

# ZMIANY ZACHODZĄCE W UKŁADZIE KRAŻENIA I ODDYCHANIA CZŁOWIEKA PRZEBYWAJĄCEGO W SPOCZYNKU W WYŻSZEJ TEMPERATURZE OTOCZENIA

WPLYW SUCHEGO GORĄCA

Z Sekcji Fizjologii Pracy Inst. Med. Pracy w Przem. Węglowym i Hutniczym  
w Rokitnicy

Kierownik: prof. dr *Br. Zawadzki*

Z III Kliniki Chorób Wewnętrznych Śląskiej A. M. w Bytomiu

Kierownik: prof. dr *K. Gibiński*

Prace doświadczalne wykonano w Ośrodku Badań Lekarskich Ratowników  
przy Stacji Ratownictwa Górniczego PW w Bytomiu

Powyższy temat ujęty jest w Centralnym Planie Ministerstwa Zdrowia. Zadanie, jakie postawiono sobie w niniejszej pracy polegało na zbadaniu wpływu wysokiej temperatury otoczenia na ustrój robotników. Znaczenie tego problemu przedstawiono w poprzedniej pracy (2). Badania prowadzono zespołowo, przy czym współpracowano z Ministerstwem Górnictwa, a w szczególności ze Stacją Ratownictwa Górniczego. Wykonane badania dotyczyły ratowników górniczych, tj. górników ratujących życie swoich towarzyszy oraz mienie społeczne. W swej szczytnej pracy są oni bardzo silnie narażeni na działanie wysokiej temperatury otoczenia.

## I. WPLYW WYSOKIEJ TEMPERATURY OTOCZENIA NA CZĘSTOŚĆ TĘTNA I CIŚNIENIA KRWI

Wykonane badania dotyczyły wpływu wysokiej temperatury otoczenia na częstość tętna, maksymalne i minimalne ciśnienie tętnicze krwi oraz ciśnienie tętna, w zależności od wieku badanych i od kolejnego dnia badania.

### METODYKA

Badania przeprowadzono na ratownikach górniczych w wieku 20—45 lat, którzy w badaniu fizykalnym nie wykazywali odchyień od normy i zostali uznani za zdolnych do pracy w ratownictwie górniczym. Przebadano 149 ratowników trzykrotnie w odstępach 2—3-dniowych. Częstość tętna oznaczano licząc ilość uderzeń tętna na tętnicy promieniowej w okolicy nadgarstka w czasie 60 sek. Ciśnienie tętnicze krwi oznaczano manometrem sprężynowym typu „Tycos“. Oznaczono częstość tętna i ciśnienie krwi najpierw w warunkach laboratorium (temp. 18°—22°), następnie

zaś w odstępach 30 min. w czasie 3-godzinnego pobytu w komorze cieplnej (temp. termometru suchego 39°—47°, wilgotnego 26°—29°, wilgotność wzgl. ok. 26%). Badani przebywali w komorze cieplnej w spoczynku. Dokładny opis komory cieplnej podano w doniesieniu *J. Dutkiewicza* (2).

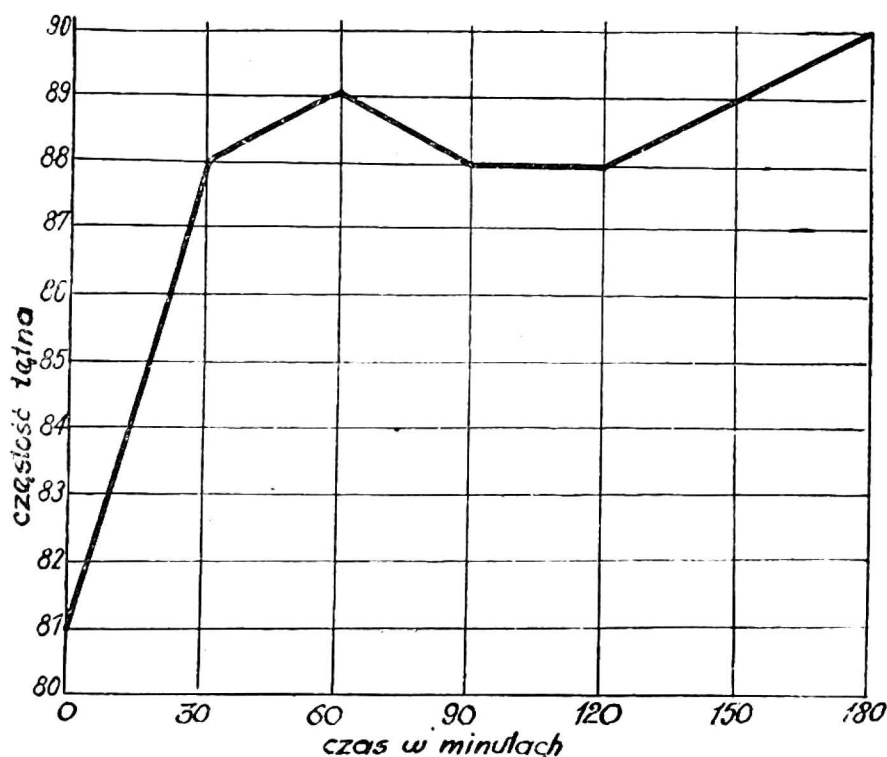
### WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki uzyskane z 3129 pomiarów częstości tętna i tyłuż oznaczeń ciśnienia krwi poddano analizie statystycznej, dzieląc uprzednio cały materiał na dwie grupy, w zależności od wieku osób: 1) od 20 do 30 lat, 2) od 31 do 45 lat.

Ponieważ porównanie średniej uzyskanej dla grupy osób w wieku 20—30 lat ze średnią dla grupy w wieku 31—45 lat nie ujawniło istnienia różnicy znamiennej między nimi ( $t$  zawsze  $< 3$ ), jeśli chodzi o zachowanie się tętna tak przed, jak i w czasie pobytu w komorze cieplnej, jak również porównanie średnich wartości tętna dla każdego z 3 dni badań u tej samej osoby nie wykazało znamienych różnic ( $t < 3$ ) — można dla tętna obie grupy ująć jako jedną całość. Tabela I zawiera wyniki średniej częstości tętna bez względu na wiek badanych i dzień badania, zaś ryc. 1 przedstawia graficzne zachowanie się częstości tętna u badanych w czasie ich pobytu w komorze cieplnej.

