

Anna Tumińska

Ludmiła Borodulin-Nadzieja

Tomasz Pietraszkiewicz

Ewa Salomon

Marcin Stańda

Wojciech Woźniak

Anna Janocha

WYNIKI ANALIZY ZAPISÓW HOLTEROWSKICH U GÓRNIKÓW ZATRUDNIONYCH NA NAJGŁĘBIEJ POŁOŻONYCH STANOWISKACH PRACY KOPALNI MIEDZI LEGNICKO-GŁOGOWSKIEGO OKRĘGU MIEDZIOWEGO

ANALYSIS OF THE HOLTER RECORDS IN MINERS WORKING AT THE DEEPEST LOCATED WORK STATIONS
IN COPPER MINES OF THE LEGNICA-GŁOGÓW COPPER MINING DISTRICT

Akademia Medyczna, Wrocław
Katedra i Zakład Fizjologii

STRESZCZENIE

Wstęp: Na mikroklimat stanowisk wydobywczych pod ziemią składa się wiele parametrów, w tym: temperatura, wilgotność, prędkość ruchu powietrza oraz temperatura górotworu. Wszystkie te czynniki kształtują warunki cieplne pracy. **Materiał i metody:** Badaniom poddano 71 operatorów maszyn górniczych z oddziałów G-6 i (grupa I) G-11 (grupa II), w wieku od 23 do 50 lat i stażem pracy w górnictwie od 7 do 25 lat. Część operatorów pracowała w kabinach klimatyzowanych (podgrupy A), a część w kabinach bez klimatyzacji (podgrupy B). U wszystkich badanych wykonano ciągły zapis częstości akcji serca (HR) w toku całej zmiany roboczej. **Wyniki:** Średnie wartości HR w podgrupie B były istotnie wyższe niż w podgrupie A, zwłaszcza między godziną 8:00 a 9:00, nie przekraczały jednak granicznych 140/min. **Wnioski:** Przeprowadzone badania nie ujawniły znacznych odchylen w zakresie HR u górników zatrudnionych w niekorzystnych warunkach klimatycznych, niemniej udowodniły korzystny wpływ kabin klimatyzowanych na złagodzenie skutków gorącego mikroklimatu. Med. Pr. 2010;61(1):43–54

Słowa kluczowe: kopalnie miedzi, operatorzy maszyn górniczych, ciągły zapis HR

ABSTRACT

Background: Microclimate at mining stations consists of numerous parameters, such as air temperature, humidity, air flow velocity and rock temperature. These parameters have an impact on thermal work conditions. **Materials and Methods:** The investigation was performed on 71 operators of mining machines from sections G-6 (group I) and G-11 (group II), aged 23–50 years, with mining experience of 7–25 years. One part of operators worked in air-conditioned chambers (subgroups A) and the other in chambers without air-conditioning (subgroups B). The continuous heart rate (HR) recording was taken during the whole shift. **Results:** Average values of HR in subgroup B were significantly higher than in subgroup A, especially between 8:00 and 9:00, but the increased HR did not exceed the border line of 140 bpm. **Conclusions:** The results did not show significant deviation in the range of HR in operators working in unfavorable climatic conditions. They demonstrated benefits from using air-conditioned chambers to reduce effects of hot microclimate. Med Pr 2010;61(1):43–54

Key words: copper mines, operators of mining machines, continuous heart rate recording

Adres autorów: Katedra i Zakład Fizjologii, Akademia Medyczna,
ul. Chałubińskiego 10, 50-368 Wrocław, e-mail: ajanocha@fizjo.am.wroc.pl
Nadesłano: 30 czerwca 2008
Zatwierdzono: 20 listopada 2009

WSTĘP

W kopalniach miedzi Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) panują wyjątkowo niekorzystne warunki mikroklimatyczne, wynikające głównie z ich położenia. Większość aktualnie czynnych stano-

wisk dołowych usytuowana jest bowiem na głębokości 1000–1200 m, a w najbliższej przyszłości eksploatacja odbywać się będzie na jeszcze niższych pokładach.

Wraz z głębokością narasta ciśnienie i temperatura górotworu, a wraz z nimi temperatura powietrza. Powietrze nagrzewane jest dodatkowo poprzez parowanie

wód gruntowych i innych zbiorników wodnych, co powoduje wzrost jego wilgotności, a przy istniejącym obecnie sposobie eksploatacji złoża z szerokim wykorzystaniem ciężkiego sprzętu większość silników maszyn górniczych uwalnia podczas pracy ciepło do zamkniętej przestrzeni wyrobisk kopalnianych. Dodatkowych źródeł ciepła dostarczają procesy utleniania górotworu, ruchy skał, eksplozje ładunków wybuchowych, a także ciepło oddawane drogą konwekcji, promieniowania czy parowania potu u zatrudnionych załóg górniczych (1). Na całość wyjątkowo niekorzystnych warunków pracy panujących na stanowiskach dołowych składają się takie czynniki środowiska, jak niedostateczne oświetlenie (2–30 lx), zapylenie oraz hałas wytwarzany przez samojezdne maszyny górnicze (2).

W celu utrzymania stałej temperatury wewnętrznej w organizmie człowieka powinna występować równowaga zysków i strat ciepła. Im bardziej poszczególne czynniki mikroklimatu modyfikują stosunek produkcji ciepła do możliwości jego strat, 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 (3,4).

Badania obciążenia cieplnego i wpływu pracy w podwyższonej temperaturze na stan zdrowia górników zatrudnionych w głębokich kopalniach węgla i rud są prowadzone od szeregu lat. Doświadczenia uzyskane podczas eksploatacji nowych partii złoża rud miedzi występujących poniżej 1000 m wskazują na niedoskonałość obowiązujących w polskim górnictwie przepisów dotyczących oceny warunków i norm czasu pracy. Na wniosek Urzędu Górniczego powołany został zespół złożony z przedstawicieli różnych dyscyplin, który opracował nowe przepisy uwzględniające możliwości zatrudnienia górników na głębiej położonych stanowiskach roboczych.

Przepisy te oparto głównie na znajomości reakcji górnika na różne kombinacje warunków klimatycznych, które powodują, że ani rozważania teoretyczne, ani prognozowanie obciążających czynników mikroklimatu nie zastąpią badania lekarskiego bezpośrednio na stanowisku pracy. Załogi górnicze zatrudnione w kopalni składają się bowiem z ludzi w różnym wieku, charakteryzujących się różnym stanem zdrowia i mających różne predyspozycje w zakresie skuteczności termoregulacji. Należałoby więc ocenić funkcje fizjologiczne indywidualnie u każdego górnika w trakcie jego pracy zawodowej, a po przeprowadzeniu stosownej liczby obserwacji oszacować przeciętny obraz tych funkcji. Tego typu obserwacje możliwe są tylko w trakcie badań terenowych.

W ostatnich latach zarówno w fizjologii pracy, jak i szeroko pojętej ergonomii zwraca się uwagę na taki typ badań jako zasadnicze w ocenie rzeczywistego wpływu warunków pracy na organizm ludzki. Podstawowa różnica między wynikami badań uzyskanymi w pracowniach a na stanowiskach roboczych, w przypadku takiego zakładu produkcyjnego jak kopalnia, może wynikać z faktu zjazdu pod ziemię. Zadania symulacyjne na powierzchni nie oddają w pełni warunków pracy górnika przebywającego na głębokości np. 1000 m pod powierzchnią ziemi i wynikających z tego zagrożeń (5–8).

