

BỘ Y TẾ

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Số: /QĐ-BYT

Hà Nội, ngày tháng năm 2025

QUYẾT ĐỊNH

Phê duyệt “Hướng dẫn thông khí môi trường trong các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh”

BỘ TRƯỞNG BỘ Y TẾ

Căn cứ Luật Khám bệnh, chữa bệnh số 15/2023/QH15 ngày 09 tháng 01 năm 2023;

Căn cứ Nghị định số 96/2023/NĐ-CP ngày 30/12/2023 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Khám bệnh, chữa bệnh;

Căn cứ Nghị định số 42/2025/NĐ-CP ngày 27/02/2025 của Chính phủ quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ Y tế;

Căn cứ Thông tư số 16/2018/TT-BYT ngày 20 tháng 7 năm 2018 của Bộ Y tế quy định về kiểm soát nhiễm khuẩn trong các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh;

Căn cứ Thông tư số 17/2019/TT-BYT ngày 17 tháng 7 năm 2019 của Bộ Y tế về việc hướng dẫn giám sát và đáp ứng với bệnh, bệnh dịch truyền nhiễm;

Theo đề nghị của Cục trưởng Cục Quản lý Khám, chữa bệnh.

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Phê duyệt kèm theo Quyết định này “Hướng dẫn thông khí môi trường trong các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh”.

Điều 2. Quyết định này có hiệu lực kể từ ngày ký, ban hành.

Điều 3. Các Ông, Bà: Chánh Văn phòng Bộ; Vụ trưởng, Cục trưởng các Vụ, Cục thuộc Bộ Y tế; Giám đốc các Bệnh viện, Viện trực thuộc Bộ Y tế; Giám đốc Sở Y tế các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương; Thủ trưởng Y tế Ngành chịu trách nhiệm thi hành Quyết định này./.

Nơi nhận:

- Như Điều 3;
- Bộ trưởng (để b/c);
- Các Thứ trưởng (để phối hợp chỉ đạo);
- Cổng thông tin điện tử Bộ Y tế; Website Cục QLKCB;
- Lưu: VT, KCB.

KT. BỘ TRƯỞNG
THỨ TRƯỞNG

Trần Văn Thuận



HƯỚNG DẪN
THÔNG KHÍ MÔI TRƯỜNG
TRONG CƠ SỞ KHÁM BỆNH, CHỮA BỆNH
(Ban hành theo Quyết định số /QĐ-BYT ngày / /2025 của Bộ trưởng Bộ Y tế)

Tháng 9 năm 2025

MỤC LỤC

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....	3
MỘT SỐ THUẬT NGỮ	4
I. ĐẶT VẤN ĐỀ.....	7
II. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI THÔNG KHÍ MÔI TRƯỜNG TRONG CƠ SỞ KHÁM BỆNH, CHỮA BỆNH.....	8
III. MỤC ĐÍCH, ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI ÁP DỤNG	9
1. Mục đích	9
2. Đối tượng sử dụng tài liệu	10
3. Phạm vi áp dụng	10
4. Khung pháp lý và các quy định, hướng dẫn có liên quan	10
IV. CÁC HỆ THỐNG THÔNG KHÍ.....	10
1. Thông khí tự nhiên.....	10
2. Thông khí cơ học	12
3. Thông khí kết hợp.....	14
V. CÁC YÊU CẦU VỀ THÔNG KHÍ.....	15
1. Yêu cầu chung.....	15
2. Buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí.....	16
3. Buồng cách ly bảo vệ người bệnh.....	18
4. Buồng phẫu thuật	20
VI. CÁC BIỆN PHÁP TĂNG CƯỜNG THÔNG KHÍ.....	21
1. Thông khí tự nhiên.....	21
2. Thông khí cơ học	24
3. Điều hòa không khí.....	24
4. Khử khuẩn không khí.....	26
4.1. Lọc khí.....	26
4.2. Tia cực tím diệt khuẩn (GUV)	28
VII. GIÁM SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ THÔNG KHÍ.....	29
1. Kiểm tra hướng dòng khí hay chênh lệch áp suất buồng	29
2. Đánh giá tốc độ thông khí.....	29
3. Đánh giá vi sinh không khí và độ sạch không khí.....	30

VIII. TỔ CHỨC THỰC HIỆN.....	30
PHỤ LỤC.....	31
Phụ lục 1: Tiêu chuẩn thông khí và tiêu chuẩn sạch của không khí tại những khu vực chính trong cơ sở KB, CB	31
Phụ lục 2: Mối liên quan giữa ACH và thời gian cần thiết để loại bỏ không khí ô nhiễm khỏi một không gian.....	32
Phụ lục 3: Cách kiểm tra hướng dòng khí hay chênh lệch áp suất buồng	33
Phụ lục 4: Cách thức tính số luân chuyển không khí mỗi giờ (ACH) ở buồng có thông khí tự nhiên hoặc thông khí kết hợp.....	35
Phụ lục 5: Các tiêu chuẩn lọc khí.....	37
Phụ lục 6: Tiêu chí đánh giá vi sinh không khí và độ sạch không khí theo TCVN 8664-1:2011.....	39
Phụ lục 7: Kế hoạch kiểm tra hệ thống thông khí trong cơ sở KB, CB	40
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	41

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

ACH:	Số luân chuyển không khí mỗi giờ (Air Change per Hour)
AHU:	Bộ xử lý không khí (Air Handling Unit)
AII:	Cách ly lây truyền qua đường không khí (Airborne Infection Isolation)
HEPA:	Bộ lọc không khí hiệu suất cao (High-Efficiency Particulate Air – filter)
HVAC:	Hệ thống sưởi ấm, thông gió và điều hòa không khí (Heating, Ventilation, and Air-Conditioning)
ISO	Tổ chức Tiêu chuẩn hóa quốc tế (International Organization for Standardization)
KBCB:	Khám bệnh, chữa bệnh
KSNK:	Kiểm soát nhiễm khuẩn
MERV:	Giá trị báo cáo hiệu quả tối thiểu (Minimum Efficiency Reporting Value)
NB:	Người bệnh
NVYT:	Nhân viên y tế
PHCN:	Phòng hộ cá nhân
Pa:	Đơn vị Pascal
VST:	Vệ sinh tay

MỘT SỐ THUẬT NGỮ

Trong phạm vi của Hướng dẫn này, các thuật ngữ dưới đây được hiểu như sau:

Buồng đệm (Anteroom): Là buồng nhỏ nằm giữa hành lang và buồng cách ly, được sử dụng chuẩn bị các phương tiện cần thiết cho buồng cách ly (4).

Buồng cách ly bảo vệ người bệnh: Là buồng chuyên biệt được sử dụng để chăm sóc, điều trị NB suy giảm miễn dịch nghiêm trọng, như NB ghép tạng, NB suy giảm bạch cầu trung tính, NB đang dùng thuốc ức chế miễn dịch, vv. (5).

Buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí: Là buồng chuyên biệt được sử dụng để chăm sóc, điều trị người bệnh (NB) mắc tác nhân gây bệnh lây truyền qua không khí (5).

Điều hòa không khí: Là hình thức xử lý không khí để kiểm soát nhiệt độ, có thể kết hợp với việc kiểm soát thông khí, độ ẩm và độ sạch của không khí. Các thiết bị điều hòa không khí đơn lẻ thường không có chức năng thông khí. Do vậy, cần áp dụng các biện pháp thông khí khác để bảo đảm các yêu cầu thông khí khi sử dụng điều hòa không khí (3).

Hệ thống điều hòa không khí cục bộ (Split system): Là hệ thống chỉ làm lạnh hoặc có hai chiều nóng-lạnh, và là thiết bị cục bộ đơn chiếc được lắp đặt cho các khu vực điều hòa riêng biệt. Thiết bị cục bộ gồm 2 khối: khối nóng đặt ngoài khu vực điều hòa và khối lạnh đặt trong khu vực điều hòa. Hai khối được kết nối với nhau bằng đường ống ga. Các thiết bị này thường không có chức năng thông khí và luân hồi không khí trong khu vực điều hòa (3).

Hệ thống thông khí cơ học áp lực âm: Là hệ thống thông khí cơ học trong đó không khí xả ra khỏi phòng chủ yếu được kiểm soát thông qua hệ thống quạt hút, tạo áp suất thấp hơn môi trường xung quanh. Hệ thống này tạo điều kiện để luồng không khí di chuyển từ bên ngoài vào trong phòng qua các khe hở, hạn chế phát tán tác nhân lây nhiễm trong phòng ra môi trường bên ngoài (3). Áp lực âm sẽ được duy trì ổn định khi phòng đủ kín, các khe hở được kiểm soát.

Hệ thống thông khí cơ học áp lực dương: Là hệ thống thông khí cơ học trong đó không khí cấp vào phòng chủ yếu được kiểm soát thông qua hệ thống quạt hút cấp khí, tạo áp suất cao hơn môi trường xung quanh. Hệ thống này tạo điều kiện để luồng không khí di chuyển từ trong phòng ra bên ngoài qua các khe hở, hạn chế đưa tác nhân lây nhiễm từ môi trường bên ngoài vào trong phòng (3). Áp lực dương sẽ được duy trì ổn định khi phòng đủ kín, các khe hở được kiểm soát.

Hệ thống HVAC (Heating, Ventilation and Air Condition): Là hệ thống sưởi ấm, thông gió và điều hòa không khí. Hệ thống HVAC có vai trò điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm, thiết lập chênh lệch áp suất, lọc và pha loãng không khí tuần hoàn trong tòa nhà, thông gió và thải bỏ các chất ô nhiễm khỏi các khu vực trong tòa nhà (2).

HEPA (High Efficiency Particulate Air filter): Là bộ lọc không khí cơ học có khả năng lọc được ít nhất 99,95% các hạt trong không khí (3).

Khí cấp: Là không khí được cung cấp vào một không gian thông qua hệ thống thông khí cơ học hoặc tự nhiên hoặc kết hợp, bao gồm bất kỳ sự kết hợp nào của không khí ngoài trời, không khí tuần hoàn hoặc không khí chuyển từ nơi khác tới (3).

Khí xả: Là không khí được loại bỏ khỏi một không gian và thải ra ngoài môi trường bằng hệ thống thông khí cơ học hoặc tự nhiên hoặc thông khí kết hợp (3).

Không khí tuần hoàn: Là một phần không khí được hút ra khỏi một không gian nhưng không thải ra ngoài mà được đưa trở lại vào không gian đó hoặc các không gian khác trong cùng một tòa nhà. Lượng không khí này có thể được xử lý trước khi được tuần hoàn lại (3).

MERV (Minimum Efficiency Reporting Value): Là giá trị báo cáo hiệu suất lọc tối thiểu của bộ lọc thể hiện qua khả năng thu giữ các hạt không khí có kích thước khác nhau. Giá trị MERV càng cao tương ứng với việc bộ lọc có hiệu quả lọc càng tốt (2).

Phân bổ không khí: Là việc cung cấp không khí tươi từ bên ngoài hoặc không khí sạch đến từng phần của không gian trong nhà và loại bỏ các chất ô nhiễm trong không khí phát sinh ở từng phần của không gian trong nhà một cách hiệu quả (6).

Số luân chuyển không khí mỗi giờ (Air Changes per Hour - viết tắt: ACH): Là số lần tổng lượng không khí trong một căn buồng hoặc một không gian nhất định được loại bỏ hoàn toàn và thay thế mới trong một giờ (1).

Tia cực tím diệt khuẩn (Germicidal Ultraviolet – viết tắt: GUV): Là một thuật ngữ chỉ việc sử dụng tia cực tím C (UVC) để tiêu diệt hoặc làm bất hoạt vi sinh vật. Tia cực tím diệt khuẩn được tạo ra bởi đèn cực tím (thường là đèn hơi thủy ngân áp suất thấp) và có thể tiêu diệt hoặc làm bất hoạt các vi sinh vật trong không khí hoặc trên các bề mặt khi được chiếu trực tiếp (1).

Thiết bị làm sạch không khí (Air cleaner): Là thiết bị dùng để loại bỏ khí ga hoặc các hạt lơ lửng trong không khí. Thiết bị làm sạch không khí có thể được dùng như một bộ phận bổ sung trong hệ thống HVAC hoặc như thiết bị đơn lẻ dùng cho từng căn phòng hoặc khu vực nhất định (3).

Thông khí môi trường (Environmental Ventilation): Là hệ thống cung cấp không khí sạch cho sự hô hấp của con người bằng cách đưa không khí tươi từ bên ngoài hoặc không khí đã được lọc vào để làm loãng và thay thế không khí ô nhiễm trong phòng, buồng hoặc tòa nhà. Hệ thống này còn có chức năng kiểm soát mùi, hạn chế sự phát tán tác nhân gây bệnh, duy trì các điều kiện môi trường (nhiệt độ, độ ẩm) và có thể tạo chênh lệch áp suất để ngăn chất nhiễm bẩn lan ra ngoài hoặc xâm nhập vào phòng. Trong cơ sở khám bệnh, chữa bệnh (KBCB), thông khí môi trường gồm ba loại: thông khí tự nhiên, thông khí cơ học và thông khí kết hợp.:

*** Thông khí tự nhiên:** Là quá trình sử dụng các yếu tố tự nhiên, như gió và sự chênh lệch nhiệt độ, để đưa không khí ngoài trời vào hoặc đẩy không khí trong phòng ra ngoài mà không cần sự hỗ trợ của thiết bị cơ học. Các lực tự nhiên này, bao gồm áp suất gió và sự chênh lệch mật độ không khí giữa bên trong và bên ngoài tòa nhà, giúp tạo ra sự lưu thông không khí tự động và phân phối khí trong không gian mà không cần đến hệ thống quạt hay máy móc.

*** Thông khí cơ học:** Là quá trình sử dụng các thiết bị cơ học, như quạt hút cấp khí, quạt hút xả khí, hoặc cả hai, để điều khiển luồng không khí, đưa không khí từ ngoài vào hoặc đẩy không khí trong phòng ra ngoài. Hệ thống này tạo ra sự lưu thông không khí trong tòa nhà, giúp duy trì chất lượng không khí và đảm bảo sự trao đổi khí hiệu quả. Thuật ngữ “thông khí cơ học” có ý nghĩa tương đương thuật ngữ “thông gió cơ khí” được dùng trong một số tài liệu hiện hành.

*** Thông khí kết hợp:** Là hệ thống kết hợp giữa thông khí cơ học và thông khí tự nhiên, cho phép lựa chọn chế độ thông khí tối ưu tùy thuộc vào các yếu tố môi trường và điều kiện cụ thể. Hệ thống này tận dụng cả lực tự nhiên và thiết bị cơ học để điều chỉnh và duy trì sự lưu thông không khí hiệu quả trong tòa nhà.