Tabela I  
Częstość tętna na 1 min. Liczba obserwacji 447.

Mierniki statystyczne	Przed próbą	Podczas próby w komorze po upływie:					
		30 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	160 min.
Średnia arytmetyczna . . .	81	88	89	88	88	89	90
± średni błąd wzorcowy . . .	±0,53	±0,54	±0,50	±0,52	±0,48	±0,49	±0,53



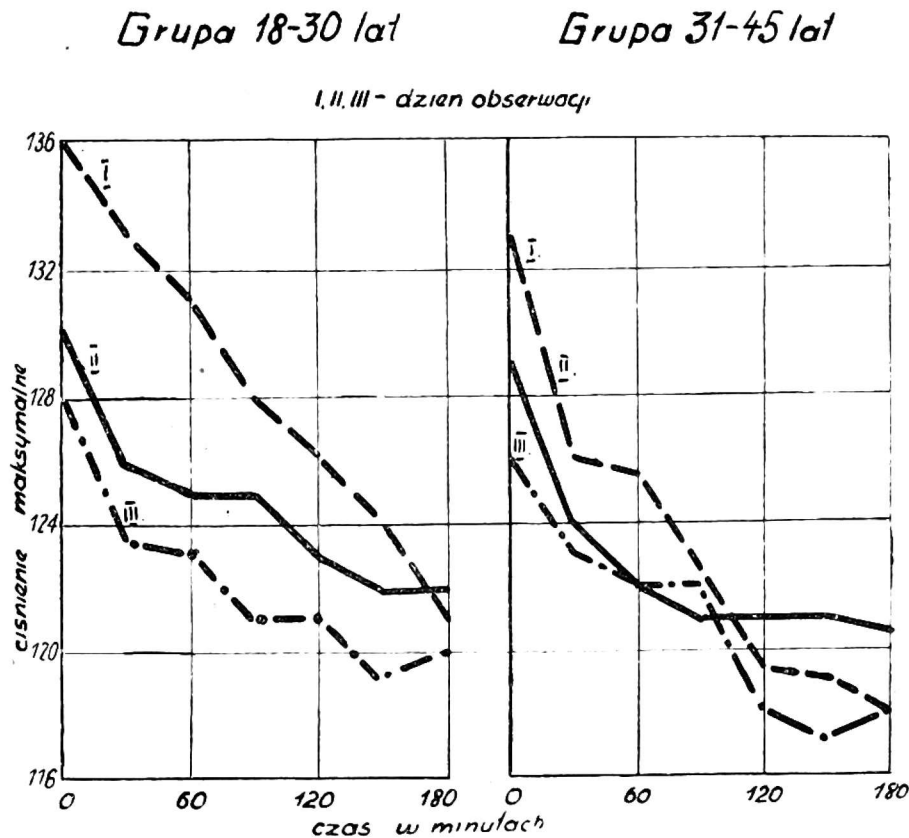
Ryc. 1

Jak widać z tabeli I i ryc. 1 częstość tętna po 30 min. pobycie w komorze cieplnej wzrasta w stosunku do średniej uzyskanej w laboratorium,

przy czym wzrost ten jest wysoce znamienny ( $t = 9,3$ ). W ciągu całego dalszego pobytu w komorze częstość tętna utrzymuje się na osiągniętym poziomie. Obliczony test znamienności różnic między średnimi kolejnych 6 obserwacji okazał się zawsze mniejszy od 3 ( $t < 3$ ).

Obecnie w toku są badania, w których oznacza się tętno co 5 min. w ciągu 30 min. pobytu w komorze celem ustalenia właściwego momentu znamiennego wzrostu częstości tętna.

Wyniki dotyczące zachowania się maksymalnego ciśnienia tętniczego krwi u osób przebywających w komorze cieplnej przedstawiają się nieco inaczej. Co prawda nie stwierdzono znamiennych różnic w maksymalnym ciśnieniu krwi między osobami młodszymi a starszymi ( $t < 3$ ), ale porównanie średnich uzyskanych w każdym z 3 dni badań dało już pewne różnice. I tak średnie wyrażające maksymalne ciśnienie mierzone w warunkach laboratorium zmniejszają się od wartości najwyższych w 1 dniu badań do najniższych w 3 dniu badań. Różnica znamienna istnieje między średnią 1 dnia i 3 dnia badań ( $t = 5$ ). Poza tym w grupie osób w wieku 20—30 lat średnia uzyskana w 3 dniu badań po 30 min. pobycie w komorze jest też znamiennie niższa od analogicznej średniej 1 dnia badań ( $t = 6,3$ ).