W ocenie granic tolerancji obciążenia cieplnego podstawowe znaczenie ma szereg zmiennych regulowanych w procesie termoregulacji, w tym temperatura wewnętrzna, ale także inne zmienne fizjologiczne, jak wydzielanie potu czy parametry oceniające pracę układu krążenia (9). Prawidłowa wartość temperatury wewnętrznej mieści się w wąskich granicach, ponieważ izotermia jest podstawowym zjawiskiem homeostazy wszystkich organizmów stałocieplnych, do których także należy człowiek. Z kolei parametry układu krążenia w czasie obciążeń adaptacyjnych mogą istotnie zmieniać swoją wartość, a prawidłową ocenę sprawności mechanizmów termoregulacyjnych można przeprowadzić za pomocą holterowskiej analizy częstości skurczów serca (HR).

Celem podjętych badań była próba oceny wpływu niekorzystnych warunków pracy na podstawowy parametr układu krążenia, jakim jest częstość skurczów serca, oraz wskazanie możliwych sposobów niwelacji zaburzeń HR, jak np. wykorzystanie kabin klimatyzowanych. Układ krążenia jest ważnym elementem homeostazy termicznej, a częstość skurczów serca w czasie obciążeń adaptacyjnych może istotnie zmieniać swoją wartość. Prawidłową ocenę sprawności mechanizmów termoregulacyjnych można przeprowadzić za pomocą analizy holterowskiej, prowadzonej przez cały okres pracy operatorów samojezdnych maszyn górniczych pod ziemią, co stanowi pierwsze tego typu badania w kopalniach miedzi w Polsce.

MATERIAŁ I METODYKA

Badania przeprowadzono bezpośrednio na stanowiskach pracy pod ziemią w kopalni miedzi Rudna Zachodnia. Badaniom poddano 71 operatorów samojezdnych maszyn górniczych z oddziałów G-6 i G-11. W analizowanym materiale przewagę miały osoby, u których nie stwierdzono żadnych chorób przewle-

kłych, o średnim stażu pracy, z dobrą aklimatyzacją do środowiska pracy i wyrobionej strategii radzenia sobie w trudnych warunkach klimatycznych. Aby wyeliminować wpływ zmienności fizjologicznych, wszystkie badania prowadzono na pierwszej zmianie roboczej. Zgodnie z informacjami otrzymanymi w wywiadzie wszyscy badani byli wypoczęci po przespanej nocy, poprzedniego dnia nie stosowali używek ani nie wykonywali obciążającego wysiłku fizycznego. Wszystkie osoby wykonywały pracę w jednakowych ubiorach (krótkie spodenki, koszula flanelowa z długim rękawem, buty).

Ze względu na charakterystykę stanowisk roboczych badanych podzielono na dwie grupy. Grupę I stanowili operatorzy z oddziału G-6 (36 osób w wieku 25 do 50 lat, średnio: $32,8 \pm 8,1$, staż pracy w górnictwie od 7 do 25 lat, średnio: $16,3 \pm 4,1$); grupę II — operatorzy z oddziału G-11 (35 osób w wieku od 23 do 49 lat, średnio: $37,9 \pm 6,1$; staż pracy w górnictwie od 5 do 24 lat, średnio: $15,8 \pm 4,7$).

W takim zakładzie pracy jak kopalnia tło porównawcze kształtowane przez odpowiedni dobór grupy kontrolnej stwarza szczególny problem. Istnieją bowiem obiektywne trudności (brak zgody kierownictwa kopalni) w badaniach na stanowiskach pod ziemią osób zawodowo niezwiązanych z górnictwem, natomiast wykonywanie badań takich osób na powierzchni ziemi — nawet w symulowanych warunkach mikroklimatycznych — może fałszować obraz wyników z powodu braku podstawowego czynnika zagrożenia, jakim jest zjazd i pobyt pod ziemią.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, przy kwalifikacji osób do niniejszej analizy wybrano operatorów wykonujących czynności zawodowe w dwóch zasadniczo różnych środowiskach pracy. Ze względu na sto-

pień narażenia na niekorzystne warunki klimatyczne analizowano głównie wyniki pomiarów uzyskane u osób zatrudnionych na najbardziej obciążonym klimatycznie oddziale G-11. Wyniki uzyskane u tych osób skonfrontowano z otrzymanymi u osób zatrudnionych na oddziale G-6, traktując tę grupę jako swoistą grupę kontrolną.

W tabeli 1. przedstawiono warunki klimatyczne panujące w kabinach z klimatyzacją i bez klimatyzacji wozu odstawczego TORO, pracującego na oddziałach G-6 i G-11.

Czynności zawodowe wykonywane przez operatorów sprowadzały się do obsługi samojezdnych maszyn górniczych. Praca wykonywana była w wymuszonej pozycji siedzącej przy pełnym zakresie ruchów w obrębie przedramienia. Zgodnie z danymi zawartymi w „Atlasie stanowisk pracy kopalni miedzi” Zakładów Badawczych i Projektowych Miedzi „Cuprum” z 1997 roku (10) na obciążenia wynikające z wykonywanych czynności zawodowych składały się następujące elementy: pozycja ciała (+/+++), procesy robocze (++) , monotonia pracy (+) oraz napięcie emocjonalne (++/+++). Obciążenie pracą wynikające z udziału tych elementów mogło być średnie (+), duże (++) i bardzo duże (+++). Wykonywana praca cechowała się więc dużym obciążeniem przez procesy robocze, dużym lub bardzo dużym obciążeniem emocjonalnym oraz umiarkowanym obciążeniem wysiłkiem fizycznym.

Operatorzy pracowali przez całą zmianę w kabinach klimatyzowanych, będących integralną częścią maszyny samojezdnej, lub w kabinach bez klimatyzacji, byli więc bezpośrednio narażeni na działanie warunków klimatycznych miejsca pracy oraz dodatkowo podwyższoną temperaturę generowaną przez obsługiwane przez nich maszyny. Fakt ten stał się powodem,

Tabela 1. Warunki klimatyczne w kabinach klimatyzowanych i bez klimatyzacji wozu odstawczego TORO, pracującego na oddziałach G-6 i G-11

Table 1. Climate profile in air-conditioned and non-conditioned chambers of mining machine TORO, operating in sections G-6 and G-11

Oddział/Kabina Section/Chamber	Temperatura sucha Dry temperature t_s [°C]	Temperatura wilgotna Wet temperature t_w [°C]	Prędkość przepływu powietrza Air flow velocity v [m/s]	Wilgotność względna Relative humidity ϕ [%]	Temperatura zastępcza klimatu Climate equivalent temperature t_{zk} [°C]
G-6					
kabina klimatyzowana / air-conditioned chambers	25,8	21,8	0,5	67	22,8
kabina bez klimatyzacji / non-conditioned chambers	27,6	23,0	1,0	66	23,8
G-11					
kabina klimatyzowana / air-conditioned chambers	28,6	24,4	0,5	71	25,6
kabina bez klimatyzacji / non-conditioned chambers	32,0	29,6	1,0	83	29,6

dla którego w każdej z badanych grup głównych (I i II) wyodrębniono następujące podgrupy: A — operatorzy pracujący w kabinach bez klimatyzacji, i B — operatorzy pracujący w kabinach klimatyzowanych. W związku z powyższym wydzielono cztery podgrupy badanych operatorów:

- IA — 14 osób — operatorzy pojazdów bez klimatyzacji z oddziału G-6,
- IB — 22 osoby — operatorzy pojazdów z klimatyzacją z oddziału G-6,
- IIA — 12 osób — operatorzy pojazdów bez klimatyzacji z oddziału G-11,
- IIB — 23 osoby — operatorzy pojazdów z klimatyzacją z oddziału G-11.

