

Z. JETHON, Z. SAROL, J. ZAWITKOWSKI

KOMPENSACJA NADCIŚNIENIA ODDECHOWEGO UBIOREM TYPU NACIĄGOWEGO W WARUNKACH NAZIEMNYCH

Z Wojskowego Instytutu Naukowo-Badawczego i Doświadczalnego Medycyny
Lotniczej

Kierownik Naukowy Instytutu: doc. dr *St. Marczewski*

Zabezpieczenie dostawy tlenu do tkanek jest jedną z podstawowych czynności organizmu, decydujących o jego życiu. W czasie lotów na dużych wysokościach, gdy ustrój znajduje się bezpośrednio w otoczeniu rozrzedzonej atmosfery, zostaje on poddany działaniu niedoboru tlenowego z powodu zbyt niskiego ciśnienia parcjalnego tlenu atmosferycznego. Liczne badania wykazały, że granicą krytyczną dla życia (tzw. „próg śmierci”) jest wysokość 7 000 — 8 000 m, na której ciśnienie parcjalne tlenu w atmosferze wynosi 64 — 56 mm Hg, a w powietrzu pęcherzykowym 35 — 29 mm Hg (krótki przegląd piśmiennictwa u *Armstronga* — 2). Minimalne parcjalne ciśnienie tlenu w pęcherzykach płucnych, zabezpieczające na krótki okres czasu sprawne funkcjonowanie ośrodkowego układu nerwowego, wynosi według *Roxburgha* (15) 45 — 50 mm Hg.

Podczas lotów w kabine niehermetycznej, na wysokościach przekraczających 7 000 — 8 000 m, należy podawać do oddychania czysty tlen. Ten sposób zabezpieczenia oddychania, na skutek wyrównywania się ciśnienia przez zawór wydechowy maski tlenowej między otaczającą atmosferą a przestrzenią podmaskową, wystarcza tylko do wysokości około 13 000 m, czyli do osiągnięcia ciśnienia tlenu pod maską do około 120 mm Hg.

Przekroczenie granicy 13 000 m w kabine niehermetycznej jest niedopuszczalne na skutek zbyt dużego obniżenia się ciśnienia parcjalnego tlenu w płucach. Zwiększenie pułapu staje się jedynie możliwe wówczas, jeżeli podwyższymy ciśnienie tlenu podawanego do oddychania ponad ciśnienie otaczającej atmosfery, tak aby wielkość bezwzględne ciśnienia pod maską pilota wynosiła 120 — 145 mm Hg. Ten sposób zabezpieczenia oddychania w czasie lotu nosi nazwę nadciśnienia oddechowego.

Nadciśnienie oddechowe stałe, czyli utrzymywane stale na pewnym poziomie niezależnie od fazy oddechu, jest lepiej znoszone przez organizm od nadciśnienia oddechowego przerywanego, czyli nadciśnienia, w którym obniżamy ciśnienie podawanego tlenu w okresie wydechu do wielkości ciśnienia otaczającej atmosfery (*Barach* i współpr.). (3). Dlatego też

w lotnictwie ogólnie przyjęto metodę podawania tlenu pod stałym nadciśnieniem.

Jak wynika z licznych badań, nadciśnienie oddechowe jest tylko do pewnych wartości znoszone przez organizm (*Barach* i współpr.) (3), *Čapek* (4), *Kuzniecowa* (12). Przekroczenie wartości krytycznych powoduje załamanie się krążenia oraz mechaniczne uszkodzenie pęcherzyków płucnych. Na podstawie badań *Henry'ego* (7) przyjmuje się, że dla człowieka wartością maksymalną nadciśnienia oddechowego, której nie wolno przekroczyć pod groźbą rozerwania pęcherzyków płucnych, jest nadciśnienie wielkości 30 — 40 mm Hg. Ta wartość nadciśnienia tlenu, podawanego do płuc, zabezpiecza jedynie lot do wysokości około 15 000 m, gdzie ciśnienie atmosferyczne wynosi około 90 mm Hg. Zwiększa ona ciśnienie parcjalne tlenu w przestrzeni podmaskowej na tej wysokości do wartości 120 mm Hg, a więc do wielkości, która jest wartością minimalną, niezbędną dla krótkotrwałego zabezpieczenia świadomości pilota w tych warunkach.

Chcąc dalej zwiększyć pułap lotu, konieczne jest w pierwszym rzędzie zabezpieczenie płuc przed mechanicznym wpływem nadciśnienia oddechowego. Najbardziej rozpowszechnionym sposobem tego rodzaju zabezpieczenia jest wysokościowy ubiór kompensacyjny. Ubiór ten stosowany jest w Polsce (projekt jego został opracowany przez Wojskowy Instytut Naukowo-Badawczy i Doświadczalny Medycyny Lotniczej) oraz w innych krajach (*Randel i Ward* (14), *Colin i Brice* (6)). Wywiera on ucisk na ciało większy lub równy naciskowi na tkankę płucną tlenu podawanego pod nadciśnieniem do płuc.

