

Espectroscopia del infrarrojo cercano (NIRS) para la monitorización durante cirugía plástica

Near Infra-Red Spectroscopy (NIRS) for monitoring plastic surgeries

Ricardo Fuentealba Ramírez^{1,2,*} , Claudio Vargas Brand¹, Luciano Bravo Pérez³, Javiera González Antío⁴, Josefa Navarro Castellón⁴, Galvarino Rojas Yáñez⁴, Camila Riquelme Bahamondes⁵

¹ Anestesiólogo, Unidad de Anestesia Obstétrica, Torre Francesa, Clínica Sanatorio Alemán. Concepción, Chile.

² Jefe Unidad Paciente Crítico, Sanatorio Alemán Concepción. Concepción, Chile.

³ Residente Anestesiología, Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

⁴ Estudiante de Medicina, 5º año, Universidad San Sebastián. Concepción, Chile.

⁵ Coordinadora Departamento de Educación Médica, Universidad San Sebastián. Concepción, Chile.

Conflicto de intereses: Esta publicación no fue financiada por ninguna empresa, se escoge esta marca, por ser la marca disponible del monitor en el centro que se realizó el estudio.

Fecha de recepción: 13 de julio de 2024 / Fecha de aceptación: 12 de agosto de 2024

ABSTRACT

The findings of this systematic review support the use of NIRS (Near infraRed Spectroscopy) in plastic surgery. Studies have consistently demonstrated the efficacy and utility of NIRS techniques in monitoring tissue perfusion during reconstructive surgical procedures. It has been noted that NIRS can detect decreases in flap perfusion before they manifest clinically, allowing for early intervention and prevention of complications. Additionally, its ability to provide continuous, non-invasive, and quantitative measurements makes it an invaluable tool for clinical decision making during and after surgery. Although there are some limitations, such as susceptibility to external factors, the benefits of using NIRS technology in plastic surgery far outweigh these concerns. In summary, the results of this systematic review strongly support the recommendation of using NIRS as a standard tool for tissue perfusion monitoring in plastic surgery.

Key words: NIRS, plastic surgery.

RESUMEN

Los hallazgos de esta revisión sistemática respaldan el uso de NIRS (Near infraRed Spectroscopy) en cirugía plástica. Los estudios han demostrado, consistentemente, la eficacia y utilidad de técnicas de NIRS en la vigilancia de la perfusión tisular durante procedimientos quirúrgicos reconstructivos. Se ha observado que NIRS puede detectar disminuciones en la perfusión del colgajo antes de manifestarse clínicamente, lo que permite una intervención temprana y prevenir complicaciones. Además, su capacidad para proporcionar mediciones continuas, no invasivas y cuantitativas lo convierte en una herramienta invaluable para la toma de decisiones clínicas durante y después de la cirugía. Aunque existen algunas limitaciones, como la susceptibilidad a factores externos, los beneficios de utilizar la tecnología NIRS en cirugía plástica superan con creces estas preocupaciones. En resumen, los resultados de esta revisión sistemática respaldan, firmemente, la recomendación de utilizar NIRS como una herramienta estándar para la monitorización de la perfusión tisular en cirugía plástica.

Palabras clave: NIRS, cirugía plástica.

Ricardo Fuentealba
rifuatealba@gmail.com

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2462-4374>

ISSN: 0716-4076



Introducción

La cirugía plástica moderna ha evolucionado, considerablemente, en las últimas décadas, abordando tanto procedimientos estéticos como reconstructivos con técnicas cada vez más avanzadas y precisas. En este contexto, la monitorización intraoperatoria juega un papel crucial en la optimización de los resultados y la reducción de riesgos para los pacientes. El cierre de comunicaciones interauriculares (CIA) en circulación espontánea, es un ejemplo de procedimiento quirúrgico que ha demostrado ser seguro y efectivo, particularmente, cuando se utiliza el sistema de monitoreo Invos® por medio de la técnica de NIRS para evaluar la oxigenación cerebral.

La monitorización mediante la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) se ha establecido como una herramienta valiosa en cirugías cardíacas, donde se ha reconocido su capacidad para detectar fenómenos embólicos al monitorizar la perfusión cerebral y, evidenciado en diferentes estudios, comparada con monitores de oximetría. Sin embargo, a pesar de su amplia aplicación en cirugías cardíacas y vasculares, su aplicación en cirugía plástica y, específicamente, en el monitoreo de colgajos libres en conjunto con otros procedimientos reconstructivos aún no ha sido completamente explorada.

