Archive of SID

مجله مهندسی مکانیک مدرس، مهر 1395، دوره 16، شماره 13، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، ص‌ص 157-161

مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی تهویه‌مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
بیرجند، دانشگاه بیرجند، 6 و 7 مهر 1395
مهندسی مکانیک مدرس
mme.modares.ac.ir

# شبیه‌سازی عددی استفاده از پرده هوای آرام به‌منظور کاهش آلودگی بخش جراحی در اتاق عمل

**محمد مهدی کشتکار[1]*، مریم نفطه[2]**

1- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان
2- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان
* کرمان، صندوق پستی 7635131167، keshtkar54@iauk.ac.ir

**چکیده**

به دلیل اهمیت مسئله تهویه هوا در اتاق عمل، باید سیستمی در اتاق عمل تعبیه شود که هوای کثیف و آلوده اتاق عمل را به بیرون هدایت کرده و هوای تازه‌ای را از بیرون وارد اتاق عمل کند که فیلتر شده باشد. در این مقاله، سیستم تهویه مطبوع جریان آرام به‌وسیله دریچه خطی به‌کمک پرده هوا در اتاق عمل اعمال شده است. به‌منظور این شبیه‌سازی، از روش کارآمد دینامیک سیالات محاسباتی استفاده شده است. در این مقاله سعی بر آن بوده که بتوان به راه حل مناسبی جهت غلبه بر فاکتورهای نامطلوب در اتاق عمل از جمله آلودگی و سرعت دست یافت. بیشترین شدت آلودگی در فضای بیرون بخش جراحی واقع شده است. از آن‌جایی که جریان قائم در اتاق عمل معمولا رفتاری غیرقابل پیش‌بینی دارد و منجربه جریان هایی در اتاق می‌گردد که شرایط استریل بهینه را فراهم نمی‌کند، سیستم پرده هوا جریان قائم را استریل کرده و آن را به وضعیت ایده‌آل نزدیکتر می‌کند. جریان پرده هوا به عنوان یک مرز فیزیکی مانع از ورود ذرات آلاینده به داخل ناحیه استریل جراحی می‌شود و آلودگی مربوط به پزشک و پرستار نیز توسط سیستم جریان آرام مهار می‌گردد. با استفاده از شبیه‌سازی مشخص می‌شود که با استفاده از پرده هوا و دریچه خطی میزان آلودگی روی بیمار کمتر از میزان متوسط آلودگی اتاق می‌گردد.

***کلید واژگان:*** تهویه مطبوع اتاق عمل، دینامیک سیالات محاسباتی، دریچه خطی، آلودگی اتاق عمل، پرده هوا

# Study and Modeling of the Optimal Exit Velocity of Linear Air Diffusers in Order to Reduce the Contamination in Surgical Suite of the Operating Room

**Mohammad Mehdi Keshtkar*, Maryam Nafteh**

Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Kerman, Iran
* P.O.B. 7635131167 Kerman, Iran, keshtkar54@iauk.ac.ir

## ABSTRACT

The air quality in operating rooms has always been so important because of the harmful and undesirable gases and particles. As the air ventilation in surgery room is so crucial, a system must be used in the room to lead the dirt air to outside and replace it with fresh and filtered air. In this work, laminar air flow conditioning by linear slot diffuser and air curtain in the surgery room was investigated. For modeling of the problem, Computational Fluid Dynamic (CFD) was used. In this paper, it was tried to find the best procedure in order to overcome the undesirable factors in surgery room, such as pollution and velocity of the room. The purpose of this research is to find the optimized circumstances for the people inside the surgery room. The aforementioned factors were changed at deferent levels and then simulations were performed using FLUENT software to understand air curtain and linear slot diffuser conditioning effect in a surgery room.

