

JAN CZOGAŁA

WPLYW INDYWIDUALNEGO SPOSOBU PALENIA PAPIEROSÓW  
NA RETENCJĘ TLENKU WĘGLA W UKŁADZIE ODDECHOWYM  
PALACZY CZYNNYCH I JEJ OCENA  
W ŚWIETLE KRYTERIÓW ŚRODOWISKOWYCH

THE EFFECT OF INDIVIDUALLY DIVERSIFIED SMOKING PROCESS  
ON CARBON MONOXIDE RETENTION IN ACTIVE  
SMOKERS' RESPIRATORY TRACT AND THE RESULTS VALIDATION BASED  
ON ENVIRONMENTAL CATEGORIES

Katedra i Zakład Chemii Ogólnej i Analitycznej  
Śląska Akademia Medyczna w Katowicach  
41-200 Sosnowiec, ul. Jagiellońska 4  
Kierownik: prof. dr hab. *W Wardas*

*Oznaczano tlenek węgla w dymie papierosowym wdychanym przez indywidualnych palaczy i w powietrzu przez nich wydychanym, wyznaczając bezwzględną i względną retencję tego związku w ich ustroju. Wielkość pobieranych przez nich dawek tlenku węgla oceniano w kategoriach narażenia środowiskowego.*

WSTĘP

Jednym z ważniejszych (obok nikotyny) toksycznych składników dymu papierosowego, występującym także w powietrzu atmosferycznym, jest tlenek węgla. Jego zawartość w głównym strumieniu dymu (GSD) waha się zwykle w granicach od 5 do 30 mg na papierosa [6]. Istnieje pogląd potwierdzony własnymi badaniami [1], że wypalenie jednego papierosa zwiększa poziom hemoglobiny tlenko-węglowej we krwi – HbCO o około 0,5–0,7%. U nałogowych palaczy wartość tego biologicznego wskaźnika narażenia na tlenek węgla wynosi zazwyczaj 8–12%, jednakże może wzrastać do 17% [6]

Badania własne [2] przeprowadzone w grupie losowo wybranych palaczy czynnych potwierdziły przypuszczenia, że indywidualne nawyki palenia, tj. objętości i częstotści zaciągania dymu przez palacza, oraz przerw między zaciągnięciami są znacznie zróżnicowane. Większość dostępnych informacji o składzie dymu tytoniowego określonych gatunków papierosów lub ich określonej partii opiera się na wynikach analiz przeprowadzanych z zachowaniem standardowych warunków ich wypalania (czas zaciągania – 2 s, objętość zaciąganego dymu – 35 ml, czas przerw pomiędzy zaciągnięciami – 60 s) [7]. Przydatność takich danych do oceny narażenia indywidualnych palaczy, szczególnie na tlenek węgla (którego zawartość w dymie zależy w znacznym stopniu od warunków tlenowych i temperaturowych żarzącego się papierosa), wydaje się być bardzo ograniczona.

Celem pracy była ocena wpływu indywidualnego sposobu palenia papierosów na wielkość retencji tej substancji w układzie oddechowym palaczy metodą bilansowania zawartości CO wprowadzanego wraz z dymem do płuc palacza, i wydalanego z powietrzem wydychanym. Ocena taka wymagała przeprowadzenia oznaczeń tlenu węgla zarówno w zaciągającym przez palaczy dymie papierosowym jak i w powietrzu przez nich wydychanym podczas palenia. Z uwagi na brak możliwości oznaczenia CO w dymie wdychanym przez palaczy, w oznaczeniach wykorzystywano próbki głównego strumienia dymu (GSD) wytwarzanego w symulatorze palenia papierosów [8].

#### MATERIAŁ I METODY

Wyznaczanie indywidualnych warunków palenia papierosów, metodyka generowania i gromadzenia GSD, oraz powietrza wydychanego przez palaczy

Pomiar wielkości charakteryzujących indywidualny sposób palenia papierosów przez badane osoby przeprowadzono posługując się opracowaną we własnym zakresie metodyką opartą na pomiarze konduktometrycznym przewodnictwa elektrolitu w odpowiednio skonstruowanej rurze pomiarowej [2]. Poziom elektrolitu, a tym samym głębokość zanurzenia w nim elektrod konduktometrycznych, zmieniał się na skutek zaciągania się dymem przez osoby palące. Rejestracja wartości mierzonego przewodnictwa umożliwiła pomiar objętości i czasu zaciągania się dymem oraz przerw między zaciąganiem się poszczególnych palaczy. Ogółem przebadano 20 palaczy.

