

Monitorización neurológica como sistema de seguridad en pacientes intervenidos de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea

RESUMEN / ABSTRACT

Objetivo: valorar la adecuada perfusión cerebral en todos los pacientes intervenidos de Cirugía Cardiaca con Circulación Extracorpórea.

Material y métodos: se realizó un estudio observacional, analítico, prospectivo y multicéntrico. Se incluyó a todos los pacientes programados para cirugía cardiaca con circulación extracorpórea, adultos, con ingreso hospitalario como mínimo el día antes de la intervención, con test de Pfeiffer negativo, sin problemas de comunicación, y con el consentimiento informado. Se usó la monitorización cerebral con Masimo ROOT 03® con medición de encefalograma (4 canales), oximetría cerebral y profundidad anestésica. Como instrumento de valoración cognitiva usamos el test de Pfeiffer de forma pre y postquirúrgica.

Resultados: Se incluyeron 19 pacientes con una edad media de $64,8 \pm 11,5$ años. El Test de Pfeiffer postoperatorio no presentó deterioro cognitivo en un 78,9% de los casos. Mientras que del 21,1% restante existió un deterioro cognitivo leve (1 paciente tuvo daño isquémico). En este grupo todos fueron pacientes valvulares, mayores de 65 años y presentaron glucemias máximas superiores a 180 mg/dl. En el 75% de los pacientes con deterioro cognitivo, la SrO_2 basal fue inferior al 57%, hubo hipotensión mantenida en algún momento de la cirugía y tuvo un descenso de más del 20% de su SrO_2 basal.

Conclusiones: La monitorización cerebral continua (electroencefalograma, saturación cerebral de oxígeno, profundidad anestésica, tasa de supresión) durante la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea es una medida de seguridad fiable, válida y necesaria para mejorar la calidad de la perfusión y el cuidado del paciente quirúrgico.

Palabras clave: monitorización cerebral; circulación extracorpórea; perfusión cerebral; electroencefalograma.

Neurological monitoring as a safety system in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass

Objective: to evaluate the adequate cerebral perfusion in patients who underwent cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.

Methods: an observational, analytical, prospective and multicentric study was conducted. All adults patients scheduled for cardiac surgery with cardiopulmonary bypass were included, with hospital admission at least the day before the intervention, with a negative Pfeiffer test, without communication problems, and with informed consent. Cerebral monitoring with Masimo ROOT 03® was used with encephalogram measurement (4 channels), cerebral oximetry and anesthetic depth. As a pre and postoperative cognitive assessment instrument we used the Pfeiffer test.

Results: 19 patients with a mean age of 64.8 ± 11.5 years were included. The postoperative Pfeiffer test showed no cognitive impairment in 78.9% of the cases. While the remaining 21.1% had mild cognitive impairment (1 patient had ischemic damage). In this group, all were valvular patients, older than 65 years of age, and had maximum glycemia greater than 180 mg/dL. In 75% of the patients with cognitive impairment, the baseline SrO_2 was less than 57%, there was sustained hypotension at sometime during surgery and it had a decrease of more than 20% of its basal SrO_2 .

Conclusions: Continuous brain monitoring (electroencephalogram, cerebral oxygen saturation, anesthetic depth, suppression rate) during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass is a reliable, valid and necessary safety measure to improve the quality of perfusion and surgical patient care.

Keywords: brain monitoring, cardiopulmonary bypass, cerebral perfusion, electroencephalography.



