

Monitorización de la perfusión de colgajos libres mediante la espectroscopia cercana al infrarrojo

Monitoring of free flap perfusion using near infrared spectroscopy



Fuentes Fernández I.

Ignacio FUENTES FERNÁNDEZ*, Eduardo Ramón GARCÍA GARDUÑO**,
Ashley NOVO TORRES***, Elena LORDA BARRAGUER****

Resumen

Introducción y objetivo. La espectroscopia cercana al infrarrojo, NIRS por sus siglas en inglés (*near-infrared spectroscopy*), es un método óptico de diagnóstico no invasivo para evaluar la perfusión tisular mediante la saturación de oxígeno regional.

El objetivo del presente estudio fue evaluar su utilidad en la detección precoz de complicaciones en colgajos libres.

Material y método. Recogimos una serie de 57 pacientes consecutivos sometidos a reconstrucción microquirúrgica realizando 57 colgajos libres con monitorización en las 36 horas postoperatorias mediante oxímetro INVOSTM5100C.

Resultados. Registramos un total de 17 complicaciones postoperatorias (29.8%), de las cuales 10 correspondieron a necrosis parcial o <10% del colgajo (17.5%), 4 hematomas (7%), 2 trombosis venosas (3.5%) y 1 trombosis arterial que desembocó en pérdida de colgajo o necrosis total (1.7%). Se halló una diferencia estadísticamente significativa en la diferencia de saturación regional de oxígeno entre la zona control y el colgajo en los 10 casos de necrosis parcial respecto a colgajos sin complicaciones ($p < 0.05$).

Conclusiones. En nuestro grupo de estudio, la NIRS permitió una monitorización postoperatoria fiable de la perfusión de los colgajos microquirúrgicos facilitando la detección precoz de complicaciones vasculares y por necrosis parcial.

Abstract

Background and objective. Near-infrared spectroscopy (NIRS) is a non-invasive optical diagnostic method to assess the tissue perfusion using regional oxygen saturation.

The objective of our study was to evaluate its usefulness in the early detection of complications in free flaps.

Methods. We present a consecutive case series in 57 patients undergoing microsurgical reconstruction with monitoring in the 36 postoperative hours using an INVOSTM 5100C oximeter.

Results. A total of 17 postoperative complications were recorded (29.8%), including 10 cases of partial flap necrosis involving less than 10% of the flap (17.5%), 4 hematomas (7%), 2 venous thromboses (3.5%) and 1 arterial thrombosis resulting in complete flap loss or total necrosis (1.7%). A statistically significant difference in regional oxygen saturation between the control area and the flap was found in the 10 cases of partial flap necrosis compared to uncomplicated flaps ($p < 0.05$).

Conclusions. In our study group, NIRS provided reliable postoperative monitoring of microvascular free flaps, enabling early detection of vascular compromise and partial flap necrosis.

Palabras clave Colgajo perforante, Perfusión, Espectroscopia infrarroja corta.

Nivel de evidencia científica 4c Diagnóstico
Recibido (esta versión) 5 julio / 2025
Aceptado 18 noviembre / 2025

Key words Perforator flap, Perfusion, Near infrared spectroscopy.

Level of evidence 4c Diagnostic
Received (this version) July 5 / 2025
Accepted November 18 / 2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún interés financiero relacionado con el contenido de este artículo.
Financiación: No hubo fuentes externas de financiación para este trabajo.

* Cirujano Plástico, Facultativo Especialista de Área, Servicio de Cirugía Plástica, Hospital General Universitario Dr Balmis, Alicante, España.

** Médico Residente, Servicio de Cirugía Plástica, Hospital General Universitario Dr. Balmis, Alicante, España.

*** Jefe del Servicio de Cirugía Plástica, Hospital General Universitario Dr. Balmis, Alicante, España.

**** Ex Jefe de Servicio de Cirugía Plástica, Hospital General Universitario Dr. Balmis, Alicante, España.



Introducción

La monitorización de la perfusión tisular en colgajos libres sigue siendo uno de los retos más relevantes en cirugía reconstructiva microquirúrgica.⁽¹⁾ Las complicaciones vasculares, en particular las de origen venoso, continúan representando una causa principal de pérdida del colgajo,⁽²⁾ con consecuencias no solo funcionales y estéticas, sino también económicas.⁽³⁾

Durante las primeras horas tras la intervención, la vigilancia intensiva resulta clave para identificar de forma precoz cualquier signo de compromiso vascular. Aunque la evaluación clínica se mantiene como el método de referencia, su dependencia de la experiencia del observador y su limitada sensibilidad ante los primeros cambios hemodinámicos han motivado la búsqueda de herramientas complementarias más objetivas.⁽⁴⁾

