



TRABAJO DE REVISIÓN

doi: 10.35366/123358



Comparación entre termografía y ultrasonografía Doppler para el seguimiento clínico de colgajos libres

Comparison between thermography and Doppler ultrasonography for clinical monitoring of free flaps

Dr. Ángel Alejandro Hernández-Moreno,^{*,‡} Dr. Raúl Beder Caltenco-Solís,^{*,§}
Dr. Bernardo Rivas-León^{*,¶}

Palabras clave:
colgajo libre,
ultrasonografía con
Doppler, termografía
infrarroja, necrosis del
injerto

Keywords:
*free flap, Doppler
ultrasonography,
infrared thermography,
graft necrosis*

RESUMEN

La ultrasonografía Doppler es una herramienta para documentar la permeabilidad de los pedículos microvasculares y caracterizar el flujo en la zona de anastomosis. La termografía infrarroja actúa permitiendo cuantificar la temperatura de la superficie cutánea respecto a la perfusión tisular. Realizamos un estudio observacional, analítico, longitudinal, retrospectivo y retrolectivo, de cohorte única y unicéntrico. Se incluyeron colgajos libres microvasculares monitorizados con ultrasonografía Doppler y termografía infrarroja durante los primeros cinco días del postoperatorio. En el Doppler, un foco audible normal en los días 4-5 se asoció con un valor predictivo negativo (VPN) de 100%, mientras que los hallazgos anómalos presentaron valor predictivo positivo (VPP) $\leq 50\%$. En la termografía, la hipotermia persistente a partir del día dos se asoció con VPP de 100% para necrosis y la eutermia con VPN de 80% para supervivencia. Los resultados sugieren que la dinámica térmica parece ofrecer señales tempranas de trayectorias desfavorables en colgajos libres, mientras que el Doppler mantiene un valor principalmente confirmatorio cuando la señal es evidentemente normal. Los datos de este estudio no permiten establecer la superioridad estadística de una técnica sobre la otra para discriminar colgajos viables de colgajos en riesgo, pero sí delinean un patrón funcionalmente complementario.

ABSTRACT

Doppler ultrasonography is a tool used to document the patency of microvascular pedicles and characterize blood flow at the anastomosis site. Infrared thermography allows quantification of skin surface temperature as a proxy for tissue perfusion. We conducted an observational, analytical, longitudinal, retrospective and retrolective, single-cohort, single-center study. Microvascular free flaps monitored with Doppler ultrasonography and infrared thermography during the first five postoperative days were included. In Doppler assessment, a normal audible signal on days 4-5 was associated with a negative predictive value (NPV) of 100%, whereas abnormal findings showed a positive predictive value (PPV) $\leq 50\%$. In thermography, persistent hypothermia from postoperative day two onward was associated with a PPV of 100% for necrosis, while eutermia showed an NPV of 80% for survival. These findings suggest that thermal dynamics may provide early signals of unfavorable trajectories in free flaps, whereas Doppler maintains predominantly a confirmatory value when signals are clearly normal. The data do not allow establishing statistical superiority of one technique over the other in discriminating viable versus at-risk flaps but suggest a functionally complementary pattern.

* Instituto Nacional de
Cancerología (INCan),
Secretaría de Salud (SS),
México.

ORCID:
‡ 0009-0002-5744-1563
§ 0009-0007-4220-0464
¶ 0009-0003-4886-0683

Recibido: 20 enero 2026
Aceptado: 06 febrero 2026

Abreviaturas:

ALT = anterolateral

DIEP = perforante de la arteria epigástrica inferior profunda

VPN = valor predictivo negativo

VPP = valor predictivo positivo

Citar como: Hernández-Moreno AA, Caltenco-Solís RB, Rivas-León B. Comparación entre termografía y ultrasonografía Doppler para el seguimiento clínico de colgajos libres. *Cir Plast.* 2026; 36 (2): 198-202.
<https://dx.doi.org/10.35366/123358>



INTRODUCCIÓN

El éxito de la microcirugía reconstructiva con colgajos libres depende principalmente del monitoreo postoperatorio temprano y seriado de la perfusión. Aunque en la mayoría de las series se han reportado tasas de supervivencia global cercanas al 90-95%, la principal causa de falla sigue siendo la trombosis vascular temprana, arterial o venosa, durante las primeras horas posteriores a la anastomosis. La ventana de oportunidad para rescate quirúrgico es limitada; una vez transcurridas aproximadamente 6 a 8 horas desde el inicio de la oclusión, la probabilidad de recuperación disminuye de forma marcada y el riesgo de necrosis parcial o total del colgajo se incrementa de manera exponencial.^{1,2}

