

Ludmiła Borodulin-Nadzieja  
 Anna Janocha  
 Tomasz Pietraszkiewicz  
 Ewa Salomon  
 Marcin Stańda

## WPŁYW PRACY W KABINACH KLIMATYZOWANYCH I POBYTU W KABINIE WYPOCZYNKOWEJ NA CIŚNIENIE TĘTNICZE I CZĘSTOŚĆ SKURCZÓW SERCA U OPERATORÓW ZATRUDNIONYCH NA GŁĘBOKO POŁOŻONYCH STANOWISKACH PRACY KOPALNI MIEDZI

EFFECTS OF WORK IN AIR-CONDITIONING CABIN AND STAY IN RESTING CHAMBER ON THE BLOOD PRESSURE AND HEART RATE OF THE OPERATORS WORKING IN DEEPER COPPER MINE FACES

Z Katedry i Zakładu Fizjologii  
 Akademii Medycznej we Wrocławiu  
 Kierownik: prof. dr hab. L. Borodulin-Nadzieja

**STRESZCZENIE** Praca stanowi fragment szeroko zakrojonych badań dotyczących porównania częstości skurczów serca, ciśnienia tętniczego, temperatury zewnętrznej i wewnętrznej u operatorów samojezdnych maszyn górniczych, pracujących w kabinach klimatyzowanych i bez klimatyzacji.

Każda z liczących po 10 osób grup operatorów w zbliżonym wieku i o porównywalnym stażu pracy przez 20 minut przebywała w tak zwanej kabinie wypoczynkowej, charakteryzującej się znacznie korzystniejszymi warunkami mikroklimatycznymi.

W uzyskanych metodą Holtera ciągłych zapisach częstości skurczów serca i ciśnienia tętniczego stwierdzono, że operatorzy pracujący w kabinach klimatyzowanych charakteryzowali się statystycznie istotnie niższymi wartościami częstości skurczów serca oraz ciśnienia tętniczego zwłaszcza w okresie nasilenia robót górniczych. W obu grupach 20-minutowy pobyt w kabinie wypoczynkowej prowadził do pełnej restytucji częstości skurczów serca oraz ciśnienia tętniczego.

Obserwowano istotny wzrost temperatury zewnętrznej w obu grupach. Temperatura wewnętrzna wzrastała wyłącznie u operatorów bez klimatyzacji. Pobyt 20-minutowy w kabinie wypoczynkowej prowadził do pełnej restytucji temperatury zewnętrznej tylko w grupie z klimatyzacją. Med. Pr. 2001; 51; 1; 7–14

**SŁOWA KLUCZOWE:** kabina klimatyzowana, kabina bez klimatyzacji, warunki mikroklimatyczne, metoda Holtera, restytucja częstości skurczów serca

**ABSTRACT** This paper is part of a wider comparative study of the heart rate, blood pressure, external and core temperature in operators of self-propelled mining machines with and without air-conditioning cabins.

Two groups, each of ten operators, characterised by the similar age and duration of employment, stayed for 20 min in a specially prepared resting chamber with much more advantageous microclimatic conditions.

The results of our examinations (Holter heart rate and continuous blood pressure recordings, external and core temperature measurements) revealed that during the work (particularly during the increased work-load) all parameters recorded were significantly lower in air-conditioning cabins as compared with the group working without air-conditioning.

In both groups, a complete restitution of the heart rate and blood pressure was observed after a 20-min stay in the resting chamber.

During the work, a statistically significant increase in the external temperature was found in both groups of operators, whereas the increase in the core temperature was observed only in operators working without air-conditioning. After a 20-min stay in the resting chamber, a complete return to the normal temperature was noted only in operators working in air-conditioned cabins. Med Pr 2001; 51; 1; 7–14

**KEY WORDS:** air-conditioned cabin, cabin without air-conditioning, microclimatic conditions, Holter method, heart-rate restitution

Na mikroklimat każdego stanowiska pracy, w tym i stanowisk wydobywczych pod ziemią, składa się wiele parametrów: głównie temperatura, wilgotność i prędkość ruchu powietrza oraz temperatura górotworu. Wszystkie te czynniki kształtują ciepłe warunki pracy. W organizmie człowieka winna występować równowaga zysków i strat ciepła, tak aby został utrzymany najważniejszy dla termoregulacji parametr, jakim jest stała optymalna ilość ciepła w organizmie. Im bardziej poszczególne czynniki kształtującego mikroklimatu modyfikują stosunek produkcji ciepła do możliwości jego strat w organizmie człowieka, tym większe jest niebezpieczeństwo kumulacji ciepła, co nie tylko może prowadzić do różnego typu przemijających zmian wydolności fizycznej, ale i zmian organicznych, decydujących o rozwijaniu się chorób zawodowych (1–6).

W kopalniach miedzi Zagłębia Miedziowego, zwłaszcza tych najgłębiej położonych, temperatura powietrza osiąga wartość do 33°C, co przy bardzo dużej wilgotności powie-

trza stwarza wyjątkowo niekorzystne warunki pracy. Chcąc ograniczyć negatywne skutki oddziaływania mikroklimatu władze górnicze wprowadziły środki zapobiegawcze. Należą do nich między innymi kabiny klimatyzowane, w których pracują operatorzy maszyn górniczych oraz tzw. kabina wypoczynkowa o temperaturze powietrza znacznie niższej od tej, która charakteryzuje miejsca pracy (tabela I).

