

METODY REDUKCJI OBCIĄŻENIA TERMICZNEGO CHIRURGÓW I PERSONELU MEDYCZNEGO – INDYWIDUALNA WENTYLACJA PODCZAS ZABIEGÓW I OPERACJI CHIRURGICZNYCH

Wstęp

Wraz z rozwojem nauki i techniki zmieniały się standardy przeprowadzania operacji chirurgicznych. Ich historia rozpoczęła się w 1653 r., kiedy pojawiła się pierwsza ilustracja dotycząca kraniotomii. Ilustracje, które wtedy były jedyną formą dokumentowania przebiegu operacji, pokazują, że nie przywiązywano wówczas uwagi do środków ochrony indywidualnej [3, 9]. Ani chirurg, ani pacjent nie byli chronieni przed patogenami czy zakaźnym materiałem biologicznym, znajdującymi się w płynach ustrojowych bądź krwi. Dopiero w XIX w. Thomas Eakins uwiecznił na swym obrazie *A Surgical Theater In The University of Pennsylvania* pierwsze zastosowanie fartucha ochronnego, który pełnił funkcję bariery przed zarazkami, zarówno w odniesieniu do chirurga, jak i pacjenta [3]. W XX w. rozpoczęto badania nad barierowością materiałów stosowanych do wyrobu odzieży medycznej.

Poszukiwania nowych materiałów odpowiednich do produkcji fartuchów chirurgicznych trwają również dzisiaj. Badania prowadzone w tym aspekcie są ukierunkowane głównie na zapewnienie chirurgom (oraz pacjentom) jak najlepszej ochrony przed groźnymi mikroorganizmami. Należy pamiętać, że najważniejszą funkcją odzieży medycznej przeznaczonej do bloku operacyjnego jest ochrona, czyli zabezpieczenie przed przenikaniem i przesiąkaniem szkodliwych czynników chorobotwórczych.

Niestety, nie kładzie się podobnego nacisku na kwestię odczuwania komfortu cieplnego użytkowników odzieży medycznej. A poczucie komfortu, które może być

efektem odpowiedniego doboru nowej bądź stosownej modyfikacji już istniejącej odzieży, przekłada się m.in. na poprawę koncentracji uwagi, zmniejszenie liczby popełnianych błędów, ograniczenie liczby wypadków, a tym samym – poprawę efektywności i jakości pracy [2].

W celu wyznaczenia standardów dotyczących materiałów przeznaczonych do produkcji odzieży medycznej, w 2003 r. wprowadzono trzyczęściową normę EN 13795 *Surgical drapes, gowns and clean air suits, used as medical devices, for patients, clinical staff and equipment* [11]. Kwestia poczucia komfortu została jednak potraktowana marginalnie – można znaleźć jedynie zalecenie, by fartuch mający właściwości ochronne, minimalizował stres fizjologiczny.

Kwestia odczuwania dyskomfortu jest bardzo ważna. Znaczenie tego problemu należy podkreślać po to, by aspekt komfortu był brany pod uwagę w trakcie projektowania i produkcji każdego rodzaju odzieży medycznej.

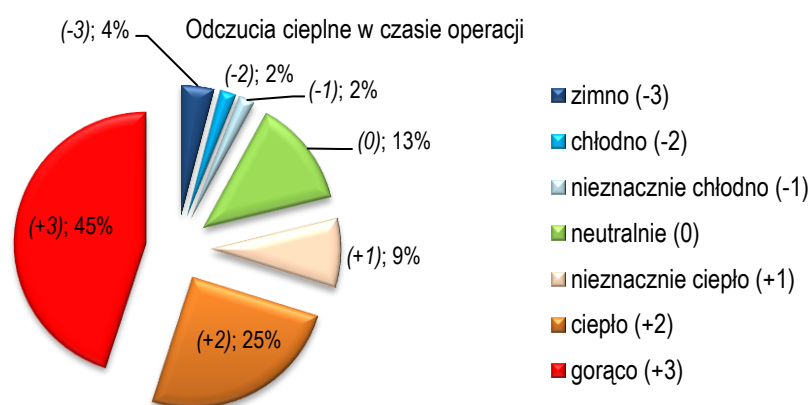
Obciążenie termiczne (stres cieplny)