***Keywords:*** Surgery Room Conditioning, Computational Fluid Dynamics, Air Curtain, Pollution, Linear Slot Diffuser.

## 1- مقدمه

آزمایشات پزشکی بر روی پرسنل مختلف بیمارستان نشان می‌دهد که کارکنان بخش اتاق عمل نسبت به کارکنان دیگر بخش‌های بیمارستان در معرض خطرات مختلف و ابتلا به بیماری‌های گوناگونی می‌باشند. یکی از دلایل مهم این امر، عدم رعایت بهداشت کاری پرسنل اتاق عمل می‌باشد. برای نمونه تماس با خون و ابتلا به بیماری‌هایی از جمله هپاتیت و ایدز که از راه خون منتقل می‌شوند تنها به‌علت سهل انگاری و عدم رعایت بهداشت کاری و فردی رخ می‌دهد. البته عوامل دیگری هم در آسیب‌پذیری بیشتر پرسنل اتاق عمل وجود دارند که فردی نمی‌باشند. به‌عنوان نمونه انتشار گازهای بیهوشی به محیط و شرایط نامناسب هوای اتاق عمل را می‌توان نام برد که به تجهیزات و سیستم تهویه بیمارستان مربوط می‌شود. لوئیس [1] به مطالعه تاثیر توزیع هوای اتاق عمل بر روی میزان عفونت های موجود در اتاق عمل پرداخت و نتیجه گرفت که سیستم توزیع هوای مناسب، نقش مهمی در کنترل عفونت در اتاق عمل ایفا می‌کند. به‌عنوان پیشگام در صنعت تهویه مطبوع اتاق عمل می توان از بلوزر و کرو [2] یاد کرد. آن‌ها در سال 1960 تلاش کردند تا یک اتاق تمیز با یک جریان پیستونی رو به پایین طراحی کنند که هوا از فیلتر های توزیع کننده ای که تمام سقف را پوشانده بودند، خارج می‌شد. اما به‌دلیل حرارت ناشی از افراد، وجود لامپ‌های موجود در اتاق عمل و نیز سرعت کم دمیده شده، ایجاد یک جریان هوای مستقیم مناسب را غیرممکن ساخت. پیشرفت‌های دینامیک سیالات محاسباتی در ارتباط با مدل سازی عددی تهویه مطبوع اتاق عمل توسط لاندرو اسپالدینگ در اوایل سال 1970 پایه گذاری شد . سیستم های متداول توزیع هوا و تهویه مطبوع اتاق

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:
Please cite this article using:
M.M.Keshtkar, M.Nafteh, Study and Modeling of the Optimal Exit Velocity of Linear Air Diffusers in Order to Reduce the Contamination in Surgical Suite of the Operating Room, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Second International Conference on Air-Conditioning, Heating and Cooling Installations*, Vol. 16, No. 13, pp. 157-161, 2016 (in Persian فارسی)

www.SID.ir

Archive of SID



عمل زمانی به طور کامل رضایت بخش می‌شوند که یک طراحی مناسب و صحیح برای اتاق عمل نیز وجود داشته باشد. کنترل مناسب ذرات موجود در هوا، مواد شیمیایی ، بو، ویروس و میکرو اورگانیزم ها که به وسیله هوا منتقل می‌شوند، برای افراد داخل اتاق از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این موضوع در تحقیقی که توسط لیدول در سال 1998 انجام شد، مورد بررسی قرار گرفت [3]. انجمن مهندسین تهویه مطبوع آمریکا دستورالعمل‌هایی را برای طراحی و ساخت بیمارستان‌ها و اماکن درمانی ارائه کردند. از طرفی بحث درمان بیمار در کنار ایجاد شرایط آسایش انسان ها نیز یکی از نکات اساسی تهویه مطبوع در بیمارستان است [4]. هارتانگ و کاگل [5] در سال 1998 با استفاده از یک مدل دو بعدی جریان هوا در اتاق عمل را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند مکان حضور افراد داخل اتاق و همچنین چراغ جراحی بر رفتار جریان هوا تاثیرگذار می‌باشد. معمارزاده و مانینگ [6] در سال 2003 در تحقیقی با استفاده از مدل جریان هوای آرام و رهگیری حرکت ذرات آلودگی ذرات بر روی میزها و تخت را در اتاق عمل بررسی کردند. در دنباله این تحقیقات، کمیل و خلیل [7] در سال 2003 با استفاده از یک الگوریتم ساده با خواص توربولانسی به وسیله مدل بهبود یافته کا-اپسیلن، تابع جریان نزدیک دیواره را محاسبه نمودند و دریافتند که توزیع بهینه هوا به موقعیت کانال خروجی هوا و جهت تخت جراحی وابسته می‌باشد. بیباک و قدس [8] به آزمایش و بررسی روی تمامی پرسنل اتاق عمل در پنج بیمارستان متفاوت پرداختند و اثر گاز هالوتان را بر القای آنزیمی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که آنزیم‌های SGPT که فاکتور اختصاصی‌تری در آسیب‌های کبدی به شمار می‌رود، در پرسنل اتاق عمل نسبت به دیگر کارکنان تغییرات قابل توجهی دارد. بسیاری از بیماران برای مداوا و تسریع در بهبودی نیاز به شرایط خاص دما، رطوبت و تمیزی هوا دارند. در اتاق عمل جراحی که معمولا بخش جراحی بدن بیمار در تماس مستقیم با هوای محیط است بسیار آسیب‌پذیر است و هر نوع آلودگی به‌راحتی می‌تواند وارد بدن بیمار شود. همچنین کشتکار و آشتیانی [9] به بررسی و مدل‌سازی سیستم تهویه جریان هوای آرام همراه با پرده هوا در اتاق عمل به صورت سه بعدی پرداختند. آن‌ها پی بردند که استفاده از پرده هوا، شرایط هوای اتاق عمل را به شرایط مطلوب و ایمن نزدیکتر می‌کند. آن‌ها در تحقیق شان تنها بردارهای سرعت و کنتورهای دما را بررسی نمودند و آلودگی را در نظر نگرفتند. نوآوری کار حاضر بررسی وضعیت آلودگی در ناحیه جراحی و نقش سیستم پرده هوای جریان آرام در اتاق عمل بر کنترل این پارامتر در منطقه جراحی می‌باشد.

