



## Trabajo de monografía

# REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA

## **“Valoración de la microcirculación mediante espectroscopía cercana al infrarrojo somático con test de oclusión vascular en pacientes quirúrgicos adultos”**

Barragán, Cristina<sup>1</sup>  
Gabrielli, Valentina<sup>1</sup>  
García, Ezequiel<sup>1</sup>  
Lemos, Jonathan<sup>1</sup>  
Schiavi, Felipe<sup>1</sup>  
Villegas, Ancevi<sup>1</sup>

Bouchacourt, Juan<sup>2</sup>  
Calviño, Jimena<sup>2</sup>  
Monteiro, Mariana<sup>2</sup>  
Riva, Juan<sup>2</sup>

### Afiliaciones:

- <sup>1</sup>Ciclo de Metodología científica II 2021-Facultad de Medicina - Universidad de la República, Uruguay.
- <sup>2</sup> Departamento de Anestesiología - Facultad de Medicina - Universidad de la República, Uruguay.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Resumen</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Metodología</b>	<b>7</b>
<b>Resultados</b>	<b>16</b>
<b>Discusión</b>	<b>18</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>20</b>
<b>Referencias</b>	<b>20</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>23</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Parámetros de medición del test de oclusión vascular</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2: Flujograma de la metodología de búsqueda</b>	<b>9</b>

## **Resumen**

---

Introducción: el estudio de los parámetros microcirculatorios complementa a los clásicos parámetros macro hemodinámicos y en pacientes críticos cobran especial relevancia como indicadores de perfusión tisular.

Justificación del estudio: los pacientes que se someten a cirugía están expuestos a diversos riesgos asociados a sus comorbilidades, el procedimiento quirúrgico y a la inducción y mantenimiento de la anestesia. Radica aquí la importancia de la monitorización del estado hemodinámico con el objetivo de guiar la terapéutica para mantener funciones vitales. En general se hace a través del control estricto de parámetros macrocirculatorios tales como frecuencia cardíaca (FC), presión arterial (PA) y saturación arterial de oxígeno, los cuales en determinados contextos clínicos no son representativos del estado microcirculatorio. Es así que se presenta el concepto “pérdida de coherencia hemodinámica”, sustrato fisiopatológico de la hipoperfusión e hipoxia tisular pese a parámetros hemodinámicos sistémicos normales.

Objetivo del estudio: conocer a través de la revisión bibliográfica el aporte del estudio de la microcirculación como objetivo terapéutico y su valor pronóstico en pacientes quirúrgicos.

Palabras clave: NIRS, microcirculación, cirugía, VOT y anestesia.

## **Abstract**

---

Introduction: the study of microcirculatory parameters complements the classic macrohemodynamic parameters and in critical patients they take on a special relevance as indicators of tissue perfusion.

Justification of the study: patients who undergo surgery are exposed to various risks associated with their comorbidities, the surgical procedure, and the induction and maintenance of anesthesia. Herein lies the importance of hemodynamic status monitoring in order to guide therapy to maintain vital functions. In general, it is done through the strict control of macrocirculatory parameters such as heart rate (HR), arterial pressure (AP) and arterial oxygen saturation, which in certain clinical contexts are not representative of the microcirculatory state. Thus, the concept of "loss of hemodynamic coherence" is presented, a pathophysiological

substrate for hypoxia and tissue hypoperfusion despite normal systemic hemodynamic parameters.

Objective of the study: to assess through this bibliographic review the contribution of the study of the microcirculation as a therapeutic objective and its prognostic value in surgical patients.

Keywords: NIRS, microcirculation, surgery, VOT, anesthesia.

## **Introducción**

---

La microcirculación es el sector del sistema circulatorio responsable de llevar a cabo el intercambio gaseoso de todos los tejidos. La misma se compone de una compleja red de vasos sanguíneos que no superan las 200 micras de diámetro. Se estima que de toda la microcirculación, el 70% son vénulas, 20%, arteriolas y 10% capilares.

Dentro de ciertos límites, la microcirculación posee la capacidad de autorregulación frente a diferentes estímulos extrínsecos (cambios macrovasculares, estímulos neuronales) o intrínsecos (demanda metabólica). Las arteriolas son responsables de mantener el tono vascular, controlando el flujo sanguíneo. Los capilares, a través de su endotelio, ejercen un rol de intercambiador, aportando oxígeno y recogiendo productos desechados por el metabolismo celular. Estos capilares convergen en vénulas, donde se producen cambios de permeabilidad vascular.<sup>20</sup>

Para valorar estos cambios, se dispone de múltiples tecnologías, que podemos dividir en métodos directos e indirectos. Los directos, tales como videomicroscopía observan el árbol microvascular. Los métodos indirectos son aquellos que utilizan la medición de la saturación tisular de oxígeno como indicador del flujo microcirculatorio, dentro de los cuales se encuentra la espectroscopía cercana al infrarrojo o NIRS por sus siglas en inglés.<sup>21</sup>

La saturación de oxígeno tisular regional se puede considerar como un multiparámetro influido por la oxigenación, hemoglobina, perfusión regional y metabolismo.<sup>21</sup> Las alteraciones microcirculatorias pueden ser evaluadas por parámetros tales como: lactato, StO<sub>2</sub>, u otras medidas derivadas de la gasometría arterial como el exceso de bases. Sin embargo estas son un reflejo tardío de las alteraciones microvasculares y no son específicas, dado que se ven influidas

por otras variables que podrían ser independientes al acto quirúrgico, como lo es el terreno del paciente.

Las alteraciones microcirculatorias pueden no ser detectadas o lo son tardíamente, antes que se generen repercusiones en la macrohemodinamia. Sin embargo, en la práctica clínica se monitorean las variables macrohemodinámicas con mayor frecuencia que la microhemodinamia.

De estar instalada la incoherencia macro-microhemodinámica la optimización de los parámetros sistémicos no sólo no serán útiles para corregir las alteraciones microcirculatorias sino que pueden deteriorarla aún más.

#### Espectroscopia cercana al infrarrojo.

El NIRS es una herramienta no invasiva que permite medir la saturación de oxígeno tisular. Existen dos tipos; cerebral y somático, el primero con demostrada aplicabilidad en el campo quirúrgico (entre otros) mientras que el somático se encuentra en período de evaluación en cuanto a su rol en la práctica clínica, con heterogéneos resultados hasta el día de hoy.

La espectroscopia cercana al infrarrojo se utilizó por primera vez en 1977 para monitorizar la saturación de oxígeno cerebral y tisular, desde entonces esta técnica ha tenido grandes avances en su desarrollo e implementación.<sup>20</sup>

El NIRS mide la saturación de oxígeno a través de una luz emitida por la sonda de un espectrómetro a una longitud de onda cercana al infrarrojo (700 a 1300 nm). La profundidad de penetración promedio es generalmente la mitad de la distancia entre la fuente de luz y el detector.<sup>21</sup> Esta luz es parcialmente absorbida por cromóforos como la hemoglobina, citocromos y bilirrubina y reflejada hacia la sonda. Los valores de absorbancia son procesados y según la Ley de Beer-Lambert, estiman la concentración de oxihemoglobina y desoxihemoglobina contenida en los vasos de menos de 1mm de diámetro, presentes en la epidermis, pániculo adiposo subcutáneo y músculo esquelético.<sup>19</sup> Calculando la diferencia de luz emitida y la captada por el receptor, obtenemos un valor correspondiente a oxigenación tisular.