El monitoreo clínico convencional basado en la valoración seriada de color, temperatura, turgencia, tiempo de relleno capilar y sangrado a la punción, sigue siendo el pilar del seguimiento en la mayoría de los centros. Sin embargo, su desempeño está condicionado por la experiencia del observador; presenta variabilidad inter- e intraevaluador considerables y puede ser poco fiable en colgajos con ventana cutánea reducida, en reconstrucciones complejas o en pacientes con edema, apósitos voluminosos o cambios locales que enmascaran los hallazgos.³

En este contexto, la ultrasonografía Doppler se ha incorporado como una herramienta complementaria estandarizada para documentar la permeabilidad de los pedículos microvasculares y caracterizar el flujo en la zona de anastomosis. A pesar de su amplia utilización, sigue siendo dependiente del operador, ya que requiere disponibilidad continua de equipo y personal entrenado; además, puede verse limitada por la presencia de hematomas, colecciones o cambios tisulares postquirúrgicos que dificultan la obtención de una señal adecuada.⁴

La termografía infrarroja ha emergido como una alternativa no invasiva que permite cuantificar la temperatura de la superficie cutánea como un correlato indirecto de la perfusión tisular. Al generar mapas térmicos de alta resolución, esta técnica ofrece la posibilidad de detectar gradientes de temperatura entre el

colgajo y los tejidos adyacentes, lo que podría reflejar de manera temprana alteraciones en el flujo antes de que sean evidentes mediante la exploración clínica convencional. Diversos estudios han sugerido que la termografía es capaz de identificar cambios en la perfusión en fases iniciales de compromiso vascular, y que podría integrarse como complemento objetivo al monitoreo clínico y al Doppler en la vigilancia de colgajos libres.^{4,5}

No obstante, la evidencia comparativa directa entre termografía y ultrasonografía Doppler sigue siendo limitada, particularmente en series pequeñas de colgajos libres oncológicos en entornos latinoamericanos y en escenarios de práctica real, donde el número de procedimientos por año y la disponibilidad de recursos pueden condicionar la implementación de protocolos de monitoreo avanzados.⁶

Por ello, resulta relevante analizar retrospectivamente la experiencia institucional en el uso de termografía y ultrasonografía Doppler, con el fin de aportar evidencia científica que contribuya a optimizar protocolos de seguimiento postoperatorio en colgajos libres.⁷

MATERIAL Y MÉTODO

Estudio observacional, analítico, longitudinal, retrospectivo y retrolectivo, de cohorte única (homodémico) y unicéntrico. Se incluyeron colgajos libres microvasculares monitorizados de forma seriada con ultrasonografía Doppler y termografía infrarroja durante los primeros cinco días del postoperatorio en el Servicio de Cirugía Plástica, Reconstructiva y Microcirugía del Instituto Nacional de Cancerología, en el periodo de junio de 2024 a junio de 2025.

Los datos recolectados se analizaron mediante el software IBM® SPSS versión 26. Se realizó estadística descriptiva para las variables; para las categóricas se obtuvieron frecuencias y porcentajes, mientras que para la edad (única variable cuantitativa), y dado que ésta tuvo una distribución normal, se obtuvo media y desviación estándar. La distribución se determinó mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov. La diferencia de edades entre sexo se realizó con la prueba t para muestras independientes. Las

comparaciones de los resultados de la ultrasonografía (USG) Doppler y la termografía se realizaron mediante la prueba χ^2 ; adicionalmente, se obtuvieron los valores predictivo positivo y negativo (VPP y VPN) por día. Un valor de $p < 0.05$ fue tomado como estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Se incluyeron los expedientes de siete pacientes sometidos a reconstrucción con colgajos libres en el Servicio de Cirugía Plástica, Reconstructiva y Microcirugía del Instituto Nacional de Cancerología, entre junio de 2024 y junio de 2025.

Se registraron cinco mujeres (71.4%) y dos hombres (28.6%), con una edad global de 48.2 ± 11.6 años. La edad media en hombres fue de 52.5 ± 24.7 años y en mujeres de 46.6 ± 6.2 años; no se observó una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos.

Respecto al tipo de colgajo, el más frecuente fue el colgajo DIEP (perforante de la arteria epigástrica inferior profunda), utilizado en cuatro pacientes (57.1%). Los colgajos libre de peroné, radial y anterolateral del muslo (ALT) se realizaron en un paciente cada uno (14.3%). En cuanto a la zona receptora, dos pacientes (28.6%) recibieron el colgajo en mama derecha, dos (28.6%) en mama izquierda, dos (28.6%) en región facial y uno (14.3%) en mandíbula.