Próbki GSD o składzie dymu wdychanego przez poszczególnych palaczy uzyskiwano posługując się generatorem palenia własnej konstrukcji [8] w ustalonych warunkach charakteryzujących indywidualny sposób palenia papierosów przez badanych palaczy. Wytworzony w ten sposób dym gromadzono ilościowo w dwulitrowej butli szklanej zaopatrzonej w odpowiedni balon lateksowy spełniający rolę przepony.

Powietrze wydychane przez palaczy w czasie przerw pomiędzy kolejnymi zaciągnięciami się dymem papierosowym (około 15 wdechów) gromadzono w podobnej butli jak do gromadzenia GSD, lecz o pojemności 20 l.

Po zgromadzeniu GSD lub powietrza wydychanego butle uzupełniano powietrzem do ciśnienia atmosferycznego i oznaczano stężenie występującego w pojemniku tlenu węgla [2].

#### Oznaczenie tlenu węgla

Tlenek węgla w badanych próbkach oznaczano przystosowaną do potrzeb pracy metodą spektrofotometryczną [2]. W metodzie wykorzystuje się pomiar absorbancji barwnego zolu srebra powstającego w reakcji redukcji tlenkiem węgla jonu srebra z soli sodowo-srebrowej kwasu p-sulfonamidobenzoesowego. Precyzja zastosowanej metody w zakresie stężenia 0,075 do 0,3% v/v wynosiła 2,6%.

Opracowanie statystyczne przeprowadzono korzystając z programu Statistica (Statsoft).

#### WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zawartość tlenu węgla w dymie papierosowym wdychanym i wydychanym oraz retencja bezwzględna i względna tego związku w układzie oddechowym

Wyniki dotyczące zawartości tlenu węgla w dymie papierosowym wdychanym (wytworzonym w symulatorze palenia w warunkach odpowiadającym indywidualnemu sposobowi palenia [2]), oraz wydychanym przez indywidualnych palaczy przedstawiono w tabeli I. Zawartość tlenu węgla przeliczano na jeden wypalany papieros.

Tabela I. Zawartość tlenu węgla w dymie papierosowym wdychanym oraz wydychanym przez badanych palaczy oraz retencja bezwzględna i względna tego związku w układzie oddechowym

Levels of carbon monoxide in inhaled and exhaled smoke, absolute and relative retention of carbon monoxide in respiratory tract of examined smokers

