



Cuaderno Técnico N°1

Durante años, el personal que conforma **Digital Dinamic Sistem S.A** ha recibido muchas consultas acerca de los motivos por los cuales los equipos de electrocirugía ocasionan quemaduras en pacientes.

Este tema sigue aun en discusión a nivel mundial y puede encontrarse amplia bibliografía donde se trata de explicar las causas de este daño y las formas de prevención hacia el paciente.

En esta primera entrega se explicará al lector, de manera simple y amena los principios básicos del funcionamiento de una unidad de electrocirugía, para así poder comprender en las sucesivas entregas, desde lo conceptual, cuales son las posibles causas que ocasionan las quemaduras en pacientes y la manera más efectiva de prevenirlas.

¿Cómo funciona una unidad de electrocirugía?

El principio básico de funcionamiento de un equipo de electrocirugía consiste en producir una corriente eléctrica de radiofrecuencia con el propósito de cortar o coagular tejidos.

Todo pasaje de una corriente eléctrica a través del organismo produce un calentamiento a su paso (**Efecto Joule**). Un parámetro más útil para entender lo que sucede consiste en definir el concepto físico de densidad de corriente eléctrica, que se define como la cantidad de corriente eléctrica que circula a través de un área específica.

$$J(\text{dens.corriente}) = \frac{I(\text{corr.electrica})}{A(\text{area})}$$

Comprender la diferencia entre corriente eléctrica y densidad de corriente es fundamental en nuestro estudio.

Fundamentalmente el origen de las quemaduras reside en la concentración de una alta densidad de corriente eléctrica en un punto.

La expresión matemática que rige el calentamiento de función de la densidad de corriente es la siguiente:

$$T - T_0 = \frac{1}{\rho \cdot \sigma \cdot c} \cdot J^2 \cdot t$$

Donde:

T= temperatura final

T₀= temperatura inicial

J= densidad de corriente eléctrica

t= tiempo

c= calor específico

σ= conductibilidad eléctrica

ρ= densidad

A partir de esta expresión matemática podemos comprender que el incremento de la temperatura depende de varios factores a saber:

- Propiedades físicas de los tejidos, como ser su calor específico, conductibilidad eléctrica y densidad
- Densidad de corriente aplicada (modulo y área)
- Tiempo de exposición

Las únicas variables que puede variar un cirujano durante la intervención quirúrgica son:

- Corriente eléctrica (potencia) utilizada
- Tiempo de aplicación
- Elección de la forma de los electrodos

El resto son variables físicas relacionadas con los tejidos que no pueden ser modificados durante la intervención.

La placa paciente y el electrodo activo

La técnica monopolar consiste en aplicar al paciente la corriente eléctrica producida por la unidad de electrocirugía en la zona a intervenir mediante un electrodo que se denomina **activo**.

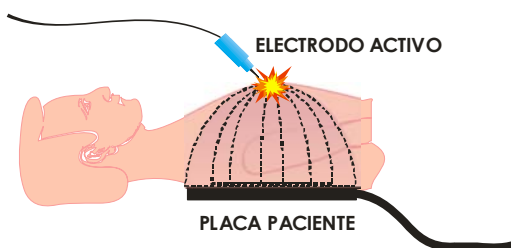


Figura 1

Para que pueda establecerse una circulación de corriente, el circuito eléctrico debe ser cerrado. Para este fin se debe utilizar un segundo electrodo al que se denomina **dispersivo, neutro**, o **placa paciente**.

Es muy importante comprender desde el punto de vista físico que la corriente eléctrica que entra al paciente es la misma que sale (**Leyes de Kirchhoff**), pero por lo que veremos las densidades de corriente no deben ser idénticas ni lo son.

Cuaderno Técnico Nº1



Digital
Dinamic
Sistem S.A

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

¿Por qué el paciente puede quemarse?

Por lo explicado hasta el momento, puede comprenderse que el incremento de temperatura estará íntimamente ligado con la densidad de corriente aplicada y el tiempo de exposición.

De la **Figura 1**, se observa que la corriente eléctrica ingresa por el electrodo activo, atraviesa al paciente y sale por la placa paciente. Si bien la corriente eléctrica es la misma (**Leyes de Kirchoff**) las densidades de corriente no lo son ya que las áreas de los electrodos tal como se aprecia son muy distintas.

Área pequeña → Alta densidad

Área grande → Baja densidad

Como el área del electrodo activo es mucho mas pequeña que el área de la placa paciente, en la punta del electrodo activo se concentra una muy alta densidad de corriente eléctrica, la que provoca un incremento notable de la temperatura en la región de aplicación. **Esta es precisamente la propiedad que nos interesa para poder cortar o coagular tejidos.**

Como el área de la placa paciente es miles de veces mayor que el área del electrodo activo, la densidad de corriente en esta placa debe ser muy baja, lo que implica que su temperatura debe ser muy inferior a la que se presenta en la punta del electrodo activo.

En el año 1993 el **AAMI (Associattion for the advancement of medical instrumentation)** a través de su protocolo **HF-18** determino que la máxima temperatura segura que puede alcanzar la placa paciente no debe ser superior a los 45°C. Si la temperatura se incrementa por sobre este valor comienza a presentarse quemaduras en el paciente debido a la placa neutra.

Las mayores causas de quemadura se ocasionan precisamente en la placa paciente debido a deficiencias en las mismas o a la presencia de puntos calientes motivados por la aparición de burbujas de aire.

En las sucesivas entregas de estos **Cuadernos Técnicos** se presentara al lector, diversas técnicas para evitar estos inconvenientes y minimizar todo riesgo inherente al uso de las unidades de electrocirugía*

Bibliografía

- Electrosurgical Devices (2000) J Eggleston, W von Maltzahn;
- Electrosurgery self study guide (1999);B Ulmer;
- Principles of Applied Biomedical Instrumentation (1999); L Geddes, L Baker

MF-01-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°2

Continuando con la necesidad de los usuarios de conocer las causas de los daños producidos por las unidades de electrocirugía y la manera de minimizar estos efectos, en esta nueva entrega se presentará formalmente la placa paciente y los problemas inherentes que puede producir durante su uso en las cirugías.

¿Qué es y para que sirve la placa paciente?

La función principal de la placa paciente, conocida también como **electrodo dispersivo** o **electrodo neutro** es la de servir de retorno para la corriente de radiofrecuencia (Ver **Cuaderno Técnico N°1**).

La corriente eléctrica que ingresa al paciente es idéntica a la corriente eléctrica que sale (**Leyes de Kirchhoff**), pero las densidades de corriente en el punto de entrada y en el de salida no lo son.

La primera deducción que podemos realizar es que la placa paciente para producir el menor daño posible debe tener un área mucho mayor que la del **electrodo activo**.

Área pequeña → Alta densidad

Área grande → Baja densidad

Esto redundará en una densidad de corriente muy baja en la misma, la cual debe ser inofensiva para el paciente, además, como la placa es metálica, su mayor área causará una mejor distribución térmica en la misma, lo que minimiza la aparición de puntos calientes (ver próxima entrega).

Las primeras **placas paciente** que se utilizaron en el mercado eran solo simples placas de metal que se colocaban debajo de las nalgas o espalda del paciente. La única adherencia de la placa con el paciente se realizaba por el peso de este sobre la placa.

¿Cuál es el origen de las quemaduras?

Estas primeras placas metálicas utilizadas como **placa paciente** producían con frecuencia serios daños.

Los mecanismos de por qué el paciente sufre lesiones a partir de la **placa paciente** son los siguientes:

- Una placa metálica seca que no se encuentre correctamente colocada, es decir, que la interface o contacto mecánico con la piel del paciente es pobre, da lugar a la generación de burbujas de aire en las cuales se produce un arco eléctrico (similar a lo que sucede

con las bujías del automóvil), lo que causa que la piel se queme en ese punto.

- Si se usan elevados valores de potencia durante la cirugía por periodos de tiempo muy prolongados, el área de la placa puede no ser lo suficientemente elevada como para poder dispersar el calor producido, lo que produce el excesivo calentamiento de la misma y daños al paciente.

Ambos problemas pueden ser minimizados si se logra que la interface entre la placa y el paciente sea lo mas perfecta posible.

Evolución de las placas paciente

Una vez que se determinó que un contacto mecánico pobre entre placa y paciente era una de las causas fundamentales de quemaduras se buscó mejorar la interface entre ambos para prevenir este riesgo.

El primer paso para solucionar el problema fue colocar un **gel conductor** entre la placa metálica y el paciente para mejorar el contacto entre ellos. Esta solución en parte ayudo a resolver el problema, pero no lo eliminó. La causa de que los problemas persistieran eran debidos a que el paciente se movía durante la cirugía o se desplazaba la placa, lo que volvía a generar puntos calientes.

El siguiente paso lógico fue utilizar placas con **gel y autoadhesivas**. De esta forma se atacaban dos problemas de manera simultánea. Esto minimizó notablemente el problema, pero se seguían presentando algunos inconvenientes. En muchas ocasiones se secaba el **gel** o se despegaba la placa durante la cirugía, lo que seguía produciendo los daños.

El siguiente paso evolutivo consistió en resolver el inconveniente desde las mismas unidades de electrocirugía. Se colocó en estas un detector que constantemente analiza el grado de adherencia entre la placa y el paciente. Para lograr esto, se comenzaron a utilizar placas de **campo partido** (ver **Cuaderno Técnico N°11**).

A partir del año 1994 la **American National Standard for Electrosurgical Devices** recomienda que todas las unidades de electrocirugía cuya potencia sea superior a los **50W**, deben disponer de algún mecanismo para el control del estado de la placa paciente.

En los albores del siglo XXI el uso de placas partidas, con gel y con unidades que detecten constantemente el estado de contacto se han minimizado de manera notable las quemaduras y los daños que se

Cuaderno Técnico Nº2



Digital
Dinamic
Sistem S.A

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

producían antaño en las intervenciones quirúrgicas donde intervenían las unidades electroquirúrgicas.

¿Cuál es la mejor forma de minimizar los daños?

En la actualidad pueden minimizarse los daños que antes producían los equipos de electrocirugía. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Utilizar solo equipos que dispongan de un sistema de monitoreo de la calidad de contacto entre la placa y el paciente.
- Utilizar únicamente placas paciente descartables, con gel conductor y autoadhesivas.
- Colocar la placa paciente en lugares donde haya una buena irrigación sanguínea.
- Evitar los lugares con huesos, salientes u oquedades.
- Evitar colocar el electrodo en regiones con pelos, cicatrices o heridas

El colocar correctamente y en el lugar adecuado la **placa de retorno** minimiza los accidentes y reduce notablemente las posibilidades de complicaciones.

¿La calidad del electrodo paciente repercute en la seguridad?

Obviamente que la respuesta es afirmativa. El ahorro a la hora de comprar una placa paciente de baja calidad puede traducirse en daños al paciente que pueden ser irreversibles. Es fundamental utilizar placas pacientes de marcas reconocidas en el mercado y a usarlas de la forma como especifica el fabricante:

- No hacer caso al fabricante es un error que se pagará muy caro.
- Si el mismo especifica que las placas son de un solo uso, atenerse a esa recomendación.
- Verificar siempre las fechas de vencimiento del producto. Placas con gel vencidas pueden ser muy peligrosas de utilizar.

