

Seminario: FUENTES DE ELECTROCOQUIRÚRGICAS

Autor: Francisco Pérez Roldán

Las fuentes electroquirúrgicas (FEQ) o de diatermia aparecieron en 1970, siendo el procedimiento más habitual en cualquier quirófano o unidad de endoscopias. La base terapéutica de las fuentes de diatermia es la producción de calor a nivel celular mediante el uso de energía eléctrica de alta frecuencia. El significado de diatermia es el calor inducido por la electricidad.

Las FEQ se utiliza en técnicas mínimamente invasivas como la endoscopia digestiva y se basa fundamentalmente en la producción de calor a nivel celular para generar corte, coagulación o desvitalización del tejido. Se aplica corriente alterna para evitar la despolarización de las fibras musculares o nerviosas. El efecto que produce la corriente sobre los tejidos son los siguientes:

- Vaporización: a partir de 300^a C
- Carbonización: sobre los 150^o C
- Desección: sobre los 100^a C. Se produce la evaporación del líquido tisular mediante la deshidratación y rotura mecánica del tejido.
- Coagulación: a los 80^a C. Se coagula el colágeno y se destruyen membranas celulares,
- Desvitalización: a los 60^o C. Se desnaturalizan las proteínas intracelulares.
- Hipertermia: entre 40-50^o C. Se producen alteraciones en la membrana celular, formación de edema y en función de la duración, destrucción y/o muerte celular.
- Ninguno: hasta 40^oC.

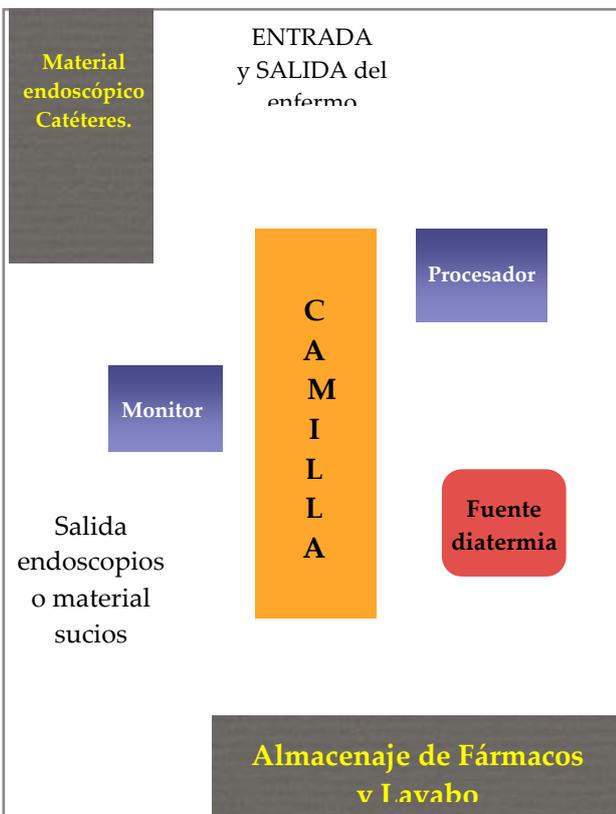
En la corriente alterna, la *frecuencia* es el número de veces por segundo que cambia la polaridad de la corriente. Con frecuencia nulas, su efecto solo es electrolítico. Las frecuencias bajas entre 50-60 Hz, posee un efecto electroestimulador (farádico) y con frecuencias altas (100 KHz) su efecto es de corte y coagulación sin estimulación neuromuscular. Las FEQ usan frecuencias altas que oscilan entre 300 y 500 KHz.

Depende de cómo se aplique la corriente al tejido, se puede obtener electrocorte o electrocoagulación. El *electrocorte* es la rotura de la membrana celular por aumento rápido de la presión

intracelular debido a la ebullición del líquido dentro de la célula. Existen diferentes tipos de corte, el puro y el mezclado. El puro produce la sección del tejido y el de mezcla, además de la rotura de la membrana celular se produce una coagulación adyacente. La *electrocoagulación* se debe a la evaporación del líquido intra y extracelular, sin existir rotura de la membrana celular. En la coagulación existe una pérdida de la configuración nuclear y del contorno celular. Los tejidos

coagulados se fusionan en una masa homogénea de apariencia hialina. Existen dos tipos de electrocoagulación, por una parte la puntual o coagulación de contacto la cual se usa en zonas de hemorragia pequeña y la fulguración o spray, la cual se utiliza en zonas de mayor hemorragia para abarcar un mayor área.