nb	V [cm <sup>3</sup> ]	t [s]	n [-]	T [s]	Z <sub>1</sub> [mg/papieros] a	Z <sub>2</sub> [mg/papieros] b	r <sub>CO</sub> [mg/papieros] a-b	R [%] (a-b)100%/a
1	33	2,3	8	75	13.6 ±1.5	4.4 ±0.68	9.2 ±2.19	67.8 ±3.93
2	29	2,6	9	65	13.7 ±1.42	5.3 ±1.13	8.3 ±2.55	60.4 ±13.5
3	27	2,5	9	60	12.9 ±1.59	4.4 ±0.88	8.5 ±2.47	64.2 ±9.60
4	22	2,6	8	60	10.0 ±0.51	4.6 ±0.63	5.4 ±1.14	54.0 ±8.08
5	28	2,5	9	65	13.0 ±0.51	6.2 ±0.88	6.8 ±1.39	61.4 ±6.56
6	26	3,0	7	70	12.1 ±0.89	5.9 ±1.89	6.2 ±2.78	51.4 ±18.6
7	20	1,9	8	63	9.1 ±0.51	4.6 ±0.25	4.5 ±0.76	49.3 ±5.80
8	14	1,6	7	66	3.5 ±0.51	1.7 ±0.12	1.8 ±0.63	51.6 ±2.54
9	23	2,4	8	53	11.4 ±0.85	4.7 ±1.32	6.7 ±2.17	58.5 ±14.4
10	21	1,9	8	80	7.5 ±0.73	3.7 ±0.82	3.8 ±1.55	50.0 ±15.3
11	23	2,0	8	56	8.5 ±0.46	3.8 ±0.12	4.7 ±0.58	55.4 ±3.94
12	21	2,1	6	73	11.3 ±1.24	4.7 ±0.75	6.6 ±1.99	58.1 ±10.9
13	15	1,8	8	63	6.3 ±0.39	3.8 ±1.64	2.5 ±2.03	40.0 ±28.7
14	31	2,6	8	58	14.8 ±0.58	4.3 ±1.45	10.5 ±2.03	70.3 ±10.9
15	20	2,0	7	62	7.1 ±1.15	3.9 ±0.50	3.2 ±1.65	45.0 ±32.9
16	36	2,9	5	75	14.4 ±1.42	3.4 ±0.69	11.0 ±2.11	75.0 ±7.4
17	24	1,9	6	85	16.3 ±0.51	6.4 ±1.19	9.9 ±1.7	60.2 ±8.32
18	32	2,2	5	60	17.5 ±1.47	4.6 ±1.13	12.9 ±2.6	73.6 ±8.77
19	24	2,0	6	60	15.7 ±1.12	7.0 ±0.25	8.7 ±1.37	55.0 ±4.85
20	21	1,8	6	68	12.2 ±1.49	6.1 ±1.51	6.1 ±3.0	50.0 ±17.8
	<b>V<sub>sr.</sub>=24,5</b> ±5.77	<b>t<sub>sr.</sub>=2,23</b> ±0.39		<b>T<sub>sr.</sub>=65,8</b> ±8.2	<b>Z<sub>1</sub>sr=11.54</b> ±3.65	<b>Z<sub>2</sub>sr=4.67</b> ±1.22	<b>r<sub>srCO</sub>=6.86</b> ±2.99	<b>R<sub>sr.</sub>=57.6</b> ±9.31

**nb** – numer osoby badanej

**V** – objętość zaciągania [cm<sup>3</sup>]

**t** – czas zaciągania [s]

**n** – liczba zaciągnięć przy wypaleniu jednego papierosa

**T** – czas przerw pomiędzy zaciągnięciami [s]

**Z<sub>1</sub>** – zawartość CO w dymie wdychanym (GSD) [mg/papieros]

**Z<sub>2</sub>** – zawartość CO w dymie wydychanym [mg/papieros]

**r<sub>CO</sub>** – retencja bezwzględna

**R** – retencja względna [%]

wyniki przedstawione w kolumnach 6 do 9 są średnimi z czterech pomiarów ±SD

wyniki w wierszu 21 opatrzone indeksem „sr” są średnimi wyników w odpowiednich kolumnach ±SD.

W obliczeniach uwzględniono stężenie tlenu węgla w zasobnikach gromadzących dym wdychany i powietrze wydychane, ich objętość i temperaturę, przyjmując że ciśnienie wynosiło 1013 hPa. W tabeli przedstawiono też wartości retencji bezwzględnej, obliczone jako różnice zawartości tlenu węgla w dymie wdychanym z jednego papierosa a zawartością tego związku w powietrzu wydychanym, oraz retencji względnej – obliczanej jako procentowy udział retencji bezwzględnej w zawartości tlenu węgla w dymie wdychanym. Przedstawione w tabeli wyniki stanowią średnią z czterech równoległych pomiarów ( $\bar{X} \pm SD$ ) W tabeli I (w kolumnach 2–5) podano wyniki pomiarów wielkości charakteryzujących sposób palenia papierosów przez badane osoby [2].

Analizując przedstawione w tabeli wyniki stwierdzono znaczne różnice w zakresie mierzonych wielkości. Różnice dotyczyły przede wszystkim zawartości CO w dymie wdychanym ( $Z_1$ ) i powietrzu wydychanym ( $Z_2$ ), oraz retencji bezwzględnej ( $r_{CO}$ ), natomiast w znacznie mniejszym stopniu retencji względnej ( $R$ ). Większość wyników w obrębie swoich grup  $Z_1$ ,  $Z_2$  i  $r_{CO}$  różni się statystycznie parami od siebie, na poziomie  $P > 0,95$ .