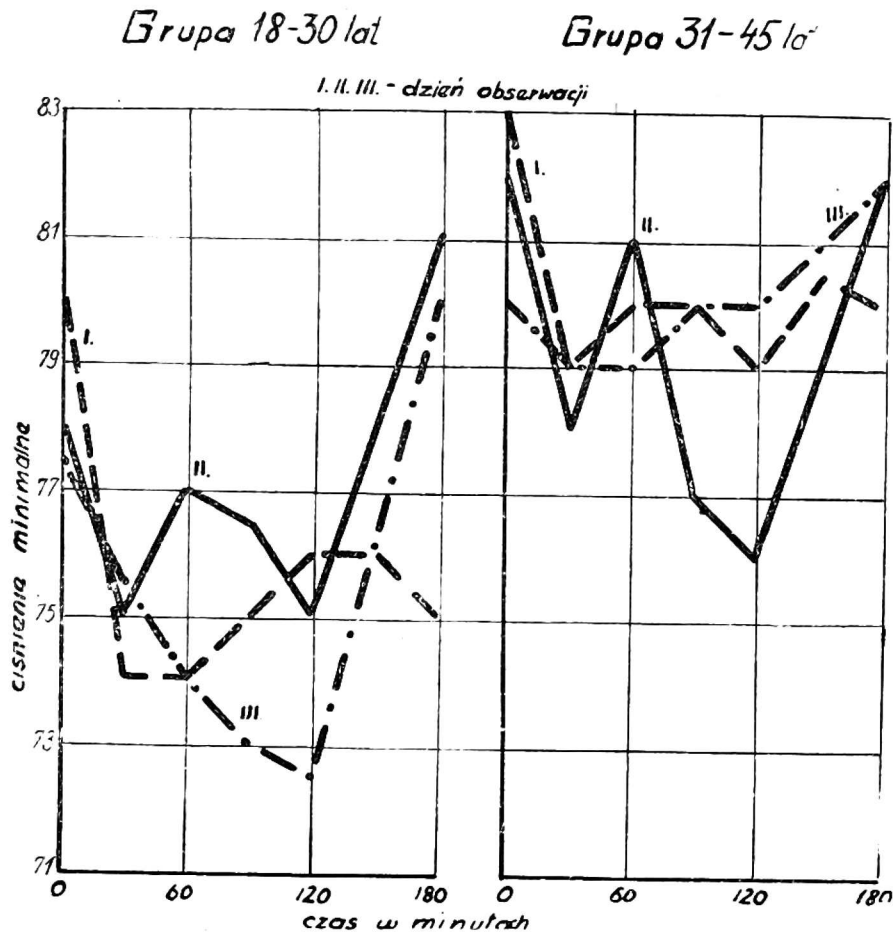
Ryc. 2

Rycina 2 przedstawia zachowanie się wartości maksymalnego ciśnienia tętniczego krwi w czasie pobytu badanych w komorze. Widać z niej, że wartości średnich maksymalnego ciśnienia krwi obniżają się w miarę pobytu w komorze cieplnej. I tak w grupie osób młodych znamienny spadek wartości maksymalnego ciśnienia mierzonego w komorze w stosunku do wartości otrzymanych w laboratorium zaznacza się w 1 i 3 dniu badań po 30 min. (w 1 dniu  $t = 3,66$ , w 3 dniu  $t = 3,41$ ), a w 2 dniu po 120 min. pobycie w komorze cieplnej ( $t = 4,1$ ). W grupie ratowników starszych znamiennie obniża się maksymalne ciśnienie w 1 dniu po 90 min. ( $t = 4,0$ ), w 2 dniu po 60 min. ( $t = 3,3$ ), a w 3 dniu po 120 min.

pobycie w komorze ( $t = 4,3$ ). Przebywanie zatem w wyższej temperaturze otoczenia powoduje stały spadek wartości maksymalnego ciśnienia krwi, przy czym znamienne niższą wartość osiąga ono przeciętnie po 90 min. pobycie w ciepłe. Średnie oznaczone dla okresu czasu 120 min., 150 min. i 180 min. pobytu w wysokiej temperaturze są zawsze znamienne niższe od średnich uzyskanych w laboratorium ( $t > 3$ ).

Przeprowadzenie podobnych porównań wartości średnich dla minimalnego ciśnienia krwi dało następujące wyniki:

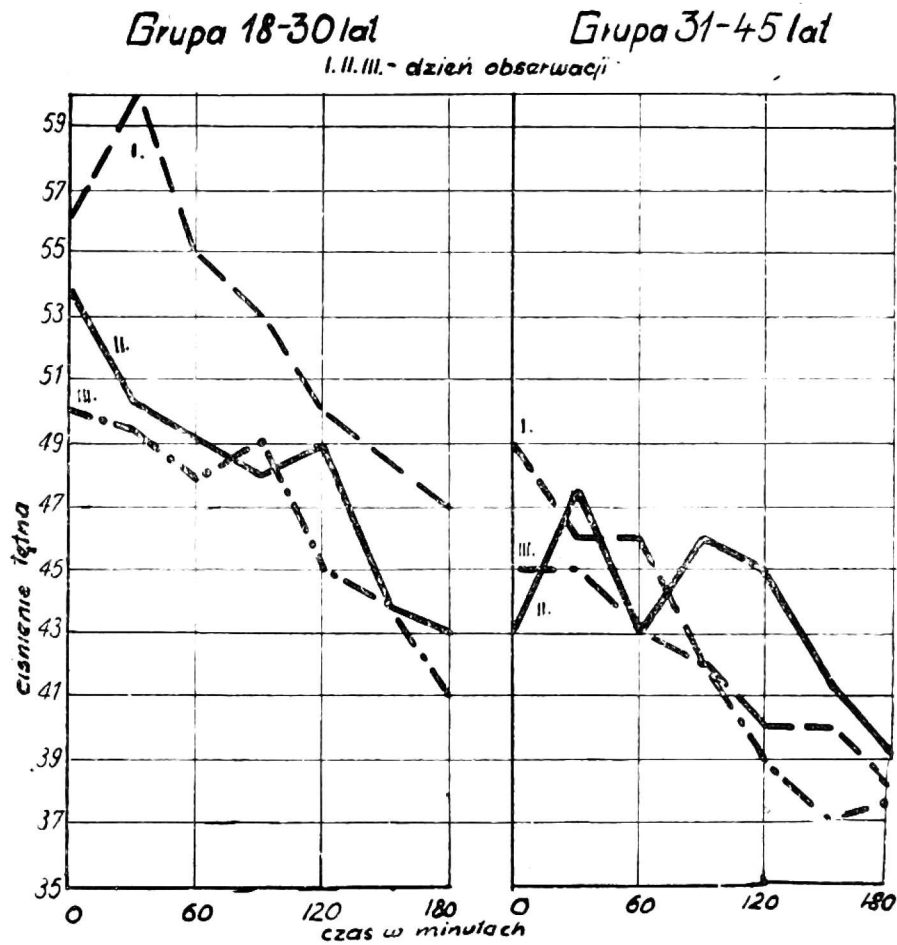
W grupie osób starszych wartości minimalnego ciśnienia krwi podczas pobytu w komorze nie uległy znamienym zmianom ( $t < 3$ ), natomiast w grupie osób młodych zanotowano znamienne obniżenie minimalnego ciśnienia w 1 dniu badań po 30 min. pobycie w komorze ( $t = 3,58$ ) w 2 dniu wystąpił także spadek aczkolwiek nieznamienny, zaś w 3 dniu wystąpił znamienny spadek minimalnego ciśnienia po 120 min. pobycie w komorze ( $t = 3,3$ ). Pod koniec prób ciśnienie minimalne powracało do wartości wyjściowych. Graficznie ujęto powyższe zmiany na ryc. 3.