La proporción de células coaguladas con respecto a las cortadas puede variar, dando lugar a un efecto "mezclado" o "mixto" que depende de la temperatura que se alcance, como se ha comentado anteriormente. El aumento de la temperatura se rige por la ley de Joule: $Q=I^2 \times R \times t$, donde Q es el calor generado por una corriente de intensidad constante (I) que circula por un conductor de resistencia eléctrica (R), durante un



tiempo (t). La resistencia eléctrica de los tejidos depende sobre todo del grado de vascularización y del contenido de agua.

Antes de explicar los tipos de corriente que se pueden usar en una unidad de endoscopias, debemos hacernos una idea de cuál es una de las posibles disposiciones adecuadas en una sala de endoscopias, tal y como se puede apreciar en la imagen adyacente. El tamaño de la sala debe ser de al menos 30 m² (6x5 m), de tal manera que nos permita el movimiento del médico y personal auxiliar libremente por la sala. La FEQ debe estar próxima a la camilla y accesible. El equipamiento endoscópico debe estar situado en un sistema de doble brazo articulado. Además, deben estar en

la sala los fármacos que se usen habitualmente, el material endoscópico y por supuesto, las tomas de vacío, O₂, CO₂, monitor y aparatos necesarios para la monitorización del paciente.

La disposición del monitor, procesador y fuente de diatermia varía en función de si hacemos endoscopia digestiva alta o baja.

En cuanto a los tipos de corriente utilizada, puede ser monopolar o bipolar. La **monopolar** consiste en que la energía parte del generador, pasa por el electrodo activo y viaja a través del camino de menor resistencia para ser recogida por placa neutra y regresar de nuevo al generador. La placa neutra debe colocarse cerca del sitio donde se realice el tratamiento. Este tipo de corriente es el más utilizado. La **corriente bipolar**, no necesita placa neutra ya que las sondas bipolares tienen electrodos activos de retorno juntos en la punta de la sonda. Además, requieren menos potencia que las monopolares, son más seguras y se usan en hemostasia.

El calor generado en la mucosa digestiva es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente (por ejemplo, si la intensidad de la corriente se duplica, el calor generado se multiplica por 4). Comprender esta relación entre la intensidad de la corriente, la densidad y el calor es esencial para un funcionamiento adecuado de la FEQ.

La coagulación con argón plasma (APC) ha sido utilizada en la endoscopia digestiva desde 1991, cuando un electrodo específico fue diseñado para ser introducido a través del canal del trabajo de un endoscopio. Este dispositivo electroquirúrgico monopolar no necesita del contacto con el tejido para la transmisión de una corriente eléctrica de alta frecuencia a través del gas argón ionizado. La APC produce una quemadura térmica superficial de 2-3 mm de profundidad dependiendo de la energía de salida, y el flujo y tiempo aplicados. Afecta a la mucosa y a los vasos superficiales, produciendo una hemostasia segura y una desvitalización homogénea con profundidad dosificable.

El haz de gas argón y el efecto tisular que produce depende del tipo de sonda utilizado, ya sea axial o tangencial como se puede ver en la imagen adjunta.

Las aplicaciones de la APC más comunes son para ectasías vasculares (como angiodisplasias o la ectasia vascular antral), proctitis actínica, esófago de Barrett y para el tejido remanente tras una



polipectomía. También se ha usado para el tratamiento de la hemorragia por úlcera péptica, divertículo de Zenker, tratamiento de tumores malignos y especialmente en la repermeabilización de prótesis metálicas por crecimiento tumoral

intraluminal.

Para hacer *hemostasia*, la potencia utilizada oscila entre 40-60 W y el flujo del gas argón debe ser menor de 2 l/min (típicamente de 1 l/m). Para realizar *ablación de lesiones*, se usan potencias altas en torno a 70-90 W. Las ventajas del APC son que produce una coagulación efectiva y uniforme, tiene un riesgo disminuido de perforación (procedimiento seguro) y produce mínima carbonización y formación de humo.

Un punto importante de las FEQ son las interferencias con otros equipos eléctricos. Las unidades de endoscopia modernas están equipadas con varios dispositivos y aparatos eléctricos que pueden dar lugar a interferencias eléctricas. Por ejemplo, el electrocardiógrafo (ECG) puede crear una falsa toma de tierra y pueden producirse quemaduras en la piel en los puntos de contacto con los electrodos si los cables de éstos se colocan cerca o se entrelazan con los cables que conducen al electrodo activo.