W przypadku retencji względnej  $R$  stwierdzono sytuację odmienną. Większość wyników retencji względnej mierzone u poszczególnych badanych statystycznie nie różnią się parami od siebie ani od ich wartości średniej.

Przeprowadzona analiza wyników testem *Newmana-Kulesa* potwierdziła, że wyniki zawartości tlenu węgla w dymie wdychanym ( $Z_1$ ), a w większym stopniu wyniki retencji bezwzględnej ( $r_{CO}$ ), są znacznie zróżnicowane. W zakresie wyników dotyczących zawartości tlenu węgla w dymie wdychanym ( $Z_1$ ) można wyróżnić grupy których średnie różnią się statystycznie od średnich innych grup na poziomie  $P = 0,95$ , a mianowicie wyniki dotyczące osób o numerach: 1, 2, 3, 5, 6, 14, 19; 4, 7, 9, 10, 11; 8; 17, 18, 19 (cztery grupy). W zakresie wyników dotyczących retencji bezwzględnej ( $r_{CO}$ ) 1, 2, 3, 17, 19; 4, 5, 6, 7, 12, 20; 8, 13; 7, 10, 15; 14, 16, 17; i 18 (sześć grup).

Analiza wariancji testem *Scheffe* wykazała, że wartości retencji względnej ( $R$ ) wyznaczone u wszystkich badanych nie różnią się od siebie w obrębie całej grupy (nie można wyróżnić żadnych grup wyników których średnia różni się od innych na poziomie  $P = 0,95$ ).

## Współzależność uzyskanych wyników

Ocena wpływu warunków palenia (objętość i czas zaciągania, oraz czas przerw między zaciągnięciami) na zawartość tlenu węgla w GSD i jego retencję w układzie oddechowym palacza polegała na obliczeniu równań regresji i współczynników korelacji (wraz z oceną ich znamienności statystycznej) dla różnych kombinacji badanych wielkości. Wyniki powyższych obliczeń zestawiono w tabeli II.

Analizując wartości współczynników korelacji równań liniowej regresji opisujących współzależności przedstawione w tabeli II (pozycja 1–9), stwierdzono szereg prawidłowości.

Oceniając wpływ warunków charakteryzujących sposób palenia na zawartości tlenu węgla w GSD można wnioskować, że wielkość ta zależy przede wszystkim od objętość zaciągania (pozycja 1;  $r = 0,8923$  jest statystycznie znamienny dla  $\alpha < 0,001$ ) i w mniejszym stopniu od czasu zaciągania (pozycja 4;  $r = 0,4747$  jest statystycznie znamienny dla  $\alpha < 0,05$ ). Czas przerw nie wpływa na zawartość CO w GSD. Oceniając wpływ warunków charakteryzujących sposób palenia na retencję bezwzględną można stwierdzić podobne zależności. Retencja bezwzględna zależy od objętości zaciągania (pozycja 2;  $r = 0,7913$  jest statystycz-

Tabla II. Zestawienie parametrów równań regresji ( $y = a + b$ ) charakteryzujących współzależność analizowanych wielkości  
Statement of the regression parameters ( $y = a + b$ ) characterizing relationship between analyzed quantities

Pozycja	y	x	b	a	r	$\gamma$ (n-2)	Korelacja		
							p≤0.05	p≤0.01	p≤0.001
1	zawartość CO w GSD [mg]	objętość zaciągania [cm <sup>3</sup> ]	0.6211	0.4955	0.8923	18	+	+	+
2	Retencja względna [%]	objętość zaciągania [cm <sup>3</sup> ]	22.578	1.4249	0.7913	18	+	+	+
3	retencja bezwzględna [mg]	objętość zaciągania [cm <sup>3</sup> ]	0.2416	0.3111	0.3893	18	-	-	-
4	zawartość CO w GSD [mg]	czas zaciągania [s]	1.6452	4.4393	0.4747	18	+	-	-
5	Retencja względna [%]	czas zaciągania [s]	28.802	12.896	0.5408	18	+	-	-
6	retencja bezwzględna [mg]	czas zaciągania [s]	-1.663	3.8248	0.4983	18	+	-	-
7	zawartość CO w GSD [mg]	czas przerw pomiędzy zaciągnięciami [s]	8.3179	0.0490	0.0123	18	-	-	-
8	Retencja względna [%]	czas przerw pomiędzy zaciągnięciami [s]	53.176	0.0665	0.0591	18	-	-	-
9	retencja bezwzględna [mg]	czas przerw pomiędzy zaciągnięciami [s]	4.456	0.0365	0.1009	18	-	-	-
10	Retencja względna [%]	zawartość CO w GSD [mg]	35.896	1.8740	0.7427	18	+	+	+
11	retencja bezwzględna [mg]	zawartość CO w GSD [mg]	-2.144	0.7804	0.9507	18	+	+	+
12	retencja bezwzględna [mg]	Retencja względna [%]	-9.632	0.2866	0.8804	18	+	+	+