Badania własne nad konstrukcją wysokościowego ubioru kompensacyjnego typu naciągowego stworzyły konieczność określenia wartości maksymalnych nadciśnienia oddechowego, które jeszcze są przez organizm znoszone przy stosowaniu tego ubioru. Doniesienia z piśmiennictwa obcego, ze względu na znaczenie tych danych dla obronności danego państwa, są nadzwyczaj skąpe i ogólnikowe. *Randel i Ward* (14), omawiając sposób treningu pilotów w siłach powietrznych USA, podają, że badanym pilotom jest podawany tlen pod nadciśnieniem wynoszącym 100 mm Hg. Potwierdza to *Colin* (5) w odniesieniu do pilotów armii francuskiej. W pracach tych autorów nie podaje się, czy istnieje wartość maksymalna krytyczna dla nadciśnienia oddechowego, przy której następuje załamanie się mechanizmów wyrównawczych ustroju, mimo stosowania kompensacji ubiorem wysokościowym. Ostatnie doniesienia mówią o przebywaniu w ubiorze wysokościowym w komorze niskich ciśnień na wysokości 60 000 m, gdzie ciśnienie atm. wynosi 0,25 mm Hg (1).

Następnym zagadnieniem, związanym z kompensacją nadciśnienia oddechowego, to wartość nacisku, jaka jest potrzebna dla zabezpieczenia przed danym nadciśnieniem oddechowym. Wartość ta jest ogólnikowo określana w piśmiennictwie zagranicznym. *Pletcher* (13) podaje, że musi ona wynosić tyle, ile wynosi nadciśnienie oddechowe w drogach oddechowych. Natomiast większość autorów ogranicza się przy omawianiu zasady działania ubioru wysokościowego do ogólnikowego podania podstaw kompensacji nadciśnienia oddechowego.

METODYKA

Doświadczenia przeprowadzano na królikach-samcach, wagi 2—3 kg, usypianych uretanem etylowym, podawanym w iniekcji podskórnej w ilości 2,0 g na kg wagi zwierzęcia. Nadciśnienie oddechowe wytwarzano przez rurkę dotchawiczą z szybkością 10 mm Hg w ciągu 10 — 20 sek. Stosowano aparaturę do nadciśnienia opisaną przez *Jethona* i *Sarola* (10). Aparatura ta składa się z części urządzenia tlenowego KP-18 (inhalatora typu automat płucny), połączonej z reduktorem nadciśnienia. Wielkość podawanego nadciśnienia oddechowego była rejestrowana manometrem rtęciowym.

Ubiór kompensacyjny składał się z kombinezonu, dopasowanego do sylwetki ciała zwierzęcia sznurowaniami, przebiegającymi wzdłuż długiej osi ciała. Napinanie kombinezonu odbywało się za pomocą układu naciągowego, opisanego przez *Jethona*, *Sarola* i *Zawitkowskiego* (11). Rozszerzanie się przewodów napinało taśmki, za pomocą których naciąg był połączony z kombinezonem i w ten sposób naprężenie ścian rur naciagowych przenosiło się na tkaninę kombinezonu. Wielkość nacisku na ciało była kontrolowana czujnikiem wodnym, połączonym z manometrem rtęciowym. Przewody naciągowe były rozszerzane sprężonym tlenem podawanym przez układ reduktorów, regulowanych ręcznie. Ubiór wysokościowy pokrywał cały tułów i górne odcinki kończyn. Nie były objęte uciskiem kompensacyjnym głowa, szyja i dolne odcinki kończyn.

W czasie doświadczeń mierzono manometrem rtęciowym ciśnienie krwi tętnicze w tętnicy szyjnej wspólnej lewej oraz manometrem wodnym z przenośnikiem pneumatycznym ciśnienie żyłne w żyłę szyjnej zewnętrznej prawej. Jako kryterium osiągnięcia wartości krytycznej, czyli wielkości nadciśnienia, przy której następuje załamanie się krążenia, przyjęto zanik amplitudy skurczowo-rozkurczowej ciśnienia tętniczego krwi oraz tendencję do obniżania się wysokości ciśnienia.

Wszystkie doświadczenia przeprowadzono w warunkach naziemnych w normalnym ciśnieniu atmosferycznym.