En los últimos años se han incorporado diversas tecnologías con este propósito abarcando métodos invasivos y no invasivos; entre estos últimos, la espectroscopia cercana al infrarrojo (NIRS- *Near-Infrared Spectroscopy*) ha ganado protagonismo por su capacidad de monitorizar de forma continua, no invasiva y sin necesidad de contacto directo con los vasos. Esta técnica emplea luz en el rango de los 700 a 850 nm, que puede penetrar hasta unos 10–20 mm en el tejido blando.⁽⁵⁾ La interacción de esta luz con los cromóforos de la hemoglobina oxigenada (HbO₂) y desoxigenada (Hb) permite estimar la saturación regional de oxígeno (rSO₂) en tiempo real. A diferencia de la pulsioximetría, que refleja únicamente la saturación arterial (SaO₂), la NIRS integra información del sistema arterial, venoso y capilar, lo que la convierte en un indicador sensible del equilibrio entre aporte y consumo de oxígeno. Esto es particularmente útil en tejidos con microvascularización compleja, como los colgajos libres, donde los cambios fisiopatológicos pueden anticiparse en varias horas a la aparición de signos clínicos evidentes.⁽⁵⁾ Los valores de rSO₂ en tejidos adecuadamente perfundidos suelen encontrarse entre el 58% y el 82% de media, aunque esta cifra puede variar según el dispositivo utilizado, la sonda usada, el tipo de colgajo, la distancia de la sonda hasta el perforasoma principal o el peso del colgajo, entre otros.⁽⁶⁾

Además, diversos estudios han mostrado que la NIRS no solo permite detectar un fallo de perfusión, sino también diferenciar entre causas arteriales y venosas según el patrón de descenso de rSO₂: caída brusca en oclusiones arteriales frente a descenso progresivo, precedido de un ascenso inicial, en casos de congestión venosa.⁽⁷⁾ Esta capacidad de discriminación aporta un valor añadido para orientar la toma de decisiones durante la ventana crítica de rescate del colgajo.

A pesar de sus ventajas, y hasta donde podemos conocer, no existe aún consenso claro sobre los umbrales de alarma óptimos. Algunos grupos adoptan como criterio un valor absoluto de rSO₂ menor del 50% como criterio de intervención, mientras que otros además consideran una disminución relativa sostenida mayor del 20% en una hora como un signo de alerta.⁽⁸⁾ También se han propuesto índices comparativos entre el colgajo y tejidos de referencia, como el índice de saturación regional (RSI – *Regional Saturation Index*), siendo un valor <0.75 indicativo de riesgo.⁽⁹⁾

Por otro lado, en el contexto asistencial actual, marcado por la racionalización de recursos humanos y la estandarización de los cuidados postoperatorios, se impone la necesidad de herramientas que sean no solo eficaces, sino también costo-efectivas y fácilmente implementables.⁽¹⁰⁾ En este marco, la NIRS se perfila como una opción prometedora, capaz de complementar la evaluación clínica tradicional.

El presente trabajo surge del interés por analizar de forma crítica el comportamiento de la saturación regional de oxígeno durante el postoperatorio inmediato de colgajos libres. A partir de nuestra experiencia, buscamos aportar información que contribuya a valorar su utilidad clínica y su posible rol como herramienta diagnóstica temprana en el seguimiento microquirúrgico.

Material y método

Realizamos un estudio observacional y retrospectivo en el que se incluyeron de forma consecutiva todos los pacientes del Servicio de Cirugía Plástica y Quemados del Hospital General Universitario Dr. Balmis de Alicante (España), a los que se realizó cirugía reconstructiva mediante colgajo libre microquirúrgico entre junio de 2019 y marzo de 2022. Se excluyeron los pacientes reconstruidos mediante colgajos en los que la isla o paleta cutánea no era visible y, por tanto, no permitía la monitorización externa. De este modo, sólo se incluyeron colgajos libres microquirúrgicos que contaran con una paleta cutánea accesible y de tamaño suficiente para la colocación del sensor oximétrico adhesivo: dimensiones mínimas de aproximadas de 3 × 7 cm.

Todos los pacientes incluidos dieron su consentimiento informado para participar en el estudio, el cual fue aprobado por el Comité de Ética y de Investigación con Medicamentos del Departamento de Salud de Alicante, España.

A todos los pacientes se les realizó en el preoperatorio una ecografía doppler para la identificación de la arteria perforante. En el postoperatorio se monitorizó mediante parches estériles de oximetría INVOS® 5100C Oxímetro Cerebral/Somático (Medtronic Dublín, Irlanda) coloca-



Fig 1.a Monitorización postoperatoria mediante sistema INVOS. Valor C indica oximetría regional del colgajo, el valor S indica oximetría del área control.

