

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD, CARRERA DE
MEDICINA Y CIRUGÍA**

**USOS ALTERNATIVOS DE LA CIRCULACIÓN
EXTRACORPÓREA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN MEDICINA Y
CIRUGÍA**

EDUARDO CORONADO SALAS

DRA. ANA GABRIELA CAMPOS LOBO

COSTA RICA, DICIEMBRE, 2017

Contenido

Índice de figuras.....	7
Capítulo I.	9
Planteamiento del problema.....	9
Pregunta.....	15
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos.....	15
Justificación.....	16
Antecedentes	23
Capítulo II. Marco Referencial	49
Conceptos generales.....	49
Circulación extracorpórea.....	49
Perfusionista:	49
ECMO.....	50
ECMO Venó-arterial (VA).....	52
ECMO Venó Venoso (VV)	53
Bombas de sangre centrífugas	54
Oxigenador de membrana:.....	55
Cánulas:	59

Canulación:	61
Cánulas arteriales:	62
Cánula venosa:	63
Trasplante:	65
Anticoagulación:.....	67
AH1N1.....	68
Capítulo III. Marco Metodológico.....	70
Método	70
Criterios de inclusión.....	70
Criterios de exclusión	70
Estrategias utilizadas para la búsqueda de los estudios.....	71
Capítulo IV. Análisis	72
Intercambiador de calor para soporte extracorpóreo.....	72
Interacción sanguínea con oxigenadores e intercambiadores de calor.....	79
Coagulación y fibrinólisis.....	79
Trauma a los elementos celulares	79
Membrana de Oxigenación ExtraCorpórea ECMO:	80
Guías para la insuficiencia Cardíaca en Adultos (ELSO)	82
ECPR.....	84
Duración de la reanimación pre-ECPR	88

Etiología del paro cardíaco	90
Hipotermia terapéutica durante ECPR	92
Insuficiencia Respiratoria en adultos.....	94
ECMO en Status Asmático	94
Trasplante pulmonar.....	100
Circulación Extracorpórea.....	103
Perfusión regional oncológica	103
Quimioperfusion intraperitoneal.....	108
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	113
Conclusiones:	113
Recomendaciones:.....	115
Referencias.....	116

Índice de figuras

Figura 1 Dr. Andrés Vesalio Guzmán.....	9
Figura 2 Oxigenadores de burbujas del Dr. Richard De Wall y del Dr. Vesalio.....	24
Figura 3 Dr. Longino Soto Pacheco.....	26
Figura 4 Primer traslado interhospitalario de paciente con ECMO.....	35
Figura 5 Equipo del primer traslado interhospitalario	37
Figura 6 ECMO.....	51
Figura 7 Diferentes tipos de colocación de ECMO	52
Figura 8 Centrífugas	55
Figura 9 Oxigenador de Membrana	56
Figura 10 Oxigenador de membrana para CEC	58
Figura 11 Oxigenador de ECMO.....	59
Figura 12 Cánulas	60
Figura 13 Canulación yugular.....	61
Figura 14 Canulación femoral	62
Figura 15 Canulación Venovenosa.....	65
Figura 16 Paciente de 44 años en franca insuficiencia cardíaca, candidato a trasplante cardíaco.....	66
Figura 17 Heparinas no fraccionadas.....	68
Figura 18 Intercambiador de Calor	77
Figura 19 ECMO.....	81
Figura 20 Tubuladuras	82

Figura 21 Canulación en paciente en PCR	84
Figura 22 Melanoma.....	105

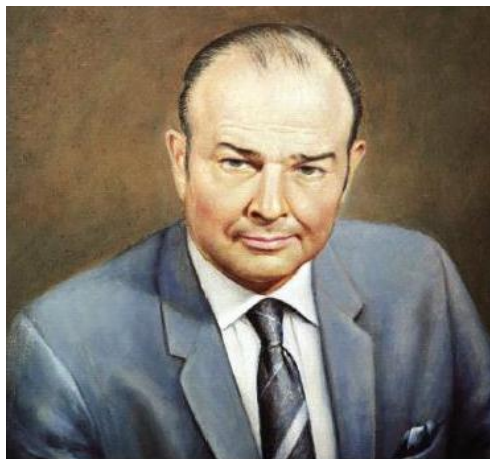
Capítulo I.

Planteamiento del problema

El presente trabajo de investigación busca dar a conocer las últimas tendencias en el campo de la medicina, siendo más específicos, en el área de la medicina extracorpórea, rama poco conocida por muchos y un área de la medicina que la gran mayoría de personas desconocen por completo y quienes han oído mencionar algo referente a la medicina extracorpórea lo relacionan directamente con cirugía cardiovascular, restándole importancia a esta importante rama de la medicina, que está muy lejos de ser solo un apoyo a la cirugía cardiovascular.

En Costa Rica, el Dr. Andrés Vesalio Guzmán (Figura.1) no sólo estaba convencido que este era el futuro de la cirugía cardíaca, sino que decidió construir su propio oxigenador y después de arduos y bien planificados años de estudios experimentales, lo logra.

Figura 1 Dr. Andrés Vesalio Guzmán



**Acta Médica Costarricense, © 2014 Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica Acta méd
costarric Vol 56 (3), julio-setiembre 2014**

Tal como lo menciona el doctor Rodrigo Gutiérrez Aguilar en el Acta médica costarricense vol.56 n.3 San José Jul./Sep. 2014:

“Obtuvimos el primer éxito con la sobrevida de un perro llamado “Capitán”. El Dr. Guzmán organizó de inmediato una fiesta de celebración con la presencia de “Capitán” y, como principal invitado, el Dr. José Manuel Quirce Morales, director del Hospital (San Juan de Dios). En determinado momento, entre tazas de café, refrescos y bocadillos, se presentó el siguiente diálogo.

-Bueno, José Manuel, ya estamos listos para hacer este procedimiento en el humano, ¿voz nos darías permiso? -dijo el Dr. Guzmán con voz muy fuerte.

- Sí, sí, como no, - contestó entre risas el Dr. Quirce.

- Muchachos, ya tenemos el permiso. - dijo Vesalio, casi en susurro.

La operación se organizó con base en 3 puntos fundamentales: 1- La paciente sería Rosa Montero, de 17 años de edad, quien presentaba una estenosis de la válvula pulmonar. 2- Sólo el grupo que iba a participar lo sabría. 3- Se llevaría a cabo el 1° de mayo, día feriado, con el mínimo del personal trabajando. Yo sugerí que filmáramos el acontecimiento con una cámara de cine propiedad de mi padre, y así se hizo. Todo se desarrolló de

maravilla, pero para que apareciera la piedra en el zapato, algún empleado despistado y chismoso, con la operación avanzada, corrió a llamar al Dr. Quirce para alertarlo sobre algo irregular que estaba sucediendo en la sala de operaciones. En el momento cuando se terminaba de cerrar el tórax de la paciente, apareció el señor director en la puerta de la sala y casi gritando dijo:

- ¿Qué pasa aquí?

-Vos nos diste el permiso y aquí está la primera cirugía a corazón abierto que se hace en Costa Rica, y con éxito total. -Contestó el Dr. Guzmán, con toda parsimonia.”

Quizás por esto, es que la medicina extracorpórea es que se ha visto relegada a un paso más de la cirugía cardíaca, dejando de lado el gran abanico de opciones que brinda la circulación extracorpórea y el gran aporte del Dr. Vesalio con su primer modelo de oxigenador, tema que será desarrollado a lo largo de la presente revisión bibliográfica.

Tal como lo evidencian los doctores Carlos Dobles-Ramírez y Donato A. Salas-Segura en el acta médica costarricense en 2014:

A pesar de no tratarse en absoluto de una terapia nueva, el uso del ECMO aún carece de grandes estudios clínicos aleatorizados y multicéntricos que ayuden a establecer con un mayor grado de certeza sus indicaciones, momento ideal de inicio y contraindicaciones. Sin embargo, la bibliografía médica mundial continúa registrando un incremento de reportes de casos y series de pacientes que permiten ir delimitando mejor

su campo de aplicación.

En cierto modo, cuando un país ingresa de lleno en el campo del trasplante de órganos, debe contar con sistemas de apoyo sofisticados y a menudo caros y de algún grado de complejidad, que lo faculten para dos cosas: permitir al paciente sobrevivir mientras se procura el órgano y dar apoyo vital mientras el órgano trasplantado se recupera. El ECMO satisface estas necesidades en los pacientes que requieren trasplante de órganos intratorácicos, como la máquina de hemodiálisis lo hace en el paciente con trasplante renal.

Tal como lo mencionan los doctores Carlos Dobles-Ramírez y Donato A. Salas-Segura en el acta médica costarricense en 2014, la sobrevida de un paciente que requiera la membrana de oxigenación extracorpórea no es la mejor por su condición previa de salud:

Según datos para el 2009 de la ELSO, la mortalidad de los pacientes adultos con ECMO veno-arterial es de un 45% y de aquellos con ECMO veno-venoso es de un 36%. Los pacientes con ECMO veno-arterial se encuentran en las peores condiciones de salud imaginables y usualmente están en espera de un trasplante de corazón o de corazón-pulmón y por eso su tasa de mortalidad es mayor, mientras que los pacientes con ECMO veno-venoso tienen un corazón sano y muchas veces la patología pulmonar que sufren es reversible (por ejemplo, neumonías severas). Claro está que se trata de pacientes cuya condición de intercambio alvéolo-arterial de oxígeno es tan mala que ya toda forma de

ventilación mecánica convencional y la mayoría de las no convencionales, han fallado. Considerada como terapia aislada, un ECMO se considera exitoso si el paciente sobrevive más de 5 días con el, independientemente del resultado final con la vida del paciente. En terapia con ECMO, las complicaciones son la norma y no la excepción. Se ha estimado que ocurren 2,7 complicaciones por cada terapia.

Las complicaciones pueden dividirse en 2 grandes grupos: las relacionadas con el paciente y las relacionadas propiamente con la máquina. Estas últimas incluyen problemas con las cánulas (mala colocación, desplazamiento, lesión de vasos, etc.), los circuitos y la membrana de oxigenación (trombosis, ruptura), o las fallas del monitor o la bomba. Por otro lado, las complicaciones relacionadas con el paciente son múltiples e incluyen: hipertensión, convulsiones, neumotórax, disfunción miocárdica y disritmias, coagulopatía de consumo y sangrados en diversos órganos (cerebro, sistema digestivo, piel, sitios de punción), trastornos hidroelectrolíticos, insuficiencia renal con necesidad de soporte renal, e infección.

Queda claro que, si bien es cierto el desarrollo de la cirugía cardiopulmonar, con todas sus variables: reemplazo valvular, bypass coronario, trasplante cardíaco, trasplante pulmonar, etc. Han causado revuelo, por lo complejo de dichos procedimientos y la importancia histórica que presentan es que comúnmente se escucha hablar de circulación extracorpórea en esta área de la cirugía; hay que ser enfáticos en que la circulación extracorpórea ha incursionado en múltiples áreas, que son el objetivo principal de la

presente revisión.

Pregunta

¿Qué es la circulación extracorpórea y qué otros usos se le pueden dar a parte de la cirugía cardiovascular?

Objetivos**Objetivo general**

Dar a conocer que es la circulación extracorpórea y sus múltiples usos a parte de la cirugía cardiovascular

Objetivos específicos

- Definir que es la circulación extracorpórea y conocer la historia y aportes que han dado los médicos costarricenses.
- Conocer las diferencias entre circulación extracorpórea y el ECMO.
- Aprender sobre la aplicación del ECMO y la circulación extracorpórea, en diversas áreas de la medicina, a parte de la cirugía cardiovascular.
- Señalar cuales son las principales falencias, a las que se enfrenta el centro nacional de ECMO.
- Enumerar los diferentes grupos de pacientes que se verían beneficiados con el ECMO y la circulación extracorpórea, si se explotan todos sus usos alternativos.

Justificación

El realizar un trabajo de revisión bibliográfica referente al tema de la circulación extracorpórea y sus diversos usos alternos a la cirugía cardiovascular, es un reto ya que las estadísticas y publicaciones con relación al tema son pocas, pero su importancia en la práctica médica justifican dedicarle un tiempo para el estudio en detalle de la amplia gama de usos que se le pueden dar a la circulación extracorpórea, y que cuyo desconocimiento puede en gran medida definir la sobrevida de un paciente. Tal y como sucedió en Costa Rica para el año 2016 cuando la epidemia de AH1N1 (virus de la influenza) y así lo mencionó el periódico La Nación del 6 de enero de 2016:

San José - Un total de 14 personas, entre ellas una mujer de nacionalidad india, han muerto en Costa Rica desde diciembre pasado a causa del virus H1N1, mejor conocido como gripe porcina o aviar, mientras que unas 22 están hospitalizadas y "severamente afectadas", informó hoy el Ministerio de Salud.

El hospital de San Carlos, en la zona norte del país, registra el mayor número de muertes, seis, seguido del hospital de Alajuela (centro), con cuatro, uno en Cartago y tres en San José.

Entre las víctimas hay un niño de tres años y una mujer india que no residía en el país, de acuerdo con los datos oficiales.

El ministro de Salud, Fernando Llorca, explicó en una conferencia de prensa que la mayoría de los fallecidos presentaba factores de riesgo como obesidad, diabetes, hipertensión o drogadicción.

"Los pacientes presentaban complicaciones como obesidad y cardiopatías. Hemos hecho un balance técnico que dice que la situación que tenemos no se justifica para cancelar eventos masivos", dijo Llorca.

Por su parte, la presidenta ejecutiva de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), María del Rocío Sáenz, manifestó que el comportamiento del virus respiratorio "no da señal para alarmar al país".

"No hay señales de que el virus esté variando o convirtiéndose en uno nuevo como en 2009. Es nada más que se encuentra en una temporada especial", expresó Sáenz.

Según las autoridades el atraso en la llegada de la época lluviosa el año pasado provocó un pico de infecciones respiratorias en diciembre, cuando usualmente este tipo de enfermedades se incrementan a partir de octubre.

Además, la funcionaria solicitó evitar provocar "temor" en la población, ya que no se trata de una epidemia y los ciudadanos solamente deben seguir las medidas de prevención como lavado de manos y toser o estornudar correctamente.

"Este momento no es el adecuado para la vacunación, la gente está gastando dinero y eso va a crear una falsa satisfacción porque no lo va a proteger", debido a que la nueva vacuna de 2016 llegará al país en marzo próximo, dijo Sáenz.

Datos oficiales indican que 14 personas han muerto por el virus

H1N1, cinco casos de fallecimiento están en investigación, y 22 se encuentran severamente afectados en unidades de cuidados intensivos.

Además, en todo 2015 un total de 33 personas fallecieron por infecciones respiratoria agudas, mientras en 2014 la cifra fue de 69.

Las autoridades de salud indicaron que han tomado todas las previsiones para la atención de infecciones respiratorias, e instaron a la población a acudir rápidamente a un centro médico en el momento que presenten síntomas como fiebre alta o dolor de cuerpo, especialmente a las personas con factores de riesgo.

Situación que dejó más de un centenar de muertos entre los años de 2014 y 2016, que si bien es cierto, afectó a población con cierto grado de vulnerabilidad como adultos mayores, niños, embarazadas y personas que presentaban algún grado de inmuno incompetencia, si estos hubieran sido intervenidos por médicos especialistas en circulación extracorpórea, el porcentaje de sobrevivida de estos pacientes se hubiera visto grandemente beneficiada, según lo menciona, la ELSO en su publicación, Statistics from the AH1N1 Registry el 13 de abril de 2011.

La infección con el virus H1N1 causa inflamación del tracto respiratorio superior e inferior y fiebre. En casos raros, se requiere ingreso a la UCI, intubación y ventilación mecánica. La alta concentración de oxígeno y el manejo del respirador con alta presión de inflado pueden dañar los pulmones, lo que aumenta el riesgo de muerte. El soporte del paciente con ECMO mientras los pulmones están fallando, elimina el

riesgo de ventilación nociva y permite más tiempo para que la inflamación disminuya y los pulmones se recuperen.

En el brote de 2009 en Australia / Nueva Zelanda, 201 pacientes con H1N1 confirmada o sospechada fueron tratados en centros de ECMO. La mayoría de estos pacientes se recuperaron, pero se utilizó ECMO para 68 pacientes que no respondieron a las medidas convencionales, con un 79% recuperado y sobrevivieron al momento del informe.

ECMO es el uso de una máquina modificada corazón-pulmón para asumir la función del corazón y los pulmones durante días o semanas en pacientes con insuficiencia cardíaca o pulmonar aguda, grave. ECMO ha sido utilizado en más de 40,000 pacientes de todas las edades. Debido a que ECMO tiene complicaciones potenciales, solo se usa en pacientes con alto riesgo de muerte. ECMO es complicado y se usa solo en centros experimentados. El factor limitante no es el equipo, sino las personas con la experiencia en la técnica. El resultado depende de si el corazón o los pulmones pueden recuperarse con el tiempo y el tratamiento continuados. La recuperación y la supervivencia cuando se utiliza ECMO en la insuficiencia respiratoria en adultos es actualmente de aproximadamente el 50%. Hay 160 centros ECMO en la Organización de Apoyo Vital Extracorpóreo (ELSO); 126 están en América del Norte.

