Boletín Tecnológico
Evaluación de Tecnologías en Salud
N° 16 – Año 2006

Sub Gerencia de Evaluación Tecnológica - Gerencia de Planeamiento y Evaluación de Inversiones - Oficina Central de Planificación y Desarrollo

ELECTROBISTURI EN SALA DE OPERACIONES

Introducción :

Las salas de operaciones constituyen las áreas más importantes del Centro Quirúrgico de un hospital, donde se realizan las intervenciones quirúrgicas desde las más simples hasta las más complejas, preservando las normas de limpieza, higiene, asepsia y esterilización.

Las operaciones se programan con la debida anticipación, reservándose una sala para las operaciones de emergencia.

Cada sala de operaciones debe contar con instalaciones eléctricas, aire acondicionado, oxígeno, vacío, óxido nitroso, aire comprimido medicinal, además el piso debe ser conductivo. En el pasillo de circulación habrá lavabos para cirujanos.

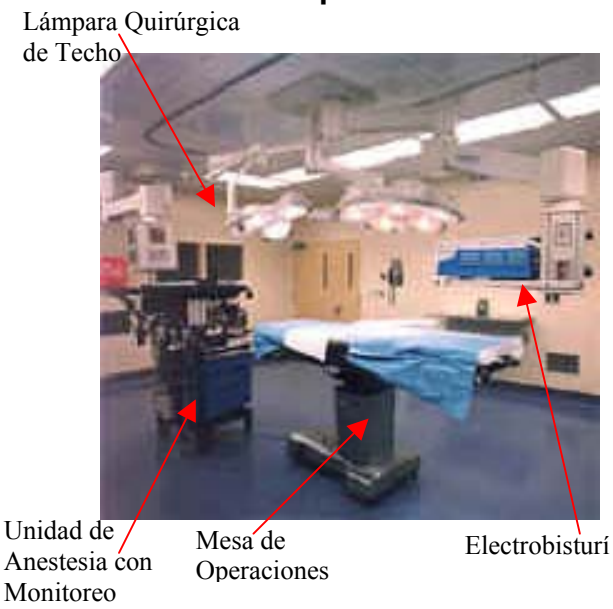
Adyacente a las salas de operaciones está la Sala de Recuperación, donde las camas están equipadas con Ventiladores Volumétricos (Respiradores Artificiales) y Monitores de Signos Vitales para la atención inmediata de los pacientes recién operados.

Los equipos médicos principales empleados en las salas de operaciones son los siguientes:

- Electrobisturí
- Unidad de Anestesia con Monitoreo
- Mesa de Operaciones
- Lámpara Quirúrgica de Techo

En la siguiente figura observamos una sala de operaciones:

Sala de Operaciones



El Electrobisturí es un equipo que realiza cortes y coagulación por efectos del calor en los tejidos y órganos del cuerpo humano, aplicando energía eléctrica de manera controlada. Se utiliza en la mayoría de los procedimientos quirúrgicos.

La Unidad de Anestesia es un equipo rodable que se encarga de suministrar gases respiratorios y anestésicos al paciente través de las vías respiratorias. Tal como se explicó en los Boletines 7 y 12, actualmente las Unidades de Anestesia llevan incorporadas el monitoreo de signos vitales del paciente y de los gases respiratorios y anestésicos que éste recibe.

La Mesa de Operaciones está ubicada en el centro de la sala de operaciones, es de estructura metálica, de acero inoxidable, sobre su superficie tiene una colchoneta desmontable, forrada con material liso y lavable.

La Mesa de Operaciones tiene accionamiento electrohidráulico que permite el movimiento de las piernas y respaldar, asimismo tiene movimiento vertical y horizontal, que permite colocar al paciente en la posición más favorable para el cirujano.

La Lámpara Quirúrgica está constituida por dos cuerpos luminosos, de fácil movimiento y posicionamiento estable, cuya estructura está empotrada al techo, sobre la Mesa de Operaciones. Los cuerpos luminosos contienen bombillas halógenas de alta intensidad luminosa y baja irradiación de calor en el campo operatorio.