El presente estudio se propone examinar si la literatura científica respalda la eficacia de NIRS en cirugía plástica, equiparando su desempeño con el observado en cirugías vasculares y cardíacas. En particular, se investigará si esta técnica puede

proporcionar mediciones precisas y confiables de la saturación de oxígeno en tejidos específicos, detectar complicaciones intraoperatorias y predecir resultados postoperatorios en la cirugía plástica.

Al evaluar si NIRS ofrece beneficios comparables en cirugía plástica como en otras especialidades quirúrgicas, este estudio busca contribuir al conocimiento actual sobre la utilidad de esta tecnología en diferentes campos de la medicina, para mejorar la calidad y seguridad de los procedimientos quirúrgicos reconstructivos y estéticos.

Metodología

Para esta revisión sistemática, se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda en diversas bases de datos utilizando términos específicos relacionados con NIRS y cirugía plástica. La recopilación de información se realizó durante mayo de 2024. Los detalles de la metodología empleada se presentan a continuación.

Se diseñaron estrategias de búsqueda para cada base de datos, empleando una combinación de términos clave relacionados con NIRS (como por ejemplo "INVOS") y cirugía plástica. Los resultados obtenidos se registraron en la Tabla 1 junto con los términos utilizados en cada plataforma, se menciona que en base de datos UP TO DATE se encontró 0 artículos, decidiéndose no ser parte del diagrama de flujo. Posteriormente, se procedió a identificar los artículos relevantes y eliminar cualquier

Tabla 1. Estrategia de búsqueda y descriptores utilizados para análisis cuantitativo

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Resultados
Pubmed	(INVOS) and (plastic surgery)	5
Web of Science	(Surgery) and (INVOS)	141
Science Direct	(Plastic surgery) and "INVOS"	126

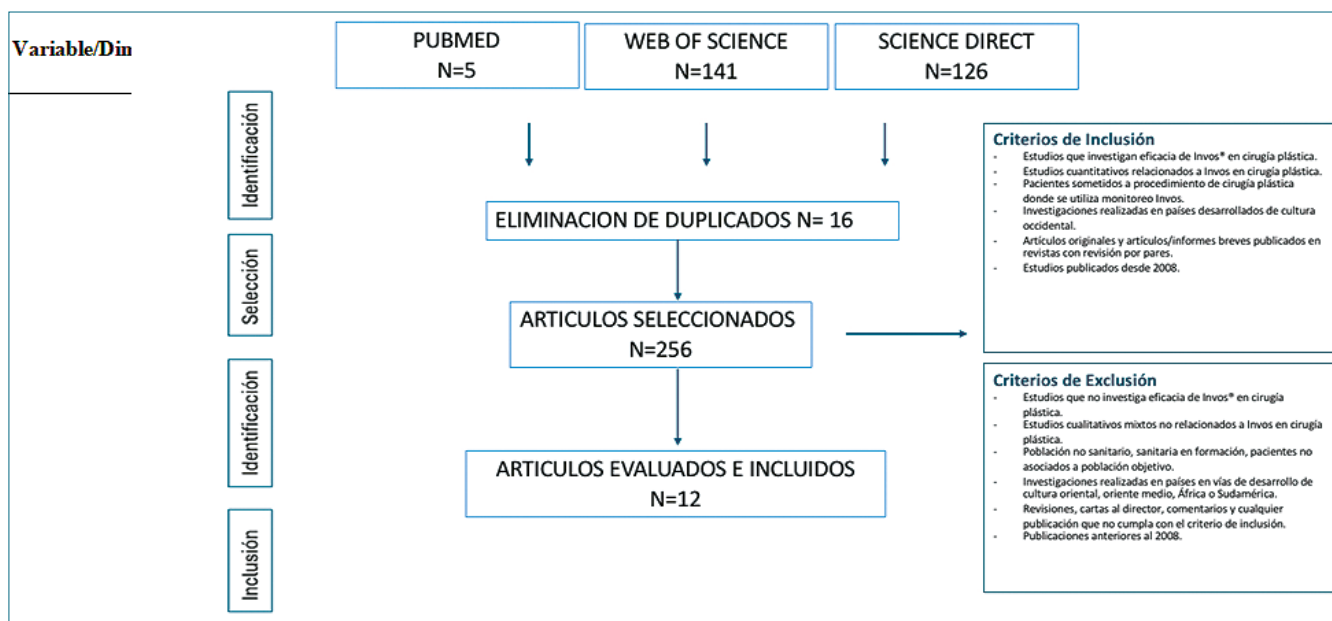


Figura 1. Diagrama de flujo.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