Cabe destacar que las quemaduras ocasionadas por la mala colocación de la placa de retorno pueden presentarse tanto en equipos referidos a tierra como en aquellos que son flotantes, si bien estos últimos tienen ventajas que iremos desarrollando en sucesivas entregas. Si la placa paciente se separa mínimamente del paciente, en ambos casos, se presentarán daños.

Ante cualquier duda o inconveniente que pueda tener ante la adquisición y el uso de placas paciente, consulte con nuestro departamento técnico.

Bibliografía

- Electrosurgical Devices (2000); J Eggleston, W von Maltzahn
- Electrosurgery self study guide (1999); B Ulmer
- Principles of Applied Biomedical Instrumentation (1999); L Geddes, L Baker
- Principles of Electrosurgery; Valleylab (2001)
- Cuaderno Técnico N°1; DDS

MF-02-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)
Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°3

Siguendo la línea que nos hemos impuesto con estos **Cuadernos Técnicos**, de informar a los usuarios sobre los riesgos en el uso de las unidades de electrocirugía, nos abocaremos en esta entrega a analizar la manera correcta de usar la placa paciente.

¿Es tan importante la ubicación de la placa en la prevención de accidentes?

La correcta ubicación de la placa paciente durante la intervención y el mantenimiento de la misma durante toda la cirugía es uno de los factores mas importantes a tener en cuenta para la prevención de daños durante la cirugía.

¿Cuál es el mejor lugar para colocar la placa?

La corriente de radiofrecuencia generada en la unidad ingresa al paciente a través del **electrodo activo**, viaja por los diversos tejidos y sale a través del **electrodo dispersivo**. Mientras más alejada se encuentre la placa paciente del electrodo activo, el camino que debe realizar la corriente eléctrica es mayor, atravesando una gran variedad de tejidos. La consecuencia inmediata de esto es que el cirujano deberá usar una potencia elevada para alcanzar sus objetivos (**Ley de Ohm**), aumentando de manera significativa el riesgo de daños.

- El lugar más apto para colocar la placa paciente es donde el camino de la corriente eléctrica sea el más corto posible, siempre dentro de lo permitido.

¿Se puede colocar la placa paciente en cualquier lugar del cuerpo?

La corriente eléctrica siempre buscará el camino de menor resistencia eléctrica para viajar. No todos los tejidos del cuerpo tienen la misma resistencia. Algunos son más conductores que otros. Por lo tanto, la corriente preferirá circular por aquellos caminos que le sean más fáciles de transitar (**Ley de Ohm**).

Dentro de los tejidos preferenciales para la circulación de la corriente eléctrica se encuentran los tejidos **musculares y vasculares**. **Los tejidos grasos o cicatrizados son pésimos conductores de la electricidad.**

Podemos deducir de esto que la mejor zona para colocar la placa paciente son:

- Aquellas donde se encuentre una gran cantidad de tejido muscular y haya una buena irrigación sanguínea.
- Evitar las zonas con prominencias u oquedades ya que estas facilitan la aparición de puntos calientes.

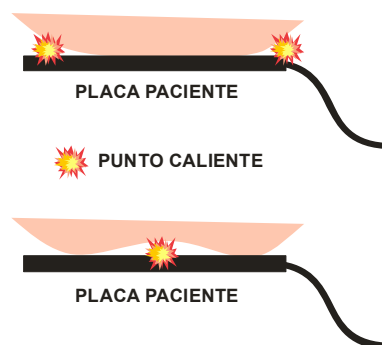


Figura 1

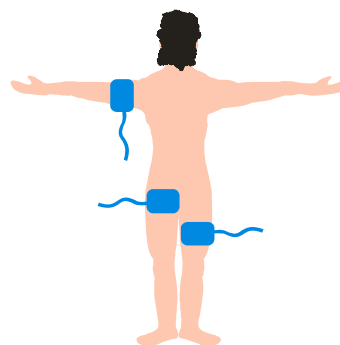


Figura 2

¿Hay que tratar la zona de aplicación de alguna manera en especial?

- La zona a tratar debe estar limpia
- No se debe colocar en la región ningún tipo de sustancia que pueda modificar la resistencia de interface entre la piel del paciente y la placa retorno.
- La zona debe estar depilada, ya que los vellos aumentan la resistencia y pueden crear espacios vacíos donde se generarán puntos calientes.

Cuaderno Técnico Nº3



Digital
Dinamic
Sistem S.A

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

¿Hay que tener algún cuidado especial durante la intervención quirúrgica?

Si bien los equipos actuales disponen de un sistema de monitoreo de la placa paciente (**REM**) se recomienda que durante la intervención, el personal auxiliar controle permanentemente:

- La buena adherencia de la placa al paciente. Si el paciente debe ser movido durante la operación, verificar luego de la acción, que la placa siga bien firme en el lugar.
- Controlar que no ingresen fluidos a la zona donde se encuentra la placa.
- No se recomienda bajo ninguna circunstancia la posibilidad de colocar algún paño absorbente debajo de la placa. Esto puede ocasionar que la temperatura de la placa se incremente, produciendo algún tipo de daño.

Recomendaciones generales

Para evitar daños se recomienda tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Use solo placas pacientes de muy buena calidad. **La seguridad del paciente no tiene precio.**
- Verifique que la placa se encuentre en buen estado antes de su uso. Controle la fecha de vencimiento y si el gel se encuentra en buen estado. **En caso de dudas NO USE LA PLACA.**
- La placa paciente deberá tener el tamaño adecuado para el uso al que es sometida.
- Revise el estado del cable de interconexión. Ante cualquier duda **NO LO USE.**
- Verificar durante la cirugía la correcta adherencia del electrodo a la piel del paciente.
- Si el fabricante determinó que la placa es de un solo uso, **NO LA REUTILICE.** Siempre siga las directivas del fabricante, ya que el es el responsable de entregar un producto en óptimas condiciones, pero este no es responsable por el incorrecto uso por parte del usuario.
- En intervenciones prolongadas, verificar la integridad del cable de interconexión y el estado de la placa. Si tiene dudas durante la cirugía sobre la integridad de la placa,

CAMBIELA; El costo de una placa no es comparable con el daño que puede causar

- Siempre el cirujano deberá usar la menor potencia posible para alcanzar el fin deseado. El uso desmesurado de la potencia es potencialmente un peligro para todos los que estén en el campo operatorio.

¿Puede colocarse la placa paciente en la proximidad de marcapasos o prótesis de cualquier tipo?

Por lo general la región donde se encuentran las prótesis es rica en tejido cicatrizado, que es un mal conductor de la corriente eléctrica. Por lo tanto no se recomienda colocar la placa paciente en las inmediaciones de estos, ya que es una potencial fuente de puntos calientes. Otro factor a tener en cuenta, es que donde se encuentran las prótesis, por lo general se forman regiones con protuberancias, que pueden ser cóncavas o convexas, las cuales son fuente de puntos calientes.

El caso de los marcapasos es más complejo (se tratará en futuras entregas). Ante esta necesidad, se recomienda que se contacte con el fabricante del marcapasos y este le indique la manera y la forma de utilizar la unidad de electrocirugía.

Bibliografía

- Electrosurgical Devices (2000); J Eggleston, W von Maltzahn
- Principles of Applied Biomedical Instrumentation (1999); L Geddes, L Baker
- Principles of Electrosurgery; Valleylab (2001)
- Cuaderno Técnico N°2; DDS

MF-03-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)
Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°4

En las entregas anteriores de esta serie de **Cuadernos Técnicos** se hizo hincapié en los riesgos de quemaduras producidos por la mala utilización de la placa paciente, pero hasta el momento no se ha tratado cual es la influencia de la unidad de electrocirugía en los daños.

¿Cuál es el camino que sigue la corriente eléctrica a través del cuerpo humano?

Como ya hemos visto en las entregas anteriores de esta serie, la corriente de radiofrecuencia ingresa al paciente a través del electrodo activo, atraviesa tejidos y es colectada por el electrodo dispersivo.

La corriente eléctrica siempre va a transitar por aquellos caminos que le sean más fáciles atravesar (**Ley de Ohm**). Estos caminos se caracterizan por presentar una baja resistencia.

Menor resistencia → Mayor corriente

Mayor resistencia → Menor corriente

Por lo tanto, en su recorrido a través del cuerpo humano, la corriente buscará circular por aquellos tejidos que le presenten una menor resistencia.

Si por ejemplo se coloca el electrodo activo en el cuello y la placa paciente en las pantorrillas, la corriente eléctrica atravesará todo el cuerpo humano buscando caminos preferenciales de baja resistencia.

La pregunta que surge es: **¿Que sucede si la corriente eléctrica a través de su paso por el organismo encuentra un camino más sencillo de transitar antes de encontrar la placa de retorno?**

La respuesta lamentablemente es muy concreta, la corriente en lugar de salir por la placa de retorno, emergerá por este punto de salida que se le presenta y en el caso que se encuentre con un área muy pequeña se producirá un aumento de temperatura en la región, causando quemaduras en la region.

Unidades referidas a tierra

En este tipo de unidades, la placa paciente se encuentra referida a tierra, es decir, está de alguna manera conectada al circuito de tierra.

Este tipo de equipos fueron los primeros que se desarrollaron en el mercado.

Para una técnica monopolar, la corriente de radiofrecuencia ingresa al paciente por un punto y busca el camino de menor resistencia hasta llegar al elec-

trodo neutro (tierra). Las flechas blancas de la **Figura 1** marcan el posible camino de la corriente eléctrica a través del cuerpo.

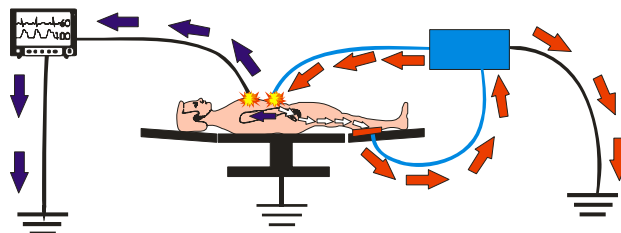


Figura 1

Si no existiera ningún otro camino alternativo a tierra, toda la corriente que ingresa por el **electrodo activo** es colectada por la **placa paciente**, pero, si existiera un camino a tierra que presentara una baja resistencia al paso de la corriente, parte de esta corriente se derivará por este camino alternativo.

Por ejemplo si un monitor cardiaco se encuentra a tierra y los electrodos que se conectan al paciente están muy cerca del radio de acción del electrodo activo, puede suceder que parte de la corriente eléctrica se derive a través de este camino (**Figura 1**).

Debido a que el área de los electrodos de ECG es mucho menor al de la placa de retorno, en la región del electrodo de ECG se produce un aumento de la temperatura, **produciendo serias quemaduras al paciente**

Otros caminos alternativos a tierra que pueden presentarse es a través de elementos metálicos que estén en contacto con el paciente y la camilla, como pueden ser: cadenas, anillos, body piercing, etc

Unidades flotantes o aisladas

A medida que se fueron reportando quemaduras y daños debido a las fugas de corriente a tierra, la tecnología fue evolucionando hasta crear unidades con salida del tipo flotante o no referidos a tierra.

Las unidades denominadas **flotantes ó aisladas** tienen en su salida un circuito aislado galvanicamente de tierra (por lo general se logra con un transformador de aislación). **La corriente eléctrica sale del electrodo activo y debe indefectiblemente ingresar en la placa paciente o electrodo dispersivo.**

El uso de este tipo de unidades han minimizado completamente el tema de las quemaduras que antes se producían en los pacientes sobre los electrodos u otro contacto que se realizo a tierra.

