



Komfort cieplny użytkowników sal operacyjnych – wpływ systemu wentylacji



Komfort cieplny – dlaczego jest tak istotny?

To stan, w którym człowiek czuje, że jego organizm znajduje się w stanie zrównoważonego bilansu cieplnego, tzn. nie odczuwa uczucia gorąca, ani zimna.

- Wpływa na koncentrację i efektywność pracy (ryzyko popełnienia błędów medycznych) – personel medyczny
- Możliwość wystąpienia niezamierzonej hipotermii okołoperacyjnej wśród pacjentów

Co wpływa na odczuwanie komfortu cieplnego?

- Temperatura powietrza
- Prędkość powietrza
- Wilgotność względna
- Czynniki osobowe: metabolizm, odzież, płeć, wiek, stan zdrowia

Ocena komfortu cieplnego

Model PMV/PPD

- Średnie odczucie cieplne dużej grupy osób (PMV)
- Procent osób niezadowolonych (PPD)
- Bierze pod uwagę temperaturę powietrza, promieniowania, prędkość powietrza, wilgotność, metabolizm (MET) i odzież (clo)

ISO 7730

- Norma europejska
- Uwzględnia metodę obliczenia PMV i PPD oraz klasy komfortu (A, B i C).
- Zastosowanie w budynkach biurowych, mieszkalnych i szkołach

ASHRAE 55

- Norma amerykańska
- Uwzględnia model PMV/PPD oraz model adaptacyjny (przyzwyczajenie do klimatu, zachowanie użytkownika)
- Zastosowanie w biurach, szkołach

Różnice pomiędzy personelem medycznym i pacjentem

Chirurdzy

- Ubiór: Scurb, fartuch sterylny, rękawice, dodatkowe osłony, maska , czapka
- Charakter pracy: intensywna, stojąca
- Obciążenie stresem: bardzo wysokie

Pielęgniarki/Pielęgniarze

- Ubiór: Scurb, rękawice i w zależności od roli - dodatkowe środki ochrony
- Charakter pracy: mieszana (przemieszczenia się, stojąca)
- Obciążenie stresem: średnie/ wysokie