En el monitoreo con ultrasonografía Doppler al día 0 del postoperatorio, cuatro pacientes (57.1%) presentaron foco audible normal y tres (42.9%) audible débil. Al día uno, tres pacientes (42.9%) tuvieron foco audible normal, dos (28.6%) audible débil, uno (14.3%) audible alto y uno (14.3%) no audible. En el día dos, dos pacientes (28.6%) mostraron foco audible normal, tres (42.9%) audible débil, uno (14.3%) audible alto y uno (14.3%) no audible. En el día tres se repitió la misma distribución observada en el día dos. Para el día cuatro, un paciente (14.3%) presentó foco audible normal, tres (42.9%) audible débil, uno (14.3%) audible alto y dos (28.6%) no audible; esta misma distribución se mantuvo en el día cinco.

En la termografía infrarroja al día 0, todos los colgajos se registraron como hipotérmicos. En

el día uno, tres colgajos (42.9%) se encontraron eutérmicos y cuatro (57.1%) hipotérmicos. En el día dos, cinco colgajos (71.4%) se registraron eutérmicos y dos (28.6%) hipotérmicos; esta misma distribución (cinco eutérmicos y dos hipotérmicos) se observó en los días tres, cuatro y cinco del seguimiento.

Se realizaron comparaciones exploratorias por día entre los hallazgos del Doppler y de la termografía, en función del desenlace final del colgajo (supervivencia o necrosis) (*Tablas 1 y 2*).

DISCUSIÓN

En la evolución térmica, la termografía infrarroja mostró un patrón diferenciado a partir del segundo día postoperatorio: los colgajos que finalmente sobrevivieron tendieron a normalizarse hacia la eutermia desde el día dos y se mantuvieron así hasta el día cinco, mientras que los colgajos que evolucionaron a necrosis persistieron con registros hipotérmicos en la mayoría de las mediciones.^{8,9}

Desde el punto de vista estrictamente inferencial, esto implica que, en esta serie, ni el Doppler ni la termografía demostraron capacidad discriminativa diferenciada para separar de forma categórica los colgajos que iban a sobrevivir de aquellos que evolucionarían a necrosis.^{10,11}

En conjunto, los resultados de esta serie sugieren que, aun cuando el análisis inferencial clásico no permite demostrar diferencias significativas entre técnicas, la dinámica térmica parece ofrecer señales tempranas de trayectorias desfavorables en colgajos libres, mientras que el Doppler mantiene un valor principalmente confirmatorio, cuando la señal es evidentemente normal en los días tardíos del seguimiento.^{12,13}

CONCLUSIONES

La ultrasonografía Doppler mostró un patrón evolutivo variable, con presencia de focos normales, débiles, altos y no audibles a lo largo del seguimiento, sin que se demostrara una diferencia estadísticamente significativa entre los colgajos que sobrevivieron y los que evolucionaron a necrosis en ninguno de los días evaluados.

Tabla 1: Distribución de los hallazgos del Doppler por día en relación con el desenlace del colgajo (supervivencia o necrosis).

Día	Resultado Doppler	Estado del colgajo al alta		p
		Necrosado n (%)	Sobreviviente n (%)	
0	Foco audible normal	2 (66.7)	2 (50.0)	0.659
	Foco audible débil	1 (33.3)	2 (50.0)	
1	Foco audible normal	2 (66.7)	1 (25.0)	0.525
	Foco audible débil	1 (33.3)	1 (25.0)	
	Foco audible alto	0 (0.0)	1 (25.0)	
2	Foco no audible	0 (0.0)	1 (25.0)	0.525
	Foco audible normal	1 (33.3)	1 (25.0)	
	Foco audible débil	2 (66.7)	1 (25.0)	
	Foco audible alto	0 (0.0)	1 (25.0)	
3	Foco no audible	0 (0.0)	1 (25.0)	0.525
	Foco audible normal	1 (33.3)	1 (25.0)	
	Foco audible débil	2 (66.7)	1 (25.0)	
	Foco audible alto	0 (0.0)	1 (25.0)	
4	Foco no audible	0 (0.0)	1 (25.0)	0.525
	Foco audible normal	0 (0.0)	1 (25.0)	
	Foco audible débil	2 (66.7)	1 (25.0)	
	Foco audible alto	0 (0.0)	1 (25.0)	
5	Foco no audible	1 (33.3)	1 (25.0)	0.525
	Foco audible normal	0 (0.0)	1 (25.0)	
	Foco audible débil	2 (66.7)	1 (25.0)	
	Foco audible alto	0 (0.0)	1 (25.0)	
	Foco no audible	1 (33.3)	1 (25.0)	

Tabla 2: Distribución de los hallazgos de la termografía infrarroja por día en relación con el desenlace del colgajo (supervivencia o necrosis).

