

Thermisch comfort in operatiekamers met diverse systemen

Citation for published version (APA):

Jacobs, I. M., Loomans, M. G. L. C., Hensen Centnerová, L., Krombeen, M., & Kort, H. S. M. (2019). Thermisch comfort in operatiekamers met diverse systemen. *TVVL Magazine*, 2019(1), 25-29.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/02/2019

Document Version:

Het geaccepteerde manuscript inclusief aanpassingen uit het peer-review proces

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Thermisch comfort in operatiekamers met diverse systemen

Introductie

Het belangrijkste in een operatiekamer is dat tijdens een operatie de patiënt de beste zorg krijgt die mogelijk is. In het ontwerp van de operatiekamer wordt daarom veel nadruk gelegd op de luchtkwaliteit (zie Figuur 1). De veronderstelling is dat door het inbrengen van voldoende schone lucht de kans op **postoperatieve wondinfecties** wordt geminimaliseerd. De **mogelijke** verontreinigingsbronnen zijn in dit geval het operatiepersoneel, **de chirurgische instrumenten** en de patiënt. Doordat, uitgaande van deze bronnen, de hoeveelheid lucht die moet worden ingebracht aanzienlijk is, wordt vaak gekozen voor, in theorie, efficiënte ventilatiesystemen boven mengende systemen.

Figuur 1. Aanzicht en plattegrond van een typische operatiekamer met een op downflow gebaseerd systeem [links, midden]. Rechts geeft een indruk van de typische posities van het operatie personeel, waarbij de posities 1-3 vaak in de directe invloed van het downflow systeem zijn gepositioneerd [1].

Tot 2014 werd een uni directionele downflow systeem (UDF) als uitgangspunt voor een klasse I operatiekamer voorgeschreven. Nadien is een meer prestatie-gedreven aanpak gekozen waardoor ook **nieuwe** ontwerp oplossingen toegepast konden worden. Wat in de hele discussie over de kwaliteit van een operatiekamer niet **goed** wordt meegewogen, is dat het resultaat van een operatie ook mede wordt bepaald door de werkomgeving voor het operatiepersoneel. Goed licht is vanzelfsprekend en vertaalt zich in operatielampen. Geluid/verstaanbaarheid is een punt van aandacht, maar ook het thermisch comfort speelt een rol bij het realiseren van optimale omstandigheden om te werken. In dit onderzoek is juist dit laatste aspect bekeken. Doel was om te achterhalen in hoeverre de nieuwe ontwikkelingen op ventilatiegebied voor operatiekamers **s** zich onderscheiden, of niet, op het gebied van thermisch comfort.

I.M. Jacobs¹, M.G.L.C. Loomans¹, L. Hensen-Centnerová¹, M. Krombeen², H.S.M. Kort¹

¹ Eindhoven University of Technology, Department of the Built Environment, Building Performance group, Eindhoven.

² Unica, Bodegraven

Methode

Figuur 2. UDF (2T) [links] – Opragon [midden] – Halton [rechts]

In het onderzoek is in-situ gemeten in verschillende operatiekamers met verschillende type ventilatiesystemen (zie Figuur 2 voor een impressie). De onderzochte systemen zijn UDF (twee-temperatuur [2T] systeem), Opragon en Halton. De metingen zijn uitgevoerd in operatiekamers in een tweetal ziekenhuizen (UDF 2T, Opragon) en in een tweetal mock-ups van een operatiekamer bij de betreffende fabrikanten van systemen (Avidicare [Opragon]  in Zweden; Halton in Finland). De metingen betroffen objectieve metingen waarbij volgens ISO 7730 [2] het thermisch comfort kon worden afgeleid (Predicted Mean Vote [PMV]/Predicted Percentage of Dissatisfied [PPD]). Maar ook het niet-uniforme thermisch comfort (tocht, verticale temperatuurgradiënt, vloertemperatuur en

stralingsasymmetrie) is bepaald. De metingen zijn voor zover mogelijk voor drie verschillende situaties uitgevoerd:

1. Een lege kamer;
 2. Met statische (i.e. niet bewegende) personen en warmtebronnen;
 3. Met dynamische personen en warmtebronnen (alsof een echte operatie werd uitgevoerd).
- Reproduceerbaarheid van de metingen is getoetst.

Daarnaast is ook met online vragenlijsten op subjectieve wijze gevraagd hoe het operatiepersoneel het thermisch comfort ervaart. Naast algemeen thermisch comfort is ook gekeken naar de niet-uniforme condities zoals tocht. Voor deze surveys is gebruikt gemaakt van de literatuur [3][4]. Deze subjectieve analyse verliep parallel aan het objectieve onderzoek.