WYNIKI

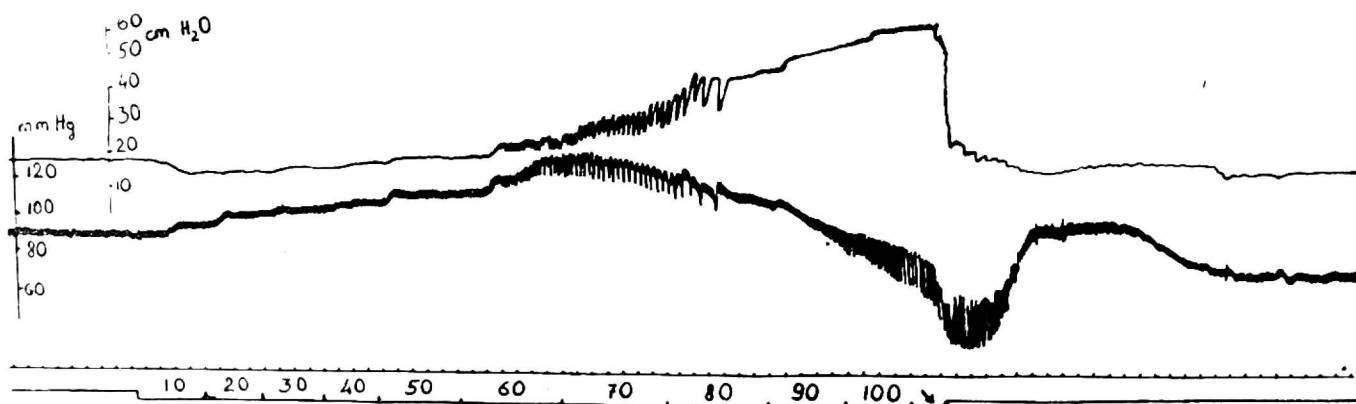
Przed przystąpieniem do omówienia badań nad kompensacją nadciśnienia oddechowego przedstawimy, w jaki sposób działa na organizm sam nacisk ubioru wysokościowego na ciało. Ubiór ten, w używanej w doświadczeniach postaci, nie pokrywa całego ciała, istnieją więc w czasie jego pracy miejsca uciśnięte i miejsca nie poddane działaniu ucisku kompensacyjnego. Ponadto, jak wynika z rozważań teoretycznych nad pracą układu naciągowego (*Jethon*, *Sarol* i *Zawitkowski* (11)), część ciała, objęta kompensacją, nie jest równomiernie uciskana. Wpływa to z niemożności idealnego dopasowania do sylwetki ciała ubioru kompensacyjnego oraz nierównomiernego przenoszenia naprężeń układu naciągowego na kombinezon.

W tych warunkach sam ucisk ubiorem wysokościowym wywołuje dwojakiego rodzaju reakcje organizmu. Pierwsza jest reakcją przeciwdziałającą mechanicznemu ograniczeniu ruchomości klatki piersiowej. Naprężona tkanina kombinezonu ubioru poważnie ogranicza ruchomość oddechową, prowadząc do zmniejszenia wentylacji płuc. W efekcie występuje duszenie się, jeśli ustrój nie zapobiegnie temu hiperwentylacją. Ponieważ w czasie narkozy nie występuje wzrost wentylacji, objawy duszenia uwidaczniają się więc w całej pełni.

Druga reakcja jest wynikiem utrudnienia krążenia krwi. Ucisk wysokościowym ubiorem kompensacyjnym zaciska naczynia powierzchowne ciała, przemieszczając zawartą w nich krew do naczyń głębiej położonych. Powstaje nadmiar ilości krwi w stosunku do wielkości łożyska naczyniowego, co wyraża się tendencją do wzrostu ciśnienia krwi. Przeciwdziała temu szereg reakcji odruchowych, głównie wyzwolonych przez pressoreceptory zatoki szyjnej i łuku aorty, zmniejszając tendencję do wyżki ciśnienia krwi i zwalniając akcję serca.

Ponadto, wskutek ograniczenia ruchomości klatki piersiowej, a nawet zmniejszenia jej objętości, krew żylna musi pokonywać duże opory, aby zapewnić dostateczny dopływ do prawego serca. Wytwarza się zastój żylny, ciśnienie żylnie wzrasta, powstają przesieki do przestrzeni okołonaczyniowych. Wzmożenie parcia na ścianę naczyń żylnych nie pozostaje również bez wpływu na licznie rozmieszczone w żylnym odcinku krwiobiegu receptory.

Wstępne doświadczenia z wysokościowym ubiorem kompensacyjnym, bez zastosowania nadciśnienia oddechowego, pozwoliły na ustalenie pewnych wartości krytycznych, których przekroczenie powoduje poważne zaburzenia hemodynamiczne. Przedstawiony na ryc. 1 kimogram ilu-