Thủ thuật tạo khí dung: Là những thủ thuật trong khám bệnh, chữa bệnh có thể tạo ra các hạt khí dung như nội soi phế quản, đặt nội khí quản, mở khí quản, hồi sức tim phổi, thông khí không xâm lấn. Các hạt khí dung này có khả năng tồn tại trong môi trường không khí (3).

Tốc độ thông khí: Là tốc độ không khí được cung cấp hoặc loại bỏ khỏi một căn phòng hoặc một tòa nhà thông qua các hệ thống thông khí hoặc do sự thâm nhập qua kết cấu bao che tòa nhà. Thông thường, các giá trị này được biểu thị bằng các chỉ số hoặc đơn vị như ACH, CFM, L/s hoặc m³/giờ (3).

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống thông khí môi trường có vai trò quan trọng trong việc kiểm soát sự lây lan của các bệnh truyền nhiễm trong các cơ sở khám, chữa bệnh (KBCB). Một hệ thống thông khí phù hợp không chỉ góp phần duy trì môi trường an toàn và lành mạnh cho người bệnh (NB) và nhân viên y tế (NVYT), mà còn giúp giảm nồng độ các chất ô nhiễm trong không khí, từ đó hạn chế nguy cơ lây truyền các tác nhân gây bệnh, đặc biệt là những bệnh lây qua đường không khí.

Các bệnh hô hấp như lao, cúm, sởi, SARS và COVID-19 thường lây truyền qua không khí, đặc biệt thông qua các giọt bắn nhỏ và hạt khí dung được phát tán khi người bệnh ho, hắt hơi hoặc nói chuyện. Hệ thống thông khí hiệu quả giúp làm loãng và loại bỏ các hạt khí dung nhiễm mầm bệnh này, từ đó giảm thiểu nguy cơ lây nhiễm cho những người xung quanh. Vai trò này đặc biệt quan trọng ở những khu vực có nguy cơ cao như buồng bệnh cách ly, các đơn vị chăm sóc đặc biệt, khu vực cấp cứu hoặc phòng thủ thuật, nơi mật độ tác nhân gây bệnh trong không khí thường cao hơn.

Trong thực tiễn, đã có nhiều minh chứng cho thấy thông khí kém có thể làm gia tăng sự lây truyền bệnh trong bệnh viện. Nghiên cứu tại Nam Phi chỉ ra rằng nguy cơ bùng phát MDR/XDR TB tăng cao ở các cơ sở điều trị lao quá tải và thông khí hạn chế (15). Nghiên cứu khác ở Slovenia cho thấy các khu vực bệnh viện có thông khí kém, chẳng hạn hành lang, chứa nồng độ *Mycobacterium tuberculosis* cao hơn, từ đó làm tăng nguy cơ lây nhiễm cho nhân viên y tế (16). Tại Việt Nam, trong đợt dịch SARS năm 2003, nhiều ca bệnh lây truyền trong bệnh viện cũng đã được ghi nhận. Hệ thống thông khí không đảm bảo, cùng với việc thiếu trang bị bảo hộ cá nhân thời điểm ban đầu, đã khiến dịch lan rộng trong cơ sở y tế, ảnh hưởng trực tiếp đến NVYT và NB (17). Gần đây hơn, đại dịch COVID-19 tiếp tục khẳng định mối liên hệ chặt chẽ giữa thông khí và kiểm soát dịch bệnh. Nhiều nghiên cứu quốc tế và trong nước đã chỉ ra rằng môi trường kín, thông khí kém là yếu tố làm gia tăng lây truyền SARS-CoV-2, trong khi các biện pháp cải thiện thông khí góp phần quan trọng trong phòng, chống dịch.

Tại các cơ sở KBCB, hệ thống thông khí được thiết kế để cung cấp luồng không khí có kiểm soát, bảo đảm loại bỏ không khí ô nhiễm và thay thế bằng không khí sạch. Khi hoạt động hiệu quả, ngoài việc giảm nguy cơ lây nhiễm qua không khí, các hệ thống thông khí còn góp phần điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm và chất lượng không khí, duy trì các điều kiện môi trường thích hợp, đặc biệt là ở các buồng phẫu thuật ghép tạng, buồng NB ghép tủy hoặc buồng điều trị NB suy giảm miễn dịch. Điều này rất quan trọng cho việc hồi phục của NB và sự thoải mái của NVYT. Việc kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm đúng mức cũng giúp ngăn ngừa sự phát triển của nấm và vi khuẩn.

Trong bối cảnh toàn cầu hiện nay, khi các bệnh truyền nhiễm mới nổi và tái nổi vẫn tiếp tục đe dọa, cùng với yêu cầu phát triển kỹ thuật cao trong chẩn đoán và điều trị, việc thiết lập và duy trì hệ thống thông khí tối ưu tại các cơ sở KBCB ở Việt

Nam có ý nghĩa then chốt. Thực tế cho thấy, các cơ sở y tế trong nước vẫn còn thiếu các khảo sát, tiêu chuẩn đánh giá và hướng dẫn cụ thể về thông khí, khiến công tác đầu tư và vận hành chưa đồng bộ. Do đó, việc hiểu rõ vai trò của thông khí trong kiểm soát nhiễm khuẩn không chỉ giúp bảo đảm an toàn cho NB và NVYT, mà còn góp phần nâng cao năng lực ứng phó của hệ thống y tế trước các thách thức dịch bệnh trong tương lai.

II. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI THÔNG KHÍ MÔI TRƯỜNG TRONG CƠ SỞ KHÁM BỆNH, CHỮA BỆNH

Việc thiết lập và duy trì thông khí tối ưu trong các cơ sở KBCB chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau, bao gồm:

1. Thiết kế hạ tầng: Thiết kế và bố trí tổng thể của cơ sở KBCB ảnh hưởng trực tiếp đến luồng không khí. Các tòa nhà cũ kỹ hoặc có thiết kế phức tạp thường khó đạt được thông khí tối ưu. Khu vực có nhiều không gian kín hoặc lưu thông không khí kém có thể tạo ra các túi không khí tĩnh, nơi các tác nhân gây bệnh có thể tích tụ. Ngược lại, các không gian rộng với trần cao có thể có sự thông khí tự nhiên tốt hơn nhưng cũng gặp khó khăn trong việc kiểm soát luồng không khí và duy trì điều kiện thông khí thích hợp.

2. Điều kiện môi trường: Các yếu tố môi trường bên ngoài như nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ gió có thể ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả thông khí tự nhiên. Hướng và tốc độ gió có thể ảnh hưởng đến khả năng hút không khí vào tòa nhà và chất lượng không khí ngoài trời cũng có thể làm giảm chất lượng không khí trong nhà. Ở những khu vực môi trường bên ngoài ô nhiễm cao, cần phải lọc không khí tươi từ ngoài vào để ngăn ngừa sự xâm nhập của các hạt ô nhiễm có hại. Ngoài ra, nhiệt độ môi trường khắc nghiệt có thể ảnh hưởng đến khả năng cách nhiệt của tòa nhà, dẫn đến việc phải sử dụng các hệ thống thông khí cơ học hoặc điều hòa không khí để duy trì môi trường trong nhà thích hợp.

3. Loại hệ thống thông khí: Mặc dù các hệ thống thông khí cơ học đáng tin cậy hơn trong việc kiểm soát luồng không khí và duy trì chất lượng không khí, nhưng có thể gặp phải những vấn đề như công suất hệ thống không đạt, tắc nghẽn bộ lọc, bảo trì bảo dưỡng hệ thống không đúng. Các hệ thống sưởi ấm, thông gió và điều hòa không khí (HVAC) không được bảo trì đúng cách có thể giảm hiệu quả hoạt động, dẫn đến suy giảm hiệu suất thông khí và chất lượng không khí. Hệ thống thông khí không đáp ứng đủ yêu cầu về lưu lượng không khí cho các khu vực (như buồng cách ly NB) có thể làm tăng nguy cơ lây nhiễm các tác nhân gây bệnh qua đường hô hấp. Tương tự, thông khí tự nhiên chịu ảnh hưởng lớn từ môi trường và thiết kế tòa nhà, còn thông khí kết hợp đòi hỏi thiết bị phụ trợ phải được duy trì tốt để bảo đảm hiệu quả.

4. Mật độ người và tính chất hoạt động KBCB: Số lượng người có mặt và các hoạt động diễn ra trong một không gian có thể ảnh hưởng đến nhu cầu thông khí. Ví dụ, ở những khu vực có mật độ người cao như buồng khám, phòng chờ hay khu vực cấp cứu, yêu cầu về trao đổi không khí sẽ cao hơn. Tương tự, các khu vực

đặc thù như buồng phẫu thuật, phòng xét nghiệm hay các đơn vị chăm sóc đặc biệt sẽ cần mức độ thông khí cao hơn để đáp ứng các yêu cầu cụ thể, như kiểm soát khí dung trong phẫu thuật hoặc ngăn ngừa sự lây truyền chéo. Ngoài ra, việc bố trí nội thất, máy móc và thiết bị y tế cũng có thể cản trở luồng khí, tạo ra những vùng không khí tĩnh, làm giảm hiệu quả thông khí chung.

5. Tác nhân gây bệnh: Các cơ sở KBCB có nguy cơ cao lây truyền các bệnh truyền nhiễm, đặc biệt là các bệnh lây truyền theo đường hô hấp do tập trung đông người mang hoặc mắc bệnh. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc thông khí không đủ hoặc không hiệu quả có thể làm tăng nguy cơ lây nhiễm. Thông khí tối ưu giúp giảm nồng độ các hạt chứa tác nhân gây bệnh trong không khí bằng cách loại bỏ hoặc pha loãng chúng. Tốc độ thông khí cao có thể tạo điều kiện pha loãng các hạt gây bệnh tốt hơn và do đó có thể làm giảm nguy cơ lây nhiễm qua đường không khí nhiều hơn. Một số tác nhân gây bệnh có khả năng lây nhiễm cao qua không khí, như lao, sởi, cúm, COVID-19..., đòi hỏi các cơ sở phải có hệ thống thông khí nghiêm ngặt hơn để bảo vệ NB, NVYT và khách thăm.

6. Hiệu quả năng lượng và tính bền vững: Bên cạnh hiệu quả thông khí, hiệu quả năng lượng cũng là yếu tố quan trọng cần xem xét khi thiết kế hệ thống thông khí cho cơ sở KBCB. Các hệ thống yêu cầu quá nhiều năng lượng để duy trì lưu lượng không khí hoặc chất lượng không khí có thể không bền vững trong dài hạn. Việc cân đối giữa yêu cầu kiểm soát nhiễm khuẩn (KSNK) và sử dụng năng lượng hiệu quả, ví dụ như áp dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng hoặc phối hợp thông khí tự nhiên và thông khí kết hợp khi thích hợp, có thể giúp giảm tác động đến môi trường trong khi vẫn duy trì các tiêu chuẩn an toàn.

7. Tiêu chuẩn và hướng dẫn kỹ thuật: Các cơ sở KBCB cần tuân thủ các quy định và hướng dẫn quốc gia về thông khí đối với từng khu vực cụ thể. Việc không tuân thủ các quy định này có thể dẫn đến tình trạng thông khí không đầy đủ, làm tăng nguy cơ lây truyền bệnh tật và giảm chất lượng KBCB.

Thông khí môi trường chịu ảnh hưởng đồng thời bởi nhiều yếu tố từ thiết kế, điều kiện tự nhiên, đến hoạt động vận hành và quản lý hằng ngày. Việc nhận diện rõ các yếu tố này có ý nghĩa quan trọng trong công tác kiểm soát nhiễm khuẩn, giúp giảm thiểu nguy cơ lây truyền qua đường không khí trong cơ sở KBCB. Vì vậy, cần có các hướng dẫn cụ thể, phù hợp với bối cảnh thực tiễn nhằm hỗ trợ cơ sở y tế thiết lập, duy trì và giám sát hệ thống thông khí hiệu quả, góp phần bảo vệ an toàn cho người bệnh, nhân viên y tế và cộng đồng.

III. MỤC ĐÍCH, ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI ÁP DỤNG

1. Mục đích

Cung cấp những yêu cầu cơ bản và hướng dẫn kỹ thuật liên quan, làm căn cứ để các cơ sở KBCB thiết lập và duy trì hệ thống thông khí môi trường an toàn trong phòng ngừa và kiểm soát lây nhiễm các tác nhân gây bệnh lây truyền qua đường không khí cũng như trong triển khai các kỹ thuật khám bệnh, chữa bệnh khác.

2. Đối tượng sử dụng tài liệu

- Lãnh đạo cơ sở KBCB, lãnh đạo các phòng chức năng có liên quan, lãnh đạo các khoa lâm sàng, cận lâm sàng, khoa KSNK và NVYT tại các cơ sở KBCB.
- Người thiết kế, xây dựng, lắp đặt cơ sở hạ tầng các cửa của các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh.

3. Phạm vi áp dụng

Tất cả các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh.

4. Khung pháp lý và các quy định, hướng dẫn có liên quan

- Luật Phòng chống bệnh truyền nhiễm số 03/2007/QH12 ngày 21 tháng 11 năm 2007 và Văn bản hợp nhất số 45/VBHN-VPQH ngày 10 tháng 12 năm 2018 của Văn phòng Quốc hội.
- Luật Khám bệnh, chữa bệnh số 15/2023/QH15 ngày 09 tháng 01 năm 2023.
- Thông tư số 16/2018/TT-BYT ngày 20 tháng 7 năm 2018 của Bộ Y tế quy định về kiểm soát nhiễm khuẩn trong cơ sở khám bệnh, chữa bệnh.
- Quyết định số 3916/QĐ-BYT ban hành ngày 28/08/2017 của Bộ Y tế về việc phê duyệt các Hướng dẫn kiểm soát nhiễm khuẩn trong các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh.
- Quyết định số 579/QĐ-BYT ngày 12/03/2024 của Bộ Y tế về Hướng dẫn Kiểm soát lây nhiễm lao trong cơ sở khám bệnh, chữa bệnh và cộng đồng.
- Tiêu chuẩn TCVN 8664-1:2011: Phòng sạch và môi trường kiểm soát liên quan – Phần 1: Phân loại độ sạch không khí.
- Tiêu chuẩn TCVN 5687:2024: Thông gió và điều hòa không khí: Yêu cầu thiết kế.