r – współczynnik korelacji, n – liczba pomiarów (20),  $\gamma$  – liczba stopni swobody (18), p – poziom istotności, ( + ) korelacja dodatnia, ( - ) brak korelacji

nie znamienne dla  $\alpha < 0,001$ ) i czasu zaciągania (pozycja 6;  $r = 0,4983$  jest statystycznie znamienne dla  $\alpha < 0,05$ ). Retencja względna zależy tylko od czasu zaciągania się (pozycja 5;  $r = 0,5408$  jest statystycznie znamienne dla  $\alpha < 0,05$ )

Opis współzależności retencji bezwzględnej i względnej od zawartości CO w GSD oraz względnej i bezwzględnej od siebie (pozycja 10,11 i 12) wskazuje, że występuje między nimi silna korelacja. Współczynniki korelacji  $r$  wynoszące odpowiednio 0,7427, 0,9507, i 0,8804 i są znamienne statystycznie na poziomie istotności  $\alpha < 0,001$ .

#### DYSKUSJA

Wielkość narażenia palaczy papierosów na tlenek węgla zawarty w dymie tytoniowym uwarunkowana jest bezwzględną wartością retencji tego związku z dymu w ustroju palacza. Wielkość retencji zależy od dawki tlenu węgla wprowadzanego do płuc wraz z dymem papierosowym i od głębokości zaciągania się dymem. Wymienione czynniki wydają się być silnie zindywidualizowane, gdyż nie tylko głębokość zaciągania, ale także stężenie tlenu węgla w dymie papierosowym zależą od sposobu palenia tj. od objętości zaciąganego dymu, oraz czasu trwania zaciągania się i przerw pomiędzy zaciągnięciami [2].

Informacja o zawartości tlenu węgla w dymie papierosowym, udostępniana przez producenta papierosów, dotyczy oznaczeń w dymie wytwarzanym w symulatorze palenia z zachowaniem standardowych warunków palenia. Dane te wydają się być przydatne tylko do porównania jakości różnych gatunków papierosów ale są niewystarczające do oceny rzeczywistego ryzyka indywidualnych palaczy związanego z obecnością tlenu węgla w dymie papierosowym.

Ocena narażenia indywidualnych palaczy papierosów na tlenek węgla zawarty w dymie papierosowym polegała na określeniu bezwzględnej i względnej retencji tego związku z dymu w układzie oddechowym osób badanych wypalających ten sam gatunek papierosów. W tym celu bilansowano:

1 – zawartość tlenu węgla wprowadzanego do układu oddechowego palacza wraz z wdychanym dymem papierosowym – GSD (ytwarzanego w symulatorze palenia papierosów) i

2 – zawartość tlenu węgla w powietrzu wydychanym przez osoby palące (po zaciągnięciu się dymem).

Różnicę między tymi ilościami traktowano jako bezwzględną retencję tlenu węgla w układzie oddechowym palaczy.