## 2- مدل‌سازی اتاق عمل

بر طبق استاندارد انجمن مهندسین تهویه مطبوع آمریکا، ناحیه تنفسی افراد داخل اتاق، منطقه‌ای است که توسط صفحات فرضی در فاصله بین 1700 تا 1800میلی‌متر از کف اتاق و 600 میلی متر از دیواره‌های کناری اتاق، احاطه شده است که بایستی شرایط مطلوب تنفسی در این ناحیه وجود داشته باشد. در این مطالعه، یک اتاق عمل به‌صورت یک مکعب با ابعاد 7×7 و با ارتفاع 3.66 متر در نظر گرفته شده است. طراحی اتاق به‌گونه‌ای است که گوشه ها جهت حذف فضاهای مرده به‌صورت پخ زده، ساخته شده است. هدف از انجام این مطالعه در نظر گرفتن پارامترهای آلودگی و رطوبت در اتاق عمل مورد نظر و بررسی نقش سیستم پرده هوای جریان آرام در اتاق عمل بر کنترل این پارامترها در منطقه جراحی می‌باشد. جهت مدل‌سازی از نرم‌افزار گمبیت و جهت شبیه‌سازی اتاق عمل از نرم‌افزار فلوئنت استفاده شده است. از آن‌جا که معمولا لوازم و تخت جراحی وسط اتاق قرار می‌گیرد لذا جهت تسریع در زمان حل مسئله، می‌توان نیمی از اتاق را شبیه‌سازی نموده و جواب را نسبت به خط تقارن، قرینه نمود. جهت مدل‌سازی اتاق عمل و به‌دست آوردن نوع و ابعاد دریچه های ورودی و خروجی، ابتدا بایستی حجم کل هوای موردنیاز ورودی به‌دست آید. برای این کار لازم است در ابتدا حجم کل اتاق محاسبه گردد:

$$\text{Volume of Room} = \text{Hight} \times \text{Width} \times \text{Lenght} = 179.24\,\text{m}^3 \quad (1)$$

جهت مدل‌سازی در این تحقیق یک پزشک، دو پرستار، یک بیمار، دستگاه بیهوشی، مانیتور به همراه پایه آن، دو عدد چراغ جراحی و دو عدد چراغ روی سقف با ابعاد مشخص در نظر گرفته شده است. تمامی تجهیزات و افراد داخل اتاق عمل با در نظر گرفتن ابعاد واقعی مدل‌سازی می‌گردند. همچنین شماتیک سه‌بعدی اتاق عمل مورد مطالعه را می‌توان در "شکل 1" مشاهده کرد:

با توجه به استانداردهای انجمن مهندسین تهویه مطبوع آمریکا(Application Standard) میزان 25 بار تعویض هوا در ساعت برای اتاق عمل در نظر گرفته می‌شود. حال با توجه به رابطه (2)، حجم کل هوای موردنیاز ورودی محاسبه می‌گردد:

$$\frac{\text{Room Volume} \times \text{Air Change Number}}{60} = 1244\ \text{lit/s} \quad (2)$$

با مشخص شدن میزان حجم کل هوای موردنیاز ورودی و با استفاده از کاتالوگ دریچه‌های خطی و سقفی، مشخصات مربوط به سیستم جریان آرام با پرده هوا به‌دست می‌آید. در این مقاله از چهار دریچه خروجی در چهار طرف اتاق که فاصله کف هر کدام از دریچه ها نسبت به زمین0.127 متر می‌باشد، استفاده شده است. جهت اطلاع از روند حل عددی، معادلات حاکم و مطالب مرتبط به شبکه محاسباتی خواننده می‌تواند به مرجع [9] مراجعه نماید.

