

## Determinantes de Complicaciones Neurológicas en el Uso de la Circulación Extracorpórea (CEC)

Natia de Freitas Barbosa, Danilo Martins Cardinelli, Flávia Falci Ercole

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG - Brasil

### Introducción

La circulación extracorpórea es hoy una tecnología en constante evolución, con principios básicos ya bien establecidos. Sus efectos sobre el organismo humano aun no están íntegramente definidos, así como es especulativa la fisiopatología de diversas reacciones del organismo a ese procedimiento<sup>1</sup>.

Por ser una tecnología que no mantiene principios de la fisiología normal, su utilización de rutina estimuló análisis de las complicaciones asociadas<sup>2,3</sup> a ella. Innúmeros investigadores refieren que los efectos deletéreos de la CEC están relacionados con el desarrollo del “Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica”, caracterizada por el compromiso pulmonar, renal, cerebral y cardíaco<sup>3-6</sup>.

El efecto de la CEC sobre el sistema nervioso debe ser considerado. En el transcurso de la perfusión puede ocurrir un aumento de la presión arterial, principalmente en añosos, que con facilidad desarrollan edema y hemorragia cerebral. En la hipotensión, la hipoxia induce la injuria tisular, siendo esta más grave en el tejido cerebral<sup>1</sup>. Además de eso, la CEC puede ocasionar procesos embólicos con daños cerebrales irreversibles<sup>7</sup>.

Los progresos de la tecnología extracorpórea y de las técnicas de cirugía, anestesia y post-operatorio contribuyeron a reducir la incidencia de eventos indeseables relacionados al sistema nervioso<sup>1</sup>. Sin embargo, las complicaciones neurológicas aun ocurren y, frecuentemente, son consideradas entre los más importantes daños, pues determinan tasas de sobrevida y producen gran impacto en la calidad de vida del paciente y de su familia.

Actualmente, la CEC precisa tener un objetivo que vaya más allá de la sustitución de las funciones cardiopulmonares, debiendo garantizar la integridad celular y la estructura y función de los órganos y sistemas durante el tiempo necesario

### Palavras-chave

Circulación extracorpórea / efectos adversos, circulación cerebrovascular, encefalopatías, síndrome de respuesta inflamatoria sistémica.

para el desarrollo de las cirugías. Es complejo atribuir una determinada alteración a un único procedimiento, sin embargo, algunos autores colocan la CEC como variable independiente para ocurrencia de disfunciones neurológicas<sup>7-9</sup>. Mientras tanto, hay estudios que mencionan otros factores como causadores de las lesiones cerebrales, tales como: edad avanzada, gravedad de la enfermedad, acto anestésico-quirúrgico, etc.<sup>10,11</sup>.

Considerando la frecuente utilización de la CEC y el presupuesto de que complicaciones neurológicas comprometen la calidad de vida, se hace necesaria una apreciación de los indicios de disfunción cerebral en el manejo de la CEC. Pretende-se también identificar factores de riesgo inherentes a la CEC y intervenciones que minimizan la incidencia y gravedad de las lesiones, considerando el grado de seguridad de este procedimiento.

### Métodos

Se trata de un estudio de revisión integrativa sobre el tema Complicaciones neurológicas en el uso de la CEC. La revisión integrativa posibilita la síntesis y el análisis del conocimiento científico ya producido sobre el tema investigado, exigiendo los mismos estándares de rigor y claridad utilizados en los estudios primarios<sup>12</sup>. Ese tipo de revisión permite analizar estudios con abordajes metodológicos diferentes, pero que contemplan el tema en cuestión. Los resultados de los estudios seleccionados en ese tipo de revisión llevan a la construcción de un cuerpo de conocimiento necesario para el perfeccionamiento técnico-científico de la asistencia prestada.

El análisis consideró la calcificación de la fuerza de la evidencia elaborada por Stetler y cols. et al, propuesta por niveles para las principales fuentes de evidencia científica<sup>13</sup>. El nivel I engloba las revisiones sistemáticas con metanálisis y los estudios nivel VI son basados en opiniones de especialistas o de órganos de reglamentación o legales, según Tabla 1.

El levantamiento bibliográfico de publicaciones indexadas fue realizado en el período de ene/1998-set/2008, en las siguientes bases de datos: Literatura Latino Americana del Caribe en Ciencias de Salud (LILACS), Index Medicus Electrónico de la National Library of Medicine (MEDLINE), SciELO y Biblioteca Cochrane. También se utilizó la búsqueda reversa de estudios originales, que es un método de selección de estudios a partir de la bibliografía de trabajos primarios recuperados en la búsqueda anterior<sup>14</sup>.

Correspondencia: Natia de Freitas Barbosa •

Rua Edson Silveira, 29, Casa 05 - São Gabriel - 31980-120 - Belo Horizonte, MG - Brasil

E-mail: natia\_freitas@yahoo.com.br, natia.freitas@gmail.com.br

Artículo recibido en 11/03/09; revisado recibido en 03/09/09;

aceptado en 15/12/09.

