

# Comparación de los resultados perioperatorios entre la energía bipolar avanzada y energía híbrida durante la salpingectomía laparoscópica por embarazo ectópico tubárico.

Marco Antonio Meza Valencia<sup>1\*</sup>, Leonardo Ortiz Ramirez<sup>1</sup>, Lorena Silva Lance<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de la Escuela de Medicina, División de Ciencias de la Salud, Universidad Anáhuac Querétaro.

\* Correspondencia: marco\_meza@anahuac.mx

## Resumen

El embarazo ectópico (EE) tubárico constituye una de las principales emergencias gineco-obstétricas durante el primer trimestre del embarazo y, en los casos que requieren tratamiento quirúrgico, la salpingectomía laparoscópica es una alternativa ampliamente utilizada. El control hemostático durante el procedimiento es fundamental, por lo que se han desarrollado tecnologías como la energía bipolar avanzada y la energía híbrida. La energía bipolar avanzada emplea radiofrecuencia con autorregulación térmica para lograr el sellado vascular; mientras que la energía híbrida combina energía ultrasónica y bipolar para facilitar la disección, corte y coagulación tisular. El objetivo de esta revisión es examinar la efectividad perioperatoria, el perfil hemostático y las complicaciones asociadas al uso de ambas tecnologías durante la salpingectomía laparoscópica por embarazo ectópico tubárico. En una cohorte de 101 pacientes tratadas en el Hospital Ángeles Pedregal, 60 con energía híbrida [59.4 %] y 41 con energía bipolar avanzada [40.6 %], se observó una disminución significativamente mayor de la hemoglobina postoperatoria en el grupo tratado con energía híbrida en comparación con la energía bipolar avanzada, tanto en pacientes con EE roto (hemoglobina postoperatoria  $10.6 \pm 1.5$  g/dL en el híbrido vs.  $11.8 \pm 1.7$  g/dL con el bipolar;  $p = 0.030$ ) como en pacientes con EE no roto (cambio en hemoglobina  $-1.4 \pm 0.9$  g/dL en híbrido vs.  $-0.9 \pm 0.6$  g/dL en el bipolar;  $p = 0.011$ ). No se encontraron diferencias significativas en las tasas de complicaciones entre ambos grupos, y aunque se registraron transfusiones sanguíneas en ambos grupos, no hubo diferencias significativas entre ellos. La estancia hospitalaria promedio fue de 24 a 48 horas en ambos grupos. Dichos hallazgos sugieren que ambas tecnologías son seguras para la realización de la salpingectomía laparoscópica; sin embargo, la energía bipolar avanzada podría ofrecer una ventaja en la preservación de los niveles de hemoglobina postoperatoria, particularmente en pacientes con anemia preexistente o algún compromiso hemodinámico o hemoperitoneo significativo. Se considera necesario realizar estudios clínicos controlados aleatorizados para fortalecer la evidencia disponible y favorecer la estandarización de prácticas clínicas.

## 1. Introducción

El embarazo ectópico (EE) representa una de las emergencias gineco-obstétricas de mayor frecuencia durante el primer trimestre de la gestación, abarcando del 1 % al 2 % del total de los embarazos a nivel mundial. En más del 95 % de los casos, la implantación extrauterina se localiza en la trompa de Falopio, una estructura fuertemente vascularizada cuya irrigación hacia el mesosálpinx se produce a través de complejas anastomosis entre las arterias uterinas y ováricas.

El estiramiento y la erosión vascular provocados por el trofoblasto sobre la pared tubárica conllevan un elevado riesgo de rotura y hemoperitoneo masivo, lo que posiciona al EE entre las principales causas de mortalidad materna en las fases iniciales del embarazo [1, 2].

El manejo terapéutico del EE ha experimentado un cambio significativo de paradigma en las últimas décadas, evolucionando desde la laparotomía exploratoria tradicional hacia intervenciones de cirugía de mínima invasión. En la actualidad, la salpingectomía laparoscópica se ha establecido como el estándar de oro quirúrgico para pacientes inestables o aquellas que no son candidatas al manejo médico con metotrexato. Este abordaje ha probado ser superior al reducir el dolor postoperatorio, disminuir el tiempo de estancia hospitalaria, minimizar las tasas de adherencias pélvicas y reducir de manera considerable los costos de atención. No obstante, la seguridad del acto quirúrgico y la frecuencia de complicaciones están estrechamente ligadas a un control hemostático eficaz y a la precisión durante la transección del mesosálpinx [3, 4].