María Castilla de la Serna

DUE perfusionista
Servicio de cirugía cardiaca
Hospital Universitario Puerta de Hierro
Majadahonda, Madrid



Leticia Reques González

DUE perfusionista
Servicio de cirugía cardiaca
Hospital Universitario Puerta de Hierro
Majadahonda, Madrid



Lourdes Moreno del Toro

DUE perfusionista
Hospital Universitario Ramón y Cajal
Madrid

Lourdes Moreno del Toro
Servicio de Cirugía cardiaca. Quirófano primera izquierda
Hospital Ramón y Cajal
Carretera de Colmenar viejo, km 9100
28034. Madrid, España
e-mail: lmorenot@salud.madrid.org

Recibido: agosto de 2018
Aceptado: octubre de 2018

INTRODUCCIÓN

En 1953 se realizó la primera cirugía cardíaca con circulación extracorpórea¹ (CEC) y ya en 1970 Jörbis introdujo la oximetría cerebral.²

La CEC es capaz de producir efectos indeseables sobre los distintos sistemas y órganos, entre ellos los neurológicos. Éstos figuran entre las primeras causas de morbilidad y mortalidad de estos pacientes.³

Los avances que se han experimentado en la última década en cirugía cardíaca con CEC, tanto en técnica como en tecnología, han ayudado a un descenso importante en la morbimortalidad por este tipo de cirugías. Aún así, sigue siendo elevado el número de pacientes que tienen complicaciones neurológicas.⁴

La incidencia en las disfunciones neuropsicológicas tras cirugía cardíaca está entre el 20-70% de los pacientes, siendo un 2-5% de los pacientes los que tienen lesiones graves.⁴ Hay que tener en cuenta que las lesiones asociadas a cirugía cardíaca se dividen en dos grupos:⁴ lesiones Tipo I o lesiones neurológicas graves (muerte cerebral, ACVA y/o encefalopatía) y lesiones Tipo II o lesiones neurológicas leves (alteraciones neurológicas).

Entre el 60-80% de las lesiones tienen su origen en el periodo intraoperatorio, pudiendo alargar estancias en Cuidados Intensivos y hospitalización de 2 a 4 veces más. También aumenta la mortalidad de 5 a 10 veces⁴. La embolización por placas de ateroma o restos de calcio durante la manipulación quirúrgica, junto a las embolias secundarias a arritmias cardíacas postoperatorias, son las causas más frecuentes de ictus postoperatorio⁵.

En cambio, las disfunciones neuropsicológicas están atribuidas a baja perfusión o micro-embolias aéreas durante la CEC. Son alteraciones transitorias, aunque hasta un 35% de los pacientes la padecen al cabo de un año post cirugía.⁵

Las crisis convulsivas son otro signo de isquemia cerebral en el 0,6% de los pacientes⁵ por diversas causas. Las convulsiones suponen un gran aumento del metabolismo cerebral y es importante controlarlas.

Los factores de riesgo preoperatorios que predisponen a tener lesiones neurológicas para un paciente sometido a circulación extracorpórea son varios, siendo importante la edad, ya que los pacientes con más de 75 años presentan el doble de lesiones neurológicas que los pacientes de 65-74 años y nueve veces más que los pacientes de menos de 65 años.⁴ También los pacientes diabéticos en tratamiento con insulina tienen más alteraciones neuropsicológicas por una baja perfusión en CEC.⁶ Debemos tener en cuenta que la hipertensión arterial previa es un factor predictivo de disfunción neurológica postoperatoria.⁷ Padecer enfermedad cerebrovascular previa aumenta también el riesgo. Estudios previos demuestran que pacientes con antecedentes de accidentes cerebrovasculares o isquemia cerebral transitoria tienen riesgo elevado de is-

quemia cerebral durante la CEC. Sin embargo la estenosis carotídea unilateral del 50-90% no aumenta el riesgo. Si la estenosis es superior al 90% sí lo aumenta significativamente el riesgo (aunque la estenosis sea asintomática).⁴

Como factores intraoperatorios que aumenten el riesgo de lesiones neurológicas tenemos que tener en cuenta el tipo de cirugía. En estudios previos se ha concluido que hay mayor número de complicaciones neurológicas en cirugías de reemplazo valvular que en las de revascularización coronaria.⁸

Una duración de la CEC mayor a 120 minutos está relacionada con la aparición de infartos cerebrales en el 49% de los casos.⁹ También periodos de hipotensión arterial, hipotermia, la hemodilución y anemia, el manejo de gasometría (sistema alpha-stat/ph-stat), así como glicemias altas, junto a la liberación de agentes inflamatorios son factores que aumentan el riesgo.^{4,6,9,10,11,12}

En el Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda se realizaron en el año 2015, 442 cirugías con CEC de las cuales 5% tuvieron alguna complicación neurológica y un 1% tuvieron lesión irreversible.

