

最新手術用シーリングサプラユニット「オペラ」の有用性

◆Summary

New ceiling supply unit in the operating room "Opera"

The function of the new ceiling supply unit of Opera is

- ① To maintain the laminar flow from the ceiling system, protecting the surgical site from contamination.
- ② Keeping devices and cables off the floor with the ceiling supply unit.

独立行政法人労働者健康福祉機構
関西労災病院副院長・整形外科部長

大園健二



要旨・独ドレーゲル社製オペラの機能は、
①天井から送気された下降気流の層流を保ち、塵埃の混入を防止すること、②電源・ガスのアウトレットの内蔵により、床面を
はう配線・配管をなくすことにある。

我々は3年前に手術室を増築した。その時に掲げたコンセプトは、時がたっても古さを感じない近未来的な手術室を作ることであった。最近のわが国の多くの手術室は、天井から懸垂されたアームにディスプレイやシーリングサプラユニットと呼ばれる電源・医療用ガスアウトレットを備えている。

これに対し、独ドレーゲル社のオペラシステム（Opera 以下オペラ）は、従来の手術用システムとは一線を画する近未来的な外観と清浄空気供給機能を持つシーリングサプラユニットであり、我々は当時ヨーロッパ諸国にしか導入されていなかった本システムの採用にあえて踏み切った。

本稿では、オペラの概要と導入・運用に当たった注意点について述べる。

オペラの概要

―気流制御と配線・配管を改善するシステム

手術室の清浄度の高い環境を得るために空調の果たす役割は大きい。オペラは術後感染率の改善を目的に開発されたシステムであり、図1に示すように、天井のHEPAフィルター直下にエアスタビライザーと呼ばれるガラス製の仕切りを設け、天井からつるした4本の柱の底面をビームと呼ばれる構造体で結んでいる。

エアスタビライザーは、天井の空調からの送気される垂直下降層流を保つ役割を担い、ビーム上面には照明、ビーム下面には医療用ガス、電源、映像・生体情報ネットワークの端子を備える（図2）。

1 オペラによる気流制御

現在の手術室の空調は、術野の清浄空間を作り出すため、天井面に設置したHEPAフィルターから塵埃を除去した垂直下降層流を床面に向かって吹き出し、この気流を壁面に設置した空気取入口から吸入して一方向の流れを作る。そしてこの下降層流で術野や術者を包み込み術野の清浄度を保つ。これは工業用の設備を医療に取り入れた一例である。

空気中の浮遊細菌と微粒子の数には比例関係があると考えられており、クリーンルームでは、微粒子数で清浄度規格が定められている。これまでよく用いられてきた規格は、0.5μm以上の微粒子数が1フィート立方中100個であればクラス100、1000個であればクラス1000と分類するアメリカ連邦規格である。

一般に、人工関節のような高い清浄度が要求される手術はクラス100に分類されるバイオクリーンルームで行われ、一般的な手術はクラス100000の手術室で行われる。

空気の清浄度を保つためにもうひとつ重要な要素は、術野に層流の気流を供給することにある。だが工業用クリーンルームとは異なり、実際の手術室では无影灯や術者の体による下降気流が当たって手術台上で乱流が発生する。そのため塵埃を含む微粒子が術野に滞留



図2 ビーム上の医療用ガスと電源、生体モニタのアウトレット

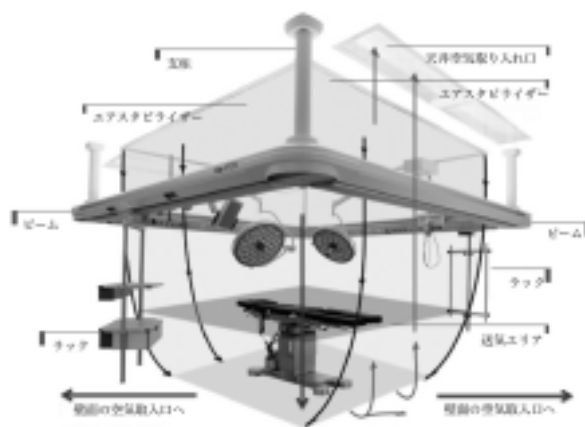


図1 オペラの仕組み

天井からつるされた支柱の下面はビームと呼ばれる梁でつながれる。支柱の内部は、エアスタビライザーと呼ばれるガラス製の壁で仕切られる。天井のHEPAフィルターから送気された空気は、エアスタビライザーの中を層流を保って吹き下ろして術野を包み込み、空気取り入れ口に向かって一方方向の流れを作る。ビームには医療用ガスや電源のアウトレットが埋め込まれ、手術用機器の配管と配電はビーム上から行われる。ビーム上には、電気メスや吸引器を設置可能なラックを取り付けることができる。

