

SEGURIDAD ELECTRICA EN LA INSTALACION Y USO DEL EQUIPAMIENTO MEDICO

Jorge Luis Euillades
Ingeniero Electromecanico
Facultad de Ingenieria
Universidad de Buenos Aires

RESUMEN

Se realiza un análisis de la sensibilidad humana a las descargas eléctricas tanto si las mismas son aplicadas desde el medio externo o desde el medio interno del organismo.

Se analiza también la forma en que debe instalarse y utilizarse el instrumental para prevenir accidentes fatales.

Se informan las experiencias prácticas observadas en la vida Hospitalaria, aconsejándose algunas soluciones para los problemas planteados.

ABSTRACT

This work describes the human sensibility to electric shock, analyzing too the installation and operating works to prevent electrical shock.

The practical experiences, in Hospital life are informed.

INTRODUCCION

Existe riesgo potencial de electrocución en cualquier entorno que involucre pacientes y equipamiento que utilice energía eléctrica para su funcionamiento o como parte del sentido o del tratamiento.

Año por año se incrementa el número de técnicas que incluyen catéteres o electrodos para monitoreo de señales cardíacas, para citar sólo una de las especialidades médicas que hacen uso de estos dispositivos que invaden el medio interno del organismo.

La presencia de electrodos directamente vinculados a la musculatura o a los vasos incrementa sustancialmente el riesgo de electrocución de los pacientes bajo tratamiento.

El riesgo se maximiza cuando los catéteres son implantados intracardiácamente ya que se brinda, de esta manera, una vía directa de ingreso de corriente al miocardio.

El conocimiento de la física del problema brinda el primer paso para disminuir los riesgos y hacer así más segura la operación del instrumental.

CUERPO DEL TEXTO

La sensibilidad humana a la acción de la corriente eléctrica depende no solamente del tipo de la misma sino también de la frecuencia, en caso de corriente alterna senoidal y de los puntos desde donde es aplicada la descarga. Además la sensibilidad varía notablemente entre aplicaciones con piel intacta o al medio interno.

A fin de ordenar los valores que se obtienen de la experiencia práctica tomaremos las siguientes condiciones:

- a) Descarga a piel intacta de brazo a brazo
- b) Tensión alterna senoidal de 50Hz.

En las condiciones descriptas los resultados son los que se consignan a continuación:

EFEECTO:	CORRIENTE:
Umbral de sensación	350 microamper.
Umbral de dolor	1 miliamper.
Pérdida de control muscular	25 miliamper.
Fibrilación ventricular y posible muerte	100 miliamper. a 3 amper.

Cuando se produce una descarga como la descrita los filetes de corriente fluyen en el interior del organismo siendo de fundamental importancia aquella cantidad que circula a través del corazón.

En el caso de una descarga producida desde el medio interno los grandes vasos ofrecen una vía excelente de conducción eléctrica al miocardio, razón por la que se produce una brusca caída de los valores de sensibilidad.

Experimentos realizados con perros indican que la mayoría de éstos animales mueren por fibrilación ventricular con corrientes del orden de los 17 microamper circulando directamente por el corazón.

En el caso humano se considera como letal en todos los casos una corriente de 30 microamper, razón por la que se establece como límite de seguridad para condiciones adversas un valor de 5 microamper.

De lo expuesto anteriormente se desprende que éste valor es sesenta veces menor que el umbral de sensación.

La corriente de pérdidas de un artefacto cualquiera, por ejemplo una lámpara de iluminación de cabecera, puede no ser suficiente para que quien la toca superficialmente sienta un pequeño "cosquilleo" pero si para fibrilar a un paciente cateterizado con algún medio de conducción a tierra.

La vía de conducción puede ser -- incluso -- una persona que manipule con aparatos y el catéter, ya que la corriente necesaria para producir la fibrilación es muy pequeña y la impedancia del miocardio en contracción también (del orden de 100 OHMS)

La cateterización cardíaca se ha convertido en algo común en nuestros días. Se utilizan catéteres que permiten medir distintas magnitudes tales como señales eléctricas o de presión sanguínea, etc. Muchos de ellos se hallan llenos de soluciones salinas altamente conductoras que proveen vías de conducción muy efectivas.