Tabla 1 - Nivel de calidad de evidencia

Nivel de calidad de evidencia*	Fuentes de evidencia
Nivel I	Metanálisis de múltiples estudios controlados.
Nivel II	Estudio experimental individual.
Nivel III	Estudio semiexperimental con grupo único, no randomizados, controlado, con pre y post test, estudios tipo caso/control.
Nivel IV	Estudio no experimental como investigación descriptiva correlacional, investigación cualitativa o estudio de caso.
Nivel V	Informe de casos o datos obtenidos sistemáticamente, de calidad verificable, o de programas de evaluación.
Nivel VI	Opinión de autoridades respetadas (como autores conocidos nacionalmente) basadas en su experiencia clínica o la unión de un comité de peritos incluyendo sus interpretaciones de informaciones no basadas en investigación. Ese nivel también incluye opiniones de órganos de reglamentación o legales†.

(\*)- Nivel de fuerza de evidencia científica, propuesto Stetler et al<sup>13</sup>, en 1998.

Después de investigación en los bancos de datos, fueron seleccionados e incluidos artículos de las bases de datos MEDLINE y LILACS, adoptando los siguientes criterios: artículos que abordasen los temas “circulación extracorpórea” y “complicaciones neurológicas”, restringidos a los últimos 10 años, en los idiomas portugués, inglés y español. También fue utilizado como fuente de investigación libro con importancia reconocida y de relevancia para el estudio.

Al seleccionar el período de interés, el cuantitativo fue reducido a 20 estudios en la base de datos LILACS y 184 estudios en la MEDLINE. Después de la lectura y análisis de los 204 trabajos seleccionados, se verificó que 27 artículos abordaban directa o indirectamente los temas de interés. Los artículos fueron solicitados íntegros, a través de la Biblioteca del Campus Salud de la UFMG, por el Sistema de Conmutación Bibliográfica, por la consulta al Portal de Periódicos de la CAPES y por la BIREME.

Para facilitar la colecta de datos de los estudios seleccionados, fue elaborado un instrumento conteniendo ítems para análisis y síntesis de los datos del contenido de las publicaciones conforme Cuadro 1. Esos estudios fueron ordenados y valorizados de acuerdo con la clasificación de fuerza de evidencia supracitada, considerando la prevalencia de alteraciones neurológicas en el uso de las CEC, los tipos de complicaciones y sus factores causales. Los resultados extraídos de cada estudio fueron discutidos a la luz de la literatura específica.

## Resultados

### Análisis de la muestra

La muestra fue compuesta por: un libro ampliamente referido en esa área temática, un estudio experimental realizado *in vitro*, tres estudios con delineamiento del tipo caso-control, un estudio semiexperimental con grupo único con pre y post test, 14 investigaciones descriptivas observacionales tipo cohorte o estudio de caso y 8 revisiones de literatura.

Los países que más se destacaron en cantidad de publicaciones de artículos fueron los Estados Unidos de

Cuadro 1 - Instrumento de colecta de datos

FICHA DE ESTUDIO*- Trabajo nº	
1) Título:.....	2) Autor: .....
3) Periódico: .....	4) Año de publicación:.....
5) Idioma:.....	6) País:.....
7) Profesión/ Titulación:.....	8) Tipo de Publicación:.....
9) Delineamiento:.....	10) Relación [ ]directa [ ] indirecta con el tema
11) Aspectos éticos [ ] Sí [ ] No	12) Relación entre teoría y resultados: .....
13) Revisión bibliográfica [ ] Sí [ ] No	14) Relación entre problema y método:.....
15) Hay asociación entre el uso de CEC y la ocurrencia de complicaciones neurológicas [ ] Sí [ ] No	
16) Descripción de complicaciones (cuando fueron relatadas) .....	
17) Descripción de factores causales (cuando fueron relatados) .....	
18) Aspectos positivos de la CEC .....	
19) Aspectos negativos de la CEC .....	
20) Recomendaciones para investigaciones futuras [ ] Sí [ ] No	
21) Fuerza de Evidencia Científica: [ ] I [ ] II [ ] III [ ] IV [ ] V [ ] VI	

(\*) Elaboración de los autores del presente estudio.

América (30%), Brasil (19%), Inglaterra (15%), España (11%) y Japón (11%). Entre los idiomas seleccionados, 66,7% de los estudios utilizaron la lengua inglesa, 18,5% publicaron en la lengua portuguesa y 14,8% de los trabajos usaron el español en su publicación.

Desde la introducción de la circulación extracorpórea hasta los tiempos actuales, no hay una época específica para el aumento del número de publicaciones. En la muestra, se percibe la distribución prácticamente homogénea de los periódicos, siendo que 14 trabajos fueron publicados en los últimos 5 años y 13 fueron publicados en el intervalo de 5 a 10 años anteriores. Ese hecho demuestra el constante interés por el tema, contribuyendo decisivamente a la construcción del conocimiento específico.

En relación a la profesión de los autores, 4 estudios citaron directamente médicos como autores. Seis estudios tienen profesionales con título de doctorado o maestría en su autoría. La mayoría de la muestra refirió sus autores como miembros vinculados a instituciones hospitalarias y universitarias (no citando profesión y grado), siendo que 37% de los trabajos fueron vinculados solamente a universidades, 30% vinculados solamente a instituciones hospitalarias, 26% vinculados a ambos establecimientos y 7% no refirieron la institución de la que los autores hacen parte.

