Evaluación de riesgos higiénicos en un hospital

Xavier Guardino Solà

PID_00186825

UOC
Universitat Oberta de Catalunya

Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es

Índice

Introducción 7

1. Presentación 11

2. Exposición a radiaciones ultravioleta 13
2.1. Introducción 13
2.2. Efectos sobre la salud 14
2.3. Utilización de las lámparas germicidas en los quirófanos 14
2.3.1. Recomendaciones 16
2.4. Utilización de cabinas PUVA en el departamento de dermatología 17
2.4.1. Recomendaciones 17

3. Exposición a campos electromagnéticos 19
3.1. Introducción 19
3.2. Riesgos en unidades de fisiología y rehabilitación 19
3.2.1. Reducción de la densidad de potencia de la radiación 20
3.2.2. Reducción del tiempo de exposición 21
3.3. Señalización 21
3.4. Resonancia magnética de imagen (RMI) 22
3.4.1. Recomendaciones 23

4. Exposición a radiaciones ionizantes 25
4.1. Instalaciones radioactivas 25
4.2. Radiodiagnóstico 26
4.3. Radioterapia 27
4.4. Medicina nuclear 28

5. Exposición a láseres 29
5.1. Introducción 29
5.2. Aplicaciones médicas de los láseres 29
5.3. Incidentes detectados en el Hospital de Sant Andreu 31
5.4. Medidas de prevención y protección 32

6. Exposición a humos quirúrgicos 33
6.1. Introducción 33
6.2. Composición de los humos quirúrgicos 33
6.2.1. Gases y vapores 33
6.2.2. Partículas diversas 34
6.2.3. Microorganismos 34

6.3. Efectos sobre la salud de las personas expuestas 34
6.4. Determinaciones ambientales 35

7. Exposición a formaldehído. Anatomía patológica..... 39
7.1. Introducción 39
7.2. Clasificación y valores límite 39
7.3. Determinaciones ambientales de formaldehído 40
7.3.1. Laboratorio anatomía patológica. Sala de inclusión 40
7.4. Métodos de control 42
7.4.1. Protección general y colectiva 42
7.5. Control de operaciones específicas 45
7.5.1. Biopsias 45
7.5.2. Lavados y perfusiones 45
7.5.3. Recipientes y envases 46
7.5.4. Transvases 46
7.5.5. Manipulación del formol 47
7.5.6. Tratamiento y eliminación de vertidos 47
7.5.7. Aplicación de formol en áreas o zonas de trabajo 47
7.6. Equipos de protección individual (EPI) 48
7.7. Otros productos químicos en anatomía patológica 48

8. Exposición a glutaraldehído..... 49
8.1. Introducción 49
8.2. Efectos sobre la salud 49
8.3. Clasificación y valores límite 50
8.4. Usos del glutaraldehído en el hospital 51
8.4.1. Esterilización de endoscopios 51
8.4.2. Limpieza de superficies en zonas de alto riesgo 51
8.4.3. Utilización en anatomía patológica, radiología y dermatología 52
8.5. Personal expuesto 53
8.6. Niveles de contaminación 53
8.7. Medidas de protección general y colectiva 53
8.8. Equipos de protección individual (EPI) 54
8.9. Plan de controles ambientales periódicos 54

9. Exposición a oxido de etileno. Esterilización...... 56
9.1. Introducción 56
9.2. Exposición a óxido de etileno en la unidad de esterilización 56
9.2.1. Diseño 57
9.2.2. Determinaciones ambientales 58
9.3. Medidas preventivas 58
9.4. Alternativas al uso del óxido de etileno 59
9.4.1. Peróxido de hidrógeno 59
9.4.2. Peróxido de hidrógeno y ácido peracético 59
9.4.3. Formaldehído 59
9.4.4. Glutaraldehído 60

10. Exposición a cementos óseos. Metacrilato de metilo 61
10.1. Introducción 61
10.2. Manipulación y técnicas de preparación del cemento óseo 61
10.3. Efectos tóxicos y personal expuesto 63
10.4. Clasificación y valores límite ambientales 63
10.5. Medida de la exposición 63
10.6. Medidas para prevenir la exposición 64
10.6.1. Medidas preventivas de tipo general y colectivo 65
10.6.2. Medidas de protección personal 65
10.6.3. Medidas a tomar en caso de liberación accidental 66
10.7. Otros componentes de los cementos óseos 66
10.7.1. Hidroquinona (n.º CAS 123-31-9) 66
10.7.2. Peróxido de benzoílo (nº CAS 94-36-0) 66

11. Exposición a gases anestésicos 67
11.1. Introducción 67
11.2. Efectos sobre la salud y valores límite 67
11.3. Determinaciones ambientales efectuadas en el Hospital de Sant Andreu. 69

12. Exposición a agentes citostáticos. Quimioterapia. 72
12.1. Introducción 72
12.2. Exposición laboral 72
12.3. Cítostáticos determinados en ambientes de trabajo 73
12.3.1. Concentraciones en aire 73
12.3.2. Concentraciones en suelos, superficies de trabajo y guantes 73
12.3.3. Concentraciones en superficies de recipientes (viales) 74
12.4. Medidas de prevención y protección 75
12.4.1. Recepción, almacenamiento y transporte 75
12.4.2. Preparación y reconstitución 76
12.4.3. Área de trabajo 76
12.4.4. Preparación o reconstitución 77
12.4.5. Administración 77
12.4.6. EPI. Características y utilización correcta 78
12.4.7. Gestión de los residuos 78
12.4.8. Excretas de los pacientes 79
12.4.9. Tratamiento de derrames 79
12.4.10. Exposición accidental 80
12.5. Gestión y organización del trabajo 80

13. Exposición a productos químicos en general 82
13.1. Introducción 82
13.2. Medicamentos y productos aplicados directamente a los pacientes por vía oral, dérmica y parenteral 82

13.3. Medicamentos y productos aplicados por vía inhalatoria 82
13.3.1. Aerosolterapia 82
13.3.2. Broncodilatadores y tratamientos de asma 83
13.3.3. Monóxido de nitrógeno (NO) 84
13.4. Agentes conservantes, fijadores y colorantes 84
13.5. Disolventes y otros productos químicos empleados en los laboratorios y en actividades no asistenciales 85
13.6. Insecticidas y raticidas 87

14. Exposición a agentes desinfectantes..... 88
14.1. Introducción 88
14.2. Características generales 88
14.3. Alcoholes: etílico e isopropílico 88
14.3.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud 89
14.4. Cloro - hipoclorito sódico 89
14.4.1. Usos más comunes 89
14.4.2. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud 90
14.5. Yodo - Yodóforos 90
14.5.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud 90
14.6. Compuestos fenólicos 90
14.6.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud 90
14.7. Compuestos de amonio cuaternario 91
14.7.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud 91
14.8. Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) 91
14.8.1. Valores de referencia y efectos sobre la salud 91
14.9. Diguanidas: Clorhexidina 91

15. Riesgos biológicos..... 92
15.1. Introducción 92
15.2. Riesgo de propagación de una infección en el hospital 93
15.2.1. Focos de contaminación 93
15.2.2. Huésped susceptible 94
15.2.3. Rutas de transmisión 94
15.3. Medidas preventivas 94

Actividades..... 95

Introducción

"Health Care for Health Care Workers": el cuidado de la salud de los trabajadores que cuidan de la salud.

Parece que no debería ser un problema, puesto que quien cuida de la salud de los demás, debería ser un experto en cuidar de su propia salud. Sin embargo, en un informe de la OMS publicado en 1983 se indicaba que la salud, la seguridad y las condiciones de trabajo en el ámbito sanitario de la mayor parte de países se hallaban lejos de encontrarse en una buena situación.

Lectura recomendada

Occupational Hazards in Hospitals. Report in a WHO Meeting. The Hague, Oct., 1981. WHO, Copenhagen, 1983.

España, según este informe, no era una excepción. La salud laboral no se introdujo en los hospitales españoles hasta 1973, cuando en algunos centros se responsabilizó de este tema a los servicios de medicina preventiva propios. Estos servicios llevaban a cabo campañas de protección de la salud laboral, establecían las bases para iniciar controles ambientales, desarrollaban programas para el control de infecciones hospitalarias y recogían información epidemiológica del centro sanitario y su área de influencia. Sin embargo, su trabajo, según el citado informe, estaba dificultado por la falta de programas de actuación adecuados, de información sobre riesgos no biológicos, de poder ejecutivo y, a modo de resumen, de interés por parte del estamento médico en su conjunto.

La situación actual ha cambiado, y mucho. Ha mejorado manifiestamente el control de los riesgos biológicos mediante profilaxis, inmunización activa y desarrollo de protocolos de actuación específicos para control del riesgo, se han establecido procedimientos de gestión de residuos sanitarios y, en su conjunto, existe una mayor concienciación frente a la eliminación o reducción de este tipo de riesgos, a la cual no fue ajena la aparición del síndrome de la inmunodeficiencia humana adquirida, de los nuevos virus emergentes o de los agentes transmisibles no convencionales.

Los riesgos de tipo físico y químico también se pueden considerar que son objeto de un mayor control y reducción. La introducción de nuevas tecnologías para el diagnóstico, basadas en nuevas formas de energía, ha venido acompañada de severas medidas de control equiparables a las tomadas tradicionalmente frente a las radiaciones ionizantes, mientras que los procesos que implican la utilización de productos químicos, que pueden afectar a los trabajadores, también van siendo, paulatinamente, objeto de control. Son ejemplos de ello: la reducción de la exposición a gases anestésicos residuales y al formaldehído (formol), el control y reducción en la utilización del óxido de etileno en esterilización, los procedimientos para la manipulación y elimina-

ción segura de citostáticos y los programas de gestión de residuos químicos desarrollados en la mayoría de hospitales españoles en el transcurso de estos últimos años.

Así como existe abundante bibliografía sobre las enfermedades nocosomiales (las padecidas por los pacientes a causa de su estancia hospitalaria) no se dispone de datos fiables recientes sobre las enfermedades profesionales relacionadas con el campo de la higiene industrial, que se centran mayoritariamente en las infecciones a consecuencia de las exposiciones a agentes biológicos. Las enfermedades infecciosas más importantes, y a las que durante su trabajo diario se ven expuestos los profesionales sanitarios con mayor frecuencia, son las de etiología vírica, destacando entre ellas: las Hepatitis B, C y D y el síndrome de inmunodeficiencia humana adquirida (sida), así como la tuberculosis y otras enfermedades bacterianas. También cabe destacar, aunque solo suele ocurrir de manera puntual, la aparición de enfermedades no endémicas a cusa de contagio, en periodo de observación, de enfermos procedentes de otros países en los que son endémicas.

Aunque antiguas, se dispone de algunas estadísticas de accidentes con riesgo biológico; es decir, que pueden generar enfermedades infecciosas entre los trabajadores, que comentamos a continuación.

Por lo que se refiere al grupo profesional al que pertenece el accidentado, en la figura 1 se presentan los resultados obtenidos en los que cabe destacar que las personas dependientes del área de enfermería son las que padecen el mayor porcentaje (52%) de accidentes. En cuanto a la actividad realizada durante el contagio, también existe un claro porcentaje (54%) por lo que se refiere a la manipulación de sangre, seguida de la recogida de material (20%). Ver la figura 2. La causa inmediata más habitual del accidente es el pinchazo (80%), con mucha diferencia frente a otras causas (ver la figura 3). Finalmente, por lo que se refiere a lugar donde ocurren los accidentes, es en la sala donde son más habituales (42%), seguido del quirófano (21%) y del servicio de urgencias y el laboratorio (ambas con el 10%). Ver la figura 4.

Figura 1. Accidentes por estamentos

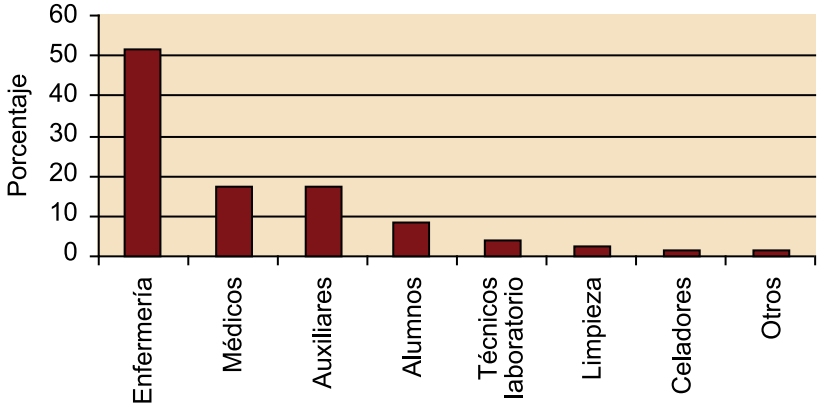


Figura 2. Accidentes según origen

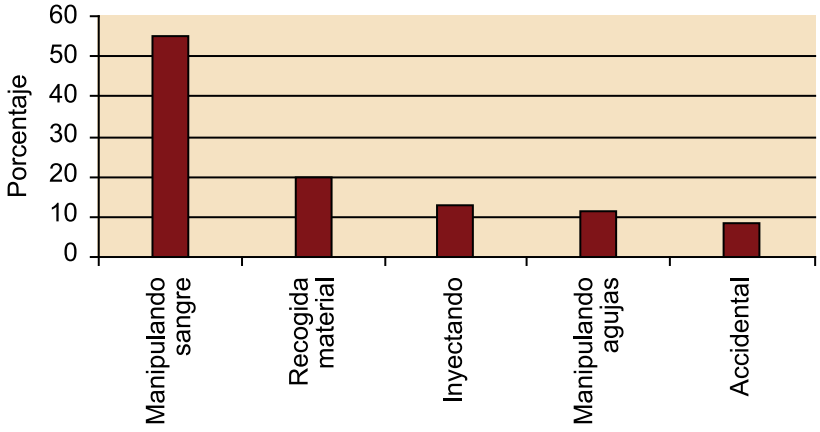


Figura 3. Causa del accidente

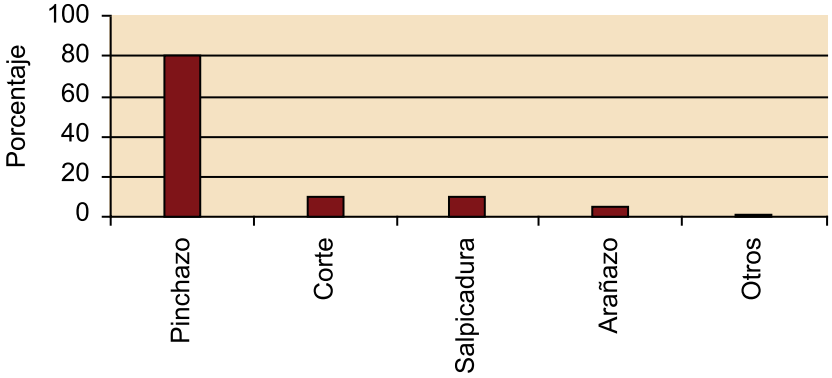
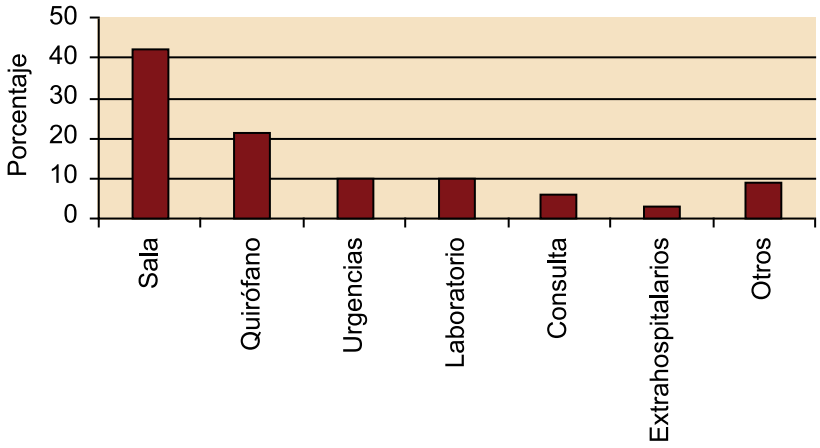


Figura 4. Lugar del accidente



La entrada en vigor de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales influyó muy positivamente en este desarrollo, especialmente en lo que se refiere a la dotación y organización de los servicios de prevención y a la realización de evaluaciones de riesgos higiénicos.

Sin embargo, la continua aparición de nuevas tecnologías, de nuevos tratamientos y nuevos fármacos y de nuevos sistemas de diagnóstico implica una actualización permanente en las medidas de control y buenas prácticas en su utilización y aplicación.

En este módulo se presenta una revisión de los riesgos existentes en un hospital de tercer nivel, que es aquel que brinda atención médica a las actividades encaminadas a restaurar la salud y rehabilitar a pacientes que presentan enfermedades de alta complejidad diagnóstica y de tratamiento, a través de una o varias especialidades médicas, quirúrgicas o médico-quirúrgicas. Este nivel puede comprender también funciones de apoyo especializado para la vigilancia epidemiológica; actividades de investigación y desarrollo de recursos humanos altamente capacitados.

1. Presentación

A finales del 2008 se inauguró el Hospital de Sant Andreu, después de 4 años de obras, contando desde el momento en que se decidió su construcción para sustituir el antiguo hospital ubicado en el centro de la ciudad, que definitivamente no podía mantener un nivel adecuado de atención por falta de espacio e inadecuación del edificio decimonónico.

Aunque durante el largo proceso de construcción se tuvieron en cuenta todos los requerimientos para obtener unas instalaciones que ofrecieran un nivel adecuado de condiciones de trabajo, la propia complejidad de los trabajos de construcción y las lógicas modificaciones de espacios para la reubicación de nuevas tecnologías y áreas de tratamiento hicieron imposible lograr, de entrada, una situación que garantizara completamente unas condiciones higiénicas adecuadas para el conjunto de los trabajadores de la instalación.

Por todo ello, la gerencia del hospital, de mutuo acuerdo con el Comité de Seguridad y Salud y el servicio de prevención propio del hospital encargó a la empresa Estudios Higiénicos, S. A. (EHSA) un estudio a fondo de todas las áreas, servicios, actividades y condiciones de trabajo en general, desde el punto de vista de los posibles riesgos higiénicos que pudieran afectar a la salud de los trabajadores, teniendo en cuenta, obviamente, los requerimientos asociados a la presencia de pacientes con diferentes grados de afectación.

Tal como constaba en el contrato de asesoramiento, durante el año 2011 y el primer semestre del 2012 EHSA llevó a cabo los trabajos de asesoramiento. Después de entrevistarse con los representantes de los trabajadores de distintos departamentos del centro, las primeras visitas de los higienistas se centraron en una serie de mediciones simples (evaluación básica o inicial) referentes a temperaturas, al ruido ambiental y la ventilación, para lo cual se realizaron una serie de mediciones sencillas que permitieron comprobar que, probablemente debido a la reciente construcción del edificio, no detectaron situaciones anómalas en cuanto a estos parámetros. Por lo que se refiere específicamente a la ventilación, se midieron caudales de aire en distintas zonas de cara a comprobar si los niveles de ventilación se ajustaban a lo recomendado por distintas normas.

Lectura recomendada

Un resumen de todo lo relacionado con la ventilación en hospitales se encuentra en la NTP 859: Ventilación general en hospitales:http://www.insht.es/Insht-Web/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/856a890/859w.pdf. Se recomienda su consulta.

Normas a tener en cuenta en el diseño y funcionamiento de la ventilación en hospitales

- UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.
- EN-ISO 14644-1:2000. Salas limpias y locales controlados.
- UNE-EN 13779:2008. Ventilación de edificios no residenciales.

Nota

Las normas UNE no son accesibles por Internet. Debe procederse a su compra.

A continuación, el grupo de higienistas inició un estudio a fondo en todas las áreas del hospital con la permanente colaboración del técnico higienista del servicio de prevención propio. Los resultados obtenidos, agrupados tanto en función de las distintas actividades hospitalarias como de los riesgos existentes, se presentan a continuación.

Figura 5. Hospital de Sant Andreu

2. Exposición a radiaciones ultravioleta

2.1. Introducción

La existencia de exposición laboral en centros sanitarios a radiaciones ultravioleta (UV; λ: 180-400 nm) se debe a la utilización de lámparas germicidas, tanto de manera general en espacios que pretenden mantenerse estériles, como en tratamientos dermatológicos.

Las lámparas germicidas son lámparas de descarga de mercurio de baja presión, cuya emisión corresponde en un 95% a una longitud de onda de 254 nm. La eficacia germicida de las radiaciones ultravioleta es máxima a longitudes de onda de 265 nm, por lo que las lámparas germicidas pueden provocar la exposición profesional principalmente a radiaciones ultravioleta UV-C (λ: 180-280 nm) y también a UV-B (λ: 280-315 nm).

La acción germicida efectiva requiere a menudo de altos niveles de irradiancia de radiación ultravioleta actínica (UV-C y UV-B), que es capaz de generar ozono a partir del oxígeno del aire a longitudes de onda inferiores de 250 nm. El ozono es un compuesto tóxico con gran capacidad de afectación a las vías respiratorias, generando hiperreactividad bronquial. Una buena ventilación es fundamental para evitar una exposición a este gas por parte de trabajadores, pacientes y público en general.

Respecto a la exposición a radiaciones UV-C, en el Hospital de Sant Andreu se abordaron dos situaciones diferentes. En primer lugar el problema existente en los quirófanos de traumatología, concretamente en los 4 de ortopedia, que estaban equipados con lámparas UV germicidas colocadas en el techo, siguiendo un modelo de esterilización adoptado del Hospital Brigham and Women's de Boston, Massachusetts, USA. En segundo lugar, la utilización de rayos UVA en el departamento de dermatología, donde se llevan a cabo sesiones de fotoquimioterapia. La fotoquimioterapia consiste en aprovechar las reacciones de fotosensibilización de forma selectiva suministrando de forma oral un determinado fármaco y aplicando al tiempo radiación UV-A y visible.

2.2. Efectos sobre la salud

Los principales efectos descritos de las radiaciones ópticas en los ojos son fotoqueratitis en la córnea, cataratas fotoquímicas en cristalino y lesiones fotoquímicas y térmicas en la retina. Por lo que se refiere a la piel, son: eritemas, envejecimiento acelerado y aumento de la pigmentación, reacciones de fotosensibilización, quemaduras, y, sobre todo, riesgo de cáncer de piel, ya que IARC (International Agency for Research on Cancer) ha clasificado la radiación UV al completo (UVA, UVB y UVC) como carcinogénica para los humanos, grupo 1.

Lectura recomendada

IARC. *Solar and ultraviolet radiation* (vol.100D): http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100D/mono100D-6.pdf

2.3. Utilización de las lámparas germicidas en los quirófanos

Algunos trabajadores de los quirófanos habían presentado quejas de molestias en la piel y los ojos, causadas posiblemente por dicha exposición. De las catorce enfermeras y personal auxiliar entrevistados, cinco refirieron síntomas posiblemente relacionados con la exposición a radiaciones UV-C: tres describieron irritación en los ojos, uno queratosis actínica (un precursor de cáncer de piel), y otro tenía irritaciones en ambos ojos y queratosis actínicas. La mayoría del personal informó de la falta de formación sobre los peligros de la exposición a UV-C y que no usaban EPI adecuados en el trabajo, bien por falta de instrucciones, bien porque consideraban dichos EPI como engorrosos e incómodos para poder realizar adecuadamente su trabajo.

Dado que, como ya se ha comentado, la relación entre la posible exposición a UV-C y los efectos relatados es ampliamente admitida en el campo de la prevención de riesgos laborales, incluyendo la posibilidad de efectos cancerígenos en la piel, se decidió llevar a cabo un estudio de campo en las áreas y el personal posiblemente afectado.

Se llevó a cabo una visita en profundidad a las áreas equipadas con lámparas UV germicidas (ver el modelo de lámpara germicida empleado en la figura 6) y se llevaron a cabo medidas de exposición utilizando dosímetros personales colocados tanto a la altura del hombro, como entre de la ropa de trabajo y la personal (camisetas). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1.

Figura 6. Modelo de lámpara germicida de techo empleada en el hospital

Tabla 1. Dosis medidas en los quirófanos de ortopedia

Quirófanos	Personal	Duración (min.)	Dosis (J/m^2)	
			Ambiente (fuera del EPI o de la ropa)	Atenuada (sobre la piel directamente)
11	Deambulante 2 Enfermero/a Anestesista	94	370	2,35 – 0,023
12	Deambulante Enfermero Anestesista Residente	195	850 – 550	ND – 0,6
13	Deambulante Enfermero	44	185	0,021
14	Deambulante Enfermero	144	47	0,0023

El valor de referencia de dosis para el margen de longitudes de onda, ponderado según la curva de ponderación S (λ) (tablas A1 y A3 del RD 486/2010), es 30 J/m^2, ajustado a 270 nm.

Lectura recomendada

Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. BOE n.º 99 24-04-2010: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2010/486_2010opticas/PDFs/real decreto4862010de23deabril sobrelaprotecciondelasal.pdf

Ropa de protección frente a radiaciones UV

La ropa adecuada para protegerse de las radiaciones UV es recomendable que sea tejido, no punto; de algodón o poliéster, grueso y de color oscuro.

Fuente: INSHT (2000). *Condiciones de trabajo en centros sanitarios*. Madrid.

Un análisis de la política del hospital respecto a la utilización de lámparas germicidas, llevó a las conclusiones siguientes

- La mayoría del personal carecía de formación sobre los riesgos de la exposición a radiaciones UV-C.

- Algunos trabajadores se quejaban de que los EPI proporcionados eran incómodos y engorrosos.

- Por las dos razones anteriores, la mayoría del personal no usaba los EPI, ni tampoco cremas protectoras de la piel.

La información epidemiológica recogida sobre veintidós trabajadores expuestos en situaciones equivalentes en los últimos diez años en el hospital Brigham and Women's de Boston, Massachusetts, USA, reportó tres casos de melanoma, tres con carcinoma de células basales, y cinco con queratosis actínica.

2.3.1. Recomendaciones

A la vista de lo expuesto, EHSA hizo las siguientes recomendaciones:

- Retirar las lámparas UV en los quirófanos de cirugía ortopédica, lo que evitará definitivamente la exposición durante las intervenciones quirúrgicas.

- Continuar las revisiones anuales de la piel para los trabajadores previamente expuestos a UV-C.

- Los trabajadores que han estado expuestos deben notificar con urgencia cualquier tipo de lesiones cutáneas que aparecen en la piel expuesta.

- Si por algún motivo se quisiera continuar usando las lámparas en el hospital, deben subsanarse las deficiencias identificadas, que incluyen la mejora de la formación, el requerimiento del uso adecuado de todos los EPI, que serían obligatorios, realizar medidas de control de la exposición de manera rutinaria y ofrecer a todo el personal, incluyendo cirujanos, anestesistas, enfermeras y auxiliares que trabajan regularmente en los quirófanos afectados, revisiones periódicas de la piel y exámenes oculares como parte de un programa de vigilancia médica.

Otra posibilidad es emplear las lámparas germicidas solamente cuando no se utilizan las instalaciones, disponiendo de un sistema automatizado que impida su funcionamiento cuando se hallen personas presentes, tomando especiales precauciones para el personal de limpieza que pudiera permanecer en el quirófano durante el funcionamiento de dichas lámparas.