Badania przeprowadzono podczas rutynowo przebiegających procesów wydobywania na terenie kopalni. Na podstawie indywidualnie rejestrowanych chronometraży pracy badanych operatorów można przyjąć, że wszystkie wykonywane przez operatorów czynności zawodowe mieściły się w uproszczonym schemacie, przedstawionym w tabeli 2.

Jak już wspomniano, warunki środowiska pracy w kopalni uzależnione są głównie od głębokości, na której prowadzone są roboty górnicze. Grupa I pracowała na oddziale G-6 położonym na głębokości 900 m pod ziemią, a grupa II na oddziale G-11 usytuowanym na głębokości 1100 m pod ziemią. Różnica głębokości determinowała kształtowanie się warunków klimatycznych na obu oddziałach. Ich charakterystykę, sporządzoną w oparciu o dane służb wentylacyjnych kopalni KGHM (Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi) (11), przedstawiono w tabeli 3.

Miejsca pracy operatorów były zróżnicowane. Stanowiły je przodki i wyrobiska eksploatacyjne, przygotowawcze oraz oddziałowe drogi odstawy urobku maszynami samojezdnymi.

Badania prowadzono pomiędzy godziną 5:45 a 12:15 w oparciu o ten sam powtarzalny schemat:

- badania wstępne — na powierzchni ziemi tuż przed zjazdem około godziny 5:45, w czasie których zakładano rejestratory holterowskie do ciągłej rejestracji częstości skurczów serca badanym górnikom;

Tabela 2. Orientacyjny chronometraż pracy operatorów maszyn górniczych na oddziałach G-6 i G-11

Table 2. Approximate work timing of mining machines' operators in sections G-6 and G-11

Godzina Time	Zakres czynności operatorów Range of activities of operators
6:00	przygotowanie do zjazdu / getting ready for going down the mine
6:15–6:45	zjazd klatką, przejazd SWT jako pasażer do KMC / going down in a cage, passing to heavy-equipment chamber by a self-propelled passenger car
6:45–7:00	odprawa / briefing
7:00–8:00	praca w KMC — przygotowanie maszyny, tzw. obsługa techniczna / work in the heavy-equipment chamber, so called support service
8:00–11:30	praca na oddziale — typowe czynności robocze, przejazdy, usuwanie awarii / work in the section, typical activities, removal of breakdowns
11:30–11:45	przejazd do KMC, przegląd i mycie maszyny / passing to heavy-equipment chamber, machine survey and washing
11:45–12:15	przejazd SWT do podszybia, oczekiwanie na klatkę i wyjazd klatką / passing to pit bottom by a self-propelled passenger car
12:15	mycie i przebieranie się / washing and changing

SWT — samojezdny wóz transportowy / self-propelled car.

KMC — komora maszyn ciężkich / heavy equipment chamber.

Tabela 3. Charakterystyka warunków klimatycznych miejsc pracy operatorów

Table 3. Climate profile at the operators' work stations

Oddział Section	Temperatura sucha Dry temperature t_s [°C]	Temperatura wilgotna Wet temperature t_w [°C]	Wilgotność względna Relative humidity ϕ [%]	Temperatura zastępcza klimatu Climate equivalent temperature t_{zk} [°C]
G-6	16,2–29,6	12,0–21,2	42,0–92,6	22,3–24,8
G-11	22,4–35,2	18,0–30,0	50,7–77,7	26,3–32,9

- badania kontrolne — bezpośrednio na stanowiskach roboczych pod ziemią, częstość skurczów serca przez cały okres zmiany roboczej zapisywana była w sposób ciągły;
- badania końcowe — w czasie których następowało odłączenie rejestratorów holterowskich 15 minut po wyjeździe górników na powierzchnię.

W przedstawionej pracy ocenie poddano ciągłą rejestrację EKG metodą Holtera w czasie całej zmiany roboczej przy użyciu rejestratorów trzykanałowych Medilog MR-63 firmy Oxford. Do analizy uzyskanych zapisów holterowskich wykorzystano SUPRIMA Holter System. Wynikiem tego etapu analizy był zapis cyfrowy obejmujący zbiór określonych zespołów QRS oraz odstępów R-R. Pozwalało to na wyznaczenie częstości skurczów serca w różnych przedziałach czasowych typowego dnia pracy i stało się podstawą wyznaczenia ich średnich wartości dla określonych godzin pracy pod ziemią. Średnie wartości HR dla poszczególnych osób zostały sporządzone w oparciu o 5-minutowe zapisy ciągłe.

Ciągły zapis częstości skurczów serca był prowadzony tylko w czasie godzin pracy z dwóch powodów: po pierwsze, po wyjeździe wszyscy górnicy musieli się wykapać, co wymagało odłączenia rejestratorów holterowskich, a po drugie, żaden z badanych nie wyraził zgody na ponowne podłączenie rejestratorów. Z punktu widzenia mechanizmów homeostatycznych prawidłowa restytucja częstości skurczów serca powinna wystąpić w ciągu 5 minut, a ten okres w warunkach komfortu cieplnego został zarejestrowany.

W analizie statystycznej przy pomocy testu zgodności χ^2 Pearsona sprawdzono zgodność rozkładów empirycznych badanych parametrów z rozkładem normalnym. Dla większości parametrów uzyskano rozkłady zgodne lub zbliżone do normalnego, co umożliwiło wykorzystanie testu t-Studenta (wg Gosseta). Tendencję centralną zmiennych określano, wyznaczając średnie arytmetyczne, a rozrzut, wyznaczając odchylenie standardowe każdej zmiennej. W celu oszacowania istotności różnic między wynikami obserwacji w grupie jednorodnej posłużono się testem t-Studenta dla zmiennych powiązanych (gdy rozpatrujemy tę samą grupę, ale badaną w pewnych odstępach czasu), a porównanie w dwóch różnych grupach prowadzono, stosując statystykę testu „t” dla zmiennych niepowiązanych (np. porównanie grup górników pracujących w kabinach klimatyzowanych i w kabinach bez klimatyzacji).

W przedstawionym opracowaniu nie zastosowano analizy kowariancji z wiekiem i masą ciała jako czynnikami towarzyszącymi, ponieważ z naszych wcześniej-

szych badań przy opracowywaniu ekspertyz dla KGHM wynika, że czynniki te mają niewielki wpływ na analizowane tu zmienne zależne. Znacznie większy wpływ ma staż pracy i to głównie na wartości ciśnienia tętniczego, a mniej na częstość skurczów serca.

WYNIKI

Analizie poddano wyniki badań holterowskich, które powstały w czasie 6-godzinnej zapisu EKG. Zastosowany model analizy pozwolił na określenie średniej częstości skurczów serca, a także wyznaczenie granic tętna poprzez określenie jego wartości maksymalnej i minimalnej oraz godzin, w których one występowały. Wyniki uzyskane u operatorów z oddziału G-6 przedstawiono w tabeli 4., a u operatorów z oddziału G-11 w tabeli 5.