IV. CÁC HỆ THỐNG THÔNG KHÍ

Tại cơ sở KBCB, thông khí môi trường đạt yêu cầu qui định, đặc biệt là ở các khu vực chăm sóc NB, giúp thải bỏ hoặc làm loãng nồng độ các hạt mang tác nhân gây bệnh trong không khí, qua đó làm giảm nguy cơ lây nhiễm các tác nhân gây bệnh lây truyền theo đường hô hấp. Tùy thuộc vào thiết kế hạ tầng của bệnh viện, yêu cầu mức độ thông khí ở từng khu vực KBCB và nguồn lực của cơ sở, cơ sở KBCB có thể xem xét áp dụng một hoặc nhiều loại hình thông khí dưới đây cho một tòa nhà, một khu vực của tòa nhà, buồng làm việc, buồng người bệnh, hay buồng cách ly.

1. Thông khí tự nhiên

Thông khí tự nhiên là việc tận dụng các lực tự nhiên (như áp lực gió và chênh lệch nhiệt độ) để tăng cường lưu thông không khí qua các khoảng hở, bao gồm cửa sổ, cửa ra vào hoặc ô thông gió. Thông khí tự nhiên có một số đặc điểm chính sau:

- Không khí di chuyển theo hướng gió thổi, đi qua các khoảng hở để vào và thoát ra khỏi phòng (Hình 1A).

- Không khí di chuyển khi có sự chênh lệch nhiệt độ, từ khu vực có nhiệt độ cao tới khu vực có nhiệt độ thấp hơn (Hình 1B), cụ thể:

+ Khi nhiệt độ trong phòng *cao* hơn nhiệt độ bên ngoài: không khí trong phòng sẽ loãng hơn và bay lên trên. Không khí bên ngoài sẽ đi vào phòng qua các khoảng hở gần mặt đất và thoát ra ngoài qua các khoảng hở ở phía trên cao.

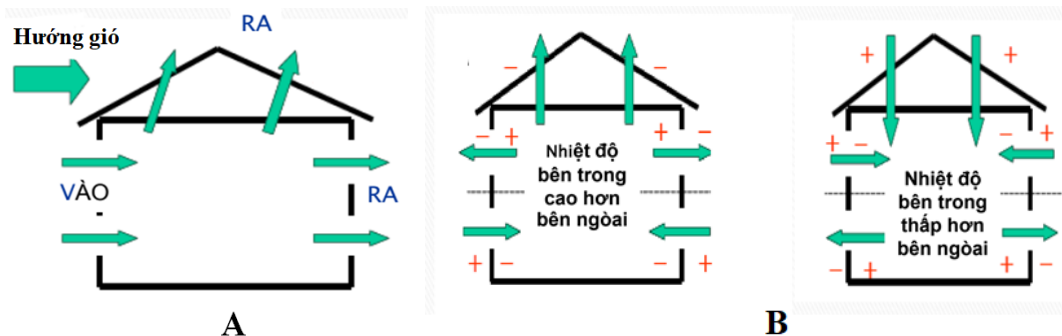
+ Khi nhiệt độ trong phòng *thấp* hơn nhiệt độ bên ngoài: không khí trong phòng sẽ đặc hơn và lắng xuống dưới. Không khí bên ngoài sẽ đi vào phòng qua các khoảng hở ở phía trên cao và thoát ra ngoài qua các khoảng hở gần mặt đất.

- Tại cơ sở KBCB, hai mô hình thông khí tự nhiên phổ biến là thông khí đơn diện (single-sided ventilation) và thông khí xuyên phòng (cross ventilation):

+ Thông khí đơn diện: Khi một hoặc nhiều khoảng hở chỉ nằm ở một bên tường hoặc vách ngăn của căn phòng. Không khí di chuyển nhờ vào lực tác động của gió, hoặc lực nổi tạo ra từ sự chênh lệch nhiệt độ, hoặc sự kết hợp của cả hai loại lực này (Hình 2A).

+ Thông khí xuyên phòng: Khi có các khoảng hở nằm ở hai bên tường hoặc vách ngăn khác nhau. Không khí sẽ vào từ một bên và thoát ra từ bên kia, ví dụ qua cửa sổ hoặc cửa ra vào và thường di chuyển nhờ vào lực tác động của gió thổi (Hình 2B).

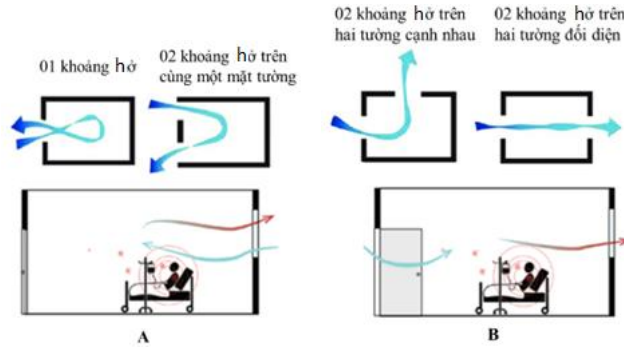
(Đối với thiết kế ban đầu là thông khí xuyên phòng, tuy nhiên trong quá trình sử dụng thực tế, 1 bên khoảng mở luôn đóng thì mặc định phòng sẽ chuyển về thông khí đơn diện)



Hình 1. Sơ đồ thông khí tự nhiên (2)

A - Không khí lưu chuyển theo hướng gió thổi;

B - Không khí lưu chuyển theo chênh lệch nhiệt độ



Hình 2. Hai mô hình thông khí tự nhiên thông dụng (6)

A - Không khí đơn diện

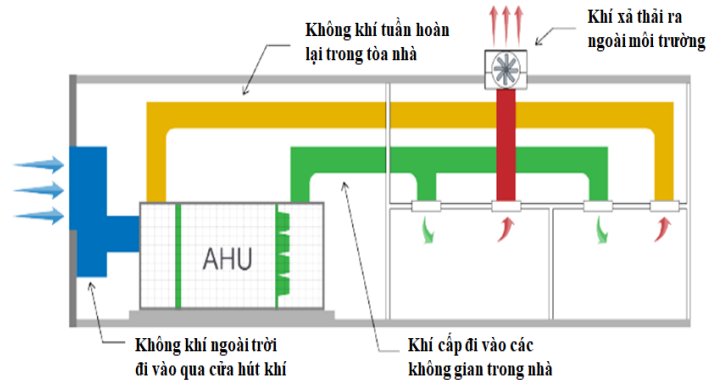
B – Không khí xuyên phòng

2. Thông khí cơ học

Thông khí cơ học sử dụng lực đẩy của quạt để đẩy không khí vào hoặc ra khỏi một căn phòng hoặc một khu vực (9). Đây là phương pháp thông khí hoạt động dựa trên nguyên lý chênh lệch áp suất và có thể kiểm soát được.

Hệ thống sưởi ấm, thông gió và điều hòa không khí (HVAC) thường được dùng để cung cấp thông khí cơ học cho các tòa nhà. Các thành phần của một hệ thống HVAC (Hình 3) bao gồm: cửa lấy không khí tươi từ môi trường bên ngoài, các bộ lọc khí, các bộ phận điều chỉnh độ ẩm, các thiết bị sưởi và làm mát, các quạt, hệ thống ống dẫn, cửa xả khí và các lưới tản nhiệt, cửa gió khuếch tán hoặc điều hòa để phân phối không khí hợp lý (10). Hệ thống HVAC có thể xử lý và điều hòa không khí thông qua bộ xử lý không khí trung tâm (Air handling unit – AHU) hoặc qua thiết bị xử lý không khí công suất nhỏ dùng cho phòng nhỏ (ví dụ: fan coil unit – FCU). FCU có thể điều hòa nhiệt độ không khí tương đương AHU nhưng không có khả năng lọc khí tốt như AHU (2). Hệ thống HVAC, nếu được lắp đặt và vận hành tốt, sẽ là một thành phần thiết yếu hỗ trợ cho KSNK trong cơ sở KBCB. Tuy nhiên, nếu không được lắp đặt, sử dụng và quản lý đúng cách, cũng như không được bảo trì bảo dưỡng theo yêu cầu thì hệ thống này lại có thể góp phần vào sự lây truyền bệnh qua đường không khí (10).

Một hệ thống HVAC hoạt động tốt giúp điều hướng luồng không khí giữa các không gian khác nhau (kiểm soát áp suất không khí). Trong các cơ sở KBCB, một trong những biện pháp kiểm soát lây nhiễm là thiết kế để hệ thống HVAC duy trì một trong hai trạng thái áp suất không khí: áp lực âm và áp lực dương.



Hình 3. Sơ đồ giản lược của hệ thống HVAC sử dụng AHU (2)

Thông khí áp lực âm thường được áp dụng cho các buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí. Buồng áp lực âm được thiết kế để đảm bảo không khí từ bên ngoài luôn di chuyển vào bên trong buồng cách ly và ngăn chặn không khí ô nhiễm thoát ra ngoài, lây lan sang các khu vực xung quanh. Tại buồng áp lực âm, không khí xả ra khỏi buồng được kiểm soát bởi hệ thống quạt hút để tạo áp suất trong buồng thấp hơn áp suất của khu vực lân cận, buộc không khí phải hút vào trong buồng thông qua các khe hở hoặc hệ thống thông khí để lượng khí cấp cân bằng với lượng khí xả. Không khí ô nhiễm được xả ra khỏi buồng cần được xử lý qua bộ lọc HEPA trước khi thải ra môi trường bên ngoài. Bộ lọc HEPA giúp loại bỏ các hạt vi khuẩn, vi-rút và các tác nhân gây bệnh khác, đảm bảo rằng không khí thải ra không gây nguy hiểm cho môi trường và cộng đồng.

Thông khí áp lực dương thường được áp dụng cho các khu vực yêu cầu môi trường vô khuẩn, chẳng hạn như phòng mổ, buồng chăm sóc NB suy giảm miễn dịch nặng. Mục tiêu của buồng áp lực dương là đảm bảo không khí sạch trong buồng luôn di chuyển ra ngoài và ngăn chặn không khí có thể chứa mầm bệnh từ các khu vực xung quanh xâm nhập vào buồng. Tại buồng áp lực dương, không khí cấp vào buồng được kiểm soát bởi hệ thống quạt hút cấp khí để tạo áp suất trong buồng cao hơn áp suất của khu vực lân cận, buộc không khí phải thoát ra khỏi trong buồng thông qua các khe hở hoặc hệ thống thông khí để lượng khí xả cân bằng với lượng khí cấp. Không khí cấp vào buồng áp lực dương phải được xử lý qua bộ lọc HEPA để loại bỏ các hạt bụi, vi khuẩn và vi-rút trước khi được đưa vào buồng, giúp đảm bảo không khí trong buồng luôn sạch và vô khuẩn.

Một yếu tố quan trọng để duy trì trạng thái áp suất của buồng ổn định là tổng lượng không khí cấp vào và thải ra phải bằng nhau. Do đó, để hệ thống HVAC kiểm soát tốt áp suất không khí thì các buồng áp lực âm hoặc dương phải kín, bao gồm cả việc luôn đóng cửa sổ và cửa ra vào. Những cơ sở có nguồn lực hạn chế vẫn có thể thiết lập hệ thống thông khí áp lực âm hoặc dương bằng cách kết hợp thông khí tự nhiên với một số thiết bị cơ bản, như quạt hút, cửa thông gió hoặc các bộ lọc đơn giản, nhằm kiểm soát luồng không khí và giảm nguy cơ lây truyền các tác nhân gây bệnh.

Các tiêu chuẩn quốc gia quy định về yêu cầu thiết kế và lắp đặt các hệ thống thông gió và điều hòa không khí (HVAC) trong các công trình xây dựng nói chung bao gồm: TCVN 5687:2024 (Thông gió và điều hòa không khí: Yêu cầu thiết kế) (14), TCVN 13580:2023 (Thông gió và điều hòa không khí: Yêu cầu chế tạo đường ống), và TCVN 13581:2023 (Thông gió và điều hòa không khí: Yêu cầu lắp đặt đường ống và nghiệm thu hệ thống).

3. Thông khí kết hợp

Thông khí kết hợp là phương pháp kết hợp cả thông khí tự nhiên và thông khí cơ học. Khi điều kiện thông khí tự nhiên của một tòa nhà, một khu vực hoặc một căn phòng không đáp ứng đủ yêu cầu, quạt thông gió có thể được sử dụng để tăng cường lưu thông không khí, cải thiện số lần trao đổi không khí (ACH). Các quạt thông gió cần được lắp đặt sao cho không khí trong phòng có thể được xả trực tiếp ra môi trường bên ngoài qua tường hoặc mái nhà. Kích thước, số lượng và vị trí quạt phụ thuộc vào yêu cầu thông khí cần đạt được, do đó cần tính toán mức độ thông khí hiện có và yêu cầu cần tăng thông khí (Phụ lục 4) để lựa chọn thiết bị và vị trí lắp đặt phù hợp (4,9). Một giải pháp khác là lắp đặt cụm quạt hỗ trợ kèm tháp hút gió để tạo hệ thống thoát khí qua mái nhà, giúp tăng lưu lượng không khí trong tòa nhà (4).

Việc sử dụng quạt hút gió có thể gặp khó khăn trong quá trình lắp đặt (đặc biệt là đối với các quạt lớn), tiếng ồn (đặc biệt từ các quạt công suất cao), sự thay đổi nhiệt độ trong phòng và yêu cầu cung cấp điện liên tục. Nếu môi trường trong phòng không đáp ứng về nhiệt độ, có thể bổ sung hệ thống điều hòa hoặc quạt mát.

Tham khảo thêm Phụ lục 5 của Hướng dẫn Kiểm soát lây nhiễm lao trong cơ sở KBCB và cộng đồng (QĐ số 579/QĐ-BYT ngày 12/03/2024) về thiết kế hệ thống thông khí kết hợp trong cơ sở KBCB.

Bảng 1. So sánh ưu nhược điểm của ba loại hệ thống thông khí (4)

	Thông khí cơ học	Thông khí tự nhiên	Thông khí kết hợp
Ưu điểm	Phù hợp với mọi khí hậu và thời tiết khi sử dụng cùng điều hòa không khí theo nhu cầu	Phù hợp với khí hậu ẩm áp và ôn hòa - khá hữu ích khi có thể sử dụng thông khí tự nhiên trong khoảng 50% thời gian trở lên	Phù hợp với hầu hết các loại khí hậu và thời tiết
	Môi trường được kiểm soát và thoải mái hơn	Hệ thống thông khí tự nhiên đơn giản, ít tốn chi phí vận hành và bảo trì	Tiết kiệm năng lượng

	Phạm vi kiểm soát môi trường của người sử dụng hẹp.	Có khả năng đạt được tỷ lệ thông khí cao. Phạm vi kiểm soát môi trường của người sử dụng rộng hơn	Linh hoạt hơn
Nhược điểm	Chi phí lắp đặt và bảo trì đắt	Dễ bị ảnh hưởng bởi khí hậu ngoài trời và/hoặc hành vi của người sử dụng.	Có thể đắt đỏ
	Có thể gặp sự cố, không bảo đảm mức độ thông khí theo yêu cầu	Khó dự đoán, phân tích và thiết kế hơn	Có thể khó thiết kế hơn
	Có khả năng có tiếng ồn do thiết bị gây ra	Giảm mức độ thoải mái của người sử dụng khi trời nóng, ẩm hoặc lạnh Khó thiết lập áp suất âm trong các khu cách ly Có khả năng tiếng ồn xâm nhập từ môi trường bên ngoài.	