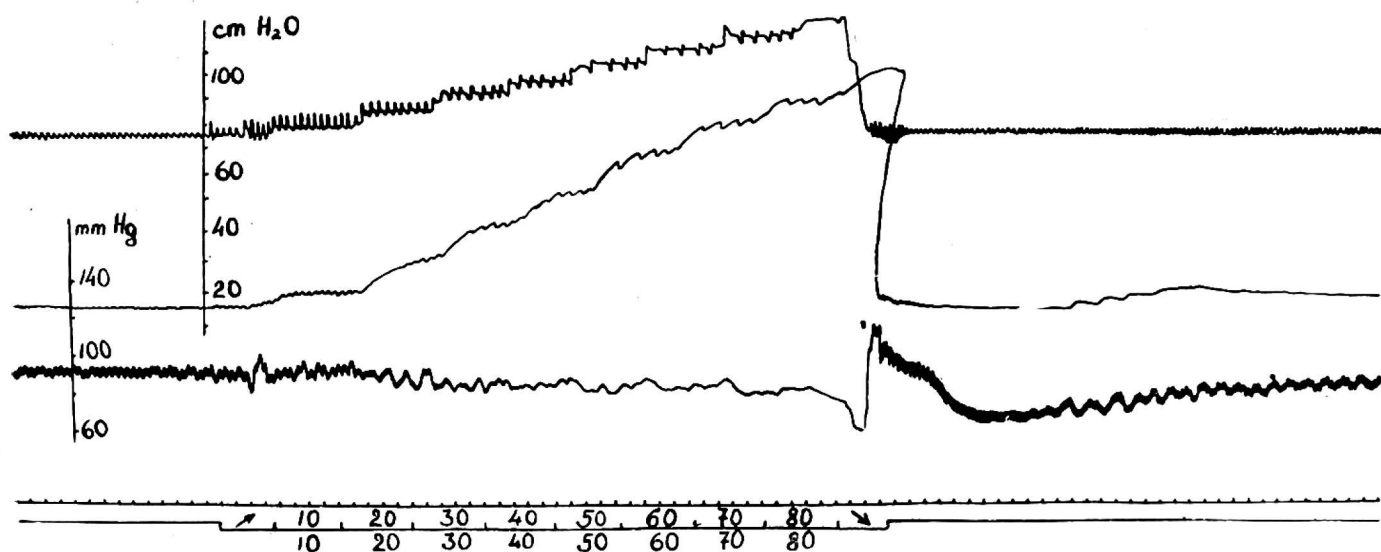
Ryc. 1. Królik samiec, wagi 2 450 g, narkoza uretanowa. Zastosowano nacisk na powierzchnię ciała wysokościowym ubiorem kompensacyjnym. Oznaczenia: ciśnienie żylnie, ciśnienie tętnicze, czas ($t = 4$ sek.), sygnał Depreza z wartościami stosowanego nacisku na ciało.

A male rabbit, weight 2 450 g, urethan anaesthesia. Pressure was employed on the surface of the body by means of high altitude compensating outfit. Determinations: venous pressure, arterial pressure, time ($t = 4$ sec.), Deprez signal with the values of the employed pressure on the body.

struje typowy przebieg tych zaburzeń. Wzrost ciśnienia żylnego krwi oraz wyraźne zwolnienie częstości skurczów serca rozpoczyna się przy wartości 60 mm Hg nacisku na powierzchnię ciała. Akcja oddechowa, zaznaczona na ciśnieniu żylnym, utrzymuje się do momentu osiągnięcia wielkości nacisku na powierzchnię ciała wynoszącego 80 mm Hg, podlegając stopniowo zwolnieniu. Każdy wdech powoduje krótkotrwałe zwiększenie dopływu krwi żylniej do serca, a przez to obniżenie ciśnienia żylnego. Przy zwiększeniu nacisku na powierzchnię ciała powyżej 80 mm Hg ustaje akcja oddechowa, ciśnienie tętnicze obniża się, serce zwalnia częstość swych skurczów, a na krzywej ciśnienia tętniczego obserwuje się coraz bardziej zwiększającą się amplitudę skurczowo-rozkurczową. Po wyłączeniu nacisku na powierzchnię ciała powyższe zaburzenia szybko ustępują. Po upływie około 30 sek. ciśnienie krwi tętnicze i żylnie powracają do wartości wyjściowych.

Po przeprowadzeniu doświadczeń z wysokościowym ubiorem kompensacyjnym bez zastosowania nadciśnienia oddechowego przystąpiliśmy do prześledzenia zaburzeń hemodynamicznych, występujących przy zastosowaniu nadciśnienia oddechowego łącznie z kompensacją ubiorem wysokościowym, podając stale wzrastające nadciśnienie do momentu wystąpienia objawów załamania się krążenia. Stosunek wielkości kompensacji do wartości nadciśnienia oddechowego wynosił 1:1, czyli wielkość nacisku na ciało równała się wartości nadciśnienia oddechowego.

Krzywe kimogramu, przedstawionego na ryc. 2, wskazują, że wraz ze wzrostem nadciśnienia oddechowego amplituda skurczowo-rozkurczowa ciśnienia tętniczego krwi coraz bardziej zmniejsza się. Ciśnienie tętnicze krwi utrzymuje się na poziomie wyjściowym, obniżając się nieco przy



Ryc. 2. Królik samiec, wagi 2 800 g, narkoza uretanowa. Podanie nadciśnienia oddechowego skompensowanego uciskiem na ciało, odpowiadającym wielkości stosowanego nadciśnienia. Oznaczenia: ciśnienie w drogach oddechowych, ciśnienie żyłne, ciśnienie tętnicze, czas ($t = 4$ sek.), sygnał Depreza z wartościami podawanego nadciśnienia oddechowego nad linią sygnału i wielkością nacisku na ciało pod linią.

A male rabbit, weight 2 800 g, urethan anaesthesia. Application of respiratory hypertension compensated by pressure on the body corresponding to the extent of the employed hypertension. Determinations: pressure in the respiratory tract, venous pressure, arterial pressure, time ($t = 4$ sec.), Deprez signal with the values of the applied respiratory hypertension above the signal line and the extent of the pressure on the body — under the line.

wyższych wartościach nadciśnienia oddechowego. Utrzymywanie się ciśnienia tętniczego krwi na stosunkowo wysokim poziomie należy przypisywać mechanicznemu wpływowi nadciśnienia oddechowego, które wywiera nacisk przez tkankę płucną na tętnicę główną, podnosząc w niej ciśnienie (Hull (9)).