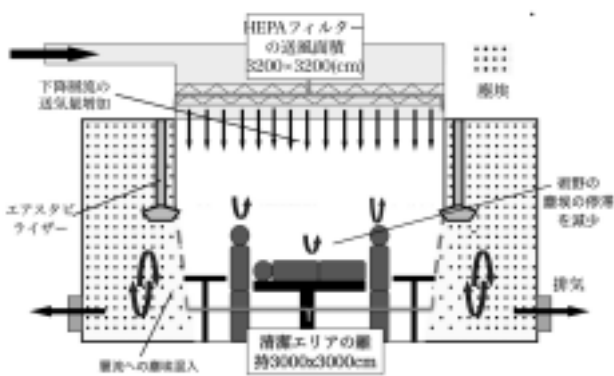


図4 オペラの下降気流

オペラでは、エアスタビライザーによって下降層流への塵埃混入が防止され、かつ層流が保たれるため、手術台上の清潔エリアが従来のシステムより大きく確保できる。さらに、従来のシステムより送気量が多いため、術野における塵埃やサージカルスモークの停滞が防げる。

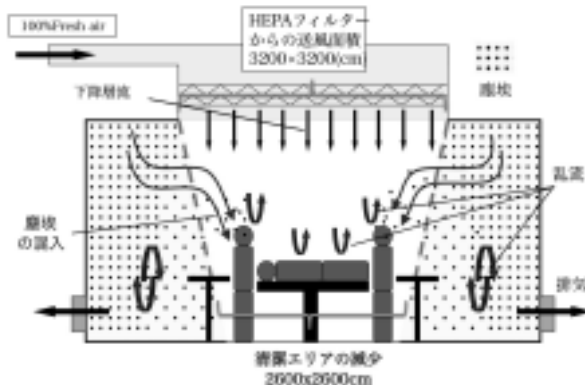


図3 従来のシステムの問題点

従来のシステムでは、HEPAフィルターからの下降層流に気流外側の塵埃が混入し、手術台上の清潔エリアが減少する。また、術者や无影灯に層流が当たって乱流が発生するため、術野に塵埃やサージカルスモークが停滞する。

2 シーリングサブライユニットとしての役割
床に電線や配管がはわないことの重要性
オペラの第2の機能は、シーリングサブライユニット（電源、医療用ガス、通信用端子の接続口）としての役割である。具体的には、ビーム下面に電源や医療用ガス等のアウトレットが設置されている。

一般的な手術室では、中央の医療機器（電気メス等）や吸引器の電線や配管を床にはわせて壁のアウトレットに接続する（図5）。しかし、床をはう電線や配管は感染の危険性、

② 一般的な手術室での下降気流の風速は0.2m/秒であるが、オペラでは大型のHEPAフィルターを用い、さらに風速を0.3m/秒と強く設定しているため、単位面積当たりの送気量が多い。そのため強力な層流が手術台上まで届く（図4）。最近、電気メスによって発生した煙（サージカルスモーク）に含まれるウイルスや化学物質の吸引による術者や看護師の健康被害が懸念されている。オペラは送気量が多いため、サージカルスモークの吸入を抑制することが期待されている。

して清浄度が低下するが（図3）、これまでの乱流の発生を抑制するための対策はほとんどなされていない。オペラでは下降気流の層流を保ち、術野での塵埃の停滞を防止するため以下の機能を持つ。

① 従来のシステムでは、HEPAフィルターを通った下降気流に、塵埃を含む気流外側の空気が混じるが（図3）、オペラではエアスタビライザーによって、この混入が防止される（図4）。



図6 オペラ手術室の床面
床面をはう電線や配管がない。オペラ直下の床面は色分けによって、清潔野と不潔野に区別されている



図5 手術室の床上をはう電線と配管
手術室で使う医療用機器の配線・配管は主に手術室壁面のアウトレットから行うため、電線やガス管が床をはい、大型機器・人の移動と清掃の妨げとなる。しかし、手術室の床上の配線・配管を排除する試みは、ほとんど行われていない

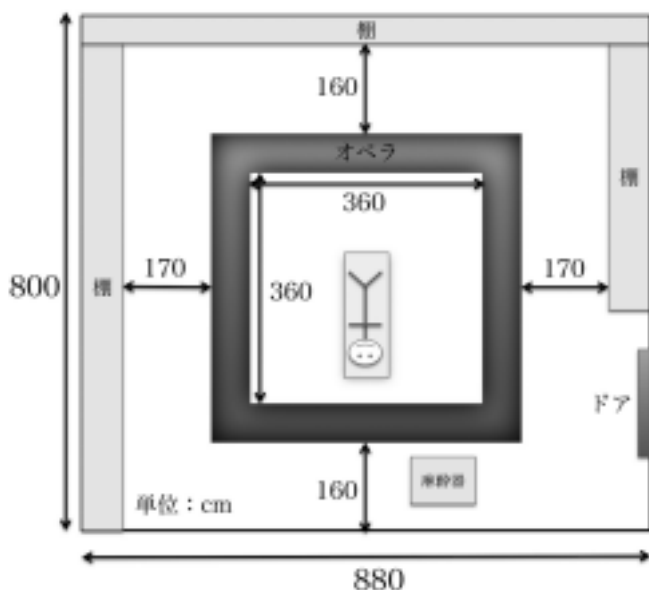


図7 関西労災病院のオペラ手術室の大きさ（内寸）
オペラの周囲には人員と機器の移動用・ワークスペースが必要である。我々の施設ではオペラ周囲に160～170cmの空間を確保している

