

# Komfort cieplny chirurgów pracujących na bloku operacyjnym

W artykule scharakteryzowano warunki mikroklimatu panującego na bloku operacyjnym oraz wymagania dotyczące odzieży medycznej i chirurgicznej. Przedstawiono również wyniki badań przeprowadzonych w ramach I etapu projektu pn. „Ocena właściwości fizjologicznych odzieży chirurgicznej w celu zapewnienia komfortu termicznego”, realizowanego w CIOP-PIB.

## Thermal comfort of surgeons in the operating theatre

This paper presents a microclimate typical for an operating theatre and the requirements towards medical and surgical clothing. The results of the study conducted within the framework of the 1st phase of the project "Evaluation of physiological characteristics of surgical clothing in order to ensure thermal comfort" implemented in CIOP-PIB are also presented.

## Wstęp

Zagadnienie komfortu cieplnego było podejmowane na łamach „Bezpieczeństwa Pracy” kilkakrotnie [1], jednak zawsze w odniesieniu do pracy biurowej, w warunkach, kiedy parametry powietrza są regulowane poprzez system wentylacji i klimatyzacji, zaś pracownicy przebywają najczęściej w pozycji siedzącej lub wykonują czynności wymagające niewielkiej aktywności fizycznej. Problematyka komfortu termicznego w przypadku pracy chirurgów na bloku operacyjnym jest tematem nowym i, z uwagi na złożoność problemu, wymagającym szerszego omówienia.

Na odczucie komfortu cieplnego wpływa rodzaj (intensywność) wykonywanej pracy, parametry środowiska cieplnego pracy oraz izolacyjność zastosowanej przez pracownika odzieży. W przypadku chirurgów wszystkie wymienione elementy są istotne w aspekcie kształtowania komfortu cieplnego. Intensywność pracy na bloku operacyjnym jest uzależniona od rodzaju i czasu trwania operacji oraz związanej z tym konieczności przebywania w wymuszonej pozycji ciała. Warunki mikroklimatu na bloku operacyjnym wynikają głównie z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa pacjentowi, nie zaś komfortu pracy chirurgom. Wreszcie rodzaj stosowanej odzieży (jej izolacyjność cieplna), w określonych warunkach (na przykład fartuchy chroniące przed promieniowaniem rentgenowskim) stanowi istotną barierę utrudniającą utrzymanie równowagi cieplnej organizmu.

Poniżej scharakteryzowane zostały warunki mikroklimatu na bloku operacyjnym oraz wymagania dotyczące odzieży chirurgicznej. Przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w ramach I etapu projektu pn. „Ocena właściwości fizjologicznych odzieży chirurgicznej w celu zapewnienia komfortu termicznego”, realizowanego w CIOP-PIB.

## Warunki mikroklimatu na bloku operacyjnym

Warunki na bloku operacyjnym muszą spełniać wymagania określone w rozporządzeniu ministra zdrowia i opieki społecznej z dnia 21 września 1992 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej (DzU 1992, nr 74, poz. 366), w którym zapisano m.in., że:

- pomieszczenia sal operacyjnych i pooperacyjnych oraz bezpośrednie otoczenie sal operacyjnych powinny być klimatyzowane
- w istniejących szpitalach dopuszcza się w wymienionych pomieszczeniach wentylację mechaniczną
- w salach operacyjnych nawiew powietrza powinien odbywać się górną, a wyciąg powietrza górną – 20% i dołem – 80%. Rozmieszczenie punktów nawiewu nie może powodować przepływu powietrza od strony głowy pacjenta przez pole operacyjne.