Dokładna charakterystyka indywidualnego sposobu palenia przeprowadzona opracowaną metodyką [2] umożliwiła wytwarzanie w symulatorze palenia GSD o składzie dymu wdychanego przez poszczególnych palaczy

Drugim niezbędnym warunkiem, zapewniającym wiarygodność wyznaczonych wartości retencji tlenu węgla, było zagwarantowanie że gromadzone (po zaciągnięciu się dymem) powietrze wydychane przez palacza zawiera praktycznie całą nie wchłoniętą przez płuca ilość tlenu węgla. Zastosowanie zasobnika gromadzenia tej frakcji powietrza o dużej pojemności ( $20 \text{ dm}^3$ ) z elastyczną membraną, umożliwiło gromadzenie wszystkich wydechów pomiędzy kolejnymi zaciągnięciami. Liczba dziesięciu gromadzonych wydechów gwarantowała że ponad 90% nie wchłoniętego tlenu węgla zostaje wydalone z płuc (przeciętny współczynnik wymiany powietrza w płucach wynosi 0,8 [5]).

Analizując wyniki zawartości CO w GSD (tabela I) stwierdzono znaczne ich zróżnicowanie w zależności od sposobu palenia papierosów (generowania dymu przez osoby bada-

ne), wartości zamykały się w granicach od 3,5 do 17,5 mg/papieros. Wynika to przede wszystkim z liniowej zależności zawartości tlenu węgla w GSD od objętości zaciąganego dymu przez badanych palaczy i w mniejszym stopniu od czasu zaciągania się dymem. Należy wszakże zwrócić uwagę, że średnia zawartość tlenu węgla w GSD, oznaczona w grupie badanych palaczy, wynosząca  $11,54 \pm 3,65$  mg/papieros, mieści się w granicach oznaczanych przez Dalhamna i współl. [3]. Podobnie wysokie zróżnicowanie wyników dotyczy retencji bezwzględnej ( $1,8 \pm 0,63$  do  $12,9 \pm 2,6$ ), także liniowo zależnej od objętości i czasu zaciągania. Z oczywistych powodów między zawartością tlenu węgla w GSD a jego retencją w organizmie palacza występuje także silna korelacja liniowa (tabela II).

Odmierna sytuacja występuje w przypadku retencji względnej, której wartości różnicują się słabiej u indywidualnych palaczy. Jednak retencja względna, chociaż w mniejszym stopniu niż retencja bezwzględna, zależy również od objętości i czasu zaciągania się, oraz od zawartości tlenu węgla w GSD. Wartość średnia wynosząca  $57,6 \pm 9,31$  zbliżona jest do wartości podanej przez Dalhamna [3].

W dalszej części pracy obliczono teoretyczny wzrost stężenia hemoglobiny tlenko-węglowej (HbCO) we krwi badanych osobników narażonych na tlenek węgla wchłaniany z jednego papierosa z uwzględnieniem nawyków palenia. Stwierdzono różnice we wzroście HbCO we krwi poszczególnych palaczy; uzyskane w tym zakresie wyniki zamykały się w granicach 0,16 – 1,15%. Średnia wartość przyrostu wynosiła  $0,619 \pm 0,27\%$  HbCO/papieros i nie odbiegała od wartości uzyskanych przez innych autorów [6] oraz badań własnych [1].

Następnie obliczono przewidywany poziom HbCO u poszczególnych badanych osób po wypaleniu w ciągu dnia 20 papierosów, przyjmując 50 min. przerwy w wypalaniu kolejnego papierosa i uwzględniając szybkość eliminacji CO z organizmu. Stężenie HbCO wyrażono