V. CÁC YÊU CẦU VỀ THÔNG KHÍ

1. Yêu cầu chung

- Các cơ sở KBCB cần thiết lập và duy trì tốc độ thông khí tối thiểu trong các khu vực chuyên môn theo khuyến cáo của Tổ chức Y tế thế giới, như sau:

+ ≥ 20 ACH tại buồng phẫu thuật, trong đó ≥ 4 ACH phải là không khí tươi từ ngoài môi trường (5,11).

+ 12 ACH hoặc 160 L/s/NB trong các buồng cách ly, các không gian thực hiện thủ thuật tạo khí dung (3).

+ 6 ACH hoặc 60 L/s/NB ở các khu vực lâm sàng khác (3).

+ 2,5 L/s/m³ đối với hành lang và các không gian khác không có số lượng NB cố định. Tuy nhiên, khi sử dụng các hành lang cho chăm sóc NB trong các tình huống khẩn cấp hoặc do quá tải, tốc độ thông khí cần áp dụng yêu cầu tương tự như đối với khu vực buồng cách ly phòng ngừa lây truyền qua không khí hoặc các khu vực lâm sàng (4).

Yêu cầu thông khí cụ thể cho một số khu vực chức năng trong cơ sở KBCB nằm ở Phụ lục 1 của hướng dẫn này.

- Thiết kế, sửa chữa, xây mới hệ thống thông khí phù hợp với điều kiện của cơ sở KBCB và quy định của Bộ Y tế nhằm ngăn ngừa sự lây truyền của tác nhân gây bệnh qua đường hô hấp cũng như yêu cầu vô khuẩn trong KBCB.

- Thường xuyên giám sát và bảo trì hệ thống thông khí gồm:

- + *Tốc độ thông khí*: Bảo đảm duy trì số lần luân chuyển khí tại khu vực thăm khám, điều trị (buồng khám, buồng điều trị, khu vực chờ, khu vực xét nghiệm, nhà vệ sinh, khu vực công cộng) theo tiêu chuẩn quy định.

- + *Hướng dòng khí*: Duy trì không khí lưu thông theo chiều từ khu vực sạch đến khu vực bẩn. Tác nhân gây bệnh đường hô hấp thoát ra bên ngoài phải được kiểm soát và giảm thiểu tối đa nguy cơ phát tán, lây nhiễm cho mọi người và cộng đồng.

- + *Phân phối dòng khí*: Không khí sạch cần được phân bố hiệu quả đến các khu vực thăm khám, điều trị; đồng thời không khí ô nhiễm trong các khu vực đó cũng cần được loại bỏ hiệu quả. Giám sát khối lượng và chất lượng không khí sạch được cung cấp vào không gian của các khu vực thăm khám, điều trị theo tiêu chuẩn quy định.

- Có nhân viên chuyên trách được đào tạo để vận hành, kiểm tra và bảo trì hệ thống thông khí.

- Có hồ sơ theo dõi hoạt động của hệ thống thông khí hàng ngày, khi bảo trì, sửa chữa. Khi bị hỏng cần sửa chữa/thay thế kịp thời để không ảnh hưởng đến chất lượng không khí trong cơ sở KBCB.

- Cần phối hợp với các biện pháp khác để bảo đảm hiệu quả phòng ngừa và kiểm soát lây nhiễm tác nhân gây bệnh đường hô hấp, bao gồm vệ sinh tay, mang phương tiện PHCN, vệ sinh môi trường và quản lý chất thải.

2. Buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí (5,6)

- Tốc độ thông khí cần bảo đảm duy trì ≥ 12 ACH với buồng cách ly mới được cải tạo hoặc xây mới và ≥ 6 ACH đối với buồng cách ly đã xây từ trước.

- Cần duy trì thông khí áp lực âm tại buồng cách ly (áp suất không khí trong buồng chênh với áp suất ở hành lang tối thiểu 2,5 Pa). Cửa ra vào và cửa sổ của buồng cách ly phải luôn đóng để bảo đảm duy trì áp suất thông khí, có thể lắp đặt hệ thống cửa ra vào tự động đóng mở.

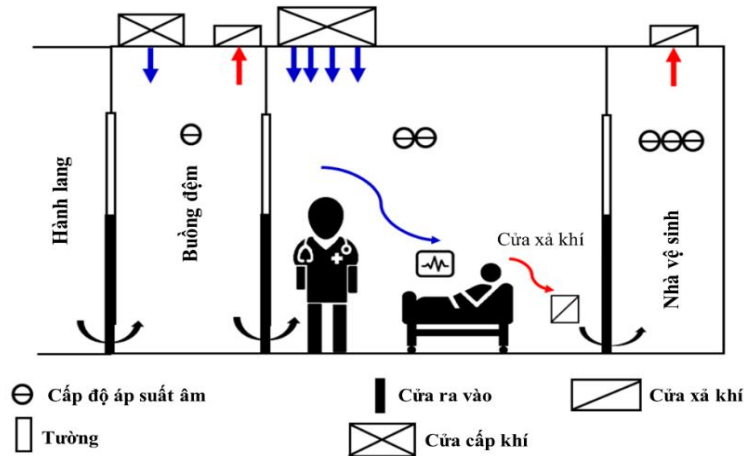
- + Nếu có buồng đệm thì: buồng NB nằm phải có áp suất âm so với buồng đệm; buồng đệm phải có áp suất âm so với hành lang bên ngoài.

- + Nếu có nhà vệ sinh trong buồng cách ly thì nhà vệ sinh phải có áp suất âm so với khu vực NB nằm (Hình 4).

- Có thiết bị giám sát trực quan được lắp cố định (ví dụ: áp kế) để giám sát sự chênh lệch áp suất giữa buồng cách ly và hành lang bên ngoài, bất kể có buồng đệm hay không. Kết quả giám sát được lưu lại trong sổ theo dõi.

- Duy trì trần, tường nhẵn, không có vết nứt, mối nối hở và kẽ hở, phát hiện và xử trí kịp thời khi phát hiện rò rỉ không khí.

- Hướng dòng khí: dòng khí cấp nên đi từ khu vực sạch tới khu vực ô nhiễm hơn, ví dụ đi qua khu vực NVYT thao tác tới giường NB.
- Lắp đặt các cửa cấp và xả khí ở vị trí phù hợp:
 - + Cửa cấp khí đặt trên trần nhà, ở khu vực giữa buồng hoặc lệch một chút về phía cửa ra vào và không bị chắn bởi đèn hay đồ đạc, thiết bị trong buồng.
 - + Cửa thoát khí nên đặt ngay phía trên giường NB, trên trần nhà hoặc tường phía đầu giường, trừ khi bất khả thi.
- Mép dưới của cửa lấy không khí ngoài cho hệ thống thông khí cơ học hoặc hệ thống điều hoà không khí phải cao từ 2m trở lên so với mặt đất:
 - + Đối với các vùng có gió mạnh mang theo nhiều cát-bụi, mép dưới của cửa lấy không khí ngoài phải nằm ở độ cao không nhỏ hơn 3m kể từ mặt đất (14). Nếu cửa này đặt trên nóc nhà thì phải ở vị trí cách mặt sàn của nóc nhà ít nhất 0,9m.
 - + Khu vực xung quanh cửa lấy khí tươi phải không có các nguồn có thể gây ô nhiễm không khí, ví dụ cây cỏ, đồ vật hay rác thải.
 - + Cửa lấy không khí ngoài phải được lắp lưới chắn rác, chắn côn trùng, động vật nhỏ cũng như tấm chắn chống mưa hắt.
- Hệ thống cấp khí cho buồng cách ly nên có đường ống riêng, không chung với hệ thống cấp khí khác trong tòa nhà.
- Khí thải từ buồng cách ly, buồng đệm và nhà vệ sinh phải được thải bỏ theo một trong hai cách sau:
 - + Thải thẳng ra môi trường bên ngoài, không trộn với khí thải từ các khu vực khác trong cơ sở KBCB. Cửa thải khí phải cách xa các cửa cấp khí và khu vực có người hay động vật qua lại. Tốc độ cấp và xả khí đủ để duy trì chênh lệch áp suất đối với tất cả các không gian xung quanh ở mức tối thiểu là âm 2,5 Pa.
 - + Nếu không thể thiết kế hệ thống xả khí đáp ứng các tiêu chuẩn trên, không khí xả ra khỏi buồng cách ly có thể được tuần hoàn sau khi được xử lý qua bộ lọc HEPA. Nếu khu vực cách ly có nguy cơ lây nhiễm đặc biệt cao và cần biện pháp làm sạch không khí bổ sung, hệ thống GUV có thể lắp đặt trong hệ thống ống dẫn khí thải để tăng cường hiệu quả lọc của bộ lọc HEPA hoặc có thể được lắp đặt gần trần buồng cách ly để khử khuẩn vùng không khí trên cao.
- Duy trì thiết bị thông khí dự phòng (ví dụ: thiết bị quạt thông khí, bộ lọc khí di động) để có thể thiết lập lại ngay chức năng hệ thống thông khí trong trường hợp gặp sự cố.
- Tham khảo thêm Phụ lục 9 của Hướng dẫn kiểm soát lây nhiễm lao trong cơ sở KBCB và cộng đồng (Quyết định số 579/QĐ-BYT ban hành ngày 12/03/2024) về thiết lập buồng cách ly phòng ngừa lây truyền qua đường không khí.



Hình 4. Sơ đồ hướng di chuyển của không khí trong buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí (6)

Bảng 2. Tiêu chuẩn thông khí áp dụng với thông khí cơ học trong buồng cách ly phòng ngừa tác nhân gây bệnh lây truyền theo đường hô hấp (5,6).

Thông số	Tiêu chuẩn
Tốc độ thông khí	Tốc độ tối thiểu: - Tòa nhà mới: ≥ 12 ACH (tương đương 80 L/s/NB cho buồng 4m x 2m x 3m) - Tòa nhà cũ: ≥ 6 ACH (tương đương 40 L/s/NB cho buồng 4m x 2m x 3m)
Chênh lệch áp suất	$\geq 2,5$ Pa (so với áp suất bên ngoài buồng)
Chênh lệch dòng khí (tốc độ xả khí so với tốc độ cấp khí)	> 56 L/s
Buồng kín	Buồng phải kín, cho phép rò khí qua một khoảng diện tích $\sim 0,046$ m ²
Hướng dòng khí trong buồng	Đi từ vùng sạch sang vùng bẩn
Khí xả	Xả thẳng ra ngoài môi trường bên ngoài nếu khu vực xung quanh ống xả không có người qua lại; Hoặc lọc qua màng HEPA nếu không khí được luân hồi trở lại vào các khu vực khác.

3. Buồng cách ly bảo vệ người bệnh (5,7)

- Tốc độ thông khí cần bảo đảm duy trì ≥ 12 ACH trong buồng cách ly bảo vệ NB.
- Cần duy trì thông khí áp lực dương trong buồng cách ly (áp suất không khí trong buồng chênh với áp suất ở hành lang tối thiểu (2,5 Pa). Cửa ra vào và cửa sổ của buồng cách ly phải luôn đóng để bảo đảm duy trì áp suất thông khí, có thể lắp đặt hệ thống cửa ra vào tự động đóng mở.

+ Nếu có buồng đệm thì buồng NB phải có áp suất dương so với buồng đệm; buồng đệm phải có áp suất dương so với hành lang bên ngoài.

+ Nếu có nhà vệ sinh trong buồng cách ly thì nhà vệ sinh phải có áp suất âm so với khu vực NB nhằm để bảo đảm hướng dòng khí đi từ khu vực sạch sang khu vực ô nhiễm hơn.

- Có thiết bị giám sát trực quan được lắp cố định (ví dụ: áp kế) để giám sát sự chênh lệch áp suất giữa buồng cách ly và hành lang bên ngoài, bất kể có buồng đệm hay không. Kết quả giám sát được lưu lại trong sổ theo dõi.

- Lắp đặt các cửa cấp và xả khí ở vị trí phù hợp:

+ Cửa cấp khí nên đặt ở vị trí cao trên trần nhà hoặc tường phía trên giường NB, trừ khi có lý do kỹ thuật hoặc thực tế khiến việc này không khả thi.

+ Cửa thoát khí cần được bố trí sao cho đảm bảo dòng khí lưu thông và không ảnh hưởng đến quá trình điều trị của NB, nên đặt gần cửa ra vào.

- Lắp đặt bộ lọc HEPA trung tâm hoặc tại điểm sử dụng để lọc không khí cung cấp vào buồng.

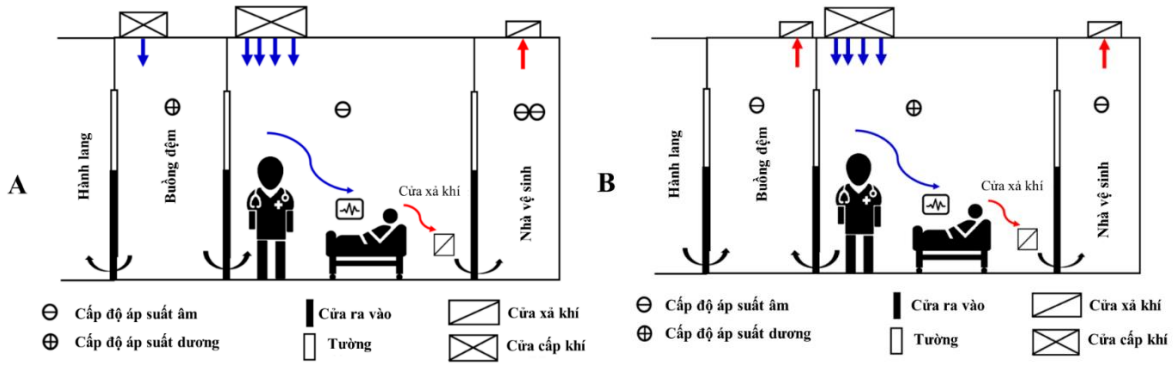
- Với NB suy giảm miễn dịch mắc bệnh lây truyền qua không khí, nên sử dụng buồng đệm để bảo đảm sự cân bằng không khí thích hợp và có đường xả không khí ô nhiễm riêng ra ngoài hoặc vào đường ống xả khí sau khi đã đi qua bộ lọc HEPA. Áp suất của buồng đệm có thể được thiết kế theo một trong hai cách:

+ Buồng đệm phải có áp suất dương so với buồng NB và hành lang bên ngoài (Hình 5A), hoặc

+ Buồng đệm phải có áp suất âm so với buồng NB và hành lang bên ngoài (Hình 5B).