En la identificación de las fuentes para localización de los artículos, 81,5% son provenientes del MEDLINE y 18,5% fueron localizados en la base de datos de la LILACS.

Entre los trabajos publicados, ningún artículo científico fue producido con base en disertaciones o tesis y dos artículos utilizaron el delineamiento experimental o el semiexperimental. A pesar de que los experimentos presentaron algunas limitaciones de carácter ético, debido a variables manipulables, técnicamente, son estos estudios que mejor responden al test de las hipótesis causales<sup>15</sup>.

En lo que se refiere al procedimiento ético en investigaciones envolviendo seres humanos, 6 investigaciones descriptivas correlacionales, tres estudios de caso y un estudio semiexperimental no refirieron los aspectos éticos del trabajo. Esos trabajos representan 55,5% de la muestra de estudios envolviendo seres humanos. Se constata en la Declaración de Helsinki<sup>16</sup> y en la Resolución del *Conselho Nacional de Saúde* nº 196<sup>17</sup> que la afirmación de obediencia a los preceptos éticos debe constar en el protocolo de investigación, generando márgenes a la interpretación de no obligatoriedad de ésta en el discurso del estudio concluido.

Al analizar el conjunto de la muestra, se verifica que el tema del presente estudio no es específico de periódicos referentes a la cirugía cardiovascular o al área de cardiología. La mayoría de los artículos fue publicada en periódicos generales de medicina y salud y revistas de neurología y anestesiología, lo que compromete también la rápida actualización del conocimiento.

En el análisis estructural, se percibe que en pocos casos no hay el establecimiento de prioridades de investigación según se preconiza. Es importante destacar que 100% de los artículos presentaron un cuadro teórico para fundamentar el objeto de estudio y las demás etapas del proceso de investigación. Los cuadros teóricos fueron variados, extraídos de la bibliografía

nacional e internacional, representando gran parte de la muestra de estudio del presente trabajo.

### Complicaciones neurológicas

De acuerdo con la muestra de 28 trabajos, 51,7% se refieren directamente a la ocurrencia de complicaciones neurológicas en procedimientos que utilizan la circulación extracorpórea, siendo que apenas uno de estos trabajos menciona que esa asociación es relativa<sup>18</sup>. Todas las revisiones de literatura y los demás trabajos que se refieren indirectamente al tema correlato evidenciaron, en el fundamento teórico, la posibilidad de daño cerebral de ese procedimiento.

En el análisis de los trabajos, se identifican grupos de pacientes de mayor riesgo para la realización de CEC. Neonatos, añosos, hipertensos, diabéticos, obesos y pacientes con historia de accidente vascular cerebral poseen reconocidamente una mayor susceptibilidad al desarrollo de complicaciones neurológicas.

Cuando los pacientes son evaluados prospectivamente, por un equipo de especialistas, utilizando tecnología avanzada y tests refinados y específicos, pueden ser identificadas alteraciones neurológicas, temporarias o no, en más de 70% de los pacientes<sup>1</sup>.

La deficiencia cognitiva es referida en 16 estudios de la muestra (55%), cuya incidencia relatada varía entre 2-80% de los casos<sup>19-21</sup>. Alteraciones del nivel de atención, del ciclo vigilia sueño, de la marcha y de la memoria, desorientación simple, confusión de suave a extrema y agitación psicomotora con comportamiento psicótico más grave están entre las disfunciones orgánicas relatadas. Tales disfunciones son referidas generalmente como alteraciones funcionales difusas y reversibles (en la mayoría de los casos) del metabolismo oxidativo cerebral y de transmisión tanto de las vías adrenérgicas como de las colinérgicas<sup>22,23</sup>.

La incidencia de complicaciones neurológicas graves, como hemorragia intracraneana en neonatos (9,9-31%) y adultos (3,4-18,9%), infarto o muerte cerebral (11%), es citada en algunos artículos de nivel IV de Fuerza de Evidencia Científica<sup>20,24,25</sup>.

Algunos estudios Nivel III, o con el mismo nivel de evidencia de los trabajos supracitados, suponen la asociación de disfunción cerebral en el manejo de la CEC en su fundamentación teórica, sin embargo no evidenciaron esta complicación neurológica en sus resultados debido a la muestra o a los mecanismos de monitoreo insuficientes para el análisis de tal tipo de complicación<sup>4,26-28</sup>.

El establecimiento súbito de pérdida visual insensible, uni o bilateral, diagnosticado como "Neuropatía Isquémica Óptica Anterior", y la parálisis ocular han sido discutidos con creciente frecuencia como complicaciones después de cirugía con circulación extracorpórea<sup>23,25,29</sup>. La neuropatía isquémica óptica describe un defecto en el nervio óptico, cuya fisiopatología del proceso no está elucidada, y lleva la pérdida irreversible de la visión en la mayoría de los casos. Las tentativas terapéuticas han fallado, por lo tanto, medidas de profilaxis transoperatorias de posibles causas, tales como hipotensión prolongada o vasoconstricción inducida por catecolaminas, son sugeridas como único modo de prevenir esa complicación<sup>29</sup>.