Ryc. 3

Poza tym porównano średnie osobno dla grupy osób młodych i starszych w 1, 2 i 3 dniu badań. Znalaziono u młodych znamienne wyższe wartości średnich minimalnego ciśnienia po 180 min. pobycie w komorze w 2 i 3 dniu, w porównaniu z 1 dniem ( $t = 4$ ). Jak już wspomniano, w grupie osób młodych minimalne ciśnienie obniżyło się w 1 i 3 dniu badań, natomiast nie zmieniło się u osób starszych. Wobec tego pojawiają się przy porównaniu średnich tych dwóch grup w 1 i 3 dniu badań znamienne różnice między odpowiednimi średnimi. Mianowicie znamienne wyższe wartości w grupie osób starszych w porównaniu z młodszymi stwierdzono po 30 min. pobycie w komorze w 1 dniu badań ( $t = 3,13$ ), a w 3 dniu badań po 90 min. pobycie w komorze ( $t = 5,39$ ), po 120 min. ( $t = 4,7$ ), oraz po 150 min. ( $t = 3,13$ ).

Wartości liczbowe ciśnienia tętna zależą od wartości liczbowej maksymalnego i minimalnego ciśnienia krwi. Stwierdzono, że ciśnienie tętna w miarę pobytu badanych w komorze cieplnej obniża się. W grupie osób młodych znamienne obniżenie wartości występuje w 1 i 3 dniu badań po 150 min. (w dniu  $t = 3,4$ , w 3 dniu  $t = 3,3$ ), a w 2 dniu badań po 90 min. pobycie w komorze ( $t = 3,4$ ), zaś w grupie osób starszych znamienne spadki ciśnienia tętna występuje w 1 i 3 dniu badań po 120 min. przebywania w wyższej temperaturze (w 1 dniu  $t = 4,0$ , w 3 dniu  $t = 3,15$ ), zaś w 2 dniu wartości są zmienne. Zmiany powyższe ilustruje ryc. 4.



Porównanie średnich ciśnienia tętna uzyskanych w każdym z trzech kolejnych dni badań dla grupy osób młodych i starszych nie ujawniło różnic znamiennych, z wyjątkiem znamiennej różnicy między wartościami 1 i 3 dnia badań po 30 min. pobycie w komorze spostrzeganym u osób młodych ( $t = 4,5$ ).

## II. ZMIANY WARTOŚCI HEMOGLOBINY I LICZBY KRwinek CZERWONYCH W KRWI LUDZI PRZEBYWAJĄCYCH W WYŻSZEJ TEMPERATURZE OTOCZENIA

Celem niniejszej pracy było zbadanie zmian zawartości hemoglobiny i liczby krwinek czerwonych we krwi robotników przebywających w suchym gorącu.

### METODYKA

Przebadano około 250 ratowników górniczych w wieku 20—45 lat, ogólnie zdrowych i specjalnie nie wybieranych do badań.

Zawartość hemoglobiny w 100 ml krwi oznaczano u ratowników następującym sposobem:

Z opuszki palca pobierano pipetką Sahliego 20 mm<sup>3</sup> krwi i dodawano ją do 6 ml roztworu amoniakalnego (skład roztworu: 4 ml 27% amoniaku i 1 000 ml aq. dest.). Spektrofotometrem Colemana mierzono ekstynkcję tej tak rozcieńczonej krwi, w naczynku o średnicy 15 mm i przy długości fali świetlnej  $h = 545 \text{ m}\mu$ . Następnie porównywano uzyskaną wartość ekstynkcji z ekstynkcją wzorcowego roztworu oksyhemoglobiny. Ten wzorcowy HbO<sub>2</sub> sporządzano w ten sposób, że z opuszki palca pobierano trzy próbki krwi po 20 mm<sup>3</sup> trzema pipetkami Sahliego i dodawano je do 6 ml roztworu amoniakalnego, uzyskując tym samym trzy próbki o rozcieńczeniu około 1:300. Tę samą krew pobierano równocześnie większą pipetką w ilości 0,1 ml po czym dodawano ją do 9,9 ml roztworu amoniakalnego. Zawartość HbO<sub>2</sub> w tej ostatniej próbce oznaczano metodą *Heilmeyera-Sundermanna* (4). Mianowicie w naczynku grubości 5 mm mierzono jej ekstynkcję na fotometrze Pulfricha wyposażonym w lampę kwarcową HQE 40, przy użyciu filtru S<sub>53</sub> (linia rtęciowa  $\lambda = 546 \text{ m}\mu$ ) i filtru S<sub>57</sub> (linia rtęciowa  $\lambda = 578 \text{ m}\mu$ ). Zawartość oksyhemoglobiny w g/100 ml krwi wyliczano ze wzoru:

$$c = \frac{k_1 \cdot E_{546} + k_2 \cdot E_{578}}{2}; \text{ gdzie}$$

- $c$  = szukane stężenie HbO<sub>2</sub> we krwi,
- $k_1$  = współczynnik o wartości 25,6,
- $k_2$  = współczynnik o wartości 23,2,
- $E_{546}$  = odczytana wartość ekstynkcji przy filtrze S<sub>53</sub>,
- $E_{578}$  = odczytana wartość ekstynkcji przy filtrze S<sub>57</sub>.

Następnie w trzech próbkach krwi rozcieńczonej 1:300 oznaczono ekstynkcję na spektrofotometrze Colemana i wyliczono średnią. Ta średnia wartość ekstynkcji odpowiadała zawartości HbO<sub>2</sub> oznaczonej uprzednio na fotometrze Pulfricha, gdyż była to ta sama krew. W dalszym ciągu zawartość HbO<sub>2</sub> wyrażoną w g% odłożono na osi rzędnych, a odpowiadającą jej wartość ekstynkcji na osi odciętych. Zgodnie z teoretycznymi przesłankami wykreślono prostą przechodzącą przez punkt zerowy i punkt przecięcia się zawartości HbO<sub>2</sub> i jej ekstynkcji. Ta prosta służyła do oznaczania hemoglobiny w czasie prowadzonych badań.

Powstał tu jednak pewien błąd wynikający z tego, iż w użytej metodzie oznaczano oksyhemoglobinę, której zawartość we krwi jest nieco mniejsza, gdyż nie cała hemoglobina łączy się z tlenem.

Liczbę krwinek czerwonych w 1 mm<sup>3</sup> krwi liczono w komorze obliczeniowej o głębokości szczeliny 0,1 mm. Brano średnią z 80 kwadracików o polu 1/400 mm<sup>2</sup>. Pobraną z opuszki palca krew rozcieńczano 200 razy w mieszalniku Potaina 3% roztworem soli kuchennej.

Opisane pomiary wykonywano najpierw w spoczynku i w pokojowej temperaturze laboratorium (18—22°), a następnie po 3 godz. pobytu ratowników w komorze cieplnej o temperaturze jak podano w rozdz. I. W komorze ratownicy pozostawali w spoczynku.