Istotnych danych w ocenie sprawności mechanizmów termoregulacji może dostarczyć analiza podstawowych parametrów hemodynamicznych, takich jak: ciśnienie tętnicze i częstość akcji serca. W przeciwieństwie do temperatury, której wartość prawidłowa mieści się w wąskich granicach (izotermia jest podstawowym zjawiskiem homeostazy u wszystkich zwierząt stałocieplnych) wskaźniki hemodynamiczne w czasie obciążeń adaptacyjnych mogą istotnie zmieniać swoją wartość. Zależne to jest zarówno od warunków środowiska pracy, wielkości obciążeń wysiłkowych i opera-

torskich, jak i od aktualnej wydolności fizycznej i psychofizycznej badanego.

Celem podjętych badań była próba odpowiedzi na pytania:

Czy i w jakim stopniu zastosowanie kabin izolujących zmniejszy obciążenie organizmu górnika warunkami klimatycznymi?

Która ze strategii zmniejszenia ekspozycji na niekorzystne warunki mikroklimatyczne jest bardziej efektywna w przypadku homeostazy termicznej – czy stała izolacja od warunków mikroklimatycznych przez kabinę klimatyczną stanowiącą integralną część maszyny górniczej, czy czasowy (jak długo) pobyt w tak zwanej kabinie wypoczynkowej.

Zastanawiano się również, który z wyżej przedstawionych sposobów izolacji korzystniej zmniejszy obciążenie układu krążenia. Obciążenie tego układu oceniano analizując zachowanie się ciśnienia tętniczego i częstości skurczów serca. Wyżej wymienione parametry rejestrowano w sposób ciągły, przez cały czas pobytu operatorów maszyn górniczych na stanowiskach pracy pod ziemią. Stanowi to pierwszą tego typu rejestrację na stanowiskach kopalń miedzi w Polsce.

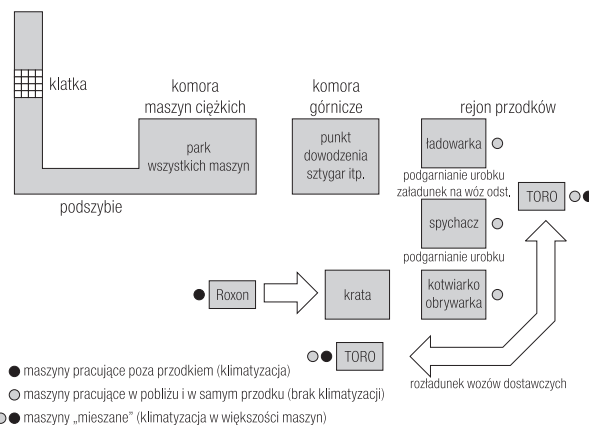
## MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Przedstawione dane stanowią fragment szeroko zakrojonych badań, dotyczących analizy wpływu środowiska ochłodzonego na operatorów pracujących w kabinie klimatyzowanej w odniesieniu do gorącego otoczenia, na które składała się szereg prób fizjologicznych, między innymi pomiar temperatury wewnętrznej ciała, temperatury skóry w różnych jej punktach, wydatku energetycznego oraz ciągłej rejestracji ciśnienia tętniczego i tętna. W wspomnianej wyżej pracy uwzględniono wyniki badań grupy operatorów, u których ze względów organizacyjnych można było przeprowadzić kompleksowe badania.

Badania przeprowadzono na I zmianie roboczej (między godziną 6 a 12) bezpośrednio na stanowiskach pracy pod ziemią w kopalniach miedzi Rudna Zachodnia. Badaniom poddano łącznie 20 operatorów maszyn górniczych: wozu odstawczego Toro z klimatyzacją (10 osób) i maszyny SWK bez klimatyzacji (10 osób). Wiek badanych wynosił od 35 do 46 lat, średnio  $36 \pm 3,8$  lat, a staż pracy w górnictwie od 18 do 23 lat, średnio  $18,2 \pm 2,9$  lat.

Badane osoby podzielono na dwie grupy: A i B – każda z nich liczyła po 10 osób. Operatorzy należący do grupy A pracowali całą zmianę w kabinach klimatyzowanych, będących integralną częścią maszyny samojezdnej. Operatorzy należący do grupy B pracowali w kabinach nieklimatyzowanych, byli więc bezpośrednio narażeni na działanie warunków klimatycznych miejsca pracy oraz dodatkowo podwyższoną temperaturę generowaną przez obsługiwane przez nich maszyny. Między godziną 10:00 a 10:20 obie grupy kierowane były do kabiny wypoczynkowej.

Ze względu na wiek, staż pracy i rodzaj wykonywanych czynności zawodowych grupy te były praktycznie jednorodne.



Ryc. 1. Plan sytuacyjny miejsc pracy badanych operatorów  
Fig. 1. Location plan of the operators' workposts

Średnia wieku pracowników należących do grupy A wynosiła  $35 \pm 4,1$ , a średnia stażu pracy  $17,9 \pm 3,1$ . Natomiast średnia wieku i stażu pracy pracowników należących do grupy B wynosiła odpowiednio:  $35,1 \pm 2,8$  oraz  $18,1 \pm 3,1$ . Grupę A i B charakteryzowała ta sama reprezentacja operatorów wozu odstawczego Toro i maszyny SWK, wynosząca kolejno po 5 osób.

Miejsce pracy operatorów stanowiły przodki i wyrobiska eksploatacyjne, przygotowawcze oraz oddziałowe drogi odstawy urobku maszynami samojezdnymi. Badania prowadzono częściowo na tych stanowiskach jak również w komorze górniczej położonej w bliskim sąsiedztwie przodków (ryc. 1). Na czynności zawodowe (rodzaj pracy) wykonywane przez górników składało się kierowanie pojazdami i obsługa maszyn. Praca ta wykonywana jest w wymuszonej, siedzącej pozycji ciała i cechuje ją duże obciążenie przez procesy robocze oraz duże lub bardzo duże obciążenie emocjonalne przy umiarkowanym obciążeniu wysiłkiem fizycznym (całkowity wydatek energetyczny na stanowisku roboczym około  $140 \text{ W/m}^2$ ) (1,7).