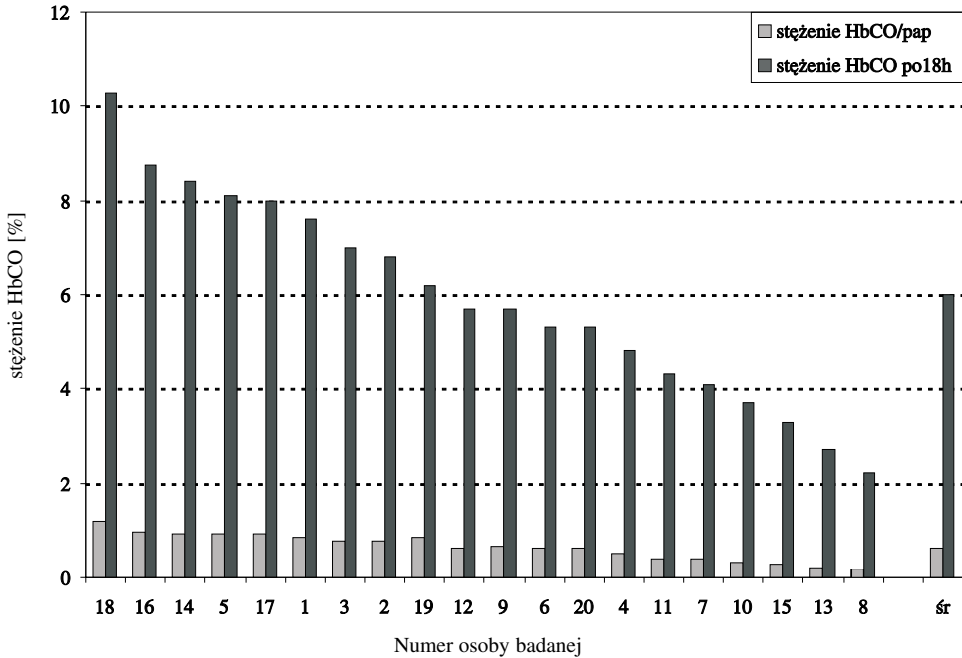
$$\%HbCO = \Delta HbCO/papieros \times 8,09 + 1$$

- %HbCO – przewidywane stężenie HbCO po wypaleniu dwudziestu papierosów w odstępach 50 minutowych [%]
- $\Delta HbCO/papieros$  – przewidywany wzrost stężenia HbCO po wypaleniu jednego papierosa [%]
- 8,09 – współczynnik liczbowy uwzględniający spadek stężenia HbCO w wyniku eliminacji tlenu węgla z organizmu (czas biologicznego półtrwania tlenu węgla w organizmie wynosi 291 minut [6])
- 1 – przeciętne stężenie fizjologiczne HbCO we krwi [%]

Wyliczone wartości różniły się w zależności od badanego palacza i wynosiły od 2,3 do 10,3; średnio 5,90% HbCO.

Przewidywane wartości wzrostu hemoglobiny tlenko-węglowej po wypaleniu jednego papierosa i pod koniec dnia u poszczególnych badanych palaczy przedstawiono na ryc. 1.

Nałóg palenia tytoniu należy traktować jako jeden z czynników narażenia środowiskowego obejmujących szerokie kręgi społeczeństwa (od niepełnoletnich po ludzi wieku podeszłego, w tym niejednokrotnie grup podwyższonego ryzyka, jak na przykład kobiet w ciąży, czy ludzi z niewydolnością krążenia), z uwzględnieniem czasu narażenia (palenie trwa poza okresem snu praktycznie przez całą dobę, bez przerw weekendowych i urlopowych).



Ryc. 1. Przewidywany przyrost stężenia HbCO we krwi palaczy po wypaleniu jednego papierosa oraz pod koniec dnia  
 Predicted increase in HbCO smokers blood concentration after smoking one cigarette and at the end of the day

Z uwagi na brak bezpośrednich normatywów biologicznego wskaźnika narażenia ludzi na tlenek węgla występujący w powietrzu atmosferycznym – dopuszczalnego stężenia HbCO we krwi – posłużono się równaniem *Petersona Stewarda* [cyt. za 6] które pozwoliło na określenie jakie średnie stężenie tlenku węgla w powietrzu atmosferycznym, wdychanym przez 24 godziny odpowiada wyznaczonemu uprzednio stężeniu HbCO we krwi po wypaleniu 20. papierosów. Porównując otrzymane wartości równoważnych stężeń dobowych tlenku węgla ze stężeniem dopuszczalnym w powietrzu atmosferycznym obszarów chronionych –  $5\text{mg}/\text{m}^3$  [4], można liczbowo ocenić zarówno wielkość narażenia palaczy papierosów na tlenek węgla w kategoriach narażenia środowiskowego jak też wpływ zindywidualizowanego sposobu palenia papierosów. Wykonane obliczenia wykazały, że wypalanie paczki stosowanych do badań papierosów (zawartość tlenku węgla w standardowym GSD równym  $17,5\text{ mg}/\text{papieros}$ ) może, w zależności od sposobu palenia, powodować wzrost stężenia hemoglobiny tlenko-węglowej we krwi odpowiadający oddychaniu powietrzem atmosferycznym o stężeniu tego tlenku węgla wynoszącym od  $6,96$  do  $26,9\text{ mg}/\text{m}^3$ , tj. średnio 3,5 razy przekraczającym dopuszczalne stężenie dobowe.