Variable/ Dimensión	Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Tema y objetivo	Estudios que investigan la eficacia de NIRS en cirugía plástica, incluyendo el monitoreo de colgajos libres y otros procedimientos reconstructivos, y su capacidad para detectar complicaciones intraoperatorias y predecir resultados postoperatorios	Estudios que no investigan la eficacia de NIRS en cirugía
Diseño	Estudios cuantitativos que examinan datos relacionados con el uso de la técnica NIRS en cirugía plástica, comparando su desempeño con el observado en cirugías vasculares y cardíacas. Reporte de casos específicos al tema	Estudios cualitativos, mixtos o aquellos que no se centran en la relación entre el uso de NIRS y los procedimientos de cirugía plástica
Población participante	Pacientes sometidos a procedimientos de cirugía plástica donde se utilizaron sistemas de monitoreo con técnica espectroscopia de infrarrojo cercano en la oximetría de tejidos	Personal no sanitario, personal en formación, pacientes, familiares u otros perfiles que no estén directamente relacionados con la población objetivo
Ámbito político, económico y sociocultural	Estudios realizados en países desarrollados de cultura occidental (Europa, América del Norte y Australia)	Investigaciones realizadas en países en vías de desarrollo, países de cultura oriental, Oriente Medio, África o Sudamérica
Tipo de publicación	Artículos originales y artículos/informes breves publicados en revistas con revisión por pares	Revisiones, cartas al editor, comentarios, editoriales o cualquier otro tipo de publicación que no cumpla con los criterios de inclusión especificados
Fecha de publicación	Estudios publicados desde el año 2008	Investigaciones publicadas en otras fechas anteriores al 2008
Idioma	Artículos escritos en inglés, castellano, francés, italiano, alemán y portugués	Investigaciones publicadas en otros idiomas distintos a los mencionados
Requisitos éticos	Estudios que hayan obtenido el consentimiento informado de los participantes y cuenten con la aprobación de un comité de ética	Investigaciones que no especifiquen el uso de consentimiento informado ni la aprobación por un comité de ética

duplicado que pudiera surgir.

El proceso de selección de los estudios se llevó a cabo en cuatro fases, siguiendo las directrices recomendadas por la normativa Prisma⁴⁰. Con respecto a criterios de inclusión, se menciona que, por la baja información, se decidió dejar artículos de operaciones vasculares para poder hacer el contraste con cirugía plástica (Figura 1).

Una vez completadas estas etapas, se procedió al análisis de los estudios seleccionados, evaluando su relevancia y contribución al tema de estudio. Este análisis se llevó a cabo con el objetivo de obtener una comprensión exhaustiva del uso de la espectroscopia de infrarrojo cercano en cirugía plástica y su comparación con otras áreas quirúrgicas.

Resultados

Ver recuadro y (Figura 2).

Discusión

La anestesiología ha ido avanzando hacia técnicas de monitorización que brindan cada vez mayor seguridad al paciente durante el acto quirúrgico. Es así, como la tecnología NIRS, ampliamente usada para monitorizar la oxigenación cerebral en pacientes neurocríticos, o en cirugías donde la presión de perfusión cerebral pueda verse comprometida, ha ido ganando

terreno en cirugías en que la perfusión tisular es un punto clave para el éxito del procedimiento como es la cirugía plástica. Su funcionamiento se basa en los cambios de las propiedades ópticas que ocurren en la hemoglobina cuando está unida al oxígeno dando un patrón de absorción para longitudes de onda específicas capaces de ser interpretadas para estimar el contenido total de hemoglobina en la microcirculación a través de parches que emiten una luz y un receptor que recibe las longitudes de onda específicas.

En cirugía plástica, la perfusión de los colgajos es sumamente relevante para garantizar la vitalidad del tejido, y su cicatrización. Parámetros clínicos pueden ser usados, sin embargo, siendo la tecnología NIRS una herramienta sensible y no invasiva, independiente del operador y fácil de gestionar, se debe considerar su uso para ofrecer mayor seguridad al paciente.

En el estudio liderado por Kumbasar DE^[2], se comparó el uso de la oximetría NIRS con la evaluación clínica en cirugías de reconstrucción mamaria utilizando colgajos libres. Se utilizó el sistema de monitorización de oximetría cerebral INVOS 7100 para monitorear la perfusión del colgajo durante 24 h después de la cirugía. Los resultados mostraron que la NIRS fue una herramienta altamente sensible y específica para la monitorización del colgajo, logrando una tasa de supervivencia del 100% para los colgajos. En esta misma línea, Marchesi A., y su equipo^[3] evaluaron la utilización de la tecnología NIRS para la evaluación inmediata de la vascularización del colgajo en cirugías de perforante pediculado. Encontraron que la NIRS