La sustitución de este sistema de desinfección por flujo de aire laminar esterilizado con filtros HEPA (*high efficiency particulate air*) o por irradiación UV-C previa en los conductos de aire acondicionado (en cuyo caso debe evitarse el acceso accidental a los mismos por parte de personas que desconozcan su ubicación y que pudieran recibir una dosis elevada de radiación UV), debe considerarse la forma adecuada para eliminar el peligro. Además de eliminar la fuente del peligro, la sustitución también elimina la necesidad de formación, concienciación de los peligros, la formación en el uso de los EPI, la supervisión continua de su uso, la inspección y evaluación de los EPI y la vigilancia médica.

2.4. Utilización de cabinas PUVA en el departamento de dermatología

En el Departamento de Dermatología del hospital se llevan a cabo sesiones de fotoquimioterapia en las llamadas cabinas PUVA (psoraleno – UVA), ver la figura 7, en las que a los pacientes, después de habérseles suministrado de forma oral un determinado fármaco (psoraleno), o bien directamente, se someten a radiaciones UV-A (λ: 315-400 nm) y visible (λ: 400-780 nm), aunque existen siempre ciertos niveles de UV-C y UV-B. Las cabinas poseen un sistema de ventilación y eliminación del ozono que evita su presencia en el ambiente.

Figura 7. Cabinas PUVA

Se efectuaron mediciones en el interior y exterior de las cabinas PUVA, obteniendo los siguientes valores de irradiancia en el interior en W/m^2: 2,5 a 254 nm (UV-C), 17,5 a 310 nm (UV-B) y 63 a 365 nm (UV-A). Fuera de la cabina no se detectaron niveles apreciables de irradiancia.

Como ya se ha comentado, las cabinas PUVA del Hospital Sant Andreu tienen una abertura en la parte superior para ventilación del recinto y eliminación del ozono formado. Dependiendo del recubrimiento del techo y paredes, puede haber exposición profesional por la reflexión de las radiaciones ópticas en dichos recubrimientos. En estos casos debería sustituirse la pintura o recubrimiento de techo y paredes.

2.4.1. Recomendaciones

Como consecuencia del estudio realizado se estableció como norma general que el personal sanitario que atiende la terapia no debe en ningún caso permanecer en la cabina durante la irradiación del paciente. Para evitar la irradiación accidental de los profesionales, la puerta de la cabina debe disponer de un dispositivo de enclavamiento que al abrirse desconecte la fuente de alimentación de las lámparas de UV.

Es recomendable proteger la piel y los ojos utilizando prendas de manga larga y pantalones, así como gafas de protección con oculares filtrantes apropiados, cuando, por algún motivo, exista exposición a radiación UV.

Finalmente, debe considerarse la señalización de las zonas con riesgo de exposición. Ver la figura 8.

Figura 8. Señalización de radiaciones no ionizantes

Lectura recomendada

Para cuestiones de señalización para protección frente a radiaciones UV en los hospitales, consultar el artículo, "Normas básicas de seguridad durante el manejo de equipos de radiaciones no ionizantes": http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2012000100008&script=sci_abstract&tlng=es

3. Exposición a campos electromagnéticos

3.1. Introducción

En el Hospital de Sant Andreu existen básicamente dos áreas con riesgo de exposición a campos electromagnéticos: la unidad de fisiología y rehabilitación y la de diagnóstico por la imagen por resonancia magnética.

3.2. Riesgos en unidades de fisiología y rehabilitación

En las unidades de fisiología y rehabilitación se utiliza la técnica de diatermia (ver el aparato más utilizado en el hospital en la figura 9), que consiste en la aplicación de calor, mediante radiofrecuencias y microondas, sobre las zonas del cuerpo del paciente que lo precisen. Esta técnica tiene la finalidad de ayudar en la cicatrización rápida de heridas, absorción de edemas y hematomas, alivio del dolor y, en general, incremento de la circulación periférica. En ciertas circunstancias se utilizan también con fines de mejora estética de los pacientes.

Figura 9. Aparato de diatermia utilizado en el Hospital de Sant Andreu

La diferente utilización de los aparatos de diatermia depende de las zonas lesionadas y del tipo de lesión, además de las disponibilidades del centro hospitalario. Los instrumentos de diatermia utilizan radiofrecuencias o microondas, pudiendo emitir de forma continua o pulsátil.

En el margen de frecuencias descrito, el riesgo a considerar en estas áreas es únicamente de calentamiento corporal por parte de los trabajadores que las atienden.

Los focos de emisión de ondas electromagnéticas al ambiente de trabajo son: la consola de generación y control, los cables que conducen la corriente modulada desde la consola al aplicador y los aplicadores de radiación (electrodos para radiofrecuencia o radiadores para microondas). El blindaje de la consola determina el nivel de radiación (fugas) en sus proximidades.

Los cables de conducción se pueden convertir en focos de emisión de estas radiaciones por las fugas que tienen lugar a través de su aislamiento por una insuficiente protección coaxial de los cables por defecto de fabricación o deterioro. La zona de influencia de los aplicadores es, en teoría, donde se deben esperar mayores niveles de densidad de potencia. Las radiaciones de radiofrecuencia y microondas son capaces de atravesar los tabiques o paramentos de poca densidad, por lo que la permanencia en estancias contiguas a las de diatermia puede suponer exposición a este tipo de radiación.

Teniendo en cuenta el efecto térmico de estas ondas, la exposición a las mismas supone que el individuo recibe una dosis, expresada como energía, que es el producto de la potencia de la radiación recibida por unidad de superficie (densidad de potencia) por el tiempo de exposición.

No se llevaron a cabo mediciones, puesto que en el Departamento de Fisiología y Rehabilitación, los aparatos disponibles estaban certificados. Sin embargo, sí que se realizaron una serie de recomendaciones generales tendentes a reducir al máximo el riesgo de exposición de los trabajadores de este departamento.

3.2.1. Reducción de la densidad de potencia de la radiación

El valor de la densidad de potencia en el ambiente será mayor cuanto mayor sea la potencia de funcionamiento del equipo para la misma frecuencia de la onda; es por ello conveniente elegir la intensidad más baja de funcionamiento del aparato, sin que ello afecte a la dosis que debe recibir el paciente. También se recomienda revisar periódicamente los cables portadores de la corriente modulada y el cambio periódico de los mismos (mantenimiento preventivo).

También debe tenerse en cuenta que aumentando el valor de la superficie de recepción, que se consigue al alejarse del foco de emisión del haz, se disminuye la densidad de potencia recibida. La densidad de potencia de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco, cuando los demás parámetros permanecen constantes.

La energía que transporta la radiación puede ser, en gran parte, absorbida si se interponen en su recorrido pantallas metálicas conectadas equipotencialmente a tierra. Estas pueden ser macizas, con lo que serán más efectivas, o estar formadas por mallas con un tamaño de luz adecuado. El sistema más eficaz de impedir el paso de la radiación es la denominada "Jaula de Faraday", cuya función consiste en confinar electromagnéticamente el compartimento de aplicación de radiofrecuencia y microondas.

Jaula de Faraday

Es una caja metálica, normalmente de rejilla, que protege de los campos eléctricos estáticos al provocar que el campo electromagnético en el interior en equilibrio sea nulo, anulando el efecto de los campos externos.

3.2.2. Reducción del tiempo de exposición

Se recomienda reducir los tiempos de permanencia en las zonas de mayor nivel de radiación. La unidad de tiempo, para la valoración del riesgo de exposición laboral a estas radiaciones, es un ciclo de 6 minutos. Lógicamente la permanencia durante más tiempo en zonas de mayor irradiación tendrá efecto en la ponderación de los valores de densidad de potencia, lo que significará un riesgo mayor.

3.3. Señalización

La presencia de campos electromagnéticos puede tener incidencia en el funcionamiento eléctrico de los marcapasos o en su programación. En consecuencia, la información sobre la existencia de estos campos y de ondas electromagnéticas cobra especial interés para los portadores de estos aparatos, así como de otras prótesis metálicas. Debe tenerse en cuenta que pueden ser portadores de marcapasos los profesionales, los pacientes o el público de paso. En el hospital se advertía del riesgo y la prohibición de acceso a los recintos en los que existen estas radiaciones que estaba indicada con la señal que se muestra en la figura 10, acompañada del correspondiente aviso escrito.

Figura 10. Señal de prohibición a las personas portadoras de un marcapasos

Sin embargo, debe considerarse también que otros materiales o mecanismos introducidos en el organismo pueden sufrir también el efecto de los campos electromagnéticos, como por ejemplo los neuroestimuladores, las prótesis metálicas, etc.

Lectura recomendada

Para cuestiones de señalización para protección frente a campos electromagnéticos en los hospitales consultar el artículo, "Normas básicas de seguridad durante el manejo de equipos de radiaciones no ionizantes": http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2012000100008&script=sci_abstract&tlng=es

3.4. Resonancia magnética de imagen (RMI)

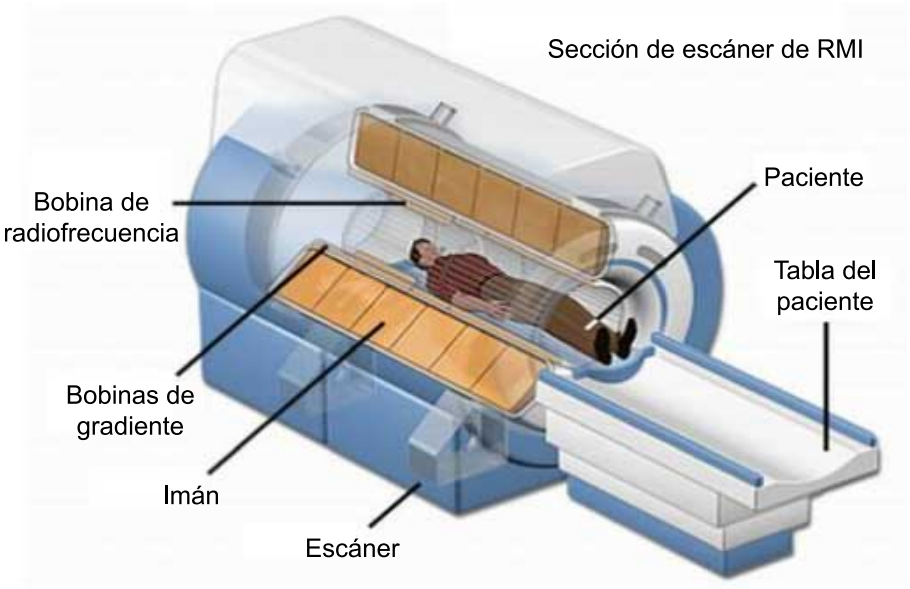
La resonancia magnética es una técnica de diagnóstico que permite obtener imágenes de tejidos del interior del organismo sin utilizar radiación ionizante. La calidad de las imágenes y la menor agresividad del tipo de tecnología empleada, para el paciente y los profesionales, hacen que su utilización se extienda en los hospitales, no habiendo sido el Hospital de Sant Andreu una excepción al respecto.

El fundamento de esta técnica es la capacidad de algunos átomos para emitir una señal de radiofrecuencia (RF) cuando son sometidos a un fuerte campo magnético y estimulados con ondas de RF. Al introducir al paciente en el seno de un campo magnético, los núcleos de los átomos se orientan de acuerdo con las líneas del campo magnético. Al aplicarles una radiación electromagnética de RF, estos núcleos se mueven cambiando de orientación (resonancia). Cuando cesa la aplicación de RF, los átomos liberan energía volviendo a la situación inicial (relajación).

La composición química del medio determina la facilidad para liberar la energía, es decir, el tiempo de relajación. Este parámetro informa al especialista sobre la estructura bioquímica del medio.

La instalación de RMI dispone de diferentes compartimentos separados y provistos de aislamiento electromagnético a base de una jaula de Faraday, mallas metálicas o alejamiento (distancia). En la figura 11 se presenta un esquema del modelo existente en el Hospital de Sant Andreu.

Figura 11. Esquema de un aparato de RMI



3.4.1. Recomendaciones

Debido al principio físico de funcionamiento, existe exposición profesional a campos magnéticos estáticos, a gradientes de estos y a radiofrecuencias.

Desde el punto de vista de protección del trabajador, debe asegurarse de que este se encuentre separado y aislado del recinto donde se halla el aparato de RMI, de forma que en pasillos o en locales próximos (en las tres dimensiones del espacio) los niveles de densidad de flujo magnético y de densidad de potencia de la radiofrecuencia se encuentren por debajo de los niveles de referencia indicados en la Norma EN-50499:2009 (ver también la Norma UNE-EN 21502 IN: 2010). Cabe recordar que los posibles efectos a largo plazo, relacionados según algunos autores con problemas oncológicos, se consideran por el momento no constatables.

Lecturas recomendadas

UNE-EN 50499:2009, Procedimiento para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos: http://www.ca.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0044294&PDF=Si

UNE-EN 21 502 IN: 2010, Guía para la evaluación de la exposición de los trabajadores acampos electromagnéticos en relación con la Directiva 2004-40-CE.

Así como el avance de la radiación de tipo radiofrecuencia o microondas se puede absorber y detener mediante mallas o blindaje metálicos, los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia de longitudes de onda muy grandes o estáticos no son absorbidos tan fácilmente, por lo que se recurre al aumento de distancia entre el foco y los receptores.

La presencia de los profesionales en el recinto de RMI debe ser lo más breve posible, pues los niveles de densidad de flujo magnético son elevados. Por el buen funcionamiento de los monitores, el puesto de control de imagen se encuentra convenientemente alejado del imán y apantallado respecto a las radiofrecuencias. No obstante, ya que allí la presencia humana es prácticamente continua, es conveniente conocer los niveles de radiación RF existentes y de la densidad de flujo del campo magnético.

Finalmente, debe considerarse la señalización de las zonas con riesgo de exposición. La señal es la de la figura 8.

4. Exposición a radiaciones ionizantes

4.1. Instalaciones radioactivas

Las instalaciones radiactivas se clasifican en 3 categorías en función de las actividades de los radionucleidos utilizados y la tensión de pico a la que pueden funcionar las fuentes radioactivas. En los hospitales, como es el caso del Hospital de Sant Andreu, se encuentran solamente instalaciones radioactivas de segunda y tercera categoría. Las de segunda son instalaciones con una tensión de pico superior a 200 kV, los aceleradores de partículas y las que contienen fuentes de neutrones. Mientras que son de tercera las instalaciones que trabajan con una tensión de pico inferior a 200 kV, la administración de sustancias radioactivas con fines de tratamiento, diagnóstico o investigación.

Aunque comentaremos brevemente las características de dichas instalaciones, el higienista no interviene en la protección de los trabajadores que trabajan en estas áreas, puesto que existe una reglamentación específica emanada de las directivas EURATOM de la UE y que han sido transpuestas a la legislación española mediante el Real Decreto 1836/1999, modificado por el Real Decreto 35/2008 sobre instalaciones nucleares y radioactivas y el Real Decreto 783/2001, modificado por el Real Decreto 1439/2010, sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, que establecen con todo detalle el *modus operandi* de estas instalaciones en las que no tiene cabida la acción del higienista industrial. También existe una reglamentación específica, el Real Decreto 1085/2009, que aprueba el reglamento sobre instalaciones de aparatos de rayos X con fines médicos.

En el Real Decreto 35/2008, que aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radioactivas, se definen las instalaciones nucleares (no existentes en los hospitales), las instalaciones radioactivas y sus tres categorías y los procedimientos de autorizaciones administrativas que afectan a las diferentes fases de su diseño, construcción y uso. También establecen las condiciones de formación del personal, que debe disponer de unas licencias específicas (supervisor y operador), así como de la existencia de un servicio de protección radiológica (SPR), que es el equivalente del servicio de prevención (SP) e, incluso, y en paralelo con este, también existe la posibilidad de contratar una unidad técnica de protección radiológica (UTPR), equivalente al servicio de prevención ajeno (SPA). Finalmente, también se exige una documentación de las actuaciones dentro de las instalaciones radioactivas que queda reflejada en el llamado diario de operaciones. Todo ello supervisado por el Consejo de Se-

guridad Nuclear que encomienda, en el caso que nos afecta, esta supervisión al Ministerio de industria y unidades equivalentes de las comunidades autónomas.

El RD 1439/2010, que aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, por su parte, establece las normas relativas a la protección de los trabajadores y el público en general frente a estas radiaciones. Básicamente, fija los límites de dosis y los principios fundamentales de protección que debe aplicar el titular de la instalación: la evaluación del riesgo en base a las condiciones laborales, la clasificación de las áreas y de los puestos de trabajo, con su correspondiente señalización, y de la de los trabajadores, según probabilidad de exposición, y las condiciones de la vigilancia de la salud obligatoria.

Lecturas recomendadas

Legislación sobre radiaciones ionizantes de interés.

Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, BOE n.º 42 de 18-02-2008: http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-2935

Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por Real Decreto 783/2001, BOE n.º 279 de 18-11-2010: http://www.boe.es/boe/dias/2010/11/18/pdfs/BOE-A-2010-17709.pdf

Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. BOE n.º 173 de 18-07-2009: http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-11932

En el Hospital de Sant Andreu existen instalaciones radioactivas con tres finalidades:

- Radiodiagnóstico
- Radioterapia
- Medicina nuclear

4.2. Radiodiagnóstico

Las instalaciones de radiodiagnóstico, de las cuales el Hospital de Sant Andreu tiene ocho unidades, están constituidas por un tubo de rayos X que emite un haz homogéneo, un generador para alimentarlo y el sistema de imagen, actualmente informatizado. El operador, en el momento de la irradiación del paciente, se halla fuera de la instalación, con lo que la posibilidad de irradiarse es remota. Tanto el equipo como la sala disponen de blindajes homologados. Cabe señalar también el uso de los aparatos de rayos X portátiles, que lleven a cabo irradiaciones a pacientes ingresados sin posibilidad de ser desplazados a las instalaciones fijas; en estos casos, está establecido un protocolo que implica, entre otras normas, que en el momento del disparo se ausenten de la sala los trabajadores que intervienen en la acción.

Aparte de las instalaciones de radiodiagnóstico, que realizan todo tipo de exploraciones, cabe remarcar la existencia de otras instalaciones de radiodiagnóstico que llevan a cabo exploraciones específicas: radiología dental, mamografías, tomografía axial computerizada (TAC), tomografía por emisión de positrones (PET), así como la llamada radiología intervencionista, en la que se utilizan técnicas de imagen para ejecutar procedimientos mínimamente invasivos. En esta técnica es especialmente importante la protección personal del operador, a base de pantallas y equipos que eviten la irradiación de las distintas partes del cuerpo, muchas veces con delantales de plomo, mandiles, muñequeras o incluso guantes.

4.3. Radioterapia

La radioterapia u oncología radioterápica es un tipo de tratamiento oncológico que utiliza las radiaciones para eliminar las células tumorales, en la parte del organismo donde se apliquen (tratamiento local). La radioterapia actúa sobre el tumor, destruyendo las células malignas y así impide que crezcan y se reproduzcan. Esta acción también se ejerce sobre los tejidos normales; sin embargo, los tejidos tumorales son más sensibles a la radiación y no pueden reparar el daño producido de forma tan eficiente como lo hace el tejido normal, de manera que son destruidos bloqueando el ciclo celular.

Se distinguen básicamente dos tipos de tratamiento, la braquiterapia y la teleterapia.

La **braquiterapia** consiste en colocar una fuente radioactiva (o varias) en contacto con el tumor o introducida en él mediante agujas o catéteres. De esta manera se concentra la dosis en el tumor directamente con escasa irradiación del tejido sano circundante al tumor. Esta actividad se lleva acabo de manera rutinaria en las zonas especialmente equipadas para este cometido en el Hospital de Sant Andreu.

En la **teleterapia o radioterapia externa**, la fuente de irradiación está a cierta distancia del paciente en equipos de grandes dimensiones, como son la unidad de cobalto y el acelerador lineal de electrones. En este tipo de tratamiento, que es el más común, los pacientes acuden diariamente de forma ambulatoria por un período variable, dependiendo de la enfermedad que se esté tratando. La radiación puede ser de rayos gamma, rayos X, electrones, protones o núcleos atómicos, instalaciones todas ellas de las cuales dispone el Hospital de Sant Andreu.

Las medidas de protección en este caso son idénticas a las comentadas para el radiodiagnóstico.

4.4. Medicina nuclear

En medicina nuclear se utilizan radiotrazadores que están formados por un fármaco transportador y un isótopo radiactivo. Estos radiofármacos se aplican dentro del organismo humano por diversas vías (la más utilizada es la vía intravenosa). Una vez que el radiofármaco está dentro del organismo, se distribuye por diversos órganos dependiendo de sus características. La distribución del radiofármaco es detectada por un aparato detector de radiación (gammacámara) y almacenada digitalmente. Luego se procesa la información obteniendo imágenes de todo el cuerpo o del órgano en estudio. Estas imágenes, a diferencia de la mayoría de las obtenidas en la radiología tradicional, muestran cómo están funcionando los órganos y tejidos explorados o revelan alteraciones de los mismos a un nivel molecular. Es muy característica la gammagrafía ósea.

Una variante es la terapia metabólica, técnica que consiste en provocar la acumulación de una sustancia en un órgano o zona del organismo para irradiar la zona de interés con fines terapéuticos. Sería equivalente a una braquiterapia aplicada de manera sistémica.

En medicina nuclear se genera un gran volumen de residuos, tanto por la utilización de fuentes no encapsuladas, como por la gran cantidad de material radioactivo generado, además de las excretas de los pacientes sometidos a terapia metabólica. Por este motivo debe tomarse en especial consideración su correcta gestión.

Los radionucleidos aplicados en medicina nuclear para el diagnóstico son siempre de vida corta como el tecnecio-99. Por ello, normalmente, una vez ha finalizado el tratamiento, dado el elevado decrecimiento de su actividad, permiten su eliminación como residuos químicos dentro del plan de residuos sanitarios del Hospital de Sant Andreu. En aquellos casos en los que la velocidad de decrecimiento no fuera suficiente para alcanzar niveles de actividad despreciables (por debajo de los límites que los harían considerar como residuos radioactivos), el procedimiento adecuado es su almacenamiento temporal hasta el decrecimiento de su actividad, como se lleva a cabo con las muestras y reactivos procedentes de los laboratorios de radioinmunoensayo (RIA).

5. Exposición a láseres

5.1. Introducción

Un láser (*light amplification by stimulated emission of radiation,* amplificación de luz por emisión estimulada de radiación) es un dispositivo que produce un haz de radiación "coherente", cuyo diámetro apenas aumenta con la distancia, algo que es imposible de conseguir con fuentes de radiación convencionales. Los láseres pueden emitir radiación de forma continua o ser "pulsantes", es decir, emitir la potencia en forma de pulsos separados por un cierto intervalo de tiempo.

La cantidad de energía que es capaz de transmitir un láser está en función de su potencia y su longitud de onda de emisión, que tiene lugar a través de ondas electromagnéticas. Los riesgos para la salud, debidos a la exposición a láseres, dependen de la longitud de onda de la radiación óptica, de la zona del cuerpo donde incida (piel u ojos), de la potencia del láser y del tiempo que dure la exposición; en consecuencia, la magnitud de la exposición depende de la densidad de potencia que recibe el individuo (irradiancia) y del tiempo de exposición. El nivel máximo de exposición a radiación láser al que puede estar sometido un individuo en la piel o los ojos se denomina exposición máxima permitida (EMP). Los efectos biológicos de la radiación láser son:

- Efecto térmico
- Efecto fotoquímico
- Efecto electromagnético
- Efectos mecánicos (pulsos)

5.2. Aplicaciones médicas de los láseres

En el Hospital de Sant Andreu se utilizan láseres básicamente en oftalmología, pero también de manera puntual en dermatología, otorrinolaringología, ginecología, neurocirugía, odontología o urología. Las propiedades para transmitir energía de las radiaciones ópticas (térmica y fotoquímica) hacen de los láseres instrumentos cada vez más utilizados como equipos quirúrgicos (ver el apartado dedicado a los humos quirúrgicos) y terapéuticos. Ver los láseres más utilizados en quirófanos en la tabla 2.

Tabla 2. Láseres más comúnmente utilizados en cirugía

Tipo (gas)	Técnica
Dióxido de carbono	Neurocirugía
	Otorrinolaringología

Tipo (gas)	Técnica
	Ginecología
	Cirugía general
Argón	Coagulación
	Sellado derrames (retina)
	Cirugía plástica
	Gastroenterología
	Dermatología
Cristal de granate, aluminio e itrio dopado con Neodimio (Nd:YAG)	Gastrointestinal
	Urología
	Ginecología
	Cirugía general
	Efectos térmicos y de penetración profunda

La mayor parte de los láseres utilizados en centros sanitarios son de alta potencia, de las clases 3B y 4 (ver más adelante), por lo que debe existir un elevado grado de exigencia en el cumplimiento de los requisitos de seguridad, que se encuentran recogidos en la norma UNE EN 60825.

La filosofía de prevención de riesgos por exposición a láseres es más acorde con los sistemas de prevención de accidentes que con los de prevención de enfermedades profesionales; esto se debe en gran parte a que se pueden producir daños reversibles o irreversibles en muy poco tiempo de exposición.

Los láseres que alcanzan la EMP en menos tiempo son los que tienen gran potencia de emisión. Debido a las diferentes características de los láseres, y por tanto el diferente nivel de riesgo que conlleva su manipulación, se clasifican según la UNE EN 60825 en cinco clases de láseres, denominadas 1, 2, 3A, 3B y 4. Cada clase tiene asignado un nivel accesible de emisión máximo permitido que se denomina límite de emisión accesible (LEA). Estos niveles LEA varían según la longitud de onda y el tiempo de duración de la emisión.

Clasificación de los láseres

Los láseres de clase 1. Seguros en condiciones razonables de utilización

Los láseres de clase 2 tienen poca potencia de salida y su longitud de onda está entre 400 y 700 nm, en la banda del visible. Aunque no son intrínsecamente seguros, la protección ocular se logra por reflejos de aversión.

Los láseres de clase 3A son los que tienen una potencia máxima de salida de hasta 5 mW para emisión continua o cinco veces el límite de los de clase 2 para pulsos entre 400 y 700 nm. La visión directa del haz con la ayuda de instrumentos ópticos puede ser peligrosa.

Los láseres de clase 3B de emisión continua (EC) no pueden sobrepasar 0,5 W y para los láseres pulsados, la exposición radiante debe ser inferior a 10^5 J x m^{-2}. La visión directa del haz es siempre peligrosa, mientras que la reflexión difusa es segura.

Los láseres de clase 4 son los de mayor potencia. Son capaces de producir reflexiones difusas peligrosas (no solo es peligrosa la visión directa del haz sino también la radiación proveniente de una reflexión sobre superficies especulares o difusas). Pueden originar incendios.

Los láseres deben estar etiquetados con etiquetas visibles y colocadas de forma que puedan leerse sin que sea necesaria la exposición humana a una radiación que exceda el LEA para la clase 1. Excepto estos, los demás deben llevar una etiqueta de aviso como la que se muestra en la figura 12.

Figura 12. Señalización de uso de láser

Los productos láser de las clases 3B y 4 deben llevar una etiqueta junto a las aperturas por las que se emita radiación que exceda el LEA para las clases 1 o 2. El texto debe ser el siguiente: "Apertura láser" o también: "Evitar la exposición, se emite radiación láser por esta apertura".