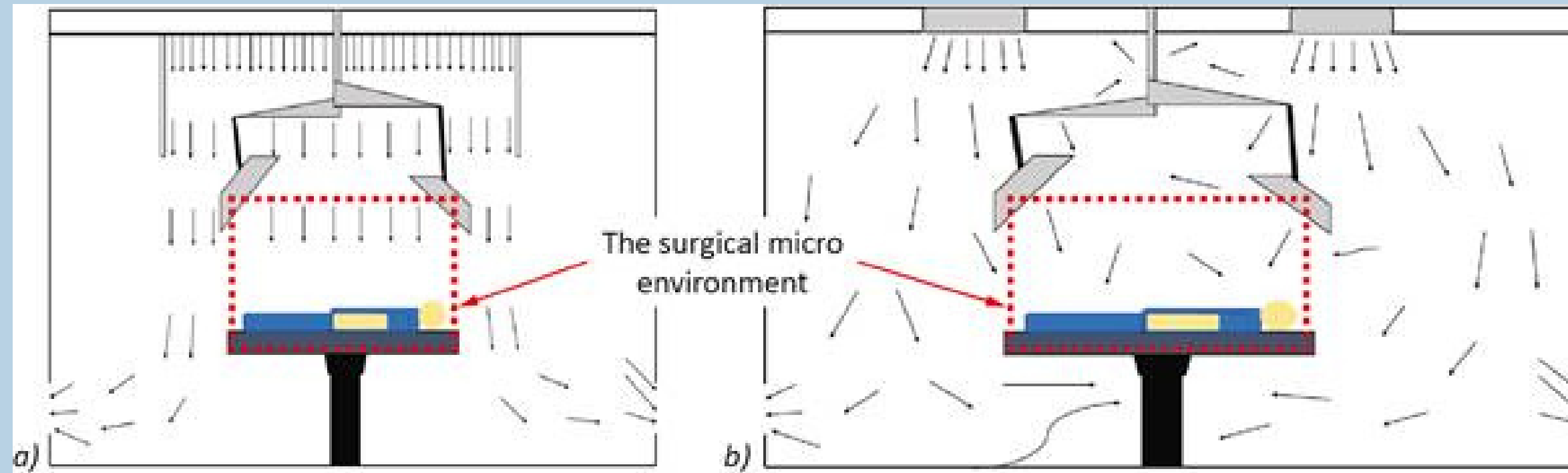
Anestezjolodzy

- Ubiór: Scurb, często dodatkowa odzież ochronna
- Charakter pracy: siedząca
- Obciążenie stresem: wysokie

Pacjenci

- Ubiór: zazwyczaj nadzy, przykryci obłożeniem chirurgicznym

Kształtowanie środowiska wewnętrznego



Wentylacja o jednokierunkowym przepływie powietrza

- jednokierunkowy, uporządkowany przepływ powietrza,
- minimalna turbulencja