Każdego ratownika badano trzykrotnie w odstępach 2—3 dni. Ogółem uzyskano około 1300 oznaczeń, które podano następnie analizie statystycznej, uważając wartości testów zmienności różnic między średnimi „t” przewyższając 3 za znamienne, a przewyższające 5 za wysoce znamienne.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W analizie statystycznej uwzględniono wpływ na mierzone wartości wieku, jako ważnego czynnika biologicznego, jak również zależność

uzyskanych wyników od dnia badania, tzn. porównywano między sobą wartości otrzymane w 1, 2 i 3 kolejnym badaniu.

Tak dokonana analiza nie ujawniła jednak znamiennej różnicy między średnimi uzyskanymi w dwóch grupach wieku uczynionych dowolnie, a z których pierwsza obejmowała osoby w wieku 20—30 lat, zaś druga ratowników starszych, tj. w wieku lat 31—45. Również brak różnicy znamiennej wykazało porównanie średnich z trzech kolejnych badań. We wszystkich porównywanych przypadkach „t” zawsze było mniejsze niż 3.

Ostateczne wyniki zamieszczono w tabeli II. Zawiera ona średnie uzyskane w laboratorium i średnie zmierzone po 3 godz. pobytu w komorze cieplnej.

T a b e l a II

Zawartość hemoglobiny w g% i liczba krwinek czerwonych w 1 mm<sup>3</sup> krwi ratowników, oznaczona przed i po pobycie w komorze cieplnej

Mierniki statystyczne	Zawartość Hb w g%		Liczba krwinek czerw. w 1 mm <sup>3</sup> krwi	
	przed próbą w komorze	po próbie w komorze	przed próbą w komorze	po próbie w komorze
Liczebność . . . . .	433	356	302	127
Średnia arytmetyczna	16,34	16 30	4,932,000	4,943,000
± średni błąd . . . . .	± 0,04	± 0,05	± 45,000	± 53,000
Zakres szeregu liczb . . .	od 14,25 do 19,50	od 14,00 do 19 00	od 2.400,000 do 7,400,000	od 3,000,000 do 6,600,000

Warunki cieplne istniejące w niniejszych badaniach w komorze cieplnej nie zmieniały znamienne zawartości hemoglobiny we krwi ratowników, bowiem wartość testu znamienności różnic widocznych z tab. II wynosi  $t = 0,1$ . Nie zmieniały również znamienne liczby krwinek czerwonych. Wartość odpowiedniego testu wynosi  $t = 2,2$ .

Jak to przedstawiono we wcześniejszej pracy (2), podczas pobytu w komorze cieplnej tracili badani ratownicy skutkiem pocenia około 1,0 kg wody. W następstwie tego należałoby oczekiwać zmniejszenia się ilości wody osocza krwi i zwiększenia w niej skutkiem tego zawartości Hb i liczby krwinek czerwonych. Tymczasem, jak to widać z tab. II, nie stwierdzono takich zmian. Można by przypuścić, że ilość wypoczonej wody była zbyt mała, aby zmienić skład krwi w stopniu możliwym do stwierdzenia stosowaną metodą. Ponadto istnieje możliwość, iż wypoccona woda pochodziła z tkanki skórnej oraz że straty nie były wyrównane przez pobranie wody z krwi, lub że zasze w czasie pobytu w komorze ubytki wody z osocza zostały natychmiast skompensowane pobraniem wody z innych tkanek.

Na zakończenie przytaczamy poniżej wyniki badań wpływu wyższej temperatury otoczenia na zawartość hemoglobiny we krwi, znalezione w dostępnym piśmiennictwie.

I tak *Oudendal* (6) zwrócił uwagę, że u Europejczyków przybywających do Indii wzrasta zawartość Hb do poziomu tubylczej ludności i tłumaczył to wpływem gorąca tropikalnego. Z polskich autorów *Nofer* (5) zwraca uwagę na zależność zawartości we krwi Hb od temperatury otoczenia.

Natomiast *Berry* i współpracownicy (1), a także *Spealman* i współpracownicy (7) utrzymują, że zawartość hemoglobiny nie zmienia się nawet przy bardzo skrajnych temperaturach.

Niniejsze badania najbardziej potwierdzają właśnie te ostatnie spostrzeżenia.

Dziękujemy astyst. techn. *J. Symior* i lab. *U. Bujoczek* za pomoc w pobieraniu próbek krwi.

### III. WPLYW WYŻSZEJ TEMPERATURY OTOCZENIA NA ODDYCHANIE ZEWNĘTRZNE

W pracy chodziło o zbadanie, czy i jakie zachodzą zmiany w: 1) objętości powietrza oddechowego; 2) częstości oddechów; 3) wentylacji minutowej płuc; 4) pojemności życiowej płuc; 5) objętości przestrzeni szkodliwej (martwej); 6) składzie powietrza wydechowego i 7) składzie powietrza pęcherzykowego jako wskaźnikach sprawności zewnętrznego oddychania.

W dokonanych badaniach współpracowano z Ministerstwem Górnictwa, a w szczególności ze Stacją Ratownictwa Górniczego. Górnicy spełniający obowiązki ratowników narażeni są na działanie wysokiej temperatury otoczenia, a warunki w których pracują wymagają prawie zawsze stosowania aparatu izolującego ich od szkodliwej atmosfery, np. gazów kopalnianych, gazów powstających przy pożarach itp. Zresztą potrzeba używania takich aparatów zachodzi także w innych kluczowych gałęziach przemysłu. Uzyskane wyniki dotyczące zachowania się w wyższej temperaturze otoczenia wymienionych powyżej parametrów oddechowych mogą być użyte dla opracowania przepisów o sposobie używania aparatów izolujących. Dotychczasowe bowiem przepisy układane były przez personel techniczny bez porozumiewania się z fizjologami.

#### METODYKA

Badania prowadzono w komorze cieplnej opisanej szczegółowo we wcześniejszej pracy (2) i w warunkach podanych w rozdz. I. Przebadano około 150 ratowników górniczych w wieku 20—45 lat, specjalnie nie wybieranych do badań. Wszyscy oni, po przejściu przez badania lekarskie uznani zostali za ogólnie zdrowych. Ogółem dokonano 2 550 oznaczeń.