Autores	Principales objetivos	Diseño	Instrumento	Resultados
Kumbasar DE, Hagiga A, Dawood O, Berner JE, Blackburn A. Reino Unido, 2021	Evaluar la validez del uso de la oximetría NIRS para el seguimiento de los colgajos libres	Observacional de cohorte prospectivo	10 pacientes se sometieron a reconstrucción mamaria inmediata con cirugía de colgajo de perforador epigástrico inferior profundo (DIEP) (n = 4), reconstrucción tardía con cirugía de colgajo DIEP (n = 4), cirugía de colgajo transverso del gracilis superior (n = 1) y colgajo de dorsal ancho con liporelleno. (norte = 1). se utilizó el sistema de monitorización de oximetría cerebral INVOS 7100 (Medtronic, Dublín, Irlanda) para proporcionar una monitorización postoperatoria continua de 24 horas de la perfusión del colgajo y comparamos los datos con los hallazgos de la evaluación clínica	Según los resultados de este estudio, NIRS es una herramienta sensible no invasiva para la monitorización del colgajo. se logró una monitorización exitosa de los 10 colgajos realizados, durante las 24 h posteriores a la operación de los 10 participantes del estudio. La tasa de supervivencia global del colgajo fue del 100%. Los hallazgos del examen clínico, los estudios Doppler y el resultado quirúrgico fueron consistentes con la monitorización NIRS
Salgarello M, Pagliara D, Rossi M, Visconti G, Barone-Adesi L. Italia, 2018	Identificar las variables relacionadas con el paciente y el colgajo que pueden afectar la rSO ₂ para proporcionar una interpretación cuidadosa de los valores de oximetría en la toma de decisiones durante el seguimiento posoperatorio del colgajo	Estudio caso control	45 pacientes que se sometieron a reconstrucción mamaria con colgajo DIEP del Hospital Universitario Agostino Gemelli (Roma, Italia), desde enero de 2015 hasta enero de 2016. Se utilizó el sistema de Cámara infrarroja Photodynamic Eye para obtener imágenes fluorescentes de angiografía con verde de indocianina. El dispositivo de monitoreo utilizado es el Oxímetro Cerebral/Somático Somanetics INVOS 5100C (Covidien). También utilizamos el criterio de Akita como valor umbral. Se recogieron medidas iniciales de variables demográficas y antropométricas (edad, peso, altura, índice de masa corporal [IMC]) y factores del colgajo (peso del colgajo en gramos, área del colgajo de piel en centímetros	Se encontró una correlación lineal positiva entre los valores de rSO ₂ y el área del colgajo de piel, el número y el tamaño de los vasos perforantes. Se encontró una correlación lineal negativa entre los valores de rSO ₂ y el IMC y el tamaño del colgajo. Todas las correlaciones son estadísticamente significativas. A pesar de la correlación lineal negativa general entre los valores de rSO ₂ y el tamaño del colgajo, observamos una tendencia bimodal: una relación positiva hasta 800 g, que se invierte por encima de 800 g
Marchesi A, Garieri P, Amendola F, Marcelli S, Vaienti L. Italia, 2021	Utilizar la tecnología NIRS para la evaluación inmediata de la vascularización del colgajo y evaluar la capacidad de la NIRS inmediata para predecir la evolución clínica posoperatoria	Estudio de cohorte prospectivo	12 pacientes que requirieron un procedimiento reconstructivo con un colgajo de perforante fasciocutáneo pediculado desde marzo de 2017 hasta julio de 2018. Se midió la saturación de oxígeno capilar periférico del colgajo (SpO ₂) en cada paciente con un oxímetro cerebral/somático Somanetics INVOS 5100C (Medtronic), tanto antes como después de la transposición. Luego se registraron los datos demográficos de los pacientes, los datos operatorios y las complicaciones durante los siguientes 6 meses. Finalmente se analizaron los datos mediante la prueba de rangos con signos de Wilcoxon y la regresión lineal	NIRS es independiente del operador y fácil de gestionar, incluso por parte de no expertos. Con respecto a los colgajos libres, se ha informado que la NIRS es una técnica confiable para detectar con precisión disminuciones en la perfusión del colgajo. NIRS parece detectar el compromiso vascular de los colgajos libres antes de la monitorización clínica o Doppler [17], [18]. La NIRS intraoperatoria parece ser una herramienta útil para predecir problemas vasculares en los primeros minutos después de la inserción del colgajo. Una tasa de caída intraoperatoria en la proporción de SpO ₂ igual o superior al 15%-20% fue predictiva de complicaciones vasculares en los colgajos perforantes pediculados. La detección temprana de un problema vascular en los colgajos perforantes pediculados podría ayudar al cirujano a reducir la tasa de complicaciones