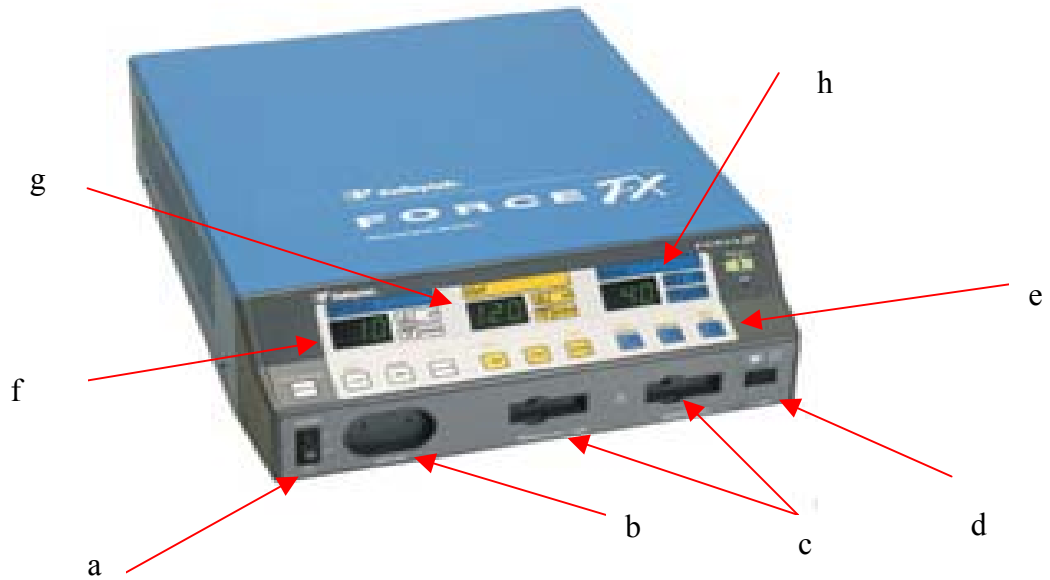
Carácterísticas del Electrobisturí :

Es un equipo compacto, portátil, normalmente va colocado sobre un mueble rodable para su fácil desplazamiento.

El voltaje de alimentación es monofásico : 220V / 60Hz.

En la parte frontal se encuentran las salidas para los cables y electrodos que van al paciente, los teclados e indicadores para regular los niveles de potencia de salida y los indicadores de distintos tipos de corte y coagulación.

Electrobisturí



a. Interruptor de encendido on/off
b. Salida para cable monopolar neutro
c. Salidas para cable monopolar activo de corte y coagulación
d. Salida para cable bipolar
e. Panel de teclados para seleccionar los tipos de corte y coagulación y los niveles de potencia de salida
f. Visualización de la potencia de corte monopolar
g. Visualización de la potencia de coagulación monopolar
h. Visualización de la potencia de coagulación bipolar

Principios fisiológicos del Electrobisturí

Si la electricidad pasa a través de los tejidos biológicos, se pueden observar los siguientes efectos:

- Efecto térmico (formación de calor)
- Efecto electrolítico
- Efecto estimulante

En una cirugía, solo el efecto térmico es importante, mientras que los efectos electrolíticos y estimulantes son perjudiciales y por tanto no deseados.

Efecto térmico

Los tejidos biológicos se calientan si la corriente eléctrica pasa a través de ellos. La Ley de Joule establece la relación del calor con la energía eléctrica:

$$Q = 0{,}24\ R\ I^2\ t\ \ (cal)$$

donde:

Q : cantidad de calor, la unidad de medida es en calorías (cal). Una caloría es la cantidad de calor necesaria para que la temperatura de 1 gramo de agua suba 1ºC.

R : resistencia que se opone al paso de la corriente eléctrica. La unidad de medida es en ohm (Ω).