## 3- نتایج

پس از اعمال شرایط اولیه و مرزی در معادلات و همچنین وارد کردن داده‌های لازم در نرم‌افزار فلوئنت، نتایج زیر به‌دست می‌آید. قابل ذکر است با توجه به این که در زمینه فوق مقاله‌ای با مشخصات کار حاضر مشاهده نشده است لذا جهت صحت‌سنجی نتایج، از نتایج کار قبلی نویسندگان [9] استفاده شده است. در "شکل 2" بردارهای سرعت بر روی صفحه مرکزی اتاق عمل

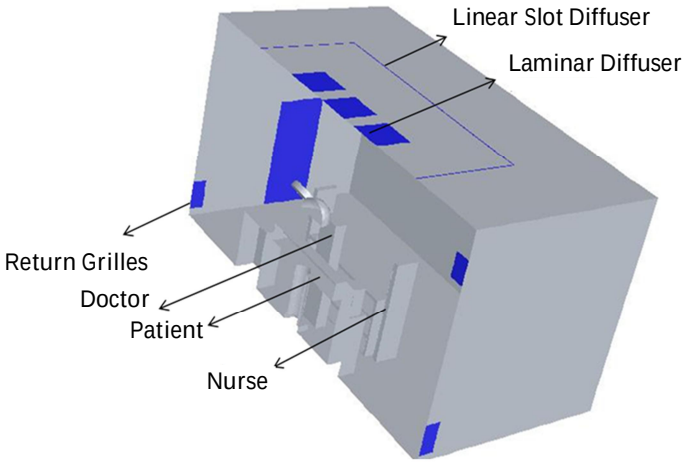



**Fig. 1** Geometry of the simulated model

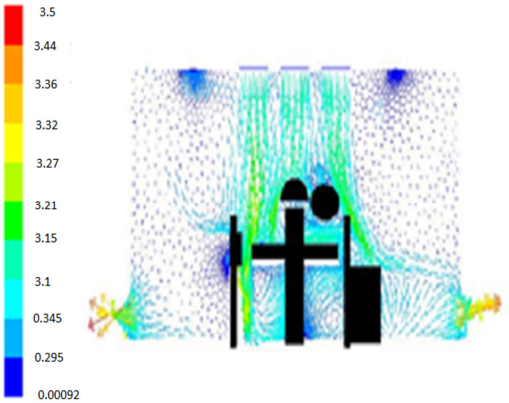
**شکل 1** هندسه مدل شبیه‌سازی شده



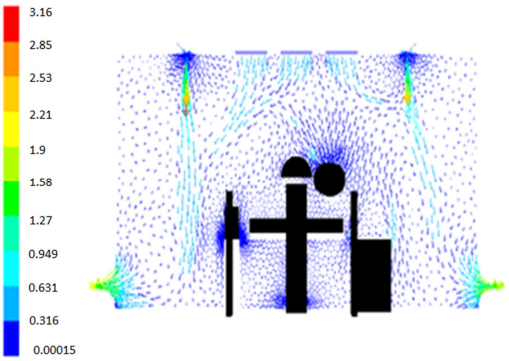
www.SID.ir

Archive of SID

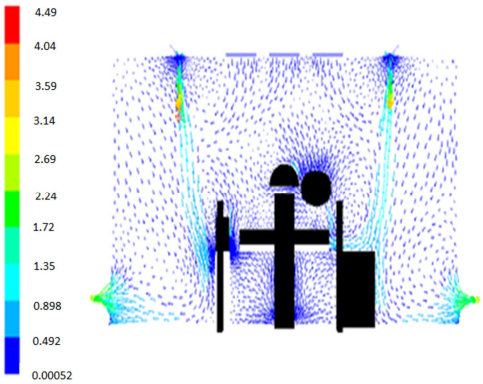




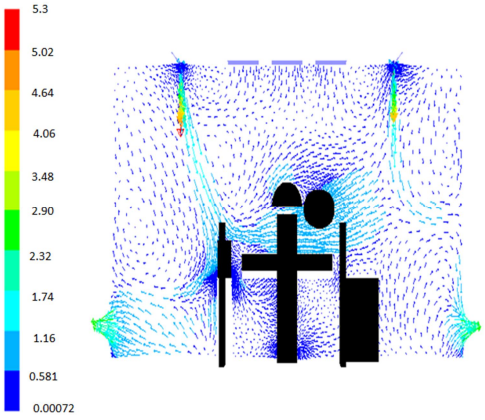

(الف) (a)




(ب) (b)




(ج) (c)




(د) (d)

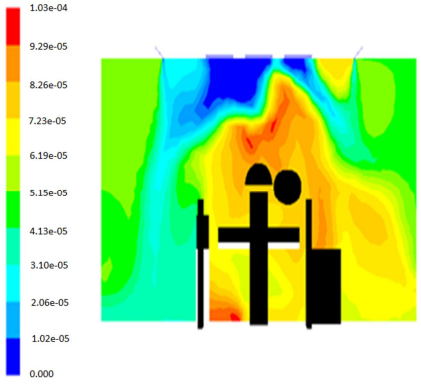
**Fig. 2** Vector velocities for air velocity (a) 0 m/s (b) 2.37 m/s (c) 3.37 m/s (d) 4.37 m/s

**شکل 2** بردارهای سرعت در حالت (الف) بدون پرده هوا و (ب) با پرده هوا با سرعت هوای 2.37 m/s (ج) 3.37 m/s (د) 4.37 m/s.

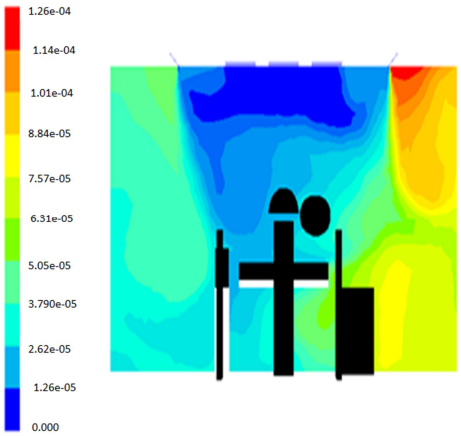