#### WNIOSKI

1. Sposób wypalania papierosów przez osoby palące jest silnie zindywidualizowany (objętość i czas zaciągania się dymem oraz czas przerw pomiędzy zaciągnięciami), co zasad-



niczo rzutuje na zawartość tlenu węgla w GSD powstającym podczas palenia papierosów przez poszczególnych palaczy. Ilość tlenu węgla zależy przede wszystkim od objętości, w mniejszym stopniu od czasu zaciągania się dymem. Podobne współzależności odnoszą się do retencji bezwzględnej. Retencja względna tlenu węgla w ustroju palacza jest w mniejszym stopniu, choć również zależna, od tych samych wielkości.

2. Wypalanie dziennie paczki papierosów o przeciętnej zawartości tlenu węgla w GSD może powodować skutki jakie wywołuje u ludzi oddychanie powietrzem atmosferycznym zawierającym tlenek węgla w stężeniu 1,2 do 5,5-krotnie przekraczającym jego stężenia dopuszczalne w powietrzu atmosferycznym.

J. Czogała

THE EFFECT OF INDIVIDUALLY DIVERSIFIED SMOKING PROCESS  
ON CARBON MONOXIDE RETENTION IN ACTIVE  
SMOKERS' RESPIRATORY TRACT AND THE RESULTS VALIDATION BASED  
ON ENVIRONMENTAL CATEGORIES

Summary

Cigarette smoke, treated as smoke inhaled by active smokers, was generated using self-made smoking-machine and with application of formerly established parameters of individual smoking process. Carbon monoxide was analysed in generated smoke. It was concluded, that diversified smoking process is very individual (different volume and duration time of puff and intervals between puffs) and therefore influences levels of carbon monoxide in MS (from 3.5 to 17.5 mg/cigarette). Simultaneously, carbon monoxide was analysed in exhaled air by active smokers just after each puff. Difference between inhaled and exhaled dose of carbon monoxide was treated to calculated individual retention of carbon monoxide in active smoker's respiratory tract. Mean relative retention was 57.6% and differences between single values were lower than in the cases of CO levels in MS and absolute retention. Estimation of carbon monoxide inhaled doses was proceeded according to environmental standards. Forecasted blood concentration of HbCO after smoking of twenty cigarettes equals 2.3 to 10.4%. These results are similar to the situation that people would inhale air containing CO with concentration 1.2 to 5.5-times higher than limiting value.

PIŚMIENNICTWO

1. Czogała J.: Wpływ palenia papierosów na kształtowanie się narażenia środowiskowego na tlenek węgla mieszkańców terenów silnie i słabo uprzemysłowionych. Roczn. PZH 1998, 49, 231–240.
2. Czogała J.: Doświadczalna charakterystyka sposobu palenia papierosów oraz metodyka wyznaczania retencji tlenu węgla z dymu papierosowego. Chemia i Inżynieria Ekologiczna (wysłana do druku).
3. Dalhamn T., Edfors M. L., Rylander R.: Retention of cigarette smoke in human lungs. Arch. Environ. Health 1968, 17, 746–748.
4. Dziennik Ustaw, Warszawa, 6 maja 1998 r. Nr 55, poz 355, Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 23.04.1998 r. w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu.
5. Jethon Z., Kasucki P., Rogoziński A.: Normy Fizjologiczno-Higieniczne w Medycynie Przemysłowej. Wyd. II. PZWL Warszawa 1982.
6. Kryteria Zdrowotne Środowiska: Tlenek Węgla, PZWL Warszawa 1987 t. 13.
7. Routine analytical cigarette-smoking machine – Definitions and standard conditions, ISO 3308, Geneva, 1986.

8. *Wardas W., Makowski A., Czogała J., Nowak J.*: Determination of carbon monoxide in main and side stream of cigarette smoke by gas chromatography method with the application of carbosieve. *Chem. Anal. (Warsaw)* 2000, 45, 529–535.

Otrzymano: 2003.03.03