ECMO es una técnica compleja y requiere una preparación minuciosa, equipo apropiado, compromiso institucional, práctica y un equipo dedicado. Si está considerando ECMO para un paciente

gravemente enfermo H1N1 y su centro no está preparado, es mejor derivar al paciente y no intentar ECMO hasta que su centro esté bien entrenado y preparado para hacerlo. Si el transporte no es posible, continúe con la terapia convencional óptima. Si el paciente está muriendo a pesar de la terapia óptima y su centro está intentando ECMO de todos modos, se debe buscar apoyo y asesoramiento adicional en centros ELSO cercanos.

Se debe considerar la derivación a un centro de ECMO para un paciente en una UCI que esté conectado a un ventilador y requiera una concentración alta de oxígeno (más del 80%) para mantener una oxigenación sanguínea adecuada. La gripe H1N1 también causa choque séptico, y se debe considerar la derivación para pacientes que requieren 2 o más medicamentos para tratar el shock. La infección por H1N1 a menudo progresa muy rápidamente en casos graves, por lo que la referencia puede ser el primer o segundo día en la UCI. La revisión de los primeros datos de registro de ELSO H1N1 hasta octubre de 2009 muestra una supervivencia del 72% cuando se instituye la ECMO dentro de los 6 días posteriores a la intubación; 31% cuando los pacientes han sido intubados por 7 días o más. En este momento, el transporte en ECMO se limita a unos pocos centros y servicios privados.

La indicación de usar ECMO en un centro ECMO con experiencia es insuficiencia pulmonar progresiva (PaO_2 por debajo de 80 en FiO_2 1.0) o shock (hipotensión en 2 fármacos vasoactivos) a pesar del tratamiento óptimo. Los resultados son mejores cuando se instituye la ECMO dentro

de los 6 días posteriores a la intubación (consulte los resultados del registro H1N1). El acceso vascular es por canulación veno-venosa en la mayoría de los casos; canulación veno-arterial para shock profundo o arritmia. El flujo sanguíneo extracorpóreo comienza a 70 cc / kg / min, luego se mantiene a un nivel para proporcionar un soporte completo en entornos de baja ventilación y niveles de fármaco. La anticoagulación se mantiene mediante una infusión continua de heparina, monitorizada con frecuencia. Todos los aspectos de la gestión se describen en las directrices.

En H1N1, la función pulmonar a menudo se detiene por completo durante días o semanas, por lo que el paciente es completamente dependiente de la perfusión de ECMO. La función pulmonar generalmente regresa en 1-2 semanas, pero puede tomar un mes o más. Si la función pulmonar no se ha recuperado en un mes, la posibilidad de recuperación es pequeña. Uno o dos casos de H1N1 pueden afectar la capacidad de cualquier equipo de ICU y ECMO, particularmente cuando se necesita disponibilidad de ECMO para otros pacientes. Anticipando esta epidemia, los centros de ECMO están haciendo planes para lidiar con la asignación de recursos.

Esto solo con el fin de ilustrar con un ejemplo la necesidad imperante del uso del ECMO y la circulación extracorpórea en la práctica médica, y si bien es cierto la ELSO menciona que hay solamente 160 centros especializados que cuentan con ECMO y 126

de estos se encuentran en Norte América, es importante rescatar que en Costa Rica propiamente en el hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia, se cuenta con el Centro Nacional de ECMO, que es el único de Centro América y el Caribe, y como veremos en el desarrollo de la presente revisión este centro recibe pacientes de los hospitales primarios de Costa Rica, he inclusive se han hecho gestiones para recibir pacientes de países vecinos.

Es por esto entre otras muchas cosas que se debe traer a discusión el tema de la circulación extracorpórea y revisar su importancia, ya que pese a que en Costa Rica cuenta con el Centro Nacional de ECMO, muchos de los médicos generales y especialistas del país desconocen la existencia de la especialidad y por ende la existencia del Centro Nacional de ECMO, lo que lleva a que se subutilice la circulación extracorpórea y se vea relegada a un paso más de la cirugía cardiovascular, dejando de lado el abanico de opciones que brinda esta especialidad en las diferentes ramas médicas.

Antecedentes

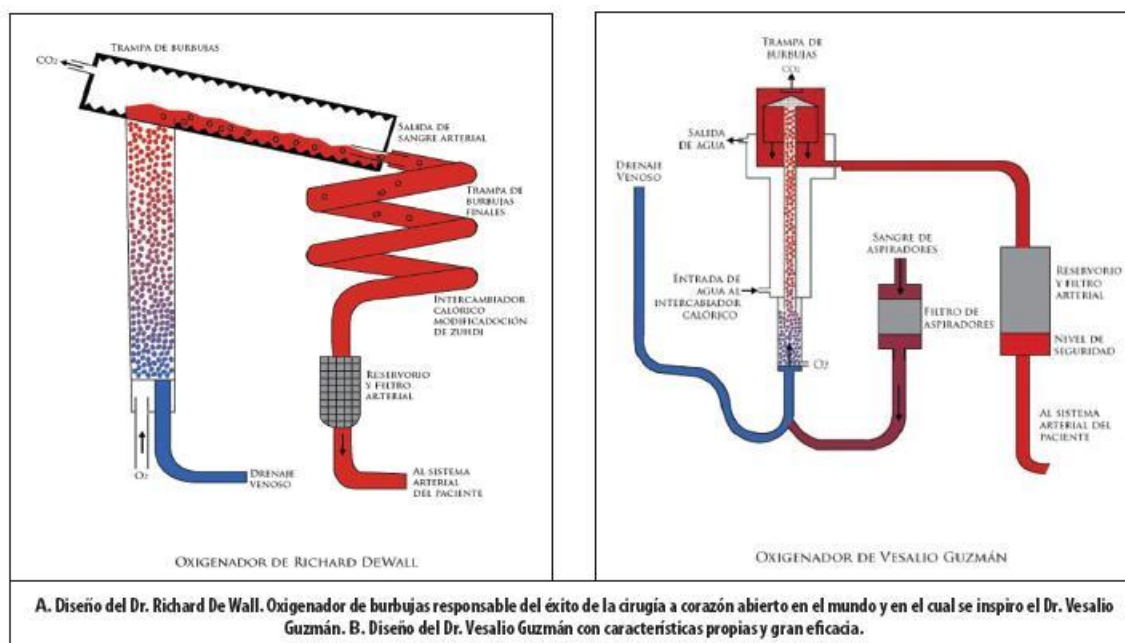
Para poder hablar de la circulación extracorpórea se debe hacer un largo recorrido por la historia de la medicina, y sin lugar a duda se debe mencionar la cirugía cardiovascular, que fue ahí donde se dan los primeros pasos en la historia de la circulación extracorpórea debido a que se debía crear un sistema que permitiera al cirujano cardiovascular trabajar en un corazón que no estuviera latiendo y poder mantener con vida al paciente, mientras se realizaba la cirugía. Este recorrido por la historia tal como lo menciona, Acta médica costarricense vol.56 n.3 San José Jul./Sep. 2014.

El 6 de mayo de 1953, el doctor John H. Gibbon Jr., utilizó con éxito un sistema corazón-pulmón artificial, para corregir una comunicación interauricular en una muchacha de 18 años, naciendo así la cirugía a corazón abierto bajo circulación extracorpórea. Pero, en el mismo año el Dr. Gibbon decidió suspender ese procedimiento y regresar al laboratorio experimental, debido a 2 fracasos después de su éxito primero. El problema fundamental era lo complejo de su sistema extracorpóreo, basado en múltiples membranas de difícil manejo. Para algunos todo había sido un sueño, una quimera. A pesar de eso, en 1955 se produce un cambio total, cuando el Dr. Richard De Wall opera con éxito a 7 niños, utilizando su propio diseño de un oxigenador de burbujas, y haciendo renacer la esperanza de los cirujanos de corazón.

11 años antes, el 27 de mayo de 1952, el Dr. Vesalio Guzmán había realizado la primera comisurotomía mitral a corazón cerrado, y por

solo este hecho debe ser recordado como el pionero de la cirugía cardiaca en el país, pero la magnitud de los acontecimientos que culminaron con éxito en mayo del 63 merece resaltarse en letras de oro. El Dr. Guzmán decía que se había inspirado en el modelo de De Wall para construir su oxigenador, pero la verdad es que su diseño tiene características que le dieron identidad: más compacto, intercambiador calórico incorporado, efectivo atrapado de burbujas, etc. Construido totalmente en Costa Rica, se utilizó con éxito en muchos pacientes.

Figura 2 Oxigenadores de burbujas del Dr. Richard De Wall y del Dr. Vesalio



Con el paso de los años evolucionaron los oxigenadores, hasta llegar a los de membrana de fibra capilar, pero sin duda alguna aquellos primeros de burbujas, fueron determinantes en la cirugía cardiaca. Aparte del Dr. De Wall, la historia señala diseños de ilustres cirujanos: Clark,

Jordan, Rygg, Cooley, Zuhdi y muchos más, pero en Costa Rica se debe recordar con orgullo el oxigenador del Dr. Guzmán, responsable del inicio de la cirugía a corazón abierto en nuestro medio.

8 de marzo de 1991, primer trasplante de corazón en Costa Rica

El 3 de diciembre de 1967, el Dr. Christiaan Barnard, en Sudáfrica, realiza el primer trasplante cardiaco, al comerciante de ultramarinos Louis Washkanski. En ese mismo año, en el Hospital Central de la CCSS, hoy Hospital Dr. Calderón Guardia, el Dr. Longino Soto Pacheco (Figura 2) trataba de crear un servicio exclusivo para la cirugía cardiaca, la cual se realizaba como un agregado en los servicios de cirugía general, tanto en ese hospital como en el San Juan De Dios. El momento era propicio, ya que estábamos a punto de estrenar el nuevo Hospital México, y la hazaña del Dr. Barnard fortaleció aún más la necesidad del futuro servicio. Reorganizamos entonces el laboratorio de cirugía experimental, dándole énfasis al trasplante cardiaco. Fueron meses de mucho trabajo, llenos de ilusión y mística, sonando con el futuro servicio de cirugía cardiaca, y en el fondo casi en forma latente, convencidos de que un trasplante cardiaco en nuestro medio era algo utópico, ya que después del caso de Barnard, solo se realizaba en unos pocos hospitales en el mundo, y con poco éxito. A partir de 1980, el panorama de los trasplantes cardiacos cambió en forma radical, debido a 3 factores: los inmunosupresores, la biopsia endocárdica y la red de disponibilidad de donadores.



Figura 3 Dr. Longino Soto Pacheco

Para 1991 el proyecto del servicio de cirugía cardíaca en el Hospital México era una realidad, pero el Dr. Longino Soto, vehemente y polémico, tanto en el deporte como en la política o la medicina, tenía muchos amigos y también un buen grupo de enemigos. Al cumplir 67 años, la Junta Directiva de la CCSS decidió jubilarlo en forma obligada, y a pesar de la oposición acalorada del Dr. Soto, solo una apelación de otro médico detenía la decisión de las autoridades de la Caja. En el momento álgido de esta controversia, ingresa al Hospital el guanacasteco Juan Rueda, cuya única posibilidad de sobrevivir era un trasplante cardíaco, y el Dr. Soto no lo duda y de inmediato inicia los preparativos para la operación, pero con 2 grandes interrogantes: la disponibilidad de un donador y los controversiales aspectos legales del procedimiento, que hacían dudoso el permiso de la dirección del hospital. El 6 de marzo, otro guanacasteco de 17 años, sufre una caída desde un camión de carga y

llega al hospital con severas lesiones, las cuales le causan muerte neurológica; los estudios de laboratorio muestran que es en todo compatible con Juan Rueda, y la familia del joven accidentado da su consentimiento. Ante la falta de un pronunciamiento legal claro, el Dr. Soto me dijo:

-Macho, esto lo manejamos como una emergencia médica; yo asumo toda la responsabilidad.

El procedimiento quirúrgico se inició a las 3:30 p.m., en forma acelerada, debido al paro cardíaco del donador. A las 7:45 p.m., la operación había terminado, pero faltaban los momentos de mayor angustia, ya que el nuevo corazón de Juan, prácticamente no se movía.

Christian Barnard había dicho después de su trasplante “la comprobación de que ante mí se hallaba tendido un hombre sin corazón, pero vivo, me parece que fue el momento que me infundió más pavor”. Pero en mi caso, el momento de gran ansiedad se produjo al comprobar la insuficiencia del nuevo corazón. El futuro físico de Juan Rueda y el profesional del Dr. Soto, dependían de los sistemas extracorpóreos que yo tenía en mis manos. Longino se quitó los guantes y la bata de operar, dio una vuelta por la sala, sin decir una sola palabra, puso una mano sobre mi hombro y se retiró; un cirujano asistente dijo “Por lo menos hicimos el primer intento.”. Cada minuto siguiente se hizo del tamaño de un siglo, las cifras del laboratorio clínico, encabezadas por un hematocrito de 15, eran alarmantes.

Con dos intensivistas, el Dr. Oscar Palma y el Dr. Mauricio Artiñano, el soporte hemodinámico extracorpóreo y un hemoconcentrador, la mejoría del paciente fue sucediéndose minuto a minuto, por las siguientes largas 4 horas, hasta que a las 12:20 a.m., lo pudimos trasladar a la sala de cuidados intensivos.

Me retiré a dormir como a las 3:00 a.m. y a las 6:00 a.m. me despertó el timbre del teléfono; contesté esperando lo peor, pero era Longino, quien a viva voz decía: - “Macho... Juan está como si le hubiéramos sacado una uña del pie.”

El Dr. Longino Soto continuó haciendo complicadas cirugías cardiacas por los siguientes 15 años, incluyendo 8 trasplantes cardiacos. Uno de esos, el practicado a Blanca Vega, está entrando en el récord mundial de sobrevida, tras 23 años de efectuado el trasplante.

Luego de que gracias al aporte de todos los médicos que a lo largo de la historia dieron su aporte, tiempo y conocimientos para desarrollar equipos, y sistemas que permitieran paso a paso ir evolucionando la cirugía cardíaca, en Costa Rica ya el Dr. Longino Soto había dado desde hace ya muchos años el primer trasplante de corazón, no fue sino hasta el 2007 que en el hospital Calderón Guardia que se realiza el primer trasplante de corazón a una paciente que al día de hoy permanece con vida, años más tarde en el 2013 el hospital Nacional de Niños refiere a un paciente de 13 años con estenosis aórtica congénita, como lo relatan los doctores Dobles y Salas en el Acta Médica Costarricense (2014).

Un paciente masculino de 13 años, vecino de San José, portador de estenosis aórtica congénita, en control y tratamiento en el Hospital Nacional de Niños, fue sometido en marzo de 2013 a una dilatación infructuosa valvular aórtica con balón (el gradiente valvular solo bajó de 91 a 70 mmHg).

Ingresó en octubre de ese mismo año al Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia, por una neumonía extrahospitalaria severa que respondió bien a la terapia antibiótica, pero que rápidamente se asoció con insuficiencia cardíaca congestiva, manifestada por alteración del sensorio, elevación de transaminasas y bilirrubinas, edemas periféricos y trastornos del ritmo. Una ecocardiografía transtorácica mostró la cardiopatía valvular descrita con hipoquinesia global severa, hipertrofia ventricular izquierda excéntrica severa, trastornos en la función diastólica y una fracción de eyección del 10%.

Resuelto el proceso infeccioso, se intentó infructuosamente una nueva valvuloplastia con balón, pero el orificio valvular era de 3 mm y no se pudo pasar una guía a través de él. Después de esta intervención, el paciente incrementó la disnea, volvió a elevar las pruebas de función hepática y presentó fiebre. Por esta última se inicia un nuevo ciclo de antibióticos (meropenem y vancomicina). El 12 de noviembre es llevado a sala de operaciones para recambio valvular aórtico, como última opción para resolver la insuficiencia cardíaca, antes de un trasplante cardíaco. Se realizó el reemplazo valvular, pero no fue posible desconectar al paciente

de la bomba de circulación extracorpórea una vez completada la sustitución valvular, por la pobre respuesta del miocardio.

Es hasta este momento donde por primera vez en Costa Rica, a cargo del equipo de Perfusión Extracorpórea, que debe llevar a cabo la tarea de colocar el primer ECMO en Costa Rica, Acta Médica Costarricense (2014)

Ante esta situación, se decide como medida in extremis, conectar al paciente a un dispositivo de ECMO para terapia de soporte de tipo arterio-venoso, y en la cual permanecería por espacio de los siguientes 17 días. Mientras, se alertó el sistema para la procura urgente de un donador cardiaco.

Una vez colocado en ECMO, el paciente regresa a la Unidad de Cuidados Intensivos para continuar el manejo. Se colocó en ventilación mecánica en modalidad asisto-controlada con mínimos parámetros y una fracción inspirada de oxígeno del 25%. A las 24 horas de la terapia con membrana, presentó insuficiencia renal aguda que ameritó la colocación simultanea de una máquina de ultrafiltración veno-venosa continua.