1. Powietrze oddechowe mierzono gazomierzem wodnym. Jego wartość średnią wyliczano dzieląc wartość wentylacji minutowej przez liczbę oddechów w minucie (p. poniżej p. 2 i 3). Uzyskane wartości liczbowe przeliczano na objętości powietrza w warunkach podstawowych, tj. sucho mierzonego w temperaturze 0° i przy ciśnieniu 760 mm Hg.

2. Częstość oddechów oznaczano przy pomiarze wentylacji minutowej (p. poniżej p. 3). Każdemu wydechowi do gazomierza odpowiadał ruch jego wskazówki. Liczono dwukrotnie w czasie jednej minuty liczbę ruchów wskazówki gazomierza, po czym obliczano wartość średnią. Czas mierzono stoperem.

3. Wentylację minutową mierzono również gazomierzem wodnym. Badany, siedząc wygodnie, oddychał przez ustnik zaopatrzony w wentyle. Podczas wdychu wentyle ustnika pozwalały na pobieranie powietrza z otaczającej atmosfery, zamykając rurę prowadzącą do gazomierza, a w czasie wydechu powietrze z płuc szło do gazomierza mając wentylami zamkniętą drogę do atmosfery. Oddychanie przez nos



wyłaczano przez założenie na jego miękkie części sprężynowego zacisku. Oddychanie trwało średnio od 3—5 min., po czym odczytaną z gazomierza objętość gazu dzielono przez liczbę minut, w czasie których badany oddychał. Tak uzyskaną wartość wentylacji minutowej sprowadzano następnie do warunków podstawowych dla gazów oraz dokonywano poprawki azotowej.

4. Pojemność życiową płuc mierzono suchym spirometrem Buhla w ten sposób, że badany siedząc wygodnie, po zrobieniu maksymalnego wdechu wydychał do spirometru powietrze z płuca aż do osiągnięcia pozycji maksymalnego wydechu. Szczegóły tego postępowania przedstawiono we wcześniejszej pracy (3).

5. Przestrzeń szkodliwą wyliczano z podanej przez *Bohra* formuły:

$$S = T \frac{e - a}{i - a};$$

gdzie: S — efektywna przestrzeń szkodliwa,

T — objętość powietrza oddechowego,

e — koncentracja tlenu, lub dwutlenku węgla w powietrzu wydychanym podczas normalnego wydechu,

a — koncentracja tlenu lub dwutlenku węgla w powietrzu pęcherzykowym,

i — koncentracja tlenu lub dwutlenku węgla w powietrzu wdychanym.

Ad e. Koncentrację tlenu i dwutlenku węgla w powietrzu wydychanym podczas normalnego wydechu oznaczano w ten sposób, że w toku badania przedstawionego powyżej w p. 3, otwór wylotowy gazomierza wodnego łączono z rurą gumową o średnicy 1,2—1,5 cm i długości nie mniejszej niż 1,5 m. W tej rurze, tuż przy otworze wylotowym gazomierza znajdował się odpust boczny o średnicy 0,4—0,6 cm i długości około 3 cm, zamknięty zaciskiem założonym na gumową nasadkę tego odpustu. Podczas oddychania dołączano do odpustu napełnioną wodą pipetę do pobierania próbek gazowych o pojemn. około 250 ml. Po otwarciu, zamykających z obydwóch końców pipetę, kurków szklanych i zwolnieniu zacisku na gumowej nasadce odpustu bocznego, ponad wypływającą wodę dostawało się powietrze wydechowe. W tak pobranej próbce powietrza oznaczano aparatem „Wilhelmi“ zawartość tlenu i dwutlenku węgla.

Ad i. W laboratorium badani wdychali powietrze atmosferyczne. Powietrze wdychane w komorze cieplnej różniło się nieznacznie swym składem od atmosferycznego, co zostało uwzględnione w obliczeniach. W komorze cieplnej pobierano próbkę powietrza do pipety dla pobierania gazów, po czym analizowano ją na aparacie „Wilhelmi“.

Przestrzeń szkodliwą wyliczano z podanego powyżej wzoru pierwszy raz na podstawie koncentracji w powietrzu wdychanym (i), wydychanym (e) i pęcherzykowym (a) tlenu, a po raz drugi na podstawie koncentracji dwutlenku węgla. Średnia arytmetyczna tych dwóch obliczeń stanowiła ostateczną wartość przestrzeni szkodliwej. Należy dodać, że wartość przestrzeni szkodliwej obliczona z koncentracji O<sub>2</sub> nie różniła się znamienne od wyliczonej z koncentracji CO<sub>2</sub>.

6. Oznaczanie składu powietrza wydechowego przedstawiono już powyżej w p. 5.

7. Skład powietrza pęcherzykowego określano metodą Haldane'a i Priestleya. Próbkę gazu pobierano z odpustu bocznego, znajdującego się tuż przy wargach badanego do naczynka próżniowego pojemn. około 100 ml. Następnie tak pobraną próbkę poddawano analizie na aparacie „Wilhelmi“.

Wszystkie przedstawione powyżej w p. 1—7 pomiary przeprowadzano najpierw w spoczynku i w pokojowej temperaturze laboratorium, a następnie w końcu pobytu ratowników w komorze cieplnej, ewentualnie w laboratorium natychmiast po jej opuszczeniu. Ponadto skład powietrza pęcherzykowego oznaczano także po półtorgodzinnym pobycie w komorze. Ratownicy pozostawali w komorze przez 3 godziny w spoczynku.

Opisane postępowanie powtarzano u każdego ratownika trzykrotnie w odstępach 2—3 dni. Uzyskane wartości liczbowe poddano następnie analizie statystycznej, uważając w niej wartości testów znamienności różnic „t”, przewyższające 3 za znamienne a przewyższające 5 za wysoce znamienne.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonej analizie wyników wzięto pod uwagę wpływ wieku na mierzonej wartości, jako jednego z głównych biologicznych właściwości ustroju. W tym celu podzielono dowolnie ratowników na grupę obejmującą osoby w wieku 20—30 lat i na grupę ratowników w wieku 31—45 lat.

Uwzględniono również zależność uzyskanych w badaniach wyników od dnia badań, tzn. porównywano między sobą wartości oznaczone oddzielnie w 1, 2 i 3 kolejnym badaniu.

1. **P o w i e t r z e o d d e c h o w e.** Ostateczne wyniki przedstawia tabela III, zawierająca liczbowe dane ilustrujące wpływ wyższej temperatury otoczenia na objętość powietrza oddechowego. Porównanie średniej uzyskanej przed wejściem do komory cieplnej ze średnią otrzymaną po jej opuszczeniu nie ujawniło istnienia różnicy statystycznie znamiennej, a wartość liczbową  $t = 1,4$ .

