



2020年10月26日放送

「医療施設に必要な換気と空調の考え方」

産業医科大学 作業環境計測制御学教授 宮内 博幸

医療施設における換気・空調の考え方

医療施設における換気と空調の機能は、快適な療養環境、労働環境を作ること、そして、感染を制御することです。感染を制御するためには感染患者を隔離し、感染し易い患者は保護をして、感染症の拡散を防止することが重要です。そのためには空気の気流、圧力を適正に管理し、清潔区域と汚染区域とのクロスコンタミネーションを防止することが必要です。また、部屋ごとの適切な温度・湿度・空気清浄度・気流方向や空気バランスの維持が必要と言えます。(図1)

図1 医療施設に必要な換気と空調の役割

冷暖房	温度	加熱(暖房)	快適環境	機器からの発熱除去	熱中症防止
		冷却(冷房)			
	湿度	加湿	ウイルス・真菌抑制	快適環境	結露防止
		除湿			
換気	空気質	浄化	空気感染予防	衛生管理	快適環境
		外気導入			
	気流	方向	空気感染予防	交差汚染予防	快適環境
		室圧			

医療施設についての法令

次に医療施設についての法令ですが、最も重要な法令として医療法第20条があります。この20条では「病院、診療所または助産所は清潔を保持するものとし、その構造設備は衛生上、防火上、及び保安上、安全と認められるようなものでなければならない」となっています。

これを受けて医療法第23条では「病

図2 清浄度クラスと換気条件
病院設備設計ガイドライン HEAS-02-2013より

医療法第20条	●病院、診療所または助産所は、清潔を保持するものとし、その構造設備は、衛生上、防火上及び保安上安全と認められるようなものでなければならない。
医療法第23条	●病院、診療所又は助産所の構造設備について、換気、採光、照明、防湿、保安、避難及び清潔その他衛生上遺憾のないように、必要な基準を厚生労働省令で定める。
施行規則第16条	●機械換気設備は、感染症病室、結核病室又は病理細菌検査室の空気が、風道を通して病院又は診療所の他の部分に流入しないようにすること。 ●感染症病室及び結核病室には、病院又は診療所の他の部分及び外部に対して、感染予防のために遮断その他必要な方法を講ずること。

院などの構造設備において、換気、採光や照明、防湿、保安や避難、および清潔などについて、衛生上、十分な基準を厚生労働省令で定める」としています。さらに空気環境については、施行規則第 16 条において「感染症病室、結核病室又は病理細菌検査室の空気が、病院又は診療所の他の部分に流入しないようにすること、また、空気の遮断、その他、必要な方法を講ずること」とされています。(図 2)

自主的な医療施設の換気・空調管理

一方、自主的な管理の取り組みとしては、2013 年に一般社団法人 日本医療福祉設備協会より「病院設備設計ガイドライン 空調設備編」が出され、必要最小の換気回数と、病原体を含めた粒子状物質を除去するためのフィルター性能などが提案されています。病院内の空気質清浄度は I から V の 5 つのクラスに分けられ、それぞれのクラスに適した空調・換気システムを示しています。

図3 清浄度クラスと換気条件
病院設備設計ガイドライン HEAS-02-2013より

クラス	区域	清浄度など	該当室	室内圧
1	高度清浄	高度・層流方式	バイオクリーン手術室・易感染患者用病室	陽圧
2	清潔	1より低い	一般手術室	陽圧
3	準清潔	2より低い 4より高い	NICU・ICU・CCU・分娩室・未熟児室など	陽圧
4	一般清潔	開創状態でない患者在室	一般病室・人工透析室・待合室・新生児室	等圧
5	汚染管理	感染性物質などが発生	隔離検査室・感染症用管理病室・内視鏡室	陰圧
	拡散防止	不快な臭気や粉塵などが発生	患者用便所・汚物処理室・使用後リネン室	陰圧

その他、空気質清浄度のクラス分類として、クリーンルームについては JIS 規格や ISO 規格があります。(図 3)

また、空調についての国際的な学術団体として、米国暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) があります。ASHRAE は特に医療施設の感染症防止についてガイドラインをつくり、建物全体のシステムを制御することにより、感染症リスクを減らすことができるとしています。

アメリカでは、今まで通院・入院の患者の 4~5% が院内感染に罹っていると言われ、院内感染の 80~90% は直接接触感染、10~20% は空気伝播感染と推定されています。これらに対応するため、ASHRAE では 2013 年に「病院空調設計マニュアル」を公表しました。