Cuaderno Técnico Nº4

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

¿Son realmente seguros los equipos flotantes?

Desde el punto de vista de las fugas a tierra, estos equipos son mucho más seguros que los referidos a tierra. Es muy poco probable que el paciente se quemara por hacer contacto con superficies que estén puestas a tierra.

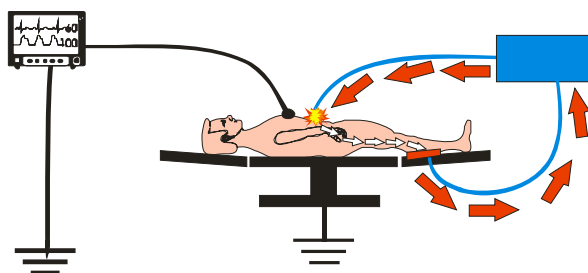


Figura 2

Hay que tener en cuenta, que a pesar que la unidad de electrocirugía sea del tipo flotante, el riesgo inherente a la mala aplicación de la placa paciente sigue existiendo.

Estado actual

El uso de equipos de salida flotante sumado a la capacidad del mismo a detectar si la placa paciente esta bien conectada (**REM**) minimizan en gran manera las posibles causas de quemaduras y daños.

La correcta implementación de estas dos técnicas han reducido de manera notable los accidentes que se producían antaño con los equipos de electrocirugía.

En el año 1995 la **Emergency Care Research Institute (ECRI)** recomendó a las instituciones de salud que retiren del servicio de todas aquellas unidades que estén referidas a tierra y las reemplacen por equipos con sistemas de salida aislados y con monitoreo de placa paciente. Incluso este instituto fue mas lejos aún, insistiendo en que si las instituciones siguen manteniendo unidades referidas a tierra, se deberán hacer cargo de los daños e inconvenientes que estas unidades producen.

Lamentablemente en la **República Argentina**, las unidades aisladas todavía no son de uso masivo y se sigue invirtiendo en la reparación y compra de equipos que no cumplen con las condiciones de seguridad que se están imponiendo en el mundo.

A la hora de comprar un equipo, este factor es de suma importancia. Si bien todavía los costos de los equipos flotantes son superiores a los referidos a

tierra, la seguridad y eficiencia que proporcionan los equipos flotantes tal vez no pueda ser medido con dinero

Bibliografía

- Electrosurgical Devices (2000); J Eggleston, W von Maltzahn
- Principles of Electrosurgery; Valleylab (2001)
- Cuaderno Técnico Nº2; DDS
- Cuaderno Técnico Nº3 ; DDS

MF-04-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)
Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°5

Hasta el momento nos hemos abocado a todos aquellos inconvenientes y daños producidos por la placa paciente y al tipo de salida. Nuestro objetivo en los anteriores **Cuadernos Técnicos** de esta serie, fue mostrar al usuario todos aquellos riesgos potenciales que surgen de una mala aplicación de la placa paciente y en los riesgos de usar unidades referidas a tierra y sin monitoreo de placas. En esta entrega nos abocaremos a ver los cuidados y requerimientos de la unidad de electrocirugía en sí para minimizar los riesgos inherentes de esta técnica en los pacientes.

¿Hay forma de minimizar los daños que puede producir la unidad de electrocirugía?

Por suerte la respuesta es afirmativa. La mejor forma de preservar la unidad y corroborar su correcto funcionamiento es a partir de lo que se denomina el **mantenimiento preventivo**.

El mantenimiento preventivo consta de una serie de rutinas sistemáticas y programadas de chequeo del equipo, las cuales, si son llevadas con conciencia preservan el buen funcionamiento de la unidad a través del tiempo, lo que garantiza que su uso no será peligroso ni para los usuarios ni para los pacientes.

¿Cualquier persona puede realizar el mantenimiento preventivo?

El preventivo consta de varias rutinas documentadas, las cuales algunas deben ser realizadas por el personal del quirófano antes de comenzar la operación y otras deben ser realizadas por personal técnico especializado. En ambos casos, se requiere que la persona se encuentre debidamente entrenado en esta práctica.

Para evitar inconvenientes antes de la cirugía el personal de la sala deberá corroborar algunos puntos antes de usar la unidad con pacientes. El personal que va a realizar esta tarea tiene que ser previamente adiestrado por un técnico o una persona que este a cargo del buen funcionamiento de los equipos.

Como primer medida, debe ser obligatorio que todas aquellas personas que estén en contacto con la unidad de electrocirugía previamente hayan leído el **Manual del Usuario** que provee el fabricante de la unidad, y no tengan dudas de cómo se usa el equipo.

Este punto desgraciadamente no es muchas veces tenido en cuenta y la práctica ha enseñado que muchos accidentes e inconvenientes pudieron haber

sido solucionado con la simple lectura de las instrucciones básicas de funcionamiento del equipo.

Una medida muy saludable es que el personal de mantenimiento efectúe regularmente cursos de capacitación sobre el uso de la unidad a todas aquellas personas que se desempeñen en el quirófano. **Unos pocos minutos mensuales invertidos en capacitación no solo prolongarán la vida útil del equipo, también redundará en un uso mas seguro.**

Chequeo de la unidad antes del uso

Los pasos a seguir para el chequeo del equipo antes de su uso con pacientes es el siguiente:

- **Chasis:** Verificar el estado general de la envoltura del equipo. Verificar que no hayan golpes ni que del interior del equipo salga algún líquido. En el caso que la persona que realiza el chequeo encuentre alguna anomalía es su deber reportar esto a un técnico competente, que tomará la decisión de usar o no el equipo.
- **Cable de red:** Verificar el estado del cable de interconexión a la red eléctrica. Si el cable presenta mordeduras o la ficha se encuentra rajada, no usar el equipo, hasta que un técnico competente cambie este cable o lo repare.
- **Electrodo activo:** Verificar el estado del electrodo activo, su cable y su ficha de conexión. En el caso de encontrar que los mismos no se encuentran en buen estado, no usarlo.
- **Placa paciente:** Revisar los cables de los electrodos neutros de cualquier posible rotura de su aislamiento o de otros daños evidentes. Verificar que el equipo accione las alarmas cuando se conecta y desconecta. Cuando se conecte al paciente, verificar que el contacto es bueno y no se accione las alarmas. Las placas de **SOLO USO SON PARA USAR SOLO UNA VEZ**. Para evitar inconvenientes no reutilice una placa descartable mas de una vez (Ver notas anteriores anteriores).
- **Pedales:** Verificar la integridad de los pedales antes de su uso. Ante cualquier duda, consultar con un técnico competente.
- **Estado general:** Confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores y displays de visualización de la unidad. Verificar que

Cuaderno Técnico Nº5



Digital
Dinamic
Sistem S.A

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

el teclado demandos se encuentre en buen estado.

Todos estos pasos enunciados son de fácil realización y pueden ser realizados por cualquier persona con una mínima capacitación.

Hay que concientizar al personal de cirugía en que dediquen un mínimo de tiempo en realizar estos chequeos.

¿Es necesario documentar estas acciones?

Actualmente la legislación argentina no lo requiere, pero como una medida conveniente se recomienda al personal de la institución que elabore plantillas de mantenimiento y que estas sean archivadas. Esto redundará en la seriedad de la acción y ante accidentes que puedan acaecer se determine las responsabilidades de todas las personas involucradas en el buen funcionamiento del equipo.

Manteniendo la unidad en profundidad

Digital Dinamic Sistem S.A recomienda que las unidades que ellos fabrican sean por lo menos revisadas una vez al año por personal técnico capacitado. Esta empresa provee con sus unidades de un completo manual técnico en el cual explica diversas técnicas para verificar el correcto funcionamiento de sus unidades.

En el manual técnico se entregan diversas tablas con las especificaciones técnicas que debe cumplir la unidad, como así también se entregan las curvas de potencia de salida que exige la norma y una explicación de cómo obtenerlas.

Para poder realizar estas mediciones se necesita disponer de equipos electrónicos sofisticados como ser un osciloscopio y un aparato específico para la medición de potencia en las unidades de electrocirugía.

Estos equipos no están disponibles en la mayoría de las instituciones de salud, debido a su elevado costo y que además no son de fácil implementación por personal que no este debidamente capacitado.

Es una decisión de la empresa de salud donde efectúa este mantenimiento anual, pero lo recomendable es que cada unidad sea remitida al fabricante, ya que este es quien conoce mejor al equipo y proveerá la mejor solución ante cualquier inconveniente que pueda presentarse.

¿Justifica tomar tantos recaudos?

Verificar que la potencia del equipo y sus prestaciones estén en óptimas condiciones minimiza de manera notable los daños y accidentes.

Toda institución seria que utilice unidades de electrocirugía de manera habitual debe tomar conciencia que además de un uso racional de los equipos, estos deben ser sometidos a controles periódicos por personal calificado, lo que garantizará el buen uso de la unidad en el tiempo.

Bibliografía

- Electrosurgical Devices (2000); J Eggleston, W von Maltzahn
- Principles of Electrosurgery Valleylab (2001);
- Cuaderno Técnico Nº2; DDS
- Cuaderno Técnico Nº3; DDS

MF-05-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°6

En esta entrega nos abocaremos al estudio de un fenómeno tal vez no tan conocido, que es, el efecto del calentamiento de la placa paciente como factor de riesgos para producir quemaduras.

Distribución térmica en la placa paciente

En el libro **Principles of Applied Biomedical Instrumentation** (tercera edición) de L.A Geddes y L. E. Baker, en la página 857 puede apreciarse un estudio realizado por **Pearce** (1979) en el cual se aprecia que para los diversos tipos de placas pacientes existentes en el mercado (en ese momento), su perfil térmico no es similar, es decir, el gradiente de temperatura en las mismas no es parejo y según el tipo distinto. Esto conlleva a que la placa paciente (según su tipo) pueda tener en su superficie un gradiente de temperaturas no homogéneo lo que puede desembocar en diversas lesiones al paciente.

En el año 1993 el **AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation)** determinó a través de la resolución **HF-18 (Maximum Safe Temperatura Rise Protocol)** que la temperatura de uso seguro de una placa paciente puede ser de hasta 6°C superior a la temperatura de la piel y si la elevación de la temperatura es superior a los 12°C, se corre serios riesgos de producir algún tipo de daño al paciente.

Si se considera que la temperatura de la piel puede elevarse hasta los 33°C, significa que la placa paciente no puede tener una temperatura superior a los 45°C

¿Por qué se calienta la placa paciente?

La placa paciente puede calentarse por dos factores:

- Por el uso propio de la unidad de electrocirugía
- Por calentamiento externo

Por lo analizado en los anteriores **Cuadernos Técnicos** de esta serie, el pasaje de una corriente eléctrica a través de un medio produce un calentamiento (**Efecto Joule**).

Como la placa paciente tiene un área mucho mayor que el electrodo activo, es este último el que alcanza temperaturas elevadas, las que permite realizar las diversas técnicas de corte o coagulación.

Una mala aplicación de la placa paciente (ver Cuadernos Técnicos anteriores) es la causante de aparición de puntos calientes que queman al paciente.

Si el área de la placa paciente es muy pequeña para la aplicación, esta comenzará a calentarse por el mismo paso de la corriente eléctrica.