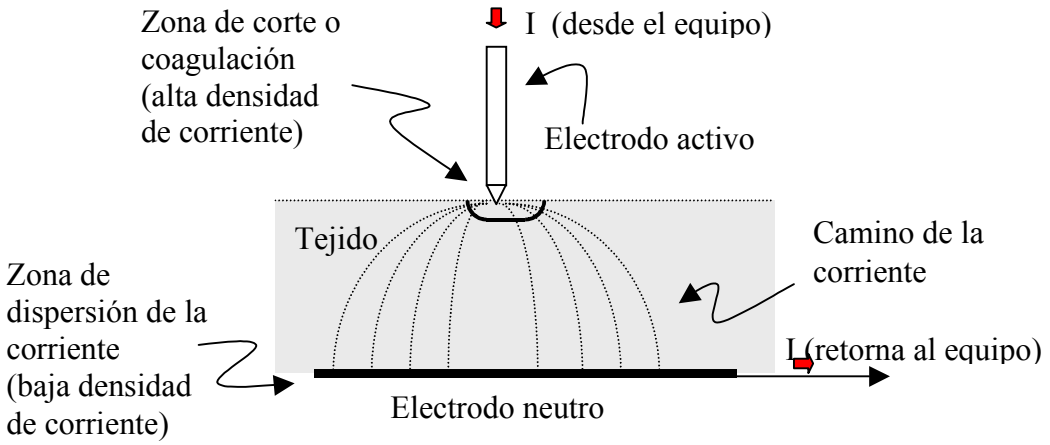
I : valor eficaz de la intensidad de corriente eléctrica. La unidad de medida es en amperios (A).

t : tiempo en que la electricidad interactúa con el tejido. La unidad de medida es en segundos (seg).

Para aprovechar con eficacia el efecto térmico, cuando se aplican los electrodos del Electrobisturí sobre el paciente, se tiene en consideración la **Densidad de corriente eléctrica** (A/cm^2): si la corriente se aplica en un área pequeña, los efectos térmicos son grandes; en cambio, si la corriente se aplica en un área grande, los efectos térmicos son mínimos, ya que la corriente se dispersa.

En la siguiente figura se observa: el electrodo activo de corte o coagulación tiene una alta densidad de corriente, mientras que el electrodo neutro, el cual sirve de guía al camino de la corriente eléctrica y cierra el circuito eléctrico, tiene una baja densidad de corriente.

Aplicación del electrodo activo para producir corte o coagulación en zona de alta densidad de corriente eléctrica

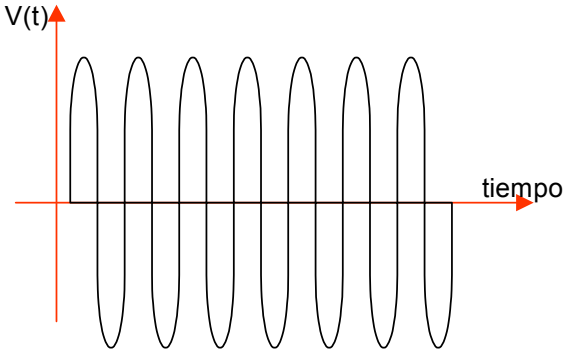


Efecto Electrolítico
Si la corriente eléctrica fluye a través de los tejidos biológicos, causará movimiento de iones. Si esta corriente es DC (continua), los iones de los tejidos cargados positivamente migrarán hacia el polo negativo (cátodo), y los iones cargados negativamente migrarán hacia el polo positivo (ánodo).

En estas circunstancias, los tejidos serían dañados eletrolíticamente produciendo un mal funcionamiento fisiológico del organismo por alta concentración de iones en una u otra zona de aplicación del electrodo del equipo.

A fin de evitarlo, en electrocirugía se usa la **corriente AC** (alterna).