このマニュアルでは空調システムで行うことのできる感染制御として、主に希釈換気、排気、空気の調和、清浄化の 4 つの項目に分けて解説しています。

希釈換気の目的は、室内空気の再循環を避け、新鮮な外気を導入して換気量を増やすことにより、屋内の汚染物質の蓄積を希釈することです。

排気の目的は、局所的な換気を継続して行い、汚染物質を除去することです。たとえば外の空気を室内へ取り入れ、部屋を通り、トイレで排気させる方法などがあります。この場合、空気は最もクリーンな区域から一般区域、汚染区域へと向かって流れるようにすることを推奨しています。

空気調和の目的は、室内の温湿度などを最適な範囲内に制御することです。湿度につ

いては、エアロゾル中の微生物にとって最も好ましくない生存率である相対湿度 40～60%を維持することが推奨されています。

また、清浄化は適正かつ安全に、空気の清浄を行うことです。高性能のエアフィルターを使用し、空気清浄技術を用いて粒子や微生物を取り除き、無害化や不活性化をさせます。(図4)

図4 米国暖房冷凍空調学会のガイドライン
ASHRAE HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics Second Edition 2013

希釈換気	<ul style="list-style-type: none"> ●新鮮な外気を導入して換気量を増加させる (CO₂センサーによる制御換気システムDCVを使用しない) ●換気回数多ほど室内浮遊粒子濃度が指数関数的に減衰
排気	<ul style="list-style-type: none"> ●局所的な換気を継続して行い、汚染物質の除去 ●最クリーンな区域から汚染区域への気流づくり ●建物使用前後に建物内空気を外気と入れ替え
空気調和	<ul style="list-style-type: none"> ●室内湿度は最適な範囲内 (40～60%) ●低湿度は乾燥感、高湿度はダンプネスの原因 ●制御室間の圧力差を維持
清浄化	<ul style="list-style-type: none"> ●適正にかつ安全に空気の清浄化 ●フィルターろ過・MERV(最低捕集効率)13以上 ●殺菌・紫外線UV-C (280-200 nm) など

各室ごとの換気・空調の考え方

次にいろいろな区域についての 換気・空調の考え方をお話しします。

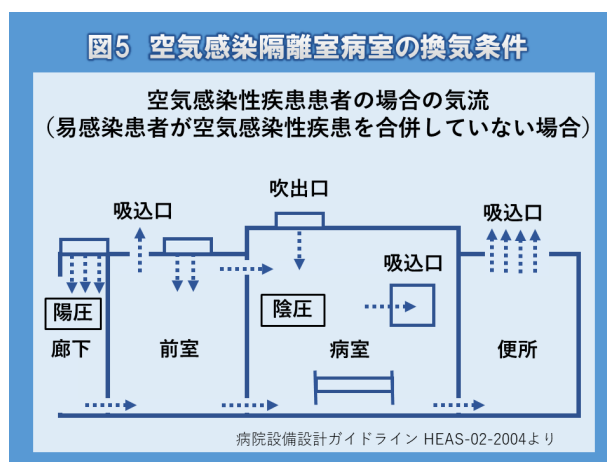
特に厳重な空調管理を必要とする病室として空気感染隔離室病室があります。日本の「病院設備設計ガイドライン」ではクラスV扱いとなり、汚染管理区域となります。したがって、病室内の空気を漏らさないようにするため、常に陰圧を保つ必要があり、廊下と病室の間に前室を設けます。

気圧は廊下が最も高くなり、次に前室、病室の順となります。前室と廊下の間では、-2.5Pa 程度の静圧差を設け、また、前室の病室側と廊下側の扉が同時に開かない構造とすることが望まれます。

ただし、易感染患者が空気感染性疾患を合併した場合、他の病原体からの感染を防ぐために、前室に清浄空気を供給し、この清浄空気を空気感染隔離室病室へ流します。

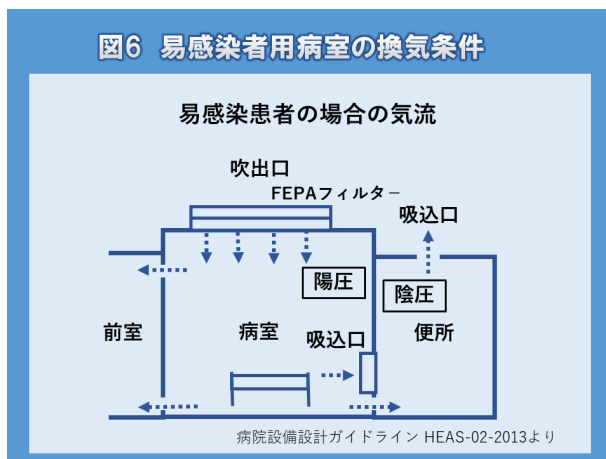
換気方式には、一般的に給気を全て外気とする全外気方式、または一部を循環させて給気に用いる再循環方式がありますが、再循環方式とする場合は、HEPA フィルターなど十分な性能を持っているものを備えることが必要と言えます。室内の空気を入れ替える回数である換気回数は 毎時 12 回以上が望ましいです。また、陰圧構造とするためには室内に不要な隙間の無い構造であることが必要です。