برای چهار سرعت ورودی هوای مختلف از دریچه‌های خطی قابل مشاهده است. قابل ذکر است که سرعت صفر مربوط به حالت بدون پرده هوای جریان آرام می‌باشد، محدوده سرعت‌های در نظر گرفته شده با توجه به استانداردهای مربوطه و همچنین مرجع [9] در نظر گرفته شده است.

همان‌طور که از شکل مشخص است بیشترین سرعت در نواحی نزدیک پرده هوا و دریچه های خروجی وجود دارد. به‌دلیل وجود پرده هوا بردارهای سرعت با سرعت مطلوبی به تخت جراحی می‌رسند، به‌گونه‌ای که در این ناحیه منطقه آرام وجود دارد. پرده هوا به‌عنوان یک دریچه عمل کرده و باعث می شود که جریان آرام هم به سمت پایین حرکت کرده و همچنین به سمت خارج گسترش یابد. در سیستم بدون پرده هوا جریان سرد با خروج از دریچه آرام شتاب پیدا می‌کند. این شتاب به همراه تمایل هوا به مغشوش شدن باعث به هم ریختگی نظم جریان آرام می‌گردد. در صورتی که با نصب دریچه های خطی اثر متفاوتی دیده می شود. در این حالت پرده هوا جریان را وادار به گسترش کرده تا منطقه داخل پرده را پر کند. این‌کار از درهم شدن جریان جلوگیری کرده و سرعت را در حد مطلوب نگه می‌دارد تا از مشکلاتی که بواسطه سرعت های بالا ایجاد می‌گردد، جلوگیری کند.