Voor het subjectieve gedeelte zijn 42 Nederlandse ziekenhuizen benaderd om te participeren in het onderzoek. Hiervan hebben uiteindelijk 12 ziekenhuizen medewerking verleend en zijn van 341 deelnemers (operatiepersoneel) online resultaten verzameld. Alle leden van een operatieteam waren in de respons vertegenwoordigd, terwijl vooral UDF (een-temperatuur [1T]/2T plenums) als systeem aanwezig was. Voor de statistische analyse van de data is SPSS Statistics 25 gebruikt, waarbij significantie is verondersteld bij $p < 0.05$.

Resultaten

Subjectieve gegevens - Een voorbeeld van de resultaten van de survey in Figuur 3 laat zien dat tussen de leden van het operatieteam een verschil in perceptie van de thermische condities bestaat. Wat opvalt, is dat gemiddeld genomen de leden van het operatieteam het aan de koude kant hebben, waarbij de assistent anesthesist het significant kouder heeft dan de overige leden.

Figuur 3. Resultaat survey – uniform thermisch comfort. De TSV (Thermal Sensation Vote) is een index op de 7-punts thermische sensatie schaal reikend van -3 (koud) tot +3 (heet) met 0 als neutraal.

Op niet-uniform gebied zijn de verschillen in thermisch comfort minder uitgesproken (Figuur 4). In het algemeen worden met name de handen en armen, ten gevolge van tocht, vaak als koud ervaren. De chirurg heeft in zijn algemeenheid minder klachten. De assistent anesthesioloog heeft hier wel significant meer klachten over dan de overige leden van het operatieteam.

Figuur 4. Resultaten survey – niet-uniform thermisch comfort. Doordat de operatieleden zijn opgedeeld per groep en doordat ze meerdere antwoorden konden geven ten aanzien van lokaal discomfort kan het totale resultaat >100% zijn.

Het effect van het type ventilatiesysteem op de beoordeling van de algemene thermisch sensatie en acceptatie laat geen significante verschillen zien. Elk type ventilatiesysteem lijkt eigen specifieke klachten te hebben ten aanzien van het lokaal discomfort, maar ook in dit geval wordt geconcludeerd dat deze verschillen niet significant zijn op basis van de beschikbare data. In de survey zijn uiteindelijk drie type ventilatiesystemen vergeleken: 1T plenum (N=72), 2T plenum (N=165) en Opragon (N=24).

Worden de subjectieve gegevens vergeleken met de theorie, dan kan een oordeel gegeven worden in hoeverre de bestaande ISO7730 standaard een waarde heeft in de operatiekamer (Figuur 5). Hierbij is verondersteld dat de uitkomst voor de TAV (Thermal Acceptance Vote) representatief is voor de mate van ontevredenheid (PD: Percentage of Dissatisfied people).

Figuur 5. Subjectieve perceptie versus het percentage ontevreden [PD] en vergelijk met de theoretische relatie hiervoor (links: alle leden van het operatieteam samen; rechts: uitgesplitst naar teamlid)[1].

De resultaten laten zien dat de theorie in het geval van de operatiekamer, hoewel eenzelfde trend wordt gevolgd, het aantal tevreden onderschat. Uit de individuele gegevens per teamlid blijkt dat er duidelijke verschillen zijn in welke thermische perceptie het meest wordt gewaardeerd (Figuur 5 – rechts). Voorkeuren liggen zowel aan de koele als aan de warme zijde. Daarmee wordt de complexiteit van het probleem bij het ontwerp van dergelijke systemen ook meteen duidelijk.

Objectieve gegevens – De vergelijking van de objectieve gegevens (metingen) voor de verschillende systemen (bij een setpoint temperatuur van gemiddeld 20°C) laat zien dat de PMV (Predicted Mean Vote) uitkomt aan de koude zijde (~ -1) van de thermische sensatie schaal. De onderzochte systemen laten hierbij weinig verschillen zien. Per positie waar is gemeten (zie Figuur 1) is de variatie eveneens vergelijkbaar. De (assistent) anesthesist (positie 2 en 4) heeft het hierbij het minst getroffen (PMV het laagst). Voor de instrumenten verpleegster (positie 3) is de situatie wat beter op basis van de PMV. Ten aanzien van lokaal discomfort is op basis van de metingen vooral tocht een probleem (zie Figuur 6). De posities onder het ventilatiesysteem zijn het meest kritisch, hoewel bij Ziekenhuis B de verschillen met de andere posities niet significant zijn. De verticale temperatuurgradiënt en vloertemperatuur leveren geen of nagenoeg geen problemen op.