Tabela 4. Porównanie średnich wartości częstości skurczów serca u operatorów z podgrup IA i IB zatrudnionych na oddziale G-6
Table 4. Comparison of average values of heart rate in operators of subgroups IA and IB working in section G-6

Godzina Time	Częstość skurczów serca [liczba/min] Heart rate [bpm]		Istotność statystyczna Statistical significance
	podgrupa IA subgroup IA	podgrupa IB subgroup IB	
6:00	82±5,3	80±5,9	ns.
6:15	120±11,2	118±7,8	ns.
7:00	85±4,8	97±9,2	p < 0,001
8:00	83±7,1	85±7,3	ns.
9:00	85±5,1	83±8,1	ns.
10:00	83±4,5	81±5,9	ns.
11:00	84±6,1	84±7,2	ns.
12:00	100±7,1	90±11,2	p < 0,01
12:15	83±4,8	80±5,8	ns.

ns. — nieistotny statystycznie / statistically not significant.

Średnie wartości HR uzyskane tuż przed zjazdem (godzina 6:00) w podgrupach IA i IB mieściły się w granicach normy i nie różniły się od siebie w sposób statystycznie istotny. W czasie zjazdu pod ziemię o godzinie 6:15 częstość skurczów serca uzyskała w obu podgrupach najwyższe wartości (tzw. szczyt zjazdowy), które nie różniły się istotnie statystycznie w porównywanych podgrupach. Podobnie było w okresie nasilenia prac górniczych (między godziną 8:00 a 11:00), natomiast w czasie wyjazdu na powierzchnię w podgrupie IA odnotowano istotnie większy (p < 0,01) wzrost HR niż w podgrupie IB. Największą różnicę między

podgrupami ($p < 0,001$) stwierdzono w chwili podjęcia czynności zawodowych pod ziemią o godzinie 7:00. Po wyjeździe na powierzchnię w obu podgrupach odnotowano powrót średnich wartości HR do wartości wyjściowych przed zjazdem. W podgrupie IA średnia częstość skurczów serca zawarta była w przedziale od $82 \pm 5,3$ /min do $120 \pm 11,2$ /min, natomiast w podgrupie IB — od $80 \pm 5,9$ /min do $118 \pm 7,8$ /min.

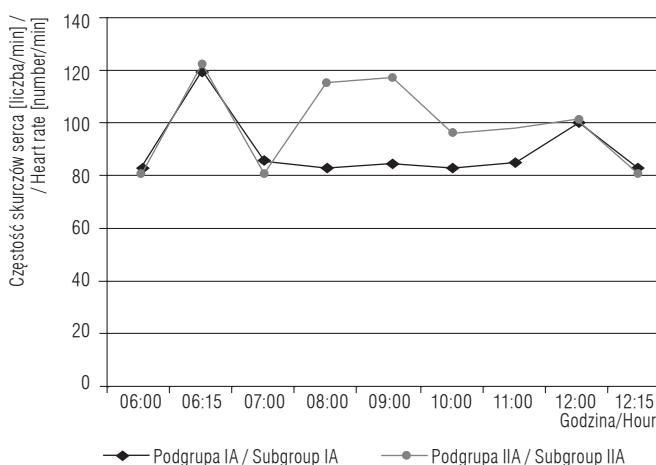
Tabela 5. Porównanie średnich wartości częstości skurczów serca u operatorów z podgrup IIA i IIB zatrudnionych na oddziale G-11
Table 5. Comparison of average values of heart rate in operators of subgroups IIA and IIB working in section G-11

Godzina Time	Częstość skurczów serca [liczba/min] Heart rate [bpm]		Istotność statystyczna Statistical significance
	podgrupa IIA subgroup IIA	podgrupa IIB subgroup IIB	
6:00	$80 \pm 7,2$	$82 \pm 4,2$	ns.
6:15	$121 \pm 9,2$	$121 \pm 9,8$	ns.
7:00	$80 \pm 5,2$	$100 \pm 7,1$	$p < 0,001$
8:00	$116 \pm 10,2$	$101 \pm 6,9$	$p < 0,001$
9:00	$118 \pm 9,7$	$97 \pm 6,1$	$p < 0,001$
10:00	$96 \pm 11,2$	$82 \pm 9,2$	$p < 0,001$
11:00	$98 \pm 10,2$	$81 \pm 7,9$	$p < 0,001$
12:00	$100 \pm 9,1$	$87 \pm 6,7$	$p < 0,001$
12:15	$82 \pm 6,1$	$81 \pm 5,3$	ns.

ns. — nieistotny statystycznie / statistically not significant.

W podgrupach IIA i IIB średnie wartości HR uzyskane tuż przed zjazdem (godzina 6:00) również mieściły się w granicach normy i nie różniły się od siebie w sposób statystycznie istotny. W czasie zjazdu pod ziemię o godzinie 6:15 częstość skurczów serca uzyskała w obu podgrupach najwyższe wartości (tzw. szczyt zjazdowy), które nie różniły się statystycznie istotnie w porównywanych podgrupach. Z kolei już w chwili podjęcia czynności zawodowych pod ziemią (godzina 7:00), a następnie przez cały okres nasilenia prac górniczych (między godziną 8:00 a 11:00) częstość skurczów serca w obu porównywanych podgrupach różniła się w sposób istotny statystycznie ($p < 0,001$). Również w czasie wyjazdu na powierzchnię w podgrupie IIA odnotowano istotnie większy ($p < 0,001$) wzrost HR niż w podgrupie IIB. Po wyjeździe na powierzchnię w obu podgrupach odnotowano powrót średnich wartości HR do wartości wyjściowych przed zjazdem. W podgrupie IIA wartość średnia częstości skurczów serca zawarta była w przedziale od $80 \pm 7,2$ /min do $121 \pm 9,2$ /min, natomiast w podgrupie IIB — od $82 \pm 4,2$ /min do $121 \pm 9,8$ /min.

Wartości przedstawione w tabeli 4. i 5. stały się podstawą sporządzenia krzywych częstości skurczów serca przez cały okres rejestracji pod ziemią. Powyższą procedurę zastosowano głównie ze względu na równoległe analizowany chronometraż pracy w poszczególnych godzinach realizacji czynności zawodowych na stanowisku roboczym. Porównanie krzywych HR u operatorów maszyn górniczych z klimatyzacją i bez klimatyzacji z oddziałów G-6 i G-11 przedstawiono na rycinie 1. i 2.



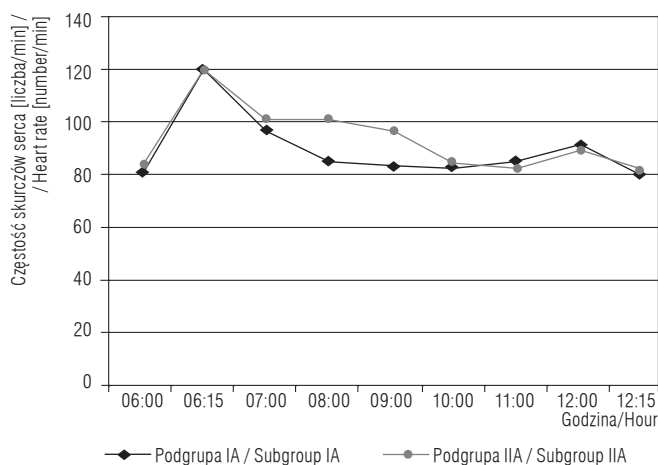
Ryc. 1. Porównanie średnich wartości częstości skurczów serca u operatorów z oddziałów G-6 (podgrupa IA) i G-11 (podgrupa IIA) pracujących bez klimatyzacji.