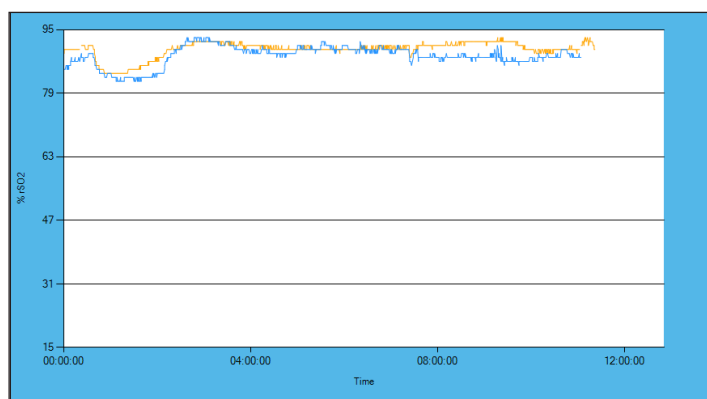


Fig 1.b. Representación mediante Invos Analytics tool del paciente anterior

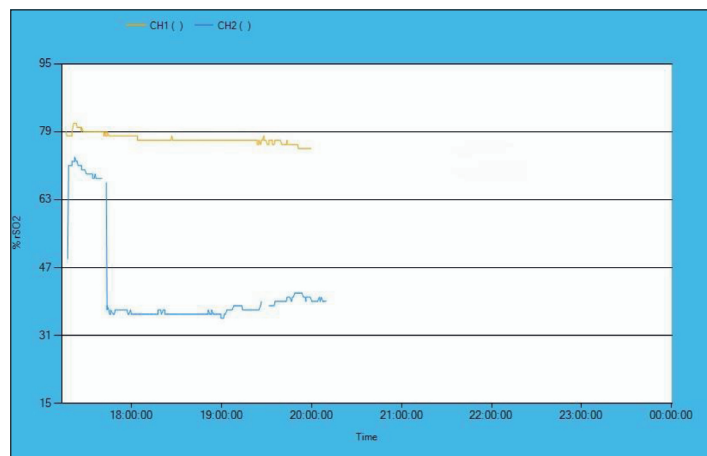


Fig 2. Caída brusca de la saturación regional en el colgajo DIEP compatible con trombosis arterial verificada quirúrgicamente.

dos en la porción más alejada a la perforante del colgajo o región más desfavorable en cuanto a la vascularización, y un control oximétrico en zona sana (Fig. 1). En el caso de colgajo de epigástrica inferior profunda (DIEP – *Deep Inferior Epigastric Perforator flap*), la región oximétrica de control fue el muslo, y en el colgajo anterolateral de muslo (ALT – *Antero Lateral Thigh flap*), gracilis, escapular y dorsal, se utilizó el abdomen.

Se realizó monitorización continuada de 36 horas a todos los pacientes mediante NIRS, además de evaluación clínica tradicional y doppler manual, incluyendo el tiempo de estancia en reanimación. De las 36 horas hasta el alta, la moni-

torización se realizó de manera clínica y con doppler manual.

Se recogieron variables demográficas (sexo, edad, índice de masa corporal -IMC, tabaquismo, diabetes), tipo de colgajo, localización receptora y antecedentes oncológicos de quimioterapia o radioterapia. Se extrajeron los valores de saturación regional de oxígeno (rSO_2) media tanto del colgajo como de la región control, mediante la herramienta INVOS Analytics Tool v1.2 (Medtronic®). Se calculó también la diferencia media entre la rSO_2 media del paciente y la del colgajo (ΔrSO_2). Se consideraron como complicaciones postoperatorias la necesidad de revisión quirúrgica durante el ingreso, los hallazgos intraoperatorios adversos, la pérdida completa del colgajo y la necrosis parcial, definida como afectación inferior al 10% de la superficie cutánea.

El análisis estadístico se realizó con SPSS v30.0 (IBM® Corp., Armonk, NY, EE.UU.). Las variables cuantitativas se describieron mediante media y desviación estándar (DE). La normalidad se evaluó con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Para comparar proporciones entre grupos se empleó la prueba de Chi-cuadrado de Pearson o la prueba exacta de Fisher en caso de necesidad. La comparación de variables cuantitativas entre 2 grupos se realizó mediante la prueba de Mann-Whitney. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Entre junio de 2019 y marzo de 2022, un total de 57 pacientes, 43 mujeres y 14 varones, fueron sometidos a cirugía reconstructiva mediante colgajo microquirúrgico. La edad de los pacientes osciló entre los 36 y los 80 años (media de 53.9 años; DE 11.2) (Tabla I). El IMC medio de los pacientes fue 27.2 kg/m² (DE 4.0). El 56.1% (n=32) de los pacientes tenía antecedentes de quimioterapia previa, y el 63.2% (n=36) de radioterapia previa. Ninguno de los pacientes era fumador. Sólo 1 paciente padecía diabetes mellitus.

Tabla I. Características demográficas y clínicas de la muestra

Variable	Media $\pm$ DE o n (%)
Edad (años)	53.9 $\pm$ 11.2
IMC (kg/m ²)	27.2 $\pm$ 4.0
Sexo masculino	14 (24.6%)
Diabetes	1 (1.7%)
Radioterapia previa	36 (63.2%)
Quimioterapia previa	32 (56.1%)

Tabla II tipo de colgajo

	Frecuencia	Porcentaje
DIEP	41	71.9
ALT	10	17.5
Dorsal	4	7
Escapular	1	1.8
Gracilis	1	1.8
Total	57	100

Tabla III. Destino del colgajo

	Frecuencia	Porcentaje
Mama	41	71.9
Pie	8	14
Rodilla	3	5.3
Cuero cabelludo	2	3.5
Cuello	1	1.8
Antebrazo	1	1.8
Tibia	1	1.8
Total	57	100

Tabla IV. rSO2 media durante 36 horas, desglosada por tipo de colgajo

		rSO2 media
ALT	N	10
	Media	70.4
	Desviación estándar	8.7
DIEP	N	41
	Media	75.6
	Desviación estándar	12.6
Dorsal	N	4
	Media	83.3
	Desviación estándar	1.9
Escapular	N	1
	Media	57
Gracilis	N	1
	Media	52

Los tipos de colgajo utilizados fueron: 41 DIEP, 10 ALT, 4 de dorsal ancho, 1 escapular y 1 gracilis (Tabla II), y el destino del mismo más frecuente fue la mama (n=41), seguido del pie (n=8) (Tabla III). Se registraron las rSO2 medias durante las 36 horas postoperatorias en cada tipo de colgajo (Tabla IV). La media para ALT fue 70.4±8.7, para DIEP 75.6±12.6, para dorsal 83.3 ±1.9, para escapular 57.0 y para gracilis 52.0.