Normy dotyczące temperatury powietrza w salach operacyjnych są różne i mieszczą się w zakresie: 18 – 25°C w Niemczech, 20 – 25°C we Francji, 22 – 25°C w Szwecji i Szwajcarii 25°C. W Polsce obowiązują następujące wymagania w zakresie temperatury, wilgotności i prędkości powietrza dla wentylacji i klimatyzacji sal operacyjnych [2, 3, 4]:

- temperatura 22 – 25°C (sale wysokoaseptyczne, aseptyczne, septyczne)
- wilgotność względna 55% (sale zabiegowo-operacyjne 40 – 60%)
- maksymalna prędkość powietrza 0,4 – 0,5 m/s (0,2 m/s sale zabiegowo-operacyjne).

Ponadto w każdej sali operacyjnej powinna być zapewniona możliwość wewnętrznej regulacji temperatury, przynajmniej w zakresie kilku stopni, niezależnie od regulacji ogólnej [2]. Zgodnie z rozporządzeniem ministra

zdrowia z dnia 10 listopada 2006 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej (DzU nr 213, poz. 1568 ze zm.), zakłady opieki zdrowotnej prowadzące działalność w dniu wejścia w życie rozporządzenia będą zmuszone w terminie do 31 grudnia 2012 r. dostosować do tych wymagań pomieszczenia, w których nie wprowadzono systemu klimatyzacji i pracujące w nich urządzenia (§53). Polegać to będzie m.in. na wyposażeniu zakładów opieki zdrowotnej w instalację grzewczo-wentylacyjną, zaś pomieszczeń o podwyższonym standardzie dodatkowo w klimatyzację (sal operacyjnych i pooperacyjnych oraz bezpośredniego otoczenia sal operacyjnych).

Dla bloku operacyjnego, ogrzewanego przez instalację c.o., za zalecaną temperaturę obliczeniową przyjmuje się 25°C zgodnie z PN-83/B-03430/Az3:2000 [5]. Należy przy tym zauważyć, że norma ta określa salę operacyjną jako „pomieszczenie przeznaczone do rozbierania się lub przebywania ludzi bez odzieży”. Wynika z tego, że są to warunki określone przede wszystkim z myślą o zapewnieniu bezpieczeństwa i komfortu pacjentom, nie zaś personelowi pracującemu na bloku operacyjnym, niejednokrotnie stosującemu osłony radiacyjne, pogarszające wymianę ciepła z otoczeniem. Ustalenie na bloku operacyjnym parametrów powietrza zapewniających odczucie komfortu wszystkim osobom tam przebywającym jest zadaniem trudnym, gdyż w innej temperaturze chcieliby pracować chirurdzy, którzy wykonują pracę bardziej dynamiczną, a inna odpowiada anestezjologom, pracującym bardziej statycznie – nie jest to jednak niemożliwe do zrealizowania.

## Odzież medyczna stosowana do zabiegów chirurgicznych

Najistotniejszym warunkiem, jaki powinna spełniać odzież medyczna, jest ochrona przed patogenami bakteryjnymi i zakaźnym materiałem biologicznym, przenoszonymi przez krew. Odzież taka musi być zatem wykonana z materiałów charakteryzujących się odpornością na przenikanie krwi i innych płynów ustrojowych, drobnoustrojów przenoszonych przez te płyny oraz być zgodna z dyrektywą Rady z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych państw członkowskich odnoszących się do środków ochrony indywi-

dualnej (89/686/EWG) oraz rozporządzeniem ministra gospodarki, pracy i polityki społecznej z dnia 31 marca 2003 r. w sprawie wymagań dla środków ochrony indywidualnej (DzU nr 80, poz. 725), wdrażającym tę dyrektywę do prawa polskiego. Problematyka komfortu cieplnego, jaki także powinna zapewniać odzież medyczna przeznaczona do użytkowania na bloku operacyjnym jest tematem drugorzędnym, traktowanym nieco marginalnie, podczas gdy odzież taka powinna być wygodna, przewiewna, nie krępować ruchów, a także pozwalać na wymianę ciepła między organizmem chirurga a otoczeniem [6].

