Protocolo.

Comité Neurocríticos 15.05.18. **Dr. S. Salvador.** Anestesia y Reanimación

MONITORIZACION DE LA SATURACIÓN REGIONAL CEREBRAL DE OXIGENO (Src02) MEDIANTE ESPECTROSCOPIA CERCANA A LOS INFRARROJOS

[NIRS: "near infrared spectroscopy"]

Tecnología que mide de forma contínua y no invasiva la saturación regional de oxigeno cerebral (src02).

1. **Introducción. Espectrometría**
2. **Fundamentos de la técnica**
3. **Interpretación de los resultados**
4. **Aplicaciones clínicas. Paciente neurocrítico**
5. **Bibliografía**
6. **Algoritmos**

1. Introducción. Espectrometría

La oximetría cerebral o **saturación regional cerebral de oxígeno**,al igual que la pulsioximetría de la saturación arterial periférica de oxígeno(sp02),se mide por espectrometría.Se basa en el hecho de que la Hb oxigenada absorbe menos luz roja(650-750 nm) y más luz infrarroja(850-1000 nm) que la Hb desoxigenada,como resultado, esta última tiene un pico de absorción de 750 nm que la oxigenada no tiene. De esta manera se puede determinar la fracción de Hb oxigenada empleando ambas longitudes de onda.

A diferencia de la pulsioximetría que solamente capta la señal pulsátil de las arterias,la src02 mide tanto las señales pulsátiles como las no pulsátiles,de forma contínua. Es decir,recoge la saturación de la hemoglobina en todo el lecho vascular tisular,incluyendo una mezcla de sangre arterial,venosa y capilar. El lecho vascular cerebral,a pesar de las variaciones interdividuales, se asume que el 25% son vasos arteriales y el 75% venosos. Por tanto, los valores obtenidos de

rsc02 representan fundamentalmente el estado de oxigenación de los cromófobos del lecho vascular cerebral del compartimento venoso (TABLA 1)

	Pulsioximetría	**Oximetría cerebral**
• Pulsatilidad • Transmisión luz • Longitud de onda • Componente arterial • Saturación de 02 • Diodo emisor de luz	• Pulsátil • Transmisión • 660/940 nm • Arterial • Arterial • 1 Fuente/1 detector	• **No pulsátil** • **Reflectancia** • **730/810 nm** • **25% art./75% venoso** • **Venosa cerebral** • **1 Fuente/2 detectores**

TABLA 1. Diferencias entre pulsioximetría y oximetría cerebral

2. Fundamentos de la técnica

Los cambios en la saturación regional cerebral de oxígeno dependen del **balance entre aporte y consumo de oxígeno.**En condiciones fisiológicas existe un acoplamiento entre consumo metabólico cerebral y FSC.

La existencia o no de este acoplamiento la podemos conocer indirectamente, sin conocer el flujo ni el metabolismo cerebral, mediante la determinación de la oxigenación con oximetría cerebral.

Las características de *transiluminación* del cráneo permiten mediciones en el tejido cerebral. La *luz infrarroja* penetra en todos los tejidos y es necesario diferenciar entre los valores obtenidos del propio tejido cerebral y los del hueso y partes blandas.

2.1. **Medición selectiva del tejido cerebral.**

Puede hacerse por el **principio de resolución espacial**. La profundidad a la que penetran los fotones emitidos desde la fuente de luz infrarroja en el sensor cutáneo frontal depende de la distancia a la que se encuentra el detector colocado en el otro extremo. Se utilizan dos detectores situados a dos distancias diferentes del punto emisor de luz: el más cercano,situado a 3 cm, recibe la señal del haz superficial de piel,tejido cerebral subcutáneo y hueso.

Mientras que el más alejado del punto emisor (4cm) recoge la señal del haz profundo que analiza el tejido cerebral (sustancia gris y blanca) hasta una profundidad de 3-4 cm.

Los valores obtenidos dependen de las variables que alteran el equilibrio entre la oferta y la demanda de oxígeno cerebral.

3. Interpretación de los resultados

3.1. Colocación de los sensores.

Se colocan en la frente del paciente, previa limpieza con una solución alcohólica, a ambos lados de la línea media, intentando evitar el seno venoso sagital superior. La zona que monitoriza es la región perfundida por las **arterias cerebrales anteriores y medias**.