Se registraron un total de 17 complicaciones postoperatorias (29.8%), de las cuales 10 correspondieron a necrosis parcial del colgajo (17.5%), 4 hematomas (7%), 2 trombosis venosas (3.5%) y 1 trombosis arterial que desembocó en pérdida de colgajo o necrosis total (1.7%)

Tabla V. Tipo de complicaciones

	Frecuencia	Porcentaje
Ninguna	40	70.2
Necrosis parcial (<10%)	10	17.5
Necrosis total	1	1.7
Trombosis venosa	2	3.5
Hematoma	4	7
Total	57	100

Tabla VI. Asociación entre radioterapia / quimioterapia y presencia de complicaciones

Variable	Chi-cuadrado	p
Radioterapia	5.87	0.015
Quimioterapia	0.92	0.337

(Tabla V). De los 4 hematomas sólo 1 tuvo repercusión oximétrica por compresión del pedículo.

Se observó una asociación estadísticamente significativa entre radioterapia previa y presencia de cualquier tipo de complicaciones ($\chi^2=5.87$; $p=0.015$), mientras que la quimioterapia no mostró asociación significativa ($\chi^2=0.92$; $p=0.337$) (Tabla VI).

Como complicaciones destacables, en el paciente número 18 (reconstrucción mamaria con DIEP) se observó un episodio de hipotensión a las 9 horas de postoperatorio. Posteriormente presentó un descenso paulatino de la rSO2 del colgajo, con revisión quirúrgica a las 17 horas postcirugía. En la exploración se observó trombosis de la anastomosis de la vena epigástrica inferior profunda (DIEV–*Deep Inferior Epigastric Vein*) con la vena mamaria interna, realizándose rescate con anastomosis de la vena epigástrica inferior superficial (SIEV – *Superficial Inferior Epigastric Vein*) preservada a la vena cefálica ipsilateral a la reconstrucción. Posteriormente se recuperaron los valores oximétricos sin complicaciones.

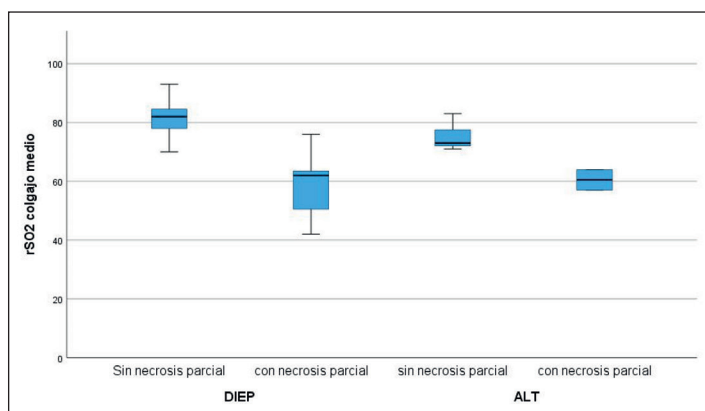
También ocurrió una trombosis venosa con el paciente número 42 (reconstrucción de pérdida de sustancia en tobillo con ALT), precisando rescate quirúrgico exitoso mediante una segunda anastomosis venosa del ALT al sistema superficial en el tobillo. Asimismo se observó en el paciente número 23 (reconstrucción mamaria con DIEP) a las 15 horas, un descenso rápido de la oxigenación, encontrándose a la exploración el colgajo DIEP a tensión por lo que se decidió apertura y posterior drenaje de hematoma postquirúrgico con recuperación posterior hasta valores normales de oximetría regional. También se observó 1 caso de insuficiencia arterial, el paciente número 26 (reconstrucción mamaria con DIEP), realizándose de nuevo la anastomosis arterial, apreciando escaso flujo y siendo infructuoso con la pérdida posterior del colgajo.

Tabla VII. Comparación de rSO₂ en colgajos DIEP según necrosis parcial

Variable	Sin necrosis (media ± DE)	Con necrosis (media ± DE)	p (Mann-Whitney)
rSO ₂ colgajo (%)	78.2 ± 10.7	60.1 ± 6.2	< 0.001
rSO ₂ paciente (%)	88.0 ± 8.4	83.7 ± 9.1	0.205
ΔrSO ₂ (%)	8.3 ± 7.2	23.6 ± 9.1	< 0.001

Tabla VIII. Comparación de rSO₂ en colgajos ALT según necrosis parcial

Variable	Sin necrosis (media ± DE)	Con necrosis (media ± DE)	p (Mann-Whitney)
rSO ₂ colgajo (%)	75.1 ± 7.6	62.3 ± 3.5	0.040
rSO ₂ paciente (%)	85.4 ± 6.8	82.7 ± 5.1	0.317
ΔrSO ₂ (%)	10.3 ± 4.7	20.4 ± 6.1	0.048

Fig. 3. rSO₂ medio según si hay necrosis o no en DIEP y ALT

Por último, se evidenciaron 10 casos de necrosis parcial (7 DIEP, 2 ALT y 1 gracilis), todos ellos menores del 10% de superficie del colgajo. Principalmente estaban precedidos por pequeñas zonas de congestión distal del segundo al séptimo día de postoperatorio.