5.3. Incidentes detectados en el Hospital de Sant Andreu

La casuística de incidentes detectados por el Servicio de Prevención del Hospital Sant Andreu es la siguiente

- Exposición ocular anticipada durante la alineación.
- Mala alineación óptica.
- No utilizar la protección ocular disponible.
- Funcionamiento del equipo incorrecto.
- Exposición intencionada de personal desprotegido.
- Utilización de un equipo desconocido.
- Reparación incorrecta del equipo.
- Inhalación de humos quirúrgicos.

5.4. Medidas de prevención y protección

El fabricante del láser es responsable de clasificar el producto y procurarle el etiquetado correspondiente, según establece la UNE EN 60825. La misma norma recoge las medidas preventivas operativas, organizativas o individuales, que deben incorporarse al láser.

Dado que los ojos son con diferencia el órgano con mayor riesgo, la protección personal gira alrededor del uso de gafas de seguridad adecuadas, que, dependiendo del tipo, pueden ofrecer protección entre longitudes de onda entre 180 nm y 1000 µm. Para trabajos de ajuste de láseres de longitud de onda entre 400 y 700 nm, en los que es necesario ver (sin fijar la vista) la trayectoria del láser, se utilizan gafas especialmente diseñadas al efecto y que protegen en esa banda del espectro.

Las gafas deben llevar marcado de forma permanente el campo de aplicación para el que ofrecen protección (longitudes de onda, grado de protección, si la exposición puede ser continua o pulsante o si son resistentes a impactos). Las gafas de ajuste deben llevar claramente marcado el aviso “gafas de ajuste”.

Finalmente, por lo que se refiere a la contaminación química generada por el uso de láseres quirúrgicos, dada su especificidad y la preocupación existente entre los que trabajan en los quirófanos del Hospital de Sant Andreu, la trataremos en un apartado específico.

6. Exposición a humos quirúrgicos

6.1. Introducción

De cara a disponer de técnicas quirúrgicas menos invasivas, se emplea el calor y los ultrasonidos para resecar y cauterizar tejidos o detener el sangrado. Estas técnicas producen humos, que podrían ser peligrosos para la salud del personal de quirófano. Son ejemplos de la utilización de estos equipos en el Hospital de Sant Andreu:

- Las técnicas electroquirúrgicas, tales como la electrocauterización utilizada para resección de tumores, la laparoscopia y otros procedimientos endoscópicos en general.

- Las técnicas de láseres utilizadas en oftalmología.

- Los dispositivos para intervenciones específicas, tales como la eliminación del cemento óseo mediante ultrasonidos durante reintervenciones en endoprótesis.

6.2. Composición de los humos quirúrgicos

6.2.1. Gases y vapores

En la tabla 3 se resumen los principales compuestos determinados en humos quirúrgicos en la abundante bibliografía existente. A ellos habría que añadir los gases característicos de la combustión, como monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre y amoníaco.

Tabla 3. Principales compuestos químicos detectados en humos quirúrgicos

Acetonitrilo	Etileno
Acetileno	Estireno
Acroleína	Fenol
Acrilonitrilo	Formaldehído
Benceno	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Butadieno	Metano
Butano	Piridina
Buteno	Pirrolidina

Cianuro de hidrógeno	Propeno
Cresoles	Tolueno
Etano	Xilenos

6.2.2. Partículas diversas

Según datos de la bibliografía, el tamaño de las partículas presentes en los humos quirúrgicos varía entre 200 µm y <10 nm, según la intensidad con la que la energía aplicada actúa sobre los tejidos. En función de la fuente de generación, presentan los siguientes valores de tamaño de partícula.

- Electrocoagulación → diámetro medio: d <0,1 µm
- Láser (resección del tejido) → diámetro medio: d 0,3 µm
- Bisturí ultrasónico → diámetro medio: d 0,35 - 6,5 µm

6.2.3. Microorganismos

Según la bibliografía, suelen estar compuestos de células intactas, fragmentos celulares, células sanguíneas o fragmentos de DNA viral, y habiéndose detectado los siguientes microorganismos viables:

- Entre las bacterias viables se han cultivado *Bacillus subtilis, Escherichia coli, Staphylococcus aureus*, y micobacterias como la *Mycobacterium tuberculosis*.

- Virus infecciosos como el VIH (virus de la inmunodeficiencia humana), el VHB (virus de la hepatitis B), VPB (virus del papiloma bovino) y VPH (virus del papiloma humano). También en este caso, la presencia de los virus está asociada al tipo de intervención. Por ejemplo, el ADN del VPH se encuentra en numerosas muestras de humo producidas durante la electrocoagulación de verrugas con láser. Dado que no existe prueba específica para evaluar la actividad biológica de ADN detectado en humo, su presencia es difícil de determinar.

- Células viables de melanoma se han detectado en el humo producido por electrocauterización de melanomas.

6.3. Efectos sobre la salud de las personas expuestas

En la tabla 4 se relacionan los efectos descritos en la bibliografía causados por humos quirúrgicos.

Tabla 4

Inflamación aguda o crónica de las vías respiratorias (bronquitis, asma, enfisema)	Hepatitis
Anemia	Infección por VIH
Ansiedad	Hipoxia, mareos
Riesgo de carcinoma y mutagénesis	Lagrimeo
Disfunción cardiovascular	Leucemia
Cólicos	Náuseas, vómitos
Dermatitis	Estornudos
Irritación de los ojos	Irritación de la garganta
Dolor de cabeza	Debilidad
Disminución de la visión del campo quirúrgico	Olores desagradables

Lectura recomendada

Consultar: "Surgical smoke: Risks and preventive measures", en: http://www.issa.int/esl/content/download/144555/2899508/file/2-Surgical_Smoke.pdf

6.4. Determinaciones ambientales

Dado que la mayoría de las sustancias de la tabla se hallan presentes en el aire ambiente al efectuar medidas de inmisión, en el Hospital de Sant Andreu se llevó a cabo un estudio comparativo entre los compuestos identificados en los quirófanos durante la aplicación de técnicas que generaban humos quirúrgicos y los valores obtenidos en el exterior de los mismos. Ver la tabla 5.

Tabla 5. Compuestos identificados cualitativamente en las muestras exteriores y de quirófano y en determinaciones efectuadas en el hospital de Sant Andreu los días 28-7-2011 y 5-8-2011

Compuesto	Exterior 28-7-2011	Quirófano 28-7-2011	Exterior 5-8-2011	Quirófano 5-8-2011
Isobutano	x		x	
2-Metil-1-propeno	x		x	
***n*-Butano**	x	x	x	x
Acetaldehído	x		x	x
Metanol	x		x	
Isopentano	x	x	x	
n-Pentano	x	x	x	
Etanol	x	x	x	x
1,3-Pentadieno	x	x	x	x
1,2-Triclorotrifluoroetano	x		x	x
Acetona	x	x	x	x
Isopropanol	x	x	x	x
Disulfuro de carbono	x	x	x	x

Compuesto	Exterior 28-7-2011	Quirófano 28-7-2011	Exterior 5-8-2011	Quirófano 5-8-2011
Diclorometano	x	x	x	x
Ciclopentano	x	x	x	x
3-Metilpentano		x	x	x
n-Hexano	x	x	x	x
1-Propanol	x		x	x
2-Etoxi-2-metilpropano			x	x
Metilciclopentano		x	x	
Metiletilcetona	x		x	
Cloroformo			x	
2-Metilhexano			x	
Tetracloruro de carbono	x		x	
Benceno	x		x	
Acido acético	x		x	
Tricloroetileno			x	
Tolueno	x	x	x	x
Tetracloroetilè	x		x	x
Acetato de butilo	x		x	x
Etilbenceno	x	x	x	x
Nonano	x		x	x
m+*p*-Xileno	x	x	x	x
o-Xileno	x	x	x	x

Posteriormente se pudo llevar a cabo un estudio cuantitativo. Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Toma de muestras 10-12-2011

Compuesto	Exterior (1 h 30′)	Ambiental quirófano (1 h 30′)	Personal (2 h)
	µg/m^3 por muestra		
Etanol	77,4	230,2	162,7
Acetona	7,1	9,6	26,5
Isopropanol	9,0	5,8	7,5
Ciclopentano	4,2	0,5	<loq

Compuesto	Exterior (1 h 30′)	Ambiental quirófano (1 h 30′)	Personal (2 h)
	µg/m^3 por muestra		
N-hexano	0,3	0,2	0,3
N-propanol	1,3	0,7	0,8
Cloroformo	1,1	0,4	0,2
Tetracloruro de carbono	0,7	0,4	0,5
Benceno	1,0	0,3	0,6
Tricloroetileno	2,4	1,0	1,3
Tolueno	4,6	2,3	3,3
Tetracloroetileno	0,3	0,1	0,2
Acetato de butilo	0,5	0,3	0,5
Etilbenceno	0,5	0,2	0,4
M+p-xileno	1,5	0,7	1,2
O-xileno	0,4	0,2	0,4
A-pineno	0,1	0,2	0,5
Ciclohexanona	0,1	0,5	3,8
1,2,4-trimetilbenceno	0,3	0,3	0,4
Limoneno	0,3	0,4	0,7

- n.d. no detectado
- <loq: inferior al límite de cuantificación

Tabla 7. Toma de muestras 11-12-2011

Compuesto	Exterior (2 h)	Ambiental Quirófano (2 h)	Personal Laparos-copia (2 h)	Personal Bisturí+la-paroscopia (4 h)
	µg/m^3 por muestra			
Etanol	n.d.	223,6	42,7	129,29
Acetona	n.d.	5,1	54,2	20,76
Isopropanol	n.d.	1,4	9,8	5,76
Ciclopentano	n.d.	1,9	0,3	0,04
N-hexano	1,26	0,3	0,1	0,06
N-propanol	n.d.	0,2	1,5	0,19
Cloroformo	<loq	0,6	0,2	0,06

Compuesto	Exterior (2 h)	Ambiental Quirófano (2 h)	Personal Laparos-copia (2 h)	Personal Bisturí+la-paroscopia (4 h)
	µg/m^3 por muestra			
Tetracloruro de carbono	0,07	0,3	0,5	0,19
Benceno	0,03	0,3	0,4	0,20
Tricloroetileno	<loq	0,1	0,1	0,02
Tolueno	<loq	0,8	1,2	0,41
Tetracloroetileno	<loq	0,1	0,1	0,04
Acetato de butilo	0,03	0,1	0,3	0,06
Etilbenceno	0,02	0,2	0,3	0,08
M+p-xileno	0,07	0,6	1,1	0,28
O-xileno	0,05	0,2	0,4	0,12
A-pineno	0,02	0,5	0,3	0,43
Ciclohexanona	n.d.	1,0	4,0	6,13
1,2,4-trimetilbenceno	0,08	0,3	0,4	0,16
Limoneno	0,06	0,3	0,4	0,27

No se han efectuado determinaciones de partículas ni de microorganismos en humos quirúrgicos en el Hospital de Sant Andreu.

7. Exposición a formaldehído. Anatomía patológica

7.1. Introducción

El formaldehído sigue siendo una de las sustancias más utilizadas en los centros sanitarios. Su solución acuosa, habitualmente del 37 al 50% y con un 10-15% de metanol, es conocida como **formol** o **formalina**. Sin embargo, al ser un gas y pasar rápidamente al ambiente, por su carácter irritante y al estar clasificado como cancerígeno (de categoría 2 en la Unión Europea y de categoría 1 según la IARC) existe una amplia tendencia a eliminar su uso, cuando ello es posible, o bien a reducir la exposición al máximo, tomando las correspondientes medidas de corrección. Por ello, continuamente se están desarrollando nuevos sistemas para llevar a cabo el correcto control de la exposición y, sobre todo, destinados a lograr una disminución de sus niveles ambientales.

En el Hospital de Sant Andreu, como en la mayoría de hospitales, en las unidades de Anatomía y Anatomía Patológica las soluciones de formaldehído son profusamente utilizadas, pero también en otras áreas, incluyendo la sala de autopsias y la morgue, y acompañando muchas operaciones de limpieza. Se ha comprobado que una serie de operaciones típicas del área de anatomía patológica, tales como la realización de biopsias, lavados de piezas, perfusiones, transvases, dosificaciones y otras manipulaciones con las disoluciones, suponen una importante emisión del contaminante que afecta directamente el área respiratoria del trabajador. También se ha observado que desde los recipientes o contenedores de conservación de piezas frecuentemente se producen escapes de vapores que afectan las zonas dedicadas al efecto, especialmente si se recogen piezas de gran tamaño o incluso en el caso de cadáveres.

En definitiva, como posibles causas de la contaminación por formaldehído en el ambiente de trabajo se han encontrado las siguientes:

- La manipulación o el estudio de las piezas anatómicas conservadas.
- Las tareas de conservación.
- Las características de envases y recipientes contenedores.
- La ausencia de sistemas de retirada de contaminantes y adecuadas renovaciones de aire.
- Manipulaciones indebidas.

7.2. Clasificación y valores límite

En la tabla 8 se resumen la clasificación y las características de peligrosidad del formaldehído y sus distintas disoluciones en agua.

Tabla 8. Clasificación de las distintas soluciones de formol

Concentración (C)	Pictograma	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro
≥ 25%		Peligro	• Se sospecha que provoca cáncer • Tóxico en caso de inhalación • Tóxico en contacto con la piel • Tóxico en caso de ingestión • Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves • Puede irritar las vías respiratorias • Puede provocar una reacción alérgica en la piel
5% ≤ C ≤ 25%		Atención	• Se sospecha que provoca cáncer • Nocivo en caso de inhalación • Nocivo en contacto con la piel • Nocivo en caso de ingestión • Provoca irritación cutánea • Provoca irritación ocular grave • Puede irritar las vías respiratorias • Puede provocar una reacción alérgica en la piel
≥ 1%		Atención	• Se sospecha que provoca cáncer • Puede provocar una reacción alérgica en la piel
≥ 0,2%		Atención	• Puede provocar una reacción alérgica en la piel

Fuente: Tomada de INSHT, NTP-873.

El valor límite ambiental para exposiciones cortas (LEP VLA-EC) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2012) para el formaldehído es de 0,3 ppm (0,37 mg/m^3), y cabe recordar que está clasificado como carcinógeno en humanos, grupo 1, por la IARC.

7.3. Determinaciones ambientales de formaldehído

Se han llevado a cabo en el hospital una serie de determinaciones ambientales que se presentan a continuación. Los métodos empleados para su determinación en aire han sido INSHT, MTA/MA-018/A89 y NIOSH 2016. Los muestreos personales se han ajustado en todos los casos a un tiempo de 15 minutos.

Lecturas recomendadas

Consultar:

NTP 248: Formaldehído: su control en laboratorios de Anatomía y Anatomía Patológica http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_248.pdf

NTP 873: Prevención de la exposición a formaldehído http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/873w.pdf

7.3.1. Laboratorio anatomía patológica. Sala de inclusión

La sala de inclusión es donde se seleccionan los tejidos que se van a analizar. Cuando se reciben piezas anatómicas completas, el patólogo forense realiza un análisis macroscópico identificando las anomalías y seleccionando fragmentos tisulares, con tamaño aproximado de 3 x 2 cm, para su inclusión con la técnica de parafina.

Se llevaron a cabo 5 muestreos personales (tabla 9) y 4 ambientales (tabla 10) en la sala de inclusión, cuyo esquema en planta se presenta en la figura 13.

Tabla 9. Muestras personales (muestreos de 15 min)

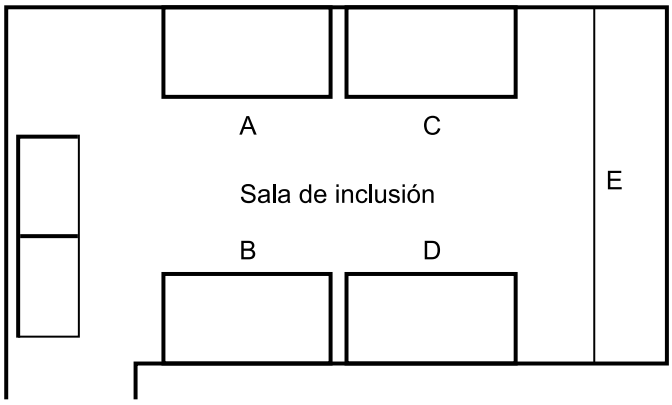
Referencia	Concentración en ppm
T 1 Punto A (mañana)	0,06

Referencia	Concentración en ppm
T 2 Punto B (mañana)	0,36
T 6 Punto C (tarde)	0,50
T 7 Punto D (tarde)	0,24
T 8 Punto B (tarde)	0,22

Tabla 10. Muestreos ambientales

Referencia	Concentración ppm	Tiempo de toma de muestras
T 3 Punto E (mañana)	0,18	105
T 4 Recepción muestras	0,030	103
T 5 Despacho unidad básica de PRL	0,008	130
T 9 Punto E (tarde)	0,22	64

Figura 13. Esquema en planta de la sala de inclusión



Otras determinaciones ambientales y personales llevadas a cabo en el hospital en zonas en las que constaban quejas de olor irritante se resumen en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Muestreos ambientales en distintas áreas del hospital

Lugar (número de muestras tomadas)	Tiempo de muestreo	Concentración ppm
Almacén (sin ventilación) (1)	60	43
Almacén de muestras (6)	30 -100	0,06 – 0,54
Despacho (1)	45	<0,01
Frigorífico cadáveres (1)	35	2,18
Archivo de muestras (7)	25	0,14 – 36
Prácticas de disección de cadáveres (6)	15	0,38 – 2,94
Recepción muestras (5)	40 – 100	0,04 – 0,70

Lugar (número de muestras tomadas)	Tiempo de muestreo	Concentración ppm
Sala de corte (3)	50 – 60	0,25 – 0,48
Sala de practicas (2)	60	0,04 – 0,07
Sala de procesado (4)	30 – 35	0,04 – 0,44
Sala de tallado (&)	30 – 100	0,03 – 1,11
Sala descanso (1)	80	0,03
Sala necropsias (4)	35 – 40	0,07 – 8,40
Archivo muestras de autopsias (6)	30	1,10 – 1,60
Sala de endoscopias	15	0,01 – 0,08
Laboratorio (general) (4)	15	0,08 – 6,90
Operaciones de limpieza y desinfección en general	15	0,01 – 1,62

Tabla 12. Muestreos personales en distintas áreas del hospital

Personal expuesto (número de muestras tomadas)	Concentración (ppm)
Patólogo trabajando en cabina de extracción (8)	0,31 – 0,72
Patólogo trabajando en la mesa de tallado (8)	0,75 - 3
Técnico deambulando (8)	0,01 - 2,21
Patólogo deambulando (10)	0,26 – 2,0
Técnico en recogida de muestras (2)	0,04 – 0,25
Técnico en laboratorio de inmunohistoquímica (2)	0,2 - 1,2
Técnico en sala de corte (2)	0,32 - 0,45

7.4. Métodos de control

7.4.1. Protección general y colectiva

Para prevenir la exposición a formaldehido, es necesario reducir al mínimo posible su presencia en el puesto de trabajo, proteger al trabajador frente a salpicaduras y contactos directos con la piel y establecer un plan de formación e información del personal que lo maneja. Por ello, en el Hospital de Sant Andreu se han establecido las siguientes instrucciones.

- No debe emplearse el formol de manera generalizada como elemento de desinfección, restringiendo su uso a situaciones en las que se considere imprescindible por motivos de asepsia.

- Se debe evitar la existencia de fuentes de contaminación innecesarias, como recipientes abiertos, y eliminar rápidamente los derrames.

- Deben observarse procedimientos de trabajo adecuados, evitando la evaporación y la formación de aerosoles y manteniendo los recipientes cerrados.

- La utilización de vitrinas con encerramiento y aspiración forzada (ver la figura 14) reduce la presencia de formaldehído de manera muy eficaz. Es preferible este tipo de cabina que la de sobremesa con filtro (figura 15).

- La utilización de mesas con aspiración (figuras 16 y 17) también proporciona buenos resultados, aunque estas deben utilizarse en áreas con poco movimiento de aire y siguiendo procedimientos de trabajo tendentes a provocar la mínima generación de formaldehído proveniente de las muestras manipuladas.

- Existen también unidades portátiles de extracción que aspiran el aire a través de filtros impregnados con permanganato de potasio que fija químicamente el formaldehído. Estas unidades son especialmente útiles para eliminar el aldehído en salas de almacenaje de piezas pequeñas fijadas con formaldehído.

- Una adecuada renovación general del aire es imprescindible para la minimización de las concentraciones residuales.

Figura 14. Cabina de extracción

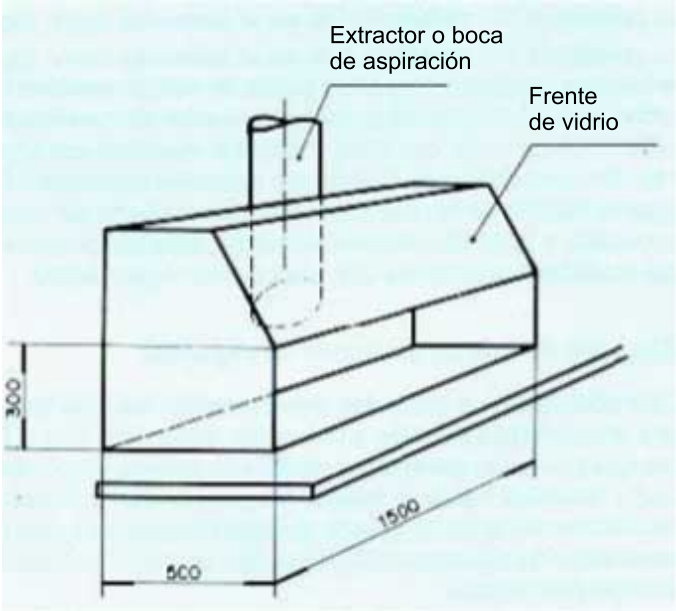


Figura 15. Cabina de extracción de sobremesa con filtro

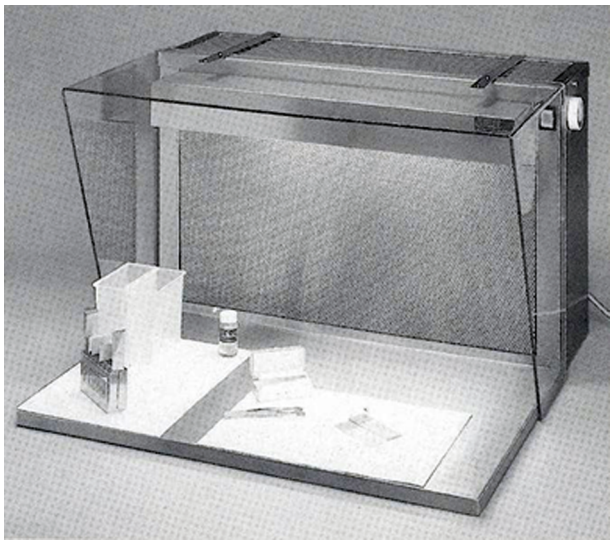


Figura 16. Mesa de extracción con aspiración superior e inferior

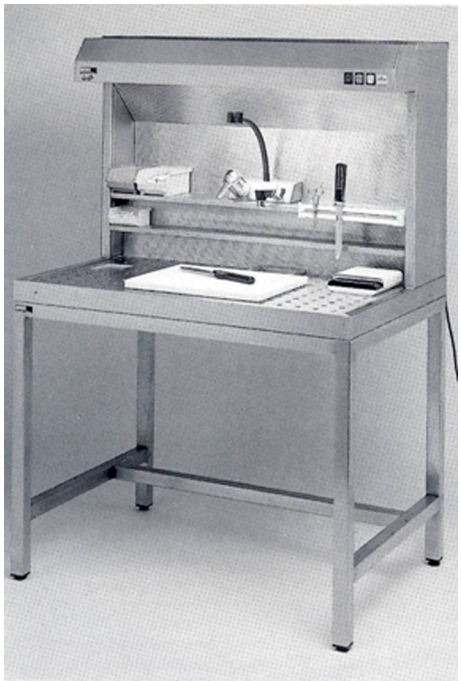
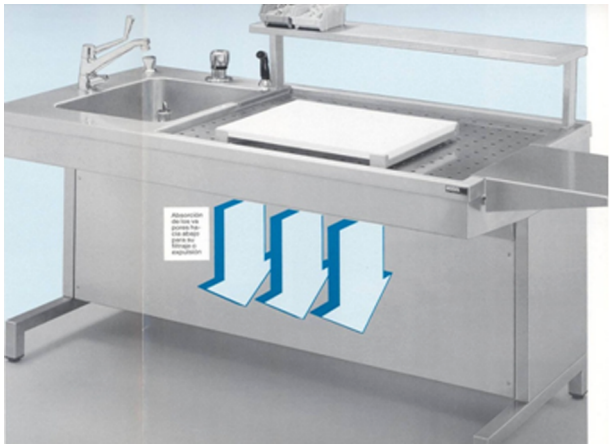


Figura 17. Cabina de extracción de sobremesa con filtro



7.5. Control de operaciones específicas

Igualmente, se han estudiado las operaciones específicas en las que interviene el formaldehído.

7.5.1. Biopsias

Las biopsias sobre piezas anatómicas conservadas en formaldehído deben ser realizadas bajo extracción localizada con el fin de retirar los vapores del contaminante de la atmósfera respiratoria del operador y eludir la contaminación del área. El sistema adecuado suele ser la instalación de un equipo de extracción localizada, preferentemente una vitrina diseñada en función de la superficie de trabajo requerida, una mesa con extracción perimetral o inferior, o, preferiblemente, una combinación de ambas (mesas de tallado). Ver la figura 18. En el interior del cerramiento creado, deben ubicarse los contenedores abiertos y todo aquel material contaminado o impregnado, con el fin no solo de evitar exposiciones al personal sino de evitar la contaminación de las áreas adyacentes.

Figura 18. Mesa combinada

7.5.2. Lavados y perfusiones

Estas técnicas requieren también un cerramiento equipado con sistemas de extracción. Los criterios pueden ser los mismos que los expuestos en el punto anterior, con la única diferencia de ser construidos sobre un área de trabajo que incluya instalación o sistema de recogida y eliminación de vertidos.

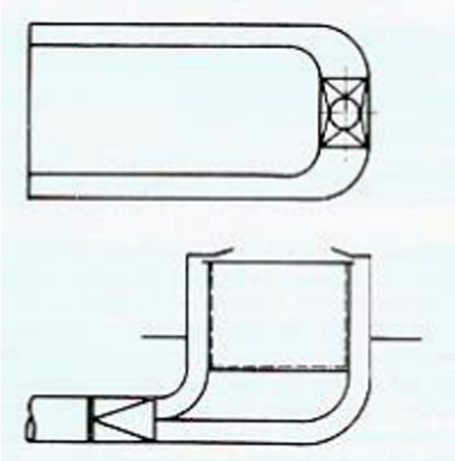
Por otro lado, en trabajos como los que se contemplan en este apartado, son frecuentes las salpicaduras y proyecciones. Por ello, el personal al cargo de estas tareas deberá utilizar pantallas faciales, además de guantes y, en su caso, mandiles o petos.

