

Sistemas de Climatización para Quirófanos

Módulos de flujo laminar para quirófanos

Ramon Martín
Area Sales Manager
Telstar

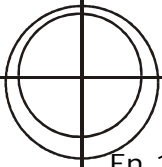
Inicialmente las operaciones quirúrgicas se realizaban en salas convencionales. En el siglo XVIII debido a la importancia que se dio a la utilización y enseñanza de la cirugía, se construyeron las primeras "habitaciones" especialmente destinadas a este fin. Con la incorporación de la anestesia en 1846, se empezó a utilizar habitaciones separadas para evitar angustiar al paciente cuando entraba en el quirófano lleno de estudiantes.

Un poco de historia

Inicialmente las operaciones quirúrgicas se realizaban en salas convencionales de hospitales. En el siglo XVIII, debido a la importancia que se dio a la utilización y enseñanza de la cirugía, se construyeron las primeras "habitaciones" especialmente destinadas a este fin. Con la incorporación de la anestesia en 1846, se empezó a utilizar habitaciones separadas para evitar angustiar al paciente cuando entraba en el quirófano lleno de estudiantes.

El interés por estudiar el aire del quirófano como fuente de infecciones de las heridas se remonta a los años 30s (2) pero no es hasta 1946 cuando Bourdillon – Colebrook (3) publican el primer estudio completo sobre un nuevo sistema de ventilación utilizado en una zona para cambio de vestuario en una unidad de quemados y los efectos que tiene el control de bacterias suspendidas en el aire sobre las infecciones de las heridas. Este sistema consistía en introducir un flujo de aire caliente filtrado por la parte superior de la habitación intentando producir un "efecto pistón" de aire que arrastrase las partículas del aire "sucio" hacia abajo. A partir de estos resultados los autores crearon una serie de recomendaciones sobre "niveles de seguridad" y el control de partículas-bacterias suspendidas en el aire en operaciones de menor o mayor importancia, sobre tejidos con una resistencia normal a las infecciones, en el cambio de vestuario de pacientes con quemaduras y en operaciones del sistema nervioso central. También recomendaban cual debía ser el número de renovaciones de aire en la habitación, entre 20 y 30 por hora en la mayoría de los casos.

En 1948, Bourdillon *et al* (4) observaron que en general los quirófanos solo tenían ventiladores de extracción. El objetivo de esta extracción era eliminar el vapor generado por los instrumentos esterilizados y evitar unas condiciones de trabajo no confortables. Sin embargo, esta extracción generaba una corriente de aire contaminado de las áreas adyacentes hacia el quirófano.



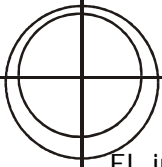
En 1955, durante la investigación sobre un caso de infecciones postoperatorias en una unidad de cirugía torácica, Blowers *et al* (5) encontró altos niveles de bacterias en suspensión en los plenums de ventilación del quirófano diseñados para generar 8 renovaciones por hora. Descubrieron que los ventiladores de extracción, por error, sacaban más aire del quirófano que el introducido por los plenums de ventilación, dando como resultado entre 2-3 renovaciones por hora de una mezcla entre el aire de impulsión y el aire del pasillo (aire contaminado). Después de corregir los fallos en el sistema de ventilación y la introducción de algunos cambios en el procedimiento de trabajo, el número de incidencias por infecciones postoperatorias se redujo a la mitad.

Shooter *et al* (6) introdujo cambios en el diseño de la ventilación de los quirófanos para prevenir que el aire contaminado de los pasillos pudiera ser succionado hacia este. Estos cambios produjeron “una reducción inmediata en la concentración de bacterias en el aire y el número de incidencias por infecciones de heridas” desde 37 infecciones en 427 intervenciones a 5 infecciones en 532 intervenciones. Además, propusieron que para conseguir una mejor ventilación en los nuevos quirófanos, se instalasen múltiples cajas de ventilación en el techo sobre la mesa de operación y cajas de extracción en las paredes a la altura del piso, consiguiendo un flujo de impulsión oblicuo. Dos años después, Kinmoth *et al* (7) describió que al introducir aire fresco y filtrado cruzado sobre la mesa de operación en un quirófano ventilado se observa una reducción en el conteo de bacterias en el aire pero no en el número de incidencias por infecciones de las heridas.