En los hemocultivos de rutina, una vez colocado en ECMO, se aisló una *Stenotrophomonas maltophilia* con un antibiograma limitado a la sensibilidad para el trimetropín-sulfametoxazol, la cual era intermedia (MIC < 20). Por esta razón, se agregó levofloxacina como parte de la cobertura antibiótica.

Para el 19 de noviembre, su condición hemodinámica y estado del

sensorio había mejorado tanto, que fue posible realizar la extubación endotraqueal. Sin embargo, aproximadamente 4 horas después, debió volverse a intubar y a colocar en ventilación mecánica por presentar agitación motora, falta de colaboración y atención a órdenes.

Se utilizó ecocardiografía transesofágica desde el primer día, para evaluar la función cardíaca y detectar complicaciones (disección de aorta, hemopericardio, etc.). Uno de los hallazgos más conspicuos fue la aparición de múltiples trombos en ambos atrios, algunos sobre la cánula atrial derecha. Dichos trombos tapizaban ambas cavidades y variaban de morfología y de tamaño diariamente.

El 27 de noviembre se sometió a una broncoscopia para lavado bronquio alveolar y remoción de tapones bronquiales, con la idea de preparar a los pulmones para el eventual retiro del soporte hemodinámico. Del material obtenido se aisló de nuevo una *S. maltophilia* con un patrón de sensibilidad similar a la previa.

El 29 de noviembre es llevado a sala de operaciones para el drenaje del hemotórax y evaluar el retiro del ECMO, con base en la mejoría ecocardiografía y hemodinámica en general. Luego de los drenajes el paciente se tornó hemodinámicamente muy inestable, con caída de la presión arterial, y a pesar del soporte pleno con el ECMO e infusión de adrenalina, presentó trastornos del ritmo, acidosis profunda y finalmente falleció.

Durante el periodo de esta terapia, el paciente requirió 48 unidades de glóbulos rojos empacados, 300 unidades de plaquetas (50 pools), 11 unidades de plasma fresco congelado y 8 unidades de crioprecipitados.

Según refiere la Dra. Campos

“Fue un caso muy complicado, contamos con la ayuda de Perfusionistas, cirujanos e intensivistas de países como Argentina y Colombia, quienes estuvieron a disposición de contestar todas las preguntas que teníamos. Fue muy difícil y emocionalmente agotador, no solamente por ser el primero y sino por ser un paciente tan joven. Había El procedimiento quirúrgico fue técnicamente exitoso, pero el corazón del paciente estaba tan débil que no logró salir de circulación extracorpórea; fue en ese momento se decidió colocar en ECMO VA, utilizando las mismas cánulas que se habían utilizado para CEC. Mientras yo mantenía el paciente en CEC, el técnico se encargaba de purgar el circuito para hacer el cambio entre las máquinas, esto era pasar de CEC (que es a corto plazo) a ECMO (como asistencia a largo plazo). Para este caso en particular el ECMO VA se utilizó como puente a recuperación inicialmente pero el corazón no respondía por lo que pasó a ser como puente a trasplante cardiaco. Por aún no contar con tanta experiencia nos turnamos para hacer guardia de día por medio, revisando los circuitos y obteniendo muestras para gases cada 4 horas; fue así todo el tiempo que el paciente estuvo en ECMO. Hubo momentos en que estuvo más despierto y en algún momento se intentó extubar. En estos periodos reconocía a los familiares e inclusive a los

miembros del equipo. Se le enseñó una seña que hacía con la mano particular para cada uno de los miembros en caso de que quisiera llamar a enfermería, perfusión o intensivistas. Presentó coagulopatía por lo que en varias ocasiones se necesitó reintervención quirúrgica. Durante todo el tiempo que estuvo internado aparecieron dos posibles candidatos a donación, sin embargo, ninguna de las familias aceptó donar los órganos. Por desgracia, este sigue siendo uno de los principales problemas, a pesar de que una persona le informe a sus familiares que está anuente a donar los órganos y lo ponga así en su licencia, muchas familias piden que no se les quiten los órganos. Tal fue el caso del primer trasplante pulmonar con soporte de ECMO, se trató de un paciente de 24 años con fibrosis pulmonar bilateral, en varias ocasiones aparecieron posibles candidatos a donación, pero en el momento de decidir los familiares rechazaron la donación y se respeta su decisión.”

En cierto modo, cuando un país ingresa de lleno en el campo del trasplante de órganos, debe contar con sistemas de apoyo sofisticados y a menudo caros y de algún grado de complejidad, que lo faculten para dos cosas: permitir al paciente sobrevivir mientras se procura el órgano y dar apoyo vital mientras el órgano trasplantado se recupera. El ECMO satisface estas necesidades en los pacientes que requieren trasplante de órganos intratorácicos, como la máquina de hemodiálisis lo hace en el paciente con trasplante renal.

Sin embargo, es una historia que puede no ser alentadora debido a su desenlace, no obstante, el equipo de médicos, que se toman esta tarea muy en serio continúan con

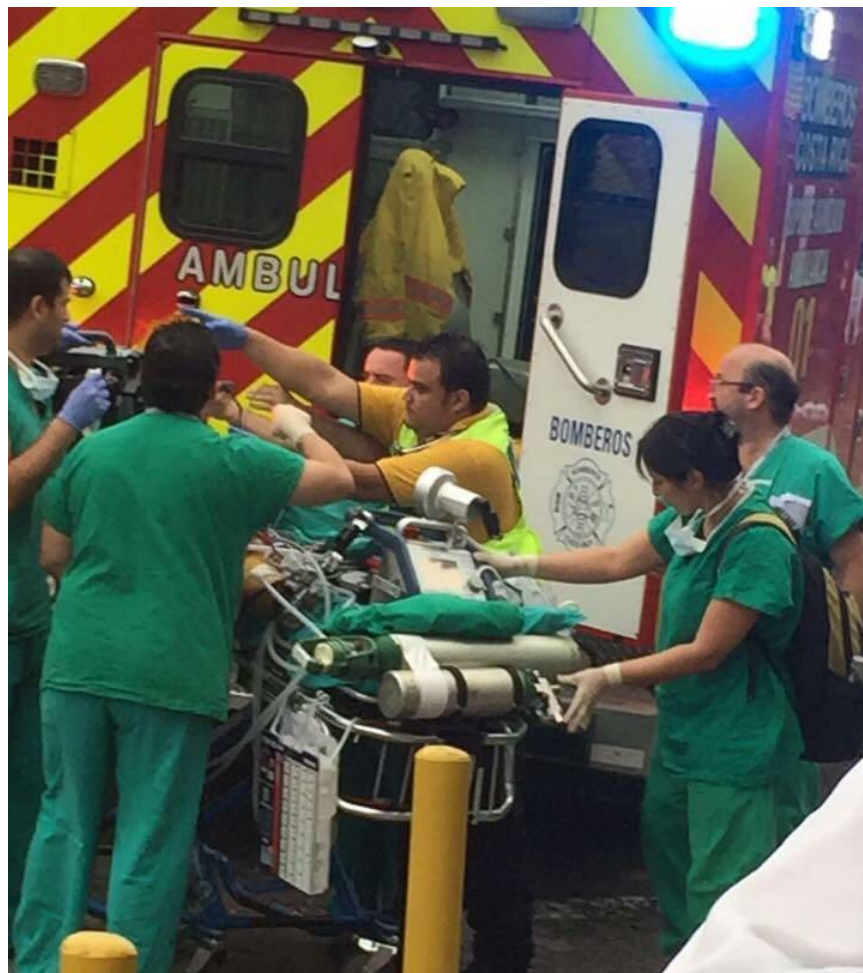
sus investigaciones y perfeccionando la técnica, para que la curva de aprendizaje comience a arrojar resultados positivos, a lo largo de los años ya son muchos los pacientes que han tenido la necesidad de ser intervenidos con ECMO y hoy en día pueden contar su historia.

Según refiere la Dra. Campos.

Considerando que estamos dentro del marco de la CCSS, cuando se inicia un programa de este tipo no solamente se debe de considerar el factor humano, sino también el técnico, ya que los insumos son bastante caros. El costo del set de cada oxigenador descartable, en Costa Rica va desde los \$400 a los \$600. Esto no cubre las cánulas, costo del equipo, pago de personal, tiempo de internamiento. Las máquinas de CEC, rondan los precios de entre los €300000 a los €300000, y tienen una vida útil de aproximadamente 10 años. En las cirugías cardíacas se utiliza casi siempre un descartable de oxigenador por cirugía. En el caso de los ECMO dependiendo de cada caso y la evolución del paciente puede ser necesario utilizar dos o más circuitos por caso, en algunos casos sucede por agotamiento de la membrana, consumo de factores de coagulación, aparición de coágulos en el circuito, entre otros. En estos casos se mantienen las cánulas en su lugar y se cambian las tubuladuras y la membrana oxigenadora. El costo del equipo varía de una marca a otra, siendo solamente dos opciones que hay en el país. Para el 2012 los descartables tenían un costo de \$1700 (empresa A) tiene una vida útil garantizada de 7 días, la de \$3500 (empresa B) de 15 días; una vez más esto

no necesariamente es un dato exacto ya que varía en cada caso. También los costos de las consolas varían mucho. Para el 2012 cuando se inició el programa, cuando el dólar rondaba los 520 colones, el precio de la consola de la empresa A era de \$55.860,00 y el de la consola B de \$47.840,00. Actualmente el costo del descartable de la empresa A es de \$2300 y de la empresa B \$6000. El de la consola A es de €100000 y el de la B de €70000. Un factor que se debe de tener en cuenta es que se debe de contar siempre con una consola de respaldo en caso de que la primera falle, aunque los sistemas tengan varios sistemas de seguridad y modo manual, principalmente porque son varios días de soporte.

Figura 4 Primer traslado interhospitalario de paciente con ECMO



Las consolas de ambas empresas tienen la opción de soporte de batería por aproximadamente 5 horas, sin embargo, la consola de la empresa B, es mucho más sencilla de transportar y es la que se puede utilizar en transporte interhospitalario con mayor facilidad. En otros países se cuenta con el sistema completo que incluye camilla para transporte.

Y así a como los años pasan, los hospitales comienzan a enterarse de la instauración del Centro Nacional de ECMO y de todos los beneficios que sus pacientes pueden obtener al ser sometidos a esta terapéutica, es que, en el año 2017, se realiza el primer traslado interhospitalario en el país, según relata la Dra. Campos.

“Reconociendo la importancia de ser el Centro Nacional de Referencia de ECMO, se había estado preparando al grupo para la posibilidad de un transporte interhospitalario. Se le consultó a Centros que están mucho más adelantados como en Colombia, Chile, Canadá, de quienes siempre se obtiene rápida respuesta. Sin embargo, aún el presupuesto y los recursos con los que se cuentan es limitado.

El 12 de setiembre del 2017 se realiza el primer traslado interhospitalario de un paciente colocado en ECMO. Se trató de un paciente en falla cardíaca con intento fallido de discontinuar circulación extracorpórea en el Hospital San Juan de Dios. Dicho traslado requirió de la participación del equipo de cirugía cardíaca ambos hospitales, perfusión del HCG, enfermería, bomberos y tránsito. El paciente evolucionó

adecuadamente, se mantuvo en ECMO Venoarterial por un plazo de 10 días posterior a lo cual fue trasladado al HSJD para continuar cuidados y fue egresado a su hogar.



Figura 5 Equipo del primer traslado interhospitalario

El 15 de noviembre del 2017 se les informó a los intensivistas del HCG sobre un caso de una paciente con neumonía, a la que ya se le habían agotado las opciones terapéuticas. Se procedió a realizar el segundo traslado desde el Hospital San Rafael de Alajuela, de una paciente con un cuadro de neumonía que a pesar de adecuado manejo no presentó mejoría

para un ECMO veno-venoso.

El día 20 de noviembre se les comunicó a los intensivistas de HCG de un caso de un paciente de 42 años conocido por el servicio, ya que se encuentra en lista de espera de para trasplante pulmonar, el cuál había claudicado ventilatoriamente y se encontraba con parámetros máximos de ventilación, pese a lo cual no presentaba ninguna mejoría. Desde que se informó de este caso se comentó con Perfusión la posibilidad de trasladarlo al HCG. Se valoró la opción de traerlo por vía aérea pero debido a su condición no era lo más recomendable. Luego de valorar todas las posibilidades el consenso del equipo fue ir al hospital Monseñor Sanabria de Puntarenas para canular al paciente, colocarlo en ECMO y traerlo al HCG. Para este traslado se utilizó una ambulancia de Cruz Roja y un carro de transporte de la CCSS ya que no había espacio suficiente. Se contó con la colaboración de un intensivista, un Perfusionista, un enfermero entrenado en ECMO, un cirujano y un residente de Tórax, un cirujano y un residente de Cardiovascular, un asistente de pacientes y los respectivos choferes. Se debió de llevar dos descartables de cada uno de los insumos ya que en caso de que se presentara un problema con uno se contara con un repuesto. Todo el proceso fue bastante rápido, sin embargo, el mayor tiempo de espera fue en Puntarenas esperando la ambulancia que iba a llevar al paciente de vuelta ya que había tenido que ir a HNN con un paciente de emergencia. Este tiempo de espera se aprovechó para estabilizar al paciente, reacomodar el equipo de una forma más adecuada para hacer el traslado lo más sencillo y

con menos posibilidad de error. Se logró llevar al paciente exitosamente al HCG donde espera un trasplante pulmonar.

En casos como estos es donde se puede observar con mayor claridad la importancia de los cursos que imparte el Centro Nacional de ECMO, donde además de la parte teórica por parte de invitados nacionales e internacionales se realizan laboratorios de práctica de diferentes escenarios problema. La idea con estas prácticas es, no solamente que las personas le pierdan el miedo al ECMO, sino también saber reaccionar ante una complicación de forma adecuada. En estos cursos participa principalmente personal que labora en Unidades de Cuidados Intensivos, como médicos intensivistas, residentes, enfermeros, anestesiólogos, asistentes de pacientes, ya que es en sala de operaciones de cirugía cardíaca y en estas unidades donde se manejan principalmente estos casos.”

A pesar de que con el paso del tiempo y las mejorías tecnológicas ha disminuido la necesidad de anticoagulación, no deja de ser un punto clave en el tema de la circulación extracorpórea, ya que, al someter a la paciente a diversas injurias, la cascada de coagulación se activa automáticamente y eleva el riesgo de una trombosis y la muerte del paciente, como se describe en el texto Gravlee Cardiopulmonary bypass and Mechanical support. Principles & Practice. Wolters Kluwer 4ta edición (2016)

Uno de los requisitos clave de la máquina corazón-pulmón es la anticoagulación de la sangre. La heparina fue descubierta por un estudiante de medicina, Jay McLean, que trabajaba en el laboratorio del Dr. William Howell, un fisiólogo de Johns Hopkins. En 1915, Howell le

dio a McLean la tarea de estudiar un crudo extracto cerebral conocido por ser una poderosa tromboplastina. Howell creía que la actividad tromboplástica era causada por la cefalina contenida en el extracto. El trabajo de McLean era fraccionar el extracto y purificar la cefalina. McLean también estudió extractos preparados a partir del corazón y el hígado. McLean descubrió que una sustancia en el extracto retardaba la coagulación. McLean escribió:

“Una mañana fui a la puerta del despacho del doctor Howell, y allí de pie (él estaba sentado en su escritorio), le dije: "Dr. Howell, he descubierto la antitrombina. "Él sonrió y dijo:" La antitrombina es una proteína y estás trabajando con fosfolípidos. ¿Estás seguro de que la sal no está contaminando tu sustancia? Le dije que estaba seguro de eso, pero era un poderoso anticoagulante. Él era muy escéptico, así que yo tenía el asistente, John Schweinhand, sangrar un gato. En un pequeño vaso lleno de sangre, agité todo el lote probado de fosfátidos de heparina, y lo coloqué en la mesa de laboratorio del doctor Howell y le pedí que me dijera cuándo coaguló. Nunca lo hizo.”

McLean describió su hallazgo en febrero de 1916 en una reunión de la sociedad médica en Filadelfia y más tarde lo informó en un artículo titulado "La acción tromboplástica de Cefalina". Howell y Holt informaron sobre su trabajo con heparina en 1918. En la década de 1920, los experimentos con animales confirmaron que la heparina era un anticoagulante efectivo.

No se puede abordar el tema de circulación extracorpórea sin mencionar al Dr. Gibbon quien es uno de los pioneros en el desarrollo de la máquina corazón-pulmón conocida como “La Bomba”, su historia la narra la 4ta Edición del Gravlee (2016)

Cuando el Dr. Gibbon estaba desarrollando dispositivos cardiopulmonares en el laboratorio de animales, usó bombas de hule. Las bombas se derivaron de la modificación de Dale-Schuster de las bombas DeBurgh-Daly. Estas bombas utilizaron válvulas de tapa de caucho para mantener el flujo unidireccional y el flujo resultó de comprimir y expandir alternativamente con aire comprimido. El dispositivo de Gibbons limitó el flujo total que se podía alcanzar, y la mejor salida que el Dr. Gibbon podía lograr en su modelo animal fue de 500 cc/min. La bomba de Dodrill-General Motors también usó una variación de la bomba de hule, que fue desarrollada y podría bombear hasta 4L/min. Se utilizó clínicamente desde 1952 hasta 1956 por lo menos.