La luz emitida por el NIRS no es absorbida únicamente por la hemoglobina, el espectro de la hemoglobina y la mioglobina no se distinguen entre sí y ambas se encuentran en iguales cantidades en el músculo esquelético, lo que resulta en que un descenso de la hemoglobina puede pasar desapercibido en las lecturas del NIRS.

A nivel tisular periférico, se prefieren como sitios de medición aquellos territorios de escaso pániculo adiposo y baja posibilidad de desarrollar edema, como la eminencia tenar, la cara

anterior del antebrazo o la cara posterior de la pierna. De esta manera se disminuyen las diferencias interindividuales, determinando que las mediciones sean comparables entre sí.<sup>18</sup>

Las ventajas que presenta el monitoreo NIRS incluye la conveniencia, confiabilidad, no invasividad y resulta una buena herramienta para medir parámetros microcirculatorios a nivel global.

Una forma de aumentar la capacidad de valoración de la microcirculación a través del NIRS es asociándolo con el test de oclusión vascular.

#### Test de oclusión vascular

El VOT consiste en una maniobra que busca generar una situación de isquemia- reperfusión transitoria mediante la oclusión del flujo sanguíneo. Esto permite, junto con el NIRS, evaluar de forma indirecta la perfusión tisular y la capacidad de respuesta de la microcirculación.

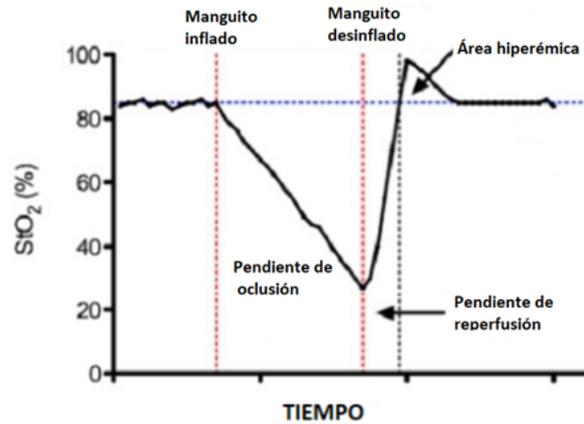
Los lugares de preferencia para realizar esta prueba son el brazo, antebrazo y muslo. La oclusión se obtiene por medio de un manguito neumático que se insufla a una presión variable de entre 30 a 50 mmHg por encima de la presión arterial sistólica, para asegurar que el flujo sanguíneo arterial y venoso se impida por completo. No hay una protocolización de dicho test, pudiendo realizarse con un objetivo de tiempo (por ejemplo 3 a 5 minutos) o hasta lograr una StO<sub>2</sub> determinada, habitualmente 40%.

El procedimiento comienza por definir una línea de base establecida por la escasa variabilidad de la StO<sub>2</sub> sostenida en el tiempo. A continuación se insufla el manguito neumático generando isquemia hasta el objetivo pautado para posteriormente liberarlo y dar lugar a la reperfusión.

Si graficamos StO<sub>2</sub> en función de tiempo, la etapa isquémica corresponde a la pendiente de desaturación que refleja la extracción tisular de oxígeno. Por otra parte, la etapa de reperfusión se representa en la pendiente de resaturación, definida como el tiempo que tarda en alcanzar la línea de base desde el mínimo valor de StO<sub>2</sub>. Esta etapa evidencia el reclutamiento de capilares cerrados, por lo que muchos consideran que es el parámetro más importante a medir. Por último se observa un área hiperémica que sobrepasa el nivel basal de StO<sub>2</sub>. (Fig.1)

De este modo el test de isquemia reperfusión reproducible para inducir una hiperemia reactiva se ha probado como un método fiable para evaluar la perfusión tisular y la vasorreactividad de la microcirculación periférica.

A nivel molecular, la isquemia estimula la liberación endógena de óxido nítrico (NO) desde el endotelio microvascular, produciendo vasodilatación e hiperemia reactiva que parece estar modulado por alteraciones en la disponibilidad de NO.<sup>5</sup> La pendiente de resaturación refleja el reclutamiento microvascular por el NO y la prostaciclina. Se vio que a mayor duración de la isquemia, mayor hiperemia reactiva, sin embargo, la respuesta vasodilatadora máxima se logra a los pocos minutos del comienzo de la reperfusion.<sup>19</sup>



Parámetros de medición del test de oclusión vascular (StO<sub>2</sub> es saturación de oxígeno del tejido) Fig. 1

La realización del VOT elimina la variable flujo sanguíneo, ya que ésta es controlada mediante su oclusión, determinando que la resaturación dependa únicamente de variables como el desequilibrio metabólico, la ultraestructura microvascular y el consumo de oxígeno. El aumento en el tiempo de recuperación de la isquemia puede deberse a la reducción del flujo sanguíneo capilar pero también al daño sustancial de la estructura de los capilares.<sup>19</sup>

El objetivo de este estudio es realizar una revisión bibliográfica sobre la utilidad de la técnica de NIRS empleada junto con VOT en pacientes adultos sometidos a cirugía, para evaluar la indemnidad microcirculatoria, su asociación a otros parámetros hemodinámicos medidos habitualmente, y como predictor de evolución y complicaciones postquirúrgicas.

## Metodología

---

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, Cochrane, Timbó y Lilacs. Para la búsqueda se emplearon los términos MESH: near infrared

spectroscopy, surgery, adults. Cabe mencionar que en Timbó se utilizaron además como términos microcirculation y vascular occlusion test para reducir una búsqueda muy extensa.

Se incluyeron todos aquellos artículos que se desarrollaron en una población de adultos (mayores de 18 años) coordinados para cirugía, donde se empleó el NIRS somático como método de medición y se analizó su impacto en la evolución de los pacientes y/o las medidas terapéuticas. Se incluyeron aquellas publicaciones realizadas desde el año 2004, ya que a partir del mismo se implementa la utilización del VOT.

Se excluyeron los trabajos que no cumplían con los criterios de inclusión, que utilizaron el NIRS a nivel cerebral exclusivamente, o que se desarrollan en pacientes críticos no quirúrgicos. El idioma no constituyó una barrera para la selección de artículos.

En cuanto a la búsqueda y selección, se procedió de la siguiente manera: la búsqueda fue realizada por todos los integrantes del equipo, obteniendo así 562 artículos. A continuación se llevó a cabo la lectura de los resúmenes de estos artículos, y se seleccionaron aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión, con los objetivos e incluyeran el término vascular occlusion test (VOT) como técnica para valoración de la microcirculación, ya que no se encuentra como término MESH. De este modo, se seleccionaron 21 artículos que se recuperaron en su versión completa. Se procedió a su lectura por dos de los autores que evaluaron la pertinencia de los mismos. En los casos donde surgieron discrepancias o dudas sobre su inclusión, se discutió con los tutores referentes, seleccionando 9 artículos.

