



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:

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

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 analizará 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

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

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 término no está 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 está 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 módulo 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.

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

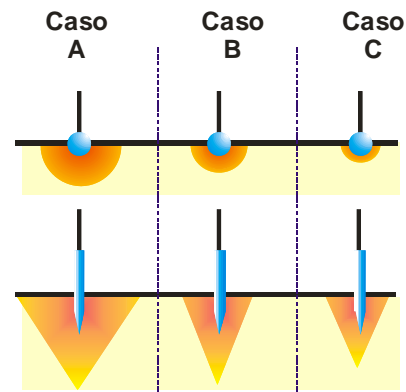


Figura 1

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**