En el hospital Universitario Ramón y Cajal se realizaron en el 2015, 300 cirugías con CEC de las cuales 3% tuvieron alguna alteración neurológica y ninguna secuela irreversible.

En la actualidad existen distintos sistemas para monitorizar el flujo cerebral pero el más sencillo, cómodo, no invasivo y fiable es la oximetría cerebral transcraneal (NIRS). La monitorización de la SrO₂ transcraneal, sería uno de los métodos que nos podría ayudar a identificar y manejar de manera precoz posibles complicaciones durante la CEC. Simplemente una medición basal de la SrO₂ baja puede ser un predictor de una estancia hospitalaria mayor.² Es un sistema que además de ser no invasivo, es continuo, útil en ausencia de flujo pulsátil (provocado por la CEC), en hipotermia profunda, y que se correlaciona con medidas convencionales de metabolismo.¹³ Es un sistema con una especificidad ya demostrada del 97% para detectar fenómenos de hipoxia cerebral de relevancia clínica.^{14,15}

Tanto con la introducción de este tipo de monitorización (oximetría cerebral), junto con los avances en técnicas quirúrgicas, la práctica avanzada del perfusionista y los cuidados peri-operatorios, han conseguido descender la incidencia de complicaciones neurológicas.¹² La oximetría cerebral NIRS es un instrumento muy útil en el manejo anestésico-quirúrgico y de perfusión para una actuación precoz ante efectos adversos o para asegurar una buena eficacia de la estrategia de la protección cerebral durante la cirugía.¹⁶ Sin embargo, con este tipo de monitorización exclusiva no se puede saber con exactitud la causa del descenso de O₂ ni los umbrales de hipoxia-isquemia que pueden provocar la lesión.¹⁶

Es posible que con la combinación de SrO₂ y electroencefalograma pudiéramos identificar estos límites, así pudiendo definir pautas de actuación ante episodios críticos.¹⁶

En la actualidad en nuestros centros, excepto en alguna cirugía de arco aórtico o disección aórtica que se usa el sistema de oximetría cerebral INVOS (Somanetics®), la única monitorización neurológica utilizada es el sistema BIS (Índice Biespectral).

La monitorización del índice biespectral (BIS), es un parámetro desarrollado a partir del análisis biespectral del electroencefalograma (EEF) que analiza el patrón de ondas cerebrales y lo convierte en un número. Es una interpretación estadística basada en un algoritmo matemático complejo de datos extraídos de individuos sanos sometidos a anestesia general, que calcula un valor que resulta de procesar una señal de EEF frontal. Otro dato que nos proporciona es la tasa de supresión (TS) al relacionar periodos con señal de EEG con trazados isoelectrónicos. Una TS alta junto a un BIS muy bajo puede ser una señal de isquemia cortical, pero no es muy sensible a los cambios o descensos de perfusión hasta pasado demasiado tiempo.¹⁶

La combinación de la monitorización de la oximetría cerebral transcraneal (INVOS) junto al BIS pueden detectar periodos críticos de desaturación cerebral y posible vulnerabilidad neurológica, pero aun presenta inconvenientes. No se sabe con exactitud los umbrales de hipoxia-isquemia en intensidad y tiempo que provocan la señal. Posiblemente el uso conjunto de SrO₂ y EEG podría ayudar a identificar estos límites.¹² Además podríamos saber si la hipoxia se produce por un bajo flujo cerebral o por alguna isquemia de origen embólico.