Po wyłączeniu nadciśnienia oddechowego ciśnienie tętnicze krwi szybko się podnosi, osiągając po 2 — 5 min. wartość wyjściową. Zwykłą ciśnień tętniczego krwi powyżej wartości wyjściowej, bezpośrednio po wyłączeniu nadciśnienia oddechowego, należy przypuszczalnie wiązać z nagłym dużym dopływem krwi żyłnej do serca. W tym samym bowiem czasie ciśnienie żyłne krwi gwałtownie spada do wartości wyjściowej.

Ciśnienie żyłne krwi wraz ze wzrostem nadciśnienia oddechowego stale podnosi się, osiągając po każdorazowym podniesieniu ciśnienia tlenu dopływającego do płuc pewną wartość charakterystyczną dla danego nad-

ciśnienia. *Barach* i współpr. (3) podają, że krążenie krwi żyłnej może być utrzymane tylko wtedy, gdy ciśnienie żyłne wzrośnie o wartość równoważącą wielkość nacisku, spowodowanego podanym nadciśnieniem oddechowym na naczynia żyłne krwi. Nie jest to wartość równa wielkości zastosowanego nadciśnienia oddechowego, gdyż część ciśnienia w płucach jest amortyzowana elastycznością tkanki płucnej.

Jeśli stosunek ciśnienia w płucach do nacisku na ciało wynosi 1:1, wartość krytyczna nadciśnienia oddechowego, skompensowanego wysokościami ubiorem kompensacyjnym typu naciągowego, równa się u królika 80 mm Hg. Przy tej wartości nadciśnienia oddechowego, pomimo kompensacji, powstają tak duże zaburzenia hemodynamiczne, że następuje załamanie się krążenia.

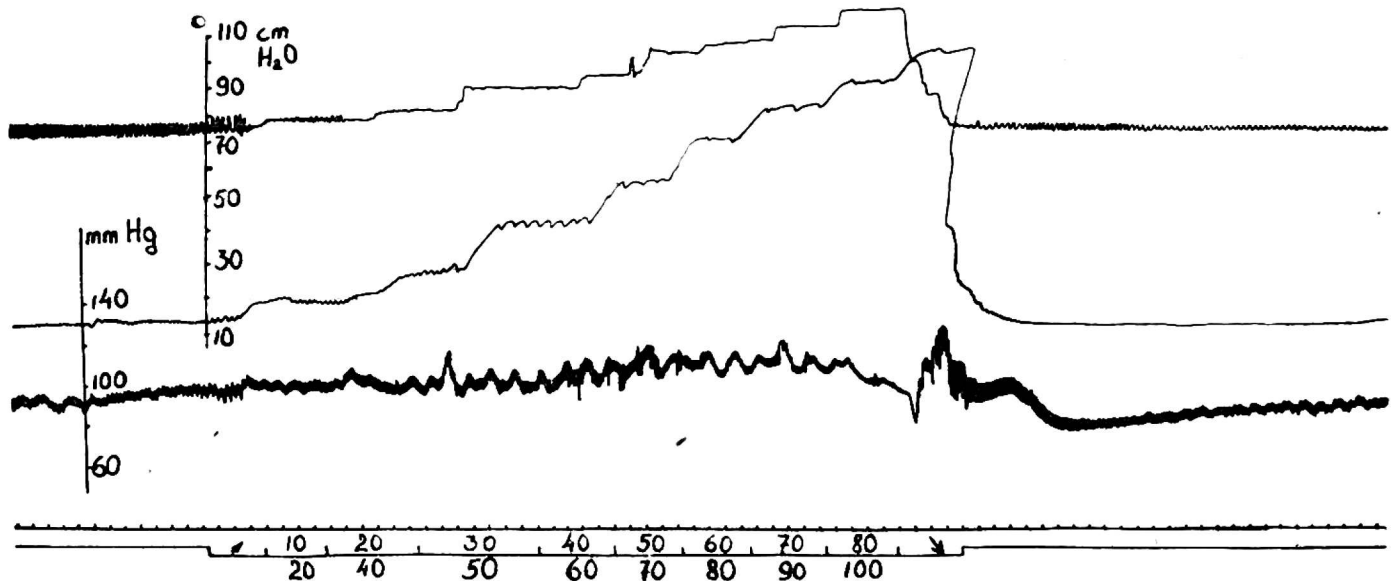
Przyczyna zaburzeń, spowodowanych stosowaniem nadciśnienia oddechowego, nie jest dostatecznie wyjaśniona. *Barach* (3), opierając się na pomiarach wyrzutu sercowego, podkreśla stałą tendencję do zmniejszania się wartości wyrzutu sercowego przy stosowaniu nadciśnienia oddechowego, wskutek zastoju w naczyniach żylnych i przesieku do przesieki okołonaczyniowych. Utrata efektywnej ilości krwi krążącej tymi drogami może przebiegać bardzo szybko. *Hull* (9) podaje, że przy nadciśnieniu oddechowym 50 mm Hg i temperaturze pokojowej obserwował u ludzi zmniejszenie się w ciągu 1 — 2 minut ilości krwi krążącej o 4% wskutek zalegania w żyłach, a przy równoczesnym poceniu się — o 10% w ciągu kilku sekund. *Colin* i *Brice* (6), opierając się na badaniach hematokrytowych, obliczają utratę krwi przez filtrację na około 10% w nadciśnieniu oddechowym 60 mm Hg. *Kuzniecowa* (12) obserwował zmniejszenie się objętości minutowej serca poniżej 50% wartości wyjściowej, jeżeli nadciśnienie oddechowe nieskompensowane zwiększyło się ponad 25 — 30 mm Hg. Na skutek nieprawidłowego napięcia ścian komór serca w końcowej fazie skurczu, występującego przy niedostatecznym wypełnianiu się komór krwią, może dojść do powstania odruchów wagalnych typu *Bezolda-Jarischa* (*Henry* (8)). Odruchy te powodują rozszerzenie się obwodowe naczyń krwionośnych, co z kolei jeszcze bardziej utrudnia dopływ krwi do serca. Powyższe zaburzenia występują przy braku kompensacji stosunkowo szybko, a po osiągnięciu wartości nadciśnienia oddechowego 30 — 40 mm Hg powodują zapaść.