Parametry wpływające na komfort cieplny

- prędkość powietrza
- charakter przepływu
- temperatura nawiewu
- wilgotność powietrza

Wentylacja mieszająca

- turbulenty przepływ powietrza,
- mieszanie powietrza w całej sali

Badania naukowe

50

uczestników
w wieku od 18 do 25 lat

4

warianty badania

90

czas trwania badania

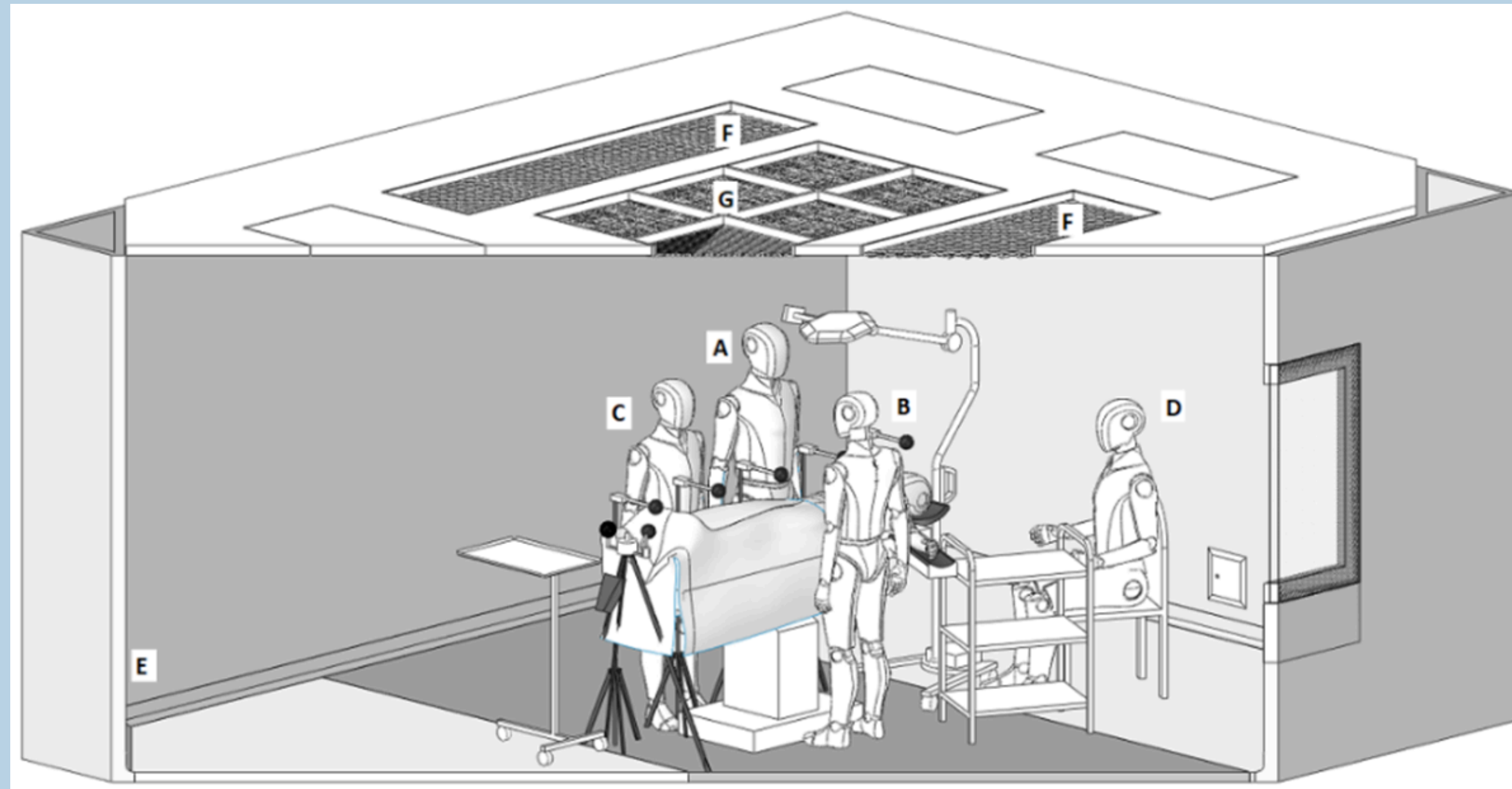
Warianty badania:

- MV19 system wentylacji mieszającej przy temperaturze nawiewu wynoszącej 19°C,
- MV26 system wentylacji mieszającej przy temperaturze nawiewu wynoszącej 26°C,
- LAF19 system wentylacji laminarnej przy temperaturze nawiewu wynoszącej 19°C
- LAF26 system wentylacji laminarnej przy temperaturze nawiewu wynoszącej 26°C.

Badanie trwało 90 minut, a sam kwestionariusz był wypełniany co 30 minut.

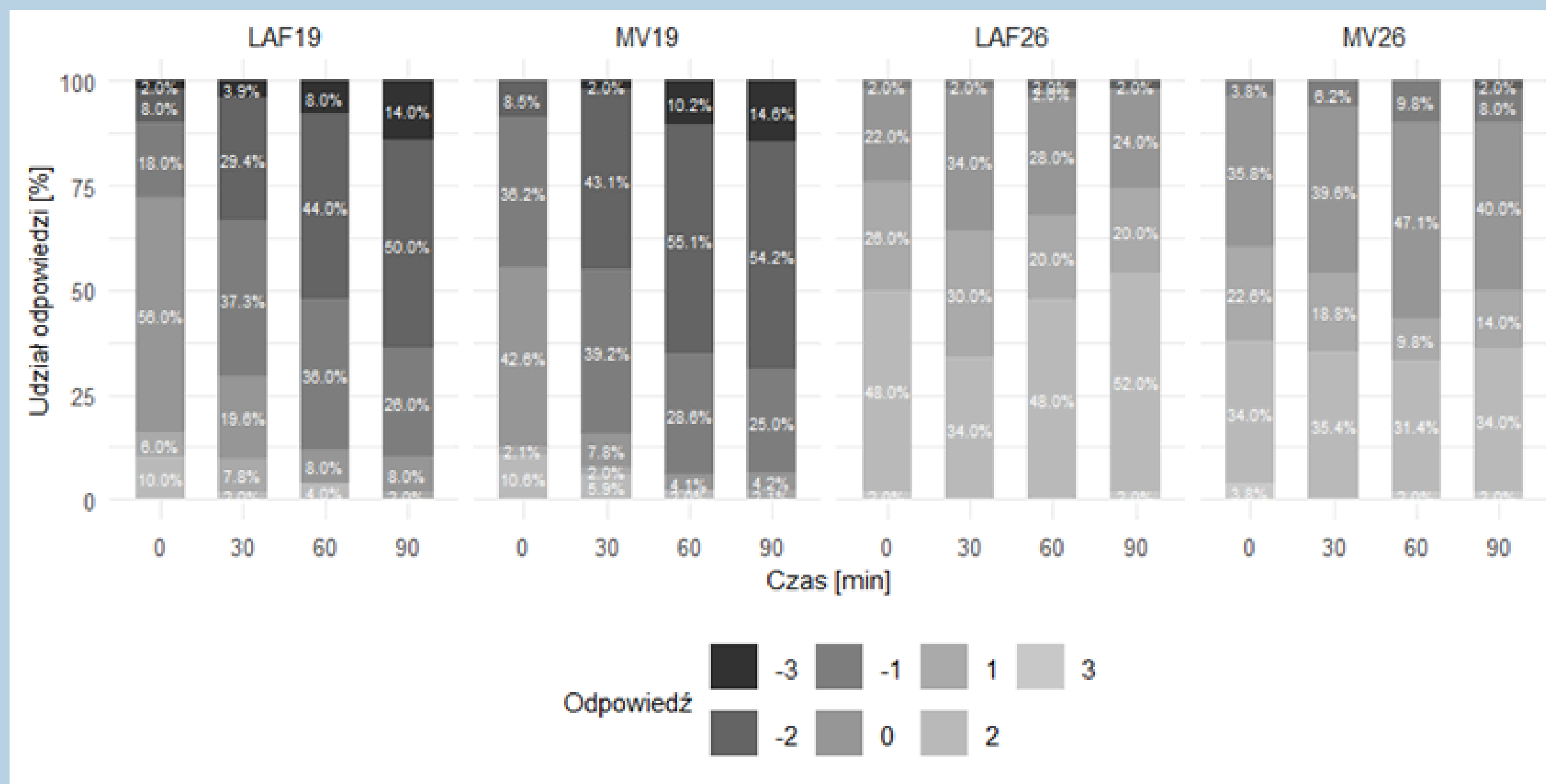
Pomiary realizowano na początku badania (moment 0) oraz po 30, 60 i 90 minutach.