2. **C z ę s t o ś ć o d d e c h ó w.** Wyniki ostateczne przedstawia również tabela III. Widoczna z tej tabeli różnica między średnią pomiarów poczynionych przed komorą a średnią z pomiarów po wyjściu z niej ratowników jest statystycznie nieznamienna, gdyż  $t = 1,7$ .

3. **W e n t y l a c j a m i n u t o w a p ł u c.** Końcowe wyniki liczbowe zamieszczono w poniższej, wspólnej tabeli III. Średnia wartość wentylacji minutowej zmierzona przed udaniem się badanych osób do komory cieplnej nie różni się znamienne od średniej oznaczonej po opuszczeniu komory. Wartość liczbową testu znamienności  $t = 1,8$ .

Przeprowadzona analiza statystyczna wartości liczbowych wyrażających wielkości wymienionych powyżej w p. 1—3 parametrów oddychania nie ujawniła różnicy znamiennej między średnimi uzyskanymi u każdej z dwóch grup wieku w badaniach przed i po pobycie w komorze cieplnej. Brak istnienia różnicy znamiennej wykazało także porównanie między sobą średnich 1, 2 i 3 kolejnego dnia badania. We wszystkich porównywanych przypadkach wartość testu znamienności  $t$  była zawsze mniejsza od 3.

4. **P o j e m n o ś ć ż y c i o w a p ł u c.** Wyniki ostateczne pomiarów zawiera tabela IV. Wartość testów znamienności  $t = 1,4$  nie daje podstawy do uznania widocznej z tej tabeli różnicy między średnią uzyskaną przed pobytem w komorze a średnią uzyskaną po pobycie w niej za statystycznie znamienne.

5. **P r z e s t r z e ń s z k o d l i w a.** W poniższej wspólnej tabeli IV zamieszczono ostateczne wyniki liczbowe. Pomiedzy średnią uzyskaną przed wejściem do komory a średnią wartości zmierzonych po jej opuszczeniu nie istnieje różnica znamienna, bowiem test znamienności  $t = 1,0$ .

6. **S k ł a d p o w i e t r z a w y d y c h a n e g o.** — Tabela IV przedstawia również średnie uzyskane w badaniach składu powietrza wydychanego, dokonanych najpierw przed udaniem się do komory cieplnej, a potem po wyjściu z niej ratowników. Widoczne z tej tabeli różnice między średnimi nie mają cech różnic statystycznie znamiennych. Test

T a b e l a III

Powietrze oddechowe, częstość oddechów i wentylacja minutowa płuc, oznaczone przed i po próbie cieplnej w komorze

Mierniki statystyczne	Powietrze oddechowe w ml		Częstość oddechów na min.		Wentylacja minutowa płuc w ml	
	przed próbą w komorze	po próbie w komorze	przed próbą w komorze	po próbie w komorze	przed próbą w komorze	po próbie w komorze
Liczebność . . . . .	61	67	67	67	74	71
Średnia arytmetyczna	522	585	16	15	8,529	8,091
+ średni błąd . . . . .	+ 21	+ 23	+ 0,4	+ 0,4	+ 199	+ 193
Zakres szeregu liczb . . . .	od 250 do 1050	od 250 do 1150	od 6 do 32	od 6 do 29	od 4,000 do 12,000	od 4,000 do 12,000

znamienności między średnimi zawartości tlenu  $t = 0,1$ , a między średnimi zawartości dwutlenku węgla  $t = 2,1$ .

Co się tyczy pojemności życiowej płuc, przestrzeni martwej i składu powietrza wydechowego, to analiza statystyczna nie wykazała różnicy znamiennej między średnimi dwóch grup wieku zarówno przed, jak i po pobycie w komorze. Również brak różnicy znamiennej wystąpił przy porównaniu między sobą średnich uzyskanych w każdym z trzech kolejnych dni badań.

T a b e l a IV

Pojemność życiowa płuc, przestrzeń szkodliwa i skład powietrza wydechowego oznaczane przed i po pobycie w komorze cieplnej

Mierniki statystyczne	Pojemność życiowa płuc w ml		Prze-strzeń szkodliwa w ml	
	przed próbą w komorze	po próbie w komorze	przed próbą w komorze	po próbie w komorze
Liczebność . . . . .	450	449	63	72
Średnia arytmetyczna	4,278	4,219	191	212
+ średni błąd . . . . .	+ 28	+ 29	+ 9	+ 9
Zakres szeregu liczb . . . .	od 2,800 do 6,200	od 2,600 do 6,400	od 50 do 425	od 50 do 450

T a b e l a IV c. d.

Mierniki statystyczne	Skład powietrza wydechowego w %			
	przed próbą w komorze		po próbie w komorze	
	tlon	dwutlenek węgla	tlon	dwutlenek węgla
Liczebność . . . . .	85	85	86	85
Średnia arytmetyczna	16,62	3,86	16,63	3,73
+ średni błąd . . . . .	+ 0,06	+ 0,05	+ 0,05	+ 0,04
Zakres szeregu liczb . . . .	od 15,25 do 17,75	od 2,75 do 5,25	od 15,00 do 18,00	od 2,50 do 4,75

7. Skład „powietrza” pęcherzykowego. Tabela V przedstawia końcowe wyniki. Wartości liczbowe testów znamienności różnic między średnimi zawartościami tlenu i dwutlenku węgla uzyskanymi w pomiarach przed próbą w komorze cieplnej, a średnimi otrzymanymi po półtoragodzinnym pobycie w komorze i po trzygodzinnym przebywaniu w niej były zawsze mniejsze od 3. Wobec tego widoczne z tab. V różnice między poszczególnymi średnimi mają charakter przypadkowy.

Porównanie między sobą średnich uzyskanych w każdej z dwóch grup wieku także nie ujawniło istnienia różnicy znamiennej zarówno w badaniach przed wejściem do komory cieplnej, jak i po pobycie w niej. Nie ma różnicy znamiennej również między średnimi 1, 2 i 3 kolejnego dnia badań.

