

El rostro como ventana a la circulación: termografía facial, inteligencia artificial y la búsqueda del monitoreo hemodinámico no invasivo

The Face as a Window into Blood Flow: Facial Thermography, Artificial Intelligence, and the Quest for Noninvasive Hemodynamic Monitoring

DIEGO DELGADO¹

Medir el gasto cardíaco sigue siendo central en el manejo del paciente crítico. Durante décadas ese lugar lo ocupó el catéter de arteria pulmonar (CAP), a la vez estándar de referencia y fuente de arritmias, infecciones y complicaciones mecánicas, con un impacto sobre la mortalidad que nunca terminó de demostrarse. De ahí la búsqueda, larga y todavía inconclusa, de alternativas menos invasivas. En paralelo, la cardiología crítica volvió a mirar hacia la periferia. El moteado cutáneo y el tiempo de relleno capilar recuperaron protagonismo como marcadores de perfusión, y los estudios ANDROMEDA-SHOCK y su continuación mostraron que incluso pueden guiar la reanimación, con buena parte del trabajo firmado por grupos latinoamericanos. (1-4) La piel, otra vez, como espejo de la circulación.

En esa línea se ubica el trabajo de Atamanuk y colaboradores, con una pregunta tan simple que sorprende que no se hubiera formulado antes: ¿puede el rostro anticipar el bajo gasto cuando se lo interroga con una cámara infrarroja y algo de inteligencia artificial (IA)? La fisiología acompaña. Cuando cae el volumen minuto, la descarga simpática desvía sangre hacia los órganos nobles y sacrifica el lecho cutáneo; la temperatura de la piel baja, y lo hace temprano. La idea no es nueva. En 1969, Joly y Weil ya habían mostrado que la temperatura del hallux delataba la gravedad del shock. (5) Lo que aquí cambia es el territorio elegido: la cara, siempre visible en el paciente internado, bien irrigada y cómoda de fotografiar.

El diseño tiene aciertos que vale la pena reconocer. Las imágenes térmicas se tomaron en simultáneo con las mediciones por CAP, es decir contra el patrón de referencia y en tiempo real, con un protocolo estandarizado, lectura regional del rostro a cargo de evaluadores ciegos y procesamiento por aprendizaje automático. No conozco un reporte previo que combine estas tres

cosas a la vez: termografía facial, monitoreo invasivo concurrente e IA. Los números son consistentes con la hipótesis. Varias regiones y gradientes se correlacionaron de manera significativa con el índice cardíaco, con el mejor desempeño para el gradiente térmico ($r = -0,45$), y una red neuronal alcanzó un área bajo la curva (AUC) de 0,75 para detectar bajo gasto. Hay señal.

Dicho esto, un editorial que solo elogie no sirve de mucho. Conviene detenerse en las limitaciones, varias de ellas admitidas por los autores. La muestra es pequeña: 35 monitoreos sobre 18 pacientes, y nueve de ellos aportaron mediciones repetidas. Esa dependencia entre observaciones, si no se maneja con modelos de efectos mixtos, infla la significación estadística. Más de fondo es el problema farmacológico. Casi todos los pacientes recibían drogas vasoactivas y más de la mitad, dos o más. La noradrenalina cierra el lecho cutáneo y la dobutamina lo abre; a eso se agregan la fiebre, la sedación, la ventilación mecánica y la temperatura de la sala. La cara termina reflejando esa mezcla, no solo el gasto cardíaco. Separar la señal hemodinámica del ruido va a ser lo verdaderamente difícil. (6)

La discriminación, además, es todavía modesta. Un AUC de 0,75 alienta, pero un valor predictivo negativo del 50 % significa que, hoy por hoy, el método no permite descartar el bajo gasto con tranquilidad, que es justamente lo que uno le pediría a un monitor no invasivo. Y entrenar una red neuronal con unas pocas decenas de casos invita al sobreajuste: el resultado vale lo que valga su validación, primero interna y después, sobre todo, externa. Las guías TRIPOD+AI son una buena referencia para reportar estos modelos con transparencia. (7) La cámara, de grado hogareño y baja resolución, alcanza para una prueba de concepto pero no para un producto clínico.

Nada de esto invalida la propuesta; más bien ordena lo que falta (Tabla 1). El estudio se inscribe en

Rev Argent Cardiol 2026;26:261-262. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v94.i4.21040>

VER ARTÍCULO RELACIONADO: Rev Argent Cardiol 2026;26:295-301. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v94.i4.21036>

Dirección para correspondencia: Diego Delgado: diego.delgado@uhn.ca



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

©Revista Argentina de Cardiología

¹ División de Cardiología, University Health Network, Universidad de Toronto, Toronto, Ontario, Canadá.