Nacisk na ciało wysokościami ubiorem kompensacyjnym polepsza krążenie krwi i zwiększa wyraźnie tolerancję na nadciśnienie oddechowe. Doświadczenia własne wykazały, że wzrost tolerancji na nadciśnienie oddechowe skompensowane wynosi u królików około 100 — 150% wartości krytycznej nadciśnienia oddechowego nieskompensowanego (*Jethon* i *Sarol* (10)). Stąd wynika, że zmiana stosunku ilościowego nadciśnienia oddechowego do kompensacji na korzyść tej ostatniej wpłynie dodatnio na pracę serca, ponieważ dzięki zmniejszeniu się łożyska naczyniowego w tych warunkach wyrównują się straty krwi, powstałe z powodu zalegania jej w żyłach i przesieku.

W naszych doświadczeniach stosowaliśmy różny nacisk na powierzchnię ciała ubiorem kompensacyjnym, przy czym największy nacisk był dwukrotnie większy w porównaniu do stosowanego nadciśnienia oddechowego. Przeprowadzone badania wykazały, że najkorzystniejszą jest kompensacja początkowo wyższa od wartości stosowanego nadciśnienia oddechowego, a następnie stopniowo zmniejszająca się w miarę wzrostu nadciśnienia. Nadciśnienie oddechowe do wartości 20 mm Hg kompen-

sowaliśmy stosując dwukrotnie większy nacisk na ciało ubiorem kompensacyjnym. Przy wzroście nadciśnienia oddechowego powyżej 20 mm Hg, przyrost nacisku na ciało odpowiadał wielkości przyrostu nadciśnienia oddechowego.

W tych warunkach polepszała się praca serca, a wartość krytyczna nadciśnienia oddechowego nieznacznie się zwiększała. W początkowym okresie stosowania nadciśnienia oddechowego nacisk na ciało ubiorem wysokościowym, większy od stosowanego nadciśnienia, zmniejsza łożysko naczyniowe, dzięki czemu zostaje wyrównana strata efektywnej ilości krwi krążącej i nie powstają duże opory, stawiane uciskiem przepływowi krwi. Dalsze zwiększanie nacisku na ciało, dwukrotnie większego od stosowanego nadciśnienia oddechowego, nie wpływa korzystnie na krąże-



Ryc. 3. Ten sam królik co na ryc. 2. Podanie nadciśnienia oddechowego skompensowanego ubiorem. Nacisk na ciało jest większy od stosowanego nadciśnienia. Oznaczenia: ciśnienie w drogach oddechowych, ciśnienie żyłne, ciśnienie tętnicze, czas ($t = 4$ sek.), sygnał Depreza z wartościami podawanego nadciśnienia oddechowego nad linią sygnału oraz stosowanego nacisku na ciało pod linią sygnału.