Fig. 1. Comparison of average values of heart rate in operators of sections G-6 (subgroup IA) and G-11 (subgroup IIA) working without air-conditioning.

Początek dnia roboczego przedstawiał się bardzo podobnie u operatorów z obu oddziałów. Zarówno w podgrupie IA, jak i IIA wstępne pomiary częstości skurczów serca mieściły się w granicach normy i nie różniły się od siebie w sposób statystycznie znamieny. Następnie w obu podgrupach odnotowano istotny ($p < 0,001$) wzrost HR do około 120/min w trakcie zjazdu pod ziemię, z tą różnicą, że w podgrupie operatorów z oddziału G-6 już do końca pracy nie odnotowano przypadków tachykardii, nawet w okresie największego nasilenia robót górniczych między 8:00 a 10:00. Z kolei u operatorów z oddziału G-11 widoczny był w tym okresie wzrost częstości skurczów serca do $118 \pm 9,7$ /min, a wartości będące podstawą wykreślenia obu krzywych, w tym okresie czasu różniły się od siebie w sposób istotny statystycznie ($p < 0,001$). W podgrupie IIA wartości HR już do końca pracy pod ziemią oscylowały na granicy umiarkowanej tachykardii (od $96 \pm 11,2$ /min do $98 \pm 10,2$ /min).

W czasie wyjazdu na powierzchnię dla obu podgrup uzyskano zbliżoną wartość około 100/min, w związku z czym tylko w podgrupie IIA widoczny był szczyt wyjazdowy. Na powierzchni rozpatrywana cecha w obu przypadkach wracała do wartości wyjściowej, badanej przed pracą, i nie różniła się istotnie statystycznie w podgrupach IA i IIA.

Zestawienie krzywych HR na kolejnej rycinie ujawniło nieco inny ich przebieg.



Ryc. 2. Porównanie średnich wartości częstości skurczów serca u operatorów z oddziałów G-6 (podgrupa IB) i G-11 (podgrupa IIB) pracujących w kabinach klimatyzowanych.
Fig. 2. Comparison of average values of heart rate in operators of sections G-6 (subgroup IB) and G-11 (subgroup IIB) working in air-conditioned chambers.

Przedstawione na rycinie 2. obie krzywe częstości skurczów serca były do siebie zbliżone. Istotne statystycznie różnice ($p < 0,001$) odnotowano jedynie w okresie nasilenia prac górniczych między godziną 8:00 a 9:00. Zarówno u operatorów z oddziału G-6, jak i G-11, pracujących w kabinach klimatyzowanych, tachykardia rzędu 120/min miała miejsce tylko w czasie zjazdu pod ziemię. W czasie wyjazdu na powierzchnię w obu podgrupach zauważalny był niewielki szczyt wyjazdowy, statystycznie nieistotny. Na powierzchni rozpatrywana cecha w obu przypadkach wracała do wartości wyjściowej, badanej przed pracą, i nie różniła się istotnie statystycznie w podgrupach IB i IIB.

Z analizy zapisów holterowskich EKG wynika, że wśród operatorów z oddziału G-11 pracujących w kabinach klimatyzowanych pojedyncze skurcze nadkomorowe wystąpiły u 6 osób w liczbie od 3–12 skurczów, okresy tachykardii nadkomorowej u 4 osób w liczbie od 1–14, natomiast pobudzenia komorowe wystąpiły

u jednej osoby w liczbie 3 pobudzeń. Opisane tu zmiany miały miejsce między godziną 8:00–10:00, z wyjątkiem jednej osoby, u której wystąpiło 14 okresów tachykardii nadkomorowej (o częstości 155–162/min) w ciągu całego dnia roboczego.

Znacznie więcej zmian zanotowano u operatorów z tego oddziału pracujących bez klimatyzacji. W tej grupie u wszystkich badanych wystąpiły pojedyncze skurcze nadkomorowe w liczbie od 1–433, a okresy tachykardii nadkomorowej miały miejsce w 8 przypadkach w liczbie od 1–63 (o częstości 160–230/min). U większości osób wszystkie te zmiany miały miejsce nie tylko w okresie nasilenia robót górniczych, ale i poza nim, w trakcie pobytu pod ziemią. Nie odnotowano epizodów tachykardii nadkomorowej przed zjazdem i po wyjeździe na powierzchnię. Podobnie jak w poprzedniej grupie, skurcze komorowe wystąpiły u jednej osoby, ale w liczbie 175 pobudzeń. Poza tym u tej samej osoby wystąpiło 8 okresów bigemiii i trigemiii, jednak bez epizodów tachykardii komorowej.

Analiza zapisów holterowskich EKG wśród operatorów z oddziału G-6 wykazała, że wyniki uzyskane w podgrupie IA i IB były bardzo zbliżone, więc grupę I opracowano w całości bez podziału na podgrupy. Wśród operatorów maszyn górniczych tego oddziału pojedyncze skurcze nadkomorowe wystąpiły u 5 osób w liczbie od 3–10 skurczów, okresy tachykardii nadkomorowej u 2 osób w liczbie od 1–15 (o częstości 152–158/min), pojedyncze pobudzenia komorowe u 2 osób w liczbie 3 pobudzeń. Wszystkie te zmiany miały miejsce między godziną 8:00 a 10:00 z wyjątkiem jednej osoby, u której wystąpiło 15 okresów tachykardii nadkomorowej w ciągu całego dnia roboczego. Wyniki te były bardzo zbliżone do tych, które uzyskano wcześniej u operatorów z oddziału G-11, pracujących w kabinach klimatyzowanych.

Wszystkie osoby, u których stwierdzono tachykardię nadkomorową oraz komorowe zaburzenia rytmu, zostały objęte opieką kardiologiczną przez specjalistów Miedziolego Centrum Zdrowia w Lubinie, natomiast osoba, u której wystąpiły okresy bigemiii i trigemiii komorowej, została dodatkowo odsunięta od pracy na stanowiskach dołowych i przesunięta do mniej obciążającej pracy na powierzchni.

OMÓWIENIE

Od wielu lat w fizjologii i medycynie pracy istnieją normy dotyczące kształtowania się wartości częstości skurczów serca i ciśnienia tętniczego u osób wykonu-

jących wysiłek fizyczny na stanowisku roboczym oraz wartości granicznych tych parametrów w trakcie dnia roboczego.

Podczas wykonywania pracy o małym obciążeniu częstość skurczów serca nie powinna przekraczać 110/min. Jak wiadomo, częstość ta zależy nie tylko od wielkości obciążenia pracą, ale i narażenia na wysoką temperaturę. W przyroście HR u osoby wykonującej czynności zawodowe w podwyższonej temperaturze wyróżnia się więc komponentę „motoryczną” i komponentę „termiczną”. Przy zbliżonym obciążeniu pracą główny wpływ na zmiany HR może mieć komponenta „termiczna” (9).

Pierwsze badania na ten temat prowadził zespół Metza i Vogta z Instytutu Bioklimatycznego w Strasburgu (12). Na podstawie szeregu obserwacji i analiz korelacyjnych zespół ten dowiódł, że wzrost HR w trakcie wykonywania wysiłku w podwyższonej temperaturze ma miejsce nie tylko w fazie wysiłkowej, ale i w okresie restytucji. W fazie wysiłkowej częstość skurczów serca determinowana jest głównie intensywnością wysiłku, a w okresie restytucji zależna jest głównie od temperatury wewnętrznej ciała. Fakt ten stał się podstawą wyodrębnienia dwu wspomnianych wyżej komponent przyrostu częstości akcji serca. Należy dodać, że komponentę „termiczną” charakteryzuje wysoki stopień korelacji z ilością wydzielanego potu i czasem trwania restytucji HR, natomiast komponentę „motoryczną” — z intensywnością pracy mechanicznej (12).