Gracias a los avances tecnológicos y la fiabilidad de la SrO₂ por NIRS,¹⁷ tenemos disponible el monitor Masimo Root O₃® (Masimo Corporation, Irvine, USA). Éste combina una serie de parámetros de manera no invasiva que nos podría ayudar a detectar problemas de manera más específica. Con este tipo de monitorización podremos medir SrO₂ bilateral, EEG bilateral (Mide 16 canales y muestra 4 canales en pantalla) y profundidad anestésica con sistema SedLine® bilateral. Muestra un sistema continuo actualizado cada segundo de estos parámetros. Así podremos identificar de manera más específica si las alteraciones de SrO₂ que está sufriendo el paciente son una causa mecánica por una mala perfusión o un accidente hipóxico isquémico de otra causa. Al disponer ahora de más parámetros podríamos identificar las causas como propias de la cirugía (CEC) o causadas por patología previa del paciente minimizando el riesgo de impacto de la cirugía cardiaca y facilitando la actuación precoz ante la posible aparición de complicaciones durante dicho proceso.

El objetivo principal del presente estudio sería valorar la adecuada perfusión cerebral en todos los pacientes intervenidos de cirugía cardiaca con CEC y secundariamente identificar factores preoperatorios relacionados con riesgo de complicaciones cerebrales por hipoperfusión, establecer correlaciones entre factores preoperatorios e intraoperatorios

con inadecuada perfusión cerebral, valorar complicaciones postquirúrgicas inmediatas tras CEC y establecer correlaciones entre complicaciones y la inadecuada perfusión cerebral.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional analítico prospectivo multicéntrico en todos los pacientes adultos con ingreso en el hospital mínimo el día antes de la intervención, con Test de Pfeiffer negativo, sin problemas de comunicación y firma del consentimiento informado, intervenidos de Cirugía Cardíaca con Circulación Extracorpórea de forma programada en el Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda y en el Hospital Universitario Ramón y Cajal. Se excluyen aquellos pacientes con deterioro cognitivo previo, incluso si es diagnosticado en el test de valoración al ingreso, con patología cerebrovascular previa y alteraciones dermatológicas en la frente (zona de colocación de sensor de monitor).

Al ingreso, en la valoración de enfermería, la enfermera de hospitalización explicó al paciente en qué consistía el estudio, le facilitó la hoja de información y le solicitó su participación. Si el paciente estaba de acuerdo y firmó el Consentimiento Informado, se le realizó el test cognitivo de Pfeiffer. Este fue valorado por la enfermera perfusionista antes de la intervención para su inclusión en el estudio.

En el quirófano, aparte de la monitorización habitual, se colocó el sensor del Masimo ROOT O₃® en la frente del paciente. Los datos reflejados en el monitor (profundidad anestésica con electroencefalograma 4 canales y oximetría cerebral) considerados por los investigadores claves para el estudio, se recogieron en los siguientes momentos: 1, basal; 2, inducción anestesia post IOT; 3, canulación arterial; 4, entrada en CEC; 5, pinzamiento de la aorta; 6, cada 25-30 minutos tras el paso de cardioplejia; 7, despinzamiento de la aorta; 8, salida de CEC; 9, cualquier alteración del monitor y momento en el que ocurre.

Una vez fuera de CEC se mantuvo la monitorización cerebral y sólo se realizó registro si hubo algún efecto adverso antes de la salida del paciente de quirófano. A la salida de quirófano se retiró la monitorización.

A las 48 horas del alta de la unidad de cuidados intensivos, se llevó a cabo la valoración neurológica post-cirugía, repitiendo el mismo test.

Se recogieron variables de perfil del paciente: edad, género, peso, talla, superficie corporal, antecedentes (HTA, Diabetes Mellitus, I. Renal), patología y tipo de cirugía, hematócrito basal, presión arterial media basal (PAM), SrO₂ basal, PO₂ y PCO₂ basales. También variables relacionadas con la situación intraoperatoria: temperatura en CEC, tiempo de CEC, tiempo de isquemia, Iones (sodio, potasio, cal-

cio, bicarbonato, ácido láctico, glucosa), pH, PvO₂, PvCO₂, PaO₂, PaCO₂, diuresis, hematocrito, hemoglobina, SaO₂ y SvO₂, flujo perfusión y datos del monitor: encefalograma (4 canales), oximetría cerebral y profundidad anestésica. Así como los síntomas de deterioro cognitivo en UCI: alteraciones del lenguaje, alteraciones emocionales o de percepción, alteraciones de memoria, alteraciones motoras