Otro factor que incide en el aumento de la temperatura es el **tiempo de aplicación**. Mayores tiempos implican mayores calentamientos.

Menor área

Mayor tiempo



Mayor calentamiento

Mayor corriente

El calentamiento externo puede producirse por varios factores. Una de las causas principales por la cual la placa paciente puede calentarse es por el uso en la cirugía de colchones o mantas térmicos.

¿El uso de mantas térmicas incrementan los riesgos?

La placa paciente verá afectada su temperatura por el principio de funcionamiento de la unidad (Ver **Cuaderno Técnico Nro 1**), sumado a esto, si la placa esta siendo calentada por otra fuente térmica, es muy probable que la temperatura alcance límites peligrosos, lo que eleva seriamente los riesgos de quemaduras.

Si bien el uso de colchones térmicos en cirugías cardiovasculares es una práctica común, en este tipo de cirugías es conveniente que se revise constantemente el estado de la placa paciente.

¿Todas las placas paciente se comportan de igual manera?

La respuesta es **NO**.

Más allá de los distintos perfiles térmicos que presenten, debido a su composición, el incremento de la temperatura afecta de manera distinta a cada una de ellas.

En el caso de las placas secas, se puede concentrar de manera dispar la densidad de corriente, lo que conduce a que aparezcan puntos calientes sobre la misma.

En el caso de las placas húmedas, un excesivo aumento de la temperatura puede secar el gel, lo que producirá una mala interface con el paciente, que desembocará en la aparición de puntos calientes.

En este tipo de placas también puede suceder que al secarse el gel, se varíe la impedancia de la interface entre el paciente y la placa, esto puede desembocar

Cuaderno Técnico Nº6



Digital
Dinamic
Sistem S.A

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

en un mal funcionamiento del sistema de detección de placa (alarma **R.E.M**), colocando al paciente en un riesgo.

Antes de usar una placa paciente, es conveniente que el personal verifique su buen estado e integridad, como así mismo, lea cuidadosamente las indicaciones que dio el fabricante sobre su uso y almacenamiento. Ante cualquier duda, es preferible usar otra placa.

¿Calentar la placa le da mas placer al paciente?

Muchas veces el paciente puede quejarse de que la placa esta muy fría y le produce molestias. Calentar de manera externa la placa puede producir todos los inconvenientes que ya hemos estudiado, por lo tanto, es una práctica que no se recomienda.

En caso que el paciente manifieste incomodidad se le deberá explicar los motivos por los cuales la placa no debe ser calentada de manera externa.

Bibliografía

- Valleylab; Hotline News (Vol 3, Nro 1)(1998)
- Valleylab Hotline News (Vol 5, Nro 3)(2000)
- Valleylab Hotline News (Vol 8, Nro 1)(2003)
- Principles of applied biomedical instrumentation (1990); L. Geddes L. Baker
- Cuaderno Técnico Nro 1 (2005); DDS
- Cuaderno Técnico Nro 2 (2005); DDS
- Cuaderno Técnico Nro 3 (2005); DDS

MF-06-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°7

Uno de los temas frecuentes de consulta al departamento técnico de **Digital Dinamic Sistem S.A** es el relativo al “**ruido**” que en algunas circunstancias aparece en los quirófanos debido al uso de aparatos de electrocirugía.

¿Es normal que un equipo de electrocirugía pueda interferir con otros equipos en el área de cirugía?

La respuesta lamentablemente es afirmativa. Por su propio principio de funcionamiento puede suceder que un aparato de electrocirugía “**perturbe**” el correcto funcionamiento de otros equipos electrónicos que se encuentren en la sala de cirugía o en recintos contiguos.

Tal como se analizó en el **Cuaderno Técnico N° 1** de esta misma serie, los equipos de electrocirugía tienen la capacidad de generar una corriente eléctrica senoidal en una frecuencia comprendida entre los 300Khz y los 3Mhz, de manera tal, de no interferir con las funciones vitales del organismo, pero estas frecuencias, como veremos, pueden ocasionar inconvenientes a los equipos electrónicos circundantes.

¿Por qué se genera esta interferencia?

En todo conductor eléctrico por el cual circule una corriente eléctrica variable en el tiempo se producirá una onda electromagnética que viajará a través del espacio (**Leyes de Maxwell**). Este es el principio básico de funcionamiento de los equipos de radio, televisión y radar.

Si se tiene un equipo de cirugía monopolar de 500Khz de frecuencia y una potencia de 400W, si en lugar de colocar a la salida del mismo un electrodo neutro se colocara una antena adaptada para esa frecuencia, el equipo se comportaría como un excelente emisor de radio en la banda de AM (Amplitud Modulada) con un alcance de cientos de kilómetros.

El hecho de que el electrodo neutro sea una **pésima antena** hace que el equipo tenga un alcance extremadamente limitado, que en la mayoría de los casos llegaría a ser de unos muy escasos metros, los cuales pueden ser suficientes para perturbar electromagnéticamente a los equipos circundantes.

¿Qué es la compatibilidad electromagnética?

Se define como la **compatibilidad electromagnética (CEM)** como la capacidad de dos o más sistemas para funcionar satisfactoriamente cada uno en el

ambiente formado por los otros. Esos sistemas pueden ser aparatos, instrumentos u organismos vivos.

La interferencia electromagnética se manifiesta en cualquier equipo electrónico cuando en este aparecen corrientes eléctricas inducidas no deseadas, capaces de degradar su comportamiento.

Las interferencias de origen electromagnético más reportadas por los usuarios de equipos de electrocirugía son:

- Ruidos en las pantallas de los monitores cardíacos y en computadores
- Corte de señal o imagen lluviosa en repetidores
- Comportamiento errático de equipos médicos próximos al equipo de electrocirugía
- Ruido en equipos de radio y música
- Interferencias en la comunicación con celulares

Los aparatos de electrocirugía son fuentes **no intencionales** de perturbación electromagnética debido a que el mismo genera señales de naturaleza electromagnética que no estaban previstas que fueran producidas y que por lo tanto no son necesarias para el buen funcionamiento del aparato pero que dan lugar a interferencia en otro.

¿Existe alguna manera de evitar las interferencias?

Los fabricantes de los equipos de electrocirugía, desde la génesis del diseño del equipo deben prever los efectos indeseados de las radiaciones que producirá su equipo. Para ello, deberán realizar un diseño esmerado, utilizando materiales y tecnología de forma de minimizar los efectos de radiación.

Se deberá tener en cuenta:

- Apantallado electroestático
- Puesta a tierra
- Desacoples en la etapa de salida
- Filtros en etapas de alta frecuencia
- Conectores apropiados para altas frecuencias

Los fabricantes de equipos médicos en general, que desarrollen aparatos que puedan estar en la proximidad de unidades de electrocirugía deberán

Cuaderno Técnico

Nº7



Digital
Dinamic
Sistem S.A

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

prever la mejor manera de proteger a su equipo de estos efectos. Los factores a tener en cuenta para este caso son:

- Blindajes electrostáticos
- Cables debidamente apantallados
- Toma a tierra
- Uso de filtros
- En aquellos sistemas microprocesados o que necesiten transmitir información digital, tomar los recaudos necesarios para evitar las interferencia

Los usuarios deberán equipar a sus salas de cirugía solo con equipos de marcas reconocidas, que en sus manuales y folletos aclaren que han sido diseñados y concebidos de manera tal de no ser afectados por los efectos de las interferencias electromagnéticas.

Hay que aclarar también que no solo los equipos de electrocirugía son los que perturban en un quirófano, existen otros equipos que también colaboran con sus interferencias.

Aquellos aparatos médicos que fueron concebidos hace más de una década pueden tener inconvenientes muy serios con equipos de tecnología mas reciente, los cuales fueron concebidos pensando que se encontrarán en un ambiente con equipos de su misma tecnología y que cumplan normas. Es por lo tanto muy conveniente no hacer convivir equipos de diversas tecnologías en el mismo entorno.

El diseñador de una sala de cirugía tiene que tener en cuenta la compatibilidad electromagnética de todos los equipos que se utilizarán en la misma para evitar futuros inconvenientes durante las cirugías.

La interferencia electromagnética no puede eliminarse, pero si, puede minimizarse a valores tales de que ningún aparato médico ó electrónico en general se vea interferido por estos efectos no deseados

Consejos útiles para minimizar las interferencias electromagnéticas

- Interconectar monitores, repetidores, centrales de monitoreo, etc, solo con cables apantallados, lo más cortos posibles y que dispongan de algún filtro de ferrita en sus extremos
- En el caso de que las interferencias del repetidor persistan, se recomienda el uso de tranceptores de fibra óptica

- Es conveniente que la toma eléctrica de los equipos que pueden perturbar no sea la misma que de los equipos pasibles a ser perturbados
- Evitar prolongar el cable del electrodo neutro, mientras más largo sea se mejora sus características como antena
- No enrollar los cables de los electrodos tanto pasivo como activo sobre objetos metálicos, se mejora el efecto antena
- La unidad de electrocirugía debe estar lo más cerca del paciente y lo más alejado de otros equipos electrónicos

En este cuaderno se han enumerado algunas causas y alguno de los efectos de la perturbación electromagnética pero el tema es más arduo. En próximas entregas se irán aclarando más puntos y consultas puntuales que vayamos recibiendo.

Bibliografía

- Hotline News (Vol 6, Nro 1)(2001) Valleylab
- Cuaderno Técnico Nro 1 (2005); DDS
- Federal Communications Commission: www.fcc.gov
- Food and Drug Administration; www.fda.gov

MF-07-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)
Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°8

En esta nueva entrega se analizará los riesgos del uso de las unidades de electrocirugía con los diversos implantes activos. En esta entrega se analizará específicamente el caso de los marcapasos y desfibriladores de uso interno.

¿Qué es un marcapasos permanente?

Es un aparato que se implanta bajo la piel y envía señales eléctricas para iniciar o regular un latido cardíaco lento. Se puede utilizar para estimular el latido cardíaco si el nódulo sinoauricular no funciona correctamente y/o ha desarrollado una frecuencia o un ritmo cardíaco anormal, o si las vías de conducción eléctrica están bloqueadas.

¿Qué es un cardiodesfibrilador implantable (CDI)?

Un **CDI** es un aparato pequeño que se implanta bajo la piel. El **CDI** detecta el ritmo de los latidos cardíacos y cuando la frecuencia cardíaca supera la frecuencia que se ha programado en el aparato, envía una pequeña descarga eléctrica al corazón para disminuir la velocidad de los latidos. Muchos de los **CDI** más modernos pueden funcionar también como marcapasos, enviando una señal eléctrica para regular la frecuencia cardíaca cuando es demasiado lenta.

¿Cuál es el riesgo del uso de equipos de electrocirugía en pacientes con marcapasos y desfibriladores internos?

La capacidad de poder detectar correctamente la actividad eléctrica del corazón es fundamental para que marcapasos y desfibriladores trabajen según su programación específica.

Las señales electromagnéticas emitidas por una unidad de electrocirugía durante su uso en pacientes podrían ser confundidas por estos equipos como una señal propia generada por el mismo corazón y actuar en consecuencia:

- Deteniendo su funcionamiento de manera parcial o total
- Trabajando de manera inadecuada ya que detecta un comportamiento no real del corazón

En el manual del usuario del marcapasos **Guidant** se especifica que un equipo de electrocirugía durante su uso, puede inducir arritmias y/o fibrilación cardíaca, ya que la interferencia electromagnética

producida puede hacer que el marcapasos funcione en modo asincrónico o que se inhiba completamente su salida.