Después de que Gibbon volvió de su rotación con la Unidad Hospitalaria de Evacuación del Hospital de Pennsylvania durante la Segunda Guerra Mundial, él fortuitamente recibió ayuda de IBM para desarrollar una máquina de bypass cardiopulmonar. La bomba utilizada ahora era la modificación DeBakey-Schmidt de la bomba de rodillos Porter-Bradley. La modificación DeBakey-Schmidt de la bomba de rodillos añadió una brida a la circunferencia exterior de la tubería de sangre que impidió su migración en la carcasa rígida. La bomba de rodillos también eliminó la necesidad de válvulas en la bomba Dale-

Schuster. DeBakey había sugerido a Gibbon años antes que la bomba de rodillos debería ser el método preferido de perfusión en la máquina corazón-pulmón. La contribución de DeBakey no fue tanto la modificación de la bomba de rodillos, sino más bien el concepto de utilizar la bomba de rodillos para la máquina de derivación. Posteriormente, Melrose realizó mejoras en 1959 para colocar una placa ranurada en la carcasa y hacer coincidir los radios de la bomba de rodillos y la ranura para disminuir el trauma de la sangre.

La bomba de rodillos utiliza un tubo que está encerrado dentro de una pista curvada de manera que un rodillo o abrazadera está siempre comprimiendo el tubo. De esta manera, la sangre es siempre empujada hacia delante del rodillo dando un flujo sanguíneo continuo. La salida se puede calcular a partir de las revoluciones por minuto de la bomba de rodillo y el volumen por revolución. Las bombas de rodillos se han utilizado desde los años 50, y todavía se utilizan hoy.

Las ventajas de la bomba de rodillo son que es independiente de la poscarga y tiene un volumen de cebado bajo y ningún potencial para la inversión del flujo. La independencia de poscarga de la bomba de rodillos significa que proporciona la salida calculada independientemente de la resistencia vascular periférica del paciente, que varía dependiendo de la temperatura, el pH y el tono intrínseco. Una desventaja es que se desarrollará una presión de línea excesiva si el flujo de salida se ocluye con la presión en el tubo aumentando progresivamente hasta que el tubo

se desconecta o se rompe. Otras desventajas son la posibilidad de crear alta presión negativa con la producción de burbujas de aire o cavitación, y la capacidad de bombear aire claramente visible. Además, la bomba de rodillos puede causar daños a la tubuladura con posibles microembolias y ruptura de la tubuladura, y la posibilidad de una embolia aérea grande. La bomba de rodillos requiere mucha atención para hacer frente a estos problemas potenciales durante el bypass cardiopulmonar. En prácticamente todas estas características difiere de la bomba centrífuga, ya que esta depende de la resistencia (poscarga) para dar un flujo determinado, no cuenta con sistema de oclusión; la centrífuga puede estar funcionando a 3000 rpm y 4L/min que una vez que se ocluye la poscarga se detiene el flujo pero se mantiene a 3000 rpm, así no se corre riesgo de ruptura de la tubuladura.

Otra bomba de desplazamiento positivo es la bomba motora Sigma, que impulsa la sangre a través de una serie de teclas o puntos de paso presionando en secuencia contra la tubuladura de bomba elástica. Esta bomba fue utilizada en la década de 1950 en la Universidad de Minnesota por Lillehei en los casos de circulación cruzada. Fue reemplazada eventualmente por la bomba de rodillo, lo que causó menos daño a los glóbulos rojos.

La primera bomba centrífuga fue desarrollada en el siglo XVII por Denis Papin. La bomba centrífuga utilizada para la cirugía del corazón consiste en un impulsor con las bridas montadas en un eje central

rotatorio, dentro de una cubierta plástica. El eje central está acoplado magnéticamente con un motor eléctrico. El imán dentro del cabezal de la bomba se mueve conjuntamente con otro imán en la consola de accionamiento. La sangre entra por el ojo de la carcasa de plástico, queda atrapada en las palas del impulsor y es girada radialmente a través de la parte de salida de la carcasa. A medida que gira más rápidamente, crea una diferencia de presión que da como resultado el flujo sanguíneo. Se requiere un medidor de flujo Doppler en el lado de salida de la bomba centrífuga para medir el flujo sanguíneo hacia adelante y la velocidad de rotación. La poscarga de la línea arterial determina el flujo hacia adelante. Como fue mencionado anteriormente, en caso de que la entrada a la bomba centrífuga disminuya, el flujo de salida de la bomba disminuye y si el aire entra en el circuito, la carga posterior aumenta de manera que sólo una pequeña cantidad de aire es bombeada antes de que cesen las revoluciones de la bomba. Sin embargo, solo puede llegar a manejar determinada cantidad de aire, a partir de un punto si el aire supera la cantidad de líquido, las revoluciones se mantienen, pero no hay flujo de sangre.

La bomba centrífuga se considera que tiene ventajas sobre la bomba de rodillo y se utiliza en la mayoría de los quirófanos cardíacos en la actualidad. Las ventajas son que la bomba centrífuga no puede desarrollar presiones arteriales excesivas, es dependiente de la precarga, dependiente de la poscarga y tiene un riesgo disminuido de bombear

cantidades significativas de aire en la línea arterial. Las desventajas son su coste más elevado en comparación con las bombas de rodillos, el potencial de inversión del flujo si no se utiliza una válvula de retención arterial y la medición menos precisa del flujo generado por la bomba.

Actualmente, la mayoría de los equipos de cirugía cardíaca utilizan la bomba centrífuga para su derivación arterial, y las bombas de rodillo para la administración de cardioplejía, succión y descompresión ventricular.

Otro de los puntos importantes en la cadena de sucesos que han transcurrido a lo largo de la historia, es el desarrollo de los oxigenadores, un punto vital que permite a La Bomba oxigenar la sangre; o sea permite hacer la función de pulmón permitiendo el intercambio gaseoso, y así lo describe Gravlee (2016).

Oxigenadores

Los diversos grupos que trabajaban en la máquina corazón-pulmón en el laboratorio a principios de los años cincuenta, y algunos incluso antes, desarrollaron varios tipos diferentes de dispositivos para oxigenar la sangre venosa que regresaba del animal al aparato extracorpóreo. Estos oxigenadores trabajaron en el principio de esparcir la sangre hacia fuera en una capa delgada sobre una superficie relativamente grande donde la sangre fue expuesta al oxígeno, que causaba que abandonará el CO₂ y tomará el oxígeno. Algunos de los dispositivos tenían partes móviles, como el oxigenador rotatorio del

disco, mientras que otros eran completamente estacionarios. Se descubrió que causar cierto grado de turbulencia de la sangre a medida que fluía sobre la superficie mejoró la absorción de oxígeno de la sangre. Demasiada turbulencia, sin embargo, causó hemólisis.

El grupo de investigación de John Gibbon en Filadelfia, Pensilvania, encontró que si pasaban la sangre sobre una pantalla estacionaria causaba suficiente turbulencia para aumentar significativamente la absorción de oxígeno por la sangre. Utilizaron un oxigenador de este tipo, incorporando varias de estas pantallas estacionarias en sus primeros casos clínicos, incluido el paciente con el resultado exitoso en 1953. En la Clínica Mayo, John Kirklin, que construyó una máquina similar de corazón-pulmón, también usó un oxigenador de pantalla fija para su trabajo clínico a partir de marzo de 1955.

Mientras tanto, el grupo de C. Walton Lillehei en la Universidad de Minnesota había estado realizando una cirugía de corazón abierto pediátrica utilizando el método de circulación cruzada, en el que un adulto estaba conectado a la circulación del niño y que los pulmones del adulto servían como oxigenador mientras se reparaba el corazón del niño. Durante el invierno de 1954-1955, el Dr. Richard DeWall, que trabajaba en el laboratorio de investigación del Dr. Lillehei, desarrolló un oxigenador mediante el cual se burbujeó oxígeno a través de la sangre venosa que regresaba. A medida que los glóbulos rojos entraron en

contacto con las burbujas, emitieron CO_2 y tomaron el O_2 . Este método resultó ser muy eficaz. DeWall entonces rápidamente elaboró métodos para evitar que la sangre, que todavía contenía burbujas, volviera al paciente con estas burbujas, lo que causaría embolia gaseosa.

El grupo de la Universidad de Minnesota comenzó clínicamente usando una máquina corazón-pulmón con el oxigenador de burbujas DeWall en mayo de 1955. Tiempo después, desarrollaron una versión de plástico desechable que estaba disponible para uso comercial. El Dr. Denton Cooley de Houston, Texas, visitó la Universidad de Minnesota en 1955 y observó el oxigenador de DeWall. A su regreso a Houston, se puso a desarrollar su propia versión, lo que hizo. Al igual que el oxigenador DeWall, Cooley's estaba hecho de plástico, desechable, y se hizo disponible comercialmente. A principios de los años setenta, los oxigenadores de burbujas se convirtieron en el oxigenador de elección en la mayoría de los centros que realizaban cirugía a corazón abierto. Debido a que estaban hechas de plástico desechable, no requerían el esfuerzo largo e intenso necesario para limpiar la pantalla y los oxigenadores del disco después de cada uso, y requerían menos cebado de sangre.

La elección del material utilizado para construir el oxigenador de la membrana es importante porque debe ser compatible con la sangre, permeable a O_2 y CO_2 , y muy delgada, con mínima resistencia al flujo de sangre y gas respiratorio. En los últimos años, el oxigenador de

membrana ha reemplazado al oxigenador de burbujas en los Estados Unidos porque se ha demostrado que es más seguro: produce menos partículas y microembolias, es menos reactivo a los elementos sanguíneos y permite un control superior de los gases en sangre.

Durante la presente revisión no se encontraron publicaciones de tesis similares en ninguna de las universidades tanto estatales como privadas donde se imparte la carrera de medicina y cirugía en el país.

Capítulo II. Marco Referencial

Conceptos generales

Circulación extracorpórea

Es este uno de los conceptos más importantes que se deben manejar y tomar en cuenta ya que es el eje principal del trabajo de investigación, hasta el día de hoy ha pasado completamente desapercibido para la mayoría de los médicos, y los pocos médicos que conocen o han oído hablar del tema lo relacionan directamente con cirugía cardiovascular, sin tener una definición clara de exactamente que es circulación extracorpórea, el Dr. Manuel García García lo define como “Derivación, fuera del cuerpo humano de una parte o de la totalidad de la circulación sanguínea en una mayor o menor extensión de su curso. Técnica empleada en cirugía cardíaca, desde 1956, para “secar” el corazón y hacer posible su abertura; en este caso, consiste, gracias a un aparato, el corazón-pulmón artificial, en derivar la totalidad de la sangre venosa antes de su llegada al corazón derecho, oxigenarla y dirigirla a la aorta por debajo del corazón izquierdo.

Se utiliza también en la depuración extrarrenal por medio del riñón artificial, atravesado por la sangre del paciente, desviada entre una arteria y una vena (concepto relacionado: hemodiálisis).”

Perfusionista:

Es una especialidad médica, que pese a que es poco conocida requiere destrezas especiales y sobre el médico especialista en perfusión recae gran responsabilidad dentro de la sala de operaciones y en el postoperatorio del paciente, hasta semanas después en el caso de permanecer en ECMO, ELSO define al perfusionista como “una persona que

tiene capacitación especializada y certificación en la operación de la máquina del corazón y el pulmón en la sala de operaciones y ECMO en la cabecera del paciente.

ECMO

Una vez comprendido que es CEC, surge otro concepto vital para el entendimiento de la presente revisión, ya que es este concepto es la piedra angular sobre el cual está basada la revisión, estamos hablando del ECMO que a grosso modo significa Membrana de Oxigenación Extracorpórea, sin embargo, la ELSO (Extracorporeal Life Support Organization, por sus siglas en inglés), define ECMO de la siguiente manera: ECMO significa Extra Corporeal Membrane Oxygenation. También puede escucharlo llamado ECLS, que significa Soporte vital extracorpóreo. Es un tratamiento que usa un corazón y pulmón hechos por el hombre para ayudar al cuerpo cuando los propios órganos de una persona están demasiado enfermos para hacer el trabajo. La ECMO puede ayudar al cuerpo durante un largo período de tiempo (días a semanas) para permitir que el corazón y / o los pulmones descansan. Aunque el ECMO en sí no curará a su ser querido, le da el tiempo necesario para sanar. ECMO puede ser una opción solo después de que el equipo de atención haya probado todos los otros tratamientos, como un respirador (llamado ventilador o respiradero), medicamentos para apoyar el corazón y los pulmones, y / o gases especiales para relajar los vasos sanguíneos entre el corazón y pulmones.

Una vez que el corazón y / o los pulmones del paciente se hayan sanado lo suficiente como para soportar las necesidades de su cuerpo, se

lo sacará del ECMO. Por otro lado, si los médicos se dan cuenta de que la ECMO no está ayudando a mejorar, o si continuar utilizando la ECMO podría dañar a un paciente, se eliminará la ayuda de la ECMO.

Figura 6 ECMO

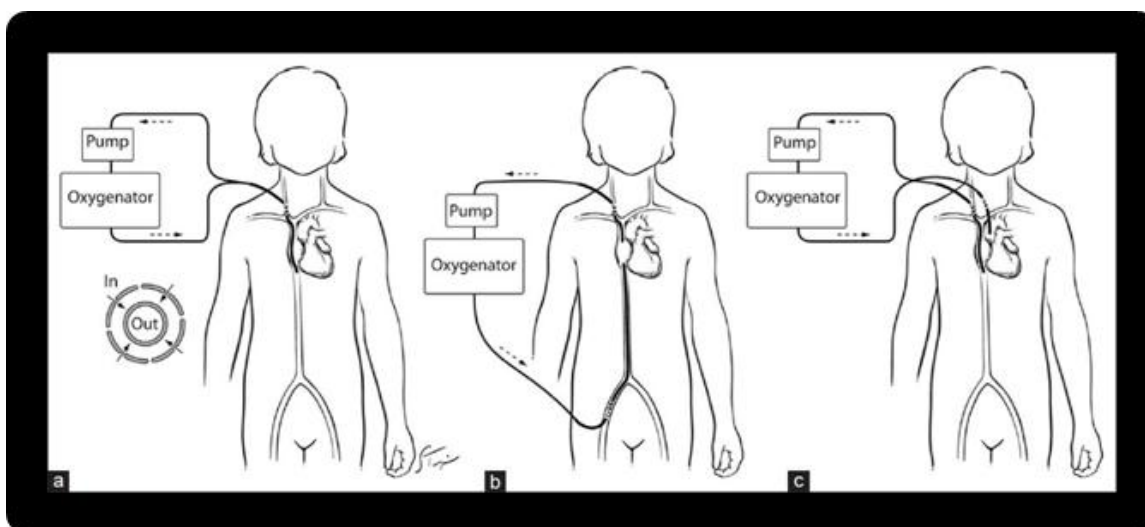


Otra de las definiciones para ECMO muy válida, es la que menciona Fabio Sangalli, Nicolò Patroniti, Antonio Pesenti (2014).

La ECMO (oxigenación por membrana extracorpórea), también llamada ECLS (soporte de vida extracorpóreo), en su aplicación real es una evolución de las máquinas cardiopulmonares utilizadas en cirugía cardíaca. Dependiendo de su configuración, venovenosa o venoarterial, se usa para apoyar la función respiratoria, la circulación o ambas. Este

tratamiento proporciona un puente, ya sea para la curación de los órganos naturales o para los dispositivos a largo plazo o el trasplante. De hecho, aunque ECMO tiene la capacidad de apoyar la función cardiorrespiratoria temporalmente, no es una cura para la enfermedad subyacente. Como Warren Zapol, uno de los padres de la ECMO respiratoria, señaló en un editorial en el *New England Journal of Medicine* en 1972, el objetivo de ECLS es "comprar tiempo" mientras se mantiene una perfusión tisular adecuada.

Figura 7 Diferentes tipos de colocación de ECMO



ECMO Veno-arterial (VA)

La colocación del ECMO tal y como se desarrollará ampliamente más adelante, puede ser de diversas formas y en sitios anatómicos distintos, la ELSO (2017), describe el ECMO Veno arterial como un ECMO que “proporciona soporte para el corazón y los pulmones del paciente al permitir que la mayor parte de la sangre de un paciente se mueva a través del circuito sin atravesar el corazón del paciente. Este tipo de ECMO

extrae sangre de una vena grande y la devuelve a una arteria grande, lo que permite que la sangre rica en oxígeno circule por el cuerpo incluso si el corazón está demasiado débil para bombearla. Por lo tanto, se deben colocar dos cánulas en el cuello o en la ingle (s).