7.5.3. Recipientes y envases

Los recipientes o contenedores de piezas deben poder asegurar su hermeticidad, descartando aquellos que por su peculiar forma vuelquen con facilidad. Los contenedores pesados deben incorporar asas que faciliten su movimiento, y serán transportados en carros con el fin de evitar incidentes que se traducirán en derrames de grandes volúmenes.

Un caso especial lo constituyen los tanques fijos en los que se conservan cadáveres o grandes piezas, que se encuentran habitualmente en unidades dedicadas a la enseñanza. Las medidas técnicas de control del contaminante incluirán rendijas de captación dispuestas perimetralmente a los tanques. La velocidad de captación proporcionada por los equipos extractores debe alcanzar 0,3 metros por segundo en el centro de la superficie del contenedor. Ver la figura 19.

Figura 19. Mesa con extracción perimetral



Nuevamente aquí se ha detectado riesgo de salpicaduras y proyecciones –estas tareas son realizadas incluso con ayuda de polipastos– por lo que se hacen extensivos los equipos de protección individual propuestos en el apartado anterior.

7.5.4. Transvases

La recepción de la soluciones de formaldehído de grado comercial conlleva la posible utilización de envases de relativa capacidad, lo que implica su trasvase, tarea que provoca el aporte del contaminante a la atmósfera de trabajo. Por ello, los transvases deben realizarse siempre bajo extracción localizada. Un sistema adecuado consiste en la disposición de una rendija inmediatamente próxima al foco de emisión, en este caso, al grifo de salida del recipiente desde el que se pretende transvasar, o bien la salida de la bomba utilizada.

7.5.5. Manipulación del formol

Otras tareas, como dosificaciones, preparación de nuevas disoluciones, pipeteos, etc., exigen una serie de precauciones y, en algún caso, nuevamente sistemas de extracción localizada. Obviamente, deben desterrarse los pipeteos libres y otras operaciones indebidas, como pueden ser el abandono de recipientes sin cerrar o sin etiquetar, disponerlos en altura, etc.

Mención especial merecen los trabajos de limpieza de material de vidrio o envases contaminados con formaldehído. El área de trabajo debe tratarse mediante extracción localizada, y el personal que lo lleva a cabo, muchas veces ajeno al laboratorio, debe estar informado de la peligrosidad del agente y no las ejecutará como cualquier limpieza rutinaria, debiéndose dotar de los correspondientes EPI, y de extracción localizada lo más cercana posible al punto de trabajo.

7.5.6. Tratamiento y eliminación de vertidos

Los vertidos y salpicaduras en pequeña cantidad pueden absorberse mediante papel, proceder a su evaporación en vitrina y posterior quemado del papel. Si se producen en gran cantidad, se cubrirá la zona afectada con bisulfito sódico, adicionando una pequeña cantidad de agua y mezclando. La mezcla puede disponerse en un recipiente adecuado y, tras dejar pasar un intervalo de tiempo del orden de una hora, verter por el desagüe con exceso de agua. La zona contaminada puede tratarse con agua jabonosa.

Los residuos deben gestionarse dentro del plan de gestión de residuos sanitarios del que dispone el hospital.

7.5.7. Aplicación de formol en áreas o zonas de trabajo

El tratamiento de áreas o superficies de trabajo requiere proporcionar una adecuada renovación del aire del local. El caudal de ventilación está en función de si existen (o si se usan) extracciones localizadas y del modo de trabajo (buenas prácticas).

En las salas destinadas a acoger contenedores de conservación en las que pudieran realizarse movimientos de piezas grandes, deben tener previsto un sistema que proporcione retiradas y aportes de aire suplementarios, aumentando sensiblemente la ventilación, puesto que en ocasiones se producirán considerables emisiones de contaminante que será preciso evacuar con rapidez para evitar contaminaciones residuales y de áreas próximas. Debe tenerse siempre en cuenta el criterio de no reciclar el aire extraído desde un laboratorio y, obviamente, mantenerlo siempre en depresión, igual que en aquellas pequeñas zonas o incluso en armarios destinados al *stock* de envases conteniendo pequeñas muestras.

7.6. Equipos de protección individual (EPI)

La utilización de EPI implica el establecimiento de un programa para su adecuada gestión, desde la decisión de su utilización, hasta la formación e información a los usuarios, no olvidándose nunca del carácter de "ultima protección" que tienen. Los EPI recomendados generalmente para trabajar con formaldehído son los que protegen de contacto dérmico y de salpicaduras, como guantes, delantales, gafas y máscara facial. Si se pretende evitar completamente la inhalación de vapores, debe recurrirse a la utilización de equipos de protección respiratoria.

7.7. Otros productos químicos en anatomía patológica

Aunque en este apartado nos hayamos centrado en la problemática del formaldehído tanto por su extenso uso, como por su peligrosidad, cabe añadir que en la actividad en anatomía patológica se hallan presentes también xilenos (VLA-ED 200 ppm, VLA-EC 250 ppm) y metanol (VLA-ED 50 ppm y VLA-EC 100 ppm). La mezcla de isómeros que constituyen el primero se identifica por su olor dulzón característico, mientras que la presencia en el aire del segundo queda enmascarada por la sensación irritante del formaldehído.

En todas las determinaciones ambientales efectuadas de ambos productos en el área de anatomía patológica, no se alcanzaron concentraciones superiores a 10 ppm de xilenos y 5 ppm de metanol, por lo que se descartó establecer un plan de mediciones periódicas.

8. Exposición a glutaraldehído

8.1. Introducción

En el Hospital de Sant Andreu el glutaraldehído se utiliza solo o en combinación con otros productos, en primer lugar, para la esterilización del material destinado a endoscopias (colonoscopios, broncoscopios) y de otros aparatos o materiales delicados, no resistentes al hipoclorito sódico (lejía) ni al calor, o bien como tratamiento más eficaz frente a algunos agentes biológicos como el VIH y el *Mycobacterium tuberculosis*, entre otros. También se emplea en limpieza, desinfección y esterilización de superficies, como suelos, paredes, armarios y mesas, en quirófanos y zonas de alto riesgo. Finalmente, también se cita su presencia en los laboratorios de anatomía patológica, en la operación de fijación de tejidos, en radiología, durante el revelado de placas, y en dermatología, para el tratamiento de verrugas. Consultado el Comité de Infecciones del hospital, se nos comenta que debido a sus excepcionales cualidades bactericidas, fungicidas y virucidas, su uso va aumentando de manera progresiva.

Desde el punto de vista químico, el glutaraldehído es un producto muy reactivo que polimeriza en agua. Las soluciones acuosas ligeramente ácidas son relativamente estables, aspecto que puede incrementarse con la adición de productos específicos, como el metanol. En un medio alcalino, en cambio, la reactividad es más alta, pudiendo llegar a ser violenta a pH elevados. En este medio, a temperatura ambiente, reacciona rápidamente con los grupos amino de las proteínas, desnaturalizándolas, razón por la cual se utiliza como antiséptico.

En el hospital, para su uso como antiséptico, se usa en disoluciones acuosas, asociado con otro aldehído (glutaraldehído + formaldehído), con dos aldehídos (glutaraldehído + formaldehído + glioxal) y con otros principios activos, como sales de amonio cuaternario y fenol (fenolatos). Aunque se dispone de disoluciones acuosas de diferentes concentraciones (50, 25 y 2%), la más empleada es la más diluida.

8.2. Efectos sobre la salud

El glutaraldehído es un irritante de la piel, ojos y vías respiratorias y sensibilizante, debiéndose restringir su utilización a aquellos casos que sea imprescindible. Por otro lado, la aplicación de unas buenas prácticas de manipulación es fundamental para reducir la exposición a los niveles más bajos posibles. En exposiciones de corta duración y aun a bajas concentraciones, produce irrita-

ción de las mucosas y especialmente del tracto respiratorio superior, aunque debe tenerse en cuenta su baja presión de vapor (su punto de ebullición es cercano a 200 ºC).

Por lo que se refiere al contacto dérmico con soluciones conteniendo glutaraldehído, no se han descrito efectos irritantes a concentraciones inferiores al 0,5% ni tampoco sensibilización a concentraciones inferiores a 0,1%. El contacto prolongado o repetido con la piel a concentraciones más elevadas puede producir dermatitis y sensibilización. No existe acuerdo sobre si la inhalación prologada y repetida puede producir asma. Por otro lado, los estudios sobre genotoxicidad, carcinogenicidad y toxicidad reproductiva no han mostrado resultados positivos, ni en toxicología experimental ni en estudios epidemiológicos realizados en trabajadores de hospitales.

8.3. Clasificación y valores límite

El glutaraldehído está clasificado como:

- Tóxico agudo por inhalación e ingestión de 3ª categoría (H331-301).

- Corrosivo para la piel categoría 1B (H314: provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves)

- Sensibilizante respiratorio y dérmico de 1ª categoría (H334: puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación y H317: puede provocar una reacción alérgica en la piel).

- Toxico acuático agudo categoría 1 (H400: muy tóxico para los organismos acuáticos).

Dado que se usa siempre diluido, cabe señalar que su clasificación se modifica en función de los distintos niveles de dilución en agua:

- Concentración entre 0,5% y 10%: irritante de la piel de 2ª categoría (H315: provoca irritación cutánea)

- Concentración entre 2% y 10%: causa daños en los ojos (H318: provoca lesiones oculares graves).

- Concentración entre 0,5 % y 2%: irritante ocular (H319: provoca irritación ocular grave).

- Concentración >0,5%: STOT (*specific target organ toxicity,* toxicidad específica para el órgano diana) en este caso como sensibilizante respiratorio (H335: puede irritar las vías respiratorias) y sensibilizante de la piel (H317: puede provocar una reacción alérgica en la piel).

El valor VLA-EC (valor límite ambiental para exposiciones cortas) es de 0,05 ppm (0,2 mg/m^3). Es un valor muy bajo, fijado para proteger de su carácter sensibilizante, que si se manipula en cantidades relevantes, por ejemplo en limpieza general, es muy difícil de cumplir.

8.4. Usos del glutaraldehído en el hospital

8.4.1. Esterilización de endoscopios

La esterilización de endoscopios se realiza por inmersión, en un recipiente que contiene una disolución del 2% de glutaraldehído, activada con bicarbonato sódico, diluida y con agitación. El nivel de dilución, 1:8 o 1:15, así como la duración de la inmersión dependen del nivel de desinfección o esterilización pretendido. El recipiente empleado suele ser de material plástico con tapa, aunque no de cierre hermético. Una vez transcurrido el tiempo fijado, los objetos son extraídos y lavados con agua antes de su aplicación a otro paciente. Esta operación, en la mayoría de los casos, se realiza de forma manual, aunque el hospital ha adquirido recientemente un sistema que permite su automatización. Ver la figura 20.

Figura 20

Equipo para limpieza manual

Equipo para limpieza automática

En estas unidades se han encontrado niveles de concentración en aire relativamente elevados (ver más adelante) debido al tipo de trabajo y a las concentraciones utilizadas. Por ello, como ya se ha dicho, deben establecerse unos procedimientos de trabajo adecuados, destinados principalmente a evitar la evaporación o la formación de aerosoles mediante el control de la agitación, la ausencia de movimientos bruscos y manteniendo abiertos los recipientes el menor tiempo posible, sobre todo si no se dispone de un sistema de extracción localizada.

8.4.2. Limpieza de superficies en zonas de alto riesgo

En el hospital se emplean mezclas de glutaraldehído con otros aldehídos o sales de amonio cuaternario diluidos al 1%, para la limpieza de superficies de quirófanos, UCI, urgencias, hemodiálisis y otras áreas de elevado riesgo. En este caso hay que tener en cuenta que el glutaraldehído aplicado, a pesar de

presentar una presión de vapor pequeña, como ya hemos comentado, acabará evaporándose favorecido por su aplicación extendida a grandes superficies, ya que la evaporación es un fenómeno superficial.

Para este tipo de aplicaciones debe considerarse en primer lugar si su uso es imprescindible o bien puede ser sustituido por otros productos menos problemáticos, por supuesto, con igual eficacia. En segundo lugar, debe valorarse la necesidad de una ventilación suficiente y adecuada a las necesidades de asepsia de la zona. En tercer lugar deben valorarse en estas áreas los requerimientos de calidad de aire por parte de los pacientes con problemas respiratorios que se hallen ingresados en ellas.

Lectura recomendada

Consultar:

NTP 506: Prevención de la exposición a glutaraldehído en hospitales: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_506.pdf

A continuación, a título de ejemplo, presentamos el procedimiento de limpieza usado en el hospital para reducir al mínimo la exposición de los trabajadores al glutaraldehído en la limpieza "terminal" de los quirófanos, que es la que se realiza al final de la actividad.

Procedimiento de limpieza

1) Vaciado de los contenedores de residuos en las bolsas de plástico utilizadas. Cerrarlas con doble nudo y evacuarlas para su eliminación, según el plan de gestión de residuos sanitarios del centro.

2) Cierre del quirófano durante un tiempo para que el aire quede en reposo con el fin de que puedan sedimentar las partículas en suspensión.

3) Si en el suelo del quirófano hay manchas de sangre, pus u otros líquidos orgánicos, se hace una primera limpieza con agua, detergente y lejía (100 ml de lejía en 10 l de agua). Una vez eliminadas estas manchas se tira el agua y se aclara el cubo con agua limpia.

4) Limpieza del mobiliario con la solución de aldehídos a la concentración que se indique en el protocolo específico del quirófano (si no hay contraindicación, al 1%) empezando por las superficies horizontales (mesa de operaciones, mesas auxiliares e instrumental), luego las verticales del mobiliario y, finalmente, las paredes, siempre de arriba abajo.

5) Una vez concluida la limpieza de mobiliario y paredes se inicia el fregado y desinfección de suelos.

6) Al finalizar la limpieza se tira el agua del aclarado de la gamuza y la solución utilizada para la limpieza, de tal manera que al iniciar una nueva limpieza se utilice siempre agua y solución totalmente limpias.

Durante las operaciones descritas en el punto 4.º es conveniente llevar prendas de protección personal con el fin de evitar todo contacto directo con la piel, como guantes, gafas o pantallas faciales para evitar posibles salpicaduras. Ver el apartado de equipos de protección individual (EPI). Téngase en cuenta que las mascarillas quirúrgicas no protegen en absoluto frente a los vapores y muy poco frente a las salpicaduras. Deben observarse, asimismo, las precauciones habituales para el manejo de lejía y en la eliminación de las soluciones acuosas resultantes después de la limpieza.

Estas mismas precauciones deben considerarse en la limpieza de las zonas de riesgo elevado.

8.4.3. Utilización en anatomía patológica, radiología y dermatología

Finalmente, también se utiliza como fijador en histopatología, en el revelado de radiografías y en el tratamiento de verrugas. En consecuencia, los locales en los que se realizan estas operaciones deben estar provistos de una buena

ventilación con el fin de reducir al máximo la contaminación ambiental por glutaraldehído, además de por otros posibles contaminantes, como el formaldehído en el primer caso y el ácido acético en el segundo.

8.5. Personal expuesto

El colectivo de trabajadores expuestos profesionalmente a glutaraldehído está encabezado por el personal de la limpieza, que es el más directamente afectado y a quien deben ir dirigidos los mayores esfuerzos para controlar y reducir al máximo la posibilidad de exposición. Sin embargo, el número de potenciales expuestos es elevado, ya que abarca la práctica totalidad de los trabajadores sanitarios que desarrollan su actividad en alguna de las áreas citadas anteriormente.

8.6. Niveles de contaminación

Se han efectuado determinaciones ambientales de glutaraldehído empleando el método analítico NIOSH 2532 y el de Levin J. O. y otros. Anal. Chem., 57, 1032, 1985 (modificado) con muestreos de 15 min en las unidades de endoscopia, quirófanos y zonas de alto riesgo. Se tomaron muestras personales y ambientales en unidades de endoscopias cerca de las cubetas de desinfección y en los quirófanos durante la operación de limpieza de final de jornada laboral. Los resultados se exponen en la tabla 13.

Tabla 13. Determinaciones de glutaraldehído en distintas zonas

Área estudiada	Concentración
Departamento de endoscopias. Muestras ambientales	0,5 ppb - 0,04 ppm
Departamento de endoscopias. Muestras personales	0,5 ppb – 0,06 ppm
Quirófanos. Muestras ambientales	<0,5 ppb
Quirófanos. Muestras personales	<0,5 ppb
Limpieza exhaustiva de zonas de riesgo. Muestras personales	0,5 ppb – 0,04 ppm

Las concentraciones ambientales determinadas se correlacionan claramente con el caudal de aire de renovación, la disponibilidad de sistemas de extracción localizada y el sistema de limpieza (manual o automático). La existencia y el cumplimiento de protocolos estrictos de trabajo es otro factor determinante en la existencia de exposiciones ambientales de glutaraldehído.

8.7. Medidas de protección general y colectiva

- Reducir al mínimo posible su presencia en el puesto de trabajo empleándolo solo en aquellos casos en los que sea necesario y en aquellas condiciones en las que la probabilidad de entrar en contacto con él por vía dérmica o inhalatoria sea muy pequeña. Evitar siempre la existencia de fuen-

tes de contaminación innecesarias, como recipientes abiertos, y eliminar rápidamente los derrames, recogiéndolos con papeles o paños absorbentes que, una vez utilizados, se depositarán en recipientes herméticos.

- Proteger al trabajador frente a salpicaduras y contactos directos con la piel.

- Establecer un plan de formación e información del personal que lo maneja.

- Realizar la vigilancia médica adecuada para la protección de personas sensibilizadas.

En endoscopia deben observarse procedimientos de trabajo adecuados, evitando la evaporación y la formación de aerosoles y manteniendo los recipientes cerrados. La utilización de vitrinas con encerramiento y aspiración forzada reduce casi totalmente la presencia de glutaraldehído residual en el aire de la sala, así como de otros productos que pueden acompañar al glutaraldehído, como fenol y formaldehído. Por otro lado, una adecuada renovación general del aire, no solo colabora a la minimización de las concentraciones residuales, sino que es imprescindible de cara a la eliminación de olores molestos, habituales en esta dependencia. La utilización de sistemas automatizados mejora considerablemente los problemas de contaminación.

En la aplicación extensiva de soluciones conteniendo glutaraldehído para desinfección de superficies, aplicar el protocolo para realizar la operación con el menor riesgo de exposición, utilizando, siempre que sea necesario, equipos de protección personal, guantes, protección ocular, máscara facial y delantales resistentes a las soluciones de glutaraldehído.

8.8. Equipos de protección individual (EPI)

La utilización de EPI implica el establecimiento de un programa para su adecuada gestión, desde la decisión de su utilización, hasta la formación e información a los usuarios, no olvidándose nunca del carácter de "última protección" que tienen. Los EPI recomendados generalmente para trabajar con glutaraldehído son los que protegen de contacto dérmico, como los guantes, y de salpicaduras, como guantes, delantales, gafas y máscara facial. Si se pretende evitar completamente la inhalación de vapores, debe recurrirse a la utilización de equipos de protección respiratoria certificados.

8.9. Plan de controles ambientales periódicos

Dadas las concentraciones determinadas de glutaraldehído, se propone establecer un procedimiento de control cuya periodicidad esté en función de los niveles de exposición observados. También se propone que se lleven a cabo estos controles siempre que tengan lugar modificaciones en el procedimiento

de aplicación o bien cuando se presenten quejas o se detecte alguna alteración en la salud de los trabajadores que pueda asociarse a la exposición a glutaraldehído.

9. Exposición a oxido de etileno. Esterilización.

9.1. Introducción

La necesidad de esterilizar materiales sensibles al calor y a la humedad ha hecho del óxido de etileno el agente esterilizante adecuado para los procesos de esterilización en frío. Su elevada peligrosidad ha provocado que los fabricantes y usuarios hayan puesto en marcha una serie de mecanismos tendentes al perfeccionamiento de sus equipos e instalaciones y al establecimiento de diseños y procedimientos de trabajo que reducen al máximo la exposición a este compuesto, como ocurre en el Hospital de Sant Andreu. Aunque para algunas aplicaciones parece insustituible, actualmente se encuentran disponibles tecnologías alternativas que el hospital tiene en proyecto para eliminar definitivamente el uso del óxido de etileno.

El óxido de etileno es un gas inflamable (categoría 1) y extremadamente reactivo. A temperatura ambiente se polimeriza fácilmente. También se puede descomponer espontáneamente aunque no es corrosivo para los metales ni para diversos tipos de cauchos o de materias plásticas, lo que simplifica su uso. También está clasificado como cancerígeno y mutágeno 1B, toxicidad aguda categoría 3, irritante ocular y de la piel categoría 2 y STOT (*specific target organ toxicity*, toxicidad específica para el órgano diana, sensibilizante respiratorio) categoría 3. Las indicaciones de peligro son: H220: gas extremadamente inflamable; H350: puede causar cáncer; H340: puede provocar defectos genéticos; H331: tóxico por inhalación; H319: provoca irritación ocular grave; H335: puede irritar las vías respiratorias; y H315: provoca irritación cutánea.

Los valores límite de exposición profesional a agentes químicos adoptados por el INSHT fijan para el óxido de etileno un valor VLA-ED de 1 ppm (1,8 mg/m^3).

9.2. Exposición a óxido de etileno en la unidad de esterilización

La unidad de esterilización del Hospital de Sant Andreu está dividida en tres áreas de trabajo:

1) Zona de preparación, donde el material se limpia y se prepara antes del proceso de esterilización (zona “sucia”).

2) Zona del autoclave, donde tiene lugar el proceso de esterilización y aireación y la carga y descarga del autoclave.

3) Zona de almacenamiento del material estéril, donde el material clínico se guarda hasta que es utilizado (zona "limpia").

9.2.1. Diseño

El equipo de esterilización por óxido de etileno cumple las siguientes características, de acuerdo con lo establecido en las recomendaciones habituales para este tipo de equipos.

- El autoclave de óxido de etileno (ver figura 21) está aislado físicamente del área habitual de trabajo.
- El equipo trabaja en presión negativa.
- Tiene solamente una puerta.
- Posee un sistema de extracción localizada situada en la parte superior del autoclave, para la extracción del gas residual.
- El recinto donde se halla el autoclave está en depresión con respecto a las zonas de trabajo adyacentes.
- El óxido de etileno se suministra en cartuchos de una sola dosis utilizándose siempre en circuito cerrado.
- El ciclo de esterilización incluye la aireación del material.
- La extracción del óxido de etileno, una vez finalizado el ciclo, se evacua al exterior, directamente o previo tratamiento, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Figura 21. Esterilizador de óxido de etileno

9.2.2. Determinaciones ambientales

Los márgenes de concentraciones determinadas utilizando el sistema de lectura directa EO-Self-Scan se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de las determinaciones ambientales de óxido de etileno

Lugar de la toma de muestra	Concentración, ppm
Ambiental. Zona sucia	0,2 – 0,4
Ambiental. Zona limpia	0,3 – 0,7
Personales. Zona sucia	0,2 – 0,6*
Personales. Zona limpia	0,2 – 0,8*
Personales. Momento de apertura del autoclave	4,2 – 8,3**

*Los valores más altos corresponden a las personas que durante su jornada laboral han abierto el esterilizador para sacar el material una vez terminado el ciclo.
**La operación de vaciado de los esterilizadores se lleva a cabo empleando protectores personales respiratorios.

Lectura recomendada

Consultar:
NTP 470: Óxido de etileno: prevención de la exposición en hospitales: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_470.pdf

9.3. Medidas preventivas

A continuación se resumen las acciones preventivas establecidas en el hospital para reducir al máximo la exposición a óxido de etileno:

- Esterilizar solamente aquellos materiales que no se puedan tratar con el autoclave de vapor.

- La unidad de esterilización es una zona de paso restringido y solamente está permitida la entrada al personal del servicio. Está convenientemente señalizada.

- La puerta de la zona donde está ubicado el óxido de etileno debe permanecer cerrada.

- Las intervenciones del personal de mantenimiento y limpieza se deberán hacer en condiciones de mínimo riesgo (máquinas paradas, días libres) y siempre después de haberles informado y proporcionado los equipos de protección personal adecuados. Se consideren trabajos con autorización.

- Se llevan a cabo controles periódicos para comprobar el funcionamiento correcto de los equipos y de los sistemas de extracción.

- El autoclave se utiliza siempre siguiendo las instrucciones del fabricante. Tanto los equipos como las instalaciones tienen un protocolo de mantenimiento.

- Se respeta el período de aireación del material, que será como mínimo de 12 horas.

- Para abrir el autoclave, el personal se colocará: guantes, mascarilla, gorro y gafas.

- Los cartuchos vacíos se introducirán en el aireador o se les añadirá agua para eliminar el óxido de etileno residual que pueda quedar. Una vez tratado, el cartucho se eliminará como residuo urbano.

- Se realizan controles ambientales y personales periódicos con el fin de conocer los niveles residuales de óxido de etileno. Se efectuará una evaluación ambiental cuando se sospeche que hay una fuga.

- Se dispone de una alarma sonora y visual que se activa en caso de fuga o nivel de contaminación elevado. Existen instrucciones detalladas para actuar en este caso, así como en el de incendio.

9.4. Alternativas al uso del óxido de etileno

9.4.1. Peróxido de hidrógeno

El equipo (sistema Sterrat ®) consta de una cámara de esterilización en la que se dispone el material que se va a procesar, un generador para la emisión de radiofrecuencias (RF) y un recipiente que contiene peróxido de hidrógeno (H_2O_2) líquido en solución acuosa al 58%.

9.4.2. Peróxido de hidrógeno y ácido peracético

El equipo (sistema plazlite®) consta de una cámara de esterilización en la que se coloca el material que se va a procesar, un magnetrón generador de microondas, un contenedor con una solución, para varios ciclos, de peróxido de hidrógeno al 22%, ácido peracético al 5%, ácido acético al 5% y el resto agua, y un sistema de alimentación de gases oxígeno, hidrógeno y argón.

9.4.3. Formaldehído

Es un sistema que utiliza formaldehído al 2% con vapor a baja temperatura en vacío.

9.4.4. Glutaraldehído

El glutaraldehído, que ya se ha tratado en un apartado específico, es una posible alternativa a considerar para esterilizar aquellos materiales y equipos susceptibles de ser sumergidos en él.

Lectura recomendada

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la Protección de los Trabajadores contra los Riesgos Relacionados con la Exposición a Agentes Cancerígenos durante el Trabajo. BOE n.º 124 24-05-1997. Modificado por el Real Decreto 1124/2000 y Real Decreto 349/2003: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/1997/665_97/PDFs/realdecreto6651997de12demayosobrelaproteccindelostra.pdf

10. Exposición a cementos óseos. Metacrilato de metilo

10.1. Introducción

El llamado "cemento óseo protésico" que se utiliza en el Hospital de Sant Andreu en ortopedia y odontología es una resina acrílica cuya función es asegurar la fijación de la prótesis al tejido óseo receptor. Son utilizados en operaciones de reemplazo de cadera, de rodilla y de hombro, en vertebroplastia y prótesis dental, para llenar los espacios entre el metal de la prótesis y la cavidad que ha sido preparada para su inserción.

El cemento óseo se prepara a partir de dos componentes: un líquido que contiene el monómero y el polímero en polvo, que comercialmente pueden presentarse en diferentes formatos. Ver la tabla 15.