Badania były przeprowadzone podczas rutynowo przebiegających procesów wydobywania (bez awarii). Orientacyjny algorytm chronometrażu pracy badanych operatorów przedstawiał się w sposób następujący:

Godzina	Zakres wykonywanych czynności
6:00	Przygotowanie do zjazdu
6:15 – 6:45	Zjazd klatką, przejazd SWT jako pasażer do KMC
6:45 – 7:00	Odprawa
7:00 – 8:00	Praca – przygotowanie maszyny w KMC (tzw. obsługa techniczna)
8:00 – 11:30	Praca w oddziale: typowe czynności robocze, przejazdy, usuwanie usterek
11:30 – 11:45	Przejazd do KMC, przegląd i mycie maszyny
11:45 – 12:15	Przejazd SWT do podszycia, oczekiwanie na klatkę i wyjazd klatką
12:15	Mycie, przebieranie się SWT – samojezdny wóz transportowy, KMC – komora maszyn ciężkich.

**Tabela I.** Charakterystyka warunków mikroklimatycznych w miejscu badań  
**Table I.** Characteristics of microclimatic conditions in the place of measurements

Miejsce pomiaru Place of measurements	Warunki pomiaru Conditions of measurements	Parametry powietrza Air parameters		
		Temperatura sucha (°C) Dry temperature	Temperatura wilgotna (°C) Humid temperature	Prędkość powietrza (m/s) Air velocity
Kabina klimatyzowana ładowarki Toro (podgrupa A) Air-conditioned cabin of TORO loading machine (sub-group A)	Wartości zmierzone przy działającej klimatyzacji Values measured with air-conditioning	25	17,5	0,15
Kabina operatora SWK bez klimatyzacji (podgrupa B) Operator's cabin without air-conditioning (sub-group B)	Wartości średniema stanowiskuoperatora Mean values at the operator's workpost	31,2	24,6	0,8
Kabina wypoczynkowa Resting chamber	Wartości średnie wewnątrz kabiny Mean values inside cabin	23,5	18,5	0,2

Warunki panujące na stanowiskach roboczych w oparciu o Atlas stanowisk (7) można scharakteryzować w następujący sposób: WBGT w granicach od 22,3–29,9°C, natężenie hałasu od 95–100 dB, zagrożenia chemiczne – CO, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>.

Dokładną charakterystykę stanowisk pracy kabin klimatyzowanych oraz kabiny wypoczynkowej przedstawiono w tabeli I (1).

Przeprowadzone badania składały się z następujących elementów:

ciągłej rejestracji ekg metodą Holtera w czasie całej zmiany roboczej przy użyciu rejestratorów trzykanałowych Medilog MR-63 firmy Oxford oraz ciągłej rejestracji ciśnienia tętniczego przy użyciu rejestratorów Medilog Accutracker II DX firmy Oxford. Aparat ciśnieniowy dokonywał pomiarów w równych odstępach czasowych w zależności od tego jak został zaprogramowany. Przez większą część dnia roboczego ciśnienie rejestrowano co 30 minut, natomiast w okresie nasilenia prac górniczych (8:00 – 10:00) co 15 minut, a między 10:00 – 10:30, w tym czasie przypadał 20 minutowy pobyt w kabinie wypoczynkowej, pomiar był dokonywany co 5 minut. Poza tym w każdym momencie możliwy był dodatkowy pomiar ciśnienia poprzez naciśnięcie odpowiedniego przycisku w rejestratorze ciśnieniowym. W taki sposób mierzone było ciśnienie np. w czasie zjazdu klatką, tuż przed wejściem do kabiny wypoczynkowej i przy wyjeździe na powierzchnię. Do analizy uzyskanego zapisu wykorzystano Marquette 8000 Laser Holter System. Analiza ta obejmowała identyfikację wszystkich zespołów QRS oraz ocenę ilościową i jakościową komorowych i nadkomorowych zaburzeń rytmu. Za epizod częstoskurczu komorowego przyjmowano obecność 3 lub więcej kolejnych pobudzeń dodatkowych komorowych o częstotliwości ponad 100/min, a w zależności od czasu trwania częstoskurczu komorowy określano jako nietrwały (<30s) lub utrwalony (≥30s). W analizie zapisów ekg identyfikowano pobudzenia przed-

wczesne, które korygowano za pomocą metody interpolacji liniowej. Uzyskano zbiór kolejnych wartości odstępów R-R (tachogram) i wartości ciśnienia tętniczego (systogram), poddano analizie częstotliwościowej.

miaru temperatury zewnętrznej i wewnętrznej ciała. Temperaturę wewnętrzną oznaczono w przewodzie słuchowym za pomocą termometru Thermoscan 6013 firmy Brown. Temperaturę zewnętrzną oznaczano w okolicy nadgarstka za pomocą termometru bezkontaktowego Raynger MX-4 firmy Rayteck (pirometr działający w oparciu o technikę podczerwieni).

oceny obciążenia serca na podstawie uzyskanej z zapisów holterowskich, częstości skurczów serca w czasie pracy; następnie przeliczono na odsetek dopuszczalnej maksymalnej częstości skurczów serca, zgodnie z wzorem:

$$\text{gdzie: } HR_{\max} = 220 - \text{wiek w latach.}$$

Wskaźnik ten jest używany przy ocenie obciążenia pracą, zwłaszcza fizyczną, a dopuszczalne limity dla obciążeń określanych jako niskie, średnie i wysokie wynoszą odpowiednio: 40%, 50% i 65% HR<sub>max</sub> (8).