Tabla 1. Consideraciones metodológicas y lo que resta por hacer

Dimensión	Situación en el estudio actual	Qué haría falta
Tamaño y estructura de los datos	18 pacientes, 35 monitoreos; mediciones repetidas en 9 pacientes.	Cohortes multicéntricas más amplias; modelos de efectos mixtos que respeten la no independencia.
Confundidores fisiológicos y farmacológicos	≥90 % con drogas vasoactivas; fiebre, sedación, ventilación y temperatura ambiente no controladas.	Ajuste o estratificación por vasoactivos y temperatura; protocolos de captura controlados.
Desempeño del modelo de IA	AUC 0,75; VPN 50 %; entrenamiento sobre pocas observaciones (riesgo de sobreajuste).	Validación cruzada y externa independiente; reporte según TRIPOD+AI.
Tecnología de adquisición	Cámara de grado hogareño, resolución 160 ≥ 120 px.	Cámaras de grado clínico y estandarización de la adquisición.
Aplicación clínica	Prueba de concepto transversal, diagnóstico puntual.	Diseños prospectivos y dinámicos; evaluar la termografía como monitor de tendencias.

AUC: área bajo la curva; IA: inteligencia artificial; VPN: valor predictivo negativo

una corriente entusiasmante, la de los biomarcadores digitales y el monitoreo sin contacto, donde la IA promete rescatar información útil de datos ruidosos, con aplicaciones que van desde la telemedicina hasta el seguimiento remoto de la insuficiencia cardíaca. La misma termografía, sumada a la IA, ya logró distinguir la insuficiencia cardíaca aguda descompensada de otros cuadros. (8) Y hay un detalle que me quedó dando vueltas: en algunos pacientes, la mejoría térmica acompañó a la del índice cardíaco a lo largo del tiempo. Si eso se confirma, la termografía dejaría de ser una foto para volverse una película, un monitor de tendencias.

Ahora bien, conviene no confundir promesa con prueba. La IA médica acumula modelos brillantes en un solo centro que después no resisten la validación externa. Para llegar a la cabecera del paciente hará falta lo de siempre, que también es lo más costoso: cohortes multicéntricas, más grandes y menos heterogéneas; diseños prospectivos que sigan el patrón térmico cuando uno interviene; una estadística que respete la estructura de los datos; y un reporte estandarizado. La termografía no va a reemplazar al ecocardiograma ni al cateterismo. Su lugar, si lo tiene, será el de un complemento fisiológico, barato y no invasivo.

Los autores se animaron a una hipótesis arriesgada y la pusieron a prueba con honestidad, sin esconder los límites. Mostraron que en el rostro del paciente en shock hay algo para leer. Falta saber si ese algo puede convertirse en una decisión clínica, y ese es un trabajo colectivo, del tipo que la cardiología de la región sabe hacer cuando se organiza. Por ahora, la cara del enfermo apenas insinúa cómo late su corazón. No es poco, y merece que sigamos mirando.

Declaración de conflicto de intereses

El autor declara que no tiene conflicto de intereses.
(Ver formulario de conflicto de intereses del autor en la web).

BIBLIOGRAFÍA

1. Atamañuk AN, Gandino IJ, Fernández HE, Melchiori RE, Gómez LE, Bilbao J, y col. Análisis de termografía de infrarrojos mediante inteligencia artificial para diagnóstico no invasivo de bajo gasto cardíaco en pacientes críticos. *Rev Argent Cardiol* 2026;94:295-301. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v94.i4.21036>

2. Ait-Oufella H, Lemoine S, Boelle PY, Galbois A, Baudel JL, Lemant J, et al. Mottling score predicts survival in septic shock. *Intensive Care Med* 2011;37:801-7. <https://doi.org/10.1007/s00134-011-2163-y>

3. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP, Estenssoro E, Dubin A, Hurtado J, et al. Effect of a resuscitation strategy targeting peripheral perfusion status vs serum lactate levels on 28-day mortality among patients with septic shock: the ANDROMEDA-SHOCK randomized clinical trial. *JAMA* 2019;321:654-64. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.0071>

4. ANDROMEDA-SHOCK-2 Investigators for the ANDROMEDA Research Network, Spanish Society of Anesthesiology, Reanimation and Pain Therapy (SEDAR), and Latin American Intensive Care Network (LIVEN); Hernandez G, Ospina-Tascón GA, Kattan E, Ibarra-Estrada M, Ramasco F, Orozco N, Ramos K, et al. Personalized hemodynamic resuscitation targeting capillary refill time in early septic shock: the ANDROMEDA-SHOCK-2 randomized clinical trial. *JAMA* 2025;334:1988-99.

5. Joly HR, Weil MH. Temperature of the great toe as an indication of the severity of shock. *Circulation* 1969;39:131-8. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.39.1.131>

6. De Backer D, Ospina-Tascón G, Salgado D, Favory R, Creteur J, Vincent JL. Monitoring the microcirculation in the critically ill patient: current methods and future approaches. *Intensive Care Med* 2010;36:1813-25. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-2005-3>

7. Collins GS, Moons KGM, Dhiman P, Riley RD, Beam AL, Van Calster B, et al. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods. *BMJ* 2024;385:e078378. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-078378>

8. Atamañuk AN, Gandino IJ, Miranda MN, Cardozo LM, Escalante SE, Villalba C, et al. Artificial intelligence-enabled analysis of thermography to diagnose acute decompensated heart failure. *JACC Adv* 2025;4:101888. <https://doi.org/10.1016/j.jacadv.2025.101888>