Tabla 15. Composición del cemento óseo

Líquido	Polvo
Metacrilato de metilo: monómero (98%) Dimetil-p-toluidina: agente acelerador de la reacción necesario para que la mezcla se produzca en un tiempo adecuado (1,5%) Hidroquinona: inhibidor de la reacción; estabiliza la mezcla (0,0075%)	Polimetilmetacrilato: polímero Peróxido de benzoílo: agente catalizador; altera o retarda la velocidad de reacción Sulfato de bario: componente que permite la radiopacidad del cemento

Lectura recomendada

Consultar

NTP 811: Cementos óseos: prevención de la exposición a sus componentes durante su preparación: http://www.insht.es/Insht-Web/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/811%20web.pdf

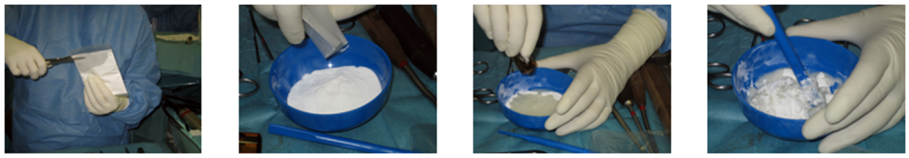
10.2. Manipulación y técnicas de preparación del cemento óseo

La preparación del cemento consiste en mezclar los dos componentes produciéndose una reacción de polimerización exotérmica con un desprendimiento de calor importante que puede llegar a alcanzar los 100 ºC en el centro de la masa del polímero. Es, por lo tanto, durante este proceso cuando se genera una mayor cantidad de vapores potencialmente tóxicos y nocivos, que pueden ser inhalados directamente por el técnico encargado de la operación y demás personal presente en el quirófano si no se toman las medidas adecuadas.

Existen diferentes sistemas para la preparación de estos cementos: recipientes abiertos, sistemas diseñados para el control de emisiones cuando se realiza la mezcla y el proceso de fraguado y sistemas cerrados que permiten el control de emisiones durante toda la manipulación de los componentes.

En el primer caso la preparación se realiza de forma manual mediante un recipiente mezclador abierto y una espátula. Los componentes del cemento se añaden al recipiente y se mezclan sin ningún tipo de tapa, cierre u otra precaución (figura 22).

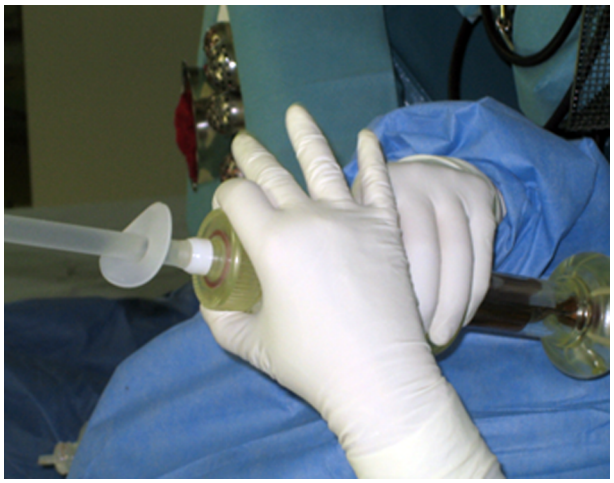
Figura 22. Procedimiento de preparación en abierto



En el segundo caso, el control de los vapores durante la mezcla y fraguado del cemento se realiza mediante un recipiente que dispone de conexión al vacío para evacuar el volumen de aire del sistema durante la mezcla y fraguado. El sistema dispone de una tapa con una pala mezcladora y manivela. Los componentes del cemento se añaden al recipiente, se cierra con la tapa y se conecta al vacío y el cemento se mezcla dentro del recipiente girando la manivela (figura 23). Existe también un modelo de aplicación en sistema cerrado, empleando una jeringa o pistola (figura 24) que permite la mezcla de los dos componentes sin emisión de vapores.

Figura 23. Sistema con evacuación de gases

Figura 24. Aplicación sistema cerrado (pistola)



La duración total del proceso es de alrededor de 15 minutos. El procedimiento a seguir viene determinado por el tipo de aplicación y el criterio del traumatólogo, así como de la temperatura ambiental del quirófano y de la forma de almacenamiento del cemento.

10.3. Efectos tóxicos y personal expuesto

El metacrilato de metilo es una sustancia irritante para el sistema respiratorio y a concentraciones elevadas puede provocar irritación de las vías inhalatorias, mareos, cefaleas y efectos anestésicos. Es también irritante para los ojos y sensibilizante para la piel. El efecto más citado de la exposición repetida es el narcótico (anestésico), así como el de la irritación ocular si las concentraciones son elevadas. Si el componente líquido entra en contacto con ellos hay que lavarlos con abundante agua. También pueden presentar una reacción adversa con las lentes de contacto. La aparición de dermatitis de contacto en individuos sensibles no es rara. No están descritos efectos cancerígenos, teratógenos, mutagénicos ni de toxicidad reproductiva.

Están expuestos a metacrilato de metilo cirujanos, enfermeras y demás personal de los quirófanos de traumatología y especialmente la persona que realiza la preparación del cemento óseo.

10.4. Clasificación y valores límite ambientales

El metacrilato de metilo está clasificado como líquido inflamable, categoría 2, STOT (*specific target organ toxicity,* toxicidad específica para el órgano diana (sensibilizante respiratorio)) categoría 3, irritante para la piel categoría 2, sensibilizante para la piel categoría 1, con las indicaciones de peligro H225: Líquido y vapores muy inflamables, H335: Puede irritar las vías respiratorias, H 315 provoca irritación cutánea y H317: puede provocar una reacción alérgica en la piel.

Los límites de exposición profesional para agentes químicos en España del año 2012 le asignan un VLA-ED de 50 ppm (208 mg/m^3) y un VLA-EC de 100 ppm (416 mg/m^3) con la notación **sen** de sensibilizante cutáneo.

10.5. Medida de la exposición

La determinación de metacrilato de metilo en aire puede llevarse a cabo mediante distintos métodos. En nuestro caso se empleó el método analítico NIOSH 2537, que emplea tubos adsorbentes XAD-2 de 400 mg/200 mg. El tiempo de muestreo fue en todos los casos de 15 minutos, que es por un lado el tiempo que dura aproximadamente la preparación del cemento, y por otro, el tiempo de muestreo requerido para la comprobación del VLA-EC. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 16.

Tabla 16

Muestra	Concentración (ppm)
Ambientales	
Quirófano 11	2
Quirófano 12	1
Quirófano 13	6
Quirófano 14	5
Personales	
Quirófano 11 (enfermera)	4
Quirófano 11 (instrumentista)	15
Quirófano 11 (auxiliar especialista)	45
Quirófano 12 (enfermera)	12
Quirófano 12 (instrumentista)	20
Quirófano 12 (auxiliar especialista)	33
Quirófano 13 (enfermera 1)	13
Quirófano 13 (enfermera 2)	12
Quirófano 13 (instrumentista)	8
Quirófano 13 (auxiliar especialista)	50
Quirófano 14 (enfermera 1)	15
Quirófano 14 (instrumentista 2)	15
Quirófano 14 (auxiliar especialista 1)	58
Quirófano 14 (enfermera 2)	9
Quirófano 14 (instrumentista 2)	8
Quirófano 14 (auxiliar especialista 2)	37

En el hospital, en el quirófano de traumatología de urgencias, se llevan a cabo muy pocas intervenciones que requieran el uso de metacrilato y, cuando tienen lugar, se emplea el sistema cerrado con pistola. Igual ocurre en las unidades de estomatología-odontología.

10.6. Medidas para prevenir la exposición

El metacrilato de metilo es volátil e inflamable, por lo que el quirófano debe tener ventilación apropiada y el componente líquido y sus vapores no deben quedar expuestos a las llamas abiertas.

10.6.1. Medidas preventivas de tipo general y colectivo

1) Utilizar preferentemente sistemas de preparación cerrados (figuras 23 y 24).

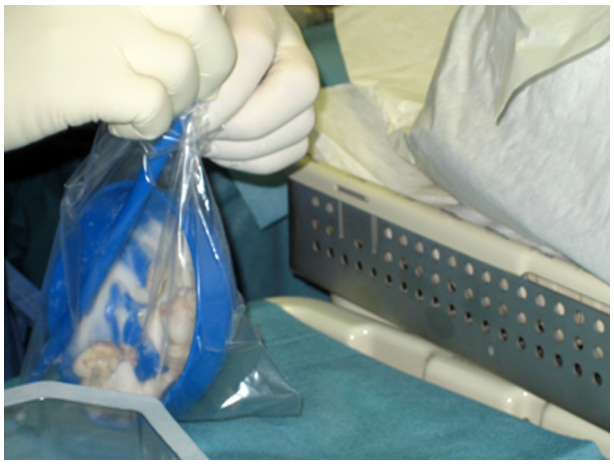
2) Disponer de protocolos de trabajo seguros, que minimicen la evaporación del metacrilato. Por ejemplo, durante la preparación en abierto colocar en el recipiente primero el polvo y a continuación el líquido.

3) Colocar un sistema de extracción localizada lo más cerca posible de la zona de preparación.

4) Llevar a cabo un control periódico de la ventilación del quirófano.

5) Realizar una gestión adecuada de los residuos, colocándolos en bolsas cerradas para evitar la evaporación del metacrilato residual (figura 25).

Figura 25. Recogida de residuos



10.6.2. Medidas de protección personal

1) Gafas protectoras de montura integral que ofrezcan protección frente a salpicaduras, polvo y aerosoles.

2) Guantes adecuados. En caso de que se utilice doble guante de látex, se recomienda cambiarlos una vez realizada la preparación.

3) Mascarilla respiratoria con filtro adecuado para disolventes orgánicos y materia particulada.

4) El personal que lleve lentes de contacto no debe estar cerca ni implicado en la preparación del cemento óseo.

10.6.3. Medidas a tomar en caso de liberación accidental

1) Absorber la sustancia derramada con material absorbente (sólido o tejido) y eliminarlo siguiendo las instrucciones existentes sobre gestión de residuos del hospital.

2) Lavar el lugar del derrame con agua y detergente.

3) En caso de contacto con la piel y ojos, lavar con agua abundante.

10.7. Otros componentes de los cementos óseos

El cemento óseo, tal como se muestra en la tabla 15, además del metacrilato de metilo, lleva otros componentes que, aunque se encuentran a concentraciones mucho más bajas, el trabajador también puede estar expuesto. Los que por sus características y toxicidad requieren especial atención se detallan a continuación.

10.7.1. Hidroquinona (n.º CAS 123-31-9)

Su concentración en el componente líquido es aproximadamente del 0,002%. Los límites de exposición profesional para agentes químicos en España del año 2008 asignan a la hidroquinona un VLA-ED de 2mg/m^3 con la notación **sen** de sensibilizante cutáneo.

10.7.2. Peróxido de benzoílo (nº CAS 94-36-0)

Es un componente del polvo de los cementos óseos. No tiene asignado un valor límite de exposición profesional. Por inhalación puede producir tos y dolor de garganta, y, caso de contacto, enrojecimiento de la piel y ojos. El contacto prolongado puede producir sensibilización de la piel.

11. Exposición a gases anestésicos

11.1. Introducción

La evolución en la utilización de gases anestésicos ha sido muy importante en los últimos años, motivo por el cual en el Hospital de Sant Andreu actualmente solamente se utilizan sevoflurano y desflurano, junto con el óxido de dinitrógeno (N_2O; protóxido de nitrógeno, óxido nitroso), cuyo uso también va decreciendo.

Lecturas recomendadas

En la NTP-606: Exposición laboral a gases anestésicos se describe detalladamente la evolución en el uso de gases anestésicos, así como sus características físicas, químicas y toxicológicas, incluyendo los que se han estudiado en el hospital.

Consultar también

NTP 932: Gases anestésicos en ámbitos no quirúrgicos (I): sistemas de aplicación

NTP 933: Gases anestésicos en ámbitos no quirúrgicos (II): protocolos de actuación y medidas de control

11.2. Efectos sobre la salud y valores límite

Los gases anestésicos halogenados utilizados actualmente no tienen descritos, a las concentraciones residuales que se presentan en el aire ambiente, efectos tóxicos relevantes. El óxido de dinitrógeno se asocia a estados de excitación y vértigo, aparte, lógicamente de somnolencia y descoordinación. También se ha asociado a posibles efectos sobre la fertilidad, el embarazo y la lactancia, aunque no ha sido clasificado de manera formal como causante de estos efectos.

El óxido de dinitrógeno tiene asignado un valor VLA-ED de 50 ppm, 92 mg/m^3. No existen valores LEP (VLA-ED, VLA-EC) para sevoflurano ni desflurano, aunque sí para el óxido de dinitrógeno (VLA-ED 50 ppm). En 1977 el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) estableció para los agentes anestésicos como cloroformo, tricloroetileno, halotano, metoxiflurano, fluoroxeno y enflurano, un valor límite recomendado (REL) de 2 ppm como valor techo durante 60 min. El isoflurano, desflurano y sevoflurano, fueron incluidos posteriormente en esta recomendación.

Estos valores REL propuestos por NIOSH están basados en la concentración más baja capaz de ser detectada utilizando los procedimientos descritos para la toma de muestra y análisis, y son aplicables a cualquier agente anestésico halogenado cuando se utiliza solo. Esta estrategia derivada de los valores REL para los gases anestésicos es debido a que NIOSH reconoce que pueden ocurrir

efectos adversos en trabajadores expuestos, pero que los datos que se tienen sobre exposición a estos gases en humanos y animales son insuficientes para establecer un valor límite seguro. En el ámbito hospitalario se usan de manera extensiva los criterios establecidos por su momento por el NIOSH.

Aparte de en los quirófanos, se suele detectar su presencia en áreas adyacentes y, sobre todo, en la zonas de reanimación, donde los pacientes contribuyen con el contenido en su aire exhalado. También hemos de señalar su aplicación en áreas distintas a las quirúrgicas. Ver la tabla 17.

Tabla 17. Aplicaciones de sedación o anestesia inhalatoria fuera del quirófano

Área de aplicación	Tipo de sedación / Anestesia	Ejemplo de aplicación
UCI pediátrica	Mezcla equimolar 50/50 de óxido de dinitrógeno + oxígeno (N_2O+O_2)	Punciones arteriales, venopunciones,... Procedimientos dolorosos (lumbares / medulares, ...)
Urgencias pediátricas		Drenaje torácico Reducción de fracturas Suturas Procedimientos dolorosos
Hospital de día de pediatría		Punción intratecal de fármacos Punción articular Punciones medulares / lumbares Suturas
Planta hospitalización		Punción intratecal de fármacos Punción articular Punciones medulares / lumbares
UCI post quirúrgica		Toracocentesis, drenajes,...
Urgencias traumatología		Reducción de fracturas simples y luxaciones menores Suturas
Ginecología / Obstetricia		Trabajo de parto
Odontología		Analgesia en procedimientos dolorosos (extracciones, abscesos,...)
UCI adulta	Aplicación inhalatoria de halogenados: isoflurano y/o sevoflurano	Procedimientos en pacientes críticos Traslado de pacientes críticos
Quirófano ambulatorio		Exploraciones de cirugía menor Cardioversión Terapia electroconvulsiva
Exploraciones radiológicas		Procedimientos con pacientes entubados en: RMN Radiología intervencionista Hemodinámica
Endoscopia digestiva Endoscopia pulmonar		Exploraciones / biopsias en endoscopia digestiva

Fuente: Tomada de la NTP-932

Lectura recomendada

En las NTP-932: Gases anestésicos en ámbitos no quirúrgicos (I): sistemas de aplicación y NTP-933: Gases anestésicos en ámbitos no quirúrgicos (II): protocolos de actuación y medidas de control: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/926a937/933w.pdf se detallan todos los aspectos relacionados con la exposición a

gases anestésicos fuera de los quirófanos, incluyendo los sistemas de control y equipos adecuados.

11.3. Determinaciones ambientales efectuadas en el Hospital de Sant Andreu.

Se han llevado a cabo distintas determinaciones ambientales de gases anestésicos en los quirófanos del hospital. Los métodos empleados han sido los métodos del INSHT para los anestésicos halogenados, por captación activa y pasiva y óxido de dinitrógeno.

a) Sevoflurano y desflurano. Quirófanos (Ver tabla 18).

Tabla 18

Quirófano	Sevoflurano	Desflurano
	ppm	
Blanco ambiental	0,10	-
Quirófano 2 ambiental	0,20	-
Quirófano 2 ambiental	0,80	-
Quirófano 2 ambiental	0,06	0,27
Quirófano 2 ambiental	0,13	0,41
Unidad reanimación	-	0,70
Unidad reanimación	-	0,55
Quirófano 4 ambiental	0,25	
Quirófano 4 personal	0,46	
Quirófano 5 ambiental	0,05	0,10
Quirófano 5 personal	0,06	0,25
Quirófano 6 ambiental	0,05	2,1
Quirófano 6 personal	0,06	2,1
Quirófano ORL ambiental	0,65	0,09 – 0,47
Quirófano ORL Sala anexa		0,81
Quirófano ORL personal	2,68	0,06 – 0,89
Cirugía mayor ambulatoria	0,16	-
Cirugía mayor ambulatoria	0,10	-
Ambiental pasillo	0,47	0,29
Quirófano 8 ambiental		0,85
Quirófano 8 personal		2,71
Quirófano 3 ambiental		0,64

Quirófano	Sevoflurano	Desflurano
	ppm	
Quirófano 3 personal		0,75
Quirófano trauma-tología ambiental	ND	
Quirófano traumatología personal	ND	
Quirófano 1 ambiental	1,32	
Quirófano 1 personal	3,47	
Quirófano urología personal		0,18
Quirófano urología ambiental		0,09

b) Sevoflurano. Unidades de cuidados intensivos, con aplicación del sistema AnaConDa (*Anaesthetic Conserving Device*): Es un respirador empelado en cuidados críticos que consta de un vaporizador en miniatura que se integra en el circuito respiratorio en lugar del filtro humidificante, entre la pieza en Y y el paciente (Ver tabla 19).

Tabla 19

Muestra	Sevoflurano ppm
UCIPO Personal Enfermera	1,4
UCIPO Ambiental 1	1,2
UCIPO Ambiental 2	1,1
UCIPO Ambiental 3 (zona exhalación paciente)	4,4
UCICA Ambiental 1	0,25 - 0,3
UCICA Ambiental 2	0,25 – 4,5
UCICA Ambiental 3 (zona exhalación paciente)	0,25 - 0,3
UCICA Personal enfermera	0,3 - 0,5

UCIPO: UCI post operatoria
UCICA: UCI cardíaca. Con sistema de extracción de gases residuales

c) Óxido de dinitrógeno. Quirófanos de pediatría (Ver tabla 20).

Sistema kalinox ®. Mezcla comercial equimolecular de óxido de dinitrógeno y oxígeno (50%) que se administra con una mascarilla facial.

Tabla 20

Quirófano	N_20 ppm	Tiempo de exposición
P-1	4	6 horas

* Horario especial para reducción de listas de espera.

Quirófano	$N_2$0 ppm	Tiempo de exposición
P-1	9	6 horas
P-1	6	6 horas
P-2	<2	8 horas
P-2	<2	8 horas
P-2	<2	8 horas
P-3	15	10 horas*
P-3	12	10 horas*
P-3	8	10 horas*
P-3	7	10 horas*

* Horario especial para reducción de listas de espera.

12. Exposición a agentes citostáticos. Quimioterapia.

12.1. Introducción

Los citostáticos son sustancias citotóxicas diseñadas y utilizadas para causar disfunción celular, inhibiendo el crecimiento de las células cancerosas mediante la alteración del metabolismo y el bloqueo de la división y la reproducción celular, por lo que se utilizan preferentemente (aunque no exclusivamente) en el tratamiento farmacológico de enfermedades neoplásicas (quimioterapia). Debido a su mecanismo de acción a nivel celular, pueden provocar efectos mutagénicos, carcinogénicos o teratogénicos.

En el estudio llevado a cabo en el Hospital de Sant Andreu en los departamentos de farmacia y hospital de día de oncología, se ha podido constatar la presencia de citostáticos en aire, suelos, superficies de trabajo y los envases suministrados por el fabricante.

Lectura recomendada

Consultar la NTP 740: Exposición laboral a citostáticos en el ámbito sanitario: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_740.pdf

12.2. Exposición laboral

Se conoce que las dosis terapéuticas de compuestos citostáticos pueden producir efectos claramente nocivos en la salud de los pacientes. Sin embargo, es más difícil establecer los posibles efectos adversos que pueda causar la exposición profesional crónica a bajos niveles de concentración de compuestos citostáticos. Téngase en cuenta que los efectos pueden ser subclínicos y no ser evidentes durante años (o generaciones) de exposición continuada. Pero aun en ausencia de datos epidemiológicos, la toxicidad de los agentes citostáticos obliga a tomar precauciones para minimizar sistemáticamente la exposición a los mismos, ya que el potencial mutagénico y carcinogénico de muchos de los agentes neoplásicos está perfectamente establecido, aunque desde el punto de vista de su utilización sanitaria (que no de su fabricación) los citostáticos no se identifican ni etiquetan bajo los criterios de la vigente legislación sobre clasificación, etiquetado y envasado de productos químicos, lo que habitualmente conlleva una infravaloración del riesgo asociado a su manipulación.

No toda la medicación utilizada en el hospital en los tratamientos antineoplásicos es de tipo citostático, ya que se ha detectado un importante uso de medicamentos hormonales, inmunológicos y antibióticos. En consecuencia, aunque se tratan todos ellos como un único grupo en cuanto a peligrosidad y gestión de residuos y excretas, lo ideal sería establecer tratamientos separados en función de sus características. La mayor parte de su aplicación es de tipo intravenoso, con diferentes variedades y de aplicación en el hospital de día,

pero se ha detectado un incremento en los administrados por vía oral y en el tratamiento domiciliario, lo que limita los problemas detectados en la aplicación del procedimiento tradicional.

La exposición a citostáticos en el ámbito sanitario no implica exclusivamente al personal sanitario (áreas de preparación de citostáticos –farmacia– y de administración –oncología química–) sino que también puede afectar al personal de suministro, recepción y almacenamiento, transporte, laboratorio y tratamiento de residuos, así como personal auxiliar y de la limpieza, por contacto con excretas de pacientes sometidos a quimioterapia, o en caso de accidentes (vertidos, salpicaduras o punciones).

12.3. Cítostáticos determinados en ambientes de trabajo

12.3.1. Concentraciones en aire

La presencia en el aire ambiente de trabajo sería la primera causa directa de exposición por vía inhalatoria. En este sentido se han detectado en el hospital concentraciones en aire que oscilan entre <1-195 ng/m^3 en la farmacia y < 1-104 ng/m^3 en áreas adyacentes. Es evidente que la implantación de unas correctas prácticas de trabajo como las que se proponen más adelante deben llevar a no determinar nunca concentraciones en aire por encima del límite de detección.

12.3.2. Concentraciones en suelos, superficies de trabajo y guantes

Al constatar su presencia en aire ambiente y habiendo observado que en la bibliografía también se refería su presencia en suelos y superficies de trabajo, se llevó a cabo un estudio sobre la presencia de residuos de estos productos en la farmacia del hospital. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 21.

Tabla 21. Niveles de citostáticos en suelos y superficies de trabajo de la farmacia del hospital Sant Andreu

Citostático	ng/cm^2
Ciclofosfamida	<0,009-6,6
Ifosfamida	<0,009-0,85
5-Fluorouracilo	<1,8-88
Metotrexato	<0,9-8,6
Platino	10^{-4}-0,1
Ciclofosfamida	ND-0,1
Ifosfamida	ND-0,05

Citostático	ng/cm^2
Metotrexato	11-19 (superficie total)
Ciclofosfamida	ND-190
5-Fluorouracilo	<0,1-11
Ciclofosfamida	0,01

12.3.3. Concentraciones en superficies de recipientes (viales)

La presencia de citostáticos en aire y superficies podría quedar justificada por salpicaduras, vertidos o, en muy pocos casos, evaporación del citostático. Sin embargo, se trata de situaciones no habituales y en la farmacia no se había producido ningún hecho de estas características. Atendiendo a lo expuesto en algunos trabajos publicados, se procedió a determinar la presencia de citostáticos en la parte exterior de sus envases. En la tabla 22 se resumen resultados obtenidos que muestran ciertamente la presencia de citostáticos en muestras provenientes de distintos fabricantes.

Tabla 22. Niveles de citostáticos en superficies de viales

	Citostático	ng/cm^2
Viales	Cisplatino	0,2-99 (en total)
	Carboplatino	7-251 (en total)
	Ciclofosfamida	ND-39 (en total)
	Ifosfamida	ND-344 (en total)
	Metotrexato	ND-18 (en total)
	Etopósido	2,9-18,5
	5-Fluorouracilo	2,5-15,3
	Doxorubicina	<0,1-0,2
Tapones	Cisplatino	0,6-21 (en total)
	Ciclofosfamida	<0,001-0,5
Envase exterior	5-Fluorouracilo	0,5
	Etopósido	ND
	Ciclofosfamida	0,5-3,2 (en total)
	Ifosfamida	ND-10 (en total)

Igual que nos ocurrió en las determinaciones en aire, las cantidades determinadas son muy pequeñas. Sin embargo, la constatación de este hecho implicó equipar a la farmacia con un equipo específico de lavado previo de los fras-

cos, pero también a considerar todas las medidas necesarias de protección a lo largo de toda la cadena de transporte y almacenamiento del hospital hasta el momento del lavado.

12.4. Medidas de prevención y protección

La mejor forma de protección frente a diferentes posibilidades de contaminación es la combinación de instalaciones técnicas adecuadas (protección colectiva) con equipos protectores personales (ropa y equipos de protección individual), considerando también los aspectos de protección del producto (asepsia). Además, debe reducirse al máximo el número de personas que manejan citostáticos, mediante medidas organizativas y el abastecimiento con soluciones ya listas para su administración, que requieran la menor manipulación posible.

A continuación se resumen las instrucciones proporcionadas a la farmacia y al Departamento de Oncología/Hospital de día del Hospital de Sant Andreu en relación con la protección de los trabajadores de dichos departamentos contra la exposición a agentes citostáticos.

12.4.1. Recepción, almacenamiento y transporte

En los pedidos que incluyan citostáticos:

- El contenedor debe indicar la naturaleza de su contenido citotóxico e incorporar instrucciones sobre precauciones y medidas a adoptar en caso de accidente.

- Se debe disponer de un protocolo en el que se contemple el uso obligatorio de guantes y otros medios de protección que se consideren necesarios, así como el lugar específico destinado al almacenamiento del producto y el procedimiento de actuación en caso de rotura o vertido.

En el transporte de los preparados al lugar de administración:

- Se lleva a cabo a través de un circuito independiente, en envases impermeables, irrompibles y de fácil limpieza.

- Se utilizan contenedores claramente etiquetados para indicar que contienen citostáticos y que sean rígidos, para prevenir las roturas accidentales por golpes o caídas.

12.4.2. Preparación y reconstitución

La preparación debe realizarse conforme a las instrucciones de uso del suministrador, exclusivamente por personal cualificado y teniendo en cuenta la forma farmacéutica con la que se presenta el citostático.