### Mecanismos de lesión

Los mecanismos de lesión cerebral más frecuentemente relatados en los estudios fueron los relacionados a la ocurrencia de microembolias (17 estudios) y la baja perfusión cerebral (16 estudios), correspondiendo a 63 y 59,3% de los estudios que describen el desarrollo de lesiones cerebrales, respectivamente. Entre ellos, 24 (89%) de los 27 trabajos se refirieron a por lo menos uno de los eventos supracitados.

Esos dos mecanismos de lesión pueden precipitar una cascada de eventos bioquímicos celulares inducidos por isquemia cerebral. Un estudio semiexperimental, nivel II de evidencia científica, demuestra que valores menores de 40% de saturación de oxígeno alteran el desempeño cognitivo de los pacientes analizados, indicando circulación cerebral insuficiente para las demandas metabólicas<sup>19</sup>. Las alteraciones del flujo de distribución sanguínea durante el estado no fisiológico que ocurre en la CEC, la respuesta individual del paciente a estas alteraciones y la concomitante reducción del flujo de bomba para facilitar el reparo quirúrgico pueden afectar adversamente la reperusión cerebral regional y global<sup>30</sup>.

El mecanismo fisiopatológico del daño cerebral requiere estudio minucioso. Puede existir una vulnerabilidad selectiva a la hipoxia prolongada en determinados núcleos neuronales del tronco encefálico<sup>23</sup>. La entrega inadecuada de oxígeno induce a la muerte celular por falta de energía y a la modulación de una respuesta excitotóxica por las células parcialmente perfundidas. Las células isquémicas liberan una variedad de receptores que causan un incremento de calcio y sodio intracelular. Simultáneamente, el glucamato estimula los receptores que inducen a la formación de inosol, trifosfato y diacilglicerol, que causan aumento de la sensibilidad de las aminas excitatorias. En el estado final, las enzimas activadas por el calcio degradan el ácido araquidónico que, junto con el factor activador de plaquetas, causa vasoconstricción, oclusión de vasos y, de esta forma, aumenta la isquemia<sup>30</sup>.

El cerebro está sujeto a una continua exposición de microémbolos durante la CEC. La morbilidad neurológica y la magnitud de la disfunción están relacionadas con el tamaño y el número de émbolos difundidos en la circulación cerebral. Los émbolos son producidos por diferentes fuentes: microembolias de aire, detritos ateromatosos y trombos intracardíacos en la circulación cerebral<sup>5,30,31</sup>.

La microembolia aérea es causada por varias situaciones propensas durante el uso de la CEC: 1) durante el manejo de la aorta ascendente por ocasión del pinzamiento y despinzamiento; 2) inversión del flujo para el ventrículo izquierdo y aorta; 3) contracción inesperada del corazón aun abierto con aorta sin pinzamiento; 4) retirada de aire inadecuada antes de restablecer la circulación; y 5) situaciones de bajo nivel sanguíneo en el reservorio de la CEC<sup>5,30,31</sup>.

Hay fuertes indicios de que las microburbujas también pueden ser oriundas del movimiento rápido de la prótesis valvar específicamente mecánica. Esta crea un flujo local de inclinaciones de alta presión que pueden causar cavitaciones, especialmente durante el cierre, generando efecto de descompresión durante el desvío cardiopulmonar<sup>31</sup>.

La disfunción cerebral también está intrínsecamente relacionada a la presión intraabdominal (IAP). El aumento de la IAP puede resultar en falla de los sistemas renal, circulatorio, respiratorio y nervioso. Una disminución en el retorno de la sangre venosa del sistema nervioso central (SNC) resulta en hipertensión venosa cerebral y consecuente hipertensión intracraneana, edema cerebral e infarto. La alta presión intraabdominal aumenta la presión pulmonar y la presión venosa central (PVC), por lo tanto, se puede presumir que el aumento de la PVC influencia la homeostasis del SNC<sup>32</sup>.

Apesar de innúmeros factores de riesgo relacionados a la CEC, se debe considerar que el mecanismo de lesión cerebral es complejo y frecuentemente influenciado por causas independientes, tales como: extremos de edad, historia previa de enfermedad cerebrovascular, hipoxia, gravedad de la enfermedad, uso de bicarbonato y de drogas inotrópicas vasopresoras y urgencia quirúrgica<sup>23,24,33,34</sup>.

La respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) también es referida como factor en potencial para complicaciones postoperatorias, sobre todo pulmonares, renales, hematológicas y neurológicas. El mecanismo fisiopatológico de ese proceso es descrito en pocos estudios de esta muestra siendo relacionado por el uso de la CEC por influencia de varios factores. Con todo, es importante destacar que el desarrollo de la SIRS ocurre en otros procedimientos quirúrgicos que no utilizan el desvío cardiopulmonar<sup>35-37</sup>.

La CEC impone alteraciones importantes con el estrés mecánico sobre los elementos figurados durante el cambio del régimen del flujo sanguíneo. En ese proceso, muchas interleucinas son liberadas, siendo la IL-8 la más activa en el SNC. Esta sufre acción de la endotelina, atrayendo células polimorfo-nucleadas, activadas por la respuesta humoral y celular, responsables por la injuria cerebral por isquemia y reperusión<sup>38,39</sup>.