Por último, se incluyeron 8 trabajos citados en la bibliografía de los artículos seleccionados, sumando finalmente 17 artículos a analizar. (Fig. 2)

Para el procesamiento de datos se elaboró una tabla comparativa (Tabla 1), exponiendo los siguientes criterios: objetivos, metodología (número de la muestra poblacional, el tipo de cirugía, el NIRS empleado y su lugar de medición, y cómo se realizó el VOT), resultados obtenidos y conclusiones.

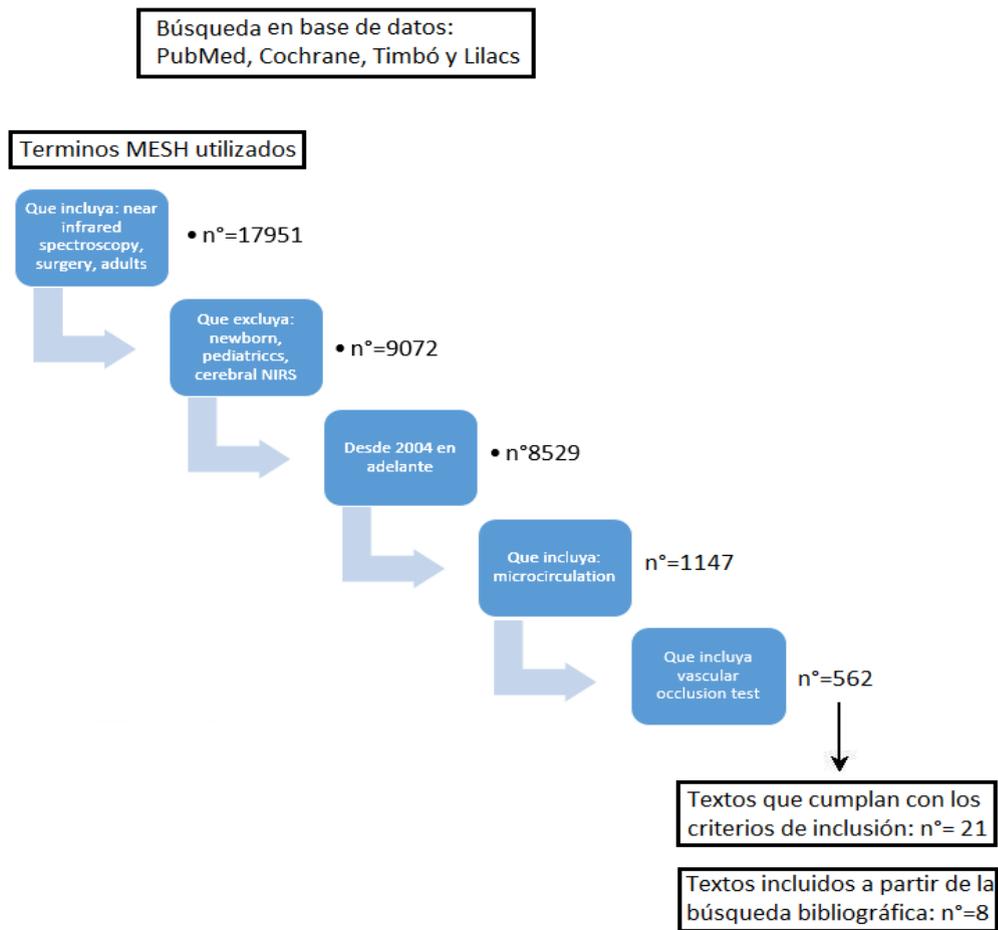


Fig. 2 Flujoograma de la metodología de búsqueda.

Tabla 1. Tabla comparativa de bibliografía.<sup>1-17</sup>

	Título	Autor/Año	Diseño estudio	Objetivos	Tipo Cx / tipo de paciente	Metodología	Otros parámetros medidos	Resultados	Conclusiones
1	Disfunción microcirculatoria durante la cirugía cardíaca: interés de la técnica NIRS en dos casos clínicos.	Bouchet et al. (2011).	Caso clínico.	Reportar los beneficios de utilizar StO2 con VOT en el perioperatorio	Cirugía de revascularización miocárdica con CEC. Complicaciones: shock cardiogénico y hemorragia en el caso 1 y 2 respectivamente.	Reporte de 2 casos clínicos. Medición continua de StO2. VOT intra y postoperatorio, por objetivo de StO2. NIRS Inspectra modelo 650 Hutchinson Technology.	PAM, saturación de oxígeno y lactato sérico.	Los parámetros de NIRS y VOT se modificaron durante la CEC y el postoperatorio inmediato constatando disminución de StO2 y la pendiente de resaturación. En el caso 1 los valores de lactato no se vieron afectados, sin embargo en el caso 2 aumentó tardíamente su concentración.	Las mediciones derivadas del NIRS con VOT fueron útiles para el diagnóstico de disfunción microcirculatoria en el contexto de estos pacientes.
2	Espectroscopía cercana al infrarrojo para evaluar la disfunción microvascular: un estudio piloto prospectivo en pacientes de cirugía cardíaca.	Monthé-Sagan et al. (2015).	Observacional prospectivo.	Determinar si el NIRS asociado a VOT pueden evaluar de forma fiable la disfunción microvascular postoperatorio en cirugía cardíaca.	Cirugía cardíaca con CEC.	N= 22 pacientes sometidos a cirugía cardíaca y 10 voluntarios sanos. VOT en el pre y post operatorio, objetivo por StO2 o tiempo en brazo. NIRS Equanox Advance modelo adulto 8004CA en el antebrazo.	Hemoglobine.mia, temperatura, oxigenación arterial y hemodinamia.	No se detectaron diferencias en los parámetros basales de NIRS entre los grupos. Los valores de rStO2 aumentan transitoriamente en el postoperatorio concomitantemente a variaciones de la Hb, temperatura, oxigenación arterial y frecuencia cardíaca.	El NIRS en combinación con VOT mostraron cambios postoperatorios transitorios, pero no pudo identificar la disfunción microvascular inducida por el CEC ni predecir la necesidad de norepinefrina.
3	Cambios en la saturación de oxígeno de los tejidos durante el enclavamiento intramedular de fracturas de miembros inferiores.	Enninghorst et al. (2012).	Observacional prospectivo.	Caracterizar los cambios de oxigenación tisular que se producen durante el enclavamiento intramedular.	Cirugía ortopédica.	N= 42 pacientes: 23 pacientes sometidos a enclavamiento intramedular y 19 pacientes grupo control. VOT pre e intraoperatorio en brazo, con objetivo por StO2 o tiempo. NIRS modelo 650; Hutchinson technology en la eminencia tenar.	Parámetros hemodinámicos generales, gases en sangre y de laboratorio (ej. lactato).	La StO2 y el consumo de oxígeno no difirió entre ambos grupos después de la inducción. Después del enclavamiento, la pendiente de desaturación disminuyó significativamente más rápido en comparación con el grupo de control.	Se evidenció que el enclavamiento intramedular produce una alteración en la microcirculación.