Se diseñó un Cuaderno de Recogida de Datos ad hoc, que engloba todas las variables durante todo el proceso quirúrgico del paciente desde el ingreso hasta el alta.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables iniciales para conocer las características generales de la población de estudio. Las variables cualitativas se presentan con su distribución de frecuencias. Las variables cuantitativas se resumen mediante media y desviación estándar. Se procede al análisis bivalente con pruebas paramétricas y no paramétricas. Para el análisis se utiliza el paquete estadístico SPSS versión 15.0 y Sphinx.

El estudio cuenta con la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica de ambos hospitales.

LIMITACIONES

Dado que se trata de pilotar el monitor, que se utilizó por primera vez en estos pacientes y en estos hospitales, y que tanto el monitor como los sensores (uno por paciente) fueron cedidos por la casa comercial para este estudio, el tamaño muestral que se pudo alcanzar dependió del número de sensores cedidos por la casa comercial, ya que su coste hace que inicialmente la casa comercial únicamente se comprometió a facilitar entre 20-30 sensores. Por ésta razón la muestra es pequeña y no se pueden extrapolar los resultados.

RESULTADOS

Se analizaron 20 pacientes de los cuales uno se descartó por tener ICTUS previo. En el grupo analizado existió un porcentaje mayor de hombres (68,4%) que de mujeres (31,6%), con una edad media de 64,8 ± 11,5 años. La superficie corporal de los pacientes fue de 1,80 ± 0,20 m², destacando que un 36,8% de los pacientes estudiados tenían una superficie corporal 1,90 m² o superior.

El tipo de intervención realizada fue un 47,3% cirugía valvular, un 26,3% combinación de cirugía de reparación valvular con otro procedimiento (revascularización coronaria, miectomía), un 10,5% revascularización coronaria, un 10,5% sustitución de aorta y un 5,2% cierre de comunicación interauricular.

La temperatura media de cirugía estuvo en 32,0 ± 3,6°C, el 84,2% de los pacientes han sido operados en temperatura

superior o igual a 30°C, por encima de 27°C un 94,7% y el 5,3% restante correspondió a un paciente al que se le realizó parada circulatoria a 20°C.

En cuanto a los antecedentes de los pacientes la presencia de HTA fue del 52,6%, y la de DM de un 15,8%.

El tiempo medio de CEC fue de 96 ± 34 minutos. El 52,6% estuvo en el intervalo 90-119 minutos y sólo un 10% superó los 120 minutos. El tiempo medio de isquemia ha sido de 72 ± 25 minutos. El 63,2 % de los pacientes estuvo en el intervalo comprendido entre 60-99 minutos, al igual que ocurre con el tiempo de CEC sólo un 10% superó los 100 minutos de isquemia.

La media de PAM ha sido de 60,3 ± 9,9 mmHg, el 84% de los pacientes se han mantenido en el rango de 50-70 mmHg y sólo un 10% por debajo de 50 mmHg. El 52,6% de los pacientes han tenido algún episodio de hipotensión durante la cirugía, considerando hipotensión PAM inferior a 50 mmHg y un 5,3% ha tenido un flujo inferior al que le correspondía al momento de la cirugía. En un 10,6% de los pacientes se tuvo que subir el flujo de sangre por encima del que le correspondía para mejorar SrO₂.

El hematocrito durante CEC ha sido de 26,5 ± 3,7 %. Un 25% de pacientes han estado por debajo de este valor, de los cuales un 10% por debajo de 22% y un 63,2% por encima de este valor.

La PCO₂ arterial, con una media de 33 ± 4 mmHg, en el 52,7% de los pacientes ha sido superior a 33 mmHg y un 84,3% por encima de 30 mmHg y un 15,7% estuvo con valores inferiores a 30 mmHg.