El conocimiento sobre el sincronismo del sistema nervioso central con relación a la iniciación de circulación extracorpórea es desconocido, pero esencial a fin de comprender los mecanismos fisiopatológicos del desarrollo de esas complicaciones neurológicas<sup>40</sup>.

### Estrategias para protección cerebral

Varias estrategias han sido empleadas para disminuir las alteraciones neurológicas asociadas a la circulación extracorpórea. El uso de glicocorticoides, anestésicos, barbitúricos, oxigenadores de membrana, cámaras hiperbáricas, hipotermia, hemofiltración, circuitos revestidos de heparina y la manutención de la temperatura, del PH y de la volemia han sido recomendados por la literatura<sup>1,5,30</sup>.

El factor de protección cerebral de la hipotermia es relativo. Esta permite prolongar el tiempo de parada cardíaca, disminuyendo la necesidad de oxígeno en el cerebro y evitando daño neurológico. Por otro lado, cuando es profunda, requiere aumento del tiempo total de la CEC, siendo considerado un factor de riesgo para secuelas neurológicas. Además de eso, la hipotermia favorece la hemoconcentración y el aumento de la viscosidad sanguínea, lo que puede provocar alteraciones en la función plaquetaria, favoreciendo daño cerebrovascular. El estándar considerado seguro sería de 12 a 28°C según algunos estudios<sup>1,23</sup>.

Mecanismos de monitoreo también son sugeridos en la prevención y reducción de la extensión del daño cerebral, pues permiten diagnóstico precoz de posibles alteraciones, especialmente en pacientes que son propensos a la injuria neurológica durante la CEC<sup>28,32</sup>. En el análisis del estudio, los mecanismos de monitoreo más comúnmente citados son los que obtienen datos de presión intracraneana, PVC, IAP y métodos de imagen, como electroencefalograma, ultrasonido uni y bilateral y doppler transcraneano.

Además de los mecanismos de monitoreo, el desarrollo de dispositivos de seguridad es esencial para la CEC. La línea de filtro arterial ganó gran popularidad por su habilidad para remover con la misma eficacia microémbolos y grandes émbolos de aire, en el caso de un accidente de perfusión.

El estudio de Whitaker y colaboradores con delineamiento caso-control, nivel III de fuerza de evidencia científica, define deficiencia cognitiva por la reducción del desempeño neurológico en 9 tests, aplicados en una muestra de 110 pacientes, divididos en dos grupos que utilizaron filtros de CEC distintos. El resultado de ese trabajo demuestra que ambos filtros fueron eficientes en la remoción de macro y microémbolos durante la perfusión, con resultados semejantes en relación a la ocurrencia de disfunción cognitiva<sup>41</sup>.

El beneficio de protección cerebral de la insuflación de CO<sub>2</sub> en el campo operatorio, en el caso de ocurrencia de entrada de aire en la línea venosa de la CEC, fue demostrado por Martens y colaboradores, en estudio experimental *in vitro*, clasificado como Nivel II de evidencia científica. Debido a que la solubilidad del CO<sub>2</sub> es mayor que la del aire ambiente, la oclusión o interrupción del flujo en las arterias cerebrales está presumiblemente disminuida cuando el gas bloqueador es el CO<sub>2</sub>. Es un método cada vez más utilizado en cirugías cardíacas abiertas y, especialmente, en cirugías valvares mínimamente invasivas<sup>42</sup>.

Otro método muy utilizado es el de la perfusión cerebral retrógrada (RCP), en que la sangre oxigenada es bombeada retrógradamente por la vena cava superior. Ese método posee ventajas si es comparado a técnicas convencionales, pues posibilita mantener uniforme la hipotermia con método diferenciado de administración del perfusato. Posee también mecanismo de abastecimiento de oxígeno y substratos metabólicos y actúa en la remoción de metabolitos tóxicos y dióxido de carbono, además de prevenir embolización cerebral por aire, placas ateromatosas, trombos o otros restos celulares y *debris* tisulares<sup>43</sup>.

### Discusión

La circulación extracorpórea hoy es una tecnología ampliamente utilizada. En el mundo, anualmente, son realizados en media 1.200.000 procedimientos cardíacos con circulación extracorpórea. Solamente en los Estados Unidos, cerca de 700.000 cirugías cardíacas son realizadas por año<sup>44</sup>. En el Brasil, aproximadamente 40.000 operaciones con circulación extracorpórea son hechas cada año. Se estima que esos números serán mayores futuramente, en función de necesidades aun no atendidas de la población<sup>1</sup>.

La circulación extracorpórea es un procedimiento técnico influenciado por el empleo de numerosos dispositivos mecánicos y por respuestas variables de los pacientes. La falta de estandarización de las técnicas y materiales utilizados en la CEC es observada a través de las variaciones de las formulaciones del perfusato, de los sistemas de monitoreo intraoperatoria, de las técnicas de administración de la cardioplegia y de los oxigenadores usados en los circuitos. Esto puede llevar a interurrencias en el transoperatorio que afectarán directamente la recuperación del paciente después de la cirugía.