Figuur 6. Theoretische percentage tochtklachten (PD) op basis van metingen voor de verschillende posities in een operatiekamer (zie Figuur 3) bij de verschillende onderzochte systemen en condities (Voor Opragon Mock-up en Halton kon op positie 2 [ICMS2] niet gemeten worden vanwege een defecte sensor).

Worden de resultaten zoals gemeten voor tocht (DR) vergeleken met de subjectieve data dan valt op dat de chirurg weinig tochtklachten heeft (positie ICMS1), terwijl de gemeten data anders aangeeft. Ook laat het Opragon systeem ten opzichte van de andere systemen meer tochtklachten zien bij de subjectieve resultaten ($DR_{\text{Opragon}} = 46\%$ tegenover $DR_{\text{UDF}_T1} = 36\%$ en $DR_{\text{UDF}_T2} = 34\%$). In de metingen is dit niet terug te vinden ($DR_{\text{Opragon}} = 25\%$ tegenover $DR_{\text{UDF}_T2} = 24\%$).

Discussie

De resultaten bieden een interessant inzicht in de huidige situatie in de operatiekamer in Nederland ten aanzien van het thermisch comfort voor het operatiepersoneel. Deze resultaten laten zien dat er verbetering mogelijk is, wenselijk is, om die condities te verbeteren. Hoewel geen uitspraak gedaan kan worden over het effect hiervan op de productiviteit mag vermoed worden dat in lijn met wat bekend is van de kantooromgeving [5] de productiviteit wordt beïnvloed. Productiviteit moet in dit geval vertaald worden als de uitvoering van de operatie en de mogelijke effecten daarop. Het zou een deel van de verklaring kunnen zijn waarom dergelijke in theorie efficiëntere systemen waar het gaat om luchtkwaliteit minder presteren dan verwacht [6].

De resultaten van de enquête geven aan dat er minder klagende personen zijn dan de theorie doet vermoeden op basis van de gemiddelde thermische sensatie (PMV). Dit is niet in lijn met de hypothese die ervan uitging dat men kritischer zou zijn omdat de adaptie mogelijkheden in een operatiekamer beperkt zijn. Verondersteld zou kunnen worden dat de focus op de patiënt het eigen thermische comfort wat meer ondergeschikt maakt. Als dat het geval is, is het vraag of dat een goede

keuze is. Echter, het PMV model is met name ontwikkeld voor een kantooromgeving. Op individueel niveau (lid van het operatieteam) zijn de overeenkomsten beter. Dit is in overeenstemming met resultaten van Van Gaever et al. [3].

Tocht perceptie wordt in een operatiekamer anders ervaren dan de theorie aangeeft. Op basis van de metingen worden hoge waarden voor de tochtklachten verondersteld, zeker onder het plenum. De subjectieve gegevens laten echter zien dat de chirurg nagenoeg geen klachten hierover heeft, terwijl alle andere leden van het operatieteam juist duidelijk meer klachten over tocht aangeven dan de metingen (en daarmee de theorie) doen veronderstellen. De verschillende systemen laten wel wat verschillen zien in de beoordeling van tocht maar vertonen over het algemeen eenzelfde patroon met hogere waarden onder het plenum.

Natuurlijk moeten de beperkingen in het onderzoek ook worden genoemd. Kleding en metabolisme hebben een belangrijk effect op de PMV. Hiervoor zijn aannamen uit de literatuur overgenomen. Voor chirurgen bleken geen gegevens beschikbaar en daar bovenop bleken duidelijke verschillen in deze kleding te bestaan tussen ziekenhuizen. Ook is steeds uitgegaan van een standaard operatiekamer met standaard opstelling. Dit is voor specifieke operaties niet van toepassing. Verondersteld wordt dat de survey in enkele gevallen niet goed geïnterpreteerd is. Daar waar dat verondersteld wordt op basis van de overige gegevens zijn deze resultaten buiten de analyse gelaten.