Schemat stanowiska badawczego



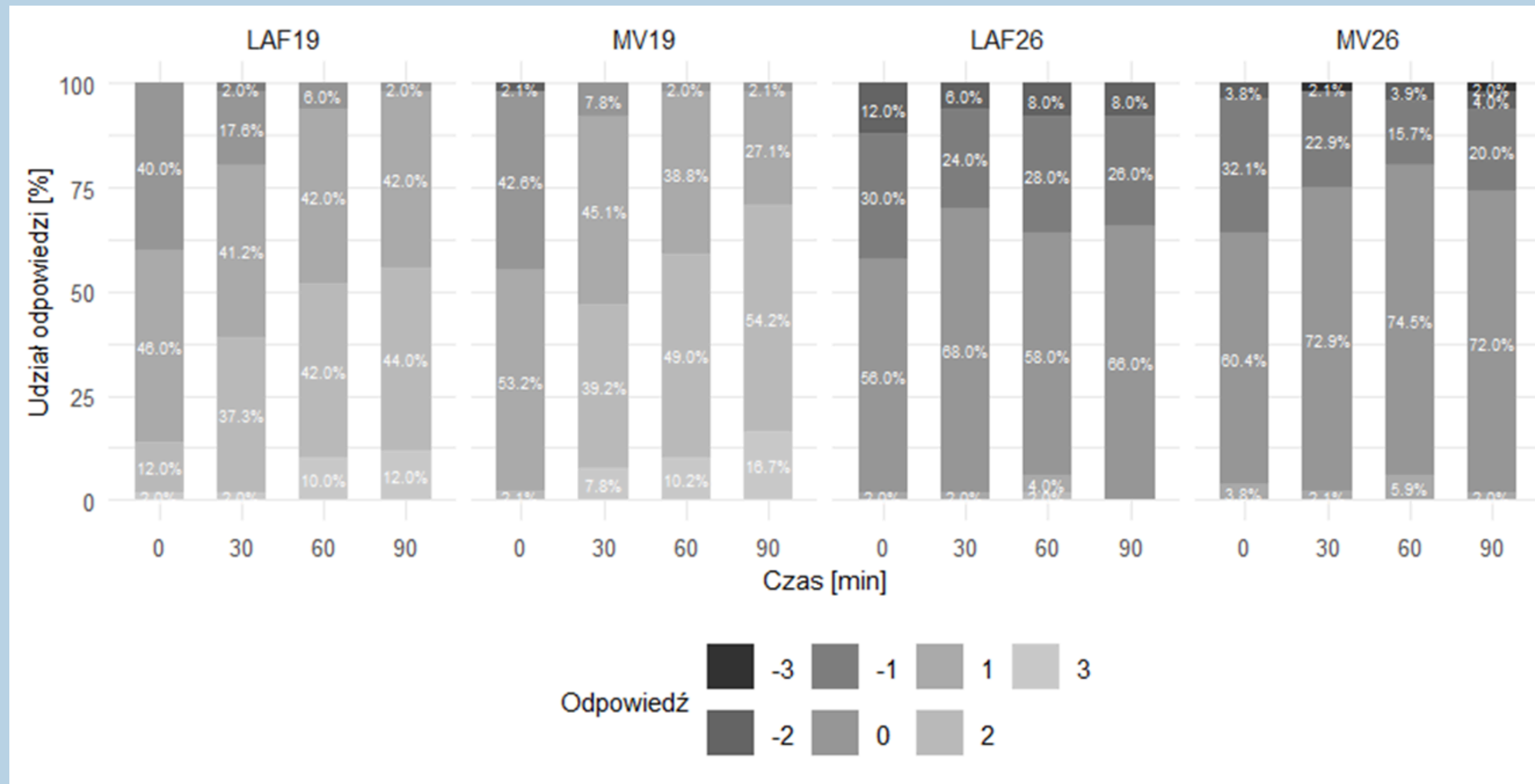
Wokół stołu rozmieszczono trzy podgrzewane manekiny odzwierciedlające role personelu medycznego: chirurg główny (A), asystent chirurga (B) oraz pielęgniarka (C). Dodatkowo, po lewej stronie ochotnika, w pozycji siedzącej był anestezjolog (D). Na schemacie instalacji wyloty powietrza oznaczono literą E, nawiewniki systemu LAF literą F, natomiast nawiewniki wentylacji mieszającej literą G.