Históricamente, la hemostasia en la laparoscopia ginecológica dependía del empleo de energía monopolar o bipolar convencional. A pesar de su utilidad, estas tecnologías exhiben claras limitaciones biofísicas, tales como una dispersión térmica lateral impredecible (capaz de dañar órganos adyacentes como los uréteres y el ovario) y una menor capacidad para la oclusión de vasos de gran calibre sometidos a presiones arteriales elevadas [5, 6].

Con el fin de superar dichas restricciones, a lo largo de la última década se han diseñado dispositivos electromédicos avanzados de segunda generación:

1. **Energía bipolar avanzada (ej., tecnología ENSEAL):** Equipos que emplean corriente eléctrica bipolar de radiofrecuencia con autorregulación térmica mediante compresión. Permiten el sellado uniforme de vasos sanguíneos de hasta 7 mm de diámetro, generando un daño térmico lateral mínimo [5, 6].
2. **Energía híbrida (ej., tecnología Thunderbeat):** Equipos multifuncionales que combinan de forma simultánea la energía ultrasónica de alta frecuencia, la cual facilita la rápida fragmentación y la transección mecánica por cavitación, con corriente bipolar continua, logrando así una coagulación y sellado vascular acelerados [5, 6].

A pesar de la creciente adopción e incremento en el uso de estas tecnologías dentro de procedimientos ginecológicos electivos mayores, tales como la histerectomía total o la miomectomía, la evidencia científica directa que compare su rendimiento y eficacia en emergencias con elevado riesgo de hemorragia aguda, como la salpingectomía por EE roto o no roto, continúa siendo limitada en la literatura médica [7].

Si bien existen hallazgos preliminares, como los reportados por el Hospital Ángeles Pedregal, donde tras evaluar 101 casos se hallaron diferencias significativas en la disminución de la hemoglobina postoperatoria según modalidad de energía empleada, persiste la necesidad de estandarizar y sistematizar esta evidencia para orientar la toma de decisiones clínicas.

En consecuencia, el propósito de esta revisión sintética es examinar de manera crítica la literatura disponible sobre la efectividad perioperatoria, el perfil hemostático y la tasa de complicaciones asociadas al uso de energía bipolar avanzada en comparación con la energía híbrida en el tratamiento laparoscópico del embarazo ectópico [7].

## 2. Aspectos Técnicos y Biofísica Quirúrgica de las Fuentes de Energía

El éxito de la hemostasia en una laparoscopia depende de la capacidad de alterar la estructura de las proteínas de la pared vascular (colágeno y elastina) para transformar una luz permeable por un sello hemostático firme [5, 8].

**Energía Bipolar Avanzada** Los sistemas de energía bipolar avanzada (p. ej., ENSEAL), combinan una presión mecánica uniforme producida por el movimiento de las mandíbulas del instrumento con energía eléctrica de radiofrecuencia. Una de las principales características de esta tecnología es que las mandíbulas tienen sensores que miden la temperatura y la resistencia eléctrica del tejido miles de veces por segundo; los cuales revisan constantemente el tejido sujetado [2, 5].

A medida que la energía eléctrica deshidrata y coagula el tejido, su resistencia eléctrica aumenta. Una vez que dicha resistencia llega a un punto crítico determinado, el generador detiene la entrega de energía. Este proceso evita la carbonización del tejido, minimiza el humo quirúrgico y limita el daño térmico a una zona menor de 1.5 a 2 mm alrededor de un área estricta. De esta manera, se logra un sellado hermético de los vasos sanguíneos de hasta 7 mm de diámetro [2, 5].

**Energía Híbrida** Los dispositivos híbridos, como Thunderbeat, combinan dos formas puras de energía que funcionan simultáneamente en una sola pinza. Por un lado, un transductor piezoeléctrico transforma la energía eléctrica en oscilaciones ultrasónicas longitudinales a una frecuencia aproximada de 55.5 kHz. Mediante fricción, esta vibración mecánica rompe los puentes de hidrógeno de las proteínas, generando un fenómeno de cavitación que facilita un corte tisular veloz. Al mismo tiempo, el dispositivo emite energía eléctrica bipolar a través de la misma estructura metálica para coagular y sellar los vasos sanguíneos cercanos. Sin embargo, aunque esta combinación acelera el proceso y permite realizar diferentes funciones con el mismo instrumento, la punta del ultrasónico puede llegar a temperaturas elevadas (de hasta 200 °C), por lo que requiere un cuidado y control estricto [7].