Al analizar los colgajos DIEP, los casos con necrosis parcial presentaron una rSO₂ media del colgajo significativamente inferior (60.1 ± 6.2%) frente a los colgajos sin necrosis (78.2 ± 10.7%; $p < 0.001$) (Tabla VII, Fig. 3). La diferencia media de saturación (ΔrSO₂) entre colgajo y paciente también fue significativamente mayor en los colgajos con necrosis (23.6 ± 9.1% frente a 8.3 ± 7.2%; $p < 0.001$). No se hallaron diferencias significativas en la rSO₂ media del paciente entre ambos grupos ($p = 0.205$).

En los colgajos ALT, la rSO₂ media del colgajo fue también significativamente inferior en los casos con necrosis (62.3 ± 3.5%) frente a los que no la presentaron (75.1 ± 7.6%; $p = 0.040$) (Tabla VIII, Fig. 3). Asimismo, la ΔrSO₂ fue mayor en los colgajos con necrosis (20.4 ± 6.1% frente a 10.3 ± 4.7%; $p = 0.048$). No se encontraron diferencias significativas en la rSO₂ media del paciente ($p = 0.317$).

Discusión

Este estudio respalda el uso de la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta eficaz para la detección precoz de complicaciones vasculares en colgajos libres.

En nuestra serie hemos observado que una diferencia sostenida de saturación entre el colgajo y el control (ΔrSO₂) se asoció a mayor riesgo de necrosis parcial. A diferencia de otros enfoques, no buscamos un umbral absoluto, sino interpretar el comportamiento relativo del colgajo respecto a su propio control.

Akita y col.⁽⁹⁾ ya habían propuesto el índice RSI como forma de cuantificar esa diferencia, con resultados prometedores, pero de implementación difícil en la práctica. Además, en una publicación reciente, Tanaka y col.⁽¹¹⁾ demuestran cómo valores aún menores a los recomendados por Akita (RSI < 0.68 en vez de 0.75), mejoraban el rendimiento diagnóstico. En cambio, nuestro método se basa en la observación directa y dinámica de la ΔrSO₂, más sencilla y aplicable a pie de cama.

Steele y col.⁽¹²⁾ describieron cómo algunos colgajos con congestión venosa mostraban un descenso gradual de rSO₂ varias horas antes de los signos clínicos. Esta observación coincide con nuestra experiencia con el NIRS, al anticipar cambios críticos en la perfusión antes de que se manifiesten visualmente.

En nuestro caso, utilizar el propio paciente como control interno resultó fundamental. Los valores absolutos de rSO₂ son ampliamente variables entre sujetos, colgajos, distancia del perforasoma principal al sensor y modelos de sensor. Respecto a esta cuestión, algunos autores como Salgarello y col.⁽¹³⁾ señalaron la gran heterogeneidad de los valores absolutos recomendados como criterios de alarma, dando más importancia a la evolución temporal de cada colgajo.

Vranken y col.⁽¹⁴⁾ por su parte, observaron que incluso los colgajos sin complicaciones presentaban una leve caída inicial en rSO₂, que posteriormente se estabilizaba. En cambio, cuando la ΔrSO₂ aumentaba de forma sostenida, era señal de riesgo inminente. Este comportamiento fue idéntico en nuestro estudio.

Por otro lado, Tran⁽¹⁵⁾ analizó la tasa de falsos positivos, observando que el rendimiento diagnóstico del NIRS disminuye tras las primeras 24 horas. Esta

conclusión fue coherente con nuestras observaciones clínicas.

Algunos de nuestros casos con complicaciones ocurrieron sobre lechos quirúrgicos previamente irradiados. Aunque el colgajo estaba aparentemente bien perfundido inicialmente, la perfusión en el lecho receptor estaba comprometida y los valores de rSO_2 disminuyeron antes de la aparición de signos clínicos. Esto se alinea con un metaanálisis reciente de Tasch y col.⁽¹⁶⁾ que asocia radioterapia previa con mayor riesgo de necrosis parcial o total de colgajos. Sugieren que un lecho irradiado puede alterar la microcirculación y, por tanto, la interpretación de la oximetría tisular.

La idea de utilizar un segundo sensor no es nueva. Recientemente Garrido y col.⁽¹⁷⁾ utilizan una $\Delta rSO_2 > 20\%$ sostenida como indicador para posibles eventos vasculares. Este segundo sensor también fue utilizado por Harper y col.,⁽¹⁸⁾ facilitando la diferenciación de eventos vasculares que afectaban sólo al colgajo respecto a efectos sistémicos como hipotensión.

Sin embargo, el NIRS por sí sólo no es suficiente en la monitorización. Malagón y col.⁽¹⁰⁾ proponen combinarlo con ultrasonido para contextualizar mejor la información obtenida y disminuir los falsos positivos. Subrayan que no basta con ver que la rSO_2 cae, sino que hace falta un protocolo claro de actuación con umbrales definidos que guíen la intervención clínica.

Finalmente, los análisis sistemáticos de Chen,⁽¹⁹⁾ Newton⁽²⁰⁾ y Johnson⁽²¹⁾ coinciden en que, pese a la heterogeneidad de los estudios, la NIRS muestra buena sensibilidad para detectar fallos de perfusión, especialmente en las primeras 24-36 horas.

Como limitación, nuestra muestra de colgajos con complicaciones fue pequeña, lo que impide establecer puntos de corte específicos con suficiente potencia estadística. Además, no comparamos directamente la NIRS con otros métodos diagnósticos. No incluimos los colgajos enterrados en nuestro estudio, si bien Tanaka y col.⁽¹¹⁾ ha demostrado su utilidad en este contexto.