12.4.3. Área de trabajo

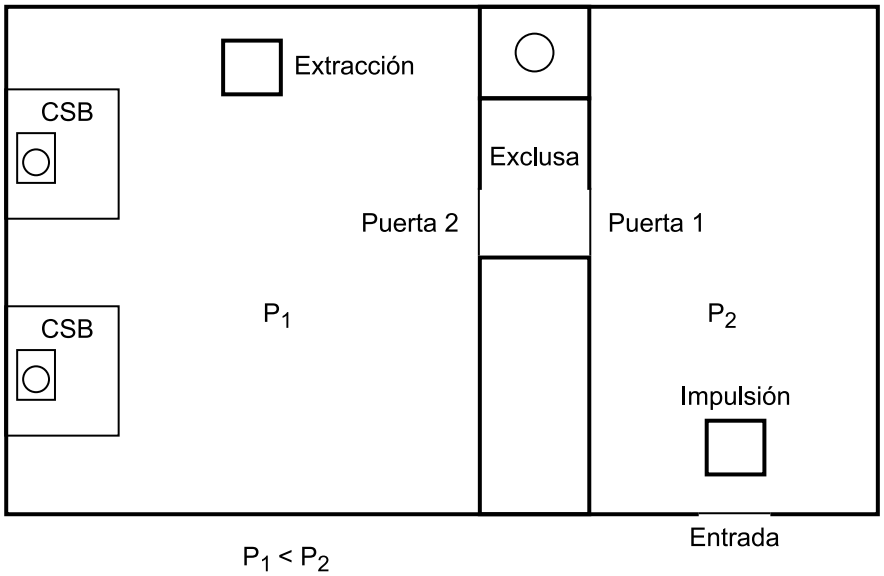
El acceso será restringido al personal autorizado. Consta de al menos dos zonas bien diferenciadas, conectadas entre sí por una zona de paso:

- Una antesala destinada al almacenamiento y acondicionamiento del material.

- En la figura 26 se presenta el esquema de la sala de preparación (denominada normalmente de "reconstitución") de citostáticos del Hospital de Sant Andreu, que cumple con las características generalmente aceptadas en cuanto a diseño y funcionamiento. Dispone de una zona de paso, de transferencia de materiales y personas, que actúa de barrera frente a la contaminación (exclusa). En la zona de paso, el personal se coloca el material de protección cuando entra en la zona de preparación y se lo quita cuando circula hacia la antesala. Dispone de mecanismos que impiden la apertura simultánea de las dos puertas de la zona de paso.

- Al tener dicha sala la consideración de "zona limpia", el aire de impulsión pasa a través de un filtro HEPA. La circulación del aire es de la zona de exigencia de limpieza más elevada a la zona de menor exigencia, con una diferencia de presión entre salas con las puertas cerradas de 10 Pa. El control de la dirección de los flujos de aire se visualizan periódicamente mediante tubos generadores de humo.

Figura 26. Esquema de la sala de preparación de citostáticos, con las zonas diferenciadas



12.4.4. Preparación o reconstitución

Se recomienda llevar a cabo siempre la preparación propiamente dicha en cabinas de seguridad biológica. Sin embargo, existen en el mercado distintos dispositivos encaminados a lograr una manipulación de los citostáticos (y de otros medicamentos cuando sea el caso), totalmente estanca, tanto en el proceso de reconstitución como de aplicación. Es en el proceso de aplicación de los citostáticos o en aquellas manipulaciones en las que el uso de CSB no es posible, cuando estos equipos estancos adquieren relevancia preventiva, recomendándose al hospital que lo tenga en cuenta.

12.4.5. Administración

Es conveniente que los citostáticos lleguen ya preparados, requiriendo la mínima manipulación posible. En aquellas áreas de administración en las que se proceda también a su preparación o reconstitución les será de aplicación lo expuesto en el apartado correspondiente.

El personal que lleva a cabo la administración debe estar instruido en el manejo de citostáticos e informado de sus efectos tóxicos. Debe ir provisto de bata y guantes análogos a los de la preparación.

- Todas las jeringas y equipos de administración conteniendo citostáticos para administración tipo bolus deben haber sido purgados durante la preparación y antes de adicionar el compuesto.

- Siempre que sea posible se utilizarán sistemas cerrados de administración, con varios puntos de conexión y jeringas *luer-lock*, preparados en el momento de la reconstitución.

- Evitar las extravasaciones siguiendo una técnica de administración adecuada.

- Para perforar una solución preparada, protegerse con una gasa y algodón.

- Disponer, bajo la vía de administración, un paño absorbente por su cara superior e impermeable por la inferior, con objeto de evitar que se contamine la ropa de cama o el sillón de administración, si se produce algún derrame.

- En el caso de administración oral, si fuera necesario partir comprimidos, debe hacerse en bolsas de plástico o cualquier otro sistema que evite la exposición a partículas.

- Tras la administración, no extraer los sistemas de infusión de los frascos sino eliminarlos conjuntamente (Ver el apartado dedicado a residuos).

12.4.6. EPI. Características y utilización correcta

Guantes. Ningún material es completamente impermeable a todos los citostáticos debido a su distinta composición química. Se recomienda utilizar los guantes de látex con un espesor mínimo de 0,3 mm y exentos de talco. Si no es posible, se emplearán guantes quirúrgicos de látex. Si se cree conveniente se pueden utilizar dos pares de guantes, o guantes de doble capa con indicador de humedad. Se recomienda cambiarlos cada 20-30 minutos y siempre que se contaminen o se rompan. Con citostáticos muy lipofílicos se cambiarán inmediatamente después de la preparación.

Bata. Desechable y con abertura trasera, puños elásticos e impermeable en la zona delantera y en las mangas.

Gorro. Su uso es obligatorio por ser un requisito de las salas "limpias" (zona de preparación y zona de paso).

Mascarilla. Es imprescindible en caso de no poder trabajar en CSB o cuando se dispone de una clase II tipo A. Las de tipo quirúrgico no protegen frente a los aerosoles de citostáticos, por lo que es necesario recurrir a las que cumplan la norma MT-9 y la CEN P3 (FFP3). La protección de estas mascarillas frente a los vapores es cuestionable.

Gafas con protección lateral. Solo son necesarias para protegerse en el tratamiento de derrames fuera de la CSB y en la administración de citostáticos cuando exista un riesgo razonable de salpicadura.

Calzas o calzado específico para la sala de preparación. Es también un requisito de las salas “limpias”. Con ello se limita además la salida de posible contaminación hacia zonas externas. En el caso de que se utilice calzado específico, este debe ser lavable y esterilizable, y deberá establecerse un sistema de limpieza periódica.

12.4.7. Gestión de los residuos

Se consideran residuos citostáticos:

- Los restos de medicamentos citostáticos generados en la preparación y administración.

- El material utilizado en la preparación y administración (agujas, jeringas, frascos, bolsas y sistemas de infusión).

- El material de protección de los manipuladores (ropa protectora desechable, guantes y mascarillas).

- El material utilizado en la limpieza de las zonas donde se lleva a cabo la manipulación, especialmente la preparación y administración.

- El material procedente del tratamiento de derrames accidentales.

Se requieren contenedores rígidos específicos para el material cortante y/o punzante, que una vez llenos se depositarán en contenedores de mayor volumen, preferiblemente rígidos y con cierre hermético. Todos estarán perfectamente identificados. Se procederá de la manera siguiente.

- Los contenedores nunca se situarán en lugares de paso dentro de las unidades.

- Se retirarán cada 12-24 horas.

- El almacenamiento final se hará de forma independiente del resto de residuos, en lugar ventilado y a ser posible refrigerado. El tiempo máximo varía en función de la temperatura, pero a temperatura ambiente nunca será superior a 72 horas.

- Durante todo el proceso de recogida y traslado de las bolsas y contenedores, es necesario que se asegure el mínimo contacto del personal con el contenido de estos recipientes, por lo que deberá contar con los medios de protección adecuados. De su recogida y posterior tratamiento se encarga una empresa externa autorizada.

12.4.8. Excretas de los pacientes

El riesgo asociado a la manipulación de excretas (básicamente, orina y heces) de los pacientes está en función de la semivida del agente en el organismo (que puede depender de la vía y modo de administración) y de la vía principal de eliminación. En general, se suele recomendar el empleo de ropa y equipos de protección para su manipulación durante un periodo mínimo de 48 horas, aunque puede reducirse a 24 horas en algunos casos y ampliarse hasta a una semana en otros. Siempre se debe acudir a la información suministrada por el laboratorio fabricante del citostático.

12.4.9. Tratamiento de derrames

- Se protegerá con bata impermeable, calzas y dos pares de guantes. En el caso de que el derrame se haya producido en el exterior de la CSB, se utilizará además mascarilla de protección respiratoria tipo FFP3.

- En el caso de que se trate de un derrame de gran volumen, se procederá a aislar la zona.

- Se empapará el derrame con celulosa o un paño absorbente (seco si se trata de líquidos y húmedo si es un polvo seco) antes de proceder a su limpieza.

- Si existen restos de cristales, nunca se recogerán con la mano sino con la ayuda de unas pinzas (o cepillo) y un recogedor desechable.

- La superficie seca debe limpiarse después con celulosa empapada de alcohol en un 70%.

- Se lavará la zona tres veces con jabón, aclarando finalmente con abundante agua, siempre de las zonas menos contaminadas a la más contaminada.

- Todos los residuos recogidos así como el material empleado se tratarán con material contaminado a la hora de su eliminación.

12.4.10. Exposición accidental

- Cuando se produzca una contaminación del equipo de protección, se retirará el mismo inmediatamente, y se procederá al lavado de la piel.

- En caso de ingestión accidental, es necesario acudir inmediatamente al médico.

- En caso de contacto directo con la piel o mucosas:
  - Se lavará inmediatamente con agua y jabón la zona afectada durante aproximadamente 10 minutos.

  - En el caso de afectación ocular, se irrigará abundantemente con suero fisiológico. Consultar inmediatamente al médico.

  - Se debe realizar un seguimiento médico.

12.5. Gestión y organización del trabajo

En el Hospital de Sant Andreu se ha establecido un programa de formación continuada que cubre los aspectos siguientes:

- Riesgos potenciales en función de las características de cada compuesto/familia.

- Normas de manipulación.

- Medidas de prevención y protección.

- Actuación ante vertidos y contaminaciones accidentales.

Esta formación no implica solamente al personal de preparación y administración de citostáticos, sino también al encargado de almacenamiento, transporte y limpieza.

Aunque existen tecnología y medios organizativos que permiten trabajar con citostáticos con total seguridad, la mayoría de recomendaciones publicadas sobre manejo de citostáticos desaconsejan su manipulación a mujeres embarazadas, a las que planifiquen un embarazo a corto plazo, a madres en período de lactancia, madres de hijos con malformaciones congénitas o con historias de abortos espontáneos y a personas con historias de alergias o tratamientos previos con citostáticos, radiaciones o ambos.

13. Exposición a productos químicos en general

13.1. Introducción

La utilización de productos químicos en un centro sanitario es muy amplia. Aparte de los que se han comentado particularmente, también se han detectado en el Hospital de Sant Andreu:

- Medicamentos y productos aplicados directamente a los pacientes por vía oral, dérmica y parenteral.
- Medicamentos y productos aplicados por vía inhalatoria.
- Agentes conservantes, fijadores y colorantes.
- Disolventes y productos químicos empleados en los laboratorios y en actividades no asistenciales.
- Insecticidas y raticidas.

13.2. Medicamentos y productos aplicados directamente a los pacientes por vía oral, dérmica y parenteral

La exposición por vía oral, dérmica o parenteral a medicamentos aplicados a los pacientes se debe evitar siempre. Hay que tener en cuenta que esta exposición puede tener lugar, además de en la preparación y administración de los medicamentos, en la recogida de las excretas de los pacientes tratados. Respecto a los posibles efectos de estos productos en el organismo, se debe considerar que tales efectos estarán relacionados con los correspondientes terapéuticos o preventivos de dichos productos, aunque tampoco hay que descartar los posibles efectos alérgicos en algunos casos. Un caso característico de este tipo de exposición se da en la aplicación de citostáticos, que se trata en un capítulo específico.

13.3. Medicamentos y productos aplicados por vía inhalatoria

13.3.1. Aerosolterapia

La aplicación de medicamentos vía aerosol (terapia por aerosol o aerosolterapia), cuando se lleva a cabo en pacientes con enfermedades infecciosas, genera, además de la necesidad de una importante protección frente a la exposición

al propio medicamento, la de la protección activa o pasiva frente a las expectoraciones y emisiones del paciente a lo largo del tratamiento por el riesgo de contagio de la propia enfermedad o de infecciones oportunistas asociadas.

En la aplicación de estos medicamentos, es conveniente la utilización de unas cabinas acristaladas o de metacrilato, con entrada de aire y extracción con filtración, en el interior de las cuales se instala el paciente y que, con un diseño adecuado, permiten eliminar la sensación de claustrofobia al paciente y efectuar el control del mismo desde el exterior, siempre, naturalmente, que el medicamento en cuestión sea autoaplicable. También existen procedimientos de aplicación específicamente diseñados, que emplean bolsas flexibles que aíslan al paciente y permiten una aplicación automática del producto, sobre todo en pacientes pediátricos de corta edad. En el Hospital de Sant Andreu se emplean los procedimientos descritos en las NTP referenciadas al margen.

Lecturas recomendadas

NTP 519: Exposición ocupacional a medicamentos administrados en forma de aerosol. Ribavirina: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_519.pdf

NTP 541: Exposición laboral a medicamentos administrados en forma de aerosol: pentamidina: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_541.pdf

Además de la ribavirina y la pentamidina por terapia de aerosol, algunos antibióticos, como sulfatos de tobramicina y colistina, entre otros, también se aplican con esta técnica.

Aunque los efectos de la mayor parte de estos productos en las personas profesionalmente expuestas no revisten la gravedad de los comentados anteriormente, no se deben olvidar tres cuestiones básicas al respecto:

- Evitar siempre toda aquella exposición laboral que sea susceptible de ello.
- Evitar siempre el riesgo de contagio de la infección tratada o de otra oportunista asociada.
- Evitar siempre la posibilidad de una sensibilización al producto aplicado por parte del trabajador sanitario, que puede presentar un estado general de salud alterado que lo haga más susceptible, o de embarazo. Téngase en cuenta, en este último caso, que de un buen número de medicamentos no se conocen sus posibles efectos sobre el feto y sobre el proceso de la reproducción en general.

13.3.2. Broncodilatadores y tratamientos de asma

La aplicación, mediante inhaladores nebulizadores de medicamentos broncodilatadores, mucolíticos, etc. (*ventolin ®, becotide ®, bromuro de ipratropio, salbutamol, mesna*, etc.) no presenta en general problemas, con la excepción de lo comentado en el apartado anterior y teniendo en cuenta, además, que se trata casi siempre de autoaplicación.

13.3.3. Monóxido de nitrógeno (NO)

En el Hospital de Sant Andreu, el monóxido de nitrógeno se emplea en pediatría para el tratamiento respiratorio en recién nacidos prematuros. Suele aplicarse directamente en las incubadoras, mediante aparatos de suministro y control específicos.

El monóxido de nitrógeno tiene establecido un valor VLA-ED de 25 ppm. Su principal efecto, en las personas profesionalmente expuestas, es la metahemoglobinemia. Sin embargo, no se debe descartar su oxidación a dióxido de nitrógeno (NO_2) de características más peligrosas, pero a bajas concentraciones atmosféricas la reacción de oxidación es muy lenta.

Las medidas preventivas de carácter general establecidas en el hospital se basan en conocer las características del producto y el procedimiento de aplicación adecuado. La exposición más corriente suele tener lugar por fugas o mal uso del aparato suministrador. No se recomiendan medidas de protección individual.

13.4. Agentes conservantes, fijadores y colorantes

Los agentes conservantes empleados en el Hospital de Sant Andreu se han comentado ampliamente al abordar las sustancias desinfectantes y esterilizantes de uso más corriente. En cuanto al empleo de fijadores y colorantes histológicos, hay que tener en cuenta que presentan una gran variedad química. En consecuencia, los riesgos que para la salud pueda generar la exposición a los mismos también son amplios, asociados naturalmente a las características específicas que han generado su uso.

En algunos casos, el hecho de que se utilicen en cantidades muy pequeñas y que normalmente reviertan en su polimerización o solidificación puede minimizar el problema de su eliminación (una excepción al respecto es la utilización de derivados mercuriales), no así el relacionado con los riesgos que su exposición entraña. En otros casos, como el bromuro de etidio, ver la tabla 23, su adecuada eliminación implica una serie de operaciones y comprobaciones que deben consultarse en la FDS que debe tenerse a disposición, al igual que para el resto de sustancias no implicadas directamente en el uso terapéutico. Por otro lado, la mejor herramienta preventiva siempre es también la formación y la información del trabajador.

Cuando el riesgo provenga de la vía respiratoria, el trabajo en vitrinas de laboratorio, aunque sea en modelos pequeños de sobremesa equipados con filtros químicos, suele ser suficiente para evitar su inhalación. Para prevenir el contacto directo, se deben emplear guantes protectores, cuya eficacia de impermeabilidad frente al compuesto en cuestión esté garantizada por el fabricante de los mismos. Su evaluación ambiental no suele estar indicada.

Algunos ejemplos típicos de productos de este tipo son el bromuro de etidio (ver la tabla 23) y compuestos relacionados, como el yoduro de propidio, que están siendo extensamente usados en biología molecular como colorantes para fluorescencia debido a su propiedad de intercalarse entre las bases de las moléculas de ADN. Las características que los convierten en reactivos especialmente útiles son las que generan los principales peligros en su uso. Es este caso, el efecto mencionado les confiere un gran poder mutagénico. Otros ejemplos son IPR, OPD, acrilamida, ciertos halogenados, etc., así como todos los compuestos con capacidad metilante (sulfato de dimetilo y relacionados) cuya acción sobre el organismo es equivalente.

Tabla 23. Información sobre el bromuro de etidio

Característica de peligrosidad	Peligro
Frases H	H302 Nocivo en caso de ingestión
	H330 Mortal en caso de inhalación
	H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos
Frases P	P260 No respirar el polvo/el humo/ el gas/la niebla/los vapores/el aerosol
	P309+P311 En caso de exposición o si se encuentra mal: llamar a un centro de información toxicológica o a un médico
Señales	

Nota: Consultar los procedimientos de eliminación específicos y de comprobación de la misma.

13.5. Disolventes y otros productos químicos empleados en los laboratorios y en actividades no asistenciales

El término genérico de *disolvente* comprende un gran número de productos químicos provenientes de la destilación del petróleo (hidrocarburos alifáticos y aromáticos), de síntesis (tetrahidrofurano, dioxano, etc.) o halogenados, de uso habitual en los laboratorios del Hospital de Sant Andreu. Muchos de estos compuestos también son extensamente empleados en otras áreas del hospital como agentes limpiadores y desengrasantes en operaciones de mantenimiento, pintura, impresión, etc.

Por tratarse de compuestos volátiles, la vía de penetración más importante es la respiratoria, aunque muchos de ellos presentan un importante poder de penetración a través de la piel y también se debe considerar la vía digestiva en caso de accidente. Para un mayor detalle, consultar la lista de valores LEP del INSHT. Debe comprobarse que su etiquetado sea el correcto y tener siempre a disposición, para su consulta, la correspondiente FDS.

Dado que se trata de compuestos de diferente composición química y se trabaja muy a menudo con mezclas de ellos, los posibles efectos en el organismo son muy variados. Sin embargo, suele ser común en la mayor parte de ellos el efecto depresor del sistema nervioso central, provocando dolor de cabeza, mareos, náuseas y malestar. También son irritantes moderados del tracto respiratorio superior y de los ojos y, en caso de contacto directo, afectan a la piel por deshidratación. En exposiciones a largo plazo, se han asociado también a efectos negativos hepáticos (especialmente los clorados) y renales, y sobre los sistemas cardiovascular y hematopoyético.

Los detergentes, muchas veces acompañados de germicidas o biocidas, son los principales causantes de dermatitis en el hospital, ya que su aplicación frecuente, con el correspondiente desengrasado de la piel, es un factor determinante para ello. Cuando la aplicación del detergente no sea directa, es decir, no vaya destinada a la limpieza de la piel del usuario, es conveniente emplear guantes impermeables. La información sobre la composición (aunque sea orientativa) del detergente y, sobre todo, si contiene o no biocidas y de qué clase, debe ser siempre requerida al fabricante.

La primera acción de control y reducción de la exposición es una adecuada política de sustitución (eliminación del riesgo). La progresiva sustitución del benceno por otros disolventes menos tóxicos, del n-hexano por mezclas de sus isómeros o las propuestas existentes para sustituir el xileno como disolvente en las preparaciones de anatomía patológica por compuestos parafínicos o terpénicos son ejemplos de esta política de sustitución.

Cuando la sustitución no es posible o suficientemente eficaz, se debe recurrir a medidas de ventilación localizada empleando extracción localizada y aislamiento de la fuente trabajando bajo campanas o en vitrinas de laboratorio. También se deben contemplar los peligros de los productos químicos empleados en cuanto a su inflamabilidad y explosividad.

La utilización de EPI, en especial de guantes, es una buena medida para evitar el contacto directo con la piel. Sin embargo, como ya se ha comentado también anteriormente con respecto a otros compuestos, se debe disponer de información acreditativa, por parte del fabricante, de sus características de impermeabilidad, empleándose en cada caso los guantes adecuados a los productos manipulados. Las protecciones de tipo respiratorio se deben reservar para aquellas operaciones que no permitan otra alternativa y que se realicen de manera muy esporádica. Esto raramente ocurre en los hospitales si no se contemplan ciertas

operaciones de mantenimiento. El empleo de batas, delantales y gafas de seguridad para evitar salpicaduras se ajustará también a las características de los productos manipulados y, sobre todo, a las operaciones realizadas con ellos.

13.6. Insecticidas y raticidas

Igual que se ha comentado con los productos de limpieza, la realización de campañas de desinsectación y desratización es habitual en el hospital. La aplicación debe ser realizada siempre por una empresa especializada.

La actuación correcta en estos casos consiste en recabar de la empresa especializada, que debe estar registrada como empresa de aplicación ambiental de plaguicidas, el uso de productos registrados para este fin, ya que el uso de productos fitosanitarios de características equivalentes no es adecuado. Deben concretarse *a priori* las zonas a tratar, el producto y tipo de tratamiento y la definición de las zonas de acceso prohibido (a clausurar) cuando el producto tiene un plazo de seguridad, que, evidentemente, debe respetarse. Estas zonas se deben señalizar y clausurar y ser especialmente cuidadosos con los plazos y la información al personal que trabaja en ellas.

También es recomendable emplear los productos que llevan la indicación específica de "apto para uso hospitalario". El motivo de esta recomendación es totalmente lógica desde el punto de vista preventivo, ya que los posibles afectados, aparte de los trabajadores, son los enfermos, que son, en su conjunto, personas con la capacidad inmunológica disminuida y que pueden presentar problemas metabólicos y de eliminación de los productos que se emplean en estos tratamientos.

14. Exposición a agentes desinfectantes

14.1. Introducción

En el Hospital de Sant Andreu, obviamente, se emplean desinfectantes en una importante cantidad y variedad. Aparte de los productos que hemos tratado individualmente (formaldehído, glutaraldehído), y que se pueden considerar también como "desinfectantes", a continuación comentamos las principales características del resto de productos desinfectantes usados.

14.2. Características generales

El desinfectante ideal debería reunir las siguientes características:

- Ser capaz de eliminar los microorganismos de la forma más rápida posible.
- No dañar los materiales, (no corroer los metales; no estropear la goma, no disolver los cementos de los sistemas de lentes ópticas o no teñir ni decolorar los materiales).
- Debe ser soluble en agua y no alterar su conductividad eléctrica.
- Debe ser estable al calor y a la variación del ph.
- Debe mantener su actividad durante períodos de tiempo largos.
- No debe tener efectos para la salud significativos.
- Debería estar registrado y bien etiquetado e ir siempre acompañado de la información relativa a su manipulación y a los aspectos de seguridad del producto.

Lectura recomendada

Ver la NTP 429: Desinfectantes: características y usos más corrientes: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_429.pdf

14.3. Alcoholes: etílico e isopropílico

Son los desinfectantes de uso tópico más conocidos y ampliamente utilizados, en especial para la desinfección de la piel. Actúan desnaturalizando las proteínas y son eficaces frente a las formas vegetativas de las bacterias Gram positivo y Gram negativo, incluyendo *Mycobacterium tuberculosis*. Su eficacia es menor frente a los virus y nula frente a las esporas. Por ejemplo, el virus de la hepatitis B es resistente a la acción del alcohol etílico de 70º, mientras que el virus de inmunodeficiencia humana (VIH) se inactiva frente a soluciones de alcohol

etílico de 70 y períodos de tiempo que oscilan de 1 a 15 minutos. Los alcoholes deben usarse diluidos en agua, preferentemente en concentraciones de entre el 60 y el 70%. Los alcoholes se pueden mezclar con otros desinfectantes.

14.3.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud

- Alcohol etílico: VLA-ED: 1910 mg/m^3.
- Alcohol isopropílico: VLA-ED: 998 mg/m^3.

La exposición a alcohol isopropílico puede causar irritación de ojos y de mucosas y el contacto con el líquido puede dar lugar a la aparición de erupciones cutáneas.

14.4. Cloro - hipoclorito sódico

El cloro es un desinfectante universal, activo contra todos los microorganismos, que actúa desnaturalizando los enzimas e interrumpiendo los procesos de germinación de las esporas. En general, se utiliza en forma de hipoclorito sódico, con diversas concentraciones de cloro libre. Se trata de un enérgico agente oxidante y es corrosivo para los metales. Las soluciones de hipoclorito sódico se degradan poco a poco, por lo que es necesario preparar con frecuencia nuevas diluciones.

Como desinfectante general, se pueden utilizar concentraciones de 1g/litro (1.000 ppm de cloro libre). En los casos en los que la presencia de materia orgánica sea apreciable, se puede recurrir a soluciones más concentradas, por ejemplo, 10 g/litro (10.000 ppm de cloro libre).

Las soluciones de hipoclorito sódico suelen utilizarse en forma de lejía comercial de uso doméstico, aunque en estos productos no siempre se conoce ni se indica en el recipiente la cantidad de cloro libre. Cuando solo se dispone de este desinfectante, es conveniente utilizarlo según las instrucciones usuales, por lo general, la de efectuar una dilución de 1:8. Se puede obtener un buen desinfectante si a la solución de lejía se le añade un detergente no iónico en una concentración del 0,7%.

14.4.1. Usos más comunes

Es el desinfectante universal por excelencia, se usa en la limpieza y desinfección de lavabos, baños, depósitos de agua, lavandería, suelos, superficies, etc.

Nunca se debe mezclar con amoníaco ni con salfumán (HCl) puesto que se producen unos gases altamente tóxicos.

14.4.2. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud

Cloro: VLA-EC: 1,5 mg/m^3. A concentraciones de 0,5 ppm se puede producir una irritación leve de las mucosas. Otros efectos son: tos, estornudos, goteo nasal y otros problemas respiratorios.

14.5. Yodo - Yodóforos

El yodo es un desinfectante general, que se puede mezclar con alcohol etílico. Es eficaz contra casi todos los microorganismos, a excepción de las esporas, frente a las que muestra una eficacia moderada. Produce la oxidación de los grupos sulfihidrilo y la yodación de algunos aminoácidos de las proteínas. Son inactivados por la materia orgánica y se encuentran ampliamente distribuidos por todo el hospital.