+ Nếu không thể bố trí buồng đệm, có thể cách ly NB trong buồng cách ly lây truyền qua không khí và sử dụng thêm thiết bị lọc khí di động có bộ lọc HEPA để tăng cường khả năng lọc các tiểu phần khí ô nhiễm khỏi không khí trong buồng cách ly.

- Duy trì thiết bị thông khí dự phòng (ví dụ: thiết bị quạt thông khí, thiết bị lọc khí di động) để có thể thiết lập lại ngay chức năng hệ thống thông khí trong trường hợp gặp sự cố.



Hình 5. Sơ đồ hướng di chuyển của không khí trong buồng cách ly bảo vệ NB và cách ly lây truyền qua đường không khí (6).

4. Buồng phẫu thuật (5,8)

- Cung cấp hệ thống thông khí bảo đảm để duy trì ≥ 20 ACH tại buồng phẫu thuật, trong đó ≥ 4 ACH phải là không khí tươi từ ngoài môi trường.

- Không khí cấp vào buồng phẫu thuật phải được xử lý làm sạch qua bộ lọc có hiệu suất lọc tối thiểu MERV 16.

- Cần duy trì thông khí áp lực dương tại buồng phẫu thuật so với hành lang và khu vực lân cận. Cửa ra vào và cửa sổ của buồng phẫu thuật phải luôn đóng để bảo đảm duy trì áp suất thông khí, tốt nhất lắp đặt hệ thống cửa ra vào tự động đóng mở.

- Lắp đặt các cửa cấp và xả khí ở các vị trí phù hợp sao cho tất cả các khu vực trong buồng phẫu thuật đều được thông gió hiệu quả (8):

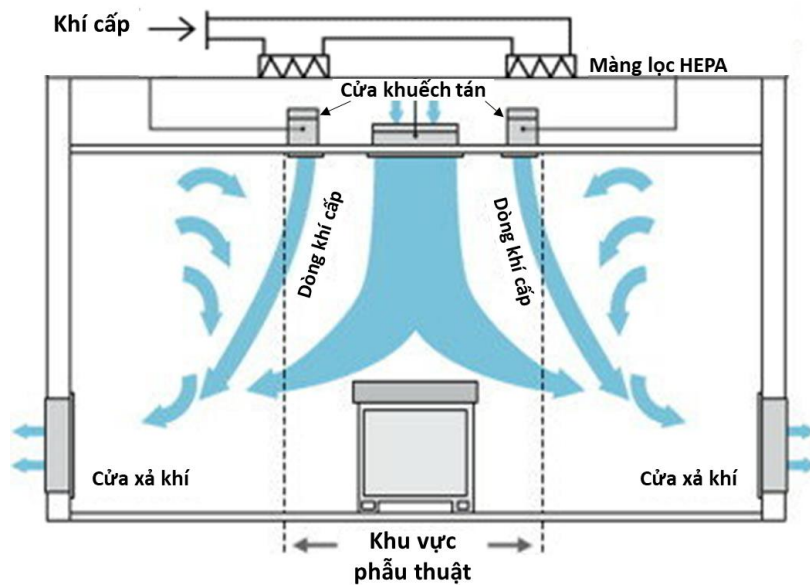
+ Hướng dòng khí một chiều đi từ trên trần nhà xuống, tốc độ dòng khí trung bình trong khoảng $127 \text{ L/s/m}^2 - 178 \text{ L/s/m}^2$.

+ Các cửa khuếch tán khí cần được bố trí hợp lý để tạo ra một luồng không khí bao phủ khu vực NB và kíp phẫu thuật. Ví dụ: trần nên được chia thành bốn phần và đặt một cửa cấp khí ở trung tâm mỗi phần tư và dọc theo các đường nối giữa chúng khi cần thiết, để bảo đảm tất cả các khu vực trong buồng bệnh đều được cấp khí đồng đều. Đối với buồng phẫu thuật có diện tích lớn, có thể cần thêm các cửa cấp khí xung quanh điểm trung tâm buồng để tăng cường hiệu quả khuếch tán và đạt được lưu thông không khí phù hợp tại khu vực bàn mổ.

+ Diện tích bao phủ của cụm cửa cấp khí chính phải có độ rộng $\geq 30,5$ cm tính từ mép bàn phẫu thuật sang mỗi phía và không để các thiết bị, ví dụ đèn, khung treo thiết bị, cửa thăm trần, đầu phun cứu hỏa..., chiếm quá 30% diện tích này.

+ Cần lắp ít nhất hai cửa xả khí ở phía dưới tường buồng phẫu thuật, với mép dưới cửa xả cách sàn khoảng 20,3 cm và được bố trí ở các góc đối diện hoặc cách xa nhau nhất có thể.

- Khi thực hiện các thủ thuật tạo khí dung trong buồng phẫu thuật:
- + Hạn chế số người có mặt trong buồng phẫu thuật.
- + Hạn chế ra vào buồng.
- + Nên tăng tốc độ thông khí lên mức cao hơn nếu có thể và bảo đảm có đủ thời gian thông khí để loại bỏ các hạt hô hấp sinh ra trong quá trình thực hiện thủ thuật và làm sạch không khí trong buồng phẫu thuật.
- + Có thể sử dụng thêm các thiết bị hỗ trợ như thiết bị lọc không khí di động có màng lọc HEPA hay đèn UV để làm sạch không khí.



Hình 6. Sơ đồ đơn giản hướng di chuyển của không khí trong buồng phẫu thuật (18).

VI. CÁC BIỆN PHÁP TĂNG CƯỜNG THÔNG KHÍ

1. Thông khí tự nhiên (3,6)

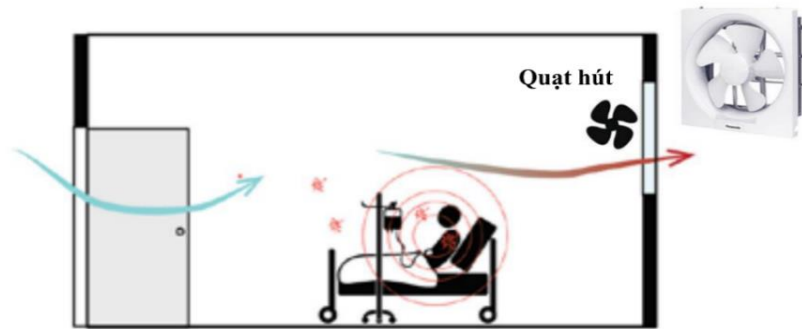
Nếu cơ sở KBCB không đáp ứng được yêu cầu thông khí tối thiểu như đã nêu trong Mục 1. Yêu cầu chung của Phần V. Các yêu cầu về thông khí, có thể thực hiện thêm các biện pháp sau để cải thiện hệ thống thông khí tự nhiên.

- Đánh giá vị trí cửa ra vào, cửa sổ và các khoảng mở. Cân nhắc việc mở thêm cửa sổ hoặc thay đổi kích thước cửa sổ hoặc cửa ra vào.
- Tạo điều kiện cho thông khí xuyên phòng thay vì thông khí một bên. Tuy nhiên, thông khí xuyên phòng không nên thực hiện trong một số trường hợp cụ thể như:
 - + Trong buồng hoặc khu vực thực hiện các thủ thuật tạo khí dung và khi khí thải không được quản lý đúng cách;
 - + Khi dòng không khí di chuyển từ khu vực ô nhiễm hơn đến khu vực sạch hơn.
- Giảm số lượng người tối đa trong buồng để đáp ứng tiêu chuẩn L/s/NB.

- Tránh sử dụng các thiết bị tạo luồng không khí mạnh trong khu vực chung, đặc biệt là các luồng khí thổi từ người này sang người khác.

- Khi thông khí tự nhiên không thể đáp ứng yêu cầu thông khí cần thiết, cần xem xét các hệ thống thông khí thay thế, chẳng hạn như thông khí kết hợp. Nếu vẫn chưa đủ, cần sử dụng hệ thống thông khí cơ học.

+ Lắp đặt quạt hút gắn tường hoặc quả cầu thông gió trên mái nhà: Quạt hút được lắp cố định chắc chắn trên tường hoặc trần để hút không khí trong buồng ra ngoài. Khi quạt hoạt động, không khí từ ngoài trời sẽ được hút vào buồng qua các cửa ra vào, cửa sổ đang mở hoặc khe thông gió, giúp tăng cường sự lưu thông khí trong buồng. Vị trí quạt hút cần được lựa chọn sao cho dòng khí đi theo hướng từ khu vực sạch tới khu vực bẩn, qua vùng cần hút (ví dụ khu vực bệnh nhân) trước khi thoát ra ngoài (Hình 7). Cần tránh tạo các vùng khí tù hoặc luồng gió quẩn trong buồng vì có thể làm phát tán bụi và aerosol. Đối với khu vực có diện tích lớn, có thể kết hợp thêm quạt hỗ trợ hoặc tháp hút gió để tăng hiệu quả thông gió.



Hình 7. Sơ đồ hướng di chuyển của dòng không khí khi lắp quạt hút để tăng cường thông gió tự nhiên (6).

+ Sử dụng quạt cây để hỗ trợ thông khí:

✓ Quạt cây có thể được sử dụng để tăng hiệu quả thông khí của các cửa sổ mở, đồng thời tạo ra luồng không khí đi từ khu vực sạch đến khu vực ô nhiễm.

✓ Đặt quạt theo một hướng nhất định, (không bật chế độ quạt xoay) tránh đặt ở vị trí và hướng có thể tạo ra luồng không khí bị ô nhiễm đi từ người này sang người khác.

✓ Đặt quạt càng gần cửa sổ mở càng tốt và hướng của quạt cây nên được chọn theo hướng luồng không khí mong muốn (thổi gió vào hoặc ra khỏi buồng). Quạt cây hướng ra ngoài cửa sổ giúp đẩy không khí trong buồng ra ngoài; quạt hướng vào trong giúp hút không khí từ bên ngoài vào trong buồng.

✓ Nếu không có cửa sổ mở, quạt nên được đặt quay về một hướng duy nhất, hướng về một góc không có người hoặc các khu vực tường trống. Nên tránh để quạt hướng từ trên xuống dưới khu vực có người nhất có thể, vì việc này sẽ tạo ra luồng không khí xoáy và dòng chảy tuần hoàn trong phòng.

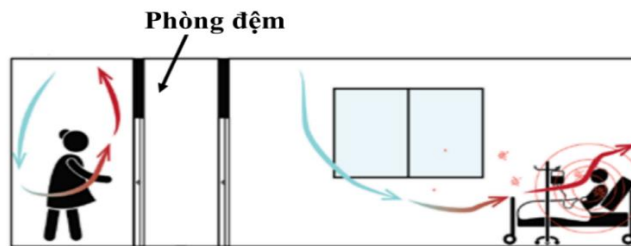
- Nếu không thể áp dụng các cách trên, có thể xem xét sử dụng máy lọc không khí độc lập có bộ lọc HEPA để giải quyết tình huống trong thời gian ngắn hạn. Chú ý hướng luồng không khí (từ khu vực sạch sang khu vực kém sạch hơn) khi đặt máy. Máy lọc không khí nên được đặt gần người để cung cấp khả năng xử lý tối đa các

nguồn lây nhiễm. Máy lọc không khí độc lập cần được vận hành liên tục và công suất của máy lọc phải ít nhất đáp ứng sự chênh lệch giữa yêu cầu thông khí tối thiểu và tốc độ thông khí đã đo được. Cụ thể, cần so sánh tốc độ cung cấp không khí sạch (CADR) ($\text{m}^3/\text{giờ}$) của thiết bị với tốc độ thông khí trong buồng. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng máy lọc không khí độc lập không thể thay thế hệ thống thông khí trong bất kỳ trường hợp nào.

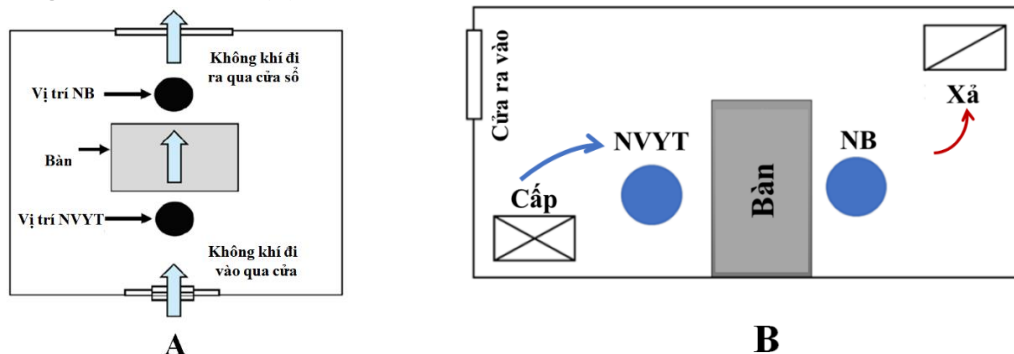
- Cần cân nhắc thay đổi sắp xếp các vị trí chức năng trong buồng theo hướng dòng khí để giảm thiểu phơi nhiễm cho NVYT, tức là điều chỉnh khu vực hoặc vị trí NB và NVYT sau khi đã xác định rõ hướng di chuyển của không khí (Hình 9).

- Sắp xếp bố trí nội thất, máy móc và thiết bị để không cản trở luồng lưu thông không khí.

- Trong các buồng thực hiện thủ thuật tạo khí dung, cần bổ sung buồng đệm để kiểm soát chặt chẽ hướng luồng không khí (Hình 8). Cửa giữa buồng đệm với hành lang, cũng như cửa giữa buồng đệm với buồng NB không được mở cùng lúc để bảo đảm tách biệt rõ ràng không khí giữa buồng NB (khu vực ô nhiễm) và hành lang (khu vực sạch). Có thể sử dụng cửa nhựa kéo khóa làm vách ngăn để tạo buồng đệm. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng trong hầu hết các trường hợp phương pháp này không thể kết hợp với thông khí xuyên phòng, vì vậy cần đạt được tỷ lệ thông khí tối thiểu bằng phương pháp khác.



Hình 8. Sơ đồ hướng di chuyển của dòng khí khi bổ sung buồng đệm vào buồng được thông khí tự nhiên (6).



Hình 9. Sắp xếp các vị trí chức năng trong buồng khám theo hướng dòng khí để giảm thiểu phơi nhiễm cho NVYT (6).