3.2. Definición de rangos normales y umbrales patológicos

Los valores normales de la SrO2 están entre 50%-70% en niños y 58-82% en adultos, considerándose desaturaciones cerebrales cifras inferiores a 50% en valor absoluto durante un período prolongado, inferiores a 40% en valor absoluto durante un período corto de tiempo o una disminución relativa de un 20% respecto a los valores basales.

Valores superiores a 85-90% de SrO2 son sugestivos de *hiperaflujo cerebral.*

El valor basal sería el valor medido de SrO2, con el paciente en reposo o anestesiado con estabilidad hemodinámica, cifras normales de hemoglobina, oxigenación adecuada, en normocapnia y normotermia.

Existe una variabilidad interdividual entre **valores basales** de src02**.** Tambien hay que tener en cuenta la simetría de los valores. Se considera anormal una **asimetría basal** de más de 10 puntos. Tampoco existe claramente un **umbral isquémico**.

- **UMBRAL ISQUÉMICO**: Se utilizan **dos criterios** derivados de los estudios publicados:

Valor absoluto Src02<50%
Disminución >25% valor basal de src02

3.3. Pantalla del monitor de src02

La intensidad de la luz que recibe cada detector se convierte en señal eléctrica que se procesa y digitaliza y en pantalla aparecen los valores actuales de rsc02 de los dos hemisferios cerebrales actualizados cada 4 sg. Muestra tambien los valores basales y la variación de los mismos en forma de porcentaje respecto al valor actual.

4. Aplicaciones clínicas de la src02

-Monitorización intraoperatoria

La $SrcO_2$ experimenta un aumento significativo tras la inducción de la anestesia e inicio de la ventilación mecánica respecto al valor basal y un descenso significativo al final de la cirugía, tras la extubación en el postoperatorio inmediato. Al tratarse de una monitorización tisular, no invasiva y continua, advierte al clínico de cambios en la relación DO_2/VO_2 en momentos de riesgo crítico (clampaje carótídeo,CEC,ventilación unipulmonar en cirugía torácica, etc) o mayor riesgo como la extubación y el periodo postoperatorio inmediato.

Es importante comprobar la aparición de asimetría en los valores de rSO2

-Nivel de anestesia

La inducción anestésica disminuye más el metabolismo cerebral que el flujo sanguíneo cerebral, por lo que inmediatamente después se observa un aumento de la Src02. Un nivel inadecuado de hipnosis puede provocar un aumento en el consumo de oxígeno por encima del aporte, con la consiguiente disminución de la Src02.

La monitorización concomitante del nivel de hipnosis (BIS) puede facilitar la identificación y corrección precoz de la causa de la desaturación.

-Neonatología.

Muy utilizado. No invasivo. Diploe de menor grosor. **Espectroscopia de transmisión** (en adultos de reflexión). Permite monitorizar bien la respuesta al cierre de ductus persistente **(1).**

-Cirugía cardíaca. CEC. Hipotermia (2).

Parada circulatoria con hipotermia profunda

Src02: es la única monitorización no invasiva adecuada para valorar el estado de la oxigenación cerebral, debido a que la actividad bioeléctrica espontánea y evocada está abolida por la hipotermia y además no precisa de pulsatilidad para medir.

Reactividad vascular. La hipotermia profunda también puede alterar la reactividad vascular y este efecto puede persistir durante horas. Si en la *fase de recalentamiento* no se produce un aumento del flujo sanguíneo cerebral a la vez que aumenta el metabolismo cerebral, el resultado será una disminución de la SrcO2.

Utilización de la rSO2 como guía para la perfusión cerebral suplementaria

-Cirugía de reconstrucción del arco aórtico en adultos.

La utilización de una perfusión cerebral retrógrada guiada por NIRS prolonga el “tiempo de seguridad”. Cuando se inicia la perfusión cerebral retrógrada no se produce un aumento brusco de la rSO2, sino que hay un aumento gradual por el aporte de oxígeno, pero tambien puede observarse una disminución gradual por el bajo flujo.

-A**utorregulación FSC**

Cirugía cardíaca

Según el principio de autorregulación cerebral, en un amplio rango de presión arterial media (PAM), entre 50 y 150 mmHg, el FSC se mantiene constante independientemente de la presión de perfusión. Muchos estudios concluyen que también se mantiene intacta durante la CEC.