しかし、扉の開閉時には 空気の温度差による対流がおりやすく、扉の上部より病室からの空気が流出するのを防ぐことが必要です。そのため扉の枠部にゴムを用いること、上で吊っているタイプの引戸は、吊り部を流出防止構造とすることが必要です。さらに、常に陰圧状況となっているかを記録装置や警報装置によりモニタリングすることが重要です。(図5)



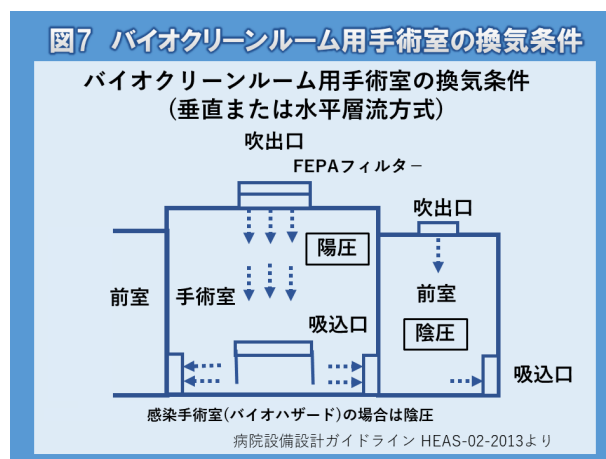
次に易感染者用病室ですが、これは無菌治療室のため「病院設備設計ガイドライン」ではクラス I となり、高度清潔区域となります。また、厚生労働大臣の施設基準を満たせば、無菌治療室管理の保険点数の加算対象となります。その条件として、たとえば加算 1 の場合は、空気清浄度は ISO クラス 6、風の流れを一定方向にする層流方式の空調を使用することが必要です。さらに、病室内にて医師や看護師が診療行為を行っている際にも、この清浄度を保つ必要があります。

一方、米国の疾病予防管理センター(CDC)より 2003 年に出された「環境感染管理のガイドライン」における無菌治療室管理の基準では、室内の気密性を良くし、HEPA フィルタなどを経由した空気では +2.5Pa 以上の陽圧を維持することが必要とされています。換気回数は毎時 12 回以上とし、層流式の一方方向性の気流を作る、また、扉は自動閉鎖式とし、カーペットは使用しない、陽圧である前室を設けるなどのさらに細かい基準が設けられております。(図 6)



手術室については、本国の「病院設備設計ガイドライン」にて、バイオクリーン手術室と一般手術室に分け、それぞれクラス I 高度清潔区域、クラス II 清潔区域と区分しています。バイオクリーン手術室では換気回数は毎時 15 回以上、その内、外気量を毎時 3 回以上、また HEPA フィルターを使用し、気流は垂直または水平に一定方向の気流である層流方式とします。手術室は感染症手術室でない場合の室圧は +2.5Pa とします。

一方、米国の CDC は 1999 年に「手術部位感染防止ガイドライン」を発表し、この中で、エビデンスのある方法をしっかり行い、エビデンスのない無いものは省いて効率的に医療を行うという方向を打ち出しました。その後、2016 年に WHO より「外科手術部位感染予防に関するグローバルガイドライン」が出され、手術内容によって空気の清浄度を分けて管理することが推奨されています。(図 7)



次に診察室ですが、一般的に空気感染の可能性のある患者対応の場合は、患者待合位置に対して陰圧にするとともに、診察室の医師の側から患者方向に気流が流れることが望ましいとされています。ただし、ドアの開閉や人の出入りによる圧力の変化も大きく、

常に陰圧を保てるかは分りませんので、医療スタッフはマスクなどの装着も合わせて行うことが重要です。また、必要に応じて患者に早めにマスクを着用させることや、感染性の患者とそれ以外の患者を分けて診察することが必要と言えます。

まとめ

以上、医療施設についての必要な換気と空調の考え方を述べてきましたが、医療施設は同じ部門であっても、室内に設置される医療機器や滞在する人からの発熱などがあり、空気の状態に差が生じます。部屋の使用目的、使用用途を理解して、個々に対応した空調設備を設計することが必要です。

また、感染制御を医療施設の空調設備の対策で行うのと合わせて、患者や職員の方々の行動や作業方法による対策を行うことが重要と言えます。(図8)