En el manual de usuario de los marcapasos **Medtronic** también se advierte a los usuarios sobre los riesgos inherentes de la electrocirugía sobre sus equipos.

¿La proximidad del implante a la unidad de radiofrecuencia produce inconvenientes?

Si la corriente de radiofrecuencia no pasa por el cuerpo del paciente no existe posibilidad de que el equipo produzca algún tipo de interferencia electromagnética sobre el implante (Ver **Cuaderno Técnico N°7**).

Las ondas electromagnéticas emitidas por el equipo tienen una potencia muy baja, insuficiente como para producir algún inconveniente en el implante. **Solo el uso de la unidad sobre un paciente puede provocar algún daño sobre el implante.**

Se ha demostrado que la corriente de corte produce un mayor número de interferencias, que la corriente de coagulación, además cada técnica tiene una incidencia distinta sobre los marcapasos y desfibriladores internos.

Técnica bipolar

En la técnica bipolar la corriente fluye entre los dos extremos de una pinza. Para esta técnica en particular existe un flujo de corriente focalizado, lo que implica el uso de una menor potencia por parte del profesional y de un camino de circulación corto y claro. Para esta técnica la interferencia de la unidad de electrocirugía prácticamente desaparece o es mínima.

La técnica bipolar podría utilizarse en el caso de que el paciente disponga de un implante activo, tomando a resguardo ciertas condiciones que quedan a cargo del profesional interviniente.

Técnica monopolar

En esta técnica la corriente penetra por el electrodo activo, luego circula a través del cuerpo del paciente y sale por el electrodo neutro. En este camino, la corriente de radiofrecuencia puede recorrer caminos poco claros (ver **Cuadernos Técnicos** anteriores), los cuales podrían ocasionar en el implante activo algún efecto colateral no deseado y no previsible.

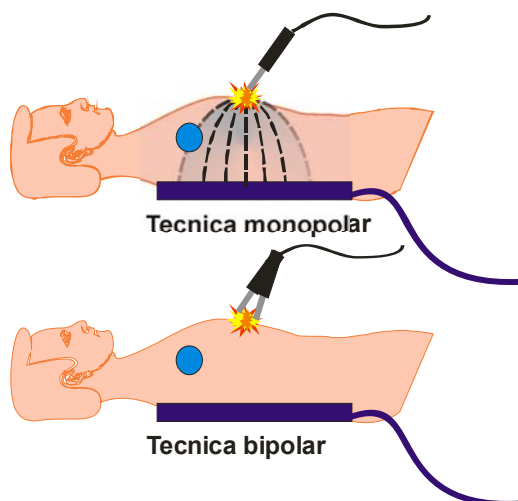


Figura 1

En este caso la circulación de una corriente eléctrica intensa por los circuitos de salida del implante pueden producir un cortocircuito que dañe al implante.

Podría también suceder que la circulación de corriente produzca una alta disipación de calor con consecuencias negativas tanto para el paciente como para el implante.

En el caso que sea imperioso usar la técnica monopolar en un paciente implantado, queda bajo la entera responsabilidad del cirujano consultar con el fabricante del implante las consecuencias de este acto.

Ya sea para esta técnica o para la bipolar, el profesional deberá prever **un protocolo de emergencia** por si el implante activo deja de funcionar o presenta una incompatibilidad en su funcionamiento.

Si bien la técnica bipolar es menos riesgosa que la técnica monopolar, dependerá del cirujano y su equipo las decisiones que tomen en lo referente a la seguridad durante la intervención.

Recomendaciones

- Se recomienda a los profesionales y a sus equipos que consulten a los fabricantes de implantes activos antes de usar un equipo de electrocirugía.
- En los manuales de implantes activos, los fabricantes brindan consejos y sugerencias a los usuarios para casos específicos.

¿Qué sucede con otros tipos de implantes activos?

Por lo expuesto tanto en este **Cuaderno Técnico** y en la anterior entrega sobre interferencia electromagnética, se recomienda la no utilización de equipos de electrocirugía en pacientes con cualquier tipo de implante activo. **Ante cualquier duda es conveniente que el cirujano se comunique con el fabricante específico de dicho implante.**

Bibliografía

- Cuaderno Técnico Nº 7 (2006)
- Manuales de usuario marcapasos Medtronic
- Manuales de usuario marcapasos Guidant
- Interferencias electromagnéticas en pacientes con marcapasos y cardiodesfibriladores Implantados Dres. Pablo Fernández Banizi, Luis Vidal y equipo, **Revista Médica del Uruguay**
- Universidad de Virginia: Transtornos cardíacos

MF-08-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°9

En los últimos tiempos, **Digital Dinamic Sistem S.A** ha recibido una gran cantidad de consultas en lo que respecta a las ventajas o desventajas del uso tanto de material descartable como reusable en las unidades de electrocirugía.

Además se ha comprobado en sucesivas visitas a instituciones de salud, que muchas veces no queda muy en claro cual es tratamiento que se les debe dar a aquellos insumos que pueden ser reusables. Es por este motivo que hemos decidido en este nuevo **Cuaderno Técnico** echar algo de luz sobre este tema.

Descartable versus Reusable

En la actualidad es muy común encontrar en el mercado insumos para electrocirugía tanto descartables como reusables. La decisión de que tipos de insumo se utilizan en la sala de cirugía dependerán de la política que se haya impuesto la institución y será decisión únicamente del personal interviniente.

¿Qué dispositivo es más conveniente?

Los elementos reutilizables, a la larga, resultan más económicos que los descartables, si bien el costo inicial es mucho más elevado, mientras que los descartables tienen ciertas virtudes en lo que respecta a la agilización del proceso general de funcionamiento de los servicios asociados a la cirugía (lavado y esterilización) y ventajas muy convenientes en lo que respecta a la infección cruzada.

Cada institución deberá realizar un estudio de **ingeniería clínica** y determinar según su estructura que método es el más conveniente, según la calidad de servicio que desee brindar.

El problema se presenta desgraciadamente cuando se utiliza lo descartable de manera reusable o lo reusable no se esteriliza como el fabricante ha determinado

Limpieza y esterilización de materiales descartables

El procesamiento y reutilización de electrodos activos o pasivos que han sido concebidos para ser usados solo una vez es una práctica muy frecuente en el país.

Muchas instituciones intentan justificar este procedimiento realizando estudios económicos y ambientales, con los cuales, intentan justificar esta

práctica condenable. El hecho de esterilizar aquellos productos que fueron concebidos para ser usados una única vez incrementa los riesgos y accidentes en los pacientes que son sometidos a una cirugía.

El reprocesar electrodos activos y/o pasivos de uso único o descartable afectan severamente sus capacidades constructivas ya que estos no fueron concebidos para soportar un proceso tan agresivo como es la esterilización.

Todo accesorio o instrumento médico concebido para ser reutilizado una cierta cantidad de veces debe funcionar cada vez que se utilice tan bien como lo hizo durante su primer uso.

Para ello, el fabricante deberá validar si su producto es de un solo uso o si puede ser reprocesado. Para esta acción se deberá rotular de manera inequívoca al producto, con la simbología normalizada. En la **Tabla I** se aprecian cuales son los símbolos:

	No reutilizar. Un solo uso		Fecha de manufactura
	Lea las instrucciones antes de usar		Utilizar antes de esta fecha

Tabla 1

La mayoría de los problemas causados por la reutilización son los siguientes:

- **Limpieza y descontaminación inadecuada:** Los dispositivos descartables no fueron concebidos para ser descontaminados, por lo tanto es muy difícil lograr una buena limpieza en estos
- **Alteración del material:** Todos los métodos de esterilización son agresivos y producen una degradación del material con el cual se elaboro el dispositivo descartable.
- **Fallas mecánicas:** Debido al proceso de esterilización que se haya utilizado, este puede producir esfuerzos que desembocan en roturas.
- **Potencial de infección cruzada:** Los dispositivos descartables que se esterilizan, debido a que no fueron diseñados para ese fin, son mas receptivos a transmitir las infecciones cruzadas
- **Residuos de agentes químicos dedescontaminación:** Algunos materiales utilizados en la fabricación pueden absorber o adsorber ciertos químicos, los cuales pueden fil-

Cuaderno Técnico Nº9



Digital
Dinamic
Sistem S.A

Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

trarse gradualmente por el material con el paso del tiempo.

Rotulación

En la **Disposición 1285-04 Anexo IIIB de la AN-MAT**, se da la información que debe constar en cualquier rótulo o instructivo de producto médico. Cualquier dato que esté omitido en el rótulo tornan al producto como inválido para el uso con humanos. **No debe utilizarse ningún electrodo activo o neutro que no dispongan de dicha información.**

¿Cuál es la vida útil de un electrodo reusable?

El hecho que un elemento sea reusable no implica que sea eterno. Para conocer cuantos ciclos puede un producto ser esterilizado, se recomienda consultar con el fabricante, y que este brinde dicha información. Si se ha alcanzado el ciclo de vida útil del mismo, se recomienda que dicho dispositivo sea descartado.

¿Cuáles son las características que se deben verificar en un dispositivo descartable?

- Debe verificarse que el envase este íntegro, es decir, sin roturas y que todas las partes dentro del envoltorio se encuentren en buen estado.
- Se debe verificar la fecha de manufactura y la fecha de vencimiento. El usar electrodos neutros vencidos puede causar severas quemaduras en el paciente.

¿Cuáles son las fallas que más se aprecian?

El hecho de esterilizar dispositivos que no fueron concebidos para esto, desemboca frecuentemente en los siguientes defectos

- **Electrodos activos derretidos:** por haber sido sometidos a temperaturas para las cuales no fueron concebidos
- **Electrodos activos con fallas en su integridad y funcionamiento:** El óxido de etileno y el peróxido de hidrogeno degradan las propiedades de los materiales y de los contactos
- **Electrodos neutros vencidos:** Los geles en mal estado producen un mal contacto eléctrico que desemboca en quemaduras.

Conclusiones

- Reprocesar un instrumento de uso único altera sus características e impide que cumpla con las especificaciones originales del fabricante
- Antes de usar un electrodo neutro o un electrodo activo, verificar si es de un único uso y desecharlo luego de la intervención. Al abrir el envoltorio, se debe verificar que los mismos no se encuentren vencidos e íntegros.
- Si un accesorio o parte fue diseñada para ser reprocesada, solo será válido su uso si se utilizó el método recomendado por el fabricante. Si se utilizó cualquier otro método, el procedimiento tampoco es válido.

PARA EVITAR ACCIDENTES Y QUEMADURAS EN ELECTROCIRUGIA ES CONVENIENTE CONSULTAR CON EL FABRICANTE DE LOS ELECTRODOS Y QUE ESTE BRINDE POR ESCRITO TODA LA INFORMACIÓN ACERCA DE SUS PRODUCTOS.