Por otro lado, Fabio Sangalli et al., (2014) mencionan: “Capaz de derivar total o parcialmente los pulmones o el corazón, la ECMO veno-arterial permite la asistencia cardíaca o pulmonar completa. Se puede usar para proporcionar apoyo a los órganos vitales, soporte circulatorio temporal y / o alivio al corazón durante la recuperación del miocardio. Cuando corresponda, también puede ser una terapia puente para el trasplante o el establecimiento de un corazón mecánico. Durante la ECMO VA, la cánula de entrada se coloca en la circulación venosa del paciente y la cánula de salida en la circulación arterial.”

ECMO Veno Venoso (VV)

Otra de las tantas variables de ECMO es el veno venoso (VV) este según la ELSO (2017), “proporciona soporte pulmonar solamente, por lo que el corazón del paciente aún debe funcionar lo suficientemente bien como para satisfacer las necesidades del cuerpo. Se colocan dos cánulas en las venas en lugares cercanos o dentro del corazón. Con VV ECMO, el médico de canulación del cirujano tiene la opción de utilizar un tipo especial de cánula con dos lúmenes (vías dentro de la tubería). Esto permite que la sangre salga y regrese al cuerpo en un solo lugar, creando la necesidad de un solo sitio de entrada en lugar de dos. La sangre del sistema de ECMO regresa al cuerpo antes que el corazón, y el propio corazón del paciente bombea la sangre por todo el cuerpo.”

Fabio Sangalli et al. (2014), agregan “Se usa con mayor frecuencia en el tratamiento del compromiso respiratorio severo, la ECMO veno-venosa tiene tanto la

cánula de entrada como de salida que se coloca en la circulación venosa del paciente.”

Bombas de sangre centrífugas

Otra descripción es la que brinda Fabio Sangalli et al. (2014).

Las bombas centrífugas no son oclusivas, y como tales, existe el riesgo de inducir un flujo de sangre hacia atrás a través de la bomba. Esta es la razón por la cual algunas consolas están equipadas con un sistema anti reflujo. Las bombas centrífugas ECMO dedicadas son accionadas por motores de inducción electromagnética y utilizan los principios de la fuerza centrífuga para generar un flujo (descrito en términos de litros / minuto), que se crea mediante la rotación de los conos, aletas o álabes y rotores.



Fig. 6.3 (a) Centrifugal pump console (SCPC) Revolution of Sorin Group. (b) SCPC Affinity CP of Medtronic. (c) SCPC CentriMag of Levitronix. (d) SCPC Cardiohelp System of Maquet. (e) SCPC Rotaflow of Maquet. (f) SCPC DeltaStream of Medos

Figura 8 Centrífugas

Oxigenador de membrana:

La ELSO (2017), define oxigenador de membrana como “Una membrana que elimina el dióxido de carbono de la sangre y lo reemplaza con oxígeno. Esto también se conoce como el *"pulmón artificial"*.”

Fabio Sangalli et al. (2014), explican el funcionamiento del oxigenador de membrana.

Los oxigenadores de membrana se colocan distalmente a la bomba centrífuga. Generalmente están equipados con un intercambiador de calor hecho de poliuretano, poliéster o acero inoxidable. Dependiendo del modelo, la superficie del intercambiador de calor varía de 0.14 a 0.6 m². Un gradiente

de temperatura entre el agua y la sangre permite el ajuste de la temperatura. Esta área forma un puente térmico y permite al paciente calentarse o enfriarse. El oxigenador es el área de contacto más grande entre la sangre y el circuito de ECMO, y su elección dependerá tanto de los factores del paciente como de la patología subyacente que se esté tratando.

Figura 9 Oxigenador de Membrana



Los oxigenadores utilizados en cirugía cardíaca tienen una membrana micro porosa de fibras huecas de polipropileno (PP). Intentan reemplazar la función alveolar pulmonar del paciente y asegurar la administración de O_2 y la eliminación de CO_2 . El uso de estos oxigenadores generalmente se limita a

alrededor de 8 h. Este límite de uso se debe a la estructura micro porosa de la fibra, que puede alterarse con el tiempo, causando la pérdida de plasma de la membrana. El resultado es una disminución en el rendimiento de las fibras de gas y / o fuga de plasma situada en la salida de gas del oxigenador (salida de gas). Se usan diferentes tipos de membranas para oxigenadores ECMO. Se pueden observar las siguientes características de la membrana: caucho de silicona, permeabilidad selectiva o polimetilpenteno (PMP), dependiendo de los modelos; la superficie de la membrana varía de 1.2 a 1.9 m².

Figura 10 Oxigenador de membrana para CEC





Figura 11 Oxigenador de ECMO

Cánulas:

Cánulas o tubuladuras, son tubos de plástico que los cirujanos colocan en los vasos sanguíneos para drenar la sangre del cuerpo hacia el circuito de ECMO y viceversa.

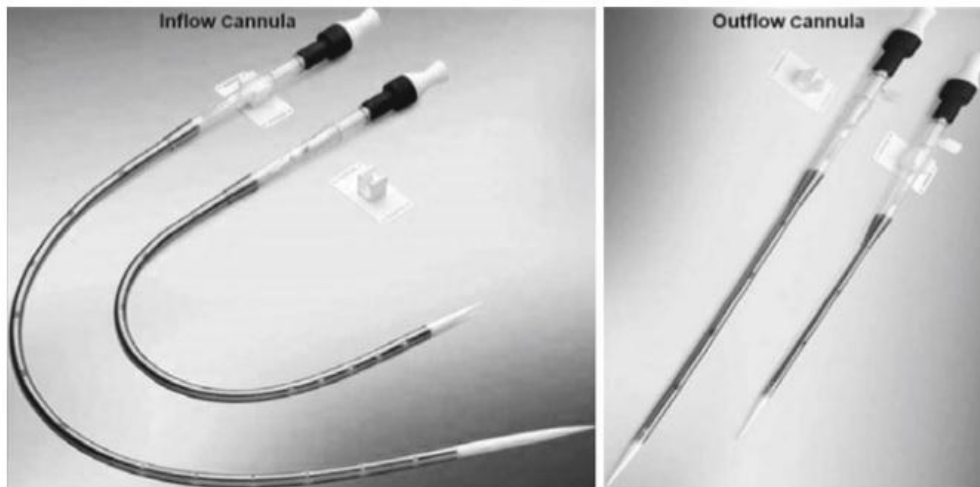


Figura 12 Cánulas

Fabio Sangalli et al. (2014), describen las cánulas y su función de la siguiente manera.

El flujo sanguíneo en el circuito ECMO está determinado por el tamaño de la cánula (diámetro interno y longitud), el diseño, la caída de presión y el posicionamiento. La elección de las cánulas se realiza de acuerdo con las características mecánicas y de fluidos (presión, flujo, etc.). Tiene en cuenta las necesidades quirúrgicas, la colocación de la cánula (central o periférica), la calidad de los vasos sanguíneos del paciente y el tipo de ECMO que se utilizará (por ejemplo, VA o VV). Ciertas configuraciones de ECMO están especialmente diseñadas para adaptarse al tipo de canulación, por ejemplo, para adaptarse a la canulación simple de doble lumen de la vena yugular o a la canulación doble femoro yugular. Las cánulas diseñadas para la asistencia circulatoria están diseñadas para el acceso percutáneo a las arterias o venas del paciente. Usualmente tienen un cuerpo forzado con cable en la parte más larga de la cánula para prevenir cambios en sus características hemodinámicas durante la movilización del paciente.

Además, la temperatura de la sangre circulante en el circuito ECMO puede cambiar la resistencia de la cánula. La hemodinámica de la ECMO también puede verse afectada por la compresión de una o más de las cánulas por presión intratorácica y / o intraabdominal (tos, derrame pleural y / o hipertensión intraabdominal).

Canulación:

Por otra parte, tenemos la canulación, esta es el proceso de colocar una cánula en los vasos sanguíneos. Este proceso puede realizarse quirúrgicamente (incisión realizada) o percutáneamente (a través de la piel como una IV (intra venosa)). Para este proceso contamos con cánulas arteriales y cánulas venosas.



Figura 13 Canulación yugular

El acceso venoso se puede realizar en distintos vasos de gran calibre de la anatomía humana, entre ellos está el acceso yugular (Figura 13), en muchos casos la

decisión de donde colocar la canulación va a depender del cirujano o bien de la recomendación que brinde el medico perfusionista.

Otro de los accesos que se pueden obtener es a nivel femoral (Figura 14), a parte del criterio médico para la colocación de la canulación está el objetivo que se busca, y que tipo de procedimiento se va a realizar como por ejemplo en el caso de perfusión regional para pacientes ocológicos.



Figura 14 Canulación femoral

Cánulas arteriales:

Entre las cánulas para canulación están las cánulas arteriales y las venosas, Fabio Sangalli et al. (2014), hace referencia a las cánulas arteriales donde refiere.

Las cánulas arteriales (cánula de salida) son más pequeñas que las cánulas venosas, tanto en términos de diámetro (15-23 Fr) y la longitud total. Tienen algunas perforaciones en la punta distal, aunque no son tan extensas como en las cánulas venosas. De acuerdo con sus características, se

puede observar una caída de presión en la cánula de salida cuando P3 aumenta, causando una disminución en el flujo a pesar de una poscarga constante y de las RPM de la bomba centrífuga. Durante la ECMO VA femoro-femoral, la cánula de salida se coloca en la arteria femoral común. La posición particular de la cánula puede causar isquemia del miembro inferior ipsilateral. Esto puede prevenirse con la introducción de un catéter de 6fr para una perfusión distal conectada al conector Luer de la cánula de salida e introducida unos pocos centímetros aguas abajo de la arteria femoral superficial.

Cánula venosa:

Fabio Sangalli et al. (2014), se refiere a este tipo de cánulas.

Las cánulas venosas (la cánula de entrada) son más largas que las cánulas de salida (± 55 cm) ya que deben alcanzar desde su punto de inserción en la vena femoral común hasta adyacentes a la aurícula derecha (AR). Tienen un diámetro mayor que las cánulas de salida (15-29 Fr) y una mayor proporción de su longitud es multi perforada. Estas características reducen la caída de presión y limitan los fenómenos de vibración evitando un colapso significativo de la pared de la aurícula derecha (RA) o la vena cava inferior (IVC). El resultado de estas características permitirá la observación de una caída de presión disminuida en la caída de presión en P1 al aumentar el flujo de drenaje mientras se mantiene una precarga constante y las RPM de la bomba centrífuga. En ciertas circunstancias, el diseño de la cánula permite el uso de cánulas de flujo más pequeñas sin causar

consecuencias hemodinámicas perjudiciales mientras se mantiene el mismo flujo. Durante la asistencia pulmonar (VV) utilizando una canulación femoro-yugular, la cánula de entrada se coloca en la vena cava inferior con su punta distal al nivel de las venas sub hepáticas, mientras que la cánula de salida se coloca a través de la vena yugular en la parte superior vena cava (SVC) con su punta distal a nivel de la aurícula derecha. Para eliminar la incomodidad causada por la presencia de la cánula en la vena yugular, o por ciertas razones terapéuticas, algunos centros canulan las venas femorales derecha e izquierda. Esto requiere el uso de dos cánulas diferentes con diferentes diseños y diámetros. La punta distal de la cánula de entrada se coloca a través de la vena femoral izquierda al nivel de las venas sub hepáticas, mientras que la punta distal de la cánula de salida se coloca a través de la vena femoral derecha al nivel de la aurícula derecha. Esta combinación puede reducir el efecto de derivación (recirculación) entre las dos cánulas.

Figura 15 Canulación Venovenosa



Trasplante:

Schwartz, Principios de Cirugía 9 Ed. (2011), lo define como:

El acto de transferir un órgano, tejido o células de un sitio a otro. En un sentido amplio, los trasplantes se dividen en tres categorías con base en la similitud entre el donador y el receptor: autotrasplantes, alotrasplantes y xenotrasplantes. Los autotrasplantes comprenden la transferencia de tejidos de una parte de una persona a otra del mismo individuo. Son el tipo más común de trasplantes e incluyen injertos de piel, injertos venosos para derivaciones, injertos óseos y de cartílago e injertos neurales. Dado que el donador y el receptor son la misma persona

y no existe disparidad inmunitaria, no se requiere inmunodepresión. Los alotrasplantes incluyen la transferencia de órganos o tejidos de un individuo a otro diferente de la misma especie, la circunstancia más común en la mayor parte de los trasplantes de órganos sólidos que se practican en la actualidad. Los receptores de aloinjertos requieren inmunodepresión para evitar el rechazo. Por último, los xenotrasplantes consisten en la transferencia a través de barreras de especie. Hoy en día, los xenotrasplantes se relegan en gran parte al laboratorio, si se toman en cuenta las barreras inmunitarias potentes y complejas para tener éxito.



Figura 16 Paciente de 44 años en franca insuficiencia cardíaca, candidato a trasplante cardíaco.

Anticoagulación:

La anticoagulación es un tema de vital importancia en la CEC y el ECMO, debido a que la sangre va a ser transportada por tubuladuras, cánulas, etc, que van a activar la cascada de coagulación, por lo tanto, se debe de contar con la anticoagulación necesaria para evitar que la sangre se coagule, por esto la Fundación Española del Corazón la describe como “La formación de coágulos es un mecanismo complejo que tiene como finalidad prevenir el sangrado tras sufrir un daño. Sin embargo, en ocasiones la formación de coágulos puede desencadenar un infarto de miocardio, infarto cerebral, o formación de coágulos en las venas o dentro de las aurículas del corazón, y en estos casos, la administración de fármacos anticoagulantes es fundamental”

Con respecto a este tema, Fabio Sangalli et al. (2014), menciona.

La anticoagulación sistémica durante la ECMO tiene como objetivo controlar la generación de trombina y limitar el riesgo de complicaciones tromboticas y hemorrágicas. La heparina no fraccionada (HNF) es el anticoagulante más utilizado. La HNF (Figura 17) actúa uniendo e inactivando el factor Xa y la trombina; sin embargo, la heparina no es un inhibidor directo de la trombina, y su eficacia está relacionada con la presencia de AT. La HNF aumenta la cinética de la unión trombina-antitrombina natural entre 2.000 y 4.000 veces. Por lo tanto, la eficacia de la heparina como anticoagulante depende en gran medida de la concentración de AT: la AT es una especie de sustrato "suicida" y, una vez que está unida a la trombina y al factor Xa, debe ser reconstituida por el

hígado. Como consecuencia, la administración crónica de heparina consume el conjunto de AT endotelial y circulante. Además, la heparina puede estar unida e inactivada por proteínas plasmáticas, superficie endotelial y, sobre todo, por plaquetas circulantes, que eliminan la heparina liberando PF4.

Figura 17 Heparinas no fraccionadas



AH1N1

Uno de los usos alternos del ECMO es contra infecciones respiratorias, en este caso la AH1N1 que la OMS (2009) la define como:

La gripe por A (H1N1) es una infección respiratoria aguda y muy contagiosa de los cerdos, causada por alguno de los varios virus gripales de tipo A de esa especie. La morbilidad suele ser alta, y la mortalidad baja (1%-4%). El virus se transmite entre los cerdos a través de aerosoles, por contacto directo o indirecto, y a través de cerdos portadores asintomáticos. Durante todo el año se producen brotes en esos animales, pero la incidencia es mayor en otoño e invierno en las zonas templadas. Muchos países vacunan sistemáticamente a sus cabañas de cerdos contra la gripe por A (H1N1).

Los virus de la gripe por A (H1N1) son en su mayoría del subtipo H1N1, pero también circulan entre los cerdos otros subtipos, como H1N2, H3N1 y H3N2. Estos animales pueden verse infectados asimismo por virus de la gripe aviar y por los virus gripales estacionales que afectan al hombre. Se cree que el virus porcino H3N2 procede del ser humano. A veces los cerdos se ven infectados simultáneamente por más de un tipo de virus, lo que permite a éstos intercambiar genes. El resultado puede ser un virus gripal con genes de diversa procedencia, lo que se llama un virus "reagrupado". Aunque los virus de la gripe porcina son normalmente específicos de esa especie, en ocasiones saltan la barrera interespecies y provocan la enfermedad en el hombre.

Capítulo III. Marco Metodológico

Método

El presente trabajo de análisis e investigación, apoyado con revisión bibliográfica de medicina basada en evidencia, se realizó durante los meses de enero a noviembre de 2017, con la recolección de los artículos y el análisis de los mismos, para optar por el título de Licenciatura en Medicina y Cirugía, de la Universidad Internacional de las Américas.

A lo largo del presente año, se recolectaron múltiples artículos relacionados con el tema de investigación, usos alternos de la circulación extracorpórea, dichos artículos se basaron en los siguientes criterios de inclusión y de exclusión.

Criterios de inclusión

Tipos de estudios: estudios de casos, retrospectivos, descriptivos, observacionales, prospectivos.

Artículos científicos, de medicina basada en evidencia, entrevistas indexadas.

Artículos novedosos, de los últimos 5 años, incluye el 2013 hasta el 2017.

Idioma de los artículos: español, inglés e italiano.