En el periodo de realización del estudio no contábamos con la evaluación mediante verde de indocianina en nuestro servicio. Según diversos autores, como Otormin y col.,⁽²²⁾ nos habría permitido descartar más tejido no viable, disminuyendo las necrosis parciales.

En conjunto, nuestros hallazgos apoyan el uso de la NIRS como complemento objetivo al juicio clínico. Analizar la diferencia de saturación entre colgajo y control puede integrarse fácilmente en la práctica diaria. En escenarios con alta carga asistencial, donde la vigilancia visual frecuente no siempre es viable, esta tecnología puede marcar la diferencia entre salvar o perder un colgajo.

Conclusiones

Nuestra experiencia con este estudio aporta casuística para la vigilancia de colgajos libres mediante monitorización con espectroscopía cercana al infrarrojo (NIRS), y sugiere que la diferencia media de saturación de oxígeno entre tejido sano y colgajo (ΔrSO_2) puede asociarse con la aparición de necrosis parcial.

Aunque la magnitud de la muestra limita la extrapolación de los hallazgos y no permite establecer causalidad, estos resultados agregan datos relevantes para la generación de evidencia y destacan la utilidad potencial de la NIRS como herramienta de vigilancia en este contexto, requiriéndose confirmación en estudios más amplios.

La estrategia de usar el propio paciente como control interno resulta sencilla, reproducible y más fiable que los valores absolutos, al minimizar la variabilidad interindividual. Además, el comportamiento progresivo de la saturación permite una vigilancia continua y objetiva, especialmente valiosa en las primeras horas de postoperatorio. Estos resultados refuerzan el valor de la NIRS como complemento al juicio clínico, con potencial para integrarse en protocolos de monitorización postquirúrgica en microcirugía reconstructiva.

Dirección del autor

Dr. Ignacio Fuentes Fernández.

Correo electrónico: ifuentesfernandez@hotmail.com

Bibliografía

1. Chae MP, Rozen WM, Whitaker IS, Chubb D, Grinsell D, Ashton MW, Hunter-Smith DJ, Lineaweaver WC. Current evidence for postoperative monitoring of microvascular free flaps: a systematic review. *Ann Plast Surg.* 2015;74(5):621-632.
2. Lie KH, Barker AS, Ashton MW. A classification system for partial and complete DIEP flap necrosis based on a review of 17,096 DIEP flaps in 693 articles including analysis of 152 total flap failures. *Plast Reconstr Surg.* 2013;132(6):1401-1408.
3. Jiménez-Cotes EA, Gallego-Gónima S, Ciro-Ossa CM. Experiencia en reconstrucción con colgajos libres en Medellín, Colombia; análisis de 567 casos. *Cir plást iberolatinoam.* 2024;50(1):53-64.
4. Kwasnicki RM, Noakes AJ, Banhid N, Hettiaratchy S. Quantifying the Limitations of Clinical and Technology-based Flap Monitoring Strategies using a Systematic Thematic Analysis. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2021;12(9):e3663.
5. Takasu H, et al. A novel method of noninvasive monitoring of free flaps with near-infrared spectroscopy. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2017;70(9):1297-1303.
6. Sakudo A. Near-infrared spectroscopy for medical applications: current status and future perspectives. *Clin Chim Acta.* 2016;455:181-188.
7. Keller A. A new diagnostic algorithm for early prediction of vascular compromise in 208 microsurgical flaps using tissue oxygen saturation measurements. *Ann Plast Surg.* 2009;62(5):538-543.