Bibliografía

- Instrumental medico de uso unico: Implicaciones y consecuencias de reutilizacion; Medical Devices Agency Ago 2000
- Hotline News Vol 6 Issue 2, Jul 2001 Valleylab
- Hotline News Vol 10 Issue 3, Dic 2005 Valleylab
- AORN Guidance statement: Reuse of single use device, Abr 2001
- Revistas FUDESA

MF-09-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)
Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico Nº10

CIRUJANO

- Debe leer el manual del equipo antes de usarlo
- Debe conocer perfectamente los riesgos inherentes que implica el uso de la unidad de electrocirugía
- Debe utilizar la menor potencia posible compatible con la tarea que desarrolle
- Debe verificar antes del uso con pacientes que la unidad se encuentre en condiciones de ser usada
- En el caso de pacientes con implantes pasivos o activos, es su responsabilidad el uso de la unidad. Consultar con el fabricante del implante

TOMA DE ALIMENTACIÓN

- Verificar la integridad de la toma de conexión
- Verificar la correcta puesta a tierra del equipo
- Verificar la integridad del cable de conexión

GENERADOR

- La unidad debe ser mantenida según especificación del fabricante
- **NO** usar fusibles de distinto valor al especificado
- Evitar que a la unidad le ingrese líquido
- Utilizar solo accesorios que recomiende el fabricante

CABLES

- Evitar que los cables formen lazos cerrados
- Verificar que los cables estén íntegros durante toda la intervención
- **NO** enrollar los cables sobre objetos metálicos
- Evite que los cables del generador estén en contacto con otros cables o con partes

ANESTESISTA

- Debe leer el manual del generador antes de ser usado y conocer los riesgos del uso de la unidad
- Verificar durante toda la operación que el electrodo neutro se encuentre bien colocado
- Prestar atención a cualquier alarma que presente el generador
- Verificar que no exista ningún tipo de interferencia electromagnética entre el generador y los demás equipos electrónicos presentes en la sala
- Verificar que no se acumulen gases anestésicos

EQUIPO

- Un equipo de trabajo instruido y capacitado minimiza los errores y previene los accidentes
- Debe verificar que el material descartable no sea reusado bajo ninguna circunstancia
- Antes de la cirugía debe corroborar que los electrodos se encuentren en buen estado
- Antes de la cirugía deberá verificar el estado general de la unidad y en caso de dudas consultar con personal técnico idóneo
- Al culminar la cirugía debe deshacerse de cualquier material descartable que se haya utilizado
- No debe tocar al paciente mientras el cirujano acciona la unidad
- Al culminar la cirugía se debe limpiar el equipo según especificación del fabricante
- Durante la cirugía se deberá verificar el estado del electrodo neutro y su ubicación
- Estar atento a cualquier alarma o aviso visual que presente el equipo

- Los electrodos de supervisión deben estar lo más lejos posible del electrodo activo para evitar quemaduras

- El estado, ubicación y tipo de electrodo neutro minimiza las quemaduras y los accidentes



Cuaderno Técnico Nº11

Continuando con la necesidad de informar a los usuarios sobre los daños potenciales que pueden ser producidos por las unidades de electrocirugía y en relación a ciertas consultas que hemos recibido por parte de la **ANMAT** (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica de la República Argentina) en esta entrega se explicará de manera amena y simple como funciona el método de detección de la placa paciente.

¿Cuál es el origen de las quemaduras en pacientes?

Tal como se ha venido tratando en los diversos **Cuadernos Técnicos** de esta serie, uno de los mayores riesgos de quemaduras en las unidades de electrocirugía se deben a una incorrecta colocación de la placa paciente.

Cuando hablamos de incorrecta colocación de la placa no nos referimos al lugar físico de ubicación (tema ya tratado), sino; a la baja adherencia o nulo contacto que pueda tener la placa contra la piel del paciente.

El hecho de que el electrodo neutro se desprenda o mantenga un pobre contacto con la piel durante la cirugía es una de las principales causas de quemadura que se registran con el uso de unidades de electrocirugía.

Una placa que no se encuentre correctamente colocada, es decir que la interface o contacto mecánico con la piel del paciente sea pobre, puede producir burbujas de aire en las cuales se produce un arco eléctrico, lo que produce la quemadura en ese punto.

Esto es independiente del tamaño de la placa y del tipo ya sea de monocampo o bicampo.

¿Existe alguna manera de minimizar este efecto perjudicial sobre el paciente?

La respuesta por suerte es afirmativa. Durante la década de los noventa, la empresa **VALLEYLAB** comenzó a utilizar un sistema de monitoreo de placa conocido en el mercado como **REM** (Return Electrode Monitor).

En la actualidad todas las empresas dedicadas a la fabricación de unidades de electrocirugía han adoptado este criterio y utilizan algún método para medir el contacto físico del paciente con el electrodo de retorno si bien, por motivos netamente comerciales utilizan nombres de fantasía para denominar a su sistema.

A partir del año 1994 la **American National Standard for Electrosurgical Devices** recomienda que todos las unidades de electrocirugía cuya potencia sea superior a los **50W**, deben disponer de algún mecanismo para el control del estado de la placa paciente.

Principio físico del funcionamiento de detección de paciente

El principio de funcionamiento de la detección de la placa paciente se realiza de una manera muy sencilla y su principio se basa en la conocida **Ley de Ohm**, ley fundamental que rige el comportamiento de los circuitos eléctricos.

$$I = \frac{U}{R}$$

Donde

I= Corriente eléctrica

U= Tensión eléctrica

R= Resistencia eléctrica

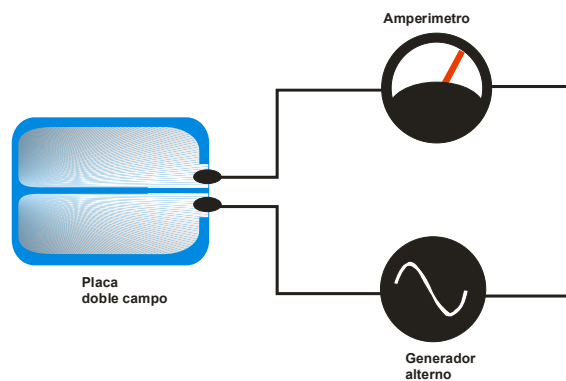


Figura 1

En la **Figura 1** se aprecia el esquema básico del sistema, que esta compuesto por:

- Placa paciente de doble campo
- Amperímetro
- Generador de corriente alterna de 32Khz

El funcionamiento del sistema es muy sencillo:

- Se establece un circuito eléctrico elemental entre la placa paciente, el generador de señales (cuya tensión es conocida y se toma como referencia) y el amperímetro.
- Cuando al paciente se le coloca el electrodo neutro, este se convierte en parte del circui-

Cuaderno Técnico

Nº11



Espinosa 2383 (C1416CEY)
Ciudad Autonoma de Buenos Aires
Tel/FAX: 4582-6523
www.minicomp.com.ar
info@minicomp.com.ar

to eléctrico, presentándose las siguientes situaciones:

- En el caso de que no haya paciente sobre la placa, el circuito está abierto ($I=0$), lo que implica que la resistencia del circuito tiende a infinito. Para este caso particular, el equipo detecta que no hay paciente o que el mismo está mal conectado, por lo tanto **se debe bloquear la unidad mientras acciona las alarmas para avisar de la situación.**
- En el caso de que el electrodo neutro se encuentre perfectamente adherido a la piel del paciente, se convierte en parte del circuito eléctrico estableciéndose una circulación de corriente eléctrica, la cual es detectada por el amperímetro. Los equipos diseñados en **Digital Dinamic Sistem S.A** disponen de un generador de tensión controlada con una frecuencia de 32Khz, y detectan que el paciente está correctamente conectado al medir una corriente proporcional a una resistencia de hasta **120 Ohms**.
- Valores superiores serán interpretados por la unidad de electrocirugía como deficiencias en el contacto con el paciente tal como se explicó arriba.

Para el caso extremo de que los dos campos de la placa paciente se encuentren cortocircuitadas, la corriente eléctrica que circulará será máxima ya que la resistencia eléctrica tiende a cero. Esta situación: ¿Es posible? Veamos en el punto siguiente.

¿Las placas monocampo son compatibles con el sistema de monitoreo?

Por lo expuesto en el punto anterior, el lector empieza a tomar conciencia que las placas monocampo solo pueden presentar dos estados eléctricos posibles:

- Un cortocircuito ante el generador de onda
- Un circuito abierto

JAMAS podrán presentar la posibilidad de medir el estado del paciente. Al usar placas monocampo solo se puede evaluar la integridad del estado del cable pero no se puede obtener ninguna información en lo que respecta al paciente.

En el punto **59.101** de la **Norma IEC 60601-2-2:1998** referente a unidades de electrocirugía se exige que toda unidad de mas de 50W este equipada

con un circuito dispuesto de manera tal como para detectar si el cable esta integro o no. Por lo tanto al usar placas monocampo, el sistema de monitoreo solo puede notificar al usuario sobre la integridad fisica del cable o la placa pero no del paciente. Con lo cual, este sistema es compatible con lo pedido en la norma en lo referente al sensado del estado del cable, pero no sobre la integridad fisica del paciente.

El uso de placas monocampo no activan el sistema de detección para prevenir al paciente, sino para conocer su integridad fisica ($I=\max$; $R=0$). La única manera de que el sistema de detección sea efectivo es utilizando placas bicampo autoadhesivas.

Conclusiones

Placa monocampo	$R < 10$ Ohms	Cable integro sin inconvenientes
	$R > 1$ KOms	Cable cortado
	Sin información sobre el estado del paciente. Acciona alarma solo cuando el cable esta dañado o mal conectado	
Placa bicampo	$R < 120$ Ohms	Buena adherencia paciente
	$R > 150$ Ohms	No hay paciente conectado
	Sensado de la adherencia placa paciente. Control de estado monitorizado por alarmas. Se prioriza el estado de interface con el paciente en lugar del estado del cable	

Bibliografía

- Electrosurgery self study guide (1999) B Ulmer.
- Valleylab (2001) Principles of Electrosurgery
- Cuaderno Técnico Nro 2(2005)
- Cuaderno Técnico Nro 3(2005)
- Norma IEC 60601-2-2:1998
- Manual del usuario equipo Labris - Mini-comp

MF-11-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**



Cuaderno Técnico Nº12

EN entregas anteriores nos hemos referido fundamentalmente a las medidas de seguridad relacionadas con las unidades de electrocirugía y a su uso correcto.

En esta entrega se analizara otro problema asociado con la seguridad del paciente y es la relacionada con los conceptos de seguridad eléctrica en la sala de cirugía.

¿Dónde se utiliza una unidad de radiocirugía?

Las unidades de electrocirugía son utilizadas fundamentalmente en salas de cirugía, que son específicas para esta actividad. Desde el punto de vista eléctrico y por su finalidad de uso, estas salas se clasifican como: **Salas del grupo de aplicación 2**, las cuales son definidas como:

- Salas para uso medico donde se utilizan equipos electromedicos conectados a la red, que sirven para intervenciones quirúrgicas o para medidas de interés vital [AEA 710:2000]

¿En que consiste una Sala del grupo 2?

Según las normativas nacionales e internacionales, una **Sala del Grupo 2** se caracteriza por los siguientes parámetros:

- Red de alimentación del tipo IT
- Servicio ininterrumpido de energía
- Correcta puesta a tierra

Redes IT

Estas redes o sistemas se caracterizan fundamentalmente por no tener un neutro conectado a tierra y de disponer de un **transformador de aislamiento** también denominado barrera galvánica.