14.5.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud

Yodo: VLA-EC: 1,0 mg/m^3. La exposición a yodo puede causar irritación de ojos y de mucosas, dolores de cabeza y dificultad de respiración. Los cristales de yodo o las soluciones muy concentradas pueden causar irritaciones severas de la piel y quemaduras. Puede producir sensibilización.

14.6. Compuestos fenólicos

Las propiedades germicidas, tóxicas, farmacológicas y químicas de este grupo de compuestos varían ampliamente. En general, son eficaces contra las bacterias Gram positivo, algunos de ellos contra las bacterias Gram negativo, los virus lipídicos y en menor medida contra el agente de la tuberculosis y las esporas. Su modo de acción consiste en alterar la permeabilidad de las membranas por la desnaturalización irreversible de las proteínas. Su actividad aumenta con la temperatura y con la disminución del pH, es decir, en medios ácidos. Son bastante estables y no se inactivan por la materia orgánica o los jabones. En el hospital son usados de manera puntual, cuando se considera que su acción es más eficaz frente a un patógeno determinado para la desinfección de suelos, paredes, muebles, cristalería e instrumentos.

14.6.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud

Fenol: VLA-ED: 20 mg/m^3 (vía dérmica). Pueden causar irritación de la piel y necrosis, quemaduras de la piel y de los ojos, la aparición de pulso irregular, respiración estertórea, convulsiones, coma e incluso la muerte.

14.7. Compuestos de amonio cuaternario

Este conjunto de compuestos, conocidos como "quats", representan una familia de compuestos antimicrobianos en los cuales las cuatro valencias del átomo de nitrógeno están ocupadas por grupos de complejidad variable. Son solubles en agua y en alcohol y poseen propiedades tensoactivas. Actúan aumentando la permeabilidad de las membranas celulares con la consiguiente pérdida de los constituyentes citoplasmáticos. En general, son compuestos eficaces contra bacterias y hongos, y escasamente eficaces contra virus y esporas. Algunas bacterias, como las pseudomonas (Gram negativo), encuentran en estos compuestos el sustrato que les permite multiplicarse, este hecho ha sido la causa de algunas infecciones en los hospitales. Estos compuestos son inactivados por las aguas duras, la materia orgánica y otros materiales. Son ampliamente utilizados en todo el hospital.

14.7.1. Valores de referencia y efectos potenciales para la salud

No tienen valor VLA establecido. La exposición a estos compuestos puede causar irritación de mucosas y dermatitis de contacto, aunque son menos irritantes para las manos que otros compuestos.

14.8. Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)

Las soluciones de peróxido de hidrógeno en concentraciones de entre el 3 y el 6% son utilizadas como desinfectantes, mientras que en concentraciones superiores, de entre el 6 y el 25%, se pueden usar como esterilizantes (ver el apartado correspondiente). Su capacidad germicida está basada en la acción que tienen los radicales libres hidroxilo sobre las membranas celulares, los ácidos nucleicos y otros componentes celulares.

14.8.1. Valores de referencia y efectos sobre la salud

Peróxido de hidrógeno: VLA-ED: 1,4 mg/m^3. En concentraciones superiores al 25% es un compuesto altamente tóxico.

14.9. Diguanidas: Clorhexidina

La clorhexidina es un desinfectante de piel y mucosas, presenta mayor eficacia contra las bacterias Gram positivo que contra las Gram negativo, por lo que bacterias pertenecientes a este grupo, por ejemplo las pseudomonas, pueden crecer en este compuesto. Son inactivadas por muchos materiales.

15. Riesgos biológicos

15.1. Introducción

Aunque la gestión del riesgo biológico en el Hospital de Sant Andreu, al igual que ocurre en otros hospitales, la ejerce básicamente el Comité de Infecciones, la labor de este está muy focalizada en las incidencias que afectan básicamente a los pacientes (enfermedades nocosomiales), motivo por el cual, y en circunstancias puntuales, también interviene en este tema el higienista del Servicio de Prevención, por lo que tratamos de manera resumida este tema.

En la tabla 24 se muestran algunos ejemplos de los microorganismos, sus reservorios habituales y sus rutas de transmisión que son causantes de infecciones hospitalarias.

En el registro accidentes con riesgo biológico de que dispone el Servicio de Prevención del Hospital de Sant Andreu consta como la vía de contagio más habitual (80%) el accidente por pinchazos (agujas hipodérmicas, vías, etc.), seguido de los cortes con objetos cortantes (bisturís) (10%), seguido de la salpicadura (5-10%, según el servicio) y de "otros" en muy pequeña proporción. En un 90% de los casos el fluido corporal causante fue la sangre, mientras que en el resto figuran orina y excreciones en general. Estos datos no son muy diferentes de los expuestos en la introducción, correspondientes al sector sanitario en España.

Tabla 24. Microorganismos característicos de infecciones hospitalarias con sus reservorios y rutas de transmisión

Microorganismos	Reservorio	Ruta de transmisión
Streptococcus pyogenes	Pacientes y personal	Contacto e inhalación
Staphylococcus aureus	Pacientes y personal	Contacto, rara vez por inhalación
Escherichia coli	Flora del huésped, pacientes y personal	Contacto y endógena
Klebsiella sp.	Flora del huésped y materiales contaminados	Contacto y endógena
Proteus sp.	Flora del huésped y portadores asintomáticos	Contacto y endógena
Pseudomonas aeruginosa	Materiales contaminados y pacientes infectados	Contacto e inhalación
Pseudomonas cepacia	Materiales contaminados	Contacto
Serratia sp.	Materiales contaminados	Contacto

Microorganismos	Reservorio	Ruta de transmisión
Enterobacter agglomerans	Materiales contaminados	Contacto
Candida albicans	Flora del huésped y materiales contaminados	Contacto y endógena
Virus de la hepatitis B	Secreciones o excreciones de pacientes infectados y portadores asintomáticos	Contacto, rara vez por inhalación
Virus de la gripe	Pacientes o personal infectado	Contacto e inhalación

Aspectos legislativos

El RD 664/97, que es la legislación aplicable en este caso, diferencia entre manipulación deliberada y no deliberada a agentes biológicos. Por lo que se refiere a la actividad sanitaria, considera como actividades con manipulación no deliberada de agentes biológicos: trabajos de asistencia sanitaria, comprendidos los desarrollados en servicios de aislamiento y de anatomía patológica, y trabajos en laboratorios clínicos, veterinarios y de diagnóstico, con exclusión de los laboratorios de diagnóstico microbiológico. Estos últimos están "excluidos" porque se considera que en ellos la manipulación de agentes biológicos es "deliberada". Criterios técnicos solventes incluyen también en esta categoría el trabajo con animales deliberadamente infectados y otros trabajos de investigación que manipulen muestras o cultivos con agentes biológicos patógenos (grupos 3 y 4).

15.2. Riesgo de propagación de una infección en el hospital

La propagación de una infección en un hospital requiere que concurran tres elementos: un foco de contaminación, un huésped susceptible y los medios de transmisión.

15.2.1. Focos de contaminación

Las fuentes de agentes infecciosos a considerar son:

- Los pacientes.
- Los trabajadores y visitantes, que pueden padecer una infección abierta, encontrarse en el período de incubación o ser portadores asintomáticos.
- Los materiales biológicos derivados de los portadores.
- Los equipos e instrumentos contaminados.
- Diversas instalaciones del hospital pueden actuar de reservorios de agentes biológicos: por ejemplo, las instalaciones de ventilación/climatización pueden ser reservorios de la *Legionella pneumphila* y de hongos patógenos o saprofitos.

15.2.2. Huésped susceptible

La resistencia de las personas a los microorganismos patógenos varía de una forma notable. Algunas personas son inmunes o resistentes o pueden convertirse en portadores asintomáticos mientras que otras desarrollan la enfermedad. Son especialmente susceptibles las personas que padecen determinadas enfermedades, (diabetes mellitus, linfoma, procesos neoplásicos, leucemia, granulocitopenia o uremia), las que están sometidas a determinados tratamientos, por ejemplo, irradiación, fármacos inmunosupresores, corticosteroides o agentes antimicrobianos y, finalmente, las personas de edad, con una enfermedad debilitante crónica, en estado de coma, con una herida traumática o sometidas a intervenciones quirúrgicas.

15.2.3. Rutas de transmisión

Los microorganismos se transmiten por diversas rutas, algunos solo se transmiten por una mientras que otros pueden transmitirse por más de una. Las cuatro rutas principales son:

- Transmisión por contacto
- Transmisión aérea
- Transmisión mediante un vehículo
- Transmisión mediante vectores

15.3. Medidas preventivas

En el Hospital de Sant Andreu se aplican una serie de medidas que se citan a continuación a título solamente informativo.

- Precauciones universales.
- Política de aislamiento.
- Vigilancia sanitaria.
- Inmunización activa. Vacunación.
- Medidas de contención.

Lectura recomendada

Consultar

NTP 700: Precauciones para el control de las infecciones en centros sanitarios: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_700.pdf

NTP 572: Exposición a agentes biológicos. La gestión de equipos de protección individual en centros sanitarios: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_572.pdf

Actividades

Cuestiones a resolver del apartado 2

1. Valorar los resultados obtenidos en la determinación de las dosis de exposición a rayos UV

2. ¿Cuáles serían las gafas de protección adecuadas frente a la exposición a radiaciones UV en el hospital?

Cuestiones a resolver del apartado 3

3. ¿Cuál es la situación legal con respecto a la exposición a campos electromagnéticos?

4. ¿Cuál sería la función del higienista en el hospital con relación a la exposición a campos electromagnéticos?

Cuestiones a resolver del apartado 4

5. ¿Cuál es la función del higienista en relación con los riesgos de exposición a radiaciones ionizantes?

Cuestiones a resolver del apartado 5

6. ¿Cuál es la función del higienista en la exposición a láseres?

7. ¿Cuáles serían las gafas de protección adecuadas frente a la exposición a radiaciones UV en el hospital?

8. ¿Cuál es la problemática de origen químico en el uso de láseres?

9. Diseñar un plan para reducir los incidentes detectados en el uso de láseres en el hospital

Cuestiones a resolver del apartado 6

10. Valorar los resultados con relación a los valores límites

11. Proponer medidas de protección general o colectiva

Cuestiones a resolver del apartado 7

12. Localizar en la red los métodos analíticos empleados para la determinación de formaldehído: INSHT, MTA/MA-018/A89 y NIOSH 2016.

13. Calcular los índices de exposición para los muestreos personales.

14. Valorar los resultados en su conjunto. Conclusiones.

15. Proponer, para cada área estudiada, las medidas de protección general o colectiva más adecuada en función del tipo de trabajo que se desarrolla en ellas.

16. Comprobar las características y adecuación de los EPI propuestos.

17. ¿Por qué se han descartado controles ambientales periódicos de xilenos y metanol?

Cuestiones a resolver del apartado 8

18. Localizar el método analítico NIOSH 2532.

19. Calcular los índices de exposición de las exposiciones más elevadas.

20. Valorar los resultados. Conclusiones y acciones preventivas.

21. Concretar las medidas de protección personal. ¿Cuáles serían los EPI adecuados?

Cuestiones a resolver del apartado 9

22. Cálculo de los índices de exposición.

23. Valoración de los resultados. Conclusiones. Acciones preventivas.

24. ¿Cuál es el EPI respiratorio para la protección de los trabajadores contra el óxido de etileno?

Cuestiones a resolver del apartado 10

25. Localizar en la red el método analítico empleado.

26. Calcular los índices de exposición.

27. Valorar los resultados. Conclusiones. Acciones preventivas.

28. De entre las citadas, ¿cuáles son las medidas más adecuadas para eliminar o reducir la exposición de los trabajadores al metacrilato de metilo?

29. ¿Deben recomendarse medidas de prevención o protección frente al resto de componentes del cemento?

Cuestiones a resolver del apartado 11

30. Localizar los métodos analíticos empleados para la determinación de agentes anestésicos.

31. Calcular los índices de exposición a sevoflurano, desflurano y óxido de dinitrógeno de todos los muestreos.

32. Valorar los resultados.

33. Proponer medidas de protección general o colectiva.

34. ¿Se deben valorar conjuntamente los efectos adversos causados por los gases anestésicos halogenados y el óxido de dinitrógeno?

Cuestiones a resolver del apartado 12

35. ¿El lavado previo de los frascos es la solución adecuada para evitar la exposición a los mismos de los trabajadores de la farmacia?

36. Los citostáticos no son clasificados ni etiquetados como productos químicos peligrosos (Reglamento CLP (1272/2008)). ¿Qué enfoque se debe dar a su exposición por parte de los trabajadores implicados en su manipulación?

37. ¿Cuáles son las características de las cabinas de seguridad biológica empleadas para la preparación de citostáticos?

38. ¿Existen recomendaciones específicas para el trabajo con citostáticos por parte de mujeres embarazadas?

Cuestiones a resolver del apartado 13

39. VLA de los compuestos químicos de uso más corriente en un hospital

Cuestiones a resolver del apartado 14

40. ¿Qué otros tipos de desinfección son posibles en el hospital?

41. ¿Qué variables afectan al comportamiento de los desinfectantes?

Cuestiones a resolver del apartado 15

42. Explicar las vías de contagio habituales en un hospital.

43. Explicar qué son las precauciones universales.

44. ¿En qué consiste una política de aislamiento?

45. ¿Cuáles son las limitaciones legales de la inmunización activa o vacunación?

46. ¿Qué son las medidas de contención?

Solucionario

Solución del apartado 2

1. Resultados

Las dosis registradas a la altura del hombro fueron de 2 a 28 veces mayores que el valor fijado por la legislación. En cambio, las medidas efectuadas bajo la ropa de trabajo o protección dieron dosis muy pequeñas. En consecuencia, portando ropa adecuada y no dejando sin cubrir ninguna parte del cuerpo, se obtiene una protección adecuada frente a estas radiaciones ópticas

2. Gafas de protección adecuadas

Consultar la FDN Selección de pantallas y gafas de protección adecuadas, punto 2.2.2.4.

Solución del apartado 3

3. Situación legal con respecto a la exposición a campos electromagnéticos

En el momento de redactar estos apuntes, está pendiente de transposición la Directiva 2004/40/CE. Las causas de la no transposición de la directiva a las legislaciones de los países miembros hay que buscarlas en las deficiencias de la información epidemiológica disponible sobre sus efectos a largo plazo, pero sobre todo en el hecho de que los exigentes límites fijados para los campos magnéticos estáticos hubieran impedido precisamente el funcionamiento de los equipos de resonancia magnética por la imagen.

La propuesta de Directiva 2012/0003 (COD) pospone hasta el 30 de abril del 2014 la fecha de transposición de la Directiva 2004/40/CE. Estos dos años adicionales para incorporar las disposiciones de la Directiva a los ordenamientos jurídicos nacionales están justificados por las preocupaciones expresadas, y en algunos casos, confirmadas, en el sentido de que los valores límite de exposición establecidos en la Directiva podrían afectar de manera desproporcionada a la continuidad de los procedimientos médicos que utilizan la imagen por resonancia magnética. Tal posposición debe dar tiempo suficiente para actualizar y mejorar la Directiva, especialmente los valores límite de exposición, por medio de una nueva Directiva basada en la propuesta de la Comisión COM (2011) 348, que tiene como finalidad garantizar un nivel elevado de protección de los trabajadores, así como la continuidad de los procedimientos médicos y de otras actividades económicas.

Nota: con fecha 26-06-13 se ha aprobado la Directiva 2013/35/UE sobre disposiciones mínimas en salud y seguridad relativas a la exposición de trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) que deroga la directiva 2004/40/UE que aún no había entrado en vigor.

4. Función del higienista

Comprobar que los equipos cumplen con lo dispuesto en la Norma EN-50499:2009

Solución del apartado 4

5. El higienista industrial y la exposición a radiaciones ionizantes

El higienista debe conocer los riesgos asociados a la exposición a radiaciones ionizantes y colaborar y asesorar en aquellos aspectos que, derivados de su utilización, pudieran aparecer y que fueran de su competencia, como por ejemplo, generación secundaria de agentes químicos peligrosos o gestión de los residuos de muy baja actividad.

El conjunto de actividades preventivas y de protección es competencia del responsable de la instalación y la gestión técnica de las mismas del Servicio de Protección Radiológica o de la Unidad Técnica de Protección Radiológica.

Solución del apartado 5

6. Función del higienista

Comprobar que las instalaciones cumplen con lo dispuesto en la Norma UNE EN 60825 con referencia a su correcta clasificación y etiquetado y a las medidas preventivas operativas, organizativas o individuales, que deberían incorporarse al láser.

7. Gafas y pantallas de protección adecuadas

Ver las normas:

- UNE-EN 207, Equipo de protección individual de los ojos. Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser).
- UNE-EN 208, Protección individual de los ojos. Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas de láser (gafas de ajuste láser).
- UNE-EN 12254, Pantallas para puestos de trabajo con láseres. Requisitos de seguridad y ensayos.

8. Problemática de origen químico

Ver el apartado dedicado a los humos quirúrgicos.

9. Plan de reducción de incidentes

Se puede resumir en:

- Tomar medidas para llevar a cabo la alineación de manera correcta cuando esta sea necesaria.
- Establecer la obligación sobre el uso de gafas de manera permanente en las zonas de riesgo, señalizándolas.
- Llevar a cabo el mantenimiento del equipo por personal especializado, con especial énfasis en el mantenimiento preventivo.
- Formación especializada del personal implicado.

Solución del apartado 6

10. Valoración de los resultados

Durante las intervenciones quirúrgicas, las cantidades detectadas individualmente de las sustancias presentes se hallan muy por debajo de sus valores límites. Su valoración individual, por otro lado, no tiene sentido, ya que deberían tenerse en cuenta la gran variedad de efectos descritos para dichas sustancias. Sin embargo, como se trata de una mezcla compleja de productos de pirolisis, es esencial reducir la exposición tanto como sea posible, debido a que muchos compuestos que se encuentran en el humo son carcinogénicos.

11. Medidas de protección general y colectiva

Los dispositivos médicos con producción de humo intenso solo se deben utilizar en las áreas de trabajo equipadas con un sistema de ventilación general (por ejemplo, en quirófanos), sobre todo cuando se pueden generar fragmentos de tejidos infecciosos o células tumorales.

La mejor medida de protección de los trabajadores es la extracción localizada, capturando los humos en la misma fuente.

Es obvio que todos los trabajadores deben ser informados de los riesgos de humo quirúrgico y de las medidas preventivas aplicables en las zonas donde las intervenciones que puedan producirlo se llevan a cabo.

Solución del apartado 7

12. Métodos analíticos empleados para determinar formaldehído en aire

INSHT, MTA/MA-018/A89

NIOSH 2016

13. Índices de exposición

Personal expuesto	Concentración en ppm	I
T 1 Punto A (mañana)	0,06	0,2
T 2 Punto B (mañana)	0,36	1,2
T 6 Punto C (tarde)	0,50	1,7
T 7 Punto D (tarde)	0,24	0,8
T 8 Punto B (tarde)	0,22	0,7

Personal expuesto	Concentración en ppm	I
Patólogo trabajando en cabina de extracción	0,31 – 0,72	1 – 2,4
Patólogo trabajando en la mesa de tallado	0,75 - 3	2,5 - 10
Técnico deambulando	0,01 - 2,21	0,03 – 7,4
Patólogo deambulando	0,26 – 2,0	0,9 – 6,7
Técnico en recogida de muestras	0,04 – 0,25	0,1 – 0,8
Técnico en laboratorio de inmunohistoquímica	0,2 - 1,2	0,7 - 4
Técnico en sala de corte	0,32 - 0,45	1,1 – 1,5

14. Valoración de los resultados. Conclusiones

- Muestras ambientales: Excepto en despacho, sala de descanso y sala de endoscopias, en el resto de determinaciones se han detectado concentraciones ambientales que superan el valor límite. Haber realizado muestreos más largos de 15 min no afecta a esta cuestión.
- Muestras personales: Igual ocurre con las muestras personales. Excepto las tomadas a los técnicos encargados de recogida de muestras, en el resto de los casos aparecen concentraciones superiores al valor VLA-EC. En algunos casos muy superiores, hasta más de 7.

15. Medidas de protección general y colectiva

Lugar	Medidas de prevención -corrección
Almacén (sin ventilación)	Ventilación general
Almacén de muestras	Aumentar la ventilación general Armarios con extracción localizada
Frigorífico cadáveres	Extracción localizada
Archivo de muestras	Aumentar la ventilación general Armarios con extracción localizada
Prácticas de disección de cadáveres	Aumentar la ventilación general Utilizar mesas con extracción perimetral
Recepción muestras	Aumentar la ventilación general Armarios con extracción localizada
Sala de corte	Aumentar la ventilación general
Sala de procesado	Aumentar la ventilación general
Sala de tallado	Aumentar la ventilación general Utilizar vitrinas
Sala necropsias	Aumentar la ventilación general Utilizar mesas con extracción perimetral
Archivo muestras de autopsias	Aumentar la ventilación general Armarios con extracción localizada
Laboratorio (general)	Reducir al máximo el uso de formol Controlar la ventilación general
Operaciones de limpieza y desinfección en general	Reducir al máximo el uso de formol

16. Equipos de protección individual (EPI)

Los guantes recomendados generalmente para trabajar con formaldehído son los que protegen de soluciones de base acuosa, aunque debe comprobarse que son impermeables al formaldehído. Consultar datos de los fabricantes.

Dada la situación de exposiciones muy elevadas, mientras no se implanten las medidas de protección colectiva y se compruebe su eficacia (I<0,1), debe evitarse completamente la inhalación de vapores, recurriendo a la utilización de equipos de protección respiratoria, incluyendo filtros químicos clase B o mascarillas autofiltrantes FFBP3. Consultar siempre su adecuación al fabricante y leer detenidamente el folleto explicativo.

17. Controles periódicos de xilenos y metanol

No son necesarios debido a que en las determinaciones realizadas se ha obtenido concentraciones inferiores una décima parte del valor límite (I<0,1).

Solución del apartado 8

18. Método analítico NIOSH 2532

NIOSH 2532

19. Índices de exposición

Área estudiada	Concentración	I
Departamento de endoscopias. Muestras ambientales	0,04 ppm	0,8
Departamento de endoscopias. Muestras personales	0,06 ppm	1,2
Limpieza exhaustiva de zonas de riesgo. Muestras personales	0,04 ppm	0,8

20. Valoración de los resultados. Conclusiones. Acciones preventivas

Los resultados más elevados se acercan al VLA-EC y en algunos casos los superan. Deben extremarse las medidas de control en endoscopias y reducir al máximo la utilización de glutaraldehído en las operaciones de limpieza.

21. Equipos de protección individual (EPI)

a) Guantes. Los guantes de látex pueden utilizarse solo para tiempos de exposición cortos, siendo recomendable cambiarlos cada vez que se manipule el glutaraldehído y después de 5 minutos de inmersión continuada en la solución. Para mayor seguridad, es recomendable la utilización de guantes dobles. Aquellos individuos que tengan sensibilidad al látex o a componentes de los guantes de látex, pueden sustituirlos por guantes de copolímeros sintéticos, de goma nitrilo, o de goma butilo. No se recomiendan guantes de neopreno o cloruro de polivinilo, ya que estos materiales no son impermeables al glutaraldehído.

b) Delantales. Deben ser resistentes a líquidos conteniendo glutaraldehído y productos químicos que habitualmente lo acompañan y, preferiblemente, de un solo uso.

c) Gafas de seguridad y máscaras faciales. Para la protección ocular se pueden utilizar las gafas de seguridad, aunque por el tipo de aplicaciones y especialmente en la limpieza de superficies, puede ser más efectiva la utilización de máscaras faciales que protegen de salpicaduras toda la cara.

d) Mascarillas respiratorias. Las mascarillas desechables de quirófanos no son apropiadas para la protección de salpicaduras ni de la inhalación de vapores. Deben utilizarse mascarillas FF A2P2 (para vapores de punto de ebullición elevado y partículas). Después de una salpicadura debe limpiarse adecuadamente la mascarilla y sustituir el filtro, que, a su vez, debe tener programada su sustitución periódica. En este caso, deben aplicarse rigurosamente las instrucciones sobre la gestión de los EPI. Una alternativa, aunque mucho más costosa, a la utilización de mascarillas son los cascos de protección respiratoria.

Solución del apartado 9

22. Cálculo de los índices de exposición

Zona de la toma de muestra	Concentración, ppm	I
Personales. Zona sucia	0,2 – 0,6	**0,2 – 0,6**
Personales. Zona limpia	0,2 – 0,8	**0,2 – 0,8**
Personales. Momento de apertura del autoclave	4,2 – 8,3	**4,2 – 8,3**

23. Valoración de los resultados. Conclusiones. Medidas preventivas

Los índices de exposición generales son relativamente bajos. Hay que tener en cuenta que los valores más altos corresponden a personas que han participado en el vaciado del autoclave, operación que han llevado a cabo protegidos con EPI respiratorios. Dicha operación, en la que se alcanzan valores muy elevados, es de corta duración 5-10 min.

El hecho que, excepto en la descarga del autoclave, las concentraciones determinadas de óxido de etileno se hallen por debajo del valor límite, no exime en ningún caso de tomar todas las medidas necesarias para reducir al máximo la exposición. Al tratarse de una sustancia clasificada como cancerígena y mutágena 1B, le es de aplicación la legislación sobre protección de los trabajadores frente a sustancias cancerígenas y mutágenas. Ver el artículo 5 del Real Decreto 665/97 (y modificaciones posteriores).

En la descarga del autoclave no queda otra solución que emplear un equipo de protección personal respiratoria y reducir al máximo la duración de la operación

24. EPI respiratorio adecuado para el óxido de etileno

Máscara con filtro AX o mascarilla FFAX.

Solución del apartado 10

25. Método analítico NIOSH 2537

NIOSH 2537

26. Índices de exposición

Muestra	Concentración (ppm)	I
Ambientales		
Quirófano 11	2	-
Quirófano 12	1	-
Quirófano 13	6	-
Quirófano 14	5	-
Personales		
Quirófano 11 (enfermera)	4	-
Quirófano 11 (instrumentista)	15	**0,15**
Quirófano 11 (auxiliar especialista)	45	**0,45**
Quirófano 12 (enfermera)	12	**0,12**
Quirófano 12 (instrumentista)	20	**0,20**
Quirófano 12 (auxiliar especialista)	33	**0,33**

Muestra	Concentración (ppm)	I
Quirófano 13 (enfermera 1)	13	**0,13**
Quirófano 13 (enfermera 2)	12	**0,12**
Quirófano 13 (instrumentista)	8	**0,08**
Quirófano 13 (auxiliar especialista)	50	**0,50**
Quirófano 14 (enfermera 1)	15	**0,15**
Quirófano 14 (instrumentista 2)	15	**0,15**
Quirófano 14 (auxiliar especialista 1)	58	**0,58**
Quirófano 14 (enfermera 2)	9	**0,09**
Quirófano 14 (instrumentista 2)	8	**0,08**
Quirófano 14 (auxiliar especialista 2)	37	**0,37**

27. Valoración de los resultados. Conclusiones. Acciones preventivas

A la vista de los resultados, es obvio que las únicas personas con una exposición apreciable son los auxiliares especialistas encargados de la preparación del cemento. Por este motivo, las medidas de tipo personal deben aplicarse a estas personas. Reduciendo la emisión de metacrilato al ambiente, se reducirá la exposición secundaria del resto de personal.