در "شکل 3" توزیع آلودگی بر روی صفحه مرکزی اتاق عمل در چهار سرعت ورودی هوای مختلف قابل مشاهده است. آلودگی از جنس گازهای مضر مختلف جهت جراحی و منطبق بر داده‌های موجود در نرم‌افزار در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است که سرعت صفر مربوط به حالت بدون پرده هوای جریان آرام می‌باشد. همان‌طور که از این شکل مشاهده می‌گردد، بیشترین شدت آلودگی در فضای بیرون بخش جراحی واقع شده است. این آلودگی که از یک منبع خارجی (در اتاق عمل) ناشی می‌شود به سمت منطقه جراحی جریان می‌یابد اما توسط پرده هوا به سمت خروجی هدایت می‌گردد.




(الف) (a)



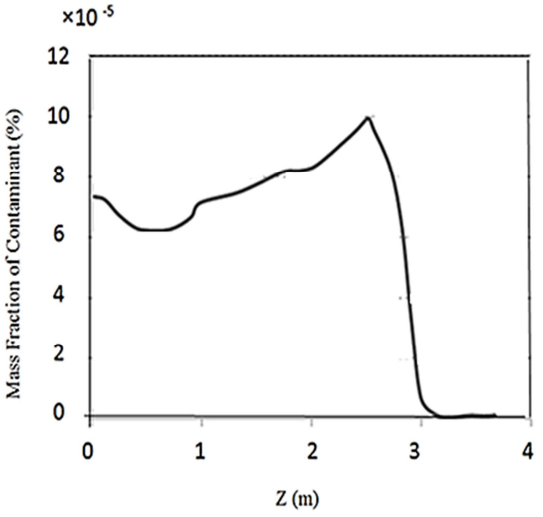

(ب) (b)



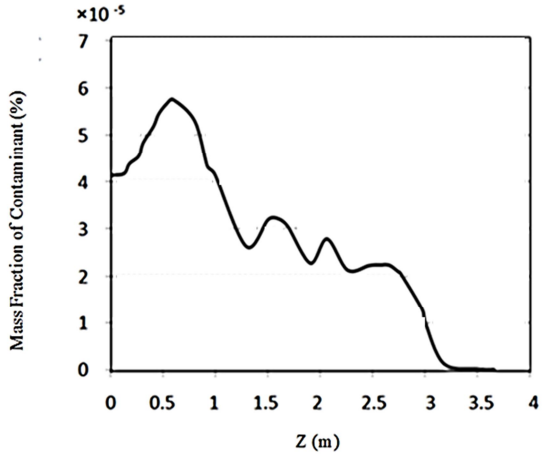
www.SID.ir

Archive of SID






(a) (الف)



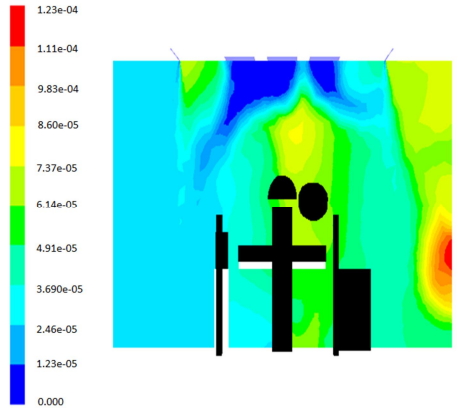

(b) (ب)

**Fig. 4** Variation of contamination respect to the height of operating room for air velocity (a) 0 m/s (b) 2.37 m/s

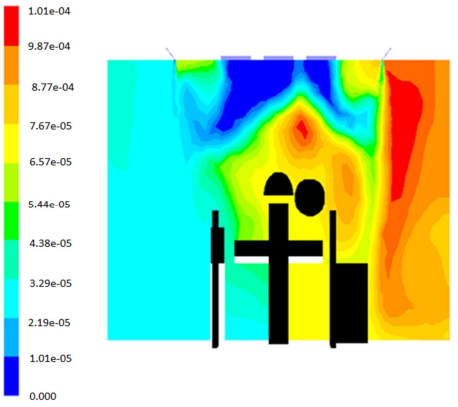
**شکل 4** نمودار آلودگی برحسب ارتفاع اتاق عمل در حالت (الف) بدون پرده هوا و (ب) با پرده هوا با سرعت هوای 2.37 m/s.

دلیل کاهش آلودگی در این ناحیه وجود پرده هوا می‌باشد که مانند یک مرز فیزیکی از ورود آلودگی به این ناحیه جلوگیری می‌کند. بیشترین آلودگی در بخش خارج جراحی دیده می‌شود که پرده هوا مانع از ورود آن به داخل بخش استریل جراحی می‌شود.