Zgodnie z polskimi normami komponenta „termiczna” przyrostu HR powinna wynosić do 33/min, a graniczna wartość częstości skurczów serca w trakcie wykonywania czynności roboczych w środowisku gorącym nie powinna przekroczyć 140/min. Taki wzrost częstości skurczów serca związany jest ze zwiększeniem pojemności minutowej serca, która winna zrównoważyć zmniejszenie ciśnienia żylnego krwi, spowodowanego rozszerzeniem naczyń krwionośnych skóry i przemieszczeniem się krwi z wnętrza organizmu ku powierzchni ciała (4).

Zgodnie z badaniami Minarda (cyt. wg 7) w wydolności pracy górnika nie obserwuje się żadnych zmian, jeśli częstość skurczów serca w toku całej zmiany nie przekracza 120/min. Światowa Organizacja Zdrowia zaleca wartość do 110/min, z niewielkimi okresami, w których HR przekracza nawet 120/min, ale wyłącznie u osób zaaklimatyzowanych i charakteryzujących się wysoką wydolnością (13). Z kolei zgodnie z zaleceniem ISO 9886 przyrost częstości skurczów serca zależny od stresu termicznego nie powinien przekraczać 30/min (14).

Wyznaczone w tej pracy średnie wartości HR dla kolejnych godzin wykonywania czynności zawodowych różniły się od siebie zarówno przy porównaniu ich wewnątrz grupowo (tab. 4 i 5), jak i przy porównaniu grup zatrudnionych w różnych warunkach klimatycznych (ryc. 1 i 2). Znając ogólne zasady zmian częstości skurczów serca w trakcie wykonywania czynności zawodowych oraz przyrostu na skutek obciążenia termicznego, poszukiwano przede wszystkim okresów, kiedy parametr ten mógł przekraczać graniczną wartość 140/min. Z analizy wykonanych ciągłych zapisów EKG wynika, że w żadnym okresie czasu nie zarejestrowano częstości akcji serca przekraczającej 140/min.

Ciągłą rejestrację HR u górników na stanowisku roboczym prowadzili między innymi Brake i Bates (7). Porównując zachowanie się HR w dwu różnych warunkach klimatycznych zastosowali oni oryginalną analizę tego parametru — oznaczali najwyższą częstość skurczów serca w 10. i 30. minucie pracy oraz procent czasu, kiedy HR mieściła się w zakresach < 60/min, 60–80/min, 80–100/min, 100–120/min, 120–140/min i > 140/min. Porównanie oparto głównie na poszukiwaniu zmian w długości okresów, kiedy częstość skurczów serca mieściła się w powyższych wartościach. W badaniach przeprowadzonych przez ww. autorów na stanowiskach roboczych HR oceniana w warunkach bez wykonywania wysiłku fizycznego wynosiła średnio 103,6/min (76–135/min) przy WBGT (wet bulb glogal temperature) wynoszącej 30,8°C, a więc porównywalnej z ocenianą na oddziale G-6.

W analizowanych podgrupach z oddziałów G-6 i G-11 częstość skurczów serca przyjmowała zróżnicowane wartości w różnych okresach wykonywania czynności zawodowych u osób pracujących w różnych warunkach klimatycznych.

W szczegółowej analizie ciągłych zapisów EKG można znaleźć kilka wspólnych elementów. U wszystkich badanych operatorów obserwowano podobny profil zmian HR w trakcie rejestracji podczas dnia roboczego. Prawidłowe wartości wyjściowe tego parametru znacząco wzrastały w trakcie zjazdu pod ziemię, by około godziny 7:00 przyjąć wartości zbliżone do wyjściowych. Poza szczytem zjazdowym, najwyższe wartości HR zarejestrowano podczas nasilenia prac górniczych między godziną 8:00 a 9:00.

Badane grupy zróżnicowało zatrudnienie w różnych warunkach klimatycznych. Największe różnice wystąpiły między podgrupami operatorów pracujących w kabinach bez klimatyzacji na oddziale G-6 i G-11 (ryc. 1). Na początku okresu nasilenia prac górniczych

(między godziną 8:00 a 9:00) HR u operatorów z podgrupy IIA była o 33/min wyższa niż podgrupie IA i była to różnica wysoce istotna statystycznie ($p < 0,001$). Po godzinie 9:00 odnotowano stopniowy spadek HR w podgrupie IIA, ale już do końca okresu nasilenia prac górniczych około godziny 11:00 HR oscylowała w tej podgrupie około 100/min i różniła się w sposób istotny statystycznie ($p < 0,001$) od podgrupy IA.

W podgrupie IA częstość skurczów serca przez cały okres nasilenia prac górniczych ulegała niewielkim zmianom i oscylowała między 83 a 85/min. Nieco mniejsze różnice w częstości skurczów serca zarejestrowano u operatorów pracujących w kabinach klimatyzowanych (ryc. 2). Mimo pracy w kabine klimatyzowanej operatorzy zatrudnieni na oddziale G-11 reagowali w czasie największego nasilenia prac górniczych wyższą częstością skurczów serca niż pracujący na oddziałach G-6. O godzinie 8:00 różnica HR między podgrupami IB a IIB wynosiła 16/min, a o godzinie 9:00 — 14/min, i były to różnice istotne statystycznie ($p < 0,001$). W żadnym innym okresie dnia roboczego nie wykazano różnic statystycznie istotnych w przebiegu krzywych HR między grupą IB a IIB. Nawet w czasie wyjazdu na powierzchnię uzyskano dla obu podgrup zbliżoną wartość około 100/min, w związku z czym tylko w podgrupie IIA widoczny był szczyt wyjazdowy.

Na powierzchni rozpatrywana cecha we wszystkich badanych podgrupach (ryc. 1 i 2) wracała do wartości wyjściowej, badanej przed pracą, i różniła się istotnie statystycznie w podgrupach. Ze szczegółowej analizy przebiegu uśrednionych krzywych HR wynika, że po przerwaniu kontaktu ze środowiskiem pracy restytucja częstości skurczów serca była zgodna z klasycznym wzorcem fizjologicznym. Zgodnie z tym wzorcem największe zmiany HR występują w trakcie pierwszych 5 minut pobytu w komfortowych warunkach klimatycznych. Może to przemawiać za utrzymaniem się prawidłowych mechanizmów regulacyjnych u osób poddanych badaniom.

We wszystkich badanych grupach operatorów nieznaczny wzrost częstości skurczów serca nastąpił ponownie około godziny 12:00, a więc w okresie wyjazdu na powierzchnię, ale tylko wśród operatorów z oddziału G-11 pracujących bez klimatyzacji, a więc najbardziej narażonych na niekorzystne warunki środowiska, był to wzrost istotny statystycznie ($p < 0,001$). Wartości częstości skurczów serca zanotowane w trakcie wyjazdu były znacznie mniejsze niż w trakcie zjazdu. Przyczyny tego zjawiska są niewątpliwie wieloskładnikowe, a na tym etapie badań jest niemożliwe jednoznaczne

ich wyjaśnienie. Wzrost HR podczas zjazdu pod ziemię wiązać należy nie tylko z nagłym pokonywaniem różnic ciśnienia atmosferycznego, ale i z towarzyszącym zjazdowi większym napięciem emocjonalnym. Szczegółowe wyjaśnienie tego zjawiska wymagałoby badań celowanych.