Brak odczuwania komfortu termicznego przez chirurgów potwierdzają badania przeprowadzone w SS. Annunziata Hospital in Cento w 2005 r. (Ferrara, Włochy). Na pytanie dotyczące odczuć termicznych chirurg odpowiadał, że w trakcie kilku operacji w 25% przypadków było mu „bardzo gorąco”, a w 75% przypadków „gorąco”, natomiast pielęgniarka odpowiadała „obojętnie” w 75% przypadków i „zimno” w 20% przypadków [5].

Badanie to wykazuje różnicę pomiędzy odczuciami subiektywnymi osób przebywających w tym samym pomieszczeniu, wykonujących jednak inną pracę i inaczej ubranych. Można zatem wnioskować, że w celu poprawienia komfortu cieplnego chirurgów należałoby obniżyć temperaturę na sali operacyjnej. Obowiązujące obecnie na bloku operacyjnym standardy zakładają jednak, że to pacjent ma odczuwać komfort w czasie trwania procedury medycznej. Obniżenie temperatury na bloku operacyjnym może go doprowadzić do hipotermii, co w konsekwencji wydłuży jego pobyt w szpitalu.

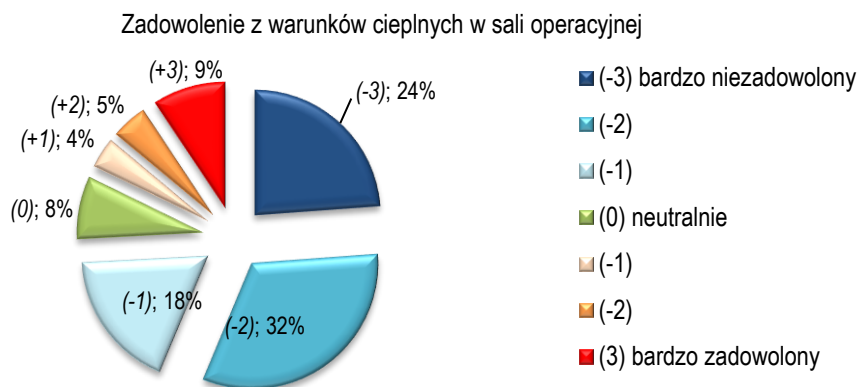
Podobne wnioski można wyciągnąć z prac Melhado [6], który również wskazuje na fakt, że priorytetem podczas operacji jest dobro pacjenta. Warunki panujące na sali operacyjnej powinny przede wszystkim zapewnić odczuwanie komfortu osobie operowanej. Aby pacjent nie został doprowadzony do hipotermii, wartość temperatury powietrza w sali operacyjnej powinna utrzymywać się w granicach 24 – 26 °C. Olsen i Bovenzi (za: Melhado, 2006) rozróżnili zakresy wartości temperatury w odniesieniu do poszczególnych osób znajdujących się na sali operacyjnej: 23 – 24,5 °C w odniesieniu do anestezjologa, 22 – 24,5 °C w odniesieniu do pielęgniarek oraz 19 °C w odniesieniu do chirurgów. Przytoczone dane pokazują, jak zróżnicowane jest odczuwanie komfortu cieplnego podczas operacji prowadzonych na sali operacyjnej.

A. Bogdan [1] przeprowadziła badania ankietowe dotyczące subiektywnego odczucia ciepła wśród 146 pracowników szpitali i klinik w Polsce. Ich wyniki wykazały, że 76% respondentów w czasie operacji odczuwa dyskomfort cieplny (ocena: „gorąco”, „ciepło”, „chłodno” oraz „zimno”), (rys. 1).



Rys. 1. Odpowiedzi respondentów na pytanie o odczucia cieplne w czasie operacji [1]

W ankiecie pytano również o zadowolenie z warunków cieplnych w salach operacyjnych. Odpowiedzi zaznaczano na siedmiostopniowej skali, od -3 „bardzo niezadowolony”, do +3 „bardzo zadowolony”. Negatywną ocenę warunków cieplnych w salach operacyjnych wyraziło łącznie 74% respondentów, neutralną 8%, a pozytywną tylko 18% (rys. 2).