La seguridad de los pacientes en uso de CEC constituye un tema de destaque entre las investigaciones. Sin embargo, pocos son los trabajos que describen las interurrencias frecuentemente encontradas en la práctica de la CEC en la actualidad. Mejak y cols. et al<sup>45</sup> evaluaron 671.290 procedimientos cardíacos realizados en 797 hospitales que utilizan circulación extracorpórea, durante dos años. En ese estudio, fueron registrados 4.882 interurrencias, correspondiendo a la ocurrencia de un incidente cada 138 perfusiones.

El estudio identificó los 10 tipos de interurrencias más comúnmente encontradas: 1º) Reacciones a la protamina; 2º) Discrasias sanguíneas; 3º) Fallas de la bomba de agua; 4º) Aire en el circuito; 5º) Coágulos en el circuito; 6º) Disección arterial; 7º) Fallas en los oxigenadores; 8º) Intercambios de oxigenadores; 9º) Fallas mecánicas en las bombas; y 10º) Fallas de las bombas y consecuente uso de manivelas<sup>45</sup>.

Además de eso, en esa investigación, fueron identificados algunos pacientes que presentaron accidente vascular encefálico, clasificado como injuria grave. Otras ocurrencias menos frecuentes, sin embargo graves, fueron la embolia aérea masiva (23 ocurrencias y 6 óbitos) y 11 transfusiones incompatibles, con dos óbitos. Las interurrencias que resultaron en injuria importante u óbito ocurrieron una cada 1.482 perfusiones. Ese número significa que hubo progresos desde la década de 80, cuando ocurría una injuria grave o óbito cada 1.000 perfusiones<sup>45</sup>.

Medidas preventivas para reducción de la incidencia de las complicaciones fueron sugeridas en algunos de los trabajos seleccionados, con todo, se debe dar énfasis a la importancia de la calidad del trabajo realizado por el equipo durante el acto quirúrgico. La experiencia demuestra que los eventos ocurridos en la sala de operaciones son los que definen el resultado final del tratamiento quirúrgico. La contribución del post operatorio es importante, pero, al mismo tiempo, relativa, pues frecuentemente es incapaz de revertir alteraciones graves resultantes de un acto operatorio inadecuadamente realizado.

El equipo de cirugía cardiovascular es numeroso y multidisciplinario, y su núcleo se constituye esencialmente de cirujano, anestesista y perfusionista. La supervisión general del equipo, así como la interrelación con los demás especialistas, en todas las circunstancias, es de la responsabilidad del cirujano<sup>1</sup>. Mientras tanto, es incoherente considerar que el cirujano, a un mismo tiempo, realiza el acto quirúrgico y actúa como fiscal de las actividades de otro profesional, de cuyo desempeño depende la vida del paciente.

La participación del perfusionista en la seguridad de la CEC no puede ser ignorada. Ese profesional desempeña un

papel primordial en la seguridad de los procedimientos de CEC, sea por acción de los equipamientos o aparatos bajo su control, o sea por su acción directa<sup>1</sup>. Además de eso, la desatención, durante el procedimiento de cualquier miembro del equipo, sea por negligencia o por cansancio debido a una carga excesiva de trabajo, puede estar en el origen de eventos de extrema gravedad.

Los hospitales que realizan ese tipo de procedimiento y las instituciones de enseñanza deben crear un sistema articulado capaz de ofrecer educación continuada, además de otros mecanismos de incentivo para la mejora de la asistencia prestada. Entre tanto, ningún dispositivo de seguridad substituye la comunicación constante entre los miembros del equipo, desde el planeamiento, hasta la ejecución y el término del procedimiento. La CEC es determinada por el trabajo en equipo y este debe ser fundamentado en la adhesión de todos los profesionales que participan del procedimiento.

## Conclusión

A partir del análisis criterioso de los datos levantados, se puede concluir que la CEC ofrece riesgos cerebrovasculares comúnmente esperados en cirugías de gran tamaño. Sin embargo, sus peculiaridades favorecen significativamente la ocurrencia de complicaciones neurológicas, justificando la relación frecuentemente encontrada en el fundamento teórico de artículos correlatos.

La metodología aplicada para selección de los estudios no contempla el análisis acerca de las complicaciones neurológicas en el perioperatorio no relacionadas al uso de la CEC, pues desentona en parte con el objeto de esta investigación. Por lo tanto, es importante resaltar que este estudio identifica la ocurrencia de complicaciones neurológicas y los principales mecanismos responsables por la injuria cerebral influenciados por la CEC, según la muestra investigada.