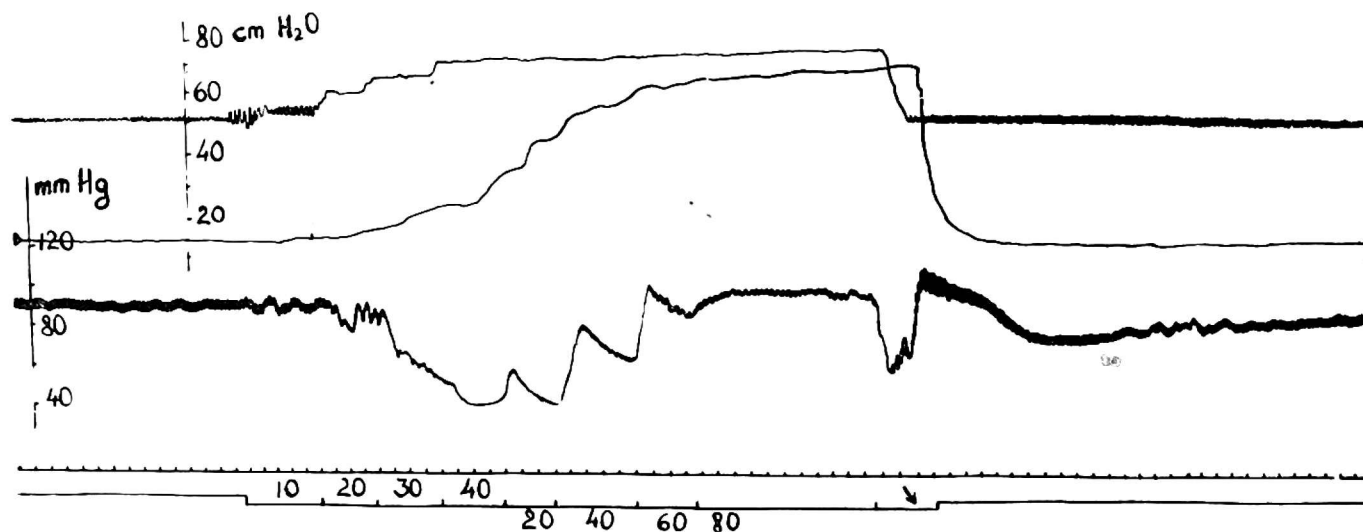
The same rabbit as in Fig. 2. Application of respiratory hypertension compensated by the outfit. The pressure on the body is greater than the applied hypertension. Determinations: pressure in the respiratory tract, venous pressure, arterial pressure, time ($t = 4$ sec.), Deprez signal with the values of the applied respiratory hypertension above the line of the signal and the applied pressure on the body — under the line.

nie krwi, ponieważ przekracza taką wartość nacisku, która wywołuje utrudnienie pracy serca, pobudzając pressoreceptory. Zwiększenie w tych warunkach nacisku na powierzchnię ciała musi się tylko ograniczyć do wartości, która zabezpiecza tkankę płucną przed jej uszkodzeniem.

Krzywe kimogramu, przedstawionego na ryc. 3, wskazują na utrzymywanie się przez długi czas stosunkowo dużej amplitudy skurczowo-rozkurczowej ciśnienia krwi. Ciśnienie tętnicze krwi dość długo pozostaje na poziomie wyjściowym, wznosząc się przy średnich wartościach nadciśnienia oddechowego nieco ponad ten poziom.

Jeżeli po podaniu nadciśnienia oddechowego nieskompensowanego o wartości, przy której następuje załamanie się krążenia (ryc. 4), zasto-

sowano stopniowo zwiększający się ucisk na ciało ubiorem kompensacyjnym, to po osiągnięciu nacisku na ciało, odpowiadającego podwójnej wartości stosowanego nadciśnienia oddechowego, ustalało się ciśnienie tętnicze krwi i zwiększała się amplituda skurczowo-rozkurczowa.



Ryc. 4. Królik samiec, wagi 2 300 g, narkoza uretanowa. Podanie nadciśnienia oddechowego nieskompensowanego do momentu wystąpienia załamania się krążenia. Następnie zastosowanie kompensacji ubiorem wysokościowym. Oznaczenia: ciśnienie w drogach oddechowych, ciśnienie żyłne, ciśnienie tętnicze, czas ($t = 4$ sek.), sygnał Depreza z wartościami podanego nadciśnienia oddechowego nad linią sygnału i nacisku na ciało pod linią.

A male rabbit, weight 2 300 g, urethan anaesthesia. Application of respiratory hypertension not compensated up to the moment of appearance of circulatory crisis. Then follows the application of compensation by means of high altitude outfit. Determinations: pressure in the respiratory tract, venous pressure, arterial pressure, time ($t = 4$ sec.), Deprez signal with the values of the applied respiratory hypertension above the signal line and pressure on the body — below the line.

WNIOSKI

1. Kompensacja nadciśnienia oddechowego wysokościowym ubiorem kompensacyjnym typu naciągowego polepsza pracę serca wskutek zmniejszenia się łożyska naczyniowego i przemieszczenia krwi z uciśniętych naczyń powierzchniowych do naczyń głębiej położonych, uzupełniając w ten sposób utratę efektywnej ilości krwi krążącej, spowodowanej filtracją i zastojem żylnym.

2. Wartość krytyczna nadciśnienia oddechowego, przy której następuje załamanie się krążenia pomimo kompensacji wysokościowym ubiorem kompensacyjnym typu naciągowego, wynosi dla królików około 80 mm Hg, czyli 100 — 150% wartości krytycznej nadciśnienia oddechowego nieskompensowanego. Świadczy to o niedoskonałości kompensacji i wskazuje na konieczność stosowania nacisku na całe ciało, łącznie z głową, szyją i kończynami, przy wyższych wartościach nadciśnienia oddechowego.