Onda de salida del Electrobisturí: Forma Senoidal

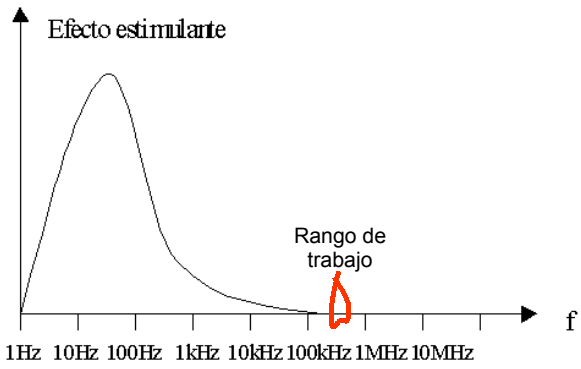


Efecto Estimulante
Son las contracciones musculares debido a la excitación eléctrica de los nervios del cuerpo.

Ha sido demostrado por investigaciones experimentales que con incrementos de la frecuencia de una corriente alterna (AC) por encima de los 100 Hz, los efectos estimulantes de la corriente empiezan a decrecer y desaparecen completamente cerca de los 150 kHz.

En la figura siguiente se ilustra este caso:

Rango principal de trabajo del Electrobisturí: 300 a 500 KHz



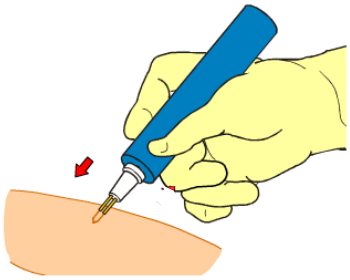
Se ha demostrado que en rangos de frecuencia entre 300 y 500 kHz aprox., el Electrobisturí tienen buen rendimiento tanto para tejido superficial como para tejidos profundos; mientras que a frecuencias mayores el rendimiento es bueno sólo para tejidos superficiales.

Por tal motivo, el Electrobisturí trabaja en rangos de alta frecuencia: **300 a 500 KHz**.

¿Cómo corta y coagula?

El agua contenida en el citoplasma de las células aumenta de temperatura cuando los tejidos y órganos del cuerpo humano reciben la energía eléctrica del Electrobisturí mediante su electrodo,

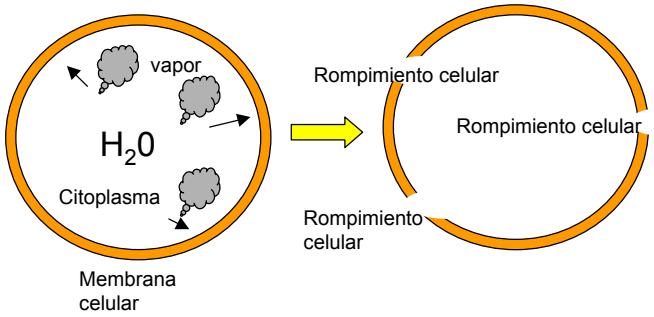
Aplicación del electrodo activo sobre el tejido



El Corte

En tales circunstancias, cuando el agua alcanza los 100ºC entra en ebullición y se convierte a vapor, presionando sobre las paredes internas de la membrana celular hasta romperla, produciéndose el corte cuando son afectadas numerosas células del tejido.

El corte



La Coagulación

La coagulación de los tejidos biológicos se produce a una temperatura aproximada de 70 ºC.

Temperaturas Críticas

En el tejido biológico se producen las siguientes temperaturas críticas:

- **Hasta aproximadamente 40 ºC :** No hay daño significativo de las células.
- **A partir de 40 ºC :** Daños celulares reversibles, dependientes del tiempo de exposición a la corriente.
- **A partir de 49 ºC :** Daños irreversibles en las células (desnaturalización).
- **A partir de aproximadamente 70 ºC :** Coagulación
- **A los 100 ºC:** Corte
- **A partir de 100ºC:** Deshidratación de los tejidos (desecación), efecto adherente del tejido sobre el electrodo.
- **A partir de aproximadamente 200 ºC:** Carbonización.

Modos de Operación del Electrobisturí

Existen dos técnicas de cirugía por alta frecuencia: modo monopolar y modo bipolar.

Modo Monopolar

Es la técnica que tiene mayores aplicaciones, se emplean dos electrodos: el electrodo activo que realiza el corte y la coagulación, y el electrodo neutro, llamado también dispersivo, pasivo o de placa.