En 1960, Blowers y Crew (8) publicaron los resultados de su investigación para intentar definir los principios del diseño de la ventilación para un quirófano. Hicieron un estudio de campo en 25 quirófanos (10 de los cuales solo tenían extracción) simulando el mismo tamaño de quirófano y utilizando las esporas *Bacillus globigii* como indicadores del flujo de aire, estudiaron el efecto de varias configuraciones de distribución y flujos de aire de impulsión regulando la abertura de 6 rejillas colocadas en el techo. Las conclusiones del estudio fueron una serie de recomendaciones como la eficiencia de los filtros (no inferior a 99,9% para partículas de 5 μ), el ajuste del gradiente de presiones para controlar que el flujo de aire vaya de las zonas limpias a las sucias y la colocación de válvulas de compuerta de regulación de presión para reducir el volumen de aire de impulsión necesario para mantener una presión positiva dentro del quirófano. También se analizaron las ventajas del flujo de impulsión turbulento y la conclusión fue que era conveniente aumentar el flujo de aire hasta lograr 17-20 renovaciones por hora (2039 m³/h para el tamaño simulado).

Ese mismo año, Lidwell y Williams (9) determinaron el comportamiento de los diferentes tipos de ventilación de los quirófanos utilizando un gas trazador (óxido nítrico) y observaron que no había ningún tipo de estándar para los niveles de contaminación permitidos y definieron que el flujo de aire de entrada debería ser expresado en términos de volumen de aire en vez de en número de renovaciones.

Progresos a mediados del siglo XX



El interés de utilizar una ventilación de aire ultralimpio (UCV → ultraclean ventilation) en los quirófanos se origino en los 60s cuando el numero de operaciones de reemplazo de cadera aumento considerablemente. En 1970 Scott (10) describió el flujo de impulsión laminar-lineal y sus aplicaciones en cirugía, también indico que este sistema se había estado utilizando en USA desde hacia 3 años.

Whyte y Shaw (11 y 13) desarrollaron un sistema experimental de flujo laminar filtrado (filtros HEPA) con la posibilidad de controlar la velocidad del flujo y la dirección de este (vertical o inclinado-cruzado). Este sistema lo instalaron en una unidad de cirugía ortopédica para posteriormente (12 y 13) publicar la evaluación bacteriológica concluyendo que el sistema con flujo vertical es mucho mas aséptico que con flujo inclinado-cruzado.

En vista de la falta de consenso sobre la mejor configuración de los sistemas de ventilación en quirófanos, en 1973 se realizo un ensayo en varios centros para comparar el numero de infecciones postoperatorias entre el sistema de ventilación ultraclean UCV (< 10 bcp/m³; con o sin trajes de cirugía ventilados) y el sistema de ventilación convencional en quirófanos de cirugía protésica de cadera y rodilla. Los resultados fueron publicados por Lidwell en 1982 (14) y las conclusiones del estudio fueron que en los quirófanos con sistemas de aire ultraclean y en donde el equipo de cirugía utilizo trajes ventilados completos se redujeron las infecciones bacterianas "sepsis profunda".

Whyte *et al* (15) también comparo el sistema de ventilación UCV con el convencional en operaciones de alta importancia y el resultado fue que los UCV consiguen una reducción 97 veces menor en contaje de bacterias en el aire y 35 veces menor en el contaje de bacterias en la herida. Ellos calcularon que el 98% de las bacterias encontradas en las heridas de cirugías de alto nivel realizadas en quirófanos ventilados convencionales, provienen indirectamente del aire del quirófano, por ejemplo después de que instrumentos quirúrgicos sean expuestos al aire. Lidwell *et al* (16) obtuvo unos resultados similares.

Sistemas de Ventilación de Flujo Vertical

Tradicionalmente, los sistemas de ventilación ultralimpio (UVC → ultraclean ventilation) estaban equipados con sistema de ventilación combinado con rejillas perforadas en las salidas de ventilación. En 1983, con la aparición del difusor-laminador "velo" (CG-screen), se produjo una re-definición del flujo laminar vertical.

Veamos tres sistemas diferentes. el sistema mas comúnmente utilizado en los quirófanos fue el combinado.

El sistema combinado, también llamado sistema de ventilación Clase III (< 500 bcp/m³), consiste en mezclar el aire de entrada con el aire del quirófano y generalmente es utilizado en habitaciones de "tratamiento" donde solo se permite realizar pequeñas cirugías (por ejemplo operaciones oculares con láser). El número de renovaciones recomendado es de 6/hora.

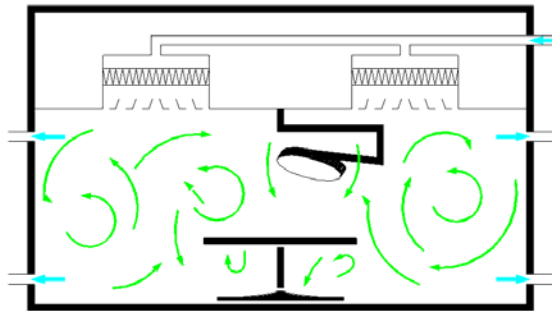


Fig.a Sistema de ventilación compuesto (Clase III)

Países Bajos, Bélgica, Suiza y Alemania. Actualmente este sistema de ventilación es utilizado en quirófanos donde solo se permiten cirugías simples (con pequeñas heridas). El número de renovaciones recomendado es de 20/hora.