Se clasifican dos tipos básicos de descarga eléctrica sobre pacientes:

a) Macroshock

b) Microshock

La primera se refiere a descargas a piel intacta y de suficiente intensidad como para que algún filete de corriente produzca fibrilación ventricular. Este tipo de descarga puede producirse por la falla de la aislación eléctrica de aparatos, motores de camas, artefactos de iluminación, etc.

La segunda es la que se produce directamente en medio interno y generalmente por una utilización no adecuada del instrumental electromédico.

A efectos de prevenir el "macroshock" basta, en general, asegurarse que la conexión de cable de tierra se halle efectivamente conectada y que la instalación esté bien diseñada eléctricamente.

Las condiciones antedichas no se cumplen en forma eficaz en la mayoría de los centros Hospitalarios.

En efecto, muchos equipos son suministrados correctamente con fichas de tres conductores (vivo, neutro y tierra) pero al utilizarse una prolongación del cableado o al utilizarse en sitios donde la instalación provee únicamente vivo y neutro el conductor de tierra es eliminado con el riesgo que esto implica ya que, en caso de falla será el paciente el que provea el camino de conducción a tierra de la corriente eléctrica y no el cable que había sido preparado para ello.

La precaución de mantener la conexión del tercer cable y mantener realizar mediciones periódicas de la instalación de tierra minimizan los riesgos de "macroshock".

En cuanto al riesgo de "microshock", o sea el que deviene de una corriente aplicada internamente al organismo, no depende enteramente del dispositivo utilizado sino más bien de la tensión que aparezca entre el catéter aplicado y la tierra a la que se halla fijo el paciente.

Como se ha dicho, una corriente extremadamente pequeña puede ser riesgosa e incluso letal, y como ésta corriente se generará a partir de una diferencia de potencial aplicada al medio interno del individuo cobra importancia la impedancia que presenta el organismo desde distintos puntos de eventual aplicación de la tensión. En general se toma como un valor aceptado el de 1.000 OHMS. para el organismo en general y de unos 300 OHMS. para el miocardio contraído.

Con los valores que se han dado se concluye que una tensión de unos 30 milivolt resultará intrínsecamente mortal. (30 microamper x 1000 OHMS.)

Obviamente las tensiones de fibrilación se reducen notablemente al hablar de una aplicación directa al corazón.

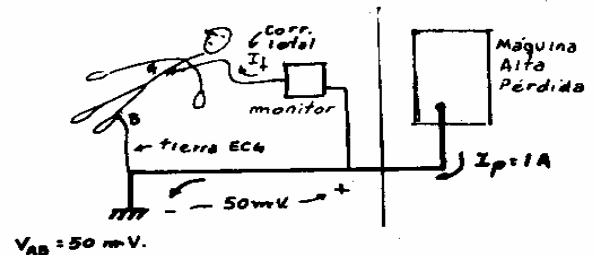
Tomando éste último caso y las condiciones más desfavorables, resulta como tensión límite una de 1,5 milivolt

Como se ve las tensiones involucradas en el "microshock" son tan pequeñas que prácticamente la tensión producida por un simple par bimetalico es suficiente para causar un daño importante o letal.

Además éstas tensiones pueden aparecer a través de mecanismos usuales en la experiencia quirúrgica o por causas que por repetidas en pacientes comunes aparentan ser totalmente inofensivas.

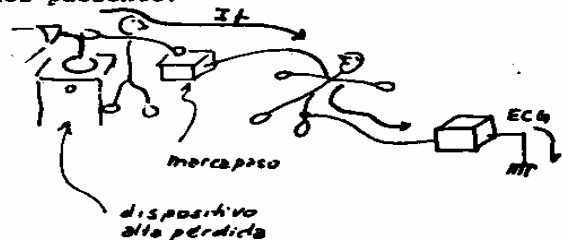
En efecto, piénsese que para inducir corrientes de tan pequeña magnitud bastaría un lazo cerrado y una inducción electromagnética fuerte como la producida por un motor no bien blindado. Sin embargo las causas de daño más frecuentes provienen de otro tipo de mecanismo.