Rys. 2. Odpowiedzi respondentów na pytanie o zadowolenie z warunków cieplnych w sali operacyjnej [1]

Wyniki przedstawionych badań wskazują, że problem odczuwania komfortu podczas użytkowania odzieży medycznej istnieje i nie należy go lekceważyć. Praca chirurgów wymaga najwyższego stopnia skupienia i precyzji. Powinno się więc dążyć do ograniczania możliwości występowania u nich stresu cieplnego.

Obecnie na świecie są prowadzone badania nad poprawą barierowości fartuchów chirurgicznych w celu zapewnienia możliwie wysokiego poziomu bezpieczeństwa pracy chirurgom. Należy jednak pamiętać, że bariera taka wpływa negatywnie na wymianę ciepła pomiędzy użytkownikiem odzieży chirurgicznej a środowiskiem zewnętrznym – może doprowadzić do akumulacji dużej ilości ciepła, co przekłada się również na skutki zdrowotne [10].

Redukcja obciążenia termicznego

Na świecie poszukiwane są nowe materiały i rozwiązania odbierające nadmiar ciepła wyprodukowanego przez organizm podczas prowadzenia operacji. Problem odczuwania dyskomfortu przez personel medyczny może być rozwiązany m.in. przez obniżenie wartości izolacyjności termicznej odzieży dzięki zastosowaniu nowych materiałów czy rozwiązań technicznych związanych z odprowadzaniem ciepła z organizmu [4]. Materiały powinny spełniać założenia dotyczące barierowości przed patogenami i jednocześnie zapewniać komfort podczas użytkowania.

Wprowadzenie dodatkowych systemów chłodzących bądź zastosowanie tzw. materiałów inteligentnych, zawierających w swej budowie związki zmiennofazowe PCM (*Phase Change Materials*), może być obiecującym rozwiązaniem. Ich działanie polega w uproszczeniu na tym, że w odpowiednim momencie odbierają nadmiar wyprodukowanego przez organizm ciepła.

Badania nad konstrukcją kamizelki dla chirurgów wypełnionej PCM (sól Glaubera oraz specjalna tkanina) wykazały efekt jej działania m.in. poprzez obniżenie temperatury skóry. Należy jednak pamiętać, że zastosowanie tej kamizelki wiąże się z koniecznością zakładania dodatkowej warstwy odzieży, która po zakończeniu oddziaływania może stanowić dodatkowe źródło stresu cieplnego u użytkownika [8].

Jednym z obiecujących rozwiązań jest także modułowe urządzenie do indywidualnej wentylacji dla personelu medycznego, stosowane podczas zabiegów i operacji chirurgicznych [7], (rys. 3). Urządzenie to, opracowane w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym, wpływa na poprawę odczuć komfortu cieplnego pracowników bloku operacyjnego. Wynalazek ten został zgłoszony do ochrony patentowej (P.418502).



Rys. 3. Modułowe urządzenie do indywidualnej wentylacji [7]

Urządzenie do indywidualnej wentylacji, montowane pod stołem operacyjnym, umożliwia:

- ✓ poprawę komfortu cieplnego wszystkich pracowników znajdujących się przy stole operacyjnym
- ✓ indywidualne modyfikowanie kierunku i prędkości przepływu powietrza z nawiewnika
- ✓ instalowanie nawiewników w poziomie lub w pionie
- ✓ dopasowanie modułów nawiewników do konstrukcji stołu operacyjnego
- ✓ regulację długości nawiewnika przez dokładanie lub odejmowanie modułów.

Urządzenie nie stanowi bezpośrednio dodatkowego obciążenia dla pracowników w sali operacyjnej. Nie wpływa negatywnie na czystość i jakość powietrza dzięki zastosowanemu układowi jego wielostopniowej filtracji (współdziałanie filtrów wstępnych z filtrem wysokoskutecznym), służącemu do oczyszczania powietrza chłodnego i ciepłego.

