki badaniom powietrza wydychanego oraz bezpośredniej analizie prób krwi są znaczne, zwłaszcza gdy zawartość alkoholu we krwi jest wysoka.

Celem niniejszej pracy była ocena wiarygodności wskazań urządzeń do analizy powietrza wydychanego przy wysokich stężeniach alkoholu we krwi.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 56 prób krwi pobranych od pacjentów ambulatorium Izby Wytrzeźwień w Krakowie, u których – w wyniku analizy powietrza wydychanego – stwierdzono stężenie alkoholu we krwi przekraczające 3,0‰.

Badania zawartości alkoholu w powietrzu wydychanym wykonywano przy użyciu aparatu Alcomat V 5 firmy Siemens, który działa na zasadzie pomiaru absorpcji promieniowania podczerwonego. Urządzenie to określa stężenie alkoholu we krwi (mierzone w promilach) poprzez przemnożenie zawartości alkoholu w powietrzu wydychanym (w mg/dm³) przez współczynnik podziału razy 2100. W trakcie prowadzonych badań aparat posiadał aktualną kontrolną kalibrację.

Do oznaczania alkoholu w próbach krwi zastosowano metodę chromatografii gazowej z wykorzystaniem techniki *headspace* (chromatograf firmy Perkin Elmer Auto System z automatycznym dozownikiem HS-40). Rozdziału dokonano za pomocą kolumny pakowanej 0,2% Carbowax 1500 / Graphpack o wielkości ziaren 80/100 mesh, długości 1,83 m i przekroju wewnętrznym 3,2 mm.

W przeprowadzonych obliczeniach statystycznych wartości stężeń alkoholu we krwi uzyskane metodą chromatografii gazowej zostały przyjęte jako punkty odniesienia (stężenia rzeczywiste).

W celu porównywania metod oznaczania alkoholu we krwi sporządzono wykres zależności wyników osiągniętych dzięki analizie powietrza wydychanego od wyników uzyskanych metodą chromatograficzną. W przypadku braku błędów prosta $y = \beta_0 + \beta_1 x$ powinna mieć współczynnik nachylenia $\beta_1 = 1$, wartość odciętej winna wynosić 0, natomiast współczynnik korelacji między zmiennymi równać się 1. W warunkach eksperymentalnych, nawet przy braku błędu systematycznego, występują przypadkowe odchylenia od wartości rzeczywistych. Dlatego do otrzymanych wyników dopasowano prostą $y = \beta_0 + \beta_1 x$, a następnie sprawdzano za pomocą testu t, czy otrzymane wartości b_0 i b_1 nie różnią się od założonych β_0 i β_1 w sposób statystycznie istotny. W takim przypadku test t przybiera postać:

$$t_{b_0} = \frac{|b_0 - \beta_0|}{s_{b_0}}, \quad \{1\}$$

$$t_{b_1} = \frac{|b_1 - \beta_1|}{s_{b_1}},$$

gdzie: t_{b_0} , t_{b_1} – to wartości testu t dla współczynnika przesunięcia i współczynnika kierunkowego prostej, a s_{b_0} , s_{b_1} – odchylenia standardowe współczynnika przesunięcia i współczynnika kierunkowego prostej.

WYNIKI BADAŃ

Ocenie poddano 56 wyników oznaczenia stężenia alkoholu we krwi uzyskanych poprzez analizę powietrza wydychanego i bezpośrednią analizę prób krwi pobranych od pacjentów.

W przypadku każdego z pacjentów obliczono różnicę pomiędzy wskazaniem analizatora powietrza wydychanego a wynikiem otrzymanym z bezpośredniej analizy krwi ($x_{BrAC} - x_{BAC}$). Wyniki przedstawiono na rycinie 1.

Jak widać na tej rycinie, stężenia alkoholu wskazane przez analizator powietrza wydychanego mogą być zarówno wyższe, jak i niższe w stosunku do wyników bezpośredniej analizy prób krwi. W 21 przypadkach (37,5%) wartość stężenia we krwi była niższa, w 2 przypadkach (3,5%) wskazanie analizatora powietrza wydychanego było identyczne z wynikiem analizy chromatograficznej, a w 33 przypadkach (59,0%) wynik był zawyżony. Zakres błędu wyniósł 2,2‰ w przedziale od $-0,83\%$ do $1,37\%$.