Badania przeprowadzono według następującego schematu:

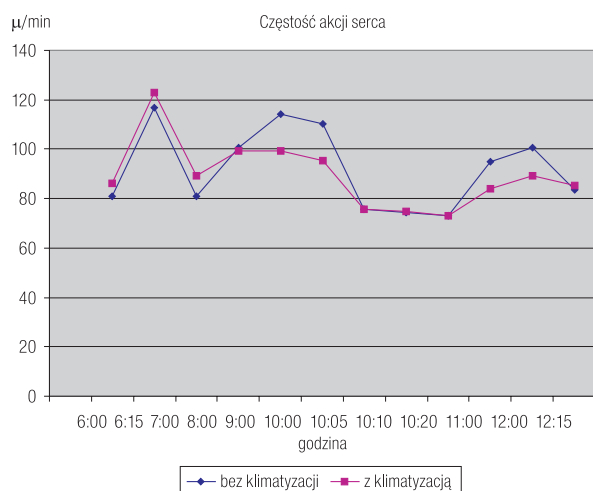
Wstępne – na powierzchni ziemi tuż przed zjazdem około godziny 5:45.

Powtórne – na stanowiskach roboczych pod ziemią w komorze górniczej między godziną 9:50 a 10:30. Przed wejściem do kabiny wypoczynkowej, a następnie w kabinie w 5, 10 i 20 minucie pobytu.

Końcowe – tuż po wyjeździe górników na powierzchnię.

## WYNIKI BADAŃ

Porównanie krzywych częstości skurczów serca sporządzonych w oparciu o wartości średnie tego parametru wyznaczone w tych samych godzinach w grupie operatorów pracujących w kabinach z klimatyzacją (A) i grupie operatorów pracujących bez klimatyzacji (B), przedstawiono rycinie 2.



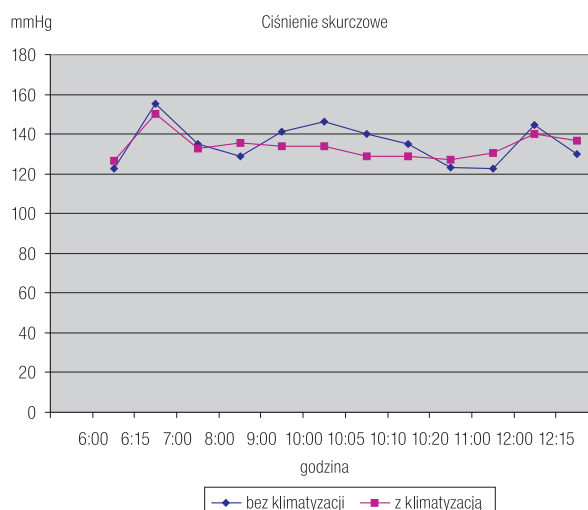
**Ryc. 2.** Porównanie średnich wartości akcji serca u operatorów pracujących bez klimatyzacji i w kabinie klimatyzowanej. Pobyt w kabinie wypoczynkowej między 10:00 a 10:20

**Fig. 2.** Comparison of mean heart rate values in operators working without air-condition and in air-conditioning cabin. Stay in the resting chamber between 10:00 and 10:20

W obu przypadkach na początku dnia roboczego obserwowano zbliżone wartości częstości skurczów serca. U obu grup między godziną 6:00 a 6:15 nastąpił wysoce statystycznie istotny wzrost częstości skurczów serca do wartości około 120/min. W obu grupach częstość skurczów spadła w okresie do godziny 7:00 (odprawa), by nieznacznie wzrosnąć w okresie nasilenia robót górniczych w grupie A oraz znacznie w grupie B. Średnie wartości częstości skurczów serca zanotowane w obu grupach o godzinie 9:00 i 10:00 różniły się od siebie w sposób statystycznie istotny ( $p < 0,001$ ). W trakcie pobytu w kabinie wypoczynkowej częstość skurczów serca spadła w obu grupach, przyjmując zbliżone wartości. W następnych godzinach zmiany roboczej, średnie wartości częstości skurczów serca różniły się od siebie w sposób statystycznie istotny ( $p < 0,001$ ). W grupie B wartości te były wyższe niż w grupie A. Po wyjeździe na powierzchnię ziemi w obu grupach uzyskano zbliżone wartości częstości skurczów serca.

Z analizy zespołów ekg wynika, że pojedyncze skurcze nadkomorowe wystąpiły u 6 osób w liczbie od 3–12 skurczów, okresy tachykardii nadkomorowej u 4 osób w liczbie od 1–14, pojedyncze pobudzenia komorowe u jednej osoby w liczbie 3 pobudzeń. Wszystkie te zmiany miały miejsce między godziną 8:00–10:00 z wyjątkiem jednej osoby, u której wystąpiło 14 okresów tachykardii w ciągu całego dnia roboczego.

Z analogicznej analizy przeprowadzonej u operatorów pracujących bez klimatyzacji wynika, że pojedyncze skurcze nadkomorowe wystąpiły u wszystkich badanych w liczbie od 1–433, okresy tachykardii nadkomorowej miały miejsce



**Ryc. 3.** Porównanie średnich wartości ciśnienia skurczowego u operatorów pracujących bez klimatyzacji i w kabinie klimatyzowanej. Pobyt w kabinie wypoczynkowej między 10:00 a 10:20

**Fig. 3.** Comparison of mean systolic pressure values in operators working without air-condition and in air-conditioning cabin. Stay in the resting chamber between 10:00 and 10:20

w 8 przypadkach w liczbie od 1–63. U większości osób zmiany te występowały w różnych okresach dnia roboczego. Podobnie jak w poprzedniej grupie, skurcze komorowe wystąpiły u jednej osoby, ale w liczbie 175 pobudzeń, najwięcej między godziną 8:00 a 9:00 – 83 pobudzenia. U tej samej osoby wystąpiło także 8 okresów bigemini i trigemini, ale bez pobudzeń gromadnych i bez epizodów tachykardii komorowej.