Aunque esto puede ser cierto en grandes grupos de pacientes, puede no serlo en algún paciente concreto. *La oximetría cerebral es un método sencillo para identificar el límite inferior de la autorregulación, el punto por debajo del cual el FSC y la oxigenación tisular se hacen dependientes de la presión*.

-Asistencia mecánica circulatoria (ECMO, asistencia ventricular, BCPA)

Como guía de flujo y perfusión óptima, para detectar complicaciones neurológicas y como guía en el destete del ECMO.

-Estudio del síncope

En la detección de hipoperfusión cerebral tras la realización del "Tilt Test" .

-Estudios electrofisiológicos de las arritmias cardiacas

Durante la técnica del "mapeo" para la cartografía, al desencadenar arritmias graves (TSV y TV), permite valorar si la hipotensión provoca riesgo de isquemia cerebral durante la técnica.

-Como marcador del síndrome de bajo gasto cardiaco.

Colocado a nivel cerebral. Sus valores tienen correlación estrecha con la Sv-mixta,permite mediciones no invasivas en tiempo real, por lo que actuaría como *indicador GC sistémico.*

Colocación a nivel región dorsolumbar en fosa renal. *Es marcador de la perfusión sistémica*.

La colocación a nivel cerebral, lumbar y regiones musculares indicarían la perfusión sistémica de forma global y sus patrones de distribución en el bajo gasto cardiaco y el shock compensado. A nivel de extremidades para detectar déficits de perfusión al comparar los miembros, útil en la isquemia aguda, episodios de trombosis venosa profunda, hipoperfusión tras cateterismos y en la valoración de la eficacia del tratamiento de revascularización.

-Tromboendarterectomía carotídea (3).

Valora el riesgo de isquemia o sobreperfusión cerebral durante el clampaje y revascularización carotídea y como guía para aplicar terapias que faciliten la perfusión en el polígono de Willis, como la normocapnia o aumentar la PPC.

-Embolización de aneurismas cerebrales (detectar vasoespasmo cerebral)

-Valoración del efecto de las terapias

Podría ser útil durante la titulación de diuréticos osmóticos, tratamiento de crisis convulsivas, la monitorización de la hipotermia inducida, del coma barbitúrico o del tratamiento con aminas vasoactivas o con sedoanalgesia.

-Situaciones en las que pueda existir un disbalance entre el aporte y el consumo de oxígeno ya sea a nivel cerebral o de cualquier otro órgano o región anatómica.

Cirugía neurovascular, en Tx de órganos, durante la ventilación unipulmonar, en la insuficiencia respiratoria grave, en la arteriopatía periférica, en el taponamiento cardíaco, tras RCP, en la cetoacidosis diabética y en los síndromes compartimentales, entre otros.

-Detectar la muerte cerebral

Se registraría descenso brusco de la SrO2 hasta valores<40% para posteriomente mantenerse por encima del 85% que es cuando la PPC y el consumo de oxígeno son próximos a cero.

4.1. Src02. Aplicación en pacientes neurocríticos

Algoritmos de actuación con NIRS en pacientes neurocríticos en UCI.

-La gran limitación que posee la saturación regional cerebral de oxígeno(Src02) a la hora de establecer un algoritmo de actuación en el paciente neurocrítico es la **dificultad para fijar un umbral isquémico universal debido a la gran variabilidad interindividual**. Esta discrepancia de unos pacientes a otros, se debe principalmente a las diferentes características ópticas de los tejidos extracerebrales de cada individuo, como el cuero cabelludo, el cráneo y la cantidad de líquido cefalorraquídeo por debajo del cráneo de cada paciente.

-Además,los valores de la Src02 obtenidos con los equipos de las diferentes casas comerciales no coinciden, probablemente debido al empleo de distintos algoritmos de evaluación y técnicas de medición. Debido a esta discrepancia es más difícil comparar los resultados de estudios que hayan empleado diferentes monitores. Esto condiciona también la baja calidad de evidencia científica,incluso en indicaciones con mayor utilización de la técnica como cirugía cardíaca.

Sistemas comercializados: INVOS 4100TM/INVOS 5100 TM (Somaneticscorporation USA) , el OSM-3 TM (Radiometer Medical a/M Denmark) y los NIRO 1000 TM / NIRO 500 TM /NIRO 300 TM (HamamatsuPhotonics, Japan).