La media de valores de glucemia fueron 230 ± 51 mg/dl, en algún momento de la CEC han sido superiores a 180 en el 89,4% de los casos.

Se pudo valorar la perfusión cerebral durante la CEC siendo las saturaciones basales cerebrales del lado derecho de 62,1 ± 7,9, en el 63,2 % de los casos estuvieron en el intervalo entre 55-69, en el 15,8% fue superior a 70 y en el 21,1% de los casos inferior a 50. En el lado izquierdo la media estuvo en 62,0 ± 8,0, en el 36,9% de los casos estuvieron en el intervalo 55-64, en el 47,4 % superior a 65% y en el 15,8% inferior a 50 (Tabla I).

Como datos quirúrgicos relevantes durante la CEC, en un 47,4 % el descenso de SrO₂ fue inferior al 20% del valor basal, mientras que en un 52,6% de los pacientes el descenso del SrO₂ si ha sido superior al 20% del valor basal. En un 10,6% de los pacientes se tuvo que subir el flujo del paciente por encima del que le correspondía para mejorar SrO₂.

El Sedline® (profundidad anestésica), en el 73,8% de los casos se mantuvo entre 16-39, en un 15,7% por debajo de estos valores y un 10,5% por encima de los mismos, teniendo que modificar la cantidad de gas anestésico que se administraba (Tabla II)

Respecto al EEG, el 79,1% de los pacientes tuvieron ausencia de actividad eléctrica en algún momento probablemente

debido a la medicación anestésica y un paciente tuvo ausencia de actividad eléctrica prolongada por inducción de coma barbitúrico inducido para parada circulatoria (Figura 1).

Por último, en los resultados del Test de Pfeiffer post cirugía, en un 78,9% de los casos no hubo deterioro cognitivo, mientras que en un 21,1% de los casos sí existió deterioro cognitivo leve, de los cuales el 5,3% tuvo daño isquémico. (Figura 2).

A partir de estos resultados, se establecieron correlaciones entre los factores pre e intraoperatorios con las alteraciones neurológicas. De los pacientes con daño cognitivo leve y/o daño neurológico, el 100% ha sido intervenido de cirugía valvular y mayores de 65 años. También durante la CEC, el 100% tuvo glucemias superiores a 180, el 75% una SrO_2 basal inferior al 57%, el 75% hipotensión mantenida en algún momento de la cirugía y el 75% tuvo descenso de más del 20% de su SrO_2 basal. (Figura 3)

DISCUSIÓN

La incidencia de complicaciones neurológicas asociadas a la CEC sigue siendo elevada y se asocia a un aumento de la morbilidad y de la mortalidad de los pacientes que las presentan.

En nuestro estudio observamos que los pacientes que han sufrido deterioro cognitivo post-CEC, todos han sido intervenidos de patología valvular y son mayores de 65 años, hecho ya contrastado en otros estudios de investigación en los que se destaca que la mayoría de los pacientes con lesiones neurológicas han sido intervenidos de reemplazo valvular y dichas lesiones aparecen menos en la cirugía coronaria.^{5,8}

Además han tenido combinación de varias variables: descensos del SrO_2 mayores del 20% respecto al basal, periodos de hipotensión mantenida, han tenido una SrO_2 basal por debajo del 57% (sin conocimiento previo de patología neurológica o carotídea) y además tuvieron glucemias superiores a 180 durante la CEC. Datos que coinciden con otros estudios que identifican las glucemias altas e hipotensión arterial como factores de riesgo.^{4,6,9,10,11,12}

También cabe destacar que el porcentaje de pacientes con SrO_2 basales por debajo de las cifras aconsejadas son llamativos, siendo pacientes no diagnosticados previamente. Tener una medición de SrO_2 basal por debajo del 57% antes de la CEC, es un dato indicativo muy importante ante posibles daños neurológicos.

Respecto a la monitorización de la profundidad anestésica y la tasa de supresión, la monitorización continua nos facilita un manejo mejor de gases anestésicos adaptándolo específicamente a cada paciente.