Este tipo de redes es de uso frecuente en instalaciones hospitalarias donde la seguridad física tanto de equipos como de personas es una prioridad. Este tipo de sistema o redes garantizan el funcionamiento a pesar de haberse presentado una falla de primer orden en el sistema

La corriente que se ocasiona en la primera falla tiene valores despreciables, no peligrosos para la vida humana.

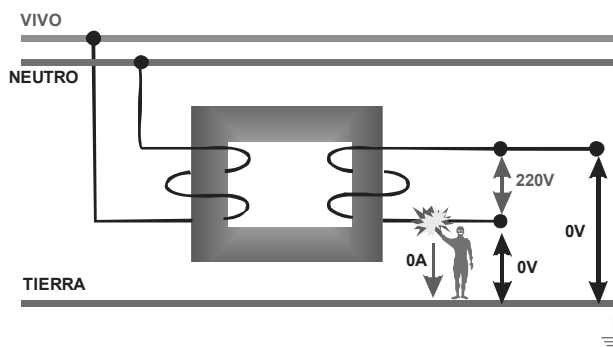


Figura 1

Tal como se aprecia en la **Figura 1**, si tanto el paciente como el personal de la sala de cirugía, tocan uno de los contactos, la diferencia de potencial con respecto a tierra es igual a 0 Volt, lo que se traduce en que no circulara una corriente eléctrica a través de ellos.

En el caso de no existir el transformador de aislamiento, en el caso de tocar el borne vivo circulará por el paciente o por el personal una corriente eléctrica que desembocará en un shock eléctrico.

Aquellos aparatos electromedicos que no sean conectados a una red IT, corren el riesgo que ante cualquier falla interna se produzcan corrientes eléctricas de valores tal, que ponen en serio riesgo la vida del paciente y del personal interviniente.

Puesta a tierra

Todo circuito eléctrico o electrónico debe ser indefectiblemente colocado a tierra por los siguientes motivos:

1. Es una de las formas primarias de reducir ruido e inducción no deseados
2. Provee un punto equipotencial de referencia para las tensiones de las señales
3. Para la protección contra el choque eléctrico

La razón fundamental para poner un sistema eléctrico o electrónico a tierra es por seguridad.

Los electrobisturios son equipos que por su naturaleza emite campos electromagnéticos que podrían ser perjudiciales para el equipamiento circundante. Una correcta puesta a tierra tiende a minimizar los ruidos de naturaleza electromagnetica que produce la unidad en su funcionamiento normal.

Una conexión de baja impedancia conectada desde los equipos y objetos metálicos a tierra minimiza los peligros para el operador en el caso de

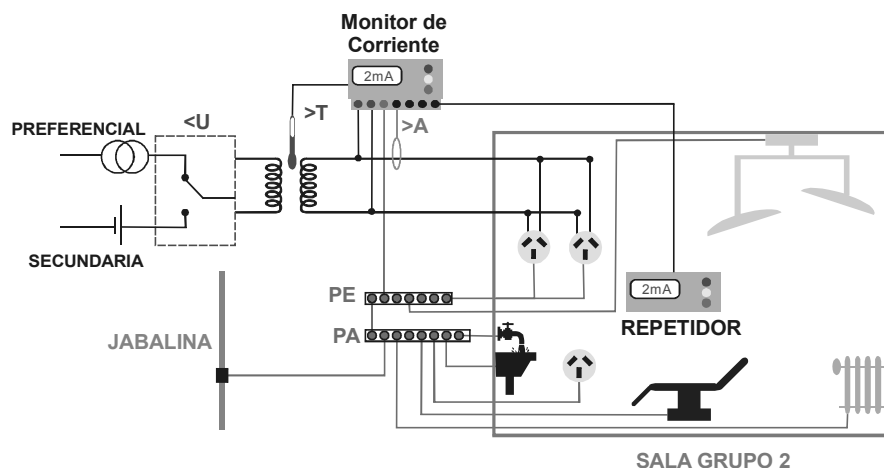


Figura 2

fallas en el equipo.

Además se establece un camino para la descarga estática, previo al aumento de potencial evitando la producción de arcos eléctricos.

En salas de Grupo 2 es fundamental evitar las descargas estáticas que pueden producirse por frotamiento, ya que en el caso de pacientes con catéteres o agujas, puede producirse un camino para la descarga por ese camino, produciendo un microshock.

Puesta a tierra hospitalaria

En el entorno hospitalario coexisten varios sistemas independientes de distribución de energía que pueden interferirse entre sí de manera electromagnética o a través de la red misma de distribución (redes de computación, telefonía, motores, etc).

Para evitar inconvenientes en los equipos médicos es conveniente que el camino de tierra de estos sea independiente de los otros sistemas que se encuentran en el entorno hospitalario.

Para evitar problemas en un sistema general de alimentación debe existir un solo punto de retorno.

Este tema es harto complejo como para poder tratarlo en este **Cuaderno Técnico**, pero la idea es que el lector comprenda la problemática y recurra a bibliografía más especializada para subsanar estos inconvenientes.

Servicio ininterrumpido de energía

Toda **Sala del Grupo 2** debe garantizar su servicio ininterrumpido de energía durante la cirugía. Para

ello estas salas, además de ser alimentadas por el prestador de energía eléctrica, debe disponer de sistemas internos para generar su propia energía como ser grupos electrógenos o sistemas de baterías denominados UPS.

Colofón

A manera de resumen en la **Figura 2** se muestra un esquema correcto de alimentación de una sala del grupo 2.

Bibliografía

- Norma IEC 60364-7-710
- Reglamento AEA 90364-7-710
- Electrical Safety – Ungrounded Power Supply Systems in Medical Sites W. Hofheinz
- Power in electrical safety – Bender

MF-12-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°13

Hasta el momento siempre hemos analizado los efectos térmicos que acaecen en la placa paciente y de los inconvenientes que esto podría ocasionar durante una cirugía. En esta entrega analizaremos específicamente los efectos térmicos que se desarrollan en el electrodo activo¹ y el porque es importante desarrollar una buena técnica para su implementación.

¿De que depende la variación de la temperatura?

La expresión matemática que rige la elevación de la temperatura en la región de aplicación del electrodo activo es la ya vista en el **Cuaderno Técnico Nro 1** y es la siguiente:

$$\Delta T = \underbrace{\frac{1}{\rho \cdot \sigma \cdot c}}_1 \cdot \underbrace{\frac{I^2}{s^2}}_2 \cdot t \quad \text{Ec. 1}$$

ΔT = variación de la temperatura

I = corriente eléctrica

s = sección o área

t = tiempo

c = calor específico

σ = conductibilidad eléctrica

ρ = densidad

En lo que resta de este artículo se analizara cada uno de estos términos y como influyen en el incremento de la temperatura.

Parámetros físicos y químicos de los tejidos

El primer término de la **Ec.1** implica condiciones propias de cada uno de los tejidos involucrados.

- La conductibilidad eléctrica es la capacidad que tienen los tejidos para conducir la corriente eléctrica
- La densidad de un tejido es el cociente entre su masa y su volumen
- El calor específico es la capacidad que tienen los tejidos para incrementar su temperatura en función de la cantidad de calor que se les ha proporcionado

No todos los tejidos del cuerpo poseen estos mismos parámetros, lo que ocasiona que no se comporten

térmicamente de igual manera ante el pasaje de la corriente eléctrica.

La primera conclusión a la que podemos arribar es la siguiente:

- **Dependiendo del tipo de tejido, ya sea este altamente vascularizado, pobremente vascularizado o con diversos contenidos de grasas o líquidos, a igualdad de potencia aplicada, en idénticos periodos de tiempo y con el mismo tipo de electrodo, los efectos térmicos serán distintos.**

Los parámetros físicos antes mencionados dependen fundamentalmente de la cantidad de agua de los tejidos y del tipo de sales diluidas en los mismos y no pueden ser modificados durante la cirugía.

Los tejidos altamente vascularizados además tienen la ventaja de poder disipar rápidamente la temperatura de la región.

¿Qué es la potencia?

En las unidades de radiofrecuencia, el parámetro que se varía es la potencia, según el modelo puede realizarse mediante una perilla selectora o a través de un teclado. En la **Ec. 1** sin embargo, parecería que este termino no esta contemplado. Para ponerlo de manera obvia, se debe recurrir a la **Ley de Ohm**, donde la potencia se expresa como:

$$P = I^2 \times R \quad \text{Ec.2}$$

Siendo R la resistencia que presenta el tejido al paso de la corriente eléctrica (ver punto anterior).

Esto significa que al variar la potencia de la unidad, lo que se esta variando es la corriente eléctrica de radiofrecuencia que se aplica. Nuestra segunda conclusión es entonces:

- **El incremento de la temperatura en la región de aplicación es directamente proporcional al modulo de la corriente eléctrica**

¿Es importante la forma de la onda de corriente eléctrica?

Para lograr las diversas técnicas (corte, coagulación) la forma de onda de la corriente no es similar.

Para lograr altos niveles de hemostasia en el corte, la señal debe ser modulada mientras que para lograr una buena coagulación se deben aplicar impulsos de corriente.

¹ En muchos países de habla hispana el electrodo activo también se lo conoce como lápiz

La tercera conclusión a la que arribamos es la siguiente:

- **La forma de onda de la corriente eléctrica difiere según la técnica aplicada**

¿Cómo influye la forma del electrodo activo?

Si analizamos el segundo termino de la **Ec.1**, vemos que en el denominador de la misma aparece una expresión relativa a la sección o área.

Esta sección o área es la del electrodo activo y se aprecia que a medida que disminuye aumenta la temperatura final de la región. Nuestra cuarta conclusión será:

- **A igual potencia de la unidad, se puede lograr un distinto efecto térmico en función del área que este presente al paso de la corriente eléctrica**

Aplicando la energía necesaria

El tercer termino de la **Ec.1** hace referencia al tiempo, y es precisamente el tiempo que el cirujano aplica el electrodo activo al paciente. A mayor tiempo de aplicación, la temperatura de la región se incrementa, debido a que la energía aplicada es mayor.

Se define como **Energía** al producto de la potencia por unidad de tiempo. La energía se mide en una unidad denominada **Joule** que equivale a **0,2388 Calorías**.