4	Cambios en la saturación de oxígeno de los tejidos y complicaciones postoperatorias en la cirugía cardíaca: un estudio observacional prospectivo.	Scolletta et al (2019).	Observacional prospectivo.	Evaluar si las alteraciones de los parámetros derivados del NIRS podrían estar asociadas a las complicaciones postoperatorias en pacientes de cirugía cardíaca.	Cirugía cardíaca CEC.	N= 90 pacientes. El VOT se realizó en el pre y postoperatorio, con objetivo por tiempo. NIRS InSpectra modelo 650; Hutchinson Technology en la eminencia tenar.	Lactato, hematocrito, glucosa en sangre, SvO <sub>2</sub> , IC, Extracción de O <sub>2</sub> .	Se detectó un índice de extracción tisular de O <sub>2</sub> disminuido que se evidenció por una mayor pendiente de oclusión, entre otros. La pendiente de resaturación también se vio reducida en el post operatorio. No hubo diferencias significativas entre los diferentes grupos.	La reactividad microvascular y la extracción de oxígeno tisular se redujeron durante las primeras horas luego de la cirugía. Los parámetros del NIRS no fueron capaces de predecir complicaciones.
5	Una nueva evaluación de la vasorreactividad microcirculatoria de los tejidos periféricos mediante pruebas de oclusión vascular durante el bypass cardiopulmonar.	Smith et al. (2014).	Observacional prospectivo.	Determinar si las diferencias en la función microcirculatoria y la vasorreactividad puede medirse en la cirugía cardíaca utilizando NIRS y el VOT.	Cirugía cardíaca CEC.	N= 13 pacientes. VOT en el brazo y por objetivo de tiempo, pre e intraoperatorio. NIRS: Inspectra 650 Hutchinson Technology en eminencia tenar.	Saturación venosa de oxígeno, hematocrito, PA, temperatura y lactato.	Progresiva disminución de la pendiente de resaturación con la duración de CEC, sin diferencias significativas pre y post CEC. Parámetros afectados volvieron a lo basal luego de una hora de terminar el CPB.	Se demostró un deterioro de la reactividad microvascular periférica que se acentúa más conforme aumenta la duración de la CEC La alteración de la pendiente se reperusión se correlacionó débilmente con otros parámetros.
6	NIRS para evaluar la microcirculación durante la cirugía ginecológica laparoscópica bajo anestesia combinada anestesia combinada espinal-general o anestesia general sola: un ensayo controlado aleatorizado.	Zdravkovic et al (2019).	Ensayo clínico aleatorizado.	Comparar los efectos microcirculatorios de anestesia general y la combinación espinal-general en cirugía laparoscópica ginecológica.	Cirugía ginecológica laparoscópica electiva.	N= 102 pacientes aleatorizadas en tres grupos. Se realizaron VOT en el pre e intraoperatorio en el brazo y en el muslo, con objetivo por tiempo NIRS SomaSensor SAFB-SM en el antebrazo y en la pantorrilla.	ECG, oximetría de pulso y PA no invasiva.	Para la pantorrilla antes de la inducción de anestesia general los pacientes con bloqueo neuraxial mostraban una rStO <sub>2</sub> mas rapida, la anestesia general eliminó esta diferencia causando una rStO <sub>2</sub> similarmente reducida en los tres grupos.	Durante la laparoscopia ginecológica las pacientes muestran un deterioro de la función microcirculatoria de la pantorrilla, pero mantienen la del antebrazo.

7	Reactividad microvascular, evaluada por NIRS y VOT, asociado con los resultados de los pacientes tras la cirugía cardíaca.	Butler et al. (2018).	Observacional prospectivo.	Evaluar el deterioro microvascular postquirúrgico y su relación con el soporte ventilatorio y la estancia hospitalaria.	Cirugía cardíaca.	N = 69 pacientes. VOT con objetivo por tiempo en el postoperatorio NIRS Casmed en la eminencia tenar y/o en el antebrazo.	PAM, PVC, Índice Cardíaco, Resistencia vascular sistémica, temperatura, hemoglobina, SaO2, PaO2, pH arterial, Déficit base arterial, lactato arterial y SvO2.	Una pendiente de resaturación al ingreso más alta y lactato arterial más bajo se asociaron a un menor requerimiento de ventilación mecánica. Una pendiente de desaturación alta se asoció con estadía hospitalaria prolongada y una pendiente de resaturación alta a estadías en UCI menos prolongadas.	Las variables derivadas del NIRS y VOT en el postoperatorio temprano, se asociaron con el requerimiento de ventilación mecánica prolongada, la duración de estadía en UCI y en el hospital.
8	La medición de la microcirculación con una prueba de oclusión vascular durante la anestesia con desflurano-remifentanilo es superior a la de la anestesia con propofol-remifentanilo en pacientes sometidos a cirugía torácica: análisis de subgrupos de un estudio aleatorio prospectivo.	Cho et al. (2016).	Ensayo clínico aleatorizado.	Comparar los efectos de dos técnicas anestésicas sobre la saturación de oxígeno tisular mediante un VOT en pacientes sometidos a cirugía toracoscópica.	Lobectomía toracoscópica videoasistida que requiere OLV.	N= 100 pacientes, se dividieron en dos grupos, en uno se administró desflurano-remifentanilo y en otro propofol-remifentanilo. El VOT se realizó en el brazo por objetivo de StO2, en el pre, intra y postoperatorio NIRS modelo 650 Hutchinson Technology en la eminencia tenar.	Lactato, exceso de base, pH, PAM.	Los valores basales fueron similares entre los grupos. La pendiente de restauración fué mayor en el grupo de desflurano que en el de propofol. La pendiente de desaturación no difirió entre los grupos durante la cirugía.	La anestesia con desflurano-remifentanilo se asoció a un mejor estado microcirculatorio que la anestesia con propofol remifentanilo.
9	Cambios en la microcirculación sublingual tras la cirugía aórtica bajo anestesia balanceada o anestesia intravenosa total: un estudio prospectivo observacional.	Loggi et al (2019).	Observacional prospectivo.	Explorar los cambios en la perfusión microvascular bajo anestesia equilibrada o intravenosa total.	Reparación aórtica por cirugía aorta abdominal infrarrenal abierta.	N = 40 pacientes, 20 recibieron anestesia balanceada (desflurano-remifentanilo) y el resto TIVA (propofol-remifentanilo). VOT realizados en el pre y postoperatorio en el antebrazo, con objetivo por StO2. NIRS InSpectra modelo 650 Hutchinson Technology en la eminencia tenar.	Lactato, exceso de bases, hemoglobina, saturación venosa central de oxígeno, índice cardíaco, PAM.	La StO2 no varió en lo basal con respecto al postoperatorio. La pendiente descendente 1 aumentó en el grupo de TIVA, en cambio en el grupo de anestesia balanceada permaneció estable.	El uso de anestesia balanceada se asoció a un aumento de la reactividad microvascular, mientras que esta permaneció inalterada en el grupo con anestesia intravenosa total.