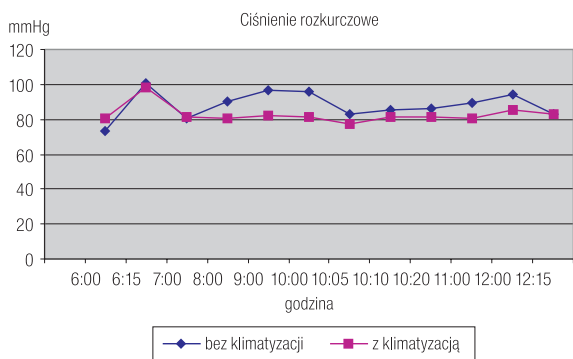
Zwraca uwagę fakt, że w trakcie wypoczynku obu grup operatorów w kabinie wypoczynkowej nie występowały żadne z wyżej wymienionych zaburzeń rytmu.

Na rycinie 3 przedstawiono porównanie krzywych sporządzonych w oparciu o średnie wartości ciśnienia skurczowego, a rycinie 4 odpowiednio porównanie krzywych, sporządzonych w oparciu o średnie wartości ciśnienia rozkurczowego, wyznaczone w tych samych godzinach pracy.

U operatorów pracujących w kabinach klimatyzowanych średnie wartości ciśnienia skurczowego zawarte były w zakresie od 126,9 mmHg do 150,3 mmHg, a rozkurczowego w zakresie od 77,5 mmHg do 98,3 mmHg.

U operatorów pracujących w kabinach bez klimatyzacji średnie wartości ciśnienia skurczowego zawarte były w zakresie od 122,7 mmHg do 155,4 mmHg, a rozkurczowego mieściły się w przedziale od 73,3 mmHg do 100,6 mmHg.

Analizując ciśnienie skurczowe w obu grupach (ryc. 3) należy stwierdzić, iż średnie wartości ciśnienia skurczowego zarejestrowane na powierzchni ziemi przed zjazdem były do siebie zbliżone. Znaczący wzrost ciśnienia skurczowego w stosunku do wartości wyjściowej wystąpił w trakcie zjazdu do kopalni około godziny 6:15, a znaczący spadek tego



**Ryc. 4.** Porównanie średnich wartości ciśnienia rozkurczowego u operatorów pracujących bez klimatyzacji i w kabinie klimatyzowanej. Pobyt w kabinie wypoczynkowej między 10:00 a 10:20

**Fig. 4.** Comparison of mean diastolic pressure values in operators working without air-condition and in the air-conditioning cabin. Stay in the resting chamber between 10:00 and 10:20

parametru miał miejsce około godziny 7:00. W okresie nasilenia robót górniczych między godziną 8:00 a 10:00 w grupie operatorów pracujących w kabinach bez klimatyzacji średnie ciśnienie skurczowe było wyższe w sposób istotny statystycznie ( $p < 0,001$ ) od zanotowanego w grupie operatorów pracujących w kabinach klimatyzowanych.

Po 20 minutowym pobycie w kabinie wypoczynkowej w obu grupach średnia wartość ciśnienia skurczowego spadła, przy czym większy spadek zanotowano w grupie B – operatorów pracujących bez klimatyzacji. Różnica statystycznie istotna wystąpiła przy porównaniu średnich wartości ciśnienia skurczowego w obu grupach przed wejściem do kabiny wypoczynkowej oraz w 5 i 10. minucie pobytu w tej kabinie ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,05$ ). W obu grupach wzrost ciśnienia skurczowego wystąpił w końcowej godzinie pracy przed wyjazdem na powierzchnię ziemi, nieznacznie większy w grupie operatorów pracujących bez klimatyzacji.

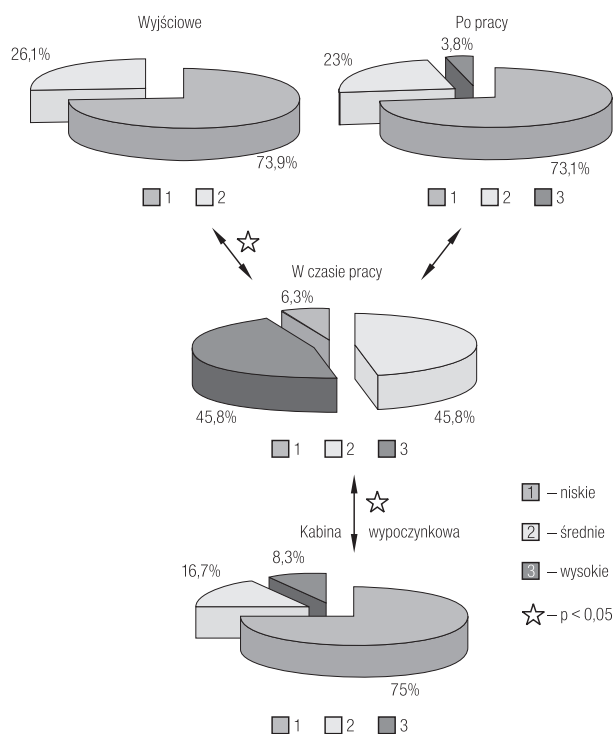
Analizując średnie wartości ciśnienia rozkurczowego (ryc. 4) stwierdzono znaczący wzrost około godziny 6:15 (zjazd do kopalni) w obu rozpatrywanych grupach. Od godziny 7:00, przez cały okres pracy na stanowisku roboczym w grupie operatorów pracujących z klimatyzacją średnie ciśnienie rozkurczowe nie uległo znaczącym zmianom. W tym samym czasie, w grupie operatorów pracujących bez klimatyzacji, średnie wartości ciśnienia rozkurczowego utrzymywały się na wyższym poziomie, a między godziną 8:00 i 10:00 były statystycznie istotnie wyższe od zanotowanych u operatorów pracujących w kabinach klimatyzowanych ( $p < 0,001$ ).