در "جدول 1" در سرعت های مختلف، آلودگی روی تخت بیمار ارزیابی شده است. همان‌طور که از جدول مشخص می‌باشد کمترین میزان آلودگی مربوط به دریچه خطی با سرعت2.37 متربرثانیه می‌باشد . سرعت هوای خروجی تاثیر بسیار زیادی در کاهش آلودگی و حفظ شرایط مطلوب تر و الگوی جریان بهتر دارد . در صورت طراحی نادرست پرده هوا سرعت بالاتر از حد نیاز گشته و چنین پرده هوایی جریان آرام را خیلی سریع خواهد مکید . این موضوع در شکل های" 2" و " 3" به وضوح دیده می شود. پرده هوایی که تاثیر کافی برجریان آرام اعمال نکند نمی‌تواند آن را به‌درستی کنترل کند. حتی جریان خروجی ممکن است به داخل جریان آرام کشیده شود. این موضوع در کانتور با سرعت دریچه خطی4.37 متر بر ثانیه قابل مشاهده است. نتایج نشان می‌دهد که پرده هوا در صورت برخورداری از یک سرعت بهینه هوای خروجی تاثیر بسیار ز یادی در کاهش آلودگی و شرایط مطلوب‌تر دارد.




(c) (ج)




(d) (د)

**Fig. 3** Contours of mass fraction of contaminant for air velocity (a) 0 m/s (b) 2.37 m/s (c) 3.37 m/s (d) 4.37 m/s

**شکل 3** کانتور آلودگی اتاق عمل در حالت (الف) بدون پرده هوا و (ب) با پرده هوا با سرعت هوای 2.37 m/s (ج) 3.37 m/s (د)4.37 m/s.

از آن‌جایی که جریان قائم در اتاق عمل معمولا رفتاری غیرقابل پیش بینی دارد و منجر به جریان‌هایی در اتاق می‌گردد که شرایط استریل بهینه را فراهم نمی‌کند، سیستم پرده هوا جریان قائم را استریل کرده و آن را به وضعیت ایده‌آل نزدیک‌تر می‌کند. جریان پرده هوا به عنوان یک مرز فیزیکی مانع از ورود ذرات آلاینده به داخل ناحیه استریل جراحی می‌شود. آلودگی مربوط به پزشک و پرستار نیز توسط سیستم جریان آرام مهار می‌گردد. این آلودگی‌ها که مربوط به بخش جراحی می‌باشد و توسط پزشک و پرستار تولید شده توسط جریان آرام به خارج از منطقه جراحی هدایت می‌شود. همان‌طور که از" شکل 3" مشخص می‌باشد میزان آلودگی روی بیمار کمتر از میزان متوسط آلودگی است. نمودار موجود در "شکل 4" میزان آلودگی را در دو حالت بدون پرده هوا و با پرده هوا نسبت به ارتفاع اتاق عمل نشان می‌دهد. همان‌طور که از نمودار مشخص است میزان آلودگی در ارتفاع حدود یک متری که تخت جراحی قرار دارد در حالتی که از پرده هوا استفاده می شودکمتر می‌باشد زیرا پرده هوا در نقش حائل مانع از ورود آلودگی به بخش استریل جراحی می‌شود و آلودگی در این ناحیه به مقدار چشمگیری کاهش می‌یابد. میزان آلودگی نزدیک بدن بیمار در حالتی که از پرده هوا استفاده می‌شود تقریبا $4.2\times 10^{-5}$ می‌باشد.

نمودار "شکل 5" میزان آلودگی را در طول اتاق عمل نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد کمترین میزان آلودگی محدوده بین 1 تا 1 - متری تخت جراحی قرار دارد که همان‌طور که قبلا هم توضیح داده شد.