Para clarificar este concepto se dará el siguiente ejemplo:

Pot. aplicada	Tiempo
A 60W	5s
B 120W	2s
C 180W	1s

- En el caso **A**, se utiliza una baja potencia, pero se requiere mucho tiempo, la energía disipada en este caso es de **300J** ó **71,65 Calorías**
- En el caso **B**, se uso una potencia intermedia y un tiempo intermedio, arrojando una energía de **240J** ó **57,32 Calorías**
- En el caso **C**, se uso mucha potencia pero en muy poco tiempo, arrojando una energía disipada de **180J** ó **43 Calorías**

Como puede apreciarse, el daño termal al paciente es menor en el último caso

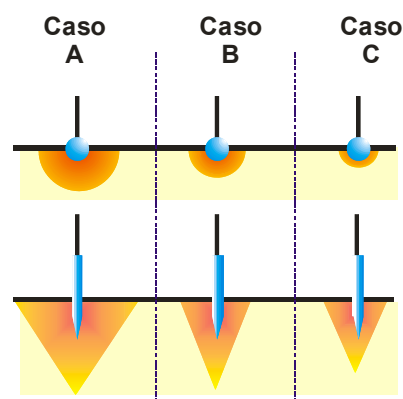


Figura 1

Como conclusión final arribamos a que una técnica esmerada consiste en:

- **La correcta elección de la forma del electrodo activo según la tarea a efectuar**
- **El empleo de la menor potencia requerida para lograr el efecto quirúrgico deseado según el tipo de tejido**
- **Utilizar la forma de onda o técnica según el requerimiento, es decir, no usar la función coagulación para corte, por ejemplo**
- **Aplicar el electrodo activo en el punto de aplicación el menor tiempo posible**

Bibliografía

- Cuaderno Técnico Nro 1
- Practical Electrosurgery *For Clinicians*- G. T. Absten
- Física Universitaria Vol 1 – Sears-Zemansky
- Manual de Electrocirugía – KLSMartin Group

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**
- Ayudante de Instalaciones e Instrumentación Biomédica (66.73) en la **FIUBA**



Cuaderno Técnico N°14

La idea de esta entrega es resumir las diversas condiciones que establecen lo que se denomina las **Buenas Prácticas en Electrocirugía**, las cuales están relacionadas con:

1. La elección de la unidad y sus accesorios
2. Relación del personal con la unidad
3. La unidad y el entorno
4. La unidad y la técnica

Muchas de estas recomendaciones ya fueron formuladas en diversos **Cuadernos Técnicos**, pero aquí se presentan de una manera mas resumida y amena para el lector¹ y puede servir como una guía para comenzar la aplicación de las buenas practicas.

Elección de la unidad y sus accesorios

1. Las unidades de radiocirugía deben ser diseñadas y concebidas utilizando la normativa internacional **IEC 60601-2-2** o la nacional **IRAM 4220-2-2**. Esta información debe constar de manera obligatoria en el manual del usuario. **No adquirir unidades que no justifiquen esta instancia.**
2. El equipo de radiocirugía y sus accesorios deben estar registrados y validados ante la autoridad sanitaria competente del país. En el caso de la **República Argentina** es la **ANMAT**. El uso de unidades no validadas u homologadas pone en riesgo al paciente y al personal que interviene en la cirugía.
3. Las unidades de Electrocirugía deben ser concebidas de manera tal de minimizar los riesgos asociados a la misma. Aquellas que utilizan **salida flotante o aislada**, son más seguras que las referidas a tierra. Se recomienda la lectura del **Cuaderno Técnico Nro 4** para mayor información².
4. Los accesorios que se utilizan con la unidad, deben haber sido concebido para la misma. **No es una buena práctica utilizar accesorios no concebidos para dicha unidad.**
5. Antes de usar cualquier tipo de accesorio descartable o estéril, verificar su fecha de vencimiento y estado general. Es fundamen-

tal que los mismos estén intactos, y en el caso de placas paciente, verificar el estado de adherencia y la humedad del gel. Ante dudas no los utilice.

6. No utilizar electrodos tipo aguja conjuntamente con unidades de radiofrecuencia.

Relación del personal con la unidad

1. Es imperioso la lectura del Manual de Usuario antes de usar la unidad con pacientes. Muchos de los accidentes registrados han devengando por el incorrecto uso del equipo por parte del profesional interviniente.
2. El personal debe estar instruido no solo en la correcta implementación de la técnica, sino que también debe conocer los riesgos inherentes que se desprenden del uso del equipo y la correcta manera de minimizarlos. **La mayoría de los daños que ocasiona la radiocirugía pueden ser menguados teniendo en cuenta una buena practica.**
3. Antes de usar cualquier accesorio, leer su forma de uso y emplearlo según directivas precisas del fabricante. **El uso de un accesorio sin seguir las instrucciones del fabricante puede devengar en un daño tanto al paciente como al personal.**
4. No es una buena práctica reutilizar aquellos accesorios que fueron concebidos para un único uso (**CT 9**). Antes del uso de la unidad con pacientes es conveniente que la misma reciba un breve mantenimiento, de manera tal de asegurarse que la unidad funcione correctamente durante la cirugía.
5. El mantenimiento inicial también incluye la verificación de los accesorios que se utilizaran durante la cirugía. **Una placa paciente dañada o con inconvenientes es la mayor causa de quemaduras y daños al paciente (CT 5).**
6. Toda unidad de radiocirugia necesita ser controlada por lo menos una vez al año para corroborar su buen funcionamiento. **Para este control es conveniente que el equipo sea remitido directamente a fábrica o al distribuidor autorizado por la misma.**

La unidad y el entorno

1. Las unidades de radiocirugia han sido diseñadas y concebidas para trabajar en quiró-

¹ Para una explicación mas profunda de estos puntos se recomienda la relectura de los **Cuadernos Tecnicos** anteriores.

² De aquí en mas las referencias a **Cuadernos Técnicos** anteriores se resumirá como CT

- fanos. Por lo tanto, la instalación eléctrica del lugar debe ser acorde a la actividad que se desarrolla. En la **Republica Argentina**, los quirófanos y salas de cirugía deben ser diseñadas según el **Reglamento AEA 90364 - 7 - 710**.
2. La puesta a tierra es un factor fundamental tanto para la seguridad del paciente como para evitar ciertas interferencias que pueden ocasionarse en las unidades de radiocirugía. Una correcta puesta a tierra minimiza muchos de los efectos nocivos que se presentan en una cirugía **(CT 12)**.
 3. Los equipos de radiofrecuencia pueden producir interferencias en otros equipos electrónicos circundantes. Es conveniente verificar que ningún equipo sea afectado por el uso de la unidad **(CT 7)**.
 4. El estado de los cables y conectores de los accesorios deben encontrarse en buen estado. Un mal contacto puede ocasionar interferencias como así también, ser fuente para la generación de incendios.
 5. Evitar enrollar los cables sobre objetos metálicos.
 6. Es conveniente que los cables de los electrodos de cirugía no entren en contacto con el paciente ni con otros conductores eléctricos.
 7. Es una mala práctica bajar el volumen de las alarmas del equipo. **Las alarmas fueron concebidas para la seguridad y minimizarlas puede desembocar en daños**.
 8. Se recomienda **evitar el uso de anestésicos inflamables o de gases oxidantes** tales como ácido nitroso (N_2O) y oxígeno, si se está realizando operaciones quirúrgicas en la región torácica o en la cabeza, a menos que estos agentes sean evacuados por aspiración.
 4. Verificar durante toda la cirugía el estado del electrodo activo. Restos carbonizados adheridos sobre el mismo pueden desembocar en **un uso desmedido de potencia para obtener el efecto quirúrgico deseado**.
 5. Los gases gástricos pueden ser fuente de incendio ya que son inflamables. Mantener el entorno fresco y evitar la acumulación de dichos gases.
 6. La placa paciente o electrodo neutro debe ser compatible con el equipo a utilizar. **Se recomienda el uso de placas descartables autoadhesivas de doble campo, también denominado electrodo neutro de supervisión³**, siempre y cuando la unidad acepte este tipo de electrodos.
 7. La placa paciente debe ser acorde al tamaño del paciente y ser colocada según las reglas del arte, tal cual como se ha especificado en **(CT 2)** y **(CT 3)**. **Las zonas vascularizadas son preferenciales**. Hay que evitar las zonas con oquedades o prominencias, ya que facilitan la aparición de puntos calientes.
 8. En el caso de usar placas reusables de un único campo, verificar la integridad de la misma y su estado. **Las unidades de radiofrecuencia no son capaces de poder comprobar la correcta adhesión de las mismas con el paciente (CT 11)**.
 9. La placa paciente no puede ser colocada en proximidad de prótesis metálicas ni marcapasos ni cualquier otro tipo de implante activo **(CT 8)**. En caso de que deba usarse la técnica monopolar, se deberá consultar con los fabricantes la conveniencia o no de la implementación de esta técnica.
 10. Evitar colocar el electrodo neutro sobre tatuajes. Se debe evitar también colocarlo en cualquier otro lugar donde existan partes metálicas sobre el paciente como ser body piercing, aros, anillos, etc.
 11. El área del electrodo neutro debe permanecer seca y en todo momento bien adherida al paciente.

La unidad y la técnica

1. **La potencia de salida del equipo debe ser lo más baja posible para el propósito quirúrgico buscado.**
2. El paciente debe mantenerse alejado de partes metálicas que puedan tener contacto con tierra o con capacitancias apreciables a tierra.
3. Se recomienda evitar el contacto piel a piel del paciente.

³ Este tipo de electrodos solo puede ser utilizado en unidades que dispongan de un dispositivo de supervisión de calidad de contacto. Verifique que su unidad es compatible con el mismo antes del uso. Todos los equipos que comercializa **Digital Dinamic Sistem S.A** cumplen con esta especificación.



Cuaderno Técnico Nº14

12. En caso de usar electrodos de supervisión, los mismos deben estar lo mas alejados posible del campo quirúrgico, siempre y cuando la técnica lo permita.

¿Cómo se puede implementar un sistema de Buenas Prácticas en Electrocirugía?

Todo sistema de **Buenas Prácticas** conlleva a adoptar un sistema de **gestión de la calidad** y para ello se deben implementar diversos **procedimientos documentados** y generar los respectivos **registros**, los cuales deben ser archivados según un criterio preestablecido

Es conveniente y recomendable que en los Centros de Salud donde se utilice con regularidad unidades de radiofrecuencia, se generen procedimientos documentados que incluyan:

- **Procedimientos de mantenimiento pre y post uso de los equipos y sus respectivos registros**
- **Procedimientos documentados sobre service y diversos inconvenientes que se han suscitado sobre la unidad, con sus registros documentados**
- **Procedimientos sobre chequeos programados de las instalaciones eléctricas y la puesta a tierra de la sala de cirugía con sus respectivos registros**
- **Política de calidad a seguir en lo referente al uso de placas paciente y otros accesorios**
- **Manuales de procedimientos claros y accesibles en lo que respecta a la aplicación de las Buenas Practicas, con la suficiente divulgación y docencia dentro del personal de la sala de cirugía. Los manuales deben estar en la misma sala y ante dudas, recurrir al mismo**

Conclusiones

Si bien en este **Cuaderno Técnico** se trato de hacer referencia a todas aquellas buenas practicas, el listado proporcionado no es exhaustivo ni completo.

Por lo tanto, ante cualquier duda, es conveniente que el profesional recurra a bibliografía mas específica sobre aquellos temas que puedan generar controversia.

A la fecha no existe un contralor en nuestro país que exija mantenimientos ni una política en lo referente

al tipo de electrodos a utilizar, pero para minimizar los accidentes y daños, la implementación de un sistema de estas características garantizará una calidad del servicio ante el paciente y una drástica disminución de los casos de mala praxis que se vienen suscitando con alarmante frecuencia.

Bibliografía

- Recommended practices for electrosurgery Ene 2005 – AORN
- Peri Operative guidelines. Main theatre electrosurgery Guideline N°4 - AORN
- Norma IEC 60601-2-2:2005
- Norma IRAM 4220-2-2:1994
- Norma ISO 13485:2001
- Reglamento AEA 90364-7-710:2000

MF-14-01

Autor

Gustavo Wain (dimionsiselec@gmail.com)

Ingeniero electrónico **FIUBA**.

- Asesor consultor independiente especializado en temas de bioingeniería y seguridad eléctrica.
- Miembro permanente de la C11 Seguridad Hospitalaria de la **AEA**
- Jefe de Trabajos Prácticos de Ingeniería Clínica en la **UNSAM**