Dla każdego z pacjentów obliczono również względną różnicę pomiędzy wskazaniem aparatu pomiarowego a wynikiem analizy chromatograficznej. Wyniki przedstawiono na rycinie 2.

Względna różnica stężeń między wskazaniem analizatora powietrza wydychanego a wynikiem analizy chromatograficznej wahała się od $-18,6\%$ do $54,8\%$. W 39 przypadkach (69,5%) nie przekraczała ona 10%.

W celu oceny korelacji pomiędzy wynikami otrzymanymi dzięki analizie powietrza wydychanego a wynikami bezpośredniej analizy prób krwi przy wysokich stężeniach alkoholu sporządzono wykres zależności wyników otrzymanych obiema metodami. Dane opisano równaniem prostej:

$$BrAC = 0,146 \cdot BAC + 3,20, \quad \{2\}$$

gdzie: *BrAC* to stężenie alkoholu wskazywane przez analizator powietrza wydychanego, a *BAC* – stężenie alkoholu we krwi otrzymane metodą chromatograficzną.

Otrzymane wartości współczynnika nachylenia prostej b_1 i odciętej b_0 różnią się znacznie od wartości oczekiwanych. Różnice te są statystycznie istotne ($t_{b_0} = 11,35$, $t_{b_1} = 11,16$, gdy $t_{0,05,54} = 1,98$). Wartości współczynników regresji wskazują na brak zgodności pomiędzy wskazaniami analizatora powietrza wydychanego a wynikami bezpośredniej analizy prób krwi przy wysokich stężeniach alkoholu we krwi. Potwierdza to również niska wartość współczynnika korelacji ($r = 0,252$, $p > 0,05$). Zależność $BrAC = f(BAC)$ przedstawiona została na rycinie 3.

Na podstawie otrzymanych wyników dla przebadanej grupy osób oszacowano wartość współczynnika podziału krew : powietrze dla alkoholu. W tym celu przeliczono stężenia alkoholu we krwi (wyrażone w promilach), wskazane przez urządzenie Alcomat, na zawartość alkoholu w powietrzu wydychanym (wyrażoną w mg/dm^3). Następnie podzielono stężenie alkoholu we krwi uzyskane metodą chromatografii gazowej przez obliczoną zawartość alkoholu w powietrzu wydychanym. Rycina 4 przedstawia rozkład wartości współczynnika podziału krew : powietrze dla badanej grupy.

Średnia wartość współczynnika podziału krew : powietrze wyniosła 2063:1, zaś mediana 2046:1. Współczynnik podziału wahał się od 1357:1 do 2580:1. Odchylenie standardowe tej wielkości wyniosło 230,3, a współczynnik zmienności 11,2%.

PODSUMOWANIE

Wyniki badań wskazują, że stosowanie analizy powietrza wydychanego jako pośredniej metody analizy krwi nie odzwierciedla rzeczywistego stężenia alkoholu we krwi. Obliczona średnia wartość współczynnika podziału wynosiła 2063:1, czyli była bardzo bliska wartości stosowanej w urządzeniu pomiarowym, jednakże wahała się z zależności od pacjenta od 1357:1 do 2580:1. Fakt ten potwierdza występowanie znacznego indywidualnego zróżnicowania. Wprawdzie w 69,5% przypadków względna różnica między wskazaniami analizatora powietrza wydychanego a wynikiem analizy chromatograficznej nie przekraczała 10%, to w skrajnym przypadku wynik był zawyżony o ponad 50%. Przy wysokich stężeniach alkoholu wyniki analizy powietrza wydychanego nie korelują z wynikami bezpośredniej analizy krwi. Z punktu widzenia orzecznictwa sądowego porównywanie wyników badania zawartości alkoholu we krwi u tej samej osoby uzyskanych poprzez analizę powietrza wydychanego oraz bezpośrednią analizę pobranej próby krwi nie powinno więc mieć miejsca, zwłaszcza gdy stężenia te są wysokie.