Po 20 minutowym pobycie w kabinie wypoczynkowej średnia wartość ciśnienia rozkurczowego w grupie A nie uległa zmianie, ale znacząco spadła u operatorów w grupie B ( $p < 0,01$ ).

W uzupełnieniu ciągłej rejestracji parametrów hemodynamicznych u wszystkich badanych operatorów maszyn dołowych (grupa A i B łącznie), z zapisów holterowskich ekg obliczono dodatkowo obciążenie serca w czterech wybranych okresach dnia roboczego: przed pracą, w czasie pracy (około godziny 10:00), w kabinie wypoczynkowej i po pracy (ryc. 5).

Uzyskane z tych pomiarów dane dowodzą, że obciążenie serca po około czterech godzinach pracy było istotnie wyższe niż w pozostałych pomiarach ( $p < 0,05$ ). W pomiarze tym stwierdzono również, że obciążenie niskie i średnie wystąpiło w takim samym odsetku przypadków (po 45,8% obserwacji), a pozostałe około 8% stanowiło obciążenie wysokie. W pomiarach wykonanych wyjściowo, po pracy i w kabinie wypoczynkowej dominowało obciążenie niskie (73–75% obserwacji), a pozostały odsetek stanowiło obciążenie średnie (16,7–26,1% obserwacji) i wysokie (0–8,3% obserwacji).

Kolejnym parametrem ocenianym u wszystkich górników była temperatura zewnętrzna i wewnętrzna ciała. Szczegółowe wyniki dotyczące tej oceny zawarto w tabeli II. Wielkości zmian obu temperatur ( $\Delta T$ ) wewnętrznej i zewnętrznej wraz z analizą statystyczną u operatorów maszyn



**Ryc. 5.** Ocena wielkości obciążenia serca u operatorów samojedznych maszyn górniczych w czasie dnia roboczego w czterech kolejnych pomiarach

**Fig. 5.** Assessment of heart-load in operators of self-propelled mining machines during working hours in four consecutive measurements

górnictwa pracujących w kabinach z klimatyzacją i bez klimatyzacji przedstawiono w tabeli III.

W analizie temperatury wewnętrznej widoczny jest w czasie pracy, statystycznie istotny przyrost temperatury w grupie B pracującej w kabinach bez klimatyzacji w odniesieniu do grupy A pracującej w kabinach klimatyzowanych. Pobyt w kabinie wypoczynkowej w jednej i drugiej grupie charakteryzuje się statystycznie nieistotnym spadkiem w ciągu pierwszych 5 minut. Przy porównaniu temperatury wewnętrznej w 20 minucie pobytu w kabinie oraz po pracy zaobserwowano statystycznie istotny spadek ( $p < 0,01$ ) w obu grupach.

W przypadku temperatury zewnętrznej przy porównaniu obu grup obserwujemy jej statystycznie istotny wzrost. W obu grupach widoczny jest statystycznie istotny spadek temperatury w ciągu pierwszych 5 minut, podobne tendencje obserwujemy w 20 minucie, ale tylko w podgrupie operatorów pracujących w kabinie z klimatyzacją. Z obserwacji widać również statystycznie istotny spadek temperatury zewnętrznej w obu grupach przy porównaniu ich wartości przed i po pracy ( $p < 0,05$ ). Temperatura wewnętrzna w powyższym porównaniu nie ulega istotnym zmianom.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jak już wspomniano przedstawione wyniki stanowią fragment szeroko zakrojonych badań dotyczących „Analizy wpływu środowiska ochłodzonego na operatorów pracujących w kabinie klimatyzowanej w odniesieniu do gorącego otoczenia” (1) W pracy zaprezentowane zostały dane z niektórych uzyskanych już zapisów m. in. ciągłej rejestracji ciśnienia i tętna, pierwszych tego typu zapisów wykonanych na stanowiskach kopalń miedzi w Polsce.

Do analizy wybrano grupę operatorów w wieku od 33–46 lat, charakteryzujących się długim, bo wynoszącym od 15–23 lat stażem pracy na danym stanowisku roboczym. Podział na dwie grupy wynikał z wykonywania czynności zawodowych w kabinach z klimatyzacją i bez klimatyzacji. Obie rozpatrywane grupy nie różniły się wiekiem, stażem pracy oraz oznaczonym wydatkiem energetycznym (1,7). Algorytm chronometrażu pracy wszystkich badanych operatorów był do siebie zbliżony. Jak wynika z analizy tego chronometrażu praca na oddziałach zaczyna się mniej więcej o godz. 7:00, a największe nasilenie robót miało miejsce między godziną 8:00 a 10:00.

Analiza porównawcza krzywych częstości skurczów serca oraz ciśnienia tętniczego u operatorów pracujących bez klimatyzacji i w kabinach klimatyzowanych (ryc. 2, 3, 4) można stwierdzić, że w grupie operatorów pracujących bez klimatyzacji układały się one na wyższych poziomach, a średnie wartości parametrów hemodynamicznych wykazywały różnice statystycznie istotne głównie w okresie wykonywania czynności zawodowych. Wszystkie analizowane krzywe w obu rozpatrywanych grupach wykazywały wzrosty w zbliżonych okresach badania, tj. w okresie zjazdu do kopalni ok. godz.

6:15, w okresie nasilenia robót górniczych (8:00–10:00) oraz tuż przed wyjazdem na powierzchnię ziemi.