10	Capacidad de respuesta de los fluidos después de la cirugía cardíaca, un estudio observacional prospectivo utilizando NIRS.	Butler et al.(2017).	Estudio de cohorte observacional, prospectivo y unicéntrico.	Describir los cambios en las variables NIRS después de una expansión de volumen en pacientes post quirúrgicos y determinar si tales cambios están asociados a la respuestas a fluidos.	Cirugía cardíaca.	N= 76 pacientes. El VOT se realizó en brazo con objetivo de StO <sub>2</sub> , antes y después de una administración de volumen. NIRS CAS Medical Systems Inc en la eminencia tenar y/o en el antebrazo.		Se utilizaron 203 bolos en el grupo tenar y 141 en el antebrazo. El 25% de los bolos aumentaron el gasto cardíaco donde se observaron cambios en la StO <sub>2</sub> . Los respondedores al volumen presentaron una disminución de la pendiente de desaturación en ambos sitios, a diferencia de los no respondedores, en quienes aumentó la tenar pero no en el antebrazo. Existe correlación entre StO <sub>2</sub> y la SVC y SV mixta. La pendiente de desaturación elevada responde mejor a los volúmenes.	Las variables NIRS se asociaron con la capacidad de respuesta al volumen aunque no lograron la precisión necesaria para el manejo clínico.
11	Reactividad microvascular y resultados clínicos en cirugía cardíaca.	Kim et al (2015).	Observacional prospectivo.	Investigar la reactividad microvascular en pacientes sometidos a cirugía cardíaca y evaluar cualquier asociación con los resultados clínicos.	Cirugía cardíaca y de aorta torácica.	N= 232 pacientes. VOT en el pre y postoperatorio, se realizó en el brazo con un objetivo por StO <sub>2</sub> NIRS InSpectra modelo 650 Hutchinson Technolog en la eminencia tenar.	Presión venosa central, frecuencia cardíaca, PA, índice cardíaco, nivel de troponinas, lactato sérico.	Los parámetros no variaron entre pacientes con y sin CEC. La pendiente de resaturación disminuyó al final de la cirugía, ésta difirió entre pacientes con y sin complicaciones. Los niveles de lactato y la duración de la cirugía fueron correlacionados a la pendiente de resaturación en el día 1 postoperatorio. La estadía hospitalaria fue mas largo en aquellos pacientes con una tercil menor de esta pendiente	La reactividad microvascular disminuye durante la cirugía cardíaca y se recupera en 1er día postoperatorio. La resaturación posoperatoria está relacionada con los resultados en pacientes con cirugía cardíaca.
12	Microcirculación tisular medida por prueba de oclusión vascular durante la inducción de la anestesia.	Kim et al (2015).	Observacional prospectivo.	Evaluar microcirculación durante la inducción de la anestesia.	Cirugía cardíaca.	N= 50 pacientes. VOT intraoperatorios en brazo, con objetivo por StO <sub>2</sub> . NIRS InSpectra modelo 650 (Hutchinson Technology Inc) sobre la eminencia tenar.	FC, PA, índice cardíaco, temperatura a nivel del dedo medio y del antebrazo, y StO <sub>2</sub> cerebral.	La pendiente de desaturación se incrementó entre tests de oclusión, así como la pendiente de resaturación. Esta última se correlaciona con parámetros de perfusión periférica.	Durante la inducción anestésica, la PA y temperatura antebrazo-dedo disminuyeron mientras que la oximetría cerebral y la pendiente de resaturación aumentaron.

13	Microcirculación y microcirculación en pacientes quirúrgicos cardíacos.	Tripodaki et al. (2012).	Observacional prospectivo.	Investigar la relación entre alteraciones microcirculatorias, macrohemodinamia e índices globales de perfusión de órganos en pacientes post quirúrgicos cardíacos	Cirugía cardíaca con CEC.	N= 23 pacientes. VOT postoperatorios en el brazo, con objetivo por tiempo (3 minutos). NIRS empleado: InSpectra; Hutchinson colocado en la eminencia tenar.	Lactato, tasa de consumo de oxígeno, tasa de reperfusión.	La pendiente de resaturación fue menor en los pacientes no supervivientes. Se encontró una correlación significativa entre el índice cardíaco y parámetros microcirculatorios	La microcirculación medida de esta manera se relaciona con la macrohemodinamia y los índices globales de perfusión de órganos.
14	Reactividad microvascular monitoreada con NIRS se ve afectada después de la inducción de la anestesia en pacientes de cirugía cardíaca.	Vandenbulcke et al. (2017).	Observacional prospectivo.	Evaluar los efectos de la inducción de anestesia basada en opioides en la reactividad microvascular.	Cirugía cardíaca.	N= 35 pacientes. VOT en el intraoperatorio, en el brazo por objetivo de tiempo. El NIRS Forsight Elite, colocado en la eminencia tenar.	Lactato	El índice de desaturación fue más lento y la StO2 mínima más alta luego de la inducción de anestesia. Los tiempos de recuperación fueron significativamente más largos y la recuperación significativamente más lenta.	Este estudio demuestra que la inducción de anestesia basada en opioides resulta en peor reactividad microvascular
15	El cambio de espectroscopia cercana al infrarrojo tisular no se correlaciona con el resultado de los pacientes en electiva cirugía cardíaca.	Morel J. et al. (2014).	Observacional prospectivo.	Evaluar la microcirculación en pacientes con alto riesgo de desarrollar una respuesta inflamatoria sistémica en cirugía cardíaca y correlacionar dichos datos con disfunción orgánica.	Cirugía cardíaca con CEC.	N= 40 pacientes. VOT en brazo con objetivo por StO2, en el pre, intra y postoperatorio. NIRS InSpectra modelo 325 Hutchinson Technology localizado en la eminencia tenar.	Lactato, hemoglobina, temperatura, SvO2 IC, PAM, interleuquina-6.	La pendiente de resaturación cayó luego de iniciado la CEC. Esta y la StO2 se mantuvieron disminuidos en el postquirúrgico. A partir de las 12 hs estos valores fueron similares a los basales. No se asoció con el tiempo de estadía en UCI ni el score SOFA.	La StO2 y la pendiente de reperfusión se alteran significativamente. Estos parámetros no se asociaron con los otros parámetros estudiados. No fueron útiles para predecir el tiempo de estadía en UCI o el grado de disfunción orgánica.