W lutym 2006 r. została opublikowana trzyczęściowa norma PN-EN 13795 *Obłóżenia chirurgiczne, fartuchy chirurgiczne i odzież dla bloków operacyjnych, stosowane jako wyroby medyczne dla pacjentów, personelu medycznego i wyposażenia* [7], w której po raz pierwszy zostały odpowiednio zdefiniowane wymagania pozwalające na klasyfikację odzieży chirurgicznej z barierą ochronną. Dokument ten precyzuje wymagania (limity) dotyczące wydajności odzieży medycznej, które zależą m.in. od typu operacji, czasu jej trwania, ekspozycji na płyny i zmęczenia mechanicznego. Ponadto odzież taka musi spełniać wszystkie kryteria zgodności z dyrektywą Rady z dnia 14 czerwca 1993 r. (93/42/EWG) dotyczącą wyrobów medycznych, co sprawia, iż produkty jednorazowe, tak popularne nie tylko w Polsce z uwagi na przystępną cenę, zostają w dużym stopniu wyeliminowane z rynku, z powodu ryzyka związanego z pyleniem i ubogą barierą ochronną. Z tych samych powodów niemożliwe staje się stosowanie na bloku operacyjnym odzieży zawierającej komponenty bawełniane. Z kolei tzw. materiały „funkcjonalne”, jak mikrofaza i laminaty, podlegają starannej selekcji pod względem długości okresu zachowania



Fot. 1. Trzy zestawy odzieży medycznej  
Photo 1. Three sets of medical clothing

wszystkich właściwości w procesie przetwarzania (kolejne prania).

W PN-EN 13795-1:2006 [7] sprecyzowano wymagania wobec odzieży związane głównie z ochroną przed płynami ustrojowymi itp., jednak w normie tej nie uwzględniono kryteriów właściwości termoizolacyjnych, jakie odzież tego rodzaju powinna spełniać. Obecnie zaawansowane prace badawcze i rozwiązania praktyczne specjalistów z Instytutu Hohenstein sygnalizują potrzebę szerszego ujęcia zagadnienia dotyczącego wymagań wobec odzieży medycznej, proponując badania materiałów na

modelu skóry i ocenę ilościową ich właściwości fizjologicznych. Pracownicy tego instytutu opracowali certyfikat Hohenstein Quality Label „Breathability”, przyznawany odzieży medycznej spełniającej warunek odporności na przenikanie pary wodnej, mierzonej na modelu skóry zgodnie z PN-EN 31092:1998/Ap1:2004 [8] poniżej 17 m<sup>2</sup>Pa/W. Wartość ta została ustalona w ramach badań prof. Umbacha [9], w których określono korelację między odpornością na przenikanie pary wodnej barierowego materiału a maksymalną temperaturą środowiska, w jakiej użytkownik wciąż odczuwa komfort.



Fot. 2. Ubranie zakładane pod odzież chirurgiczną – zestaw A

Photo 2. Clothing worn under surgical clothing – set A



Fot. 3. Rodzaje fartuchów oraz zestawy ubrania chirurgicznego zastosowane w badaniach – zestawy B, C, D, E

Photo 3. Types of surgical aprons and clothing used in the study – sets B, C, D, E

Tabela  
IZOLACYJNOŚĆ TERMICZNA POSZCZEGÓLNYCH  
RODZAJÓW ODZIEŻY CHIRURGICZNEJ  
*Thermal insulation of specific types of surgical  
clothing*

Rodzaj odzieży	Izolacyjność	
	m <sup>2</sup> K/W	clo
A	0,1233	0,7957
B	0,1513	0,9773
C	0,1603	1,0323
D	0,1623	1,0457
E	0,1663	1,0720

Wcześniej, również w CIOP-PIB, badano izolacyjność termiczną 3 rodzajów odzieży medycznej [10]: zestaw ubrania operacyjnego (fot. 1A – str. 7.), zestaw ubrania operacyjnego wraz z polipropylenowym fartuchem bez rękawów (fot. 1B) i zestaw ubrania operacyjnego wraz z fartuchem polipropylenowym z długimi rękawami (fot. 1C).