- Cần nhắc sử dụng hàng rào để ngăn người đi qua gần các khoảng (cửa sổ và cửa ra vào), bảo đảm người hoặc động vật đi qua cách cửa sổ thoát khí ít nhất 5 mét. Nếu không khí được thải ra từ mái nhà hoặc ở độ cao trên 2 mét so với người thì không cần làm hàng rào để ngăn cách.

2. Thông khí cơ học (3,6)

Nếu cơ sở KBCB có hệ thống thông khí cơ học nhưng không đáp ứng được yêu cầu thông khí tối thiểu như đã nêu trong Mục 1. Yêu cầu chung của Phần V. Các yêu cầu về thông khí, có thể thực hiện thêm các biện pháp sau để cải thiện hệ thống thông khí cơ học:

- Đánh giá cơ hội tăng tốc độ thông khí theo khả năng của hệ thống. Tất cả các chế độ điều khiển kiểm soát thông khí theo yêu cầu (Demand Control Ventilation) làm giảm lượng khí cấp dựa trên nhiệt độ hoặc số lượng người (nồng độ CO₂).

- Nếu không thể tăng tốc độ thông khí bằng cơ học, cân nhắc tối đa hóa thông khí bằng cách sử dụng thông khí tự nhiên thông qua việc mở cửa sổ.

- Nếu hệ thống không cho phép tăng tốc độ thông khí tính trên đầu người lên mức yêu cầu tối thiểu, cân nhắc giảm số người tối đa có mặt trong buồng bệnh để đáp ứng tiêu chuẩn khối lượng khí/giây/người bệnh (L/s/NB).

- Nếu không thể áp dụng cách nào khác, xem xét sử dụng máy lọc không khí độc lập có bộ lọc HEPA để giải quyết tình huống trong thời gian ngắn hạn. Chú ý hướng luồng không khí (từ khu vực sạch sang khu vực kém sạch hơn) khi đặt máy (xem thêm Mục 1 của phần này).

- Cân nhắc thay đổi cách sắp xếp các vị trí chức năng trong buồng bệnh theo hướng dòng khí để giảm thiểu phơi nhiễm cho NVYT (thay đổi khu vực hoặc vị trí của NB và NVYT khi xác định được rõ ràng hướng di chuyển của không khí - Hình 9B).

- Đánh giá và cân nhắc các cách để thay đổi hướng dòng khí bằng cách thay đổi vị trí của các quạt cấp và xả khí.

- Trong các buồng thực hiện thủ thuật tạo khí dung: bổ sung buồng đệm để kiểm soát hướng luồng không khí như đã mô tả ở phần trước.

- Cân nhắc sử dụng hàng rào giới hạn quanh khu vực gần cửa hoặc miệng ống xả khí để bảo đảm cách ít nhất 4m với người hoặc động vật đi qua. Cửa hoặc miệng ống thải khí phải đặt cách xa cửa lấy không khí ngoài không nhỏ hơn 5 m (14).. Nếu không thể lắp đặt hàng rào, xem xét khả năng lắp đặt bộ lọc HEPA phù hợp với hệ thống HVAC.

- Các hệ thống HVAC cần được kiểm tra, làm sạch và bảo trì định kỳ theo yêu cầu kỹ thuật và khuyến cáo của nhà sản xuất. Thay bộ lọc HEPA theo khuyến cáo của nhà sản xuất.

3. Điều hòa không khí (6)

Hệ thống điều hòa không khí có đặc điểm chỉ tuần hoàn không khí trong phòng. Do đó, các hệ thống này không thể thay thế hệ thống thông khí trong bất kỳ trường hợp nào. Nhiều hệ thống điều hòa không khí có khả năng lọc khí nhưng hoạt động kém và góp phần tạo ra các luồng khí nhiễu loạn trong phòng, có thể làm tăng nguy cơ lây nhiễm. Đặc biệt trong các buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí, khi thực hiện các thủ thuật tạo khí dung nên tránh sử dụng điều hòa không khí và xem xét sử dụng các hệ thống khác thay thế.

Các hệ thống điều hòa không khí cục bộ chỉ có thể sử dụng trong các buồng riêng (NB nghi ngờ hoặc xác định nhiễm bệnh) và trong các buồng bệnh chung cho nhiều hơn một NB mắc cùng tác nhân gây bệnh. Tuy nhiên, việc sử dụng điều hòa ở những buồng này nên hạn chế tối đa nếu có thể vì các tác nhân vi sinh vật gây bệnh trong không khí sẽ còn lại ở buồng bệnh trong một khoảng thời gian dài, làm tăng nguy cơ lây nhiễm cho NVYT. Bên cạnh đó, nếu không có nguồn cung cấp không khí sạch ngoài trời vào hoặc không có hệ thống hút khí thải từ trong buồng ra ngoài thì chất lượng không khí trong buồng bệnh cũng không bảo đảm.

Trong các cơ sở KBCB sử dụng các hệ thống điều hòa không khí cục bộ, nếu không thể triển khai hệ thống thay thế, cần xem xét các biện pháp tăng cường thông khí sau:

- Tạo áp suất âm so với hành lang để giảm khả năng khí dung thoát ra khỏi buồng. Áp suất âm có thể được tạo ra bằng cách lắp đặt quạt hút hoặc các thiết bị tăng lưu lượng không khí hút từ buồng ra ngoài môi trường.

- Khi thực hiện các thủ thuật tạo khí dung, để hệ thống điều hòa không khí chạy với tốc độ gió thấp nhất để giảm nhiễu loạn không khí.

- Tránh để dòng không khí thổi trực tiếp từ NB này sang NB khác.

- Mở cửa sổ và cửa ra vào ít nhất một lần mỗi ngày, trừ khi chất lượng không khí ngoài trời kém và có thể gây hại cho NB. Các hệ thống điều hòa không khí nên được giảm hoặc TẮT khi mở cửa ra vào và/hoặc khi mở cửa sổ. Việc tăng cường đưa không khí ngoài trời vào buồng bệnh có thể dẫn đến tăng độ ẩm và nguy cơ ngưng tụ hơi nước trên các bề mặt, tạo cơ hội cho nấm và vi khuẩn phát triển.

- Xem xét điều chỉnh hướng luồng gió từ điều hòa ra buồng theo hướng không khí đi từ khu vực sạch đến khu vực ít sạch hơn.

- Lắp đặt thêm quạt hút để tăng cường thông khí khi đóng các cửa và kiểm soát dòng không khí từ khu vực thực hiện thủ thuật tạo khí dung.

Trong các cơ sở KBCB có sử dụng hệ thống điều hòa không khí tổng (trung tâm), khi không thể triển khai hệ thống thay thế, cần xem xét các biện pháp tăng cường thông khí sau:

- Tăng tỷ lệ cấp không khí ngoài trời bằng cách sử dụng chế độ tiết kiệm (economizer) của hệ thống, có thể lên tới 100%. Kiểm tra sự tương thích với khả năng của hệ thống điều hòa tổng trước khi tăng vì việc tăng cấp không khí ngoài trời sẽ ảnh hưởng đến khả năng làm mát của hệ thống. Có thể tạm thời tháo các tấm chắn ở cửa cấp khí ngoài trời để cho phép lượng tối đa không khí tươi đi vào trong nhà, giúp giảm hoặc loại bỏ sự tuần hoàn không khí của hệ thống điều hòa.

- Cần lưu ý rằng, việc tăng lượng không khí ngoài trời sẽ dẫn đến tăng độ ẩm và nguy cơ ngưng tụ hơi nước trên các bề mặt, tạo điều kiện cho nấm mốc và vi khuẩn phát triển. Vì vậy, độ ẩm phải được kiểm soát cẩn thận và không vượt quá

60%. Người phụ trách phải đánh giá khả năng lắp đặt một bộ phận hút ẩm tại AHU để giảm độ ẩm của khí cấp.

- Tắt các chế độ tự động điều khiển kiểm soát thông khí khi cần. Điều chỉnh thủ công tốc độ thông khí tùy theo điều kiện và yêu cầu.

- Dựa trên khả năng của hệ thống điều hòa tổng, cân bằng lại hoặc điều chỉnh hệ thống để tăng tổng lưu lượng không khí đi vào các không gian có người.

- Nếu không khí ngoài trời bị ô nhiễm nặng, cần thận trọng khi quyết định lượng không khí ngoài trời sẽ được cấp vào trong phòng.

- Dựa trên khả năng của hệ thống điều hòa tổng, xem xét ngừng đưa không khí hồi về AHU và thải trực tiếp ra môi trường bên ngoài qua bộ lọc HEPA. Đánh giá khả năng lắp đặt bộ lọc HEPA trong ống dẫn khí hồi theo khả năng của hệ thống. Cần đảm bảo hệ thống điều hòa có thể đáp ứng được việc nâng cấp bộ lọc mà không ảnh hưởng tiêu cực đến chênh lệch áp suất và/hoặc tốc độ dòng khí trước khi thay đổi bộ lọc.

4. Khử khuẩn không khí

4.1. Lọc khí

Lọc khí là một công nghệ tương đối dễ sử dụng và được triển khai rộng rãi để loại bỏ các hạt khí dung và khí ga khỏi không khí. Một bộ lọc khí được thiết kế từ các vật liệu dạng sợi hoặc xốp giúp loại bỏ các hạt hô hấp (hạt khí dung và các giọt bắn) trong không khí, giúp giảm sự lây truyền qua đường không khí. Bộ lọc khí ga sử dụng vật liệu hấp thụ chất hữu cơ dễ bay hơi, carbon dioxide (CO₂) và ozone (O₃) trong không khí. Có hai phương pháp thiết kế bộ lọc khí:

- Bộ lọc khí lắp đặt trong hệ thống HVAC để làm sạch không khí lấy từ môi trường bên ngoài và/hoặc không khí tuần hoàn trước khi phân phối vào các không gian trong nhà.

- Bộ lọc khí lắp đặt trong các thiết bị lọc khí di động đặt trong phòng.

Hiệu quả làm giảm nồng độ hạt hô hấp trong không khí của một hệ thống lọc khí phụ thuộc vào nhiều yếu tố như hiệu suất lọc, tốc độ dòng khí qua bộ lọc, kích thước của hạt hô hấp và vị trí của bộ lọc trong hệ thống HVAC hoặc trong phòng.

Thiết kế kỹ thuật cho cơ sở y tế thường sử dụng tiêu chuẩn hiệu suất lọc khí theo giá trị báo cáo hiệu quả tối thiểu (MERV) trong tiêu chuẩn ASHRAE 52.2 – 2017 của Hiệp hội Kỹ sư Nhiệt lạnh, Sưởi ấm và Điều hòa không khí Hoa Kỳ (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – ASHRAE), hoặc theo ISO 16890, hoặc EN 1822/ISO 29463 cho các bộ lọc HEPA/ULPA có khả năng loại bỏ $\geq 99,95\%$ các hạt hô hấp với mọi kích cỡ khác nhau.

a) Bộ lọc khí cho hệ thống HVAC

Bộ lọc khí lắp đặt trong hệ thống HVAC được thiết kế để lọc không khí trong một khu vực hoặc toàn bộ tòa nhà khi hệ thống đang hoạt động.

Dù được sản xuất theo tiêu chuẩn nào thì mỗi bộ lọc khí đều có các thông số kỹ thuật cơ bản do nhà sản xuất cung cấp, như hiệu suất lọc, lưu lượng gió định mức và độ chênh áp ban đầu. Bộ lọc càng lọc được nhiều bụi mịn (tức là bộ lọc có chỉ số MERV càng cao) thì không khí càng khó đi qua, hay nói cách khác là chênh áp càng lớn. Điều này làm giảm lưu lượng gió và có thể gây quá tải cho quạt nếu không được thiết kế phù hợp.

Khi lựa chọn bộ lọc và quạt cho hệ thống HVAC, cần cân nhắc nhiều yếu tố, như cấp độ sạch cần đạt, số lần trao đổi khí mỗi giờ, trở lực của hệ thống đường ống và bộ lọc, công suất của quạt hút/đẩy... Việc này nên tham khảo tư vấn từ người có chuyên môn để đảm bảo hệ thống hoạt động hiệu quả và ổn định.

b) Thiết bị làm sạch không khí di động

Thiết bị làm sạch không khí di động (máy làm sạch không khí, máy lọc không khí hoặc máy khử khuẩn không khí...) được thiết kế để lọc không khí trong một căn phòng hoặc một khu vực bằng cách tuần hoàn không khí qua bộ lọc.

Hiệu suất của máy lọc không khí di động được đánh giá dựa trên tốc độ cung cấp không khí sạch (CADR). Máy có giá trị CADR càng cao thì khả năng loại bỏ các hạt khỏi không khí trong phòng càng nhanh và thể tích không khí được khử khuẩn càng lớn.

Máy lọc không khí di động có bộ lọc HEPA có thể được sử dụng để hỗ trợ lọc không khí trong các môi trường đông người có nguy cơ cao như khu vực khám ngoại trú, buồng bệnh, phòng xét nghiệm, vv. Một số lưu ý chính khi sử dụng máy lọc không khí di động (6):

- Thiết bị này có hiệu quả trong việc làm sạch không khí trong các không gian nhỏ để giảm nồng độ các hạt bụi và hạt khí dung.
- Hiện vẫn chưa có thông tin đầy đủ về hiệu suất tổng thể, sự thay đổi hiệu quả theo thời gian và vị trí đặt máy tối ưu.
- Thiết bị này không thể đưa không khí tươi ngoài trời vào để pha loãng không khí trong buồng và do đó không thể thay thế hệ thống thông khí trong bất kỳ trường hợp nào.
- Tùy thuộc vào loại máy lọc không khí di động, không khí đã được lọc có thể được xả ra bên ngoài buồng hoặc được tuần hoàn lại trong buồng.
- Khi sử dụng cần tính toán để điều chỉnh lưu lượng lọc khí của máy phù hợp với kích thước của buồng để đạt được số lần thay đổi không khí mỗi giờ (ACH) mong muốn.
- Khi sử dụng máy lọc không khí di động có bộ lọc HEPA trong khu vực buồng bệnh, cần lưu ý các điểm sau:
 - + Hướng lưu thông không khí từ khu vực sạch đến khu vực ít sạch hơn (ưu

tiên loại máy lọc không khí di động có bộ lọc HEPA tạo ra dòng không khí đơn chiều từ đầu khí vào đến đầu khí xả).

+ Đặt ở các khu vực có người và đặt gần người, để cung cấp khả năng làm sạch tối đa đối với nguồn lây nhiễm (Hình 9).

+ Nên để máy vận hành liên tục.