www.SID.ir

Archive of SID



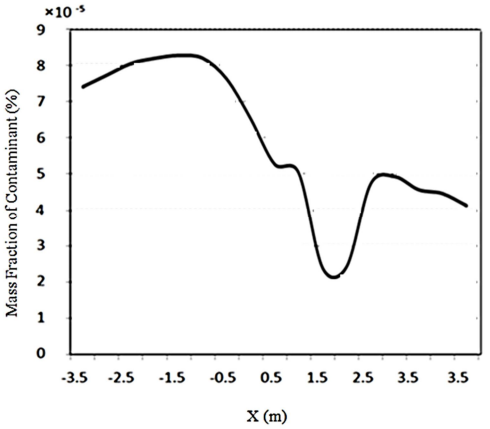



**Fig. 5** Variation of contamination respect to the length of operating room

**شکل 5** نمودار آلودگی برحسب طول اتاق عمل

**جدول1** مقایسه آلودگی روی تخت بیمار در سرعت های مختلف

**Table 1** Comparison of contamination on the operating table at different velocities

| سرعت دریچه خطی (m/s) | سرعت دریچه آرام (m/s) | غلظت آلودگی روی تخت جراحی(%) |
|---|---|---|
| 0 | 0.38 | $7.6\times 10^{-5}$ |
| 2.37 | 0.38 | $4.2\times 10^{-5}$ |
| 3.37 | 0.38 | $6.1\times 10^{-5}$ |
| 4.37 | 0.38 | $6.5\times 10^{-5}$ |

## 4- نتیجه‌گیری کلی

در مقاله حاضر، مدل‌سازی سیستم جریان هوای آرام همراه با پرده هوا با در نظر گرفتن فاکتور آلودگی به‌وجود آمده توسط پزشک، پرستاران و بیمار و همچنین آلودگی منتقل شده از در اتاق عمل جهت بررسی و تبیین بهترین قسمت اتاق عمل (از نقطه‌نظر سرعت هوا و آلودگی) انجام شده است. همچنین در این مقاله مقایسه‌ای بین رفتار سیستم و مقایسه عملکرد آن در حالت در نظر گرفتن پرده هوا و بدون در نظر گرفتن آن انجام گردید. از آن‌جا که جریان آرام قائم در اتاق عمل ممکن است رفتاری غیرقابل پیش‌بینی داشته باشد و منجر به جریان هایی در اتاق گردد که شرایط استریل بهینه را فراهم نکند، سیستم پرده هوا، جریان آرام قائم را بهینه ساخته و آن را به وضعیت ایده‌آل یک گذر، سپس خروج نزدیک‌تر می‌سازد. با استفاده از شبیه‌سازی مشخص گردید که با استفاده از پرده هوا و دریچه خطی میزان آلودگی روی بیمار کمتر از میزان متوسط آلودگی اتاق می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که پرده هوا در صورت برخورداری از یک سرعت بهینه هوای خروجی تاثیر بسیار زیادی در کاهش آلودگی و شرایط مطلوب‌تر اتاق عمل دارد. با بررسی نتایج مشاهده گردید میزان آلودگی نزدیک بدن بیمار در حالتی که از پرده هوا استفاده می‌شود تقریبا $4.2 \times 10^{-5}$ می‌باشد. همچنین مشاهده گردید که کمترین میزان آلودگی در محدوده بین 1 تا 1 - متری تخت جراحی قرار دارد.

## 5- مراجع


[1] J. R. Lewis, *Operating Room Air Distribution Effectiveness*, ASHRAE Transactions, Vol. 99 , No. 2, pp.1191-1199, 1993.

[2] R. Bloweres, B. Crew, Ventilation of Operating Theaters, *Journal of Hygiene* , Vol. 58, pp. 427-448, 1960.

[3] O.M. Lidwell, Air, Antibiotics and Sepsis in replacement Joint. *Journal of Hospital Infection*. Vol. 11 (Suppl. C), pp. 19-40, 1998.

[4] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers *Handbook:* Application, Inc., Atlanta, GA. 2003.

[5] C. Hartung, , H. Kugler, , Perturbation Affecting the Performance of Laminar in Operating Theatre, *15th IFHE Congress*. pp. 88-92, 1998.

[6] F. Memarzadeh, A. Manning, Reducing Risks of Sugery, *ASHRAE Journal*, Vol. 45, No. 2, pp. 28-33, 2003.

[7] R. Kameel, E. E. Khalil, Energy Efficient and Hygienic Operating Theatres' HVAC airside design architectural and engineering consideration, *Proceedings of First International Energy Conversion Engineering Conference*, Portsmouth, VA, AIAA, 2003,

[8] B. Bebak, A. A. Ghods, Pollution in operating *rooms' Proceedings of 1th International health Conference*, Iran. 1999. (in Persian فارسی)

[9] M. M. Keshtkar., A. Ashtiane, Simulation of laminar air flow in operating rooms, *Proceedings of The 4th International Conference on Ventilating and Air Conditioning*, Tehran, Iran, 2012. (in Persian فارسی)




www.SID.ir