Corte y Coagulación Monopolar

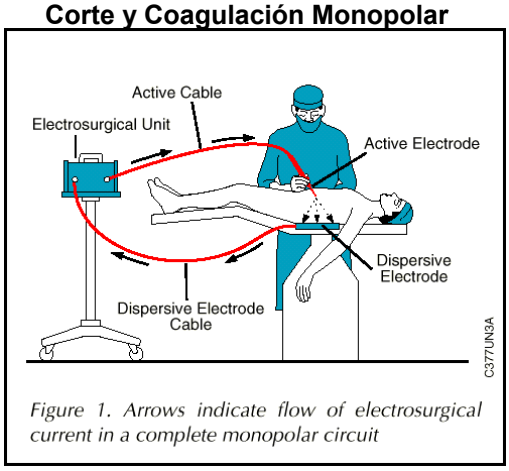


Figure 1. Arrows indicate flow of electrosurgical current in a complete monopolar circuit

El electrodo neutro debe estar colocado en una zona de gran masa muscular y completamente adherido a la piel a fin de utilizar toda su área y así reducir al mínimo el efecto de la corriente en dicha zona. Si no tuviera un buen contacto, se formarían pequeñas "islas" con alta densidad de corriente, produciendo quemaduras en la piel o tejido.

Electro neutro (dispersivo): completo contacto con la piel

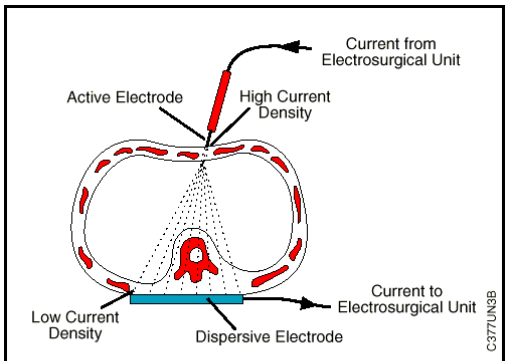


Figure 2. Current is concentrated at the active electrode to produce cutting or coagulation; it is dispersed at the dispersive electrode to prevent patient burns

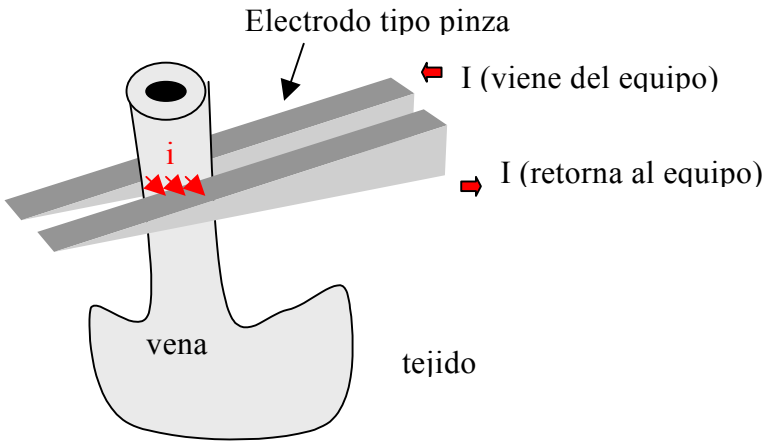
Modo Bipolar

Es la técnica que emplea dos electrodos activos iguales que forman un solo instrumento bipolar denominado electrodo tipo pinza. La corriente I penetra en el tejido a través de un brazo de la pinza y vuelve a salir a través del otro.

El modo bipolar se emplea principalmente en la **coagulación** de vasos, arterias y venas.

No se necesita electrodo neutro.

Modo Bipolar



Formas de onda de salida en el Modo Monopolar

En el Modo Monopolar:

- El corte puro es una onda senoidal ininterrumpida
- El corte mixto (blend: corte y coagulación simultáneos) es una onda senoidal con interrupciones
- La coagulación spray o fulguración es una onda senoidal modulada en amplitud.

En el modo bipolar, la coagulación es una onda senoidal sin interrupciones, similar al corte puro, pero de menor voltaje.