清掃の手間、レントゲン撮影装置や大型機器や人の出入りの障害、美観を損なう点からデメリットでしかない。実際、多くの機器を用いる脳外科手術での電線・配管の総延長は300mに達する。オペラでは配線・配管をビームの全周から行うため、床の上を電線や配管がはわない（図6）。

また、吸引器、電気メスなどの機器はビーム上を移動可能なラックに搭載できるため、これらの機器を床の上に配置する必要もない（図1）。このようにオペラでは、床上の配線・配管を解消できるので、感染リスクの低下、清掃の省力化に貢献するだけでなく、大型機

器や人の移動が容易になるため、手術室の機能が大きく向上する。

オペラの導入と運用に当たつての注意事項

現在、ヨーロッパでは440セット、中国で7セットのオペラが稼働中であるが、現在わが国では我々の施設の2セットのみが稼働中であるので、導入・運用に当たつての注意事項について述べる。

1 オペラのサイズ

オペラはオーダーメイド品であり、サイズ（縦×横）と高さは設計段階で決定する必要がある。オペラを使用する場合、手術台、術者・助手、手洗い看護師、手術用器械台をオペラ直下に入れなければならないので（麻酔器と麻酔科医はオペラ外で可）、サイズを決定する上で対象とする手術を決める必要がある。オペラの最大サイズは内寸3・6m×3・6mであるが、人工関節手術手術のように多くの手術器械が患者の足側に集中する場合、縦方向は3・6mの長さが必要である。

一方、一般的な腹部手術や整形外科手術では、横方向の長さが3・6mあるとビーム上のラックから手術台までの距離が長くなり、電気メスや吸引器の長いコードと配管が必要になる。

2 オペラの高さ

我々のオペラのビームの高さは2・1mである。ビームが高いと配管の取り外しや清掃

時に不便であるが、低いとCアームや手術用顕微鏡のような高さのある機器の出し入れ時にビームと衝突する可能性がある。我々はこの衝突を回避するため手術室のドアとビームを同じ高さにした。その狙い通り、これらの機器がビームに当たった事例はない。

また、導入前は、ビーム直下に位置する麻酔科医の圧迫感を心配したが、現実にはビームの直下に座っても圧迫感を感じることはない。さらに、ビームの外側にいる麻酔科医や外回り看護師はH E P A フィルターからの垂直下降気流を受けないので、術中の寒さが軽減する。

3 麻酔器の位置

通常、麻酔器は手術台の頭側に位置する。しかし、脳外科手術や耳鼻科手術では、手術の体位・種類によって麻酔器の位置を移動させる必要がある。オペラの大きさが3・6 m×3・6 mあれば、麻酔導入後に手術台を右側または左側に振ることにより、麻酔器の位

置をほぼ固定したままオペラ内で手術を行うことができる。

オペラの周囲には、人員・機器の通路とワークスペースが必要である。我々の施設ではオペラ周囲に1・6×1・7 mのスペースを確保している(図7)。

有用性は明らかであり 今後の普及を期待

術後感染はさまざまな原因によって発生し、発生率も低いため、臨床研究で感染防止法の優位性を示すことは容易ではない。事実、これまでオペラが感染率低下に貢献したという明らかなエビデンスはない。しかし、オペラは、これまでなおざりにされてきた手術台上の乱流の発生や床上の電線・配管の解消に挑んだ革新的なシステムとして、高く評価されることには変わりはない。

筆者はこれまで多くのバイオクリンルームで人工関節手術に携わってきたが、頭上か

ら吹き下ろす下降層流をはっきりと体感できるのはこのオペラのみであって、本システムの気流制御は、有効に機能していると考えている。

下降気流が吹き下ろすエリアはオペラ直下に限定されるため、我々はオペラ直下の床を塗り分けることによって、清潔エリアと不潔エリアを区別している(図6)。これは靴を脱ぐことによって内と外を区別する日本家屋の概念に相通じるものであり、日本人向きのシステムといえる。

オペラは、外科医、麻酔科医、看護師に好評であり、今後わが国でも普及することが期待される。

※ ※

大園健二(おおぞの・けんじ) ●51年兵庫県生まれ。77年阪大医卒。84年同大医学部整形外科助手、00年助教授。06年関西労災病院整形外科部長、09年より副院長、中央手術部部長として現在に至る。