Podjęte badania miały charakter nie tylko poznawczy, ale i praktyczny, ponieważ miały odpowiedzieć na pytanie, czy zastosowane przez władze górnicze środki zapobiegawcze przynoszą spodziewane efekty, czyli łagodzą skutki negatywnego oddziaływania gorącego mikroklimatu. Podstawowe działania ochronne przed przegrzaniem organizmu górników zostały już podjęte poprzez zmechanizowanie procesów produkcji pod ziemią. Zmniejszyło to znacznie „wewnętrzna” komponentę kumulacji ciepła związaną z jego wytworzeniem podczas wykonywania pracy fizycznej. Należy podkreślić, że w różnych gałęziach gospodarki, w których występuje narażenie na działanie niekorzystnego mikroklimatu, od lat trwały badania nad wprowadzeniem różnego typu zabezpieczeń łagodzących skutki tego narażenia. Wśród tych działań należy wyróżnić zwiększenie ruchu powietrza, chłodzenie powietrza, wprowadzenie osłon źródeł promieniowania cieplnego czy ekranowanie tych źródeł w miejscu pracy (15).

Na obecnym etapie działań prewencyjnych służb górniczych „ochładzanie” organizmu górników narażonych na niekorzystny mikroklimat realizowane jest głównie poprzez zastosowanie klimatyzowanych kabin na maszynach samojezdnych. Przeprowadzone badania miały na celu znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy wyżej wymienione zabezpieczenia zmniejszają odpowiedź organizmu górnika na niekorzystny mikroklimat.

Na podstawie przeprowadzonych badań i ich szczegółowej analizy można stwierdzić, że zastosowane środki zaradcze spełniają swoją funkcję. Istotne różnice występujące w zakresie częstości skurczów serca między podgrupami operatorów zatrudnionych na oddziale G-11 przemawiają za celowością i potrzebą zastosowania klimatyzowanych kabin na maszynach samojezdnych, chroniących operatora przed bezpośrednim wpływem gorącego mikroklimatu.

Na podstawie wyników badań uzyskanych u operatorów z obu oddziałów można stwierdzić, że niezależnie od panujących w kopalni warunków klimatycznych przebywanie w kabinach klimatyzowanych istotnie obniża ryzyko wystąpienia zarówno nadkomorowych, jak i komorowych zaburzeń rytmu serca u górników. Należy przypuszczać, że stabilne warunki klimatyczne (odpowiednia temperatura i wilgotność utrzymywana

na stałym poziomie) skutecznie zapobiegają narażeniu organizmu człowieka na przegrzanie, a tym samym zmniejszają ryzyko wystąpienia zaburzeń wodno-elektrolitowych.

Zarówno odwodnienie, jak i dyselektrolicemia wywołana przegraniem organizmu istotnie wpływają na zaburzenia przewodnictwa oraz generowanie ektopowych pobudzeń w mięśniu sercowym (3). Często obserwowana w warunkach wysokiej temperatury i odwodnienia nadmierna utrata jonów sodu, potasu oraz magnezu, szczególnie na drodze transpiracji, może sprzyjać występowaniu licznych ektopowych pobudzeń oraz napadowego częstoskurczu nadkomorowego i komorowego. Ponadto niedobór elektrolitów, szczególnie magnezu i potasu, może prowadzić do istotnego wydłużenia skorygowanego odstępu QT (QTc) w zapisie elektrokardiograficznym, będącego wyrazem zaburzonego przepływu jonów przez kanały błonowe w kardiomiocytach (3,16). Zarówno nabyte, jak i wrodzone wydłużenie odstępu QT istotnie zwiększa ryzyko wystąpienia groźnych arytmii.

Należy także podkreślić, że niezależnie od panujących warunków klimatycznych na wyrobiskach oraz stosowanych metod zapobiegających narażeniu organizmu na przegrzanie obserwowane były jedynie łagodne dysrytmie komorowe i nadkomorowe. Obecność takich zaburzeń u górników z nierozpoznaną wcześniej chorobą organiczną serca (choroba wieńcowa, wada serca, kardiomiopatia, kanałopatia — „zespół długiego QT”) może stać się jednak źródłem groźnych dla życia i zdrowia arytmii komorowych (częstoskurcz komorowy, migotanie komór).

Obecność kilku incydentów tachykardii nadkomorowej zarówno u górników pracujących na oddziale G-6, jak i G-11 może sugerować także istotny udział wzmożonej aktywności układu współczulnego w powstaniu arytmii. Nadmierna fizjologiczna aktywacja współczulna sprzyja występowaniu pobudzeń ektopowych oraz generowaniu groźnych arytmii komorowych poprzez niekorzystne działanie wysokiego poziomu katecholamin we krwi na mięsień sercowy. Wzmocniona aktywność układu renina-angiotensyna-aldosteron oraz zdolność aktywowania układu współczulnego przez angiotensynę II, szczególnie w warunkach odwodnienia spowodowanego wysoką temperaturą, sprzyja obserwowanemu w obu badanych grupach nadmiernemu napięciu układu współczulnego (17). Ponadto wzmożone wydzielanie aldosteronu w tych warunkach może nasilać niedobór jonów potasu w organizmie i w ten sposób także przyczyniać się do zwiększonej „gotowości arytmicznej” serca.

Zastosowanie kabin klimatyzowanych istotnie zmniejszyło liczbę incydentów częstoskurczu nadkomorowego i innych zaburzeń nadkomorowych oraz komorowych w obu grupach badanych. Stosowanie kabin klimatyzowanych obniża zatem ryzyko wystąpienia zaburzeń rytmu serca prawdopodobnie poprzez zarówno umożliwienie zachowania względnej równowagi wodno-elektrolitowej organizmu, jak i poprzez zahamowanie nadmiernie wyrażonej sympatykotonii w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności.

Wyniki badań i ich analizę należy uznać za przyczynek do problemu zatrudnienia człowieka w niesprzyjających warunkach pracy. Omawiane badania wskazują wprawdzie na obciążenie układu krążenia zwłaszcza w mniej korzystnych warunkach oddziały G-11, ale nie dają podstaw do rozpoznania poważnych zaburzeń termoregulacji.

Z wielu badań wykonanych u górników przemysłu węglowego niezbiecie wynika, że podstawowe problemy dotyczące obciążenia procesami termoregulacji i odwodnienia pojawiają się głównie po przekroczeniu głębokości 1200 m. Zgodnie z danymi przedstawionymi przez Donoghue (1), uzyskanymi na podstawie badań wykonywanych w Mount Isa Mines w Australii, po przekroczeniu wyżej wzmiankowanej głębokości przypadki wyczerpania cieplnego i innych zespołów zaburzeń termoregulacji występują 3,17 razy częściej. Zespoły wyczerpania cieplnego występujące na stanowiskach położonych poniżej 1200 m związane były nie tylko z odwodnieniem, ale także ze zmianami w rozmiarze i wskaźnikach biochemicznych krwi. U osób z zespołem wyczerpania cieplnego zanotowano leukocytozę z przewagą leukocytów obojętnochłonnych, eozynopenię, kwasicę metaboliczną, podwyższenie poziomu glukozy i ferrytyny oraz umiarkowany wzrost stężenia kinazy kreatynowej i enzymów wątrobowych. Badania te niezbiecie dowodzą, że skutki narażenia na ciepło mogą być ogólnoustrojowe. Wszystkie wyżej wymienione zmiany muszą być brane pod uwagę przy budowie nowych kopalń.