3. Nacisk na ciało musi równoważyć podawane nadciśnienie oddechowe. Najlepszą kompensację wysokościowym ubiorem kompensacyjnym typu naciągowego uzyskuje się stosując nacisk kombinowany, według schematu omówionego w pracy.

Л. Етхон, З. Сароль, И. Завитковски

КОМПЕНСАЦИЯ ПОВЫШЕННОГО ВНУТРИЛЕГОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ВЫСОТНОГО КОМПЕНСАЦИОННОГО КОСТЮМА

С о д е р ж а н и е

В условиях нормального атмосферического давления исследовали влияние компенсации повышенного внутрилегочного давления при помощи высотного компенсационного костюма.

Эта работа велась с целью определения максимальных величин компенсированного повышенного внутрилегочного давления, переносимого животным организмом, а также с целью определения величины компенсационного нажима на тело, наиболее благоприятного для циркуляции крови.

Констатировали, что компенсация повышенного внутрилегочного давления при помощи высотного компенсационного костюма улучшает работу сердца ввиду угнетения сосудистого русла и перемещения крови из зажатых поверхностных сосудов в сосуды находящиеся глубже, пополняя тем самым потерю эффективного количества циркулирующей крови, вызванной фильтрацией и венозным застоем.

Критическая величина повышенного внутрилегочного давления, ведущая — несмотря на компенсацию высотным костюмом, к нарушению циркуляции крови, составляет около 80 мм р/ст., что равняется 100—150% критической величины некомпенсированного повышенного внутрилегочного давления. Это свидетельствует о несовершенстве компенсации и указывает на необходимость применения компенсационного давления на все тело вместе с головой, шейей и дистальными частями конечностей, при меньших величинах повышенного давления.

Давление на тело должно уравнивать применяемое повышенное внутрилегочное давление.

Наиболее полная компенсация, при помощи высотного компенсационного костюма натяжного типа, получается при применении комбинированного давления согласно схеме, описанной в настоящей работе.

Z. Jethon, Z. Sarol, J. Zawitkowski

COMPENSATION OF PRESSURE BREATHING BY CAPSTAN TYPE OF ALTITUDE SUIT IN SEA-LEVEL CONDITIONS

Summary

The authors investigated on rabbits under normal atmospheric pressure the influence of compensation of positive pressure breathing by high altitude compensating clothes of pull-over type. The experiments were carried out for the purpose of estimation of the maximal level of compensated respiratory hypertension tolerated by the organism, and to ascertain the best values of compensatory pressure on the body in reference to blood circulation.

The authors observed that the compensation of pressure breathing by high altitude compensating outfit improves the heart work due to the diminishing of the bed of circulation and removal of blood from the pressed superficial vessels lying deeper. Thus compensating the loss of the effective amount of the circulating blood. The loss was brought about filtration and venous stagnation.

The critical value of respiratory hypertension during which the circulatory collapse occurs even when employing compensation by high altitude compensating outfit in rabbits it amount to about 80 mm Hg., i.e. 100% — 150% of the critical value for concompensated respiratory hypertension. This shows that the compensation is not ideal and that it is necessary to employ compensatory pressure on the entire body, including the head, neck and the distal parts of the extremities when it is a question of greater values of respiratory hypertension.

The pressure on the body must be balanced with the value of the respiratory hypertension employed. The best compensation by using the high altitude compensating outfit of pull-over type is obtained by employing combined pressure according to the scheme discussed in this study.

PIŚMIENNICTWO

1. ARDC test provide information, *Electrical Engineering*, 1957, 76, 359. —
2. *Armstrong H. G.*: Principles and practice of aviation medicine. New York 1952. —
3. *Barach A., Fenn W., Ferris E., Schmidt C.*: *J. Aviat. Med.*, 1947, 18, 73. —
4. *Čapek D.*: *Fysiologie letce*, Praha 1953. — 5. *Colin J.*: *Mat. II Europ. Kongr. Med. Lotn.*, Sztokholm 1957. — 6. *Colin J., Brice R.*: *La Méd. Aéronautique*, 1955, 10, 513. —
7. *Henry J. P.*: National Research Council CAM, Report No. 463 (May), 1945. —
8. *Henry J. P.*: *J. Aviat. Med.*, 1951, 22, 31. — 9. *Hull W. E.*: *J. Aviat. Med.*, 1951, 22, 295. — 10. *Jethon Z., Sarol Z.*: *Lek. Wojskowy*, 1957, 33, 1082.
11. *Jethon Z., Sarol Z., Zawitkowski J.*: *Lek. Wojskowy*, 1958, 34, 61. — 12. *Kuzniecowa A. G.*: *Mat. I Zjazdu Lek. Med. Lotn.*, Warszawa 1956. — 13. *Pletcher K. E.*: *Mat. II Europ. Kongr. Med. Lotn.*, Sztokholm 1957. — 14. *Randel H. W., Ward J. E.*: *J. Aviat. Med.*, 1954, 25, 637. — 15. *Roxburgh H.*: *Proc. Roy. Soc. B.*, 1954, 143, 17.

Otrzymano dnia 28.III.1958 r.