-Al igual que otros métodos de monitorización de la oxigenación cerebral como Sj02,Pti02 y microdiálisis cerebral presenta ventajas e inconvenientes. La gran ventaja es que se trata de un método no invasivo. Esto expande sus indicaciones,dentro y fuera de las Unidades de Críticos,a las que me he referido con anterioridad-,como diagnóstico de **hematoma intracerebral (4).** Puede ayudar a conocer la **autorregulación del FSC en HSA** y su manejo **(5)** pero con poca evidencia publicada**(6).** El **TCEG** se caracteriza por la variabilidad del FSC y le heterogeneidad

regional del mismo. La monitorización de la Src02 con espectroscopia cercana a los infrarrojos es siempre una *alternativa* a la monitorización con Sj02 y Pt02 donde sí existen algoritmos de actuación y umbrales de isquemia definidos(Sj02<55)(Pti02<15 mmHg).

-En el paciente neurocrítico la Src02, como *monitorización de tendencias,* puede detectar el desarrollo de **edema cerebral**, efecto masa con **desviación de la línea media** y es sensible a los **cambios en la presión intracraneal**, aunque no debe utilizarse con este fín si se dispone de sensor de PIC **(7).**

Monitorización multimodal

Ninguno de los métodos de monitorización indirecta del FSC y oxigenación cerebral de manera aislada nos aportan la mayor información. Sj0>75% no indica necesariamente seguridad. La monitorización multimodal ayuda a obtener esa información que nos falta (Pti02,microdiálisis cerebral,DTC y **Src02**) para una actitud más adecuada**(8).** Aunque en la actualidad la Pti02 es la técnica que más se está utilizando.

NIRS. CONCLUSIÓN

Técnica no invasiva prometedora. Los avances tecnológicos han sido capaces parcialmente de eliminar esta **"contaminación de fuentes extracerebrales",** gracias a **la resolución espacial**.

Otro punto actual de investigación es la incorporación en la monitorización de la Src02 de medidores **citocromo c oxidasa**, que permiten, conseguir señales más fiables provenientes el tejido cerebral. Su utilidad se basa en la capacidad de diferenciar tejidos con alta tasa metabólica con una gran densidad mitocondrial a otras con menor, como los tejidos extracerebrales.

5. Bibliografía

1. **Louise Dix L** e*t al*. Monitoring Cerebral Oxygenation in Neonates: An Update. **Frontiers in Pediatrics. 2017**

2. **Serraino GF,Murphy GJ.** Effects of cerebral near-infrared spectroscopy on the outcome of patients undergoing cardiac surgery: a systematic review of randomized trials. **BMJ Open. 2017**

3. **Moritz S** *et al.* Accuracy of Cerebral Monitoring in Detecting Cerebral Ischemia during carotid Endarterectomy. **Anesthesiology. 2007**

4. **Schober P** *et al. Clinical Study.* Intracraneal Hematoma Detection by Near Infrared Spectroscopy in a Helicopter Emergency Medical Service: Practical Experience**. 2017**

5. **Zweifel C** *et al.* Continuous Assessment of Cerebral Autoregulation With Near-Infrared Spectroscopy in Adults After Subarachnoid Hemorrhage. **Stroke. 2010**

6. **Moerman A.** Recent advances in cerebral oximetry. Assessment of cerebral autoregulation with near-infrared spectroscopy: myth o reality?. **FICCO Researh. 2017**

7. **Davies DJ** *et al.* Near-Infrared Spectroscopy in the Monitoring of Adult Traumatic Brain Injury: A Review. **Journal of Neurotrauma . 2015**

8. **Smith M** *et al.* Multimodality Neuromonitoring in Adult Traumatic Brain Injury: A narrative Review. **Anesthesiology . 2018**

ALGORITMO 1

COLOCACIÓN DEL SENSOR DE Src02

Limpieza de la zona frontal con solución alcohólica

Colocar los 2 sensores separados para evitar superposición del seno sagital superior