W obu grupach operatorów 20-minutowy pobyt w kabinie wypoczynkowej spowodował pełną restytucję parametrów hemodynamicznych do wartości wyjściowych. Biorąc pod uwagę wyższe wartości tych parametrów w okresie roboczym ich restytucyjne spadki były większe u operatorów pracujących w kabinach bez klimatyzacji. Po 20-minutowym pobycie w kabinie wypoczynkowej obserwowano również wycofanie się zaburzeń rytmu serca, a także częstsze występowanie niskiego obciążenia serca.

W równoległe prowadzonych badaniach temperatury wewnętrznej i zewnętrznej większy przyrost obu temperatur stwierdzono u operatorów pracujących w kabinach bez klimatyzacji. U operatorów wykonujących pracę w kabinach klimatyzowanych nie stwierdzono statystycznie istotnego wzrostu temperatury wewnętrznej, a u operatorów grupy B wzrost ten był wysoce statystycznie istotny ( $p < 0,001$ ).

20-minutowy pobyt w kabinie wypoczynkowej spowodował wysoce statystycznie istotny spadek temperatury zewnętrznej w obu grupach w ciągu pierwszych 5 minut. W odniesieniu do grupy operatorów z klimatyzacją już ten krótki pobyt powodował pełną restytucję temperatury zewnętrznej (tabela II). Dalszy pobyt w kabinie powodował obniżenie temperatury poniżej wartości wyjściowych. Grupa operatorów pracująca bez klimatyzacji nie osiągała pełnej restytucji podczas 20 minutowego pobytu w kabinie wypoczynkowej. Z obserwacji widać również statystycznie istotny spadek temperatury zewnętrznej w obu grupach przy porównaniu ich wartości przed i po pracy ( $p < 0,05$ ). Wydaje się, że może być to spowodowane wychłodzeniem organizmu związanym z powrotem do szybu wyciągowego, jak również wyjazdem na powierzchnię.

Podstawowym celem przeprowadzonych badań była próba oceny, która ze strategii ochrony operatora maszyn dołowych przed oddziaływaniem niekorzystnych warunków mikroklimatycznych ma większe znaczenie dla zmniejszenia obciążenia serca przejawiającego się zmianą parametrów hemodynamicznych.

Interesujące było także sprawdzenie, czy wykonywanie czynności zawodowych na najgłębiej położonych stanowiskach roboczych kopalń miedzi w Polsce powoduje takie zmiany homeostazy (parametry hemodynamiczne i temperatura wewnętrzna), które narzucają konieczność zaprzestania lub ograniczenia wykonywania czynności zawodowych.

Stąd badania wykonano bezpośrednio na stanowisku roboczym w obecności wszystkich czynników niekorzystnych, składających się na charakterystykę warunków pracy.

Ciągłą rejestrację parametrów hemodynamicznych, głównie częstości skurczów serca w warunkach różnego typu stanowisk pracy w Polsce, prowadzili między innymi: Bortkiewicz i wsp. u kobiet wykonujących ciężką pracę fizyczną – 1995 rok (9), Bortkiewicz i wsp. u kobiet i mężczyzn – 1998 rok (10), Makowiec-Dąbrowska u kobiet (11), Mercz

u urzędników bankowych (12) oraz Pokorski u pracowników przemysłu hutniczego (4).

Biorąc pod uwagę specyfikę stanowisk pracy kopalń miedzi porównanie z wynikami badań cytowanych wyżej autorów jest jednak niemożliwe.

Wpływ warunków mikroklimatycznych na zachowanie się częstości skurczów serca prowadzono również w warunkach laboratoryjnych poszukując głównie korelacji między ekspozycją na te warunki w parasympatycznej i sympatycznej części układu wegetatywnego.

W badaniach tych, w różnych układach metodycznych i przy różnych układach trzech podstawowych determinant mikroklimatu (temperatury, wilgotności i szybkości ruchu powietrza) przy podwyższaniu się temperatury powietrza stwierdzono zwiększenie napięcia układu sympatycznego wyrażające się zwiększeniem składowej o niskiej częstotliwości w widmie HRV (13,14,15).

W dostępnej bibliografii nie znaleziono danych na omawiany temat dotyczących kopalń miedzi ale głęboko położonych kopalń węgla, które jednak charakteryzowały się mniejszą mechanizacją procesów produkcji, a tym samym, większym udziałem pracy fizycznej (12,16,17). Tak więc uzyskane przez tych autorów wyniki badań nie mogą stanowić tła porównawczego.

Jak opisano wyżej analiza krzywych wyznaczonych w oparciu o średnie wartości parametrów hemodynamicznych u wszystkich badanych operatorów ujawniła trzy „szczyty”. Przyczyny wzrostu wartości parametrów hemodynamicznych podczas zjazdu pod ziemię jak i przed wyjazdem na powierzchnię mogą być zarówno „wewnętrzne” jak i „zewnętrzne”.

„Wewnętrzne” to zapewne napięcie emocjonalne towarzyszące każdemu zjazdowi pod ziemię, a „zewnętrzne” to być może zmiana ciśnienia podczas szybkiego przemieszczania się klatką w dół lub w górę. Obserwacja ta jest naszym zdaniem na tyle ciekawa, że winna być przedmiotem odrębnych badań.

Z punktu widzenia celu przedstawionego doniesienia interesująca winna być analiza wartości parametrów hemodynamicznych w okresie roboczym pomiędzy godziną 8:00 a 11:00. W tym okresie ujawniło się bowiem większość statystycznie istotnych różnic między operatorami pracującymi w kabinach klimatyzowanych i bez klimatyzacji zarówno w zakresie częstości skurczów serca jak i ciśnienia tętniczego.