Wyniki



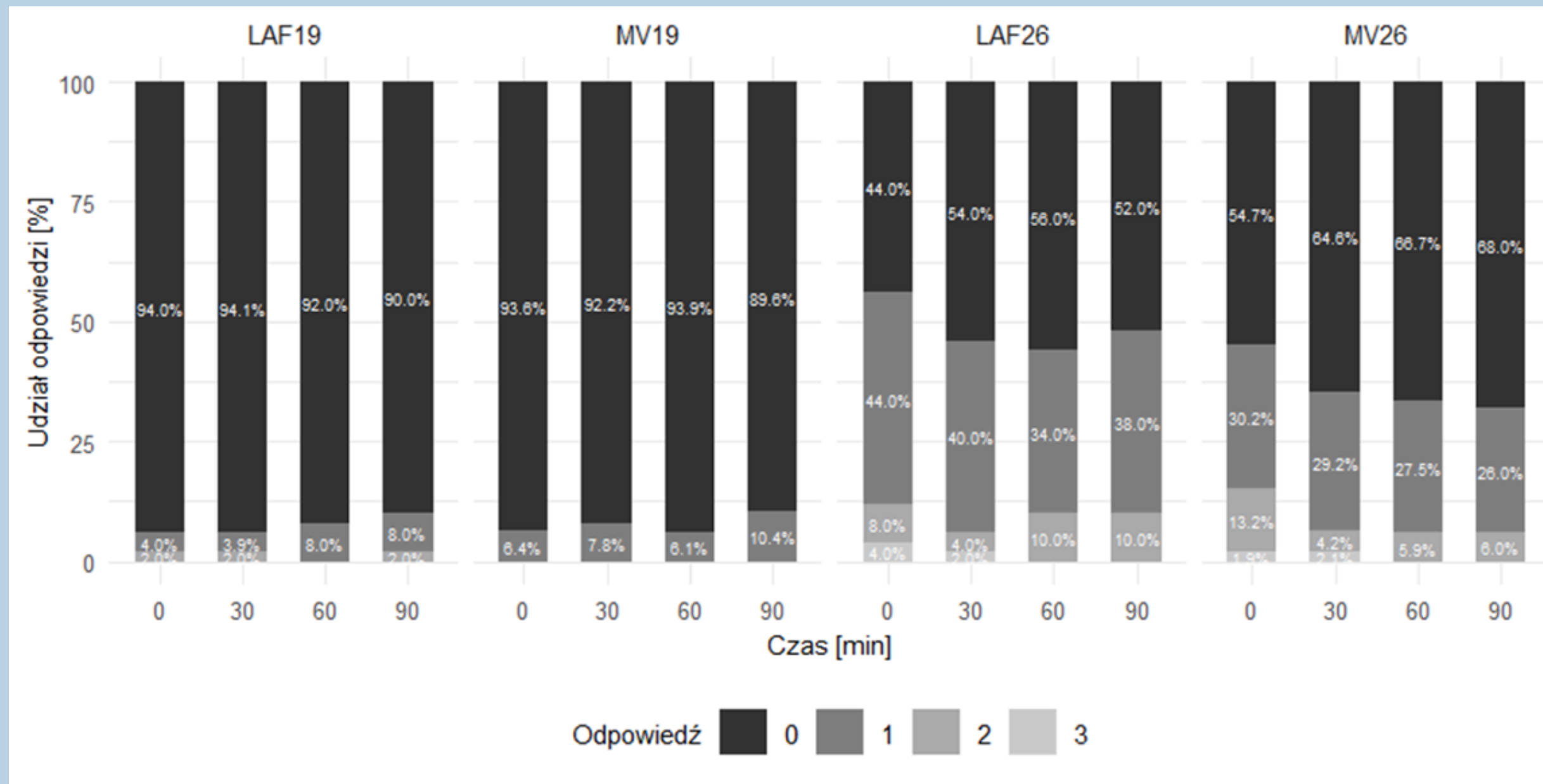
Rysunek 2. Subiektywne odczucia termiczne w odniesieniu do wariantu badania i czasu badania.
 Odpowiedzi: gorący (oznaczenie +3), ciepły (oznaczenie +2), lekko ciepły (oznaczenie +1), neutralny (oznaczenie 0), lekko chłodny (oznaczenie -1), chłodny (oznaczenie -2).

Wyniki



Rysunek 2. Preferencje ochotników w zakresie warunków środowiska cieplnego w odniesieniu do wariantu badania i czasu badania. Odpowiedzi: znacznie cieplej (oznaczenie +3), cieplej (oznaczenie +2), nieznacznie cieplej (oznaczenie +1), bez zmian (oznaczenie 0), nieznacznie chłodniej (oznaczenie -1), chłodniej (oznaczenie -2).

Wyniki



Rysunek 3. Ocena jakości powietrza w odniesieniu do wariantu badania i czasu badania. Odpowiedzi: bardzo duszno (oznaczenie +3), duszno (oznaczenie +2), nieznacznie duszno (oznaczenie +1), nie odczuwam duszności (oznaczenie 0).