16	El impacto de la inducción con anestesia general y un test de oclusión vascular en los parámetros derivados de la saturación tisular de oxígeno en pacientes de alto riesgo quirúrgico.	Bernet et al. (2011).	Observacional prospectivo.	Estudiar los efectos de la anestesia general sobre la StO2 y sus parámetros derivados durante VOT en pacientes remitidos para cirugía cardíaca.	Cirugía cardíaca.	N= 30 pacientes, 15 pacientes quirúrgicos y un grupo de 15 voluntarios sanos. VOT pre, intra y postoperatorio en antebrazo, con un objetivo por StO2 NIRS Inspectra modelo 325 Hutchinson Technology en eminencia tenar.	FC, PAM, SvO2, GC, presión venosa central, lactato, exceso de bases, gradiente de presión arteriovenosa, hemoglobina y temperatura .	Los voluntarios sanos tenían una pendiente de resaturación mayor. La inducción de la anestesia general no indujo ningún cambio en la StO2. Se observó una disminución de la pendiente de desaturación y en la pendiente de resaturación.	Los parámetros microcirculatorios se ven afectados por la inducción de anestesia general.
17	Uso de la espectroscopia cercana al infrarrojo durante una prueba de oclusión vascular para evaluar la respuesta microcirculatoria durante la reposición de fluidos.	Futier et al. (2011).	Observacional prospectivo.	Evaluar los cambios dinámicos StO2 durante la hipovolemia y en respuesta a la expansión de volumen.	Cirugía abdominal mayor.	N= 24 pacientes con hipovolemia, que requirieron bolos de fluido. VOT en el brazo con un objetivo por StO2, haciéndose medidas antes y después de la administración de volumen. NIRS InSpectra modelo 650 Hutchinson Technology en la eminencia tenar.	PAS, PAD, PAM, FC, volumen sistólico y gasto cardíaco.	En cuanto a la microcirculación, la hipovolemia de asocio con una reducción de la pendiente de resaturación. La StO2 no varió tras la administración de anestesia, y tampoco frente a la expansión de volumen. No se encontraron diferencias en las pendientes de desaturación entre los pacientes que tuvieron respuesta al volumen y los que no. En todos los casos, la expansión de volumen resultó en un aumento en la pendiente de resaturación.	La hipovolemia afecta significativamente la microcirculación. Restaurar el volumen intravascular efectivo mejora significativamente la StO2 y la pendiente de resaturación, a pesar de los cambios aparentemente ineficaces en la hemodinámica sistémica.

## Resultados

---

Una vez leídos los textos en su versión completa, 9 se adherían a los objetivos de la presente revisión, también se realizó un análisis de los artículos citados en la bibliografía de los mismos, donde se sumaron otros 8. Obteniendo un total de 17 investigaciones (detalladas en la **Tabla 1**).

Del total de estudios, 13 fueron observacionales prospectivos,<sup>2-5, 7, 9, 11-17</sup> dos ensayos clínicos,<sup>6, 8</sup> uno estudio de cohorte<sup>10</sup> y uno reporte de casos<sup>1</sup>. Todas las cirugías fueron de coordinación, ninguna incluyó pacientes de urgencia.

Respecto al tipo de cirugías, 12 fueron cardíacas,<sup>1, 2, 4, 5, 7, 10-16</sup> una cirugía ortopédica,<sup>3</sup> una cirugía ginecológica,<sup>6</sup> una cirugía pulmonar,<sup>8</sup> una cirugía abdominal mayor<sup>17</sup> y cirugía de reparación aórtica.<sup>9</sup>

La muestra de los estudios incluyeron de 2 a 232 pacientes.

El sitio de colocación del sensor fue la eminencia tenar, en la mayoría de los casos, a excepción de aquellos artículos que los aplicaron en la cara anterior del antebrazo<sup>2,7,10</sup> o en pantorrilla.<sup>6</sup>

Los VOT se realizaron proximalmente al sitio de medición, en general en brazo o antebrazo. En 6 artículos, el objetivo fue por tiempo,<sup>4-7,13,14</sup> en 9 se realizó por objetivo de saturación<sup>1,8-12,15-17</sup> y en 2 estudios se decidió usar aquel que ocurriese primero.<sup>2,3</sup>

El VOT se realizó en distintas instancias perioperatorias. De los 9 estudios que obtuvieron medidas intraoperatorias, 2 realizaron mediciones únicamente en el intraoperatorio,<sup>12, 14</sup> en tres de los artículos se consideraron además mediciones preoperatorias<sup>3,5,6</sup> y uno agrega registros en el postoperatorio.<sup>1</sup> Sólo 3 artículos realizaron mediciones en los tres tiempos.<sup>8,15,16</sup> De los restantes 8 artículos sin medidas intraoperatorias, 4 se centraron en el postoperatorio<sup>7,10,13,17</sup> y los demás tanto en el pre como el postoperatorio.<sup>2,4,9,11</sup>

En cuanto a los objetivos de la presente revisión, del total de artículos incluidos, 4 buscaron asociar alteraciones en la microcirculación con resultados clínicos postquirúrgicos, siendo los parámetros derivados del estudio de la microcirculación predictores de complicaciones en dos de ellos,<sup>7,11</sup> mientras que en los restantes no se hallaron asociaciones con los resultados clínicos.<sup>4,15</sup> Dos se plantearon evaluar la disfunción microvascular perioperatoria<sup>1,2</sup>, pudiendo identificarse en uno de ellos.<sup>1</sup> Tres estudios tenían como objetivos estudiar si el NIRS más VOT es una buena técnica para detectar los cambios microcirculatorios.<sup>3,5,13</sup> Seis estudios evaluaron el impacto de la anestesia sobre la microcirculación,<sup>6,8,9,12,14,16</sup> evidenciándose alteraciones en todos ellos. Otros tenían por objetivo estudiar los efectos de la expansión intravascular mediante el aporte de fluidos.<sup>10,17</sup>

Como predictor evolutivo, hay estudios que avalan su aplicación, analizando duración de la ventilación mecánica,<sup>7</sup> estadía hospitalaria <sup>7,11</sup> y estadía en UCI.<sup>7</sup> En contraposición a lo anterior expuesto, existen publicaciones que advierten la pobre capacidad del test para predecir la evolución clínica, duración de la estancia en la UCI o el puntaje en la escala SOFA,<sup>15</sup> o predecir complicaciones postoperatorias.<sup>4</sup>

Como técnica para evaluar alteraciones en la microcirculación en el intraoperatorio, Enninghorst et al.<sup>3</sup> reportaron un aumento de la extracción tisular de oxígeno, que se evidenció por un aumento en la pendiente de desaturación, mientras que Smith et al.<sup>5</sup> no encontraron diferencias en la extracción de oxígeno a nivel tisular durante la cirugía. Respecto al reclutamiento de capilares cerrados en el periodo de reperfusión, en todos los estudios se evidenció un descenso en la pendiente de resaturación, la cual se ve afectada conforme aumenta el tiempo de circulación extracorpórea en cirugía, como lo evidenciaron Smith et al.<sup>5</sup>

Ciertos estudios manifestaron una correlación entre la alteración de la pendiente de reperfusión con el aumento de los niveles de lactato sérico,<sup>1,7,11</sup> mientras que en otros estudios, esta correlación con otros parámetros fue muy débil.<sup>5</sup> Otros estudios asocian alteraciones de los parámetros derivados de NIRS a otros parámetros hemodinámicos variados como Hb, temperatura, SVC, índice cardiaco, entre otros.<sup>2,10,12,13</sup>

De los artículos que investigaron el impacto anestésico en la microcirculación tres se centraron en la reactividad microvascular.<sup>12,14,16</sup>

Con respecto a la extracción tisular de oxígeno, Kim et al.<sup>12</sup> evidenciaron un aumento de la pendiente de desaturación, en contraposición de lo que sucedió en los estudios de Bernet et al.<sup>16</sup> y Vandenbulcke<sup>14</sup>. Respecto al reclutamiento de la reserva capilar postisquemia, Kim et al.<sup>12</sup> observaron un aumento de la curva de resaturación, lo cual se correlacionó con una disminución del gradiente de temperatura antebrazo-dedo, que se midió particularmente en este estudio. En los otros dos estudios,<sup>16,14</sup> la curva de resaturación disminuye. A pesar de los resultados discordantes ninguno presentó asociación con la evolución postoperatoria.