Biorąc pod uwagę fakt, że nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między obiema rozpatrywanymi grupami w wielkości wydatku energetycznego (1), przyczyn podwyższonych wartości parametrów hemodynamicznych u operatorów pracujących bez klimatyzacji poszukiwać należy w większym narażeniu na czynniki mikroklimatyczne i być może większy kontakt z hałasem. Z wcześniejszych badań u górników kopalń miedzi wynika, że we wzroście częstości skurczów serca podczas pracy w niekorzystnym mikroklimacie, wpływy mikroklimatyczne mogą mieć 30–40% udziału (18,19).

Z przeprowadzonych przez nas sondażowych badań wynika, że obie strategie ograniczania wpływu warunków mikroklimatycznych na organizm ludzki mają swoje pozytywne znaczenie przede wszystkim dla obciążenia serca (ryc. 5), chociaż warto podkreślić praca w kabinie klimatyzowanej nie prowadzi do wzrostu temperatury wewnętrznej górników.

## WNIOSKI

U operatorów pracujących w kabinach klimatyzowanych stwierdzono podwyższenie częstości skurczów serca nie przekraczające 140  $\mu$ /min, wzrost temperatury zewnętrznej bez zmian temperatury wewnętrznej.

W trakcie pobytu w komorze wypoczynkowej spadła wartość ciśnienia tętniczego skurczowego oraz temperatura wewnętrzna ciała, malało obciążenie serca oraz miała miejsce restytucja częstości skurczów serca do wartości obserwowanych poza środowiskiem pracy.

Na podstawie analizy temperatury zewnętrznej i wewnętrznej ciała można przypuszczać, że praca w kabinach klimatyzowanych jest bardziej korzystna dla homeostazy termicznej niż pobyt operatora w kabinie „wypoczynkowej”.

## PIŚMIENNICTWO

1. Borodulin-Nadzieja L., Janocha A., Pietraszkiewicz T., Salomon E., Stańda M.: Analiza wpływu środowiska ochłodzonego na pracownika pracującego w kabinie klimatyzowanej w odniesieniu do gorącego otoczenia. Umowa U-98/NW/2000. Wrocław, Cent. Bad. Projekt. Miedzi „Cuprum”, 2000.
2. Grandjean E.: Fitting the task to the man an ergonomic approach. London, Taylor and Francis Ltd., 1980.
3. Nazar K.: Fizjologia pracy. W: D. Koradecka, red. Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. Warszawa, Wyd. CIOP, 1997.
4. Pokorski J.: Wpływ warunków termicznych na układ krążenia. Ergonomia 1997, 20, 1, 29–39.
5. Śpioch F.: Zaburzenia i skutki nadmiernego obciążenia cieplnego. W: D. Koradecka, red. Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. Warszawa, Wyd. CIOP, 1997.
6. Waclawik J., Borodulin-Nadzieja L., Turkiewicz W.: Thermal work conditions in harsh climate. Mat. Międzynarod. Konferencji nt. Ratownictwa Górniczego, Bytom, 1–35, 2000.
7. Atlas stanowisk pracy kopalni miedzi. Wrocław, ZB i PM „Cuprum”, 1997.
8. Merecz D., Makowska Z., Makowiec-Dąbrowska T.: The assesment of big five personality factors na temperament domains as modifies of cardiovascular to occupational stress. Int. J. Occup. Med. Environ. Health 1999, 12, 3, 273–284.
9. Bortkiewicz A., Paczyński C., Makowiec-Dąbrowska T., Górski P.: Cardiac Arrhythmia in women performing heavy physical work. Int. J. Occup. Med. Environ. Health 1995, 8, 1, 23–31.
10. Bortkiewicz A., Paczyński C., Makowiec-Dąbrowska T., Górski P.: Comparison of cardiac response to managerial workload between men and women. App. Human Sci. 1998, 17, 4, 139–144.
11. Makowiec-Dąbrowska T., Bortkiewicz A.: Relationship between perceived psychic workload and heart rate reactivity in industry women managers. Pol. J. Occup. Med. 1989, 2, 4, 398–401.

12. Montolin M. A., Gonzalez V., Palenciano L.: Cardiac frequency throughout a working shift in coal miners. *Ergonomics* 1995, 38, 6, 1250–1263.
13. Brenner I.K., Thomas S., Shephard R.J.: Spectral analysis of heart variability during heat exposure and repeated exercise. *Eur. J. App. Physiol.* 1997, 76, 2, 145–156.
14. Kinugase H., Hrayanagi K.: Effects of skin surface cooling and heating on autonomic nervous activity and baroreflex sensitivity in humans. *Exp. Physiol.* 1999, 84, 369–377.
15. Thayer J.F., Nabors Oberg R., Sollers J.J.: Thermoregulation and cardiac variability: a time frequency analysis. *Biomed. Sci. Instrum.* 1997, 34, 252–256.
16. Palenciano L., Gonzalez V., Santulano L.A., Rodrigues B., Montolin M. A.: Cardiac frequency in miners recorded during four to five work shifts. *Eur. J. App. Physiol.* 1996, 73, 3–4, 369–375.
17. Perederii G.S.: The development of work regiments for miners in high temperature coal mine faces for the prevention of heat related lesions. *Lik. Sprawa* 1996, 5–6, 149–152.
18. Borodulin-Nadzieja L., Gosk A., Pietraszkiewicz T., Urban E.: Przebieg restytucji tętna, ciśnienia oraz poboru tlenu u zatrudnionych w gorącym mikroklimacie. Poznań, Monografie AWF, 274, 245–250, 1990.
19. Borodulin-Nadzieja L., Gosk A.: Zastosowanie metody Vogta, do oceny przyrostu komponenty termicznej częstości skurczów serca w gorącym mikroklimacie. Poznań, Monografie AWF, 274, 235–245, 1990.

Adres I autora: Gersona 21 m. 2, 51-664 Wrocław

Nadesłano: 25.04.2000

Zatwierdzono: 11.01.2001