Badania izolacyjności termicznej zostały przeprowadzone z wykorzystaniem manekina termicznego. Określono, że izolacyjność zestawu A wynosiła 0,54 clo, zestawu B – 0,62 clo i zestawu C – 0,95 clo. Problematyka komfortu cieplnego chirurgów wykonujących zabiegi w odzieży medycznej została podjęta ponownie w ramach projektu pn. „Ocena właściwości fizjologicznych odzieży chirurgicznej w celu zapewnienia komfortu termicznego”, realizowanego w CIOP-PIB.

W celu określenia właściwości termoizolacyjnych odzieży chirurgicznej przeprowadzono badania izolacyjności termicznej 5 wybranych zestawów odzieży chirurgicznej (fot. 2. i 3. – str. 7.):

A – zestaw odzieży zakładanej pod fartuch chirurgiczny, składający się z bluzy i spodni, wyprodukowanych z poliestrowej tkaniny z dodatkiem włókna węglowego

B – barierowy fartuch chirurgiczny wielorazowego użytku przeznaczony do operacji tzw. standardowego ryzyka, wykonany z tkanin poliestrowych z dodatkiem włókna węglowego; pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z tkaniny o zwiększonej odporności na przesiąkanie płynów (waga 300 g)

C – barierowy fartuch chirurgiczny wielorazowego użytku przeznaczony do operacji tzw. wysokiego ryzyka, w tylnej części wykonany z tkanin poliestrowych z dodatkiem włókna węglowego; pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z laminatu z membraną PTFE

D – barierowy fartuch chirurgiczny wielorazowego użytku przeznaczony do operacji tzw. standardowego ryzyka, wykonany z tkanin poliestrowych z dodatkiem włókna węglowego; pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z tkaniny o zwiększonej odporności na przesiąkanie płynów (waga 400 g)

E – jednorazowy bawełniany fartuch chirurgiczny.

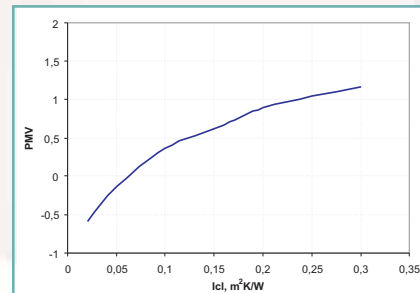
Badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem: komory klimatycznej, mierników mikroklimatego oraz manekina termicznego zgodnie z wytycznymi PN-EN ISO 15831:2006. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli.

Oprócz pomiarów izolacyjności cieplnej odzieży medycznej przeprowadzono pomiary parametrów mikroklimatego na bloku operacyjnym podczas trwania zabiegu. Na podstawie wyników badań opracowano wykres (obok) wartości wskaźnika PMV (Predictive Mean Vote – przewidywana średnia ocena komfortu cieplnego) [1] w zależności od wartości izolacyjności cieplnej zastosowanego zestawu odzieży określonej przy założeniu parametrów powietrza zmierzonych w sali klimatyzowanej.

Jako obszar komfortu przyjęto, zgodnie z wytycznymi PN-EN ISO 7730:2006 *Środowiska termiczne umiarkowane. Wyznaczanie wskaźników PMV i PPD oraz określanie warunków komfortu termicznego*, zakres wartości wskaźnika PMV pomiędzy -0,5 a +0,5. Na podstawie wykresu można zauważyć, iż w przypadku sali nieklimatyzowanej zbliżenie do ideału – strefy komfortu – jest możliwe jedynie w przypadku stosowania odzieży o izolacyjności zawierającej się pomiędzy 0,028 m<sup>2</sup> K/W (0,18 clo) a 0,124 m<sup>2</sup> K/W (0,8 clo). Wynika stąd, iż badane zestawy odzieży chirurgicznej (tabela) charakteryzują się zbyt wysoką wartością izolacyjności w stosunku do wymaganej w celu utrzymania warunków komfortu cieplnego (w sali nieklimatyzowanej). Najwyższą izolacyjność wykazuje zestaw odzieży zakładanej pod fartuch chirurgiczny, dlatego w celu osiągnięcia komfortu cieplnego wartość jego izolacyjności powinna ulec redukcji do ok. 0,08 m<sup>2</sup> K/W (0,5 clo).