Con respecto a la correlación de variables derivadas del NIRS y VOT con otros parámetros medidos, no encontraron ningún tipo de correlación <sup>12, 16</sup> mientras que Vandenbulcke et al.<sup>14</sup>, correlacionaron variables como Sto2, SvO2, Hb, entre otros, pero no con el lactato y PavCO2 (diferencia de presión parcial de dióxido de carbono arteriovenosa).

En lo que concierne a los estudios enfocados en la comparación de dos protocolos anestésicos, propofol-remifentanil/desflurano-remifentanil<sup>8</sup> y anestesia balanceada (desflurano-remifentanil)/TIVA

(propofol),<sup>9</sup> ambos mostraron diferencias entre los grupos comparados. El estudio de Cho et al.<sup>8</sup> mostró diferencias en las pendientes de resaturación, en cambio en el estudio de Loggi et al.<sup>9</sup> la afectada fue la pendiente de desaturación, este no logró correlacionar estos datos con otros parámetros.

Otro estudio <sup>6</sup> se propuso comparar el efecto de dosis altas y bajas de anestesia espinal, previo a la inducción con anestesia general y otro grupo solo con anestesia general. En el mismo, no se encontraron diferencias a nivel microcirculatorio en el antebrazo entre los tres grupos. Pero a nivel de la pantorrilla se vio que la adición de analgesia espinal, ya sea en dosis altas o bajas, redujo la pendiente de resaturación, pero esto se puede explicar por el efecto simpaticolítico de dicha anestesia. Después de 15 min de laparoscopia, solo la dosis alta de analgesia espinal resultó disminución del reclutamiento capilar.

En dos estudios se investigaron los cambios a nivel microcirculatorio durante la hipovolemia y en respuesta a la expansión de volumen, en pacientes postquirúrgicos. Futier et al.<sup>17</sup> evidenciaron que la hipovolemia se asocia con una reducción significativa de la línea de base de StO<sub>2</sub>. En este estudio, donde el 69% de las expansiones fueron exitosas, la StO<sub>2</sub> no varió significativamente. En cuanto a la extracción de oxígeno tisular, evidenciado por la pendiente de desaturación, Futier et al.<sup>17</sup> no encontraron diferencias entre aquellos pacientes que tuvieron una respuesta exitosa, y aquellos que no. Contrariamente a lo que observaron Butler et al.<sup>10</sup>, donde los pacientes que tuvieron una respuesta exitosa al volumen tuvieron una disminución de la pendiente de desaturación.

En cuanto al reclutamiento capilar, en todos los pacientes de la investigación de Futier et al.<sup>17</sup>, la expansión de volumen resultó en un aumento de la pendiente de resaturación, aunque este cambio no se reflejó en la hemodinamia sistémica.

## **Discusión**

---

Existen una serie de parámetros que consideramos pueden haber influido en los resultados obtenidos por las investigaciones descritas en los artículos.

En cuanto a la población de estudio hacemos hincapié en los diferentes tamaños de muestras analizadas, donde muestras muy pequeñas podrían inducir a sesgos mayores.<sup>5,13,17</sup> También debemos tener en cuenta características de las poblaciones elegidas, como la edad media, sexo, la alta prevalencia de patologías de base como enfermedad cardiovascular, así como el amplio uso de medicación crónica, todo lo cual puede determinar un estado microcirculatorio alterado previo e influir en el desarrollo de disfunción endotelial en el acto quirúrgico.

Otra diferencia encontrada fue la variación en cuanto a los diferentes fabricantes y modelos de NIRS empleados, dado que tienen diferencias en los algoritmos patentados lo cual dificulta la comparación de resultados. Por otro lado, hay que considerar que los datos se registraron en distintos territorios, que no son comparables entre sí, ya que presentan diferencias en cuanto al grosor de la piel, del tejido subcutáneo o la densidad capilar regional. También hay que tener en consideración las características interindividuales, como las antes citadas y los diferentes colores de piel.

Respecto al VOT, es un método que no está estandarizado, el cual se puede realizar con un tiempo objetivo predeterminado, o bien puede realizarse hasta alcanzar una StO<sub>2</sub> objetivo. Estudios como Morel et al.<sup>15</sup> defiende esta última forma como la más fidedigna, ya que determina un grado similar de isquemia entre todos los pacientes. Esto contrasta con otras posturas que destacan que el parámetro que más se aproxima a reflejar la indemnidad microcirculatoria es la pendiente de reperfusión, donde ocurre el reclutamiento de la reserva capilar tisular, y la misma se puede calcular y comparar a partir de un grado importante de isquemia a pesar de que éste no sea el mismo en todos los pacientes.

En la presente revisión se recopilaron investigaciones de distintas especialidades quirúrgicas, donde varió la complejidad de la intervención, la duración de la misma y estandarización propia de cada acto quirúrgico, o del ambiente donde se realiza, como la temperatura.

El agente anestésico y sus dosis utilizadas desencadenan efectos sobre la microreactividad vascular.<sup>14</sup> Sin embargo, los cambios evidenciados sobre la microcirculación con los distintos protocolos anestésicos no son únicamente adjudicables a estos, sino que se deben a un conjunto de factores que actúan sobre sus determinantes, de los cuales tampoco podemos asegurar el grado de responsabilidad de cada uno sobre la micro reactividad.

El estudio de Zdravkovic et al.<sup>6</sup>, evidenció la afectación de la microcirculación en el territorio de la pantorrilla, pero no permite realizar una interpretación concluyente dado que este efecto se puede deber al efecto simpaticolítico más duradero de las dosis más altas.

El estudio de Butler et al.<sup>10</sup>, no especifica la dosis que dosis de volumen que se le administró a cada pacientes ni cuántos volúmenes recibieron previamente. Esta información puede ser muy relevante a la hora de su interpretación ya que el estado de hemodilución podría afectar la respuesta microvascular.

Como limitante, este trabajo se trata de una revisión bibliográfica narrativa, por lo que carece de métodos comparativos y métodos estadísticos que analizan los resultados.