## Referencias

1. Souza MHL, Elias, DO. Fundamentos da circulação extracorpórea. 2ª ed. São Paulo: Centro Editorial Alfa Rio; 2006.
2. Barbosa RAG, Carmona MJC. Avaliação da função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. Rev Bras Anestesiologia. 2002; 52 (6): 689-99.
3. Nogueira CRSR, Hueb W, Takiuti ME, Girardi PBMA, Nakano T, Fernandes F, et al. Qualidade de vida após revascularização cirúrgica do miocárdio com e sem circulação extracorpórea. Arq Bras Cardiol. 2008; 91 (4): 238-44.
4. Brasil LA, Gomes WJ, Salomão R, Fonseca JHP, Branco JNR, Buffolo E. Uso de corticóide como inibidor da resposta inflamatória sistêmica induzida pela circulação extracorpórea. Rev Bras Cir Cardiovasc. 1999; 14 (3): 254-68.
5. Auler Junior JOC, Chiaroni S. Circulação extracorpórea: prevenção e manuseio de complicações. Rev Bras Anestesiologia. 2000; 50 (6): 464-9.
6. Kirklin JK, George JF, Holman W. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass. In: Graville G, Davis RF, Utley JR. (editors). Cardiopulmonary bypass: principles and practice. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993. p. 233-48.
7. Newman MF, Kirchner JL, Phillips-Butt B, Gaver V, Grocott H, Jones RH, et al. Longitudinal assessment of neurocognitive function after coronary artery bypass surgery. N Eng J Med. 2001; 344 (6): 395-402.
8. Harringer W. Capture of particulate emboli during cardiac procedures in which aortic cross-clamp is used: International Council of Emboli Management Study Group. Ann Thorac Surg. 2000; 70 (11): 19-23.
9. Loop FD, Blauth CI, Arnold JV, Schulemberg WE, McCartney AC, Taylor KM. Cerebral microembolism during cardiopulmonary bypass: retinal microvascular studies in vivo with fluorescein angiography. J Thorac Cardiovasc Surg. 1988; 95 (4): 668-76.
10. Tardini DMS, Yoshida WB. Lesões cerebrais decorrentes de isquemia e reperfusão na cirurgia de endarterectomia de carótida. J Vasc Br. 2003; 2 (2): 119-28.
11. Lelis RGB, Auler Jr JOC. Lesão neurológica em cirurgia cardíaca: aspectos fisiopatológicos. Rev Bras Anestesiologia. 2004; 54 (4): 607-17.
12. Beyea SC. Writing an integrative review. AORN Journal. 1998; 67 (4): 877-80.
13. Stetler CB, Morsi DRS, Roughton SL, Corrigan B, Fitzgerald J, Gouliano K, et al. Utilization-focused integrative reviews in a nursing service. Appl Nurs Res. 1998; 11 (4): 195-206.

Las especificidades de ese procedimiento levantadas en este trabajo que refuerzan la incidencia de lesiones neurológicas por isquemia y reperfusión fueron:

- alteraciones del flujo de distribución sanguínea;
- hipoxia prolongada posibilitada parcialmente con la llegada de la CEC, que intensifica una cascada de eventos induciendo más vasoconstricción;
- SIRS inducida por la liberación de mediadores inflamatorios después de estrés mecánico sobre los elementos figurados, durante el cambio del régimen del flujo sanguíneo;
- microembolias de detritos ateromatosos, trombos intracardíacos y aire.

Esta última especificidad puede ser oriunda de varias situaciones incluidas en el manejo de la CEC ya referidas.

Después de la colecta y análisis de la muestra investigada, consideramos que los efectos de la CEC sobre el organismo humano, entre ellos los que determinan las complicaciones neurológicas, aun no están íntegramente elucidados. Nuevos estudios fisiopatológicos son necesarios para consolidar esa área del conocimiento y permitir el surgimiento de técnicas capaces de reducir la incidencia y la extensión de las lesiones neurológicas.

## Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

## Fuentes de Financiación

El presente estudio no tuvo fuentes de financiación externas.

## Vinculación Académica

Este artículo forma parte de tesis de especialización de Natia de Freitas Barbosa, por la *Universidade Federal de Minas Gerais*.