## 3. Análisis de Evidencia Comparativa y Datos Clínicos

Para comprender el impacto hemodinámico y quirúrgico de estas tecnologías, es necesario comparar sus características biofísicas [5, 6] con los resultados clínicos observados en el estudio de cohorte retrospectivo

**Cuadro 1:** Resumen comparativo de parámetros quirúrgicos y biológicos, desagregado por subgrupo de embarazo ectópico roto y no roto [7].

| Parámetro / Variable Evaluada                | Energía Bipolar Avanzada (ENSEAL)                  | Energía Híbrida (Thunder-beat)          | Valor de <i>p</i> / Significancia Clínica           |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Mecanismo hemostático principal              | Radiofrecuencia continua con lectura de impedancia | Fricción ultrasónica + Bipolar continuo | Diferencia biofísica fundamental                    |
| Temperatura en punta activa                  | Regulada (100 °C)                                  | Elevada (200 °C)                        | Mayor riesgo térmico con energía híbrida            |
| Dispersión térmica lateral                   | Confinada (< 1,5–2 mm)                             | Variable (2–4 mm según tiempo de uso)   | Menor daño adyacente en bipolar avanzada            |
| Hemoglobina postoperatoria (EE roto)         | 11,8 ± 1,7 g/dL (Menor caída)                      | 10,6 ± 1,5 g/dL (Mayor reducción)       | <i>p</i> = 0,030 [7]                                |
| Cambio en hemoglobina (EE no roto)           | −0,9 ± 0,6 g/dL                                    | −1,4 ± 0,9 g/dL                         | <i>p</i> = 0,011 [7]                                |
| Tasa de complicaciones (EE roto)             | 7.1 %                                              | 8.4 %                                   | <i>p</i> = 0,760 –Sin diferencia significativa– [7] |
| Tasa de complicaciones (EE no roto)          | 3.7 %                                              | 0.0 %                                   | <i>p</i> = 0,429 –Sin diferencia significativa– [7] |
| Transfusión de paquete globular (EE roto)    | 14.3 %                                             | 8.3 %                                   | Sin diferencia significativa [7]                    |
| Transfusión de paquete globular (EE no roto) | 7.4 %                                              | 13.9 %                                  | Sin diferencia significativa [7]                    |
| Estancia hospitalaria (EE roto)              | 1,9 ± 0,8 días                                     | 2,2 ± 1,2 días                          | <i>p</i> = 0,507 [7]                                |
| Estancia hospitalaria (EE no roto)           | 1,6 ± 0,6 días                                     | 1,7 ± 0,6 días                          | <i>p</i> = 0,495 [7]                                |

del Hospital Ángeles Pedregal [7], separando los resultados por subgrupo de embarazo ectópico roto y no roto, como se reportan en la fuente original.

#### 4. Interpretación Fisiopatológica de los Hallazgos

En el estudio revisado de 101 pacientes con embarazo ectópico tubárico tratadas mediante salpingectomía laparoscópica en el Hospital Ángeles Pedregal, el resultado más relevante fue una disminución significativamente mayor en los niveles de hemoglobina postoperatoria en el grupo en el que se utilizó energía híbrida. Este resultado se observó tanto en los casos de embarazo ectópico roto (Hb postoperatoria de 10,6 ± 1,5 g/dL en el híbrido vs. 11,8 ± 1,7 g/dL en el bipolar), como en los no rotos (cambios en Hb −1,4 ± 0,9 g/dL en híbrido vs. −0,9 ± 0,6 g/dL en el bipolar).

Una posible explicación de este hallazgo es que la mayor velocidad de corte del ultrasónico podría seccionar tejido y microvasculatura antes de completar el sellado vascular, favoreciendo un micro-sangrado residual. En el mesosálpinx inflamado y congestionado por el embarazo ectópico, este mecanismo podría contribuir a una disminución detectable de los niveles de hemoglobina durante las primeras 12 a 24 horas posteriores a la cirugía, sin necesariamente traducirse en complicaciones clínicas graves o mayor requerimiento de transfu-

sión sanguínea.

Por otro lado, la energía bipolar avanzada requiere que la corriente de radiofrecuencia complete la oclusión vascular y, mediante el sensor de impedancia el equipo confirma que el sellado se ha completado antes de que el cirujano realice la transección. Dicha secuencia previene un sangrado capilar y venoso, permitiendo conservar la cantidad de eritrocitos de la paciente.

#### 5. Discusión

En la cirugía laparoscópica ginecológica general, la energía híbrida lleva una alta reputación por acelerar de manera única los tiempos quirúrgicos específicamente en la disección de grandes ligamentos ya sea en la histerectomía o en la endometriosis profunda. Sin embargo, en una urgencia ginecológica con congestión tisular y edema vascular, como el embarazo ectópico tubárico, la mayor velocidad del corte ultrasónico podría comprometer la calidad del sellado hemostático inicial [4, 6].