W kopalniach miedzi Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego opracowywane są plany budowy nowych stanowisk eksploatacyjnych, które usytuowane będą na głębokościach przekraczających nie tylko 1000 m, ale i 1200 m. Przygotowanie stanowisk pracy na tych głębokościach wymagać będzie od pracodawcy wielu działań zapewniających bezpieczeństwo pracy. Z przeprowadzonych badań i ich analizy należy wnosić, że poza wentylacją i chłodzeniem stanowisk pomocne będzie stosowanie kabin klimatyzowanych we wszystkich maszynach górniczych.

Z wypracowanych na świecie strategii zabezpieczenia pracy w środowisku gorącym należy zwrócić uwagę na tę, która dotyczy australijskich kopalń położonych na głębokościach 1000–1200 m pod ziemią (1). Strategia ta zakłada równoległe działania zarówno w zakresie prewencji (szkolenie załogi, unikanie zachowań mogących prowadzić do zaburzonej termoregulacji), jak i stałego monitorowania zmian środowiska mogących prowadzić do rozwoju niebezpiecznych odchyśleń od normy u pracującego w gorącym klimacie.

Autorzy strategii zwracają uwagę głównie na właściwą selekcję osób przyjmowanych do pracy w gorącym środowisku, a przede wszystkim na występujące w populacjach z częstością około 3% przypadki nietolerancji ciepła z brakiem możliwości aklimatyzacji. Do pracy w gorącej temperaturze nie powinno się także kierować osób ze schorzeniami kardiologicznymi, z otyłością, cukrzycą, anemią, ze zgłaszanymi w wywiadzie przebytymi urazami głowy, chorobami nerek, tarczycy i skóry. Każde skierowanie pracownika do pracy w wysokiej temperaturze otoczenia winno poprzedzać badanie wydolności fizycznej oparte na pomiarze pochłaniania tlenu.

Rozważania przedstawione w tej pracy mogą być pomocne, przy prowadzeniu dalszych badań w kierunku możliwości przystosowań ludzkiego organizmu do pracy w gorących środowiskach, zwłaszcza wobec perspektywy utworzenia takich stanowisk na dużych głębokościach w rejonie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego.

WNIOSKI

U osób pracujących w różnych warunkach klimatycznych (oddział G-6 i G-11) częstość skurczów serca przyjmowała zróżnicowane wartości w różnych okresach wykonywania czynności zawodowych, lecz w szczegółowej analizie ciągłych zapisów EKG można znaleźć kilka wspólnych elementów — we wszystkich badanych grupach górników prawidłowe wartości wyjściowe częstości skurczów serca wzrastały podczas zjazdu pod ziemię (szczyt zjazdu) w sposób wysoce istotny statystycznie, a szczyt zjazdu był znacząco wyższy niż szczyt wyjazdu. Może to przemawiać za większym napięciem emocjonalnym w czasie zjazdu.

Poza szczytem zjazdowym najwyższe wartości częstości skurczów serca zarejestrowano podczas największego nasilenia prac górniczych między godziną 8:00 a 9:00, ale w żadnym okresie nie przekroczyły one granicznej wartości 140/min.

U operatorów zatrudnionych w bardziej obciążających warunkach klimatycznych oddziału G-11 występowały istotnie większe wzrosty częstości skurczów serca niż w mniej obciążających warunkach pracy oddziału G-6.

Operatorów pracujących w kabinach klimatyzowanych charakteryzował mniejszy wzrost częstości skurczów serca niż narażonych na bezpośredni kontakt ze środowiskiem pracy. Praca w kabinach klimatyzowanych istotnie obniżała ryzyko występowania zarówno nadkomorowych, jak i komorowych zaburzeń rytmu serca.

Po wyjeździe na powierzchnię częstość skurczów serca we wszystkich badanych podgrupach wracała do wartości wyjściowej, zarejestrowanej przed pracą, i nie różniła się istotnie statystycznie w podgrupach. Może to przemawiać za utrzymaniem się prawidłowych mechanizmów regulacyjnych u osób poddanych badaniom.

Przedstawione w pracy wyniki przemawiają za występowaniem sprawnych procesów termoregulacyjnych u badanych górników i mogą świadczyć, że zastosowane przez władze górnicze środki zapobiegawcze (zwłaszcza kabiny klimatyzowane) przynoszą spodziewane efekty, czyli łagodzą skutki negatywnego oddziaływania gorącego mikroklimatu.

PIŚMIENNICTWO

1. Donoghue A.M., Sinclair M.J., Bates G.P.: Heat exhaustion in a deep underground metalliferous mine. *Occup. Environ. Med.* 2000;57(3):165–174
2. Gosk A., Borodulin-Nadzieja L.: Widzenie obwodowe u górników kopalni miedzi. *Med. Pr.* 1992;1:41–46
3. Traczyk W.Z., Trzebski A.: *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL 2001
4. Koradecka D. [red.]: *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*. Tom 1. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 1997
5. Marszałek A.: Osoby zatrudnione w środowisku gorącym-struktura wiekowa. *Bezpiecz. Pr.* 2003;2:16–18
6. Brake D.J., Bates G.P.: Fluid losses and hydration status of industrial workers under thermal stress working extended shifts. *Occup Environ. Med.* 2003;60:90–96
7. Brake D.J., Bates G.P.: Fatigue in industrial workers under thermal stress on extended shift lengths. *Occup. Med. (Lond.)* 2001;51(7):456–463
8. Kizil G.V., Donoghue A.M.: Coal dust exposures in the longwall mines of New South Wales, Australia: a respiratory risk assessment. *Occup. Med.* 2002;52(3):137–149

9. Waclawik J., Branny M.: Symulacja numeryczna wymiany ciepła między ciałem górnika a otoczeniem oraz stanu obciążenia cieplnego. 2. Sekcja Aerologii Górniczej. Komitet Górnictwa PAN, Kraków 2002
10. Atlas stanowisk pracy kopalni miedzi ZB i PM. Cuprum, Wrocław 1997
11. Wyciąg z opracowań związanych z realizacją prac nad warunkami klimatycznymi i ich wpływu na organizm człowieka zatrudnionego w wyrobiskach podziemnych kopalń rud miedzi. KGHM Polska Miedź S.A., Wrocław 2003
12. Vogt J.J.: L'ambiance thermique de travail. Arch. Mal. Prof. 1979;40:131–190
13. World Health Organization: Health factors in workers under conditions of heat stress. Technical Report Series 412 [cytowany lipiec 2004]. WHO, Geneva 1969. Adres: http://www.who.int/entity/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_part1.pdf
14. PN-85/N-08011. Ergonomia. Środowiska gorące. Wyznaczanie obciążeń termicznych działających na człowieka w środowisku pracy, oparte na wskaźniku WBGT
15. Valentin H.: Medycyna pracy. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1985
16. Rydlewska-Sadowska W., Sadowski Z.: Zaburzenia rytmu serca.. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1985
17. Montain S.J., Laird J.E., Latzka W.A., Sawka M.N.: Aldosterone and vasopressin responses in the heat: hydration and exercise intensity affects. Med. Sci. Sports Exerc. 1997;29(5):661–668