Debido a la cantidad de datos que proporciona este monitor, muestra un sistema continuo actualizado cada segun-

do de la monitorización cerebral (EEF , SrO_2 , profundidad anestésica, Tasa de supresión) durante la CEC, los resultados de nuestro estudio podrán tener impacto ya que puede alertarnos de los factores de riesgo que favorecen la hipoxia cerebral y por tanto optimizar la respuesta del equipo quirúrgico para prevenir las posibles lesiones neurológicas que pudieran producirse aumentando la seguridad del paciente, la recuperación precoz y la confianza de los profesionales.

CONCLUSIONES

La monitorización cerebral continua durante la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea es una medida de seguridad fiable, valida y necesaria para mejorar la calidad de la perfusión y el cuidado del paciente quirúrgico.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este estudio no presentan ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. Alfaro F, Argüero R, Coreaga G. Daño Neurológico secundario a cirugía de revascularización miocárdica con circulación extracorpórea. *Cir Ciruj.* 2003; 71: 173-178.
2. Apostolidou I, Morrissette G, Sarwar MF, Konia MR, Kshetry VR, Wahr JA, et al. Cerebral oximetry during cardiac surgery: the association between cerebral oxygen saturation and perioperative patient variables. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012 Dec;26(6):1015-21. PubMed PMID: 22995459.
3. More A, Fuentes L, Ceballos A, Rodriguez L, Plasencia M, Zorrilla Y, et al. Complicaciones neurológicas postoperatorias en pacientes operados de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea. *CorSalud.* 2015. Ene-Mar.; 7(1):28-34.
4. Gomar C, Mata MT, Pomar JL. *Fisiopatología y Técnicas de Circulación Extracorpórea.* 2ª Ed. Ediciones Ergon. Madrid; 2012.
5. Rubio M, Pérez JL, Escribá A, Corres MA, Renes E, Gutiérrez J, et al. Complicaciones neurológicas en el postoperatorio de cirugía cardíaca. *Med Intensiva.* 2007;31:241-50.
6. Schell RM, Kern FH, Greeley WJ, Schulman SR, Frasco PE, Croughwell ND, et al. Cerebral blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg.* 1993 Apr;76(4):849-65. Review. PubMed PMID: 8466029.
7. Messerotti Benvenuti S, Zanatta P, Valfrè C, Polesel E, Palomba D. Preliminary evidence for reduced preoperative cerebral blood flow velocity as a risk factor for cognitive decline three months after cardiac surgery: an extension

- study. *Perfusion*. 2012 Nov;27(6):486-92. PubMed PMID: 22798170.
8. Balaguer JM, Lilly KJ, Connelly G, McAdams M, Philie P, Cohn LH, et al. Estrategia para minimizar complicaciones neurológicas durante la cirugía de revascularización miocárdica con circulación extracorpórea. *Rev Argent Cir Cardiovasc* [Internet]. 2003-2004 [consultado 15 Abril 2017];1:[aprox. 23 p.]. Disponible en [http://www.caccv.org.ar/raccvanterior/Volo1No2/complicaciones neurológicas.htm](http://www.caccv.org.ar/raccvanterior/Volo1No2/complicaciones%20neurológicas.htm)
 9. Suárez L, García de Lorenzo A, Suárez JR. Lesiones neurológicas durante la circulación extracorpórea: fisiopatología, monitorización y protección neurológica. *Med Intensiva*. 2002;26:292-303.
 10. Hindman BJ. Choice of alpha-stat or pH-stat management and neurologic outcomes after cardiac surgery: it depends. *Anesthesiology*. 1998 Jul;89(1):5-7. PubMed PMID: 9667287.
 11. Greeley WJ, Kern FH, Ungerleider RM, Boyd JL III, Quill T, Smith LR, et al. The effect of hypothermic cardiopulmonary bypass and total circulatory arrest on cerebral metabolism in neonates, infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991 May;101(5):783-94. PubMed PMID: 2023435.
 12. Cuenca R. Aplicación de la oximetría cerebral transcraneal (NIRS) durante CEC. *Rev Esp Perfusion*. 2012; 53:5-13.
 13. Lozano S, Mossad E. Cerebral function monitors during pediatric cardiac surgery: can they make a difference? *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2004 Oct;18(5):645-56. Review. PubMed PMID: 15578481.
 14. Lee TS, Hines GL, Feuerman M. Significant correlation between cerebral oximetry and carotid stump pressure during carotid endarterectomy. *Ann Vasc Surg*. 2008 Jan;22(1):58-62. PubMed PMID: 18023554.
 15. Rigamonti A, Scandroglio M, Minicucci F et al. A clinical evaluation of near-infrared cerebral oximetry in the awake patient to monitor cerebral perfusion during carotid endarterectomy. *J Clin Anesth*. 2005 Sep;17(6):426-30. PubMed PMID: 16171662.
 16. Liu N, Chazot T, Mutter C, Fischler M. Elevated burst suppression ratio: the possible role of hypoxemia. *Anesth Analg*. 2006 Dec;103(6):1609-10. PubMed PMID:17122276.
 17. Frost EA. Cerebral oximetry: a replacement for pulse oximetry? *Middle East J Anaesthesiol*. 2012 Oct;21(6):807-13. Review. PubMed PMID: 23634561