Tabela V

Skład powietrza pęcherzykowego oznaczony przed, w czasie i po pobycie w komorze cieplnej

Mierniki statystyczne	Skład powietrza pęcherzykowego w %					
	przed próbą w komorze		po 1 1/2 godz. pobytu w komorze		po 3 godz. pobytu w komorze	
	tlen	dwutlenek węgla	tlen	dwutlenek węgla	tlen	dwutlenek węgla
Liczebność . . . . .	118	118	76	76	103	107
Średnia arytmetyczna	14,14	5,80	14,41	5,65	14,35	5,63
+ średni błąd . . . . .	+ 0,10	+ 0,05	+ 0,015	+ 0,6	+ 0,10	+ 0,05
Zakres szeregu liczb . . .	10,50	4,25	11,75	4,50	11,25	4,00
	-16,25	-7,00	-16,00	-7,25	-16,25	-7,25

W oparciu o uzyskane wyniki można sądzić, że pobyt człowieka w takich warunkach cieplnych, jakie panowały w opisanych doświadczeniach, nie zmienia prawie zupełnie sprawności zewnętrznego oddychania.

Niniejszym pragniemy podziękować *J. Molce* za pomoc udzieloną przy analizie gazów.

Ю. Дуткевич, Л. Гец, Ю. Розмус, К. Стржода

#### ИЗМЕНЕНИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ДЫХАНИЯ ПРОИСХОДЯЩИЕ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ВЫСШЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

##### Содержание

Исследовано было около 250 горноспасителей в возрасте 30—45 лет. Исследования производились перед входом, во время 3-часового пребывания в тепловой камере и после выхода.

Условия в камере были следующие: температура 39—45°C (сухого термометра), относительная влажность 29%, очень слабая радиация и слабое движение воздуха.

Исследование проведено на каждом горноспасателе тоекратно с промежутками 2—3 дней. Найдено, что частота пульса возрастает за первые 30 минут пребывания в камере. На этом уровне удерживается до конца исследования, независимо от возраста спасателей и дня исследования.

Величины максимального артериального давления крови за время пребывания в тепловой камере уменьшаются, независимо от возраста исследованных лиц, но это снижение является в отдельные дни исследования не одинаковым.

Величины максимального артериального давления зависят от возраста исследованных лиц; именно в группе лиц старшего возраста подвергаются характерным изменениям ( $t < 3$ ) напротив того, в группе младших возрастов отмечено снижение средних величин максимального давления, более значительное и более раннее в первый день исследования, чем в следующие дни. К концу пребывания в камере минимальное давление крови возвращалось к исходным уровням.

Пульсовое давление по мере пребывания исследованных в тепловой камере снижается.

Тепловые условия, которые существовали в камере, не изменяли характерным образом ни содержания гемоглобина, ни числа эритроцитов в крови исследованных спасателей. Статистический анализ обнаружил кроме того отсутствие зависимости полученных средних содержаний гемоглобина и числа эритроцитов от возраста исследованных.

Сравнения средних трех очередных исследований показало тоже отсутствие характерной разницы.

Дыхательный воздух, частота дыхания, мертвое пространство, состав выдыхаемого и альвеолярного воздуха не изменялись под влиянием тепловых условий, существующих в камере.

Сделанный кроме того статистический анализ не обнаружил зависимости всех полученных средних ни от возраста спасателей, ни от очередного 1-го, 2-го, 3-го дня исследования.

J. S. Dutkiewicz, L. Giec, J. Rozmus, L. Strzoda

## CHANGES IN CIRCULATION AND RESPIRATION OF THE HUMAN ORGANISM AT REST IN HIGH ENVIRONMENTAL TEMPERATURE

### Summary

About 250 healthy miner-rescue men, aged from 20 to 45 years were examined. The examinations were carried out for the first time before entering the hot chamber, for the second time during a 3 hours stay in the hot chamber, and for the last time after leaving the chamber. The conditions in the hot chamber were following: temperature from 39 to 47° C dry thermometer readings, relative humidity 29% and a very small radiation and air movement. Each subject was examined three times at 2—3 days intervals.

It was found that the pulse rate rises significantly during the first 30 minutes of the stay in the hot chamber. It remains constant on the same level to the end of the experiment, independent neither on the age of the subject nor on the day of examination.

During the stay in the hot chamber the values of maximal arterial blood pressure showed a drop independent on the age of the subjects. The drop was however different during several days of investigation.

The values of minimal arterial blood pressure depended on the age of the subjects, viz, they showed in the group of older individuals no significant changes, but in the

group of younger individuals there was a drop in the mean value of minimal blood pressure, remarkable and earlier on the first examination day, than during the following ones. At the end of the stay in the hot chamber the minimal blood pressure returned to previous values.

The pulse pressure of the examined subjects dropped during the stay in the hot chamber.

The experimental conditions in the hot chamber did not change significantly in the examined subjects neither the haemoglobin content nor the red cells count. Statistical analysis demonstrates moreover that there is no correlation between the haemoglobin content or red cells count and the age of the subjects present. The mean value of the successive three days of examinations show also no significant differences.

The tidal air, respiration rate, ventilation per minute, vital capacity, dead space, composition of alveolar air and composition of expired air show no significant changes during the stay in the hot chamber. Statistical analysis shows no correlation of all obtained data neither with age of the examined subjects nor with successive three days of investigation.

#### PIŚMIENNICTWO

1. *Berry W. T. C., Beverdige J. B., Bransby E. R., Chalmers A. K., Needham B. M., Magee H. E., Townsend H. S., Daubrey C. G.*: Brit. med. J., 1949, 1, str. 300—304, cyt. wg Abstr. of. wordl. Medc., 1949, vol. 6, str. 139. — 2. *Dutkiewicz J. S.*: Zmiany ciężaru i temperatury ciała człowieka podczas przebywania w wyższej temperturze otoczenia. I. Wpływ suchego gorąca. Acta Physiol. Pol., 1955. — 3. *Dutkiewicz J. S.*: Pojemność życiowa płuc u mieszkańców Górnego Śląska. Oddano do druku w czasop. Medycyna Pracy, 1955. — 4. *Heilmeyer L., Sundermann A.*: Dtsch. Arch. Klin. Med., 1936, 178, str. 397. — 5. *Nofer J.*: Med. Pracy, 1952, 3/1, str. 37—52. — 6. *Oudendal*: Krankheitsforschung 1928, 6, zesz. 1, str. 1—40, cyt. wg Bericht d. Physiol., 1929, 47, str. 447. — 7. *Spealman C. R., Newton M., Post R.*: Amer. J. Physiol., 1947, 150/4, st. 628.

Otrzymano: 2. V. 1955 r.