<p>Vretzakis G, Georgopoulou S, Stamoulis K, Tassoudis V, Mikroulis D, Giannoukas A, Tsilimingas N, Karanikolas M. Grecia, 2013</p>	<p>Investigar el valor de INVOS como parte del protocolo de transfusiones sanguíneas durante cirugías cardíacas</p>	<p>Ensayo clínico prospectivo, aleatorizado y ciego</p>	<p>150 pacientes de cirugía cardíaca separados en 2 grupos, uno compuesto por 75 personas monitorizadas por INVOS durante la cirugía cardíaca y 75 personas como grupo control que no fueron monitorizados por INVOS</p>	<p>Pacientes monitorizados por INVOS recibieron significativamente menos transfusiones sanguíneas. Fueron 51 de 75 pacientes del grupo monitorizado recibió transfusiones mientras que en el grupo control 63 de 75 pacientes recibieron transfusiones. Por lo que, INVOS podría ser una herramienta útil para guiar la decisión de administrar transfusiones de sangre en una cirugía cardíaca. Sin embargo, la cantidad de unidades de transfusiones no varía de manera significativa en ambos grupos</p>
<p>Ali Fuat Erdem, Gurkan Kayabasoglu, Ayca Tas Tuna, Onur Palabiyik, Yakup Tomak, Serbulent Gokhan Beyaz. Turquía, 2016</p>	<p>Investigar el efecto de la hipotensión controlada sobre la saturación de oxígeno cerebral (rSO₂) mediante espectroscopia de infrarrojo cercano. Evaluar la función cognitiva postoperatoria en pacientes sometidos a rinoplastia</p>	<p>Estudio de cohorte prospectivo</p>	<p>Pacientes de la sociedad estadounidense de Anestesiología (ASA) I que estaban programados para una rinoplastia electiva y requerían de hipotensión controlada Para medir su oxigenación cerebral en tiempo real, de forma continua y no invasiva, se utilizó el oxímetro INVOS 5100C</p>	<p>Se observó desaturación cerebral en 5 de 50 pacientes (10%) durante la anestesia con una mayor disminución del 28% respecto al valor inicial, cuando la PAM fue de 57 mmHg. Ningún caso se asoció a una reducción de la SpO₂ o de la Et-CO₂. Las puntuaciones de MMSE postoperatorias de pacientes con y sin desaturación cerebral, fueron significativamente más bajas que las preoperatorias. En pacientes sin desaturación la disminución fue del 4%, a diferencia de pacientes que desaturan donde hubo una disminución del 7%. De observó una disminución de la función cognitiva 1 día después de la cirugía en 23 pacientes (46%) y en todos los pacientes con desaturación cerebral intraoperatoria</p>
<p>Paloma Malagón, Rieka Taghizadeh, Laura Torrano, Jesús González. España, 2023</p>	<p>Proponer un protocolo estandarizado, objetivo y fácilmente reproducible para el monitoreo posoperatorio del colgajo libre con menos dependencia de la presencia permanente en el sitio de personal específico, utilizando un oxímetro continuo no invasivo y la exploración ecográfica como prueba confirmatoria. Evaluar el impacto clínico y utilidad en una unidad no especializada</p>	<p>Estudio caso control</p>	<p>Pacientes a los que se les realizó una reconstrucción con colgajo libre con paleta cutánea desde enero de 2019 hasta enero de 2021. Dentro de los criterios de exclusión están colgajos enterrados, colgajos musculares, seguimiento posoperatorio incompleto o seguimiento incompleto. El seguimiento fue realizado mediante un oxímetro INVOS 7100C: medtronic; Dublín, Irlanda) y una exploración ecográfica como prueba confirmatoria para detectar complicaciones posoperatorias tempranas</p>	<p>El oxímetro detectó una disminución significativa de rSO₂ en 22 colgajos libres (21,8). Sin embargo, sólo la mitad de ellos 11 colgajos libres 10,9% se confirma mediante examen ecográfico un compromiso vascular y se indicó revisión quirúrgica aún cuando el examen clínico no había sugerido ningún problema. En todas las reintervenciones la complicación se confirmó intraoperatoriamente (nueve trombosis/ insuficiencia venosa, un acomodamiento de arteria y un hematoma a tensión). El seguimiento postoperatorio de los colgajos libres mediante el oxímetro. NIRS tuvo una sensibilidad del 100% y una especificidad del 87,7% para detectar complicaciones tempranas. Sin embargo, la combinación de la NIRS y la exploración ecográfica como protocolo de seguimiento tuvo un mayor valor predictivo (sensibilidad del 100% y especificidad del 100%)</p>