Criterios de exclusión

Artículos desactualizados, con más de 6 años desde su fecha de publicación.

Artículos en otros idiomas, aparte del inglés, el español o el italiano.

Artículos que no sean avalados por la ELSO.

Artículos provenientes de países donde se cuente con centros especializados en

ECMO.

Estrategias utilizadas para la búsqueda de los estudios

Se trabajó con estudios recientes, de medicina basada en la evidencia al utilizar los recursos digitales actuales, entre estos; la base de datos digital de la biblioteca de la Universidad Internacional de las Américas, la biblioteca del Hospital Calderón Guardia y la Biblioteca Nacional de Salud y Seguridad Social (BINASSS) y registros internacionales de la ELSO (Extracorporeal Life Support Organization). Se descartaron documentos bibliográficos que no pertenecieran a la ELSO, o bien contaran con su aval, bibliografía utilizada en el programa de postgrado de medicina extracorpórea y se incluyeron documentos que posterior a su lectura fueron avalados por la dra. Campos medico especialista en circulación extracorpórea.

Capítulo IV. Análisis

La circulación extracorpórea tal y como ya se mencionó anteriormente es el brazo derecho de la cirugía cardiovascular, sin embargo hay muchas otras aplicaciones que se le pueden dar esta rama de la medicina que se analizarán a continuación no sin antes conocer a fondo qué es exactamente la Membrana de Oxigenación Extracorpórea (ECMO por sus siglas en inglés) y conoceremos también con detalle cada una de las partes y funcionamiento de las mismas, una vez que se maneje a fondo los equipos que se utilizan, se hará un recorrido por los diversos usos alternativos de la CEC y el ECMO a parte de la cirugía cardiovascular.

Intercambiador de calor para soporte extracorpóreo

Tanto la Circulación Extracorpórea (CEC) como la Membrana de Oxigenación Extracorpórea (ECMO), utilizan intercambiadores de calor, por lo que a continuación hablaremos en detalle de este importante componente para la Bomba como para el ECMO, tal como lo menciona con detalle, Gravlee (2016).

El intercambiador de calor es parte integral de la CEC y del soporte vital extracorpóreo, permite un control preciso de la temperatura del paciente y del metabolismo del paciente. Los modelos iniciales estaban aparte del sistema, sin embargo, en la actualidad está integrado al oxigenador, permitiendo el recalentamiento de la sangre de nuevo a la normotermia justo antes de la reinfusión en el paciente para evitar la pérdida de calor con el tiempo.

Los principios dentro de las leyes de la física que regulan la

transferencia de calor (energía) son similares a los que controlan el movimiento de los gases, en que la dirección y la velocidad de movimiento están determinadas por el gradiente, el área de interacción y la resistencia al movimiento o transferencia en base a las propiedades de los materiales involucrados.

La cantidad exacta de energía (como el calor) que se transfiere del agua a la sangre dentro del sistema oxigenador puede ser cuantificada con exactitud usando las leyes de la termodinámica si se conoce el calor específico de la sangre, el caudal sanguíneo y la temperatura al principio y al final del proceso de transferencia. Y aunque esta medida es importante en el diseño, fabricación y pruebas de intercambiadores de calor, no es particularmente práctica ni útil en el manejo directo de pacientes en CEC. La ley de Fourier nos dice que la tasa de transferencia de calor entre el agua y la sangre es proporcional al gradiente de temperatura y a la cantidad de superficie disponible para la transferencia y también determinada por la capacidad del material entre los dos fluidos para permitir la transferencia o su conductividad térmica. Se eligen materiales altamente conductores para su uso en circunstancias en las que se desea una transferencia de calor rápida, tal como en CEC, mientras que materiales poco conductores proporcionan aislamiento al minimizar la transferencia de calor. Cuando hay un gran gradiente de temperatura, la velocidad de transferencia de calor es mucho más rápida. A medida que el calor se mueve desde el lado más caliente hasta el lado más frío hacia el equilibrio térmico, la velocidad de

transferencia disminuye. En la aplicación clínica, esto significa que cuanto mayor es el gradiente entre el baño de agua y la sangre del paciente, más rápido podemos calentarlos o enfriarlos. Sin embargo, debido a que la solubilidad de los gases está directamente afectada por la temperatura, las tasas excesivas de transferencia pueden hacer que el gas salga de la solución, causando embolia gaseosa o disfunción orgánica, particularmente en el cerebro.

La segunda variable en la tasa y la eficiencia de la transferencia de calor es el área. En los sistemas estáticos, esta es la superficie real donde se produce el contacto para la transferencia de calor, pero en los sistemas con fluido en movimiento, la situación es más compleja. Así como el intercambio gaseoso ocurre más rápidamente en el área más cercana al sitio de difusión, así también la transferencia de calor ocurre más rápidamente adyacente al conductor del calor. Las áreas más alejadas de la pared del conducto donde se produce la transferencia, hacia el flujo más central, intercambiarán calor más lentamente. El diámetro y la longitud del conducto, así como los caudales, también afectan a la velocidad de transferencia. Dado un conducto más amplio y más corto con flujo rápido, se puede ver que una proporción muy pequeña del fluido está expuesta directamente al sitio de transferencia de calor, y durante un período de tiempo muy corto. Si no hay suficiente tiempo para que el equilibrio se alcance localmente en la pared, entonces muy poco o ningún calor se transferirá al flujo a medida que se mueve hacia el centro de la corriente. Sin

embargo, dado un conducto de menor diámetro donde la distancia entre la pared de contacto y la corriente central es muy pequeña, y con un conducto más largo, la zona potencial de intercambio es mucho mayor y se producirá más transferencia de calor. La velocidad de flujo de sangre o agua a través del conducto también debe considerarse para permitir un tiempo adecuado para la transferencia de calor, pero no ser tan lento que la sangre y el agua alcancen el equilibrio mucho antes del final del conducto. Una eficiencia adicional en la transferencia de calor es proporcionada por el mecanismo de contracorriente como se describió anteriormente. Posteriormente, los fabricantes han tomado todos estos factores en consideración en el diseño del intercambiador de calor moderno para maximizar la eficiencia de la transferencia de calor con el volumen primo más pequeño posible.

La transferencia de energía es de sangre al agua durante las fases de enfriamiento y de agua a sangre durante el calentamiento. Debe tenerse precaución para evitar el sobrecalentamiento de la sangre, o el calentamiento con gradientes excesivos o durante demasiado corto período de tiempo. Generalmente se ha recomendado que las estrategias de enfriamiento y calentamiento incluyan un gradiente de temperatura máximo entre la temperatura central del paciente y la temperatura de entrada arterial de no más de 10°C, debido a preocupaciones sobre la formación de burbujas de gas y las embolias cerebrales posteriores debido a los cambios en solubilidad de gas basada en la temperatura; es decir, el oxígeno es más soluble en la sangre más fría, y saldrá de la solución conforme la sangre se

caliente, potencialmente formando burbujas si se calienta demasiado rápidamente.

Hay preocupaciones durante el enfriamiento de que con mayores gradientes de temperatura, el gas saldrá de la solución cuando la sangre mucho más fría del circuito se mezcla con la sangre todavía caliente en la aorta del paciente, lo que potencialmente podría conducir a embolias de gas a la circulación central y el cerebro. Mientras muchos perfusionistas continuaron usando la regla de 10°C, otros han reducido el gradiente máximo a 4°C a 6°C. En un estudio de 2002, los datos sugirieron que tal vez incluso este era un gradiente demasiado grande en comparación con un calentamiento mucho más lento (no más de un gradiente de 2°C); se demostró que el calentamiento más rápido contribuía potencialmente a resultados neurológicos más pobres basados en pruebas neuropsicológicas detalladas (aunque no hubo diferencias en la tasa de accidentes cerebrovasculares entre los grupos). Sobre la base de sus hallazgos, los autores advirtieron a los profesionales sobre el uso de estrategias de recalentamiento rápido y recomendó considerar gradientes aceptables más bajos. También se recomienda no permitir que la temperatura del intercambiador de calor supere los 40°C-42°C debido a las preocupaciones sobre la desnaturalización potencial de las proteínas en la sangre si se expone a más calor excesivo, un concepto recientemente validado con un estudio in vitro de la temperatura y la desnaturalización de proteínas de la sangre.

Figura 18 Intercambiador de Calor



Interacción sanguínea con oxigenadores e intercambiadores de calor

Coagulación y fibrinólisis

Anteriormente mencionamos la importancia de la coagulación y el uso de anticoagulantes debido al proceso protrombótico que sufren los pacientes que requieren ya sea la CEC como el ECMO, por lo tanto Gravlee (2016) hace nuevamente referencia con detalle, de que es lo que sucede.

El contacto de la sangre con las superficies extrañas del circuito extracorpóreo estimula la activación del modelo celular de coagulación a través de la vía de activación de contacto (anteriormente denominada vía intrínseca). La administración de heparina antes del inicio de la CEC impedirá la propagación de la coagulación a través de su acción con la antitrombina III más adelante en la vía, pero no impide su iniciación. Además, el contacto con superficies extrañas y el inicio precoz de la coagulación se acompaña de la estimulación de la fibrinólisis mediante la conversión del plasminógeno en plasmina. Esto puede inhibirse farmacológicamente con ácido ϵ -aminocaproico, ácido tranexámico o la serina proteasa aprotinina (sacada del mercado en la mayoría de países), preferiblemente antes del inicio de la CEC.

Trauma a los elementos celulares

Según refiere, Gravlee (2016).

Cuando se observa una hemólisis significativa durante o después de la CEC o ECMO, normalmente las fuentes son algo distinto de las fuerzas causadas por el oxigenador, tales como presión negativa excesiva en

bombas centrífugas, retorno excesivo de sangre derramada en el circuito durante la CPB o áreas de turbulencia significativa en tubos o cánulas tales como puentes de oclusión parcial durante el destete, además de causas fisiológicas de hemólisis de la condición subyacente del paciente, tal como sepsis grave.

Membrana de Oxigenación ExtraCorpórea ECMO:

La ELSO (Extracorporeal Life Support Organization) define al público ECMO como:

Oxigenación de la Membrana ExtraCorpórea. También puede escucharlo llamado ECLS, que significa Soporte de Vida ExtraCorpóreo. Es un tratamiento que utiliza un corazón y un pulmón hechos por el hombre para sostener el cuerpo cuando los órganos propios de una persona están seriamente enfermos o cuando los órganos propios de una persona están seriamente dañados y se han curado lo suficiente como para soportar las necesidades de su cuerpo, él o ella serán retirados del ECMO. Por otra parte, si los médicos se dan cuenta de que la ECMO no está ayudando a mejorar, o si seguir usando ECMO podría perjudicar a un paciente, el apoyo ECMO se eliminará.

La ELSO indica el funcionamiento del ECMO como:

Similar a la máquina utilizada en la cirugía de corazón abierto, ECMO utiliza una bomba para hacerse cargo del trabajo del corazón y un oxigenador (pulmón artificial) para hacerse cargo del trabajo de los pulmones. En primer lugar, se colocan una o dos cánulas (tubos grandes

colocados en arterias o venas) en el cuello y/o la ingle(s) del paciente. En base a la enfermedad del paciente, el equipo de ECMO decidirá qué tipo de ECMO utilizar, el número de cánulas necesarias y dónde se colocarán. Las cánulas son como grandes IV's (intravenosas) que permiten que la sangre sea sacada del cuerpo y empujada a través del circuito ECMO. Una vez que la sangre sale del cuerpo y entra en la tubuladura del ECMO, se bombea a través de un oxigenador, o "pulmón" artificial, donde se añade oxígeno a la sangre y se elimina el CO₂. La sangre tratada se calienta entonces antes de regresar al cuerpo del paciente.

Figura 19 ECMO



Figura 20 Tubuladuras



Tanto la CEC como la ECMO, como en la mayoría de especialidades médicas, se deben seguir guías y protocolos donde ciertamente la circulación extracorpórea no se escapa de tener sus guías, que son dictadas por la ELSO, como las veremos a continuación

Guías para la insuficiencia Cardíaca en Adultos (ELSO)

A. El choque cardiogénico como indicación para ECMO en pacientes adultos con insuficiencia cardíaca

Perfusión tisular inadecuada manifestada como hipotensión y

bajo gasto cardiaco a pesar de un volumen intravascular adecuado.

Choque persistente a pesar de la administración de volumen, inotrópicos, vasoconstrictores, y balón de contrapulsación aórtico si está indicado.

Causas típicas: infarto agudo al miocardio, miocarditis, cardiomiopatía peripato, insuficiencia cardíaca crónica descompensada, choque post cardiotónico.

Choque séptico como una indicación en algunos centros.

ECMO: Ventajas: Soporte biventricular, aplicación inmediata a la cabecera del paciente, oxigenación, falla biventricular, arritmias malignas refractarias, insuficiencia cardíaca con insuficiencia pulmonar severa.

ECMO es un puente hacia...

Recuperación: Infarto agudo al miocardio post revascularización, miocarditis, post cardiotónica.

Trasplante: infarto agudo al miocardio no revascularizable, insuficiencia cardiaca crónica.

Soporte circulatorio implantable: VAD, TAH

B. Contraindicaciones de ECMO

Absolutas: corazón no recuperable y no candidato para trasplante o VAD (ventricular assist device), edad avanzada, disfunción orgánica crónica (enfisema, cirrosis, insuficiencia renal), conformidad (económica, cognitiva,

psiquiátrica o limitaciones sociales), resucitación cardiopulmonar prolongada sin adecuada perfusión tisular.

Relativas: contraindicación a la anticoagulación, edad avanzada, obesidad.

ECPR

Figura 21 Canulación en paciente en PCR



Otro de los usos del ECMO es en caso de paro cardio respiratorio que se le conoce como el ECPR (por sus siglas en inglés de ECMO Cardiopulmonary Resucitation) está indicado en pacientes en los que se presente un evento fácilmente reversible.

Nicholson Yam (2017) hace una amplia mención de este tema.

Cada año, aproximadamente 350,000 personas sufren paro cardíaco en los Estados Unidos. A pesar de que el paro cardíaco ocurre con menos frecuencia en los niños que en los adultos, aproximadamente 16.000 niños estadounidenses sufren paradas cardíacas fuera del hospital anualmente y el 1-2% de los ingresos hospitalarios pediátricos resultan en reanimación cardiopulmonar (RCP). La supervivencia global para los niños que experimentan paro cardíaco fuera del hospital es inferior al 10%, mientras que la supervivencia en el paro cardíaco en el hospital es >40% en esta población. En comparación, la tasa de supervivencia de los adultos que experimentan un paro cardíaco en el hospital permanece sólo un 22% a pesar de una modesta mejoría en las últimas dos décadas. Las pautas de la Asociación Americana del Corazón recomiendan una pronta iniciación de la RCP convencional para proporcionar un suministro efectivo de oxígeno a órganos finales, especialmente el corazón y el cerebro.

El soporte de vida extracorpóreo (ECLS, por sus siglas en inglés) es una forma ampliamente disponible de terapia mecánica avanzada que proporciona apoyo cardiovascular a pacientes con insuficiencia cardiopulmonar refractaria y potencialmente mortal. El registro internacional de la Organización Extracorpórea de Apoyo a la Vida (ELSO) contiene datos clínicos de más de 82.000 pacientes que han recibido ECLS durante las últimas tres décadas. La supervivencia global de ECLS se ha mantenido relativamente estable en aproximadamente el 60%, pero es

mucho mayor en poblaciones únicas de pacientes como neonatos (74% de supervivencia). La supervivencia en los pacientes que reciben ECLS por paro cardíaco refractario a la RCP convencional es menor que la supervivencia general de ECLS, con sólo el 29% de los adultos y el 41% de los recién nacidos y los niños que sobreviven ECPR. La supervivencia global de los neonatos que reciben ECPR es similar a los pacientes pediátricos mayores, pero disminuye con menor edad y peso gestacional. A pesar de esto, muchos neonatos de bajo peso al nacer sobreviven al alta hospitalaria.