14. Toro AG. Enfermería basada en la evidencia: como incorporar la investigación a la práctica de los cuidados. Granada: Fundación Index; 2001.
15. Grey M. Desenhos experimentais e quase-experimentais. In: Lobiondo-Wood C, Haber J. Pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação crítica e utilização. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara- Koogan; 2001. p. 98-109.
16. Associação Médica Mundial. Declaração de Helsinque. In: 41ª Assembléia Médica Mundial, Hong Kong; 1989.
17. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 196. Brasília; 1996.
18. Smith WS, Mapstone M. Does extracorporeal circulation harm the brain? *Neurology*. 2005; 65 (7): 978-9.
19. Yoda M; Nonoyama M; Shimakura T. Cerebral perfusion during off-pump coronary artery bypass grafting. *Surg Today*. 2004; 34 (6): 501-5.
20. Hernández I, Gómez FJ, Marcos RC. Hemorragia cerebral tras cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. *Rev Esp Anestesiol Reanim*. 2004; 51 (2): 115-7.
21. Yacoubian V, Jyrala A, Kay GL. Directed retrograde cerebral protection during moderate hypothermic circulatory arrest. *Tex Heart Inst J*. 2006; 33 (4): 452-4.
22. Hernández Fleta JL, Uría Rivera T, Santamarina Montila S, Serrano Quintana I. Psychiatric pathology after extracorporeal cardiac surgery: a case report of tardive postoperative cognitive dysfunction. *Actas Luso Esp Neurol Psiquiatr Cienc Afines*. 1998; 26 (4): 273-6.
23. Noé E, Alegre M, Otano M, Castro P. Parálisis supranuclear de la mirada tras cirugía extracorpórea con hipotermia inducida: a propósito de dos casos. *Neurología*. 2000; 15 (1): 35-8.
24. Cengiz P, Seidel K, Rycus PT, Brogan TV, Roberts JS. Central nervous system complications during pediatric extracorporeal life support: incidence and risk factors. *Crit Care Med*. 2005; 33 (12): 2817-24.
25. Chow G, Koirala B, Armstrong D, McCrindle B, Bohn D, Edgell D, et al. Predictors of mortality and neurological morbidity in children undergoing extracorporeal life support for cardiac disease. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004; 26 (1): 38-43.
26. Soltoski PR, D'ancona G, Barrozo CAM, Sant'anna FM, Pereira AW, Bergsland J, et al. Enzimas miocárdicas na cirurgia de revascularização sem circulação extracorpórea. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2000; 15 (2): 105-8.
27. Foltan M, Philipp A, Birnbaum D. Extended use of ECC. *Perfusion*. 2007; 22 (3): 173-8.
28. Moser DJ, Ferneyhough KC, Bauer RM, Arndt S, Schultz SK, Haynes WG, et al. Unilateral vs. bilateral ultrasound in the monitoring of cerebral microemboli. *Ultrasound Med Biol*. 2001; 27 (6): 757-60.
29. Busch T, Sirbu H, Aleksic I, Stamm C, Zenker D, Dalichau H. Anterior ischemic optic neuropathy: a complication after extracorporeal circulation. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 1998; 4(6): 354-8.
30. Mora C. Estrategias preventivas del daño cerebral durante la circulación extracorpórea. *Rev Colomb Anestesiol*. 1997; 25 (2): 139-43.
31. Deklunder G, Prat A, Lecroart JL, Rousel M, Dauzat M. Can cerebrovascular microemboli induce cognitive impairment in patients with prosthetic heart valves? *Eur J Ultrasound*. 1998; 7(1): 47-51.
32. Dabrowski W. Changes in intra-abdominal pressure and central venous and brain venous blood pressure in patients during extracorporeal circulation. *Med Sci Monit*. 2007; 13 (12): 548-54.
33. Short BL. The effect of extracorporeal life support on the brain: a focus on ECMO. *Semin Perinatol*. 2005; 29 (1): 45-50.
34. Ueda Y, Okita Y, Aomi S, Koyanagi H, Takamoto S. Retrograde cerebral perfusion for aortic arch surgery: analysis of risk factors. *Ann Thorac Surg*. 1999; 67 (6): 1879-82; discussion 1891-4.
35. Lobo Filho JG, Leitão MCA, Lobo Filho HG, Soares JPH, Magalhães GA, Leão Filho CSC, et al. Cirurgia de revascularização coronariana esquerda sem CEC e sem manuseio da aorta em pacientes acima de 75 anos: análise das mortalidades imediata e a médio prazo e das complicações neurológicas no pós-operatório imediato. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2002; 17 (3): 208-14.
36. Remadi JP, Marticho P, Butoi I, Rakotoarivelo Z, Trojette F, Benamar A, et al. Clinical experience with the mini-extracorporeal circulation system: an evolution or a revolution? *Ann Thorac Surg*. 2004; 77 (6): 2172-6.
37. Valenzuela-Flores AG, Valenzuela-Flores AA, Ortega-Ramírez JA, Penagos-Paniagua M, Pérez-Campos JP. Alteraciones fisiopatológicas secundarias a circulación extracorpórea en cirugía cardíaca. *Cir Ciruj*. 2005; 73 (2): 143-9.
38. Moura HV, Pomerantzeff PMA, Gomes WJ. Síndrome da resposta inflamatória sistêmica na circulação extracorpórea: papel das interleucinas. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2001; 16 (4): 376-87.
39. Gilutz H. Extracorporeal circulation. *Circulation*. 1998; 97 (1): 117.
40. Van Heijst AF. Pediatric extracorporeal life support and central nervous system injury. *Crit Care Med*. 2005; 33 (12): 2854-5.
41. Whitaker DC, Stygall J, Hope-Wynne C, Walesby RK, Harrison MJ, Newman SP. A prospective clinical study of cerebral microemboli and neuropsychological outcome comparing vent-line and auto-venting arterial line filters: both filters are equally safe. *Perfusion*. 2006; 21 (2): 83-6.
42. Martens S, Dietrich M, Doss M, Deschka M, Keller H, Moritz A. Behavior of gaseous microemboli in extracorporeal circuits: air versus CO2. *Int J Artif Organs*. 2006; 29 (6): 578-82.
43. Sato Y, Ishikawa S, Otaki A, Takahashi T, Hasegawa Y, Koyano T, et al. Postoperative brain complications following retrograde cerebral perfusion. *Surg Today*. 1999; 29 (10): 1034-9.
44. Gravlee GP, Davis RF, Utley JR. *Cardiopulmonary Bypass. Principles and Practice* [Preface]. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993.
45. Mejak BL, Stammers A, Rauch E, Vang S, Viessman T. A retrospective study on perfusion incidents and safety devices. *Perfusion*. 2000; 15: 51-61.