<p>Claudia Claroni, Giulia Torregiani, Marco Covotta, Maria Sofra, Alessandra Scotto Di Uccio, Maria E. Marcelli, Alessia Naccarato & Ester Forastiere. Italia, 2016</p>	<p>Evaluar posible efecto protector de una técnica de anestesia balanceada, en comparación con una técnica de anestesia intravenosa total utilizando infusión controlada por objetivo, en condiciones de reperfusión isquémica, inevitablemente generada en pacientes sometidos cirugía reconstructiva con un colgajo microvascular</p>	<p>Estudio multicéntrico prospectivo aleatorizado</p>	<p>Pacientes ASA I/II candidatas a colgajos libres de perforante epigástrico inferior profundo (DIEP) para reconstrucción mamaria. Pacientes fueron divididas en 2 grupos: según técnica de anestesia balanceada (BAL) o técnica de anestesia intravenosa total con infusión controlada por objetivo (TCI), pero en ambos fueron premedicados con midazolam 0,01 mg/kg y la anestesia general fue inducida con fentanilo 3-5 mcg/kg, propofol 2 mg/kg y cisatracurio 0,07 mg/kg. El seguimiento estándar para todos los pacientes consistió en electrocardiograma continuo, frecuencia cardíaca (FC), medición de PA, oximetría de pulso (SpO₂), gases inspirados y espirados y capnometría. En todos los pacientes, se midió la oximetría tisular regional (rSO₂) empleando un monitor de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) con un sistema de espectroscopia óptica In- Vivo (INVOS*™, Covidien, Boulder, CO)</p>	<p>Existe un aumento significativo del valor promedio de rSO₂ medido con INVOS a las 4 h después de la cirugía en el grupo BAL. Existe una mejora en la oxigenación del colgajo con el pre acondicionamiento del sevoflurano, pero es un efecto limitado en el tiempo, y a medida que pasan las horas, el nivel de oxigenación de los tejidos vuelve a niveles comparables al de los tejidos no preacondicionados</p>
<p>Russo MF, Gentile P, Fenga M, Izzo S, Denaro F, Luka K, Frattaroli F, Costanzo A, Castagneto-Gissey L, Salvati B. Italia, 2023</p>	<p>Evaluar el desempeño de INVOS 4100 en predecir isquemia cerebral durante una endarterectomía carotídea</p>	<p>Estudio de cohorte prospectivo</p>	<p>41 pacientes sometidos a endarterectomía carotídea bajo anestesia general o regional con bloqueo cervical profundo y superficial. Se utilizó INVOS 4100 para medir rSO₂ durante el procedimiento</p>	<p>Se observó que la oximetría cerebral monitorizada por INVOS 4100 fue capaz de predecir eventos isquémicos con una sensibilidad del 98%, lo que podría contribuir en un diagnóstico inmediato y manejo intraoperatorio del evento isquémico</p>
<p>Chung J, Ji SH, Jang Ye, Kim EH, Lee JH, Kim JT, Kim HS. Korea, 2020</p>	<p>Comparar INVOS y 2 diferentes O₃ durante pruebas de oclusión vascular y evaluar la reactivación microvascular, con el objetivo de ver si son intercambiables durante operaciones</p>	<p>Estudio cohorte prospectivo</p>	<p>20 voluntarios sanos acostados en una habitación con temperatura constante en donde se les hizo la prueba de oclusión vascular y se midió la desoxigenación y la reoxigenación hasta que la saturación de oxígeno volvió a su valor base</p>	<p>Se concluyó que los valores máximos y mínimos de saturación de oxígeno fueron más altos en INVOS a diferencia de O₃. La tasa de desoxigenación también fue mayor en INVOS. Otros parámetros se mantuvieron similares. INVOS demostró una respuesta más rápida a los cambios de oxigenación y se puede atribuir a una mejor detección. Por las diferencias en las mediciones se concluyó que los aparatos no son intercambiables</p>
<p>Pascalino B. Romeo, Andrew Graham, Jaeme Zwart, Kristian Sørensen. Australia, 2020</p>	<p>Describir resultados del uso de INVOS como monitorización en cirugías de colgajo muscular</p>	<p>Ensayo clínico</p>	<p>5 pacientes sometidos a cirugía traumática de cadera, que requería de colgajos musculares para una adecuada resolución fueron evaluados con INVOS para observar resultados posteriores a la intervención</p>	<p>En todos los pacientes, las lecturas de referencia de monitorización INVOS fueron sobre 85, sin fluctuaciones importantes. No se observaron fallas en colgajos y los pacientes se recuperaron sin eventos adversos. Se considera que un método ideal de monitorización debe ser continuo, no invasivo, preciso y cuantitativo. Si bien el monitoreo INVOS ofrece estas características no es considerado perfecto ya que puede verse alterado por factores externos (luz ambiental), de todas formas, es un considerado un método de monitorización con gran potencial</p>