Desde los informes iniciales de la década de 1990 que describen la aplicación exitosa de ECLS para proporcionar apoyo circulatorio para pacientes que sufren paro cardíaco refractario, muchos centros han adoptado ECPR como un método clínicamente aceptado para apoyar a los pacientes con paro cardíaco refractario. El número de pacientes ECPR aumentó en más de diez veces desde 2004 (565 pacientes) y ahora hay más de 7.000 pacientes ECPR en el registro ELSO. Por otra parte, la proporción de pacientes que recibieron ECLS para paro cardíaco ha aumentado ligeramente durante la última década, con pacientes ECPR ahora representan casi el 9% de los datos de registro ELSO. Aunque no se ha realizado un estudio aleatorizado prospectivo para evaluar el verdadero impacto clínico de ECPR en la supervivencia de los pacientes, los análisis basados en puntaje de propensión y los informes basados en múltiples centros sugieren que la incorporación de ECLS en protocolos estándar de

resucitación probablemente ha salvado la vida de miles de pacientes que han sufrido un paro cardíaco refractario potencialmente mortal. El efecto beneficioso del ECPR sobre la supervivencia se destacó en dos metaanálisis recientes de estudios que compararon ECPR con RCP convencional en adultos. Aunque se observó poca diferencia en la supervivencia del paro cardíaco fuera del hospital, mejoró la supervivencia global y el resultado neurológico a los 3-6 meses en pacientes que recibieron ECPR para el paro cardíaco en el hospital. Las pruebas amplias para mejorar la supervivencia después de ECPR llevaron a la Asociación Americana del Corazón recomienda en 2015 que se considere ECPR en paro cardíaco potencialmente reversible en adultos si el apoyo extracorpóreo se puede implementar rápidamente. Además, se debe considerar el ECPR para pacientes pediátricos con un diagnóstico cardíaco subyacente que experimentan paro cardíaco en el hospital cuando la experiencia ECLS está disponible. Los datos del registro de ELSO indican que el 41% de la supervivencia total del ECPR en neonatos y niños y el 30% del ECPR total en pacientes adultos. Si bien es cada vez más evidente que el ECPR se asocia con una supervivencia mejorada después de un paro cardíaco refractario, la reanimación pre-ECPR adecuada, la implementación eficiente del soporte extracorpóreo y la selección apropiada de los pacientes son indudablemente los determinantes más importantes de la supervivencia. Se cree que varios factores modificables y no modificables afectan los resultados del ECPR.

Tiene las mismas contraindicaciones que el ECMO, además de que no debe de aplicarse en pacientes con orden de no resucitar. Se debe tener particular vigilancia al funcionamiento del Sistema Nervioso Central (SNC) luego de la RCP; dentro de las medidas para mejorar la supervivencia y adecuada conservación del SNC luego de la RCP se encuentran el inducir al paciente a hipotermia total del cuerpo, que fácilmente se logra gracias al intercambiador de calor incorporado, la aplicación de hielo a la cabeza durante la RCO y en las primeras 48-72 horas luego del inicio de la ECPR. Se deben de realizar exámenes neurológicos luego de la interrupción de bloqueadores neuromusculares luego de la estabilidad hemodinámica. En varios casos puede ocurrir la hipertensión de la aurícula izquierda, lo que se puede mejorar con el uso de una cánula de venteo. Se deben de realizar exámenes diagnósticos para valorar la recuperación del corazón, como ecocardiograma y cateterismo. Los criterios para destete son manejados por cada una de las instituciones.

Duración de la reanimación pre-ECPR

Con respecto al tema de la reanimación en el pre-EPCR, Nicholson Yam (2017), indica que.

La implementación temprana de una RCP debidamente realizada se asocia con una supervivencia mejorada. Actualmente no hay consenso sobre el impacto de la duración de la RCP en la supervivencia del ECPR. La duración de la RCP no se identificó como un factor de riesgo independiente para la mortalidad en la revisión retrospectiva de la Asociación Americana del Corazón Registro Nacional de RCP. Sin embargo, se identificó la duración de la RCP como un fuerte predictor de supervivencia en un estudio

reciente de gran tamaño, de un solo centro (supervivientes de 15 min frente a 40 min no supervivientes, $P = 0,009$), en los que los niños que requirieron ≥ 30 min de RCP había reducido en un 79% las probabilidades de supervivencia en el hospital. Varios informes publicados en un solo centro no indican la duración de la RCP como predictor de la supervivencia del ECPR, pero la diferencia en la duración media de la RCP entre supervivientes y no sobrevivientes fue generalmente pequeña (<5 min). Por el contrario, pre-ECLS reanimación > 30 minutos se ha identificado como un importante factor de riesgo independiente de la mortalidad en adultos que experimentan fuera del hospital paro cardíaco. Los resultados de un gran análisis de propensión basada en la observación indican que la supervivencia del ECPR disminuye con el aumento de la duración de la reanimación pre-ECPR. A pesar de este hallazgo, se observó un beneficio de supervivencia de ECPR incluso después de una RCP prolongada (> 60 min), con 18% de ECPR frente a 0% de pacientes con RCP convencional en esta categoría sobreviviendo al alta hospitalaria. Los datos actualmente disponibles no apoyan el uso de la duración de la reanimación pre-ECLS como contraindicación al ECPR, pero sugieren que la menor duración (≤ 30 min) de la reanimación ECLS está asociada con una mejor supervivencia.

En los programas que proporcionan ECPR, los programas de mejora de la calidad deben centrarse en la adecuación de la reanimación pre-ECLS convencional y los recursos hospitalarios deben asignarse de manera que reduzcan los retrasos innecesarios en el inicio de ECLS.

Etiología del paro cardíaco

Con respecto a la etiología del PCR, Nicholson Yam (2017), menciona.

Varios estudios han examinado el impacto de la causa subyacente de la parada cardíaca en la supervivencia del ECPR. Algunos centros han informado de una supervivencia aproximadamente cuatro veces superior en pacientes que experimentan un paro cardíaco debido principalmente a insuficiencia cardíaca que aquellos con una anomalía no cardíaca subyacente. Aunque estos estudios no fueron diseñados para identificar las razones de las diferencias basadas en la etiología en los resultados ECPR, se podría especular que los pacientes con una causa principalmente cardíaca de fracaso son más propensos a tener una patología del sistema único (cardiovascular) que puede mostrar recuperación o es susceptible de correctivos intervención, mientras que los pacientes con causas no cardíacas de paro cardíaco corren mayor riesgo de tener o desarrollar patología multiorgánica que sea menos susceptible de recuperación durante ECLS. Un análisis de 682 pacientes ECPR pediátricos en el registro ELSO encontró que el diagnóstico cardíaco subyacente es un predictor independiente de supervivencia mejorada. Del mismo modo, un estudio de 295 adultos ECPR pacientes en el registro ELSO demostró supervivencia superior entre los pacientes con patología cardíaca subyacente vs un motivo no cardíaco para el paro cardíaco. Un diagnóstico subyacente de miocarditis aguda se asoció con mayor supervivencia en el análisis de regresión logística. La supervivencia global fue de 27%, con

muerte cerebral en el 28% de los no sobrevivientes.

La septicemia que amenaza la vida, una vez considerada una contraindicación a ECLS, se está administrando cada vez más con ECLS, con una supervivencia de ECS de la sepsis neonatal tan alta como 72%. El Colegio Americano de Medicina de Atención Crítica directrices ahora incluye ECLS en el algoritmo de tratamiento para el choque refractario en neonatal y pediátrica sepsis. En una revisión de niños manejados con ECLS para choque séptico refractario con falla multiorgánica, el 40% de los pacientes progresaron a paro cardíaco y requerían RCP antes de ECLS. La supervivencia global en esta serie fue de 47%, destacando el beneficio potencial de ECPR en pacientes que experimentan inestabilidad hemodinámica y paro cardíaco debido a la sepsis abrumadora.

ECLS se ha utilizado en el tratamiento de las víctimas de hipotermia grave y ahogamiento accidental, lo que puede conducir a arritmias potencialmente mortales y paros cardíacos. En un estudio de Dinamarca, ECLS se utilizó para rescatar con éxito a todos los miembros de un grupo de víctimas de accidentes de ahogamiento en aguas frías que experimentaron un paro cardíaco hipotérmico profundo. Un análisis de 12 víctimas pediátricas de hipotermia accidental y paros cardíacos también informa a sobrevivientes a largo plazo, aunque con un número de sobrevivientes que experimentan secuelas neurológicas a largo plazo de lesión cerebral hipóxica. Otro informe describe un 33% de supervivencia en un grupo de 15 adultos víctimas de paro cardíaco inducido por

hipotermia. A pesar del paro cardíaco prolongado y ECPR, todos menos uno de los siete supervivientes estaba neurológicamente intacto en el seguimiento a largo plazo. Los datos del registro de ELSO indican que la supervivencia en los pacientes que sufren ECPR por paro cardíaco relacionado con el ahogamiento es del 23,4%, lo que es menor que la tasa de supervivencia observada en los pacientes que sufrieron paro cardíaco pero lograron el retorno de la circulación espontánea antes del ECLS (57%).

El soporte cardiopulmonar mecánico también se puede utilizar en pacientes que experimentan insuficiencia cardiopulmonar debido a la ingestión de productos químicos o agentes farmacéuticos cardiotóxicos. Ingesta común y los agentes incluidos bloqueadores beta, bloqueadores de los canales de calcio, antidepresivos tricíclicos. ECLS se puede utilizar para proporcionar apoyo cardiopulmonar hasta que los efectos clínicos del agente intoxicante se han resuelto o hasta el tratamiento farmacológico eficaz. En un informe de diez pacientes con paro cardíaco refractario y prolongado inducido por fármacos, el 86% de los pacientes que recibieron ECPR sobrevivieron, comparado con el 48% de supervivencia en el grupo controlado convencionalmente.

Hipotermia terapéutica durante ECPR

En la terapéutica utilizada en el CEC es común oír el termino de enfriar al paciente o inducir hipotermia para bajar la tasa metabólica y reducir el consumo de oxígeno en el cuerpo, sin embargo, el uso de hipotermia terapéutica también se utiliza en

el ECMO durante el EPCR, como lo describe Nicholson Yam (2017).

Los pacientes que requieren ECPR están en riesgo de lesión cerebral. Los informes preliminares de ensayos clínicos publicados en 2002 sugirieron que la hipotermia terapéutica moderada puede proporcionar cierta protección neurológica para adultos comatosos después de un paro cardíaco extrahospitalario. También se ha demostrado que la hipotermia terapéutica mejora la encefalopatía isquémica hipóxica neonatal en varios informes clínicos. Sin embargo, los resultados de un ensayo clínico prospectivo recientemente publicado de hipotermia terapéutica después de un paro cardíaco extrahospitalario en niños descubrieron que la hipotermia terapéutica no confiere un beneficio significativo en la supervivencia con un buen resultado funcional al año. Aunque actualmente no hay evidencia fuerte o consenso relacionado con el uso de la hipotermia terapéutica durante ECPR, las directrices actuales de ELSO enfatizan la importancia de la protección del sistema nervioso central en pacientes ECPR basándose en la opinión de expertos. Las recomendaciones incluyen el enfriamiento cerebral tópico con hielo durante la RCP y durante 48-72 horas después del inicio de la canulación ECLS. La fiebre ha sido identificada como un importante factor de riesgo para una recuperación neurológica deficiente en los niños que sufren paro cardíaco. Los intercambiadores de calor integrados permiten un control sistémico específico y preciso de la temperatura durante ECLS. Debe considerarse la regulación de la temperatura dirigida para evitar la hipertermia después de un paro cardíaco

en los pacientes ECPR.

Insuficiencia Respiratoria en adultos

En pacientes con insuficiencia respiratoria en adultos, el ECMO también es una opción útil, según refiere la Dra. Campos “El ECMO está indicado en la insuficiencia respiratoria hipóxica debida a cualquier causa (primaria o secundaria) si el riesgo de mortalidad es 50% o mayor y se indica cuando el riesgo de mortalidad es 80% o mayor. Se utiliza cuando el 50% de riesgo de mortalidad se asocia con una $PaO_2/FiO_2 < 150$ con $FiO_2 > 90\%$ y/o con un puntaje de Murray de 2-3. Si el 80% de riesgo de mortalidad se asocia con una $PaO_2/FiO_2 < 100$ con $FiO_2 > 90\%$ y/o con una puntuación de Murray 3-4 a pesar de un tratamiento óptimo durante 6 horas o más. Se encuentra además indicado si hay una retención de CO_2 en la ventilación mecánica a pesar de la alta $P_{plat} (> 30 \text{ cm H}_2\text{O})$, en síndromes severos de fugas de aire, necesidad de intubación en un paciente en lista de espera para trasplante de pulmón. Cuando existe colapso cardíaco o respiratorio inmediato (PE, vía aérea bloqueada, que no responde a la atención óptima).

Considerando la individualidad de cada uno de los casos, no existen contraindicaciones absolutas para ECMO, considerando los riesgos y beneficios de cada caso. Por ejemplo, en casos con ventilación mecánica a altas temperaturas ($FiO_2 > .9$, $P_{plat} > 30$) durante 7 días o más, si hay una inmunosupresión farmacológica mayor (recuento absoluto de neutrófilos $< 400/mm^3$), pacientes con hemorragia del SNC reciente o en expansión, comorbilidad no recuperable, como daño mayor del SNC o malignidad terminal, y la edad que es una contraindicación relativa ya los riesgos y complicaciones aumentan con la edad.”

ECMO en Status Asmático

Como se indica en el artículo “Soporte por Membrana de Oxigenación Extracorporea en Paciente con Status Asmático” de “The Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery”:

El estado asmático es una enfermedad rara, a menudo fatal, especialmente en niños. Por lo general, requiere ventilación mecánica para la insuficiencia respiratoria aguda. Sin embargo, ocasionalmente la eliminación de CO₂ y el apoyo respiratorio son insuficientes. En tales situaciones, la ECMO se ha utilizado para tratar la insuficiencia respiratoria refractaria. La ELSO ha informado de un aumento significativo en el uso de ECMO para el estado asmático desde 1995. Este aumento podría ser el resultado de un número creciente de centros de realización de la ECMO, una incidencia regional aumentando o gravedad del asma, o un conjunto aumentando la gravedad de la enfermedad. Según el registro ELSO, 2% (n = 72) de los pacientes pediátricos tratados con ECMO fueron diagnosticados como estado asmático entre 1993 y 2007. Su tasa de supervivencia fue excelente (83%) en comparación con las tasas de supervivencia de otras enfermedades que requieren ECMO. Sin embargo, hay algunos problemas con el uso de ECMO en niños pequeños. Cuando sea posible, se debe evitar la ECMO en niños pequeños, ya que requiere la inserción percutánea del catéter, lo que a su vez requiere incisión en la piel y exposición a grandes vasos. Los niños pequeños tienen pequeños vasos, lo que presenta la dificultad de determinar el tamaño exacto del vaso y evitando la lesión del vaso durante este

procedimiento. Sin embargo, a pesar de la dificultad de acceso a los vasos, ECMO tiene varias ventajas para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria en los niños. El uso de ECMO en niños asmáticos permite sus pulmones para descansar, proporcionando de ese modo tiempo para la relajación bronquiolar e incluso una broncoscopia controlada, si es necesario para el tratamiento de la bronquitis de plástico. En particular, ECMO veno-venosa ofrece las ventajas de conservar el flujo sanguíneo pulmonar, la preservación de la arteria carótida, la mejora de la oxigenación del miocardio, y ventricular izquierda gasto cardíaco fisiológicas para proporcionar pulsante flujo sanguíneo y las velocidades de flujo sanguíneo cerebral normales. Además, las venas yugular y femorales internas son fácilmente accesibles incluso en niños pequeños. En conclusión, la aplicación temprana de ECMO es un método útil para el tratamiento de pacientes pediátricos con estado asmático refractario a pesar de la necesidad de tratarlos con un ventilador mecánico y terapias médicas convencionales. En nuestro caso, se realizó ECMO temprana y se obtuvieron resultados positivos.

En otro artículo publicado en el 2015 en “Annals of Thoracic Medicine” se menciona al ECMO como terapia de rescate en un caso de asma donde se veía comprometida la vida del paciente:

El trastorno severo en el intercambio gaseoso de este paciente se manejó más allá de las guías de práctica clínica actuales. Tenía persistente dificultad respiratoria extrema e insuficiencia respiratoria a pesar de estar

en la máxima terapia convencional incluyendo ventilación mecánica. También sostuvo barotrauma e inestabilidad hemodinámica que requirió vasopresores. El mecanismo de la hipoxemia y la hipercapnia en el ataque asmático agudo se debe principalmente a la baja perfusión de ventilación, la falta de concordancia, la derivación y la hipoventilación. La aplicación de ECMO en este caso ha proporcionado un bypass donde el flujo sanguíneo extra corporal a través de una membrana ha logrado una adecuada oxigenación y eliminación de CO₂. Esto era necesario para descansar el pulmón, hasta que la inflamación que causa su broncoespasmo se ha calmado.

ECMO se ha utilizado principalmente para tratar la insuficiencia respiratoria debido a lesión pulmonar aguda (ALI) que no respondió a la terapia médica máxima y su uso en asma grave es inusual. En un reciente informe de insuficiencia respiratoria aguda a la epidemia de gripe A (H1N1) en 2009, la aplicación de ECMO a estos pacientes se asoció con resultados favorables.

En este mismo artículo se menciona el estudio retrospectivo de cohorte de la ELSO de Mikkelsen, donde se encontró que:

entre 1.257 pacientes tratados con ECMO, 24 (1.9%) eran asmáticos, de los cuales 20 (83.3%) sobrevivieron al alta hospitalaria, (50,8%) no asmáticos. El éxito de la ECMO en el asma fue probablemente debido a la reversibilidad natural de la obstrucción del flujo aéreo en el asma. Esto está en contraste con el paciente con daño alveolar difuso

debido a ALI, donde la recuperación es generalmente lenta. Además, en virtud de su mecanismo de acción, la aplicación de ECMO permite reducir tanto el volumen corriente como la ventilación minuto, lo que posteriormente disminuye la inflación de dinamización. Estos reducen aún más el desarrollo de barotraumas e inestabilidad hemodinámica, particularmente con hipoxemia persistente y acidemia, y que parecen tener una enfermedad extremadamente grave.