Komfort cieplny chirurgów

- Badania ankietowe polskich chirurgów
- lipiec – grudzień 2020 rok
- Ponad 150 chirurgów
- 29 pytań zamkniętych i 6 pytań otwartych; badano subiektywną ocenę komfortu cieplnego, oświetlenia, hałasu, jakości powietrza i odzieży medycznej

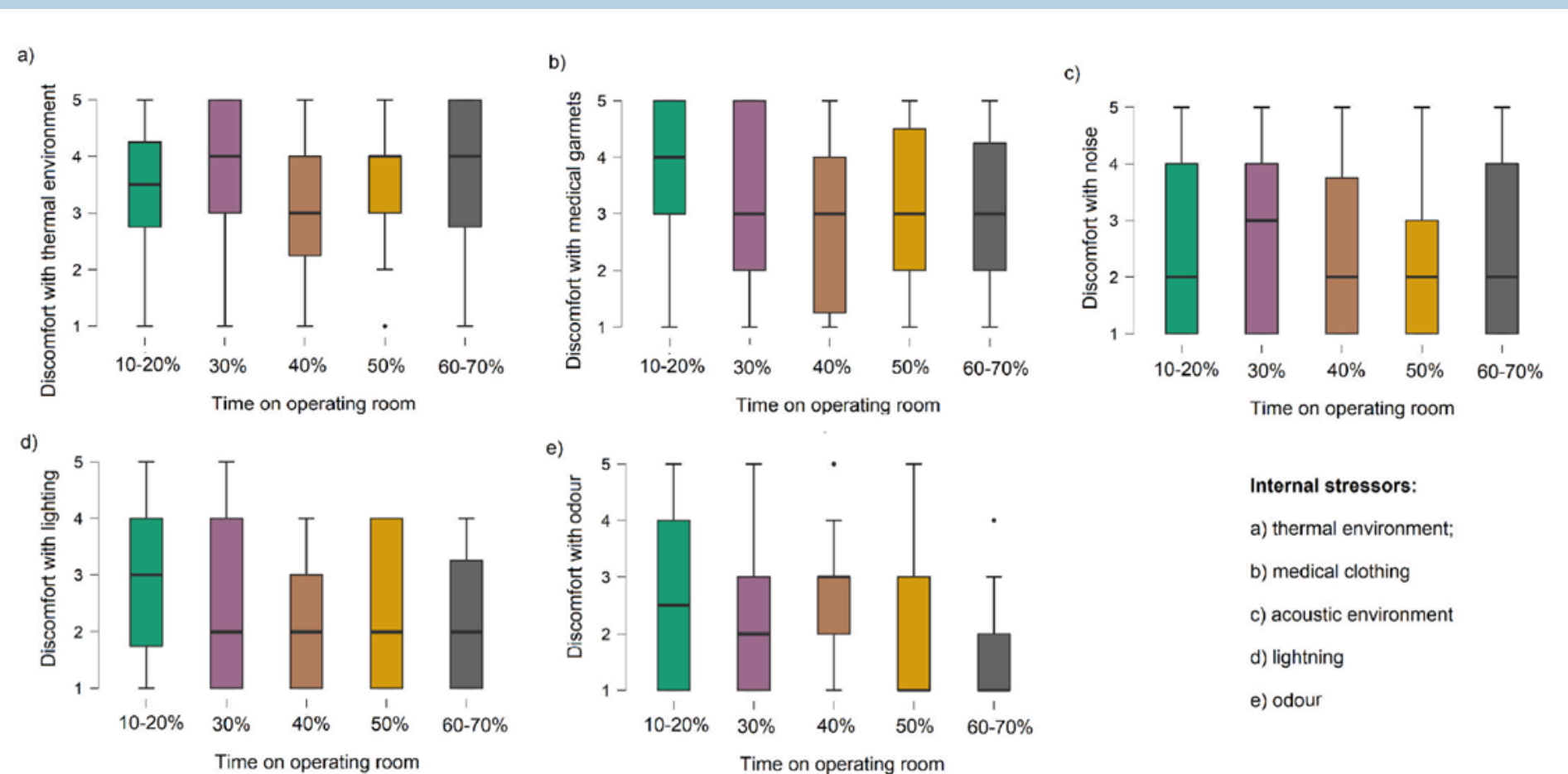


Fig. 1. Discomfort of surgeons with different stressors, according to time spending on operating room.