<p>Kurosaki Hiromichi, MD1, Misako Higuchi, MD, Rika Nogawa, MD, Tomoyuki Kawamata, MD, PhD. Japon, 2017</p>	<p>Evidenciar uso de monitorización NIRS para detección de cuadro de oclusión arterial aguda durante cirugía de revascularización de extremidad inferior</p>	<p>Reporte de caso</p>	<p>Paciente de 61 años sometido a cirugía de revascularización de extremidad inferior fue monitorizado en ambas extremidades durante la cirugía con NIRS (INVOS 5100C)</p>	<p>En conclusión, la medición de rSO₂ con NIRS en extremidad inferior fue útil para detectar episodios de oclusión arterial aguda durante cirugía de revascularización. Se considera que el monitoreo NIRS podría ser útil para evaluar revascularización de tejidos</p>
<p>Jildenstål P, Widarsson Norbeck D, Snygg J, Ricksten SE, Lannemyr L. Suecia, 2020</p>	<p>Estudio observacional prospectivo, unicéntrico, no invasivo</p>	<p>Se estudió la correlación entre la PAM y la saturación de oxígeno del tejido regional cerebral (rSO₂) durante la anestesia con sevoflurano en estado estacionario en bebés < 1 año de edad sometidos a cirugía de labio hendido y/o paladar hendido</p>	<p>Se incluyeron 15 niños menores de 1 año. Antes de la inducción de la anestesia, un sensor de monitor INVOSMT (Medtronic) se colocó sobre el lóbulo frontal cerebral para medir la oxigenación tisular regional (rSO frontal), se midió la presión arterial media y el CO₂ al final de la espiración. Se tomaron muestras de la concentración de sevoflurano y de la saturación de oxígeno arterial cada minuto después de la inducción. Se realizó un análisis de correlación de medidas repetidas para estudiar la correlación entre la presión arterial media y la rSO cerebral y el coeficiente de correlación de medidas repetidas (rhabitación) fue calculado</p>	<p>rSO cerebral mostró una correlación positiva significativa con la PAM (IC del 95%: 9,0-12,1), PAG < 0,001) con un tamaño del efecto de moderado a grande (rhabitación= 0,462, Figura 1), lo que sugiere una perfusión cerebral dependiente de la presión. El estudio destaca la importancia de mantener la PAM intraoperatoriamente en un nivel superior a 50 mm Hg para no poner en peligro la perfusión cerebral, ya que la autorregulación presión-flujo cerebral puede verse gravemente afectada con una PAM superior a 50 mm Hg, o, mejor dicho, que esté por debajo del límite autorregulador</p>

intraoperatoria parece ser una herramienta útil para predecir problemas vasculares en los primeros minutos después de la inserción del colgajo, lo que podría contribuir a reducir la tasa de complicaciones. Estos estudios destacan la importancia de la NIRS en la monitorización de la perfusión y la vascularización en cirugías estéticas y reconstructivas, proporcionando información crucial para la gestión de la perfusión sistémica y cerebral intraoperatoria y la prevención de complicaciones.

Dentro de sus limitaciones podríamos mencionar la sensibilidad a factores externos y la necesidad de validación adicional en diferentes contextos clínicos, además de su costo. Lo cual debe ser balanceado con el beneficio de contar con información en tiempo real sobre la perfusión de los tejidos que permite tomar conductas de forma precoz e individualizada a cada paciente, para lograr mejores resultados quirúrgicos.

Conclusión

Basado en los resultados presentados, se puede concluir que la metodología NIRS (espectroscopía de infrarrojo cercano) muestra un significativo potencial para su aplicación en cirugía plástica, especialmente, en el monitoreo de colgajos libres y en la evaluación de la perfusión tisular durante procedimientos quirúrgicos. La capacidad de este mecanismo para proporcionar mediciones continuas y no invasivas de la saturación de oxígeno en tejidos específicos (como el colgajo y el cerebro), permite una detección temprana de compromisos vasculares y una toma de decisiones más precisa durante la cirugía reconstructiva.

Los estudios revisados, muestran una correlación significa-

tiva entre los valores de rSO₂ (saturación regional de oxígeno) medidos por técnica de NIRS y diversos parámetros clínicos, como el área del colgajo, el número y tamaño de las perforantes, y el índice de masa corporal (IMC). Además, el uso de monitores que aplican la tecnología NIRS como método de medición, han demostrado ser útiles para predecir complicaciones postoperatorias, como la disminución de la función cognitiva y la necesidad de transfusiones sanguíneas, lo que resalta aún más su valor en la optimización de resultados y la reducción de riesgos en cirugías plásticas.