En un paciente con un marcapasos cardíaco o un desfibrilador automático implantable (DAI) debe mantenerse una supervisión constante cuando se aplique una corriente de alta frecuencia, especialmente en modo monopolar, ya que puede provocar una parada cardíaca en un paciente realmente dependiente del marcapasos. La supervisión del ECG del paciente debe incluir la posibilidad de detectar descargas de marcapasos (el filtro de artefactos debe estar desactivado) y

el pulso periférico debe controlarse mediante un pulsioxímetro. El equipo de desfibrilación debe estar fácilmente accesible. Debe obtenerse un electrocardiograma previo al procedimiento y, si es necesario, el dispositivo debe reajustarse en modo asíncrono ventricular (VOO). Este tipo de ajuste debe realizarlo el personal adecuado y una vez finalizado el procedimiento endoscópico, se restablece el modo anterior al procedimiento. Si se utiliza el modo monopolar, puede ser preferible usar corte puro y colocar el electrodo neutro en un lugar que minimice la corriente que atraviesa el circuito marcapasos-corazón. En situaciones de emergencia, la colocación de un imán cerca del dispositivo "reprograma" temporalmente el marcapasos en modo asíncrono si el dispositivo tiene un modo de imán (la mayoría lo tiene). Un imán comercializado por un fabricante de marcapasos suele ser eficaz con otras marcas de marcapasos.

Por último, quería comentar que se han descrito casos de explosiones ocurridas en el momento de la electrocirugía del colon. El riesgo de explosión existe cuando las concentraciones de gas combustible son elevadas en el colon (metano > 5 %, hidrógeno > 4 % y oxígeno > 5 %). Estas condiciones pueden darse en colon mal preparados o sin preparar, o cuando se utilizan preparaciones intestinales a base de manitol. Con la llegada de los preparados a base de polietilenglicol o fosfato sódico para la limpieza intestinal, esta preocupación ha disminuido notablemente. El uso de dióxido de carbono para la distensión intestinal durante la endoscopia también puede minimizar el riesgo de explosión.

En resumen, las FEQ usan energía eléctrica (corriente alterna) que convierten en calor. Se usan en técnicas mínimamente invasivas, como hemorragias, esfinterotomía, resección de tejidos... Hay dos tipos de corrientes: monopolar y bipolar, cada una con sus indicaciones. En la APC, la corriente de alta frecuencia se transmite a través del gas argón, ionizando el tejido. Es eficaz para ectasias vasculares, esófago de Barrett y para el tratamiento del tejido remanente postpolipectomía.

BIBLIOGRAFIA.

- Alvarez Castelló R. Principios físicos de la unidad electroquirúrgica. En: Procedimientos Endoscópicos en Gastroenterología, editado por Córdova y De la Torre. Ed Panamericana, México 2009. 39-51.
- Rey JF, Beilenhoff U, Neumann CS, Dumonceau JM. European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) guideline: the use of electrosurgical units. *Endoscopy* 2010; 42: 764-771.
- ASGE Technology Committee. Electrosurgical generators. *Gastrointestinal Endoscopy* 2013; 78: 197-208.
- Morris ML, Tucker RD, Baron TH, Wong Kee Song LM. Electrosurgery in gastrointestinal endoscopy: principles to practice. *Am J Gastroenterol* 2009; 104: 1563-74.
- Hashimoto DA, Meireles OR. Fundamental use of surgical energy during endoscopic therapies. *Ann Laparosc Endosc Sure* 2019; 4: 79- 85.
- Curtiss LE. High frequency currents in endoscopy: a review of principles and precautions. *Gastrointest Endosc* 1973; 20: 9–12.
- Farin G, Grund KE. Technology of argon plasma coagulation with particular regard to endoscopic applications. *Endosc Surg Allied Technol* 1994; 2: 71–77.
- Brooker JC, Saunders BP, Shah SG et al. Treatment with argon plasma coagulation reduces recurrence after piecemeal resection of large sessile colonic polyps: a randomized trial and recommendations. *Gastrointest Endosc* 2002; 55: 371–375.
- Boulay BR, Carr-Locke DL. Current affairs: electrosurgery in the endoscopy suite. *Gastrointest Endosc* 2010; 72: 1044-46.
- Tucker R. Principles of electrosurgery. In: Sivak MV, editor. *Gastroenterologic endoscopy*. 2nd ed. Philadelphia (Pa): WB Saunders; 2000. p. 125-35.