Badania efektywności działania modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji przeprowadzono zarówno w środowisku laboratoryjnym, jak i w warunkach rzeczywistych, tzn. w salach operacyjnych jednego z warszawskich szpitali [7].

Wyniki badań laboratoryjnych

Badania laboratoryjne odbywały się w pomieszczeniu klimatyzowanym, przy stole operacyjnym, z udziałem 8 ochotników ubranych w odzież medyczną i fartuchy chirurgiczne przeznaczone do tzw. operacji mokrych (rys. 4). W czasie badań ochotnicy wykonywali prace manualne i umysłowe, a następnie wypełniali ankietę dotyczącą ich odczuć subiektywnych.

Po zastosowaniu urządzenia do indywidualnej wentylacji zaobserwowano:

- ✓ poprawę odczuć subiektywnych ochotników w aspekcie wrażeń cieplnych środowiska, w którym się znajdowali – w temperaturze otoczenia 22 °C
- ✓ znaczną poprawę odczuć subiektywnych ochotników pod kątem wrażeń cieplnych dotyczących otaczającego środowiska – temperaturze otoczenia 25 °C.

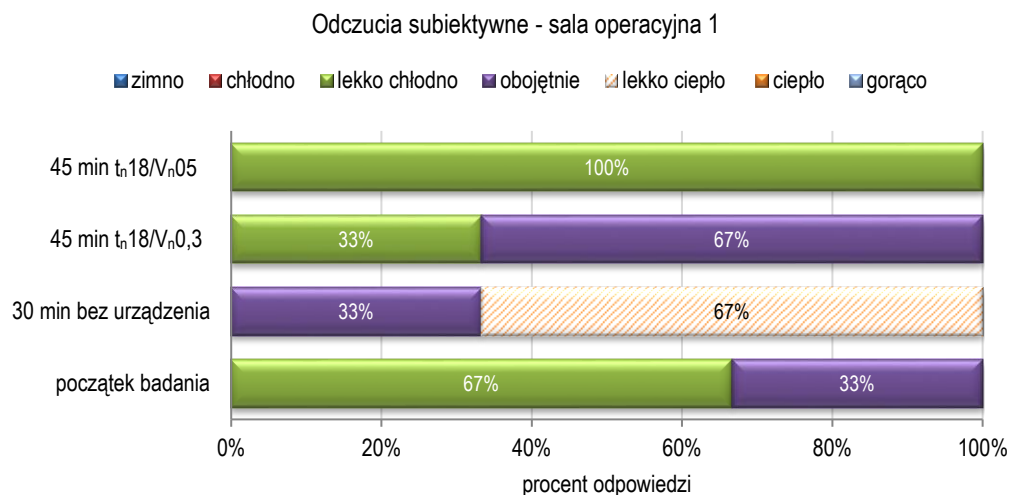


Rys. 4. Badania laboratoryjne [7]

Wyniki badań rzeczywistych

Badania rzeczywiste odbywały się w jednym z warszawskich szpitali. Brało w nich udział po 3 pracowników bloku operacyjnego. Ochotnicy wykonywali prace manualne i umysłowe, a następnie wypełniali ankietę dotyczącą ich subiektywnych odczuć, taką samą jak w przypadku badań laboratoryjnych [7].

Na rysunku 5. zestawiono 4 okresy: początek badania (w momencie startowym), 30 min bez urządzenia (po 30-minutowej ekspozycji na zastane warunki), 45 min $t_{n18/V_n0,3}$ (po 45-minutowej ekspozycji na działanie urządzenia przy podawaniu powietrza o temperaturze 18 °C i prędkości przepływu powietrza na wysokości twarzy V_n równej 0,3 m/s) oraz 45 min $t_{n18/V_n0,5}$ (po 45-minutowej ekspozycji na działanie urządzenia przy podawaniu powietrza o temperaturze 18 °C i prędkości przepływu powietrza na wysokości twarzy V_n równej 0,5 m/s).