Tabla I. Saturación Cerebral

	SrO2 Dcho		SrO2 Izqo	
	N	%	N	%
Menos de 50	1	5,3%	1	5,3%
De 50 a 54	3	15,8%	2	10,5%
De 55 a 59	3	15,8%	4	21,1%
De 60 a 64	4	21,1%	3	15,8%
65 y mas	8	42,1%	9	47,4%

Tabla II. Resultados SEDLINE

	N	%
Menos de 8	1	5,3%
De 8 a 15	2	10,5%
De 16 a 23	6	31,6%
De 24 a 31	4	21,1%
De 32 a 39	4	21,1%
40 y más	2	10,4%

Figura 1. EEG

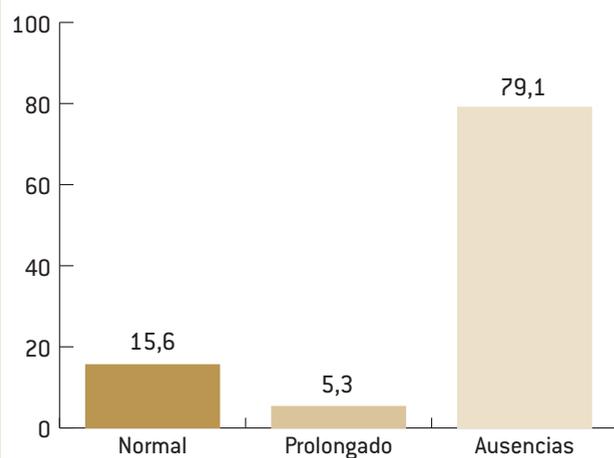


Figura 2. Test Pfeiffer postoperatorio

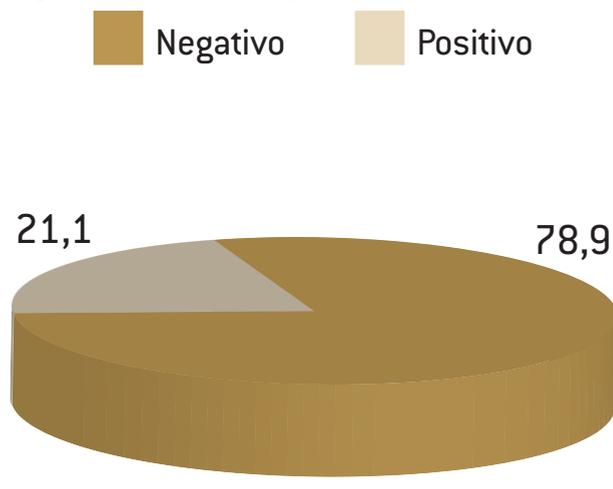


Figura 3. Pacientes con daño