Potencia de Salida

Según el tipo de órgano o tejido a intervenir, los cirujanos emplean las siguientes potencias de salida :

Baja Potencia (Menor a 30 watt):
- Neurocirugía (monopolar y bipolar)
- Vasectomía (monopolar y bipolar)
- Dermatología (solo monopolar)
- Cirugía oral (solo monopolar)
- Cirugía plástica (solo monopolar)

Costo aproximado del equipo:
$ 5,000.00

Media potencia (Corte entre 30 y 150 watt, coagulación entre 30 y 70 watt)
- Cirugía general
- Laparoscopía
- Cirugía de cabeza y cuello (otorrinolaringología)
- Cirugía toráxica y cardiovascular

Costo aproximado del equipo:
$ 11,000.00

Alta potencia (Corte mayor a 150 watt, coagulación mayor a 70 watt)
- Cirugía de próstata
- Cirugía de extirpación de tumores

Costo aproximado del equipo:
$ 15,000.00

La potencia máxima del Electrobisturí es de 300 watt, aunque algunos fabricantes configuran la potencia máxima hasta 350 watt.

La potencia (P) depende del voltaje (V) de salida, de acuerdo a la fórmula eléctrica:

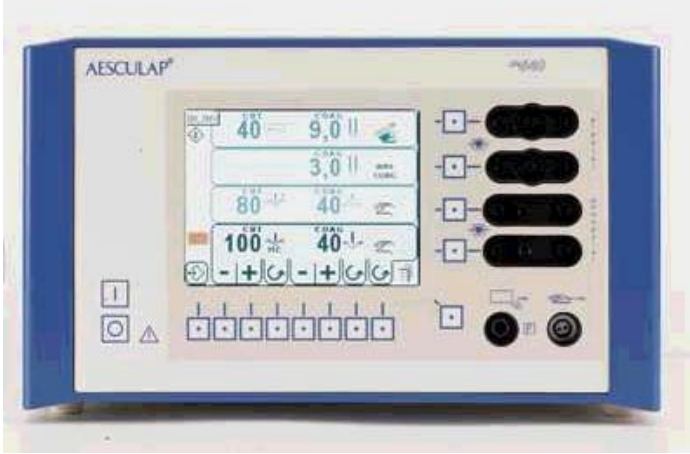
$$P = V^2/R$$

Donde R es la resistencia (impedancia) del tejido al paso de la corriente eléctrica.

Innovaciones tecnológicas en Electrobisturí

Algunos fabricantes presentan innovaciones en el panel frontal, diseñando pantallas para la mejor visualización y control de los parámetros del Electrobisturí.

Electrobisturí



Entre otras innovaciones tecnológicas destaca la adaptación automática de la potencia de salida del equipo cuando detecta cambios de impedancia en los tejidos.

Referencias bibliográficas:

- ECRI : http://www.healthcare.ecri.org
- "Principles of Biomedical Engineering for Nursing Staff", autor: Hans A. Von der Mosel, editorial Blackwell Scientific Publications Oxford (209 pág.).
- http://www.valleylab.com
- http://www.conmed.com
- http://www.aaronmed.com
- http://www.bbraun.com
- http://www.erbe-usa.com

Boletín Tecnológico
Evaluación de Tecnologías en Salud

Boletin Nº 16

Edición :
Sub Gerencia de Evaluación Tecnológica
Gerencia de Planeamiento y Evaluación de Inversiones
Oficina Central de Planificación y Desarrollo

Comité Editorial :
- Dra. Elizabeth Zevallos Sánchez
- Ing. Max Bonilla Ruiz
- Ing. Jorge Documet Celis
- Ing. Luis Roca Maza
- Ing. Edgar Vilca Gray

Telefono : 265-6000 / Anexo 2405

Próximo Boletín:
"Tratamiento Oncológico con Acelerador Lineal"

Se invita a las personas interesadas en difundir artículos tecnológicos, tenga a bien remitirlo a la siguiente dirección electrónica: luroca@essalud.gob.pe