De metingen konden niet tegelijkertijd met een daadwerkelijke operatie worden uitgevoerd vanwege hygiënische redenen. De personen die als 'warmtebron' dienden tijdens de metingen hebben wel een vragenlijst ingevuld maar hun aantal was te beperkt om hier statistische relevante informatie uit te halen. Posities van warmtebronnen en instellingen van de operatiekamer was enigszins beperkt door de geldende regels. Ook bleek het door tijdgebrek niet mogelijk om alle drie de meetsituaties in alle varianten uit te voeren. Overigens bleek dat op het gebied van thermisch comfort situatie 2 (statisch) en situatie 3 (dynamisch) tot vergelijkbare conclusies leidden.

Conclusie

Dit onderzoek laat zien dat de perceptie van het thermische comfort in operatiekamers voor de leden van een operatieteam niet optimaal is. Het onderscheid in wensen voor de verschillende leden is ook duidelijk. Welk direct effect dit heeft op de geleverde prestatie kan niet worden gezegd aangezien hier informatie specifiek voor de operatiekamer ontbreekt. Het lijkt echter zinvol om in de ontwikkelingen van ventilatie- en klimaatsystemen voor operatiekamer dit aspect een meer prominente rol te geven dan tot nu toe het geval. Loskoppeling van het luchtkwaliteitsvraagstuk ten opzichte van het thermische vraagstuk lijkt een interessante optie om uiteindelijk tot een optimale combinatie met betrekking tot beide aspecten te kunnen komen [7]. Mogelijke verbeteringen kunnen tevens gezocht worden in het aanpassen van de kleding. Verwacht wordt dat de mogelijkheid tot het bedekken van armen, handen en nek tegen kou en tocht positief zal bijdragen aan de thermische sensatie van de personeelsleden. In alle gevallen blijft het belangrijkste doel de gezondheid en veiligheid van de patiënt. In een operatiekamer is daar weinig discussie over...

Dankwoord

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de welwillende medewerking van velen. Op de eerste plaats de ziekenhuizen en het operatiepersoneel die geheel vrijwillig aan dit onderzoek hebben meegewerkt. Dat geldt ook voor Avidicare, Optimus en Halton die hun faciliteiten belangeloos ter beschikking hebben gesteld voor het uitvoeren van metingen. Tot slot een woord van dank aan het BPS laboratorium van de TU/e, en speciaal Wout van Bommel, voor het voorbereiden van de metingen en de bijbehorende meetapparatuur.

Referenties

- [1] Jacobs, I.M. Thermal comfort of surgical staff in operating rooms with different types of ventilation systems A study towards design solutions for optimized thermal conditions. Master graduation thesis. Eindhoven University of Technology. Department of the Built Environment. Mastertrack Building Physics and Services. Eindhoven. pp. 148. 2018.
- [2] International Organization for Standardization (ISO). NEN-EN-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.
- [3] Van Gaever, R., Jacobs, V.A., Diltoer, M., Peeters, L., Vanlanduit, S. Thermal comfort of the surgical staff in the operating room. Building and Environment 81, pp. 37-41. 2014.
- [4] Ottenheijm, E.M.M., Loomans, M.G.L.C., Kort, H.S.M. & Trip, A. Thermal comfort assessment in a Dutch hospital setting – model applicability. Proceedings of the 14th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Gent, België. 2016.
- [5] REHVA. Indoor climate and productivity in offices. ~~Guideboek~~ Guidebook No.6. Federation of European Heating, Ventilation Associations. 2006.
- [6] Allegranzi, B., Zayed, B. Bischoff, P. et al. New WHO recommendations on intraoperative and postoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. Lancet Infectious Diseases. Published online November 2nd 2016.
([http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)30402-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30402-9))
- [7] Loomans, M. G. L. C., de Visser, I. M., Loogman, J. G. H., Kort, H. S. M. Alternative ventilation system for operating theaters: parameter study and full-scale assessment of the performance of a local ventilation system. Building and Environment. 102, pp. 26-38. 2016.

Abstract

In operatiekamers heeft de luchtkwaliteit vanzelfsprekend de meeste aandacht in verband met het risico op **postoperatieve wondinfecties** bij de patiënt. Echter het belang van thermisch comfort moet niet onderschat worden. In dit onderzoek wordt subjectief (perceptie) en objectief (metingen) de situatie onderzocht in operatiekamers met verschillende ventilatiesystemen. Uitgangspunt is een vergelijking met de theorie [6]. Het blijkt dat die niet zondermeer van toepassing is. Dit artikel vormt een beknopte samenvatting van Jacobs [1].

Trefwoord

Ziekenhuizen

Keywords

thermische sensatie, niet-uniform thermisch comfort, chirurgisch team, OK personeel, HVAC systemen, **postoperatieve wondinfecties**