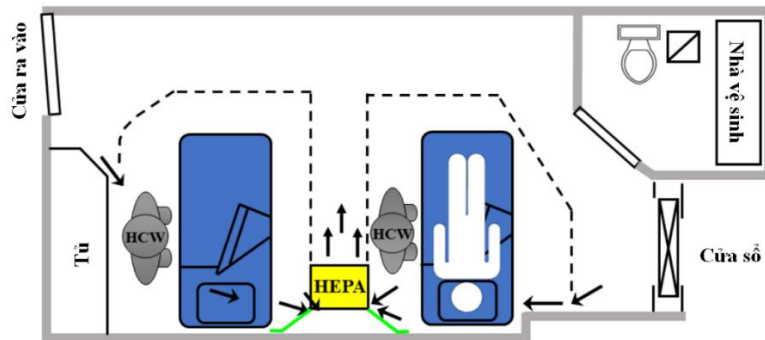
+ Công suất của máy lọc không khí di động phải ít nhất đáp ứng sự chênh lệch giữa yêu cầu thông khí tối thiểu và tốc độ thông khí thực đo của buồng.

+ Tránh đặt máy lọc không khí di động dưới cửa thải khí của hệ thống điều hòa vì điều này sẽ giảm hiệu quả của máy lọc.

- Kiểm tra, bảo trì và vệ sinh định kỳ theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Mang đầy đủ phương tiện PHCN khi bảo trì, sửa chữa máy lọc không khí di động đặt ở buồng NB mắc bệnh lây truyền qua đường không khí.

- Việc lựa chọn máy lọc không khí di động với bộ lọc HEPA dựa trên các yếu tố sau:

- + Kích thước của buồng (thể tích buồng)
- + Tốc độ thông khí thực tế tại buồng (ACH)
- + Tốc độ cung cấp không khí sạch của thiết bị di động



Hình 9. Ví dụ vị trí đặt máy lọc không khí di động trong buồng bệnh (6).

4.2. Tia cực tím diệt khuẩn (GUV)

Tia cực tím đã được chứng minh có hiệu quả trong khử khuẩn môi trường. Đối với bệnh lao, tia cực tím có thể giảm lây truyền lao tại buồng bệnh lên đến 70%, kể cả những chủng lao đa kháng thuốc. Tia cực tím cũng có thể bất hoạt cả những vi khuẩn thông thường như *Escherichia coli*, Extended Spectrum Beta-Lactamase-producing *Escherichia coli* (ESBL), Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), vi-rút cúm A/H1N1, A/H3N2 và cả SARS-CoV-2. Do đó thiết bị phát tia (đèn) cực tím được khuyến nghị sử dụng trong các hướng dẫn của CDC, TCYTGT để làm giảm sự lây truyền vi khuẩn lao trong các cơ sở KBCB.

Tham khảo thêm cách lắp đặt, sử dụng và bảo dưỡng các hệ thống khử khuẩn không khí sử dụng tia cực tím trong Hướng dẫn Kiểm soát lây nhiễm lao trong cơ

sở khám bệnh, chữa bệnh và cộng đồng (Ban hành tại Quyết định số 579/QĐ-BYT ngày 13/03/2024) (1).

VII. GIÁM SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ THÔNG KHÍ

Giám sát và đánh giá hiệu quả thông khí là rất quan trọng để bảo đảm chất lượng không khí trong cơ sở KBCB, giảm thiểu nguy cơ lây nhiễm cho NB và NVYT. Quá trình đánh giá giúp phát hiện kịp thời các vấn đề của hệ thống thông khí, từ đó đưa ra biện pháp sửa chữa hoặc cải tiến kịp thời.

Kiểm tra hệ thống thông khí cần được thực hiện định kỳ để bảo đảm các khu vực có nguy cơ cao lây nhiễm qua đường không khí luôn duy trì được áp suất và lưu lượng không khí phù hợp.

Giám sát, đánh giá hiệu quả thông khí được thực hiện bằng các hoạt động chính sau:

1. Kiểm tra hướng dòng khí hay chênh lệch áp suất buồng

- Hướng dòng khí hay chênh lệch áp suất buồng có thể được đánh giá bằng hai cách:

+ Định tính: sử dụng ống tạo khói, que hương hoặc dải giấy mỏng. Căn cứ vào hướng luồng khói di chuyển để xác định hướng dòng khí. Lưu ý không sử dụng que hương tại các khu vực dễ cháy nổ, ví dụ nơi sử dụng oxy.

+ Định lượng: sử dụng áp kế để đo chênh lệch áp suất giữa các buồng hoặc dùng các hệ thống giám sát áp suất tự động.

- Việc kiểm tra cần được thực hiện và lưu kết quả hàng ngày với những khu vực có nguy cơ cao như buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí, buồng phẫu thuật và định kỳ với các khu vực khác trong cơ sở.

Tham khảo cách thực hiện kiểm tra hướng dòng khí hay chênh lệch áp suất buồng ở Phụ lục 3.

2. Đánh giá tốc độ thông khí

- Tốc độ thông khí tại các khu vực trong cơ sở KBCB cần được định kỳ đánh giá để xác định mức độ bảo đảm các yêu cầu về thông khí trong cơ sở, đặc biệt tại các khu vực có nguy cơ cao như buồng mổ, buồng cách ly bảo vệ NB hồi sức tích cực nặng, NB suy giảm miễn dịch, buồng cách ly người bệnh qua đường hô hấp.

- Tốc độ thông khí được đánh giá qua việc đo đạc và tính toán số luân chuyển không khí mỗi giờ (ACH). Tham khảo Phụ lục 4 về cách thức tính ACH ở các buồng được thông khí tự nhiên hoặc thông khí kết hợp. Việc xác định tốc độ thông khí ở các buồng hay khu vực thông khí cơ học cần được thực hiện bởi người đã được đào tạo và sử dụng thiết bị phù hợp.

3. Đánh giá vi sinh không khí và độ sạch không khí

Định kỳ thực hiện lấy mẫu và xét nghiệm đánh giá chất lượng vi sinh không khí và độ sạch không khí cho các khu vực có nguy cơ cao như phòng phẫu thuật, khu cách ly lây truyền qua đường không khí, khu cách ly bảo vệ NB hồi sức tích cực nặng, NB suy giảm miễn dịch theo Quyết định số 3916/QĐ-BYT ban hành ngày 28/08/2017 và TCVN 8664-1:2011 (Phụ lục 6).

VIII. TỔ CHỨC THỰC HIỆN

- Giám đốc, người đứng đầu cơ sở KBCB chịu trách nhiệm bảo đảm chất lượng thông khí trong quá trình thiết kế, xây dựng và vận hành các tòa nhà của cơ sở. Hằng năm, cần kiểm tra, giám sát, đánh giá hiệu quả thông khí tổng thể toàn cơ sở và/hoặc sau khi sửa chữa, cải tạo, xây dựng mới. Định kỳ ít nhất mỗi 6 tháng, cần kiểm tra, giám sát và đánh giá hiệu quả thông khí tại các khu vực có nguy cơ cao lây nhiễm qua đường không khí, khu vực phẫu thuật và khu vực NB cần được bảo vệ.

- Khoa KSNK chịu trách nhiệm kiểm tra, giám sát, đào tạo và tư vấn về việc thực hiện các quy định về thông khí trong cơ sở KBCB nhằm ngăn ngừa nhiễm khuẩn cho NB, NVYT và khách thăm.

- Phòng Vật tư trang thiết bị y tế và Hành chính, quản trị chịu trách nhiệm đề xuất các tiêu chí lựa chọn, lắp đặt và bảo trì các thiết bị thông khí phù hợp với điều kiện của cơ sở KBCB; cử người tham gia các khóa đào tạo quản lý, vận hành hệ thống thông khí, và đào tạo, tập huấn lại cho các nhân viên chuyên trách quản lý hệ thống thông khí theo phân công của cơ sở KBCB.

- Lãnh đạo các khoa lâm sàng và cận lâm sàng có trách nhiệm bảo đảm tuân thủ các quy định về thông khí tại khu vực do mình quản lý.

- Đơn vị an toàn lao động có trách nhiệm xây dựng, đôn đốc việc thực hiện đánh giá hằng năm nguy cơ rủi ro liên quan tới hệ thống thông khí đồng thời xây dựng kế hoạch ứng cứu khẩn cấp.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1:

Tiêu chuẩn thông khí và tiêu chuẩn sạch của không khí tại những khu vực chính trong cơ sở KB, CB ⁽¹¹⁾

Khu vực	ACH không khí tươi ^a	ACH tổng ^b	Nhiệt độ	Độ ẩm tương đối	Cấp độ sạch của không khí ^c	Hiệu suất tối thiểu của bộ lọc khí
Buồng phẫu thuật	4	20	20-24°C	20-60%	ISO 8	MERV16
Khoa Cấp cứu/ Buồng phẫu thuật cấp cứu	3	15	21-24°C	20-60%	ISO 8	MERV14
Buồng cách ly bảo vệ người bệnh	2	12	21-24°C	≤60%	ISO 8	HEPA
Buồng cách ly bệnh lây truyền qua đường không khí	2	6	21-24°C	20-60%	ISO 8	MERV14
Khoa Hồi sức tích cực	2	6	21-24°C	30-60%	ISO 8	MERV14
Buồng sinh/ Buồng hồi sức sau sinh	2	6	21-24°C	≤60%	ISO 8	MERV14
Buồng điều trị bỏng	2	6	21-24°C	40-60%	ISO 8	HEPA
Buồng khám nghiệm tử thi	2	12	20-24°C	≤60%	ISO 8	MERV8
Buồng điều trị nội trú	2	4	21-24°C	≤60%	ISO 9	MERV14
Khu vực điều trị lọc máu	2	6	22-26°C	≤60%	ISO 9	MERV8
Khu vực xét nghiệm	2	6	21-24°C	≤60%	ISO 9	MERV8
Buồng khám	2	4	21-24°C	≤60%	ISO 9	MERV8
Khu giặt là	2	10	-	≤60%	ISO 9	MERV8

^a Tần suất không khí tươi ở môi trường bên ngoài được đưa vào thay thế không khí ô nhiễm trong tòa nhà.

^b Tần suất không khí ô nhiễm trong tòa nhà được thay thế bởi không khí tươi từ môi trường bên ngoài và không khí tuần hoàn đã được xử lý.

^c Xếp loại theo thông số kỹ thuật ở Phụ lục 6 và tài liệu tham khảo 12

- Không quy định

Phụ lục 2:

Mối liên quan giữa ACH và thời gian cần thiết để loại bỏ không khí ô nhiễm khỏi một không gian¹

ACH	Số phút cần thiết để loại bỏ 99% không khí ô nhiễm	Số phút cần thiết để loại bỏ 99,9% không khí ô nhiễm
2	138	207
4	69	104
6	46	69
8	35	52
10	28	41
12	23	35
15	18	28
20	14	21
50	6	8

¹ <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/environmental-control/appendix-b-air.html>

Phụ lục 3:

Cách kiểm tra hướng dòng khí hay chênh lệch áp suất buồng

1. Kiểm tra hướng dòng khí định tính

a) Sử dụng ống tạo khói hoặc que hương:

- Ống tạo khói hoặc que hương có thể được sử dụng để tạo ra một vệt khói theo hướng lưu thông không khí.

- Giữ ống tạo khói/que hương song song với cửa đóng, cách khe dưới cửa khoảng 5 cm bên ngoài buồng. Khói sẽ di chuyển theo hướng lưu thông không khí.

- Phiên giải kết quả: Nếu buồng có áp suất âm, khói sẽ di chuyển dưới cửa và vào trong phòng. Nếu buồng có áp suất dương, khói sẽ di chuyển ra xa khỏi cửa và hướng vào hành lang ngoài buồng.



Hình 10. Sử dụng ống tạo khói hoặc que hương để kiểm tra hướng dòng khí (1).

b) Sử dụng dải giấy mỏng: có thể thực hiện tại cửa ra vào hoặc cửa sổ

- Tại cửa ra vào: Giữ đầu của một dải giấy mỏng trước cửa buồng, cách sàn khoảng 2,5 cm, kiểm tra từ bên ngoài buồng. Nếu không có khe hở giữa cửa và sàn (ví dụ: cửa trượt), thì có thể mở cửa một chút để thực hiện kiểm tra.

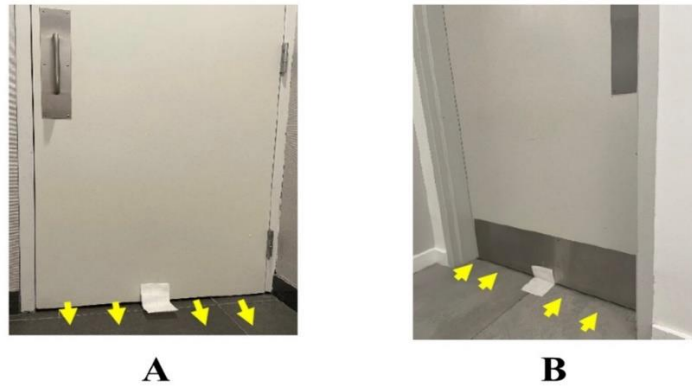
- Tại cửa ra vào hoặc cửa sổ (cửa sổ mở ra môi trường bên ngoài), kiểm tra từ bên trong buồng: Giữ đầu của một dải giấy mỏng trước mặt trong của cửa.

- Phiên giải kết quả:

- Nếu dải giấy bị kéo vào trong buồng, điều này chứng tỏ buồng có áp suất âm.

- Nếu dải giấy bị đẩy ra hướng ngoài buồng, điều này chứng tỏ buồng có áp suất dương.

- Nếu dải giấy không di chuyển, điều này chứng tỏ không có sự chênh lệch áp suất.



Hình 11. Sử dụng dải giấy mỏng để kiểm tra hướng dòng khí (2).

- A) Buồng áp lực âm: dòng khí, mô phỏng bằng dải giấy, được hút vào bên trong buồng.
 B) Buồng áp lực dương: dòng khí, mô phỏng bằng dải giấy, được đẩy ra phía ngoài buồng.

2. Kiểm tra hướng dòng khí định lượng

a) Sử dụng áp kế:

- Một ống của áp kế được luồn dưới cửa vào trong buồng, đầu còn lại đặt ở phía ngoài cửa. Màn hình áp kế sẽ hiển thị cho biết buồng có áp suất âm hay dương hay không có chênh lệch áp suất.

b) Sử dụng hệ thống giám sát áp suất tự động (buồng áp lực âm hoặc dương).



Hình 12. Kiểm tra định tính chênh lệch áp suất buồng

A) Dùng áp kế.

- B) Màn hình hiển thị các thông số thống khí, nhiệt độ, độ ẩm được theo dõi tự động.