Rys. 5. Odczucia subiektywne pracowników bloku operacyjnego podczas badań rzeczywistych, w temperaturze otoczenia 22 °C, z wyłączonym i z włączonym urządzeniem (temperatura nawiewanego powietrza 18 °C, prędkość przepływu powietrza na wysokości twarzy 0,3 i 0,5 m/s), [7]

Na sali operacyjnej pracowni, w której prowadzono badania, panowała temperatura otoczenia 22 °C. Pracownicy bloku operacyjnego byli ubrani w odzież medyczną i ołowiane fartuchy.

W temperaturze otoczenia 22 °C, po zastosowaniu urządzenia do indywidualnej wentylacji, zaobserwowano poprawę odczuć subiektywnych pracowników bloku operacyjnego pod kątem wrażeń cieplnych otaczającego środowiska [7], (rys. 5).

Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań potwierdzają potrzebę poprawy odczucia komfortu cieplnego pracowników bloku operacyjnego. Dzięki zastosowaniu urządzenia opracowanego w CIOP-PIB można taki stan uzyskać, przy jednoczesnym utrzymaniu pacjenta w warunkach niezagrażającej hipotermii. Zarówno wyniki badań laboratoryjnych, jak i rzeczywistych z udziałem personelu medycznego w szpitalu wykazały, że zastosowanie modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji wpływa pozytywnie na ocenę środowiska cieplnego przez użytkowników.

Konstrukcja urządzenia daje ponadto możliwość poprawy odczuwania komfortu nie tylko przez jednego pracownika, lecz przez wszystkie osoby znajdujące się przy stole operacyjnym. Indywidualne modyfikowanie kierunku i prędkości przepływu powietrza z nawiewnika pozwala na dopasowanie urządzenia do potrzeb każdego pracownika. Co więcej, modułowość urządzenia umożliwia jego skracanie i wydłużanie, w zależności od potrzeb oraz konstrukcji stołu operacyjnego. Dodatkowo istnieje możliwość instalowania nawiewników nie tylko w poziomie, lecz także w pionie.

Źródła wykorzystane w tekście

- [1] Bogdan A., Chludzińska M., Uścińowicz P. *Odczucia cieplne chirurgów i personelu medycznego podczas prowadzenia operacji – wstępne wyniki badań ankietowych*. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2014, 45, 11:440-442.
- [2] Johston H. *The design and utilization of operating theatres*. The Royal College of Surgeons of England, 1984.
- [3] Koch F. *Perspectives on barrier material standards for operating rooms*. Am. J. Infect. Control 2004, 32:114-116.
- [4] Leeth et al. *Normothermia and patient comfort: A comparative study in an out-patient surgery setting*. Journal of PeriAnesthesia Nursing 2010, 25, 3:146-151.
- [5] Mazzacane S. et al. *On the Assessment of the Environmental Comfort in Operating Theatres* <http://faculty.ksu.edu.sa/Maryam%20AL%20Anazi/Article/c2mazzacane2.pdf>
- [6] Melhado M., Hensen J., Loomans M. *Literature review of staff thermal comfort and patient "thermal risks" in operating rooms*. Proceeding of the 8th Int. Healthy Buildings Conference. Lisbon, ISIAQ, 4-8 June 2006.
- [7] Młynarczyk M., Jankowski T. i in. *Raport z realizacji 2. etapu projektu III.P.08 Innowacyjne urządzenie do lokalnego chłodzenia personelu sal operacyjnych z uwzględnieniem specyfiki wybranych zabiegów*. CIOP-PIB 2015 [materiał niepublikowany].
- [8] Reinertsen R. et al. *Optimizing the Performance of Phase-Change Materials in Personal Protective Clothing Systems*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2008, 14, 1:43-53.
- [9] Rutkow I.M. *Surgery: an illustrated history*. St Louis, Mosley 1993.
- [10] Zwolińska M. *Thermal Sensations of Surgeons During Work in Surgical Gowns*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2013, 19, 3:443-453.
- [11] EN 13795 *Surgical drapes, gowns and clean air suits, used as medical devices, for patients, clinical staff and equipment*

Opracowano i wydano w ramach III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (2014-2016) finansowanego w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

MATERIAŁ OPUBLIKOWANY: *Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka* 2016, 10: 8-10.