A pesar de las limitaciones potenciales, los estudios respaldan la utilidad de la espectroscopía de infrarrojo cercano como una herramienta complementaria en la práctica de la cirugía plástica. Su capacidad para proporcionar información en tiempo real sobre la perfusión tisular y la oxigenación podría mejorar, significativamente, la seguridad y los resultados de los procedimientos reconstructivos, lo que sugiere que la metodología NIRS tiene un papel prometedor en la cirugía plástica moderna.

Referencias

1. Heringlake M, Benhöfer H, Schemke S, Maurer H, Schmidt C, Scheeren T, Berggreen AE. Una comparación del oxímetro cerebral NeurOs® y el INVOS 5100C® durante las variaciones de la presión parcial del dióxido de carbono y la concentración inspiratoria fraccional de oxígeno. *J Clin Monit Comput.* 2023 Jun;37(3):735-742. <https://doi.org/10.1007/s10877-022-00963-6>. Epub 2023 6 de enero. PMID: 36607531.
2. Kumbasar DE, Hagiga A, Dawood O, Berner JE, Blackburn A. Monitoring Breast Reconstruction Flaps Using Near-Infrared

- Spectroscopy Tissue Oximetry. *Plast Surg Nurs*. 2021 Apr-Jun 01;41(2):108- <https://doi.org/10.1097/PSN.0000000000000380>. PMID: 34033637.
3. Marchesi A, Garieri P, Amendola F, Marcelli S, Vaianti L. Intraoperative near-infrared spectroscopy for pedicled perforator flaps: a possible tool for the early detection of vascular issues. *Arch Plast Surg*. 2021 Jul;48(4):457–61. <https://doi.org/10.5999/aps.2019.00311> PMID:34352960
 4. 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 Jul;34(6):383–8. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1636527> PMID:29672776
 5. Erdem AF, Kayabasoglu G, Tas Tuna A, Palabiyik O, Tomak Y, Beyaz SG. Effect of controlled hypotension on regional cerebral oxygen saturation during rhinoplasty: a prospective study. *J Clin Monit Comput*. 2016 Oct;30(5):655–60. <https://doi.org/10.1007/s10877-015-9768-6> PMID:26358703
 6. 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 Aug;83:334–42. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2023.04.029> PMID:37300973
 7. Vretzakis G, Georgopoulou S, Stamoulis K, Tassoudis V, Mikroulis D, Giannoukas A, et al. Monitoring of brain oxygen saturation (INVOS) in a protocol to direct blood transfusions during cardiac surgery: a prospective randomized clinical trial. *J Cardiothorac Surg*. 2013 Jun;8(1):145. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-145> PMID:23758929
 8. Claroni C, Torregiani G, Covotta M, Sofra M, Scotto Di Uccio A, Marcelli ME, et al. Protective effect of sevoflurane preconditioning on ischemia-reperfusion injury in patients undergoing reconstructive plastic surgery with microsurgical flap, a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol*. 2016 Aug;16(1):66. <https://doi.org/10.1186/s12871-016-0230-1> PMID:27549313
 9. Russo MF, Gentile P, Fenga M, Izzo S, Denaro F, Luka K, et al. Cerebral oximetry monitoring by means of INVOS-4100 as a predictor of ischemic events during carotid endarterectomy. *Front Surg*. 2023 Apr;10:1170019. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1170019> PMID:37114159
 10. Chung J, Ji SH, Jang YE, Kim EH, Lee JH, Kim JT, et al. Evaluation of Different Near-Infrared Spectroscopy Devices for Assessing Tissue Oxygenation with a Vascular Occlusion Test in Healthy Volunteers. *J Vasc Res*. 2020;57(6):341–7. <https://doi.org/10.1159/000510072> PMID:32894846
 11. Romeo PB, Graham A, Zwart J, Sørensen K. Near infrared spectroscopy; A novel application of INVOSTM for monitoring muscle only free flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2021 Mar;74(3):644–710. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2020.08.071> PMID:32883615
 12. Kurosaki H, Higuchi M, Nogawa R, Kawamata T. Detection of Acute Arterial Occlusion During Artery Bypass Surgery for a Lower Extremity by Monitoring Regional Saturation of Oxygen of the Sole of the Foot. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017 Dec;31(6):2167–9. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2017.03.003> PMID:28625753
 13. Jildenstål P, Widarsson Norbeck D, Snygg J, Ricksten SE, Lannemyr L. Cerebral autoregulation in infants during sevoflurane anesthesia for craniofacial surgery. *Paediatr Anaesth*. 2021 May;31(5):563–9. <https://doi.org/10.1111/pan.14146> PMID:33527559