8. Lin SJ, Nguyen MD, Chen C, et al. Tissue oximetry monitoring in microsurgical breast reconstruction decreases flap loss and improves rate of flap salvage. *Plast Reconstr Surg*. 2011;127(3):1080-1085.
9. Akita S, Mitsukawa N, Tokumoto H, et al. Regional oxygen saturation index: a novel criterion for free flap assessment using tissue oximetry. *Plast Reconstr Surg*. 2016;138(3):510e-518e.
10. Malagón P, Taghizadeh R, Torrano L, González J. A new protocol for improving immediate monitoring of skin-island free flap with near-infrared spectroscopy and ultrasound. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2023;83(2):334-342.
11. Tanaka M, Umemoto Y, Ohashi W, Watanabe H, Nagata A, Furukawa H. NIRO200NX: Reliable Monitoring System for Buried Deep Inferior Epigastric Perforator Flap. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2024;26;12(8):e6096.
12. Steele MH. Three-year experience using near infrared spectroscopy tissue oximetry monitoring of free tissue transfers. *Ann Plast Surg*. 2011;66(5):540-545.
13. Salgarello M, Pagliara D, Rossi M, Visconti G, Barone-Adesi L. Postoperative Monitoring of Free DIEP Flap in Breast Reconstruction with Near-Infrared Spectroscopy: Variables Affecting the Regional Oxygen Saturation. *J Reconstr Microsurg*. 2018;34(6):383-388.
14. Vranken NPA, Weerwind PW, van Onna MA, Bouman EAC, van der Hulst RRWJ. Non-invasive tissue oximetry following unilateral DIEP-flap reconstruction: A pilot evaluation. *JPRAS Open*. 2017;1;12:59-65.
15. Tran PC, DeBrock W, Lester ME, Hartman BC, Socas J, Hassanein AH. The False Positive Rate of Transcutaneous Tissue Oximetry Alarms in Microvascular Breast Reconstruction Rises after 24 Hours. *J Reconstr Microsurg*. 2021;7(5):453-557.
16. Tasch C, Pattiss A, Maier S, Lanthaler M, Pierer G. Free Flap Outcome in Irradiated Recipient Sites: A Systematic Review and Meta-analysis. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2022;22;10(3):e4216.
17. Garrido MF, Torrano L, Riba J, Ibarra A, Smialkowski A, Alarcón PZ. "INVOS" WE TRUST. Tissue Oximetry for Free Flap Monitoring in Lower Limb Reconstruction. *Microsurgery*. 2025;45(3):e70045.
18. Harper J, Slade E, Cornette A, Kejner AE. Second sensor to improve near-infrared spectroscopy flap monitor utility: A prospective study. *Microsurgery*. 2024;44(3):e31142.
19. Chen Y, Shen Z, Shao Z, Yu P, Wu J. Free Flap Monitoring Using Near-Infrared Spectroscopy: A Systemic Review. *Ann Plast Surg*. 2016;76(5):590-597.
20. Newton E, Butskiy O, Shadgan B, Prisman E, Anderson DW. Outcomes of free flap reconstructions with near-infrared spectroscopy (NIRS) monitoring: A systematic review. *Microsurgery*. 2020;40(2):268-275.
21. Johnson BM, Egan KG, He J, Lai EC, Butterworth JA. An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Tissue Oximetry Versus Conventional Methods for Postoperative Monitoring of Autologous Breast Reconstruction. *Ann Plast Surg*. 2023;91(5):617-621.
22. Otormín G, Novello G, Gambini JP, Juri HJ. Evaluación de la perfusión de colgajos mediante indocianina verde. *Cir. plást. iberolatinoam*. 2018;44(3):303-309.

Comentario al artículo “Monitorización de la perfusión de colgajos libres mediante la espectroscopia cercana al infrarrojo”

Pedro CIUDAD

Cirujano Plástico y Microcirujano, Jefe del Servicio de Cirugía Plástica, Reconstructiva y Quemados, Hospital Nacional Arzobispo Loayza, Lima, Perú. Unidad de Mama, Clínica Internacional, Lima, Perú. Departamento Académico de Cirugía, Facultad de Medicina Hipólito Unanue, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Vocal del Capítulo de Microcirugía de la Federación Ibero Latinoamericana de Cirugía Plástica (FILACP) 2024-2026.

Estimados autores,

Agradezco sinceramente la oportunidad de comentar su manuscrito en relación a la monitorización temprana de colgajos libres mediante espectroscopia cercana al infrarrojo (NIRS). Ese interés auténtico por mejorar la práctica reconstructiva microquirúrgica es algo que siempre merece ser reconocido.

El estudio en mención presenta una estructura clara, una metodología bien detallada y una aproximación fisiológica sólida. El uso de ΔrSO_2 como parámetro central resulta interesante y refleja una observación cuidadosa de la evolución de los colgajos libres en la práctica diaria.

Sin embargo, en mi opinión, para que el artículo alcance un mayor potencial científico, sería necesario fortalecer el análisis estadístico. La ausencia de curvas ROC, intervalos de confianza, sensibilidad/especificidad y modelos multivariantes limita a mi juicio la capacidad diagnóstica del estudio. Estos elementos no solo enriquecerían el rigor metodológico, sino que permitirían al lector interpretar con mayor precisión el verdadero valor predictivo de ΔrSO_2 . Incorporarlos en futuros estudios daría mayor confianza a otros equipos que deseen aplicar esta herramienta presentada por los autores en su propia práctica.

Considero también que incluir figuras o fotos que muestren la evolución temporal de $rSO_2/\Delta rSO_2$ —comparando colgajos sin complicaciones con aquellos que desarrollaron necrosis o congestión— ofrecería una lectura más intuitiva y cercana al quehacer clínico, especialmente

para microcirujanos noveles. Este tipo de representación visual conecta la estadística con la experiencia real en el postoperatorio. De igual forma, un diagrama de flujo aportaría orden y transparencia a la metodología.

Otro aspecto relevante es la generalización. La cohorte se compone mayoritariamente de colgajos DIEP, lo que restringe la extrapolación a otros escenarios reconstructivos. Señalarlo de manera explícita no debilita el artículo; al contrario, lo hace más honesto y clínicamente útil para el lector.

Como especialista con experiencia en monitorización de colgajos, considero que su trabajo tiene un valor especial porque nace de la práctica real. Por ello, sería enriquecedor agregar una breve reflexión personal (*take home message*) sobre cómo la métrica ΔrSO_2 ha influido en su toma de decisiones clínicas. Esa perspectiva humana, respaldada por datos, convierte un artículo técnico en uno verdaderamente aplicable. Además, sugerir cómo este enfoque podría integrarse con otros métodos de monitorización, o cómo podría adaptarse a centros con distintos niveles de recursos, ampliaría notablemente su impacto internacional.

En conclusión, felicito a los autores pues el artículo posee mérito científico, relevancia clínica y una base metodológica consistente. Las recomendaciones propuestas buscan potenciar el valor del trabajo, tanto en validez estadística como en impacto clínico. Finalmente, invitar a futuros estudios multicéntricos o comparativos daría continuidad a la línea de investigación y reforzaría el aporte del manuscrito a la literatura global.