**Podsumowanie**

Zapewnienie komfortu cieplnego chirurgom na bloku operacyjnym jest zadaniem złożonym. Jednak istnieją możliwości zwiększenia tego komfortu przez projektowanie odzieży medycznej o lokalnie zmiennej izolacyjności dostosowanej do rodzaju zabiegu (aktywności chirurga), wprowadzenie pod odzież chirurgów bielizny wypełnionej kapsułkami z materiałami przemiany fazowej, które powodują obniżenie temperatury ciała człowieka i odebranie nadmiaru ciepła. Służyć temu może także zmiana warunków mikroklimatego panującego na bloku operacyjnym poprzez instalowanie lokalnych urządzeń grzewczych, które powodowałyby podwyższenie temperatury powietrza w bezpośrednim otoczeniu pacjenta. Wszystkie zmiany warunków środowiska na bloku operacyjnym czy też w odzieży medycznej, przed wprowadzeniem do powszechnego stosowania, powinny być jednak bardzo dokładnie zbadane w laboratoriach i w warunkach rzeczywistych, aby wykluczyć prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia bezpieczeństwa pacjenta.



Zmiana wartości wskaźnika PMV w zależności od wartości izolacyjności cieplnej zestawu odzieży  
*Variability of the value of the PMV index depending on the value of clothing thermal insulation*

**PIŚMIENICTWO**

[1] I. Sudoł-Szopińska, A. Chojnacka *Określanie warunków komfortu termicznego za pomocą wskaźników PMV i PPD. „Bezpieczeństwo Pracy”* 5(428)2007, s. 19-23

[2] K. Sitko *Klimatyzacja i wentylacja istniejących bloków operacyjnych*. Weiss Klimattechnik Polska Sp. z o.o., www.wktp.pl

[3] P. Kruczkowski *Wytyczne projektowania szpitali ogólnych. Instalacje sanitarne. Z. 5. „Wentylacja i klimatyzacja”*. Biuro Projektów Służby Zdrowia, Warszawa 1994

[4] M. Porowski, E. Szczechowiak *Klimatyzacja pomieszczeń czystych*. TerMedia, Poznań 1999

[5] PN-83/B-03430/Az3:2000. *Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*

[6] K. Kwarecki *Niektóre problemy bezpieczeństwa i ochrony pracy w bloku operacyjnym. W: Blok operacyjny – organizacja i funkcjonowanie*. Materiały konferencji naukowo-szkoleniowej, Warszawa, 7-8 czerwca 2001

[7] PN-EN 13795-1:2006 *Obłoczenia chirurgiczne, fartuchy chirurgiczne i odzież dla bloków operacyjnych, stosowane jako wyroby medyczne dla pacjentów, personelu medycznego i wyposażenia – Część 1: Wymagania ogólne dotyczące wytwórców, przetwórców i wyrobów*

[8] PN-EN 31092:1998 /Ap1:2004 *Tekstylia. Wyznaczanie właściwości fizjologicznych. Pomiar oporu cieplnego i oporu pary wodnej w warunkach stanu ustalonego (metoda pocącej się zaizolowanej ciepłnie płyty)*

[9] K. H. Umbach *Physiological Function of OR- and Hospital Protective Clothing*. FiberMed 06, June 7-9 2006, Tampere Hall, Finland

[10] M. Konarska, K. Sołtyński K., I. Sudoł-Szopińska, A. Chojnacka, *Comparative evaluation of clothing thermal insulation measured on a thermal manikin and on volunteers*. Fibres & Textiles in Eastern Europe April/June 2007, Vol. 15, No. 2 (61), s. 79-85

*Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*