La mayor caída de hemoglobina registrada con la energía híbrida no ha generado un aumento en la tasa de complicaciones postoperatorias graves, ya sea en una reintervención por hemoperitoneo secundario o formación de hematomas de cápsula o ligamento ancho. Tampoco se observaron diferencias significativas en la estancia hospitalaria, la cual se mantuvo entre 1.6 y 2.2 días en ambos grupos de estudio, y aunque se registra-

ron transfusiones de paquete globular en ambos grupos (7.4–14.3 % según subgrupo), no se encontraron diferencias significativas entre ellos [7].

Sin embargo, desde la perspectiva de la optimización del riesgo quirúrgico y por supuesto la seguridad del paciente, la conservación de los niveles de hemoglobina no debe de pasar por alto. Una alta tasa de las pacientes que acuden por embarazo ectópico roto llegan a los servicios de urgencias con diferentes grados de anemia secundaria al hemoperitoneo o al sangrado vaginal profuso. En este subgrupo especialmente vulnerable, cualquier deficiencia o pérdida de sangre intraoperatoria adicional causada por un sellado vascular incompleto puede agravar el estado clínico postoperatorio, aumentar el tiempo de astenia y retrasar el tiempo de la recuperación funcional completa, aunque la energía híbrida es highly segura y eficaz.

La evidencia sugiere que la energía bipolar avanzada, mejor conocida como <sup>EN</sup>SEAL, podría presentar una alternativa con un equilibrio favorable entre la oclusión vascular hermética de alta resistencia y la protección de la reserva de hemoglobina de la paciente, si bien esta observación requiere confirmarse con estudios adicionales [5, 7].

## 6. Conclusiones

Tanto la energía bipolar avanzada como la energía híbrida son tecnologías altamente seguras para la realización de la salpingectomía laparoscópica en el embarazo ectópico tubárico, permitiendo tener una baja tasa de complicaciones global y estancias hospitalarias reducidas. En la cohorte analizada, la energía bipolar avanzada (ENSEAL) se asoció con una menor disminución de la hemoglobina postoperatoria en comparación con la híbrida (Thunderbeat), tanto en embarazos ectópicos rotos como no rotos.

Una posible explicación de esta mayor disminución

de hemoglobina con la energía híbrida podría atribuirse a la velocidad del corte ultrasónico ante el mesosálpinx edematizado, que podría seccionar la microvasculatura antes de completar el sellado vascular. Sin embargo, se requieren ensayos clínicos controlados, aleatorizados y multicéntricos para determinar si esta diferencia justifica la preferencia de una tecnología sobre otra, particularmente en pacientes con anemia preexistente, compromiso hemodinámico o hemoperitoneo significativo [1, 7].

Es de vital importancia la generación de ensayos clínicos controlados aleatorizados y multicéntricos que incluyan un análisis de costo-efectividad para poder así obtener una estandarización de las guías de prácticas clínicas internacionales en emergencias ginecológicas tomándolo en cuenta una perspectiva futura [1, 6].

## Referencias

- [1] van Mello NM, Mol F, Ankum WM, Mol BW, van der Veen F, Haje-nius PJ. Ectopic pregnancy: how the diagnostic and therapeutic management has changed. *Fertil Steril*. 2012;98(5):1066-73.
- [2] Alkatout I, Honemeyer U, Strauss A, Tinelli A, Malvasi A, Jonat W, et al. Clinical diagnosis and treatment of ectopic pregnancy. *Obstet Gynecol Surv*. 2013;68(8):571-81.
- [3] Duggal BS, Tarneja P, Sharma RK, Rath SK, Wadhwa RD. Laparoscopic management of ectopic pregnancies. *Med J Armed Forces India*. 2004;60(3):220-3.
- [4] Ding DC, Chu TY, Kao SP, Chen PC, Wei YC. Laparoscopic management of tubal ectopic pregnancy. *JSLs*. 2008;12(3):273-6.
- [5] Lyons SD, Law KS. Laparoscopic vessel sealing technologies. *J Minim Invasive Gynecol*. 2013;20(3):301-7.
- [6] Sankaranarayanan G, Resapu RR, Jones DB, Schwaitzberg S, De S. Common uses and cited complications of energy in surgery. *Surg Endosc*. 2013;27(9):3056-72.
- [7] Ayala PBF, Hernández AC. Comparación de los resultados de manejo laparoscópico del embarazo ectópico con el uso de energía bipolar avanzada versus híbrida (ultrasónica más bipolar). *Acta Med*. 2021;19(1):9-14.
- [8] Cuesta M. Cirugía laparoscópica. *Cir Esp*. 2000;68(3):260-7.