28. Medidas para prevenir la exposición

El orden en que se exponen las medidas preventivas en el informe es el correcto. Los guantes más adecuados son los de nitrilo.

29. Medidas de protección frente a los otros componentes del cemento

Dado el bajo nivel de concentración de estas sustancias en el cemento óseo y que el tiempo de exposición es corto (15 minutos), las medidas que se consideran adecuadas para la prevención de la exposición a metacrilato de metilo también lo son para el control del riesgo a estas sustancias.

Solución del apartado 11

30. Métodos analíticos

Halogenados, captación activa: MTA/MA-046/A00

Halogenados, captación pasiva: MTA/MA-027/A95

Óxido de dinitrógeno: MTA/MA-020/A91

31. Índices de exposición

Recordar que son valores tipo “techo”, equivalentes a VLA-EC pero para periodos de 1 hora

Sevoflurano y desflurano en quirófanos

Quirófano	Sevoflurano		Desflurano	
	ppm	I	ppm	I
Blanco ambiental	0,10	**0,05**	-	-
Quirófano 2 ambiental	0,20	**0,10**	-	-
Quirófano 2 ambiental	0,80	**0,40**	-	-

Quirófano	Sevoflurano		Desflurano	
	ppm	I	ppm	I
Quirófano 2 ambiental	0,06	**0,01**	0,27	**0,12**
Quirófano 2 ambiental	0,13	**0,02**	0,41	**0,20**
Unidad reanimación	-	-	0,70	**0,35**
Unidad reanimación	-	-	0,55	**0,27**
Quirófano 4 ambiental	0,25	**0,12**	-	-
Quirófano 4 personal	0,46	**0,23**	-	-
Quirófano 5 ambiental	0,05	**0,02**	0,10	**0,05**
Quirófano 5 personal	0,06	**0,03**	0,25	**0,12**
Quirófano 6 ambiental	0,05	**0,02**	2,1	**1,05**
Quirófano 6 personal	0,06	**0,03**	2,1	**1,05**
Quirófano ORL ambiental	0,65	**0,32**	0,09 – 0,47	**0,04 – 0,23**
Quirófano ORL sala anexa	-	-	0,81	**0,4**
Quirófano ORL personal	2,68	**1,34**	0,06 – 0,89	**0,03 – 0,44**
Cirugía mayor ambulatoria	0,16	**0,08**	-	-
Cirugía mayor ambulatoria	0,10	**0,05**	-	-
Ambiental pasillo	-	-	0,29	**0,15**
Quirófano 8 ambiental	-	-	0,85	**0,42**
Quirófano 8 personal	-	-	2,71	**1,35**
Quirófano 3 ambiental	-	-	0,64	**0,32**
Quirófano 3 personal	-	-	0,75	**0,37**
Quirófano traumatología ambiental	ND	-	-	-
Quirófano traumatología personal	ND	-	-	-
Quirófano 1 ambiental	1,32	**0,66**	-	-
Quirófano 1 personal	3,47	**1,73**	-	-
Quirófano urología personal	-	-	0,29	**0,15**
Quirófano urología ambiental	-	-	0,85	**0,42**

Sevoflurano en UCIs

Muestra	Sevoflurano ppm	I
UCIPO Personal enfermera	1,4	**0,7**
UCIPO Ambiental 1	1,2	**0,6**

Muestra	Sevoflurano ppm	I
UCIPO Ambiental 2	1,1	**0,55**
UCIPO Ambiental 3	4,4	**2,2**
UCICA Ambiental 1	0,25 - 0,3	**0,12 – 0,15**
UCICA Ambiental 2	0,25 – 4,5	**0,12 – 2,2**
UCICA Ambiental 3	0,25 - 0,3	**0,12 – 0,15**
UCICA Personal enfermera	0,3 - 0,5	**0,15 – 0,25**

Óxido de dinitrógeno

Quirófano	N_2O ppm	Exposición	I
P-1	4	6 horas	**0,06**
P-1	9	6 horas	**0,14**
P-1	6	6 horas	**0,09**
P-2	<2	8 horas	-
P-2	<2	8 horas	-
P-2	<2	8 horas	-
P-3	15	10 horas	**0,38**
P-3	12	10 horas	**0,30**
P-3	8	10 horas	**0,20**
P-3	7	10 horas	**0,18**

32. Valorar los resultados

No se supera en ningún caso el valor de referencia para el óxido de dinitrógeno. Se supera el valor de 2 ppm de sevoflurano en las muestras personales del quirófano de ORL (2,68 ppm) y del quirófano 1 (3, 47) y en las muestras ambientales en la UCI postoperatoria (4,4 ppm) y cardíaca 2 (4,5 ppm). El desflurano supera el valor de 2 ppm en las muestras ambientales y personales del quirófano 6 (2,1 ppm) y en la personal del quirófano 8 (2,71 ppm).

33. Medidas de protección general y colectiva

Las principales recomendaciones generales destinadas a minimizar la exposición a gases anestésicos residuales son las siguientes:

- Emplear siempre sistemas anticontaminación. La utilización de sistemas de eliminación de gases residuales es la medida preventiva más eficaz, ya que elimina el contaminante de manera localizada en el momento de su generación.
- Emplear sistemas alternativos de aspiración. En aquellos casos en los que no es posible conectar el sistema de eliminación de gases anestésicos incorporados en el respirador (como en algunos casos en quirófanos de pediatría y ORL), existen mascarillas de doble capa y otros sistemas alternativos de extracción localizada.
- Garantizar una ventilación general suficiente. La ventilación general del quirófano debe estar perfectamente dimensionada para asegurar la eliminación de la contaminación residual, mantener unas condiciones termohigrométricas determinadas (regulables a voluntad de los ocupantes) y garantizar su permanente sobrepresión.
- Establecer un plan de mantenimiento preventivo. Es importante incluir el control periódico de las instalaciones en el plan de mantenimiento preventivo del hospital.

- No descuidar la formación e información del personal. Especialmente en lo que se refiere a prácticas de trabajo seguro, revisión de medidas de seguridad y reducción al máximo de la generación de concentraciones de gases anestésicos residuales.

En aquellos casos en los que no se superen, pero sin embargo presenten valores altos, deben asimismo tenerse en cuenta esta recomendaciones, que siempre deben tender a reducir al máximo posible la exposición a gases anestésicos residuales.

34. ¿Se deben valorar conjuntamente los efectos adversos causados por los gases anestésicos halogenados y el óxido de dinitrógeno?

Obviamente, ya que, entre sus efectos sobre el organismo, la acción depresora del sistema central (anestesia, narcosis) es común en ellos.

Solución del apartado 12

35. ¿El lavado previo de los frascos es la solución adecuada?

Se trata de una solución de emergencia, que no evita el contacto con los citostáticos antes del lavado y explica su presencia en aire, suelos y superficies de trabajo, erigiéndose en el único posible origen de la contaminación detectada. Por otro lado, este hecho debería ser evitado por los fabricantes de manera radical, ya que, obviamente, afecta también a toda la línea de producción, envasado y transporte de estos productos antes de su llegada al hospital.

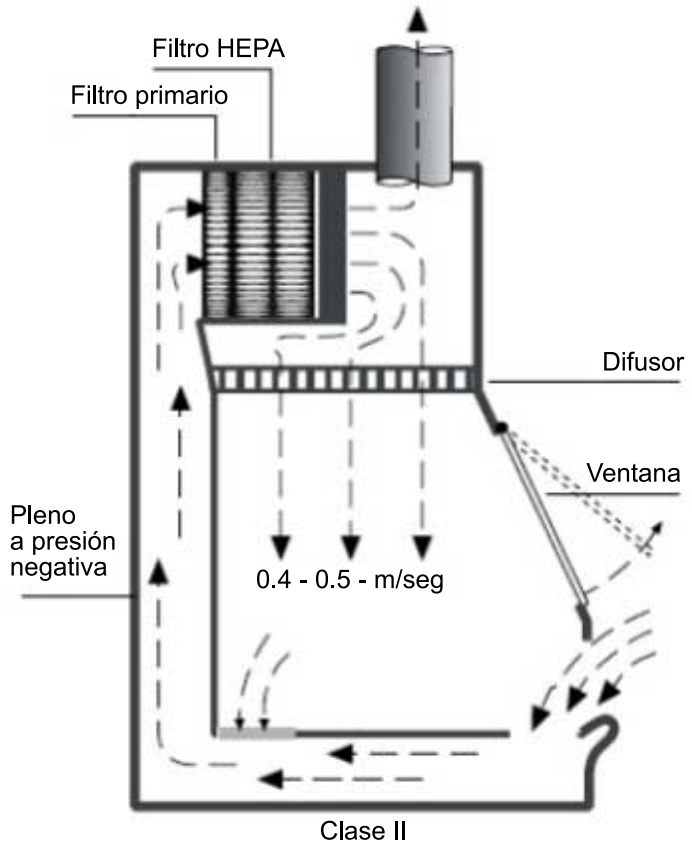
36. ¿Qué enfoque se debe dar a su exposición por parte de los trabajadores implicados en su manipulación?

Desde el punto de vista del riesgo laboral, debe tenerse en cuenta que se trata mayoritariamente de sustancias cancerígenas y/o mutágenas y que existe la correspondiente reglamentación a aplicar (RD 665/97). Por otra parte, desde el punto de vista de vigilancia de la salud, existe un Protocolo de vigilancia sanitaria específica para los trabajadores expuestos a agentes citostáticos.

37. Características de las cabinas de seguridad biológica

Se trata de cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B1 (30% aire circulante y 70% aire exterior) de flujo laminar vertical que deberán estar certificadas y cumplir los estándares internacionales (véase la figura 27 y también la NTP-233, en especial el cuadro 1). Con ello se evita la contaminación del producto y se asegura al mismo tiempo la protección del personal. Las cabinas deberán estar en funcionamiento permanente. Deberán ser revisadas periódicamente por personal cualificado de acuerdo con las indicaciones del fabricante y las normas establecidas. Dado que estas cabinas están pensadas originariamente como protección frente al riesgo biológico, los filtros no son eficaces frente a vapores, lo que debe tenerse presente.

Figura 27. Cabina de seguridad biológica de clase II



Ver NTP-233: Cabinas de seguridad biológica

38. Recomendaciones específicas para el trabajo con citostáticos por parte de mujeres embarazadas

Consultar los documentos adjuntos:

Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo

NTP 914: Embarazo, lactancia y trabajo: promoción de la salud

NTP 915: Embarazo, lactancia y trabajo: Vigilancia de la salud

Solución del apartado 13

39.

VLA de los compuestos químicos de uso más corriente en un hospital

Sustancias	VLA-ED(mg/m^3)	VLA-EC (mg/m^3)
Acetaldehído		46
Acetato de etilo	1460	
Acetileno	Asfixiante simple	
Acetona	1188	1782

C1A: Sustancia carcinogénica de categoría 1A. "Sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **C1B**: Sustancia carcinogénica de categoría 1B. "Sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **TR1B**: Sustancia que puede considerarse perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o produce toxicidad para su desarrollo.

Sustancias	VLA-ED(mg/m^3)	VLA-EC (mg/m^3)
Acetonitrilo	68	102
Ácido acético	25	37
Ácido acetilsalicílico		
Ácido clorhídrico	7,6	15
Ácido fosfórico	1	2
Ácido nítrico	5,2	10
Ácido pícrico	0,1	
Ácido sulfúrico	1	3
Acrilonitrilo	4,4 1B (dérmica)	
Agua oxigenada	1,4	
Aguarrás	567	
Alcohol etílico	1910	
Alcohol isopropílico	998	
Alcohol metílico	266	
Alcohol propílico	500 (dérmica)	625 (dérmica)
Amoníaco	18	25
Argón	Asfixiante simple	
Benceno	16 C1A (dérmica)	
Bencidina	C1A (dérmica)	
Bisulfito sódico	5	
Carbón, polvo	2	
Carbonato de calcio	10	
Celulosa	10	
Ciclohexano	1050	2100
Ciclohexanol	208	
Ciclohexanona	102	
Cloroformo	50	
Cloruro de metileno	177	
Cresol		
Diclorometano (ver cloruro de metileno)		

C1A: Sustancia carcinogénica de categoría 1A. "Sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **C1B**: Sustancia carcinogénica de categoría 1B. "Sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **TR1B**: Sustancia que puede considerarse perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o produce toxicidad para su desarrollo.

Sustancias	VLA-ED(mg/m^3)	VLA-EC (mg/m^3)
N,N-Dimetilformamida	30 TR1B (dérmica)	
Dióxido de carbono	9150	27400
Dióxido de nitrógeno	5,7	9,6
Disulfuro de carbono	31 (dérmica)	
Etanol (ver alcohol etílico)		
Etanolamina	7,5 (dérmica)	15 (dérmica)
Éter etílico	1230	1540
Éter isopropílico	1060	1310
Etilmetilcetona (ver metiletilcetona)		
2-Etoxietanol	18 TR1B (dérmica)	
Fenol	20 (dérmica)	
Formaldehído		0,37
Formol (ver formaldehído)		
Glicerina, nieblas	10	
Glutaraldehído		0,2
Hexaclorobenceno	0,002 (dérmica)	
n-Hexano	179	
Hexano, otros isómeros	1790	3580
Hexanona (ver metil-n-butilcetona)		
Hidróxido cálcico	5	
Hidróxido potásico		2
Hidróxido sódico		2
Isobutilmetilcetona (ver metilisobutilceto-na)		
Isopropanol (ver alcohol isopropílico)		
Iodo		1
Mercurio metálico	0,025 (dérmica)	
Metacrilato de metilo	208	416
Metanol (ver alcohol metílico)		
Metil-n-butilcetona	21 (dérmica)	
Metilcloroformo	1110	2220

C1A: Sustancia carcinogénica de categoría 1A. "Sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **C1B**: Sustancia carcinogénica de categoría 1B. "Sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **TR1B**: Sustancia que puede considerarse perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o produce toxicidad para su desarrollo.

Sustancias	VLA-ED(mg/m^3)	VLA-EC (mg/m^3)
Metiletilcetona	600	900
Metilisobutilcetona	83	208
Naftaleno	53	80
Nitrobenceno	5 (dérmica)	
Nitrógeno	Asfixiante simple	
Nitroglicerina	0,5 (dérmica)	
Óxido de calcio	2	
Óxido de dinitrógeno (ver óxido nitroso)		
Óxido de etileno	1,8	
Óxido nítrico	31	
Óxido nitroso	92	
Ozono		
Trabajo fuerte	0,1	
Trabajo moderado	0,16	
Trabajo ligero	0,2	
Percloroetileno (tetracloroetileno)	172	689
Peróxido de hidrógeno (ver agua oxigenada)		
Piridina	16	
1-Propanol (ver alcohol propílico)		
2-Propanol (ver isopropanol)		
2-Propanona (ver acetona)		
Sulfato de bario	10	
Sulfato cálcico	10	
Talco (sin fibras de amianto)	2	
Tetraclorometano (ver tetracloruro de carbono)		
Tetracloruro de carbono	32 (dérmica)	64 (dérmica)
Tetrahidrofurano	150 (dérmica)	300 (dérmica)
Tetróxido de osmio	0,002	0,006
Tolueno	191 (dérmica)	
1,1,1-Tricloroetano (ver metilcloroformo)		

C1A: Sustancia carcinogénica de categoría 1A. "Sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **C1B**: Sustancia carcinogénica de categoría 1B. "Sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **TR1B**: Sustancia que puede considerarse perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o produce toxicidad para su desarrollo.

Sustancias	VLA-ED(mg/m^3)	VLA-EC (mg/m^3)
Tricloroetileno	273	546
Triclorometano (ver cloroformo)		
Xilenos, todos los isómeros	441 (dérmica)	661 (dérmica)
Yodo (ver iodo)		

C1A: Sustancia carcinogénica de categoría 1A. "Sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **C1B**: Sustancia carcinogénica de categoría 1B. "Sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Le es de aplicación el R.D. 665/1997. **TR1B**: Sustancia que puede considerarse perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o produce toxicidad para su desarrollo.

Solución del apartado 14

40. Otros tipos de desinfección

a) Calor húmedo

El calor húmedo es uno de los mejores métodos para la destrucción de todos los microorganismos. La esterilización con vapor significa el calentamiento a 121 C, en un autoclave de vapor de agua saturado, bajo presión durante un mínimo de 15 minutos; este tiempo se debe contar a partir de que se haya alcanzado la temperatura indicada.

El material que se ha de esterilizar debe entrar en contacto con el vapor saturado y caliente, ya que, si por algún motivo no se produjera el contacto, no se podría asegurar una esterilización eficaz.

Los diferentes modelos de autoclaves disponen de diversos sistemas de control, por ejemplo, válvulas que permanecen abiertas hasta que el aire ha sido reemplazado completamente por el vapor, ciclos previos de vacío, etc.; pero el mejor control de la eficacia de la esterilización es la utilización de indicadores biológicos, el más utilizado son las esporas de *Bacillus stearotherrmophilos*.

b) Calor seco

Este método es menos eficaz que la esterilización con calor húmedo y requiere temperaturas más altas y/o tiempos más prolongados. La esterilización con calor seco se alcanza a temperaturas de 160 a 170 C, en períodos de tiempo de 2 a 4 horas. Para este procedimiento se pueden utilizar los hornos del tipo Poupinel o del tipo Pasteur. La razón por la que este sistema es menos eficaz que el calor húmedo es que el aire es un mal conductor del calor, la temperatura en el interior del horno puede no ser homogénea e, incluso, la temperatura que marca el termómetro indicador del horno puede ser diferente de la temperatura del objeto que se ha de esterilizar. Estas deficiencias se pueden paliar utilizando hornos con sistemas de convección (ventiladores) que permiten homogeneizar la temperatura en el interior del mismo.

Este método está recomendado para aquellos objetos que se deterioran con la humedad, pero hay que tener en cuenta que el calor también puede dañar algunos objetos; por ejemplo, un objeto puede volverse más frágil si está formado por dos o más metales debido a los diferentes coeficientes de dilatación.

Algunos autores recomiendan el uso de hornos microondas para la esterilización, aunque se deben tener en cuenta algunas precauciones. Los hornos microondas solo permiten calentar los productos acuosos, no pudiéndose colocar en su interior objetos metálicos. Para alcanzar temperaturas superiores a los 100 C se deben utilizar recipientes estancos, cerrados al vacío y que resistan la presión; su empleo para la eliminación y esterilización de muestras biológicas se consigue cuando la muestra se quema, lo que produce aerosoles y olores molestos.

c) Radiación

La esterilización mediante el uso de radiaciones ionizantes no es el método más frecuente en los hospitales; aunque los rayos gamma se utilizan para la esterilización de algunos productos de uso médico, este tipo de instalación debe cumplir con los requisitos de instalación radiactiva.

La radiación ultravioleta es capaz de inactivar virus, bacterias y hongos. Este tipo de radiación es especialmente útil para la destrucción de los microorganismos presentes en el aire y, en menor medida, para los microorganismos presentes en las superficies o en los materiales que

no resisten la acción de otros métodos. Su efecto bactericida se logra a partir de las longitudes de onda de 250 nm, con un máximo de eficacia en las longitudes de onda de 260 nm. Para que la desinfección sea eficaz se deberá procurar que el espacio esté libre de objetos que pudieran producir zonas de sombra, dificultando la descontaminación.

Los riesgos más importantes asociados a la utilización de radiación ultravioleta son las quemaduras que se pueden producir en las córneas o en la piel de las personas expuestas (Ver los apartados sobre Radiaciones ionizantes y no ionizantes).

41. Variables, que afectan al comportamiento de los desinfectantes

Existen una serie de variables, que se describen a continuación, que afectan al comportamiento de los desinfectantes y que se deben tener en cuenta para que la eficacia del proceso de desinfección sea la máxima.

a) Grado de actividad antimicrobiana

El grado de actividad antimicrobiana de un desinfectante se evalúa según sea su eficacia a la hora de eliminar las bacterias, aunque existen diferencias en la resistencia que presentan a los desinfectantes según los diferentes tipos ensayados; una clasificación según su grado de resistencia, de mayor a menor, sería: esporas bacterianas, bacilo de la tuberculosis, bacterias Gram negativo y bacterias Gram positivo.

b) Posibilidad de contacto con las bacterias

Para conseguir la máxima eficacia en el proceso de desinfección, el desinfectante debe entrar en contacto con las bacterias y debe ser absorbido por ellas. Este proceso se debería realizar en dos pasos, la limpieza del material y la propia desinfección. El orden en el que se realizarán estos dos pasos dependerá del riesgo de infección existente para los trabajadores; si este riesgo no existe o es mínimo, se debería limpiar el material primero y seguidamente desinfectarlo, por ejemplo, en la desinfección de superficies o equipos. Si el riesgo de infección es alto, se debería invertir el orden, por ejemplo, una buena medida preventiva para el personal de sala sería añadir una cantidad de desinfectante a las cuñas de los enfermos afectados de fiebres tifoideas, ya que de esta forma se reduciría el riesgo de infección por salpicaduras o aerosoles al vaciar las cuñas.

c) Temperatura

Todos los desinfectantes son más activos a temperaturas altas, por lo tanto, sería recomendable, siempre que fuera posible, utilizarlos en esas condiciones.

d) Concentración

Todos los desinfectantes, excepto el alcohol, son más eficaces a concentraciones altas, aunque se deben usar siempre a las concentraciones indicadas por el fabricante.

e) Volumen

La desinfección es más eficaz cuando se utilizan grandes volúmenes de solución desinfectante, ya que se reduce la posibilidad de inactivación de la misma.

f) pH

Algunos desinfectantes son sensibles a los cambios del pH; por ejemplo: las soluciones de glutaraldehído van acompañadas de un activador alcalino que permite ajustar el pH a un valor de 8, algunos compuestos de amonio cuaternario son más eficaces frente a las pseudomonas, cuando se diluyen con agua del grifo (pH 7,2) que cuando se utiliza agua destilada (pH 6).

g) Actividad bactericida y actividad bacteriostática

Algunos desinfectantes son bactericidas, es decir, matan las bacterias; mientras que otros únicamente inhiben el crecimiento bacteriano, son bacteriostáticos. Los compuestos de amonio cuaternario son desinfectantes bacteriostáticos.

h) Tiempo

El tiempo necesario para completar la desinfección depende del tipo de desinfectante, de la naturaleza de las bacterias presentes, de la cantidad y tipo de material que las rodea, y de la temperatura, la concentración y el volumen del desinfectante.; las bacterias Gram negativo, por ejemplo, necesitan más tiempo de contacto con el desinfectante que las bacterias Gram positivo. El cloro y el alcohol son los desinfectantes más rápidos, pueden ser eficaces tras 2 minutos de contacto si las superficies a tratar están limpias; los desinfectantes fenólicos,

en presencia de materia orgánica, necesitan 30 minutos para completar la desinfección, el mismo proceso lo pueden realizar en tan solo 8 minutos si las superficies están limpias. Cuanto mayor sea el tiempo de contacto mayor será la eficacia de la desinfección.

Solución del apartado 15

42. Vías de contagio

Ver la NTP 700: Precauciones para el control de las infecciones en centros sanitarios

43. Precauciones universales

Ver la NTP 616: Riesgos biológicos en la utilización, mantenimiento y reparación de instrumentos de laboratorio

44. Política de aislamiento

Es el conjunto de medidas preventivas encaminadas a evitar las enfermedades infecciosas interrumpiendo la vía de transmisión del agente contaminante, basadas en el establecimiento de conjuntos de medidas definidas en función de la peligrosidad del agente o de la vía de transmisión que se agrupan en siete categorías.

a) Estricto

Está pensado para prevenir las infecciones debidas a agentes biológicos muy virulentos que se transmiten tanto por vía aérea como por contacto.

b) Contacto

Está diseñado para prevenir la colonización o las enfermedades debidas a agentes altamente contagiosos que no quedan controlados por la categoría anterior. Las enfermedades incluidas en esta categoría se transmiten principalmente por contacto directo o muy próximo.

c) Respiratoria

Supone la interrupción de la transmisión por vía aérea en distancias cortas. El riesgo por contacto directo o indirecto podría ocurrir pero es infrecuente.

d) Bacilos ácido resistente

Esta categoría está pensada para pacientes adultos con tuberculosis activas. A los niños y jóvenes con tuberculosis no se les suele aplicar este aislamiento, ya que rara vez tosen.

e) Entérica

En este caso se trata de prevenir las infecciones que se transmiten por contacto directo o indirecto con heces. La hepatitis A se incluye en esta categoría.

f) Drenajes/Secreciones

Esta categoría incluye las infecciones que se transmiten por contacto directo o indirecto con materiales purulentos o de drenaje de alguna herida o parte del cuerpo infectada.

g) Sangre y fluidos biológicos

Las medidas de aislamiento de esta categoría son las que pretenden impedir la transmisión de las infecciones vehiculizadas por estos materiales.

45. Limitaciones legales de la vacunación

En España no existe ningún imperativo legal que obligue a vacunarse a los trabajadores expuestos a riesgos biológicos, aunque alguno de los colectivos expuestos lo lleva a cabo en base a ordenanzas particulares y convenios colectivos, como por ejemplo, los trabajadores encargados de la limpieza municipal y el personal sanitario, entre otros.

En el Real Decreto 664/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se recogen las recomendaciones sobre la vacunación en ambientes laborales. Esta normativa incluye una lista de agentes biológicos patógenos para el hombre con indicación de cuándo los agentes pueden causar reacciones alérgicas o tóxicas, en qué casos es conveniente conservar durante más de

diez años las listas de los trabajadores que han estado expuestos y cuándo una vacuna eficaz está disponible.

46. Medidas de contención

El RD 664/97, bajo el nombre de "Medidas de Contención", hace referencia al trabajo en los laboratorios y en los locales destinados a los animales de experimentación. El grado de exigencia en su aplicación establece tres niveles de contención denominados 2, 3 o 4, y son niveles que se corresponden a los grupos de riesgo establecidos para los diferentes microorganismos en función del riesgo de infección que estos suponen para la persona, de modo que a aquellas actividades en las que se manipule un agente biológico clasificado, por ejemplo, en el grupo de riesgo tres, les corresponderá un nivel de contención 3. En general, cuando en un laboratorio exista la incertidumbre acerca de la presencia de agentes biológicos que puedan causar una enfermedad en el hombre, se debería adoptar, como mínimo, un nivel de contención 2.

La OMS, en su *Manual de bioseguridad en el laboratorio*, establece de forma más concreta las recomendaciones que se deben tener en cuenta para una práctica de trabajo segura. De la misma forma que en el Real Decreto, la OMS establece una clasificación de los agentes biológicos en grupos de riesgo y de los laboratorios, en niveles de contención, que en este caso se denominan: laboratorio básico, laboratorio de contención y laboratorio de contención máxima. Para cada uno de ellos establece el código práctico de trabajo, las normas de concepción e instalación del laboratorio, el material de bioseguridad, la vigilancia médica y sanitaria, la formación profesional, las normas de manipulación, transporte y envío de muestras, los procedimientos de emergencia y las instalaciones para los animales de experimentación.