- 86,1% badanych odczuwało dyskomfort cieplny
- 57% badanych preferowałoby, aby na sali operacyjnej było chłodniej
- Dla 43,7% badanych warunki były nieakceptowalne
- Powodu: wysoka temperatura, wskazywano na brak możliwości regulacji temperatury czy ciepło od lamp operacyjnych

Komfort cieplny pielęgniarek i pielęgnierzy



Badania:

- przeprowadzone w Belgii w 2014 roku, 4 szpitale, przebadanych prawie 100 osób,
- przeprowadzone w Chinach w 2024 i 2025 roku, ponad 250 osób.

Wykazano, że personel pielęgniarski w środowisku sal operacyjnych odczucia cieplne najczęściej koncentrują się w zakresie od neutralnych (30–50%) do lekko ciepłych (50–70%). Jest to też grupa z najwyższym poziomem komfortu wśród personelu medycznego.

Komfort cieplny anestezjologów



Badania:

- przeprowadzone w Belgii w 2014 roku, 4 szpitale, przebadanych prawie 100 osób,
- przeprowadzone w Chinach w 2024 i 2025 roku, ponad 250 osób.

Badania dotyczące środowiska sal operacyjnych wskazują, że anestezjolodzy najczęściej odczuwają warunki cieplne jako zbyt chłodne, co wynika z niskiego poziomu aktywności fizycznej i pracy w pozycji siedzącej.

19°C

Chirurdzy

22–24,5°C

Pielęgniarki i pielęgniarze

23–24°C

Anestezjolodzy

Wyzwanie projektowe



Zapewnienie odpowiednich warunków w salach operacyjnych wymaga pogodzenia wymagań sanitarnych z komfortem personelu medycznego i bezpieczeństwem pacjenta.

- Różnice w komforcie między osobami w sali
- Kontrola zakażeń w sali operacyjnej
- Zapobieganie hipotermii pacjenta (50–90%)
- Zapewnienie komfortu personelu

Niniejsze badania zostały sfinansowane przez
Narodowe Centrum Nauki (grant nr 2021/41/B/
ST8/00700)

Bibliografia

Survey on factors influencing surgeons' sensation in Polish operating theatres; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132322001731>;

Subjective assessment of indoor air quality and thermal environment in patient rooms: A survey study of Polish hospitals; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132322010708>

Thermal comfort of the surgical staff in the operating room; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132314001875>

Field questionnaire survey on thermal comfort of medical personnel in operating rooms for hospitals in Nanjing; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778825001537>

Comparison of laminar and mixing airflow pattern in operating rooms of a Norwegian hospital; https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/comparison-of-laminar-and-mixing-airflow-pattern-in-operating-rooms-of-a-norwegian-hospital?utm_source=chatgpt.com

A systematic review of operating room ventilation; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221005519>

Experimental study of thermal comfort by variable temperature and velocity air supply system in operating room; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132325004093>

EN ISO 16798-1:2019: Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and . (2019).

ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. (2005).

AFNOR SPEC S99-120 French best practice guide for hospital construction and operation aboard. (2019).

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating, and A. C. E. (2019). ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment.

ASHRAE. (2023). ANSI/ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>

DIN SPEC 94676:2018-07 Ventilation in hospitals - Coherent hierarchic structure and common terms and definitions for a standard related to ventilation in hospitals; German version CEN/TS 16244:2018.