A principio de los 80s los quirófanos con rejilla perforada, comúnmente llamados sistemas de ventilación Clase II ($< 200 \text{ bcp/m}^3$), fueron los más habituales y hasta 1995 los sistemas con rejilla perforada fueron el estándar en los



Fig. b Sistema de ventilación con rejilla perforada (Clase II)

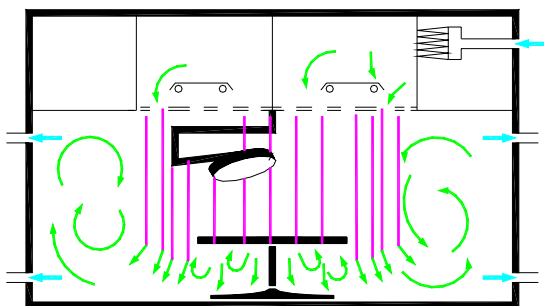
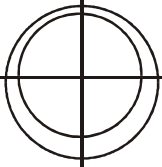


Fig. c Sistema flujo laminar (Clase I)

A mediados de los 90s los quirófanos con "velo" Clase I ($< 10 \text{ bcp/m}^3$) se convierten el estándar en los Países Bajos, Dinamarca, Alemania, Suiza, Austria y Bélgica. Los quirófanos Clase I son necesarios en operaciones quirúrgicas complicadas como el reemplazo de articulaciones (cirugía ortopédica). Además de la protección al paciente, el área de instrumentación también es protegida con flujo laminar vertical y ello ha conducido a una reducción drástica del número de

infecciones postoperatorias debidas al aire de los quirófanos (17)

Actualmente Telstar con la colaboración de su subsidiaria Luwa B.V. en Holanda y LMC en Alemania ofrece sus sistemas de ventilación para las diferentes aplicaciones, y adaptando dimensiones según tipología de quirófono.



Referencias

- 1 Essex-Lopresti M. Operating theatre design. *Lancet* 1999; 353: 1007-10.
- 2 Lidwell OM. Airborne bacteria and surgical infection. *Am J Med* 1981;70: 693-697
- 3 Bourdillon RB, Colebrook L. Air hygiene in dressing rooms for burns or major wounds. *Lancet* 1946;i: 561-565 & 601-605
- 4 Bourdillon RB, McFarlan AM, Thomas JC. Airborne bacteria in operating theatres. In *Studies in Air Hygiene* 1948 HMSO 241-253
- 5 Blowers R, Mason GA, Wallace KR, Walton M. Control of infection in a thoracic surgery unit. *Lancet* 1955;ii: 786-794
- 6 Shooter RA, Taylor GW, Ellis G, Ross JP. Postoperative wound infection. *Surg Gynec Obstet* 1956;103: 257-262
- 7 Kinmoth JB, Hare M, Tracey GD, Thomas CGA, Marsh JD, Jantet GH. Studies of theatre ventilation and surgical wound infection. *Br Med J* 1958; ii: 407-411
- 8 Blowers R, Crew B. Ventilation of operating theatres. *J Hyg* 1960; 58:427-448
- 9 Lidwell OM, Williams REO. The ventilation of operating theatres. *J Hyg* 1960; 58:449-464
- 10 Scott CC. Laminar/Linear flow system of ventilation. *Lancet* 1970;i: 989-993
- 11 Shaw D, Doig CM, Douglas D. Is airborne infection in operating theatres an important cause of wound infection in general surgery? *Lancet* 1973;i: 17-19
- 12 Whyte W, Shaw BH. An experimental laminar-flow operating room. *Lancet* 1971;ii: 905-971
- 13 Whyte W, Shaw BH. A bacteriological evaluation of laminar flow systems for orthopaedic surgery. *J Hyg* 1973; 71: 559-564
- 14 Lidwell OM, Lowbury EJJ, Whyte W, Blowers R, Stanley SJ, Lowe D. Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement: a randomised study. *Br Med J* 1982;285: 10-14
- 15 Whyte W, Hodgson R, Tinkler J. The importance of airborne bacterial contamination of wounds. *J Hosp Infect* 1982;3: 123-136
- 16 Lidwell OM, Lowbury EJJ, Whyte W, Blowers R, Stanley SJ, Lowe D. Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: the relationship to sepsis rates. *J Hosp Infect* 1983;4: 111-131
- 17 Knobben, B.A.S. *Intra – operative Bacterial contamination control, control and consequences*, 2006