Nguồn ảnh:

<https://hvacschool.com/what-to-do-with-your-micro-manometer/>

<https://www.setra.com/product/room-pressure-monitors>

Phụ lục 4:

Cách thức tính số luân chuyển không khí mỗi giờ (ACH) ở buồng có thông khí tự nhiên hoặc thông khí kết hợp

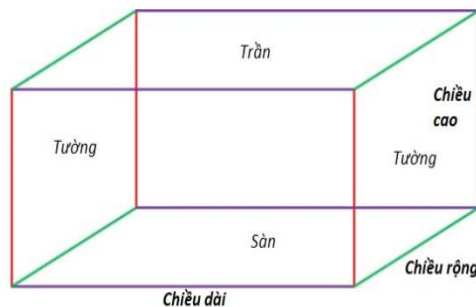
1. Tính thể tích buồng:

Thể tích buồng (V) bằng công thức:

$$V (m^3) = \text{Chiều dài buồng (m)} \times \text{Chiều rộng buồng (m)} \times \text{Chiều cao buồng (m)}$$

Ví dụ: Buồng có chiều dài 5,0 mét, chiều rộng 3,5m, chiều cao 4,0m thì thể tích của buồng là:

$$V (m^3) = 5,0 \times 3,5 \times 4,0 = 70,0m^3$$



2. Tính diện tích khoảng mở:

Diện tích khoảng mở của buồng là đo bề mặt (tính bằng m^2) của tất cả các cửa/lỗ thông hơi trong buồng.

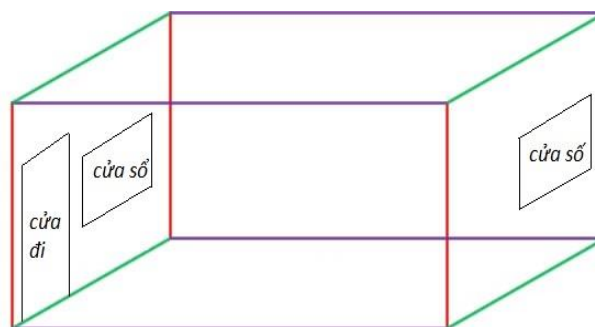
Ví dụ: 1 buồng bệnh có:

02 cửa sổ kích thước dài x rộng: 0,8 x 1,2 m;

01 cửa đi có kích thước 1,2 x 2,5 m.

Diện tích khoảng mở của buồng này là:

$$DT \text{ khoảng mở } (m^2) = (0,8 \times 1,2) \times 2 + (1,2 \times 2,5) = 4,92 m^2$$



Lưu ý: Diện tích khoảng mở của một buồng có thể thường xuyên thay đổi do đóng hay mở các cánh cửa sổ, cửa ra vào. Do đó trong quá trình đo đạc, cần quan tâm đến cả diện tích khoảng mở nhỏ nhất và diện tích khoảng mở lớn nhất.

3. Đo tốc độ không khí:

Đo tốc độ không khí đi qua các khoảng mở của buồng bằng máy đo tốc độ gió tại 3 vị trí (*trên, giữa, dưới*) của mỗi khoảng mở và lấy giá trị trung bình.

4. Lưu lượng khí qua khoảng mở (cửa):

Lưu lượng khí qua khoảng mở (m^3/h) được tính bằng công thức:

$$\text{Tốc độ không khí (m/s)} \times \text{Diện tích khoảng mở (m}^2\text{)} \times 3.600\text{s}$$

Ví dụ: Một buồng có gió thổi theo hướng qua cửa sổ vào trong buồng.

Diện tích cửa sổ là $0,8 \times 1,2 = 0,96\text{m}^2$.

Tốc độ gió vào thời điểm đo là $0,5\text{m/s}$.

Lưu lượng khí qua khoảng mở là:

$$\text{Lưu lượng khí qua khoảng mở} = 0,96 \times 0,5 \times 3.600 = 1.728 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

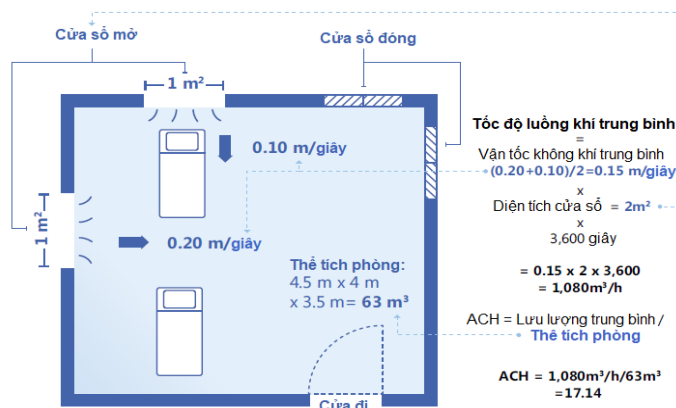
5. Công thức tính ACH:

Số lần trao đổi gió (lần/giờ) = lưu lượng gió ($\text{m}^3/\text{giờ}$)/Thể tích buồng(m^3)

$$\text{ACH} = \frac{\text{vận tốc gió (m/s)} \times \text{Diện tích mở nhỏ nhất (m}^2\text{)} \times 3.600 \text{ (s/h)}}{\text{Thể tích buồng (m}^3\text{)}}$$

Ví dụ: Một buồng có thể tích 70m^3 ; có gió thổi đồng hướng; tốc độ gió là $0,5\text{m/s}$; Tổng diện tích khoảng mở tại thời điểm đo là $4,92 \text{ m}^2$. ACH của buồng này là:

$$\text{ACH} = \frac{0.5 \text{ m/s} \times 4,92 \text{ m}^2 \times 3.600 \text{ s/h}}{70 \text{ m}^3} = 126 \text{ (xấp xỉ)}$$



Hình 13: Ví dụ về cách tính ACH của một buồng bệnh (1)

Phụ lục 5:
Các tiêu chuẩn lọc khí

Tiêu chuẩn EN 1822 / ISO 29463*		
Nhóm	Phân lớp	Hiệu suất tổng tại MPPS[#] (%)
EPA	E10	85
	E11 / ISO 15E	95
	E12 / ISO 25E	99.5
HEPA	H13 / ISO 35H	99.95
	H14 / ISO 45H	99.995
ULPA	U15 / ISO 55U	99.9995
	U16 / ISO 65U	99.99995
	U17 / ISO 75U	99.999995

Xếp hạng các cấp độ hiệu suất bộ lọc theo tiêu chuẩn ASHRAE 52.2 - 2017 và ISO 16890 (11)*	
ASHRAE MERV	ISO
1 – 6	ISO Coarse
7 – 8	ISO Coarse > 95%
9 – 10	ePM10
11 – 12	ePM2.5
13 – 16	ePM1

* Các bảng trên chỉ mang tính định hướng. Không có quy đổi tương đương giữa MERV và ISO 16890 do phương pháp thử khác nhau. Khi lập hồ sơ kỹ thuật nên chọn một hệ tiêu chuẩn duy nhất: ASHRAE 52.2 - 2017 hoặc ISO 16890 cho lọc khí chung; EN 1822 / ISO 29463 cho HEPA/ULPA.

[#] MPPS (Most Penetrating Particle Size): là kích thước hạt mà tại đó bộ lọc không khí cho thấy khả năng giữ lại hạt tối thiểu.

Ứng dụng điển hình của các bộ lọc xếp theo cấp độ MERV (11)			
MERV	Kích thước hạt tối thiểu	Chất ô nhiễm được kiểm soát phổ biến	Khu vực ứng dụng

1 – 4	$> 10 \mu\text{m}$	Các hạt kích thước lớn như phấn hoa, bụi cát, sợi dệt, vân vân	Khu dân cư
5 – 8	$10 - 3 \mu\text{m}$	Bào tử nấm mốc, mảnh ve bụi, lông động vật	Khu dân cư, văn phòng, khu thương mại
9 – 12	$3 - 1 \mu\text{m}$	Vi khuẩn Legionella, bụi từ máy tạo ẩm, bụi chì...	Bệnh viện, phòng xét nghiệm, phòng thí nghiệm, khu thương mại
13 – 16	$1 - 0.3 \mu\text{m}$	Vi khuẩn, hạt khí dung, dầu ăn, khói, bụi thuốc trừ sâu	Bệnh viện, khu phẫu thuật
17 – 20	$< 0.3 \mu\text{m}$	Vi-rút, bụi carbon, khói	Phòng sạch trong các khu sản xuất linh kiện điện tử, thuốc.

Phụ lục 6:**Tiêu chí đánh giá vi sinh không khí và độ sạch không khí theo TCVN 8664-1:2011****Giới hạn mức độ ô nhiễm vi sinh vật**

Cấp độ sạch	Vi khuẩn không khí (CFU/m ³)	Đặt đĩa thạch (đường kính 90mm) (CFU/4h)(b)	Đĩa thạch tiếp xúc (đường kính 55mm) (CFU/đĩa)	In găng tay (5 ngón tay) (CFU/găng)
A	<1	<1	<1	<1
B	10	5	5	5
C	100	50	25	-
D	200	100	50	-

a: Giá trị trung bình.

b Đặt riêng biệt từng đĩa thạch có thể trong thời gian ngắn hơn 4h

Lưu ý: các vi khuẩn không được phép có mặt trong môi trường buồng phẫu thuật: *S. pyogenes*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*... và các vi khuẩn có khả năng gây bệnh khác

Tiêu chí đánh giá độ sạch của không khí theo cấp độ ISO và cấp độ EU GMP
(12, 13)

Cấp độ ISO (ISO14644-1:2015)	Cấp độ lớp (EU GMP)	Hàm lượng tối đa các hạt trong 1m ³ không khí					
		0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5µm	1 µm	5 µm
ISO 1		10	2	-	-	-	-
ISO 2		100	24	10	4	-	-
ISO 3		1000	237	102	35	8	-
ISO 4		10000	2370	1020	352	86	-
ISO 5	A	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO 6	B	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO 7	C	-	-	-	352000	83200	2930
ISO 8	D	-	-	-	3520000	832000	29300
ISO 9		-	-	-	35200000	8320000	293000

Bảng phân loại cấp độ ISO theo khu vực

Phụ lục 7:**Kế hoạch kiểm tra hệ thống thông khí trong cơ sở KB, CB ⁽¹¹⁾**

Thông số	Khoảng đo	Thiết bị đo	Tần suất hiệu chuẩn thiết bị đo	Tần suất đo	Tiêu chuẩn tuân thủ
Chênh lệch áp suất	0 – 50 Pa	Máy đo chênh lệch áp suất (sai sót tối đa 1%)	Hàng năm hoặc theo khuyến cáo của nhà sản xuất	Hàng ngày ở khu vực nguy cơ cao; 6 tháng/lần ở các khu vực khác; sau mỗi lần bảo dưỡng hệ thống HVAC; sau mỗi lần sửa chữa*	Chênh lệch ít nhất 2.5 Pa
Độ toàn vẹn của bộ lọc HEPA	0 – 100%	Máy tạo hạt khí dung và máy đếm hạt	Hàng năm hoặc theo khuyến cáo của nhà sản xuất	Mỗi năm một lần; sau mỗi khi thay bộ lọc HEPA; sau mỗi lần sửa chữa*	Số lượng hạt đo được sau khi qua bộ lọc không quá giới hạn cho phép của nhà sản xuất
Tốc độ dòng khí	50 – 4000 m ³ /h hoặc tốt hơn 0.01 – 50 m/s hoặc tốt hơn	Máy chụp đo tốc độ gió Máy đo tốc độ gió (aneometer)	Hàng năm hoặc theo khuyến cáo của nhà sản xuất	Mỗi năm một lần; sau mỗi lần sửa chữa*	Xem Phụ lục 4
Hướng di chuyển của dòng khí	Không áp dụng	Thiết bị tạo khói Dải giấy mỏng	Không áp dụng	Mỗi năm một lần; sau mỗi lần sửa chữa*	Dòng khí nên di chuyển theo một hướng đi từ khu vực sạch tới khu vực ít sạch hoặc ô nhiễm

* Sửa chữa có thể ảnh hưởng tới sự thông khí, ví dụ cải tạo cơ sở hạ tầng, sắp xếp lại thiết bị, nội thất, v.v.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hướng dẫn Kiểm soát lây nhiễm lao trong cơ sở khám bệnh, chữa bệnh và cộng đồng (Quyết định số 579/QĐ-BYT ngày 12/03/2024).
2. Infection Control Guide on Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) for Nurse Managers and Clinicians, American Society for Health Care Engineering (ASHE) (2022).
3. Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19, WHO (2021).
4. Natural Ventilation for Infection Control in Health-care Settings, WHO (2009).
5. ANSI/ASHRAE/ASHE 170-2021: Ventilation of Health Care Facilities
6. Guidelines on Ventilation in the Healthcare Setting to Reduce the Transmission of Respiratory Pathogen, Malaysia Ministry of Health (2021).
7. Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings (2007), Appendix A: Table 5. Components of a Protective Environment
<https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/isolation-precautions/appendix-a-table-5.html#toc>
8. Health Technical Memorandum 03-01 Specialised ventilation for healthcare premises Part A: The concept, design, specification, installation and acceptance testing of healthcare ventilation systems, National Health System, UK (2021).
9. Operational Handbook on Tuberculosis. Module 1: Prevention_Infection Prevention and Control, WHO (2023).
10. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facility, CDC (2003 - updated July 2019).
11. Guidance on Indoor Environmental Quality in Health Care Facilities. Pan American Health Organization (PAHO) (2023).
12. ISO 14644-1:2015 - Cleanrooms and associated controlled environments – Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration, International Organization for Standardization (ISO) (2015).
13. EudraLex - The Rules Governing Medicinal Products in the European Union, Volume 4, Annex 1: Manufacture of Sterile Medicinal Products, European Commission (2008).
14. TCVN 5687:2024: Thông gió và điều hòa không khí: Yêu cầu thiết kế (2024).
15. Wallengren K., et. al., Resistance to TB drugs in KwaZulu-Natal: causes and prospects for control, (2011) <https://arxiv.org/abs/1107.1800>

16. Hubad B., Lapanje A. (2012). Inadequate hospital ventilation system increases the risk of nosocomial *Mycobacterium tuberculosis*. *Journal of Hospital Infection*, 80(1), 88-91.
<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2011.10.014>.
17. Ha, L. D., et. al.. (2004). Lack of SARS Transmission among Public Hospital Workers, Vietnam. *Emerging Infectious Diseases*, 10(2), 265-268.
<https://doi.org/10.3201/eid1002.030707>.
- Zhiqiang (J)Z., Osborne AL., (2013). Stimulation-based feasibility study of improved air conditioning systems for hospital operation room. *Frontiers of Architectural Research*, 2(4), 468-475.