Respuesta al comentario del Dr. Ciudad

Ignacio FUENTES FERNÁNDEZ

Estimado Dr. Ciudad,

Agradecemos sinceramente su análisis detallado y constructivo del manuscrito. Sus observaciones enriquecen nuestro trabajo y destacan aspectos fundamentales para su consolidación como herramienta clínica.

Reconocemos la limitación metodológica señalada en cuanto al análisis estadístico. En nuestro caso, el diseño del estudio fue deliberadamente descriptivo, centrado en caracterizar el comportamiento clínico de la ΔrSO_2 en nuestro entorno asistencial. Por ello optamos por un análisis directo y acorde a la estructura muestral, evitando técnicas que, en esta serie, no habrían permitido conclusiones sólidas. Aun así, su comentario señala una vía interesante para futuros trabajos con un planteamiento específicamente predictivo que permitan establecer umbrales de intervención con mayor precisión.

En consonancia con su sugerencia de aportar material gráfico que ilustre la evolución temporal de la rSO_2 , incluimos en este comentario-respuesta una figura adicional correspondiente al caso ya descrito del paciente 23 (reconstrucción mamaria con colgajo DIEP). En esta

paciente, a las 15 horas del postoperatorio, se objetivó un descenso rápido de la oxigenación del colgajo, encontrando a la exploración un aumento global del volumen del colgajo con signos de compromiso vascular en su porción más lateral y aumento marcado del polo superior. Posteriormente muestra el descenso correspondiente en la oximetría regional. Tras la apertura y drenaje del hematoma postquirúrgico se observa la recuperación de los valores de rSO_2 hasta rangos basales. Finalmente, mostramos el aspecto del colgajo al alta, al quinto día de postoperatorio, sin signos de sufrimiento y con adecuada viabilidad.

Respecto a la generalización, coincidimos en la importancia de señalar la prevalencia de colgajos DIEP (71.9%) en nuestra cohorte. No obstante, hallamos ΔrSO_2 significativamente elevada en casos de necrosis parcial tanto en DIEP como en ALT, lo que sugiere que el comportamiento relativo de este parámetro podría ser aplicable a otros tipos de colgajo. Esta observación merece confirmación en cohortes más heterogéneas.

Quizás lo que más nos gratifica es que ΔrSO_2 funciona en la práctica diaria por su sencillez. Utilizar al propio paciente como su propio control interno no requiere fórmulas complejas ni memorizar umbrales absolutos que, como usted bien sabe, varían enormemente entre individuos. Es especialmente valioso en centros con recursos limitados, donde es reproducible con cualquier dispositivo NIRS estándar y permite una vigilancia continua y objetiva que complementa la evaluación clínica tradicional.

Finalmente, concordamos en que futuras colaboraciones multicéntrico-comparativas con otros métodos de monitorización (doppler, termografía, verde indocianina) consolidarán el rol de ΔrSO_2 en algoritmos integrados de vigilancia postoperatoria.

Agradecemos esta oportunidad de diálogo que refuerza nuestro compromiso con la mejora continua de la práctica reconstructiva.

Bibliografía

1. Kagaya Y, et al. A systematic review of near-infrared spectroscopy in flap monitoring: current evidence and future perspectives. *Plast Reconstr Surg*. 2018;141(6):764-773.

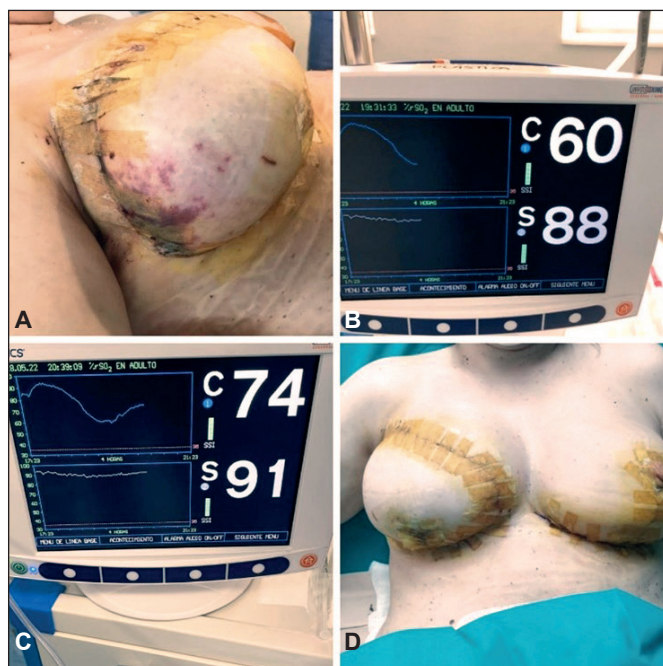


Figura 4. Caso 23 de nuestra serie de pacientes (reconstrucción mamaria con colgajo DIEP). A. Postoperatorio a las 15 horas: descenso rápido de oxigenación del colgajo, aumento de volumen del colgajo, signos de compromiso vascular en porción más lateral y aumento polo superior. B. Descenso en la oximetría regional. C. Tras apertura y drenaje de hematoma postquirúrgico: recuperación de valores de rSO_2 hasta rangos basales. D. Aspecto del colgajo al alta (5 días postoperatorio), sin signos de sufrimiento y adecuada viabilidad.