SITUACIONES QUE ALTERAN LA LECTURA DEL SENSOR

- **Interposición de hematoma subdural o higroma**
- **Contusión frontal**
- **Alteraciones congénitas del cráneo**
- **Postoperatorio de craneotomía en zona a implantar el sensor**
- **Estenosis de la arteria carótida**
- **Rotación extrema cuello**
- **LOE intraoperatoria**
- **Presencia de componentes del grupo Hemo(MetaHb,CarboxiHb) o no hemo (biliverdina y bilirrubina) en sangre**
- **Luz ambiente de gran intensidad**
- **Electrobisturí**
- **Contrastes vasculares**

ALGORITMO 2

ANTE UNA DESATURACIÓN INTRAOPERATORIA (Src02<50%)

1. AVISAR A CIRUJANO

Revisar sensor frontal, artefactos y posición cabeza. Comprobar Respirador,anestesia,aminas-TA, perdidas hemáticas. Solicitar analítica(Hb,coagulación,GA..)

2. ¿ DISMINUCIÓN APORTE DE 02 CEREBRAL ?

Ver ALGORITMO 3

Fi02 100%. Aumentar TA y Gasto cardíaco

Solicitar hemoderivados

Situaciones específicas (CEC,clampaje carótida,ventilación unipulmonar...)

3. ¿ AUMENTO DEL CONSUMO METABÓLICO CEREBRAL DE 02 ?

Ver ALGORITMO 3

Profundizar anestesia --> BIS

ALGORITMO 3

VARIACIONES D02/V02 CEREBRAL Y SrcO2

Variaciones **aporte(DO2) y consumo (VO2) cerebral** de oxígeno

SrcO2

Src02= Hb oxigenada/Hb total

I. APORTE DE OXÍGENO

-Presión arterial-Presión de perfusión en BCP: las variaciones alteran el FSC

-Gasto cardiaco-Flujo en BCP: bajo índice cardiaco produce descenso SrO2

-Hipocapnia: vasoconstricción cerebral, produce descenso de SrO2

-Hipercapnia: vasodilatación cerebral y produce aumento de SrO2

-Hematocrito bajo: menor densidad de cromóforos en el VSC, produce descenso de SrO2

-Hematocrito alto: aumento densidad de cromóforos en el VSC, produce aumento de SrO2

-Factores mecánicos: *malposición de cánulas (venosas y arterial).* Pueden producir un mal drenaje con *síndrome de VCS y edema cerebral* con descenso de la PPC y de la SrO2

Colaterales sistémico-pulmonares pueden provocar un *fenómeno de "robo del FSC"*

Lateralizaciones o hiperextensiones excesivas de la cabeza puede descender FSC y SrO2

II. CONSUMO DE OXÍGENO

-Profundidad anestésica: disminuye el CMRO2 y produce aumento de SrO2

-Temperatura: la hipotermia disminuye el CMRO2 y produce aumento de SrO2

ALGORITMO 4

MONITORIZACION CON NIRS EN EL PACIENTE NEUROCRITICO

Guía rápida

NIRS. Monitor de tendencias

Detecta evento isquémico si SrcO2<50% progresivamente o <40% de forma abrupta o ante una variación >20% sobre valor basal.

1. **<u>Conocer lesión estructural del SNC y clínica neurológica</u> previa (postoperatorio, Código ictus, Urgencias,Traslado de otro hospital,Técnica de imagen..).**
2. **<u>Situación clínica</u>: grado de sedación,ventilación (Pa02,PaC02),TA volemia y gasto cardíaco. <u>Pedir hemograma y gasometría basal</u>.**
3. (1 y 2 antes de monitorizar con NIRS)
4. **Colocación del sensor (ALGORITMO 1)**
5. **Determinar valores basales y simetría (>50%,y <10 puntos). Los valores se actualizan cada 4".**
6. **<u>Interpretación rápida</u>: Src02 > 85% puede indicar hiperaflujo o infarto cerebral(disminución CMR02),sobre todo si se acompaña de asimetría >10p.**
7. **Solicitar TAC craneal urgente sin contraste**
8. **Un descenso progresivo puede indicar <u>causas locales</u>: aumento de PIC disminución FSC, aumento del CMR02(fiebre) o <u>generales</u>: hipoxemia, hipocapnia,anemia,hipovolemia o disminución gasto cardíaco.**
9. **Solicitar TAC craneal. Eventualmente Monitorización PIC.**
10. **SrcO2: alternativa a SjO2 y PtiO2 o neuromonitorización multimodal.**