Día	Resultado termografía	Estado del colgajo al alta		p
		Necrosado n (%)	Sobreviviente n (%)	
1	Eutérmico	2 (66.7)	1 (25.0)	0.270
	Hipotérmico	1 (33.3)	3 (75.0)	
2	Eutérmico	1 (33.3)	4 (100.0)	0.053
	Hipotérmico	2 (66.7)	0 (0.0)	
3	Eutérmico	1 (33.3)	4 (100.0)	0.053
	Hipotérmico	2 (66.7)	0 (0.0)	
4	Eutérmico	1 (33.3)	4 (100.0)	0.053
	Hipotérmico	2 (66.7)	0 (0.0)	
5	Eutérmico	1 (33.3)	4 (100.0)	0.053
	Hipotérmico	2 (66.7)	0 (0.0)	

La termografía infrarroja mostró un comportamiento más estructurado a partir del segundo día postoperatorio. Los colgajos que alcanzaron eutermia temprana y la mantuvieron de forma sostenida tendieron a sobrevivir, mientras que los colgajos que permanecieron hipotérmicos a partir del día dos concentraron los casos de necrosis.

En conjunto, los datos de este estudio no permiten establecer la superioridad estadística de una técnica sobre la otra para discriminar colgajos viables de colgajos en riesgo, pero sí delinean un patrón funcionalmente complementario: la termografía parece aportar señales tempranas sobre trayectorias de perfusión divergentes, mientras que el Doppler proporciona información más específica cuando la señal es claramente normal en los días tardíos del seguimiento.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Bernardo Rivas León, por su invaluable apoyo, paciencia y enseñanzas durante la realización de este artículo y en la formación de médicos con altas especialidades médicas.

REFERENCIAS

- Hirigoyen MB, Urken ML, Weinberg H. Free flap monitoring: a review of current practice. *Microsurgery* 1995; 16 (11): 723-726; discussion 727. doi: 10.1002/micr.1920161103.
- Smit JM, Zeebregts CJ, Acosta R, Werker PMN. Advancements in free flap monitoring in the last decade: a critical review. *Plast Reconstr Surg* 2010; 125 (1): 177-185.
- Salgado CJ, Moran SL, Mardini S. Flap monitoring and patient management. *Plast Reconstr Surg* 2009; 124 (6 Suppl): e295-e302. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181bcf07b.
- Rogoń I, Rogoń A, Kaczmarek M, Bujnowski A, Wtorek J, Lachowski F, Jankau J. Flap monitoring techniques: a review. *J Clin Med* 2024; 13 (18): 5467. doi: 10.3390/jcm13185467.
- Swartz WM, Jones NF, Cherup L, Klein A. Direct monitoring of microvascular anastomoses with the 20-MHz ultrasonic Doppler probe: an experimental and clinical study. *Plast Reconstr Surg* 1988; 81 (2): 149-61. doi: 10.1097/00006534-198802000-00001.
- Abu-Baker A, Tigarán AE, Timofan T, Ion DE, Gheocamutu DE, Avino A, et al. Mapping perfusion and predicting success: infrared thermography-guided perforator flaps for lower limb defects. *Medicina* 2025; 61 (8): 1410.
- Ozsoylu D, Janus KA, Achtsnicht S, Wagner T, Keusgen M, Schoning MJ. (Bio-)Sensors for skin grafts and skin flaps monitoring. *Sensors and Actuators Reports* 2023; 6: 100163.
- Hwang YS, Byeon JY, Lee DW, Kim JH, Lim S, Choi HJ. Skin graft monitoring using forward-looking infrared thermal imaging. *Int Wound J* 2024; 21 (11): e70107
- Broccoli N, Rehtin M, Krishnan DG, Phero JA. Step-by-step: skin grafting. *J Oral Maxillofac Surg* 2020; 78 (10): e6-10.
- Martínez-Castilla JM, Zapata-Córdoba D, Dávalos-Dávalos AA, Mansur-Ayala R. Cuantificación digital de integración de injertos de piel de espesor parcial ocluidos con sistema de presión negativa. *Cir Plást IberoLatinoam* 2021; 47 (1): 95-104.
- Burke-smith A. A comparison of non-invasive imaging modalities?: Infrared thermography, spectrophotometric intracutaneous analysis and laser Doppler imaging for the assessment of adult burns. *Burns* 2015; 41 (8): 1695-1707.
- Maskan BN, Sa BC, Hargis A, Yaghi M, Mervis J. Skin grafting for dermatologists: past, present, and future. *Curr Dermatol Rep* 2024; 13 (2): 47-54.
- Bazualdo FE, Mogrovejo IEF, Zambrano SPG, Castro PJR, Niveló ZJE. Injertos en quemaduras. *LATAM Rev Latinoam Ciencias Soc y Humanidades* 2023; 4 (2): 2729-2740.

Correspondencia:

Dr. Ángel Alejandro Hernández-Moreno
E-mail: dr.alexhmoreno@gmail.com