En la figura 1 se ilustra un equipo de altas pérdidas (por ejemplo una ultracentrífuga) trabajando normalmente en una habitación distante y conectada al mismo conductor de tierra a la que se halla conectado nuestro paciente, si la tierra del monitor es la misma que la del equipo mencionado bastará que se produzca una caída de potencial en el tendido de tierra de magnitud suficiente para que fluya por el paciente una corriente peligrosa. Por supuesto el diámetro de los conductores de tierra así como también la corriente de pérdidas de la ultracentrífuga harán más o menos riesgosa la circulación.



#figura 1

En la figura 2 se observa otro ejemplo de posible circulación de corriente a través del paciente.



#figura 2

Lo expuesto tanto para "macroshock" como para "microshock" puede ocurrir en sistemas bien diseñados según las reglas usuales para las instalaciones eléctricas de uso común y es la característica de sensibilidad a corrientes muy bajas que presentan los pacientes a los que se accede por medio interno la que marca la diferencia fundamental.

En los diseños hospitalarios, en particular los que se hacen en salas de cuidados intensivos y en quirófanos, deberá tenerse particularmente en cuenta que las caídas de tensión en cableados de tierra no afecte a los pacientes, siendo la forma más simple la de unificar todas las tierras de los equipos involucrados a una barra o a una chapa conductora.

Evidentemente debería ser norma realmente aplicada la de contar con conductor de descarga a tierra y la prohibición del uso de equipamiento con tomas convergentes de tres hilos a dos.

En los quirófanos la instalación eléctrica de tierra puede presentar alguna dificultad a causa que los pisos se construyen parcialmente conductores a fin de evitar chispas producto de la acumulación de cargas eléctricas en pisos enteramente aislados (tal como alfombras de nylon) por una parte y salvar también el riesgo de arco producido por el eventual contacto de electrobisturios con el piso en una eventual caída.

Estas precauciones se toman por la presencia de gases anestésicos explosivos.

Es por lo expuesto que en algunos casos se prefiere recurrir a otro sistema de protección consistente en mantener al paciente "flotante" mediante el uso de transformadores de aislación.



CONCLUSIONES:

Todo lo expuesto en el cuerpo lleva al autor a la conclusión que la mejor protección que puede ser implementada pasa por los siguientes puntos:

- a) Conocer exactamente, en el caso de instalaciones existentes, el diámetro, longitud y fehaciente estado de conservación de la línea de tierra.
- b) Recalcular a la luz de lo advertido esas secciones cuidando que las tierras resulten únicas para cada unidad de quirófano o de cuidados intensivos.
- c) Inspeccionar y recalcular el diámetro del conductor de bajada (si el hospital tiene varios pisos).
- d) Utilizar transformadores de aislación y mantener la alimentación de los equipos en una única fase de tensión.
- e) Disponer de un sistema de sensado de las corrientes derivadas a tierra por los dispositivos que permita mediante una adecuada y periódica revisión efectuar las reparaciones que resulten necesarias para restaurar una eventual pérdida de aislación.

Todas estas recomendaciones carecen de validez en la medida que previamente no se concientice al personal médico y técnico a efectos de mantener las instalaciones y seguir las recomendaciones de servicio.

REFERENCIAS:

Estudios realizados por Peter Strong para la firma Tectronix publicados en el libro Biophysical Measurements, y trabajos del autor como Coordinador de las Residencias de Ingeniería Hospitalaria en M.C.B.A.

Ing. Jorge Luis Buillades

Egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires con el título de Ingeniero Electromecánico con orientación en Electrónica en el año 1975.

Profesor organizador del Primer Curso de Electromedicina para Médicos e Ingenieros desarrollado en instalaciones de la Empresa Philips Argentina.

Profesor Adjunto del Departamento de Electrotecnia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

Profesor Adjunto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Belgrano.

Organizador y Coordinador de la Residencia en Ingeniería Hospitalaria para la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires.