## Conclusiones

---

Los diversos artículos con metodologías variadas (sitio de medición y técnica de VOT empleada), diversos procedimientos quirúrgicos, comorbilidades de los pacientes, medicación crónica y equipo de procesamiento de datos utilizados) hace que no se pueda llegar a una conclusión única y extrapolable a todos los escenarios clínicos.

Pese a eso, podemos decir que en la mayoría de los estudios que midieron la microcirculación durante el perioperatorio, estos llegaron a la conclusión de que el NIRS junto con el VOT, es un método fiable para la detección de disfunción microcirculatoria. En 7 casos <sup>1,2,7,10-13</sup> se asoció con alteraciones de otras variables hemodinámicas.

Pese a lo expuesto anteriormente podemos decir que la aplicación del NIRS junto con el test de oclusión vascular es un método fiable y no invasivo para la detección temprana de disfunción microcirculatoria. Dado los resultados diversos aún queda pendiente demostrar su impacto real en los resultados perioperatorios por lo que son necesarias más investigaciones en dicha línea.

## Referencias

---

1. Bouchet J, Durand E, Morel J, Castelain C, Fuzellier J, Molliex S et al. Dysfonction microcirculatoire lors de la chirurgie cardiaque : intérêt de la technique NIRS à propos de deux cas cliniques. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. 2011;30(7-8):589-593.
2. Monthé-Sagan K, Fischer M, Saplacan V, Gerard J, Hanouz J, Fellahi J. Near-infrared spectroscopy to assess microvascular dysfunction: A prospective pilot study in cardiac surgery patients. *Journal of Critical Care*. 2016;31(1):264-268.
3. Enninghorst N, Hardy B, Sisak K, Lott N, Balogh Z. Tissue oxygen saturation changes during intramedullary nailing of lower-limb fractures. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2013;74(1):123-127.
4. Scolletta S, Franchi F, Damiani E, Cennamo A, Domizi R, Meola A et al. Tissue oxygen saturation changes and postoperative complications in cardiac surgery: a prospective observational study. *BMC Anesthesiology*. 2019;19(1).

5. Smith R, Murkin J. A Novel Assessment of Peripheral Tissue Microcirculatory Vasoreactivity Using Vascular Occlusion Testing During Cardiopulmonary Bypass. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2014;28(5):1217-1220.
6. Zdravkovic M, Podbregar M, Kamenik M. Near-infrared spectroscopy for assessing microcirculation during laparoscopic gynaecological surgery under combined spinal-general anaesthesia or general anaesthesia alone: a randomised controlled trial. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2019;34(5):943-953.
7. Butler E, Mahendran S, Nguyen J, Aneman A. Microvascular reactivity, assessed by near-infrared spectroscopy and a vascular occlusion test, is associated with patient outcomes following cardiac surgery. *European Journal of Anaesthesiology*. 2018;35(5):356-364.
8. Cho Y, Bae J, Kim T, Hong D, Seo J, Bahk J et al. Microcirculation measured by vascular occlusion test during desflurane–remifentanil anesthesia is superior to that in propofol–remifentanil anesthesia in patients undergoing thoracic surgery: subgroup analysis of a prospective randomized study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2016;31(5):989-997.
9. Loggi S, Mininno N, Damiani E, Marini B, Adrario E, Scorcella C et al. Changes in the sublingual microcirculation following aortic surgery under balanced or total intravenous anaesthesia: a prospective observational study. *BMC Anesthesiology*. 2019;19(1).
10. Butler E, Nguyen J, Mahendran S, Aneman A. Fluid Responsiveness After CARDiac Surgery (FRACAS): A Prospective Observational Study Using Peripheral Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2018;32(1):197-204.
11. Kim T, Cho Y, Min J, Murkin J, Bahk J, Hong D et al. Microvascular reactivity and clinical outcomes in cardiac surgery. *Critical Care*. 2015;19(1).
12. Kim T, Cho Y, Min J, Murkin J, Bahk J, Hong D et al. Tissue microcirculation measured by vascular occlusion test during anesthesia induction. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2015;30(1):41-50.
13. Tripodaki E, Tasoulis A, Koliopoulou A, Vasileiadis I, Vastardis L, Giannis G et al. Microcirculation and Macrocirculation in Cardiac Surgical Patients. *Critical Care Research and Practice*. 2012;2012:1-9.
14. Vandembuleke L, Lapage K, Vanderstraeten K, De Somer F, De Hert S, Moerman A. Microvascular reactivity monitored with near-infrared spectroscopy is impaired after induction of anaesthesia in cardiac surgery patients. *European Journal of Anaesthesiology*. 2017;34(10):688-694.

15. Morel J, Bouchet J, Vola M, Béraud A, Clerc C M, Awad S et al. Tissue near infra red spectroscopy change is not correlated with patients' outcome in elective cardiac surgery. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2014;58(7):835-842.
16. Bernet C, Desebbe O, Bordon S, Lacroix C, Rosamel P, Farhat F et al. The impact of induction of general anesthesia and a vascular occlusion test on tissue oxygen saturation derived parameters in high-risk surgical patients. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2011;25(4):237-244.
17. Futier E, Christophe S, Robin E, Petit A, Pereira B, Desbordes J et al. Use of near-infrared spectroscopy during a vascular occlusion test to assess the microcirculatory response during fluid challenge. *Critical Care*. 2011;15(5):R214.
18. Mayeur C, Campard S, Richard C, Teboul J. Comparison of four different vascular occlusion tests for assessing reactive hyperemia using near-infrared spectroscopy. *Critical Care Medicine*. 2011;39(4):695-701.
19. Tujjar O, De Gaudio A, Tofani L, Di Filippo A. Effects of prolonged ischemia on human skeletal muscle microcirculation as assessed by near-infrared spectroscopy. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2016;31(3):581-588
20. Cai Z, Zhang J, Zhang J, Zhao F, Yu G, Li Y et al. Evaluation of near infrared spectroscopy in monitoring postoperative regional tissue oxygen saturation for fibular flaps. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2008;61(3):289-296.
21. Donoso A. La microcirculación en el paciente crítico. Parte II: evaluación y microcirculación como objetivo terapéutico. *Rev. chil. pediatr* [Internet]. 2013 [Consultado 6 Jun 2021]; 84(2). Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062013000200011](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062013000200011)
22. Donoso A. La microcirculación en el paciente crítico. Parte I: generalidades y fisiología en el paciente séptico. *Rev. chil. pediatr* [Internet]. 2013 [Consultado 18 Nov 2021]; 84(1). Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062013000100011](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062013000100011)
23. Gruartmoner G, Mesquida J, Baigorri F. Saturación tisular de oxígeno en el paciente crítico. *Medicina Intensiva*. 2014;38(4):240-248.

## **Agradecimientos**

---

En el plano académico queremos agradecer al equipo docente que nos acompañó en la realización de este trabajo. Asimismo simbolizar en ellos el apoyo que nos dieron en esta etapa final de la carrera. A todos ellos; ¡Muchas gracias!