Sin embargo, como todo procedimiento invasivo, el ECMO no se ve exento de morbilidad, donde desde la colocación de la cánula hasta su retiro pueden existir problemas. El mismo artículo de *Annals of Thoracic Medicine* menciona que:

“Otra complicación común es la hemorragia, ya sea por perforación vascular fatal durante la canulación o por infusión de heparina o disfunción plaquetaria. La hemorragia cerebral o infarto ocurre en aproximadamente 10-15% en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). El tromboembolismo sistémico debido a la formación de trombos en el circuito extracorpóreo es una complicación poco frecuente pero importante.

En el *Journal of Medical Cases* el artículo “Uso temprano de ECMO para Status Asmático severo refractario” del 2011 se menciona que:

“Evidencia emergente sugiere que la ECMO mejora la supervivencia en los adultos con insuficiencia respiratoria reversible en

comparación con los métodos convencionales de ventilación. La ECMO es la más común en pacientes pediátricos, y con frecuencia utilizado en este contexto para insuficiencia respiratoria grave. Refractario estado asmático continúa siendo una indicación ECMO. “

“Posiblemente, esto se debe a que la mayoría de los pacientes con estatus asmático son generalmente jóvenes y sanos de lo contrario. Es interesante señalar que la mayoría de los informes de casos anecdóticos que uso de ECMO para el status asmático lo hacen en el contexto de colapso cardiorrespiratorio inminente por insuficiencia ventilatoria.”

Este mismo artículo no solo menciona la hemorragia como complicación sino también la infección. Además, indica que:

“En la actualidad no existen directrices cuándo comenzar ECMO para el estado asthmaticus. Kukita et han sugerido un algoritmo de gestión que incluye ECMO en el contexto de hipoxemia, $\text{pH} < 7.2$, $\text{PCO}_2 > 100$ mmHg o frente a complicaciones que amenazan la vida a la ventilación como hipotensión o barotraumas. en adición a esto, creemos que también se debe considerar la comenzar el ECMO si hay un deterioro rápido a pesar de ventilación óptima o falta de mejoría con una óptima después de un período de prueba razonable. Con la creciente disponibilidad de ECMO, los ensayos clínicos son urgentemente necesarios para permitir el de pautas apropiadas en esta población de pacientes. Las indicaciones sugerido aquí puede ser un punto de partida para el desarrollo de los ensayos pertinentes.” 3ECMOASMA)

Como es mencionado en el artículo publicado en Pubmed en abril del 2017, “ECCO2R (remoción de dióxido de carbono extracorpórea) en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda”:

“La ECCO2R puede ser una estrategia terapéutica adyuvante prometedora para el manejo de pacientes con exacerbaciones severas de EPOC y para el logro de ventilación protectora o ultra-protectora en pacientes con SDRA sin hipoxemia potencialmente mortal. Dado el carácter observacional de la mayoría de los datos clínicos disponibles y las diferencias en las características técnicas y los resultados de los dispositivos actuales, el balance de los riesgos y beneficios para o en contra de ECCO2R en estas poblaciones de pacientes sigue siendo poco claro.”

Este mismo artículo concluye:

“ECCO2R es actualmente una técnica experimental, estrategia terapéutica en insuficiencia respiratoria aguda, su seguridad y eficacia requieren confirmación en ensayos clínicos.”

Trasplante pulmonar

En el caso del uso del ECMO en trasplante pulmonar, Marcelo Cypel (2011) indica.

El primer caso reportado de ECMO como puente a trasplante pulmonar fue realizado en 1975, en un paciente con falla respiratoria postraumática, a pesar del éxito del procedimiento inmediato, el receptor

falleció a los 10 días del trasplante por complicaciones sépticas, “mismatch” (disparidad) y fuga de la anastomosis bronquial.

Otro de los usos, poco descritos en nuestro país debido a que no se presentan temperaturas tan extremas como para tener pacientes con cuadros de hipotermia accidental, la Dra. Campos refiere lo siguiente: “Este uso es poco frecuente o inexistente en nuestro medio. La hipotermia se define como una temperatura central menor de 35°C. La hipotermia accidental puede deberse a varias causas, intoxicación medicamentosa, disfunción metabólica o del sistema nervioso central, en países de estaciones climatológicas marcadas, en que la temperatura llega a varios grados bajo cero llegan a ocurrir hasta el doble de muertes por frío que por calor.”

También agrega Jon Meiman, MD (2014).

En Estados Unidos, del 2003 al 2013 fueron reportados un total de 13419 muertes asociadas a hipotermia accidental, solamente en el estado de Wisconsin en el 2014 se reportaron al CDC (Centers for Disease Control and Prevention), para los meses de enero a abril, un total de 27 muertes por esta causa, de los cuales un 67% eran hombres, la edad promedio 66 años (rango de los 25 a los 95 años). En 9 de las 27 muertes se realizó toxicología, demostrando en un 6 de los casos presencia de alcohol, y en 1 alcohol y delta-9-tetrahidrocanabinoide. El 67% (18) de los fallecidos fueron encontrados a la intemperie donde la temperatura se encontraba en un promedio de -15°C (rango de -26°C a 2°C), 5 de estas personas padecían algún tipo de enfermedad mental, 15 vivían solos y 2 eran indigentes.

(a) Los síntomas de hipotermia van progresando desde temblor y frialdad

en las extremidades a confusión, pérdida de capacidad motora fina, amnesia, hipotensión, disnea, arritmias, muerte.

Agrega al tema Tomasz Darocha, MD (2015).

En pacientes con hipotermia severa también se ha reportado el uso de ECMO para el recalentamiento. En Polonia existe el Centro de Hipotermia Severa Accidental donde se utiliza de forma protocolaria el uso del Calentamiento Extracorpóreo, ECR por sus siglas en inglés (extracorporeal rewarming). La finalidad del uso del ECR incluyen el calentamiento, soporte cardiovascular y mantención de la oxigenación de los tejidos. Al ser un procedimiento que no sea necesariamente inocuo posee ciertas contraindicaciones ya que requiere de anticoagulación, por lo que es imperativo valorar si el paciente presenta lesiones que pueda llevar a hemorragia.

Una de las ventajas que tiene el someter al paciente que ha sido trasplantado de pulmón, es la disminución de la FiO_2 y la disminución del barotrauma, tal como lo menciona, Fabio Sangalli (2014).

La disfunción del injerto primario (DGP) después del trasplante pulmonar puede ocurrir debido a una serie de factores que van desde la técnica quirúrgica y el trauma, los órganos donantes en el límite o la preservación del órgano del donante, la lesión por denervación o el rechazo. A pesar de estar sujeto a mucha investigación y estudio, la supervivencia sigue siendo pobre en este subgrupo de pacientes, con datos de registro de la

Sociedad Internacional de Trasplante de Corazón y Pulmón demostrando que el DGP es responsable de hasta un tercio de todas las muertes dentro de los 90 días posteriores al trasplante. Varias ventajas para ECMO pueden ser evidentes en estos casos. En primer lugar, el alta FiO_2 no es necesaria, lo que limita la toxicidad y el barotrauma al pulmón implantado; en segundo lugar, la ECMO puede producir una presión hidrostática capilar reducida, lo que limita el edema. Finalmente, si se considera el re-trasplante, la ECMO puede brindar apoyo al paciente como puente para el re-trasplante. Se han reportado cifras de supervivencia de hasta 88% con el uso de VV ECMO para DGP, y estos se comparan favorablemente con la tasa de supervivencia del 94% para los receptores de pulmón dentro de los 30 días de la cirugía. Los avances en tecnología y terapia significan que esta forma de apoyo ya no se considera una intervención de rescate.

Circulación Extracorpórea

Perfusión regional oncológica

Otro de los importantes avances en los que la CEC, ha incursionado es en la perfusión regional oncológica, tal como lo menciona, Fabio Sangalli (2014).

Se ha utilizado una aplicación inusual de ECMO como soporte para la cirugía de cáncer de pulmón. Kondo y sus colegas en Japón describieron dos casos de neumonectomía de manga izquierda para el adenocarcinoma del bronquio principal izquierdo resecado con éxito con soporte de ECMO. Lei y colegas informaron el caso de un hombre de 55 años que presentó hemoptisis 10 meses después de la neumonectomía izquierda por carcinoma

de células escamosas. Los hallazgos broncoscópicos demostraron sangre en el muñón bronquial izquierdo, y las muestras de biopsia confirmaron el carcinoma adenoescamoso. Su riesgo de asfixia inminente los motivó a considerar la resección carnal y la reconstrucción bajo el soporte de ECMO. La canulación se realizó a través de una vena y una arteria femoral ipsilateral, y el paciente fue dado de alta exitosamente a casa 10 días después de la cirugía.

Holzheimer RG (2001) mencionó.

La perfusión regional oncológica (PRO) es utilizada en melanomas de extremidades que no presenten diseminación y que se encuentren localizados a una parte del miembro que pueda ser aislada del resto de la circulación. En caso de ser posible, se combina la perfusión con la resección quirúrgica de la enfermedad identificable, siendo este el mejor enfoque de tratamiento para lograr el control local de la enfermedad y aumentar la supervivencia.



Figura 22 Melanoma

En los últimos años se ha presentado un rápido aumento en la frecuencia de aparición del melanoma en todo el mundo y un aumento paralelo en las tasas de curación quirúrgica en América del Norte en gran parte debido a un diagnóstico más temprano por dermatólogos y proveedores de atención primaria.

También agrega Holzheimer RG (201).

Existen cuatro factores dominantes influyen más en los resultado que son el espesor del tumor primario, el lugar en que se presentan (brazos tienen mejor pronóstico que piernas), ulceración es desfavorable, género (peor pronóstico en hombres), edad (peor en hombres luego de los 55 años y en mujeres luego de los 65 años).

Los pacientes con lesión primaria más gruesa y/o ulcerada tienen mayor riesgo de melanoma recurrente local y enfermedad en tránsito. Si el espesor de la lesión primaria es de más de 2 mm el valor del tratamiento adyuvante más agresivo se justifica más, por lo que se beneficia significativamente de la PRO.

La técnica de perfusión involucra canulación, donde los sitios de acceso más comunes son axilar y femoral, aunque también se puede subclavio e iliaco. El sitio de canulación va a depender de si la enfermedad es proximal y/o involucra ganglios.

La técnica consiste en 3 fases donde la primera es la demolición quirúrgica (se realiza la disección ganglionar y la preparación de los vasos), fase de perfusión (hipertermia de 42 °C del agente quimioterapéutico)

Se utiliza una temperatura de 42 °C ya que de esta manera se aumenta la captación citostática del tumor, se produce un daño selectivo a las células tumorales por la capacidad disminuida para adaptarse de los vasos tumorales a la administración de calor. Además, hay aumento de la permeabilidad de la membrana de células tumorales por el calor que favorece la acumulación los fármacos dentro de las células cancerosas, este aumento de la concentración intracelular de los fármacos combinada con el choque térmico causado al mecanismo de reparación del ADN y su duplicación adecuada.

Agrega Holzheimer RG (2001) lo siguiente.

Una vez que se canulan los vasos respectivos se procede a anticoagular, luego se debe de asegurar un torniquete, lo cual se puede realizar con fluoresceína o como en nuestro medio con azul de metileno, el cuál se coloca en el circuito y se recircula en la extremidad aislada; si hay fuga aparecerá en orina y se debe suspender el procedimiento hasta lograr que no haya fuga. Se debe utilizar la tasa de flujo fisiológico, 50 y 70 ml/litro de miembro, no exceda para evitar el edema con fármaco citostático durante 60 minutos, luego de esto se retira el agente quimioterapéutico y se realiza una hora de lavado con la CEC. La última fase es la reconstructiva, donde se realiza una reparación vascular simple pero meticulosa. Luego de esto se contrarresta la anticoagulación con protamina.

En nuestro medio se han realizado aproximadamente 4 procedimientos de este tipo, las dosis son determinadas exclusivamente por los oncólogos. Los fármacos son entregados al perfusionista quien se encarga de cebarlos dentro del circuito para hacerlo circular en el paciente, mismo que debe ser heparinizado cuando se realiza el aislamiento

vascular.

La mayoría de las complicaciones son tolerables, sin embargo, la perfusión combinada y la disección de la ingle tienen una tasa muy alta de linfedema de por vida.

Con respecto al tema, Landes Bioscience (2013) agrega.

La perfusión de extremidades aisladas ofrece como ventaja farmacológica en comparación con el tratamiento sistémico que su alta concentración de fármaco en el área del tumor y su toxicidad sistémica baja. Está indicada en el tratamiento de metástasis en tránsito de un melanoma, el tratamiento paliativo para melanoma si la calidad de vida residual es el objetivo, curativo en tratamiento de sarcoma de tejidos blandos, procedimiento de ahorro de miembros para evitar su amputación, tratamiento neoadyuvante para reducir tumores voluminosos y permitir la cirugía conservadora posterior. El fármaco se aplica en 3 tractos, en periodos sucesivos de tiempo, con un intervalo de 5 min.

En un artículo del Hospital San Giuseppe en Florencia, Italia se reportan 91 perfusiones de extremidades en 86 pacientes (5 pacientes han sido tratados dos veces), 79 de los 91 pacientes con metástasis de tránsito por melanoma y 12 con sarcoma de 1995 a diciembre de 2004. Con una respuesta objetiva en el 93,6% de los pacientes con metástasis de tránsito de melanoma (45,5% presentaron una respuesta completa y 48,1% una respuesta parcial). En el sarcoma de extremidades, se obtuvo una respuesta objetiva en el 80% de los pacientes. Los efectos secundarios fueron leves y

no amenazan la vida (por ejemplo, edema de la extremidad, leucopenia y un síndrome compartimental). Dentro de las principales complicaciones se reportaron el edema del miembro perfundido, leucopenia transitoria, trastorno plaquetario, hemorragia retroperitoneal, diátesis de herida, daño de isquemia crónica.

Quimioperfusión intraperitoneal

Como parte de la historia del desarrollo de la HIPEC, por sus siglas en inglés de Hyperthermic intraperitoneal chemotherapy, J. Farré Alegre escribe

Spratt y cols (1970) fueron los primeros en utilizar la quimioterapia con hipertermia en estudios experimentales con el objetivo de optimizar el efecto citotóxico de las drogas. En 1979 se realizó la primera quimioterapia intraperitoneal con hipertermia en un paciente portador de un pseudomixoma peritoneal después de cirugía citorreductora. Desde 1982, el Dr PH Sugarbaker planteó la diseminación peritoneal de ciertos cánceres como un estadio locoregional de la enfermedad y desarrolló una alternativa terapéutica basada en el tratamiento quirúrgico de la enfermedad macroscópica peritoneal mediante cirugía citorreductora radical seguida de quimioterapia intraperitoneal con hipertermia para tratar la enfermedad microscópica residual. Con este planteamiento terapéutico se obtuvieron supervivencias a 5 años del 30% y 50% en grupos seleccionados de pacientes que hasta entonces eran considerados pacientes terminales. Resultados similares han sido comunicados por otros grupos tras la implementación de esta compleja técnica

Esta es otra de las áreas en la que tiene un papel importante la circulación extracorpórea, y J. Farré Alegre (2004) menciona.

La diseminación peritoneal es considerada como un signo de enfermedad generalizada, uno de los principales patrones de recaída luego de la cirugía en los tumores abdominales y pélvicos; un estudio multicéntrico estimó su supervivencia media en 3.1 meses. La diseminación de las células tumorales en el peritoneo puede ser espontánea o producirse durante la cirugía, por mecanismos como la formación de émbolos tumorales por presión, la fuga de células malignas al cortar los vasos linfáticos o la siembra de las mismas en la cavidad peritoneal durante la disección quirúrgica. Va seguida habitualmente de la invasión o perforación de la serosa.

Una vez extirpado el tumor primario, los factores de crecimiento celular involucrados en la cicatrización estimulan el crecimiento de las células malignas viables atrapadas o en coágulos sanguíneos intraabdominales, o por la fibrina en superficies peritoneales traumatizadas. Paralelamente, el atrapamiento de dichas células dificulta el acceso a ellas de la quimioterapia sistémica, disminuyendo o anulando su eficacia.

Este tipo de quimioterapia e hipertermia consiste en realizar la cirugía de exéresis máxima o debulking, seguida de dosis altas de quimioterapia regional en perfusión hipertérmica durante al menos 90 minutos con la máquina de CEC, durante el mismo acto operatorio con lo que se reduce la enfermedad peritoneal a un mínimo y libera todas las adherencias.

La cirugía posibilita la reducción de la enfermedad peritoneal a un tamaño

mínimo y libera todas las adherencias, creando las condiciones óptimas para obtener mayor eficacia de los citostáticos. Estos son potenciados por el calor, que también tiene un efecto citotóxico por sí mismo, se elimina el atrapamiento celular, y se consiguen niveles altos de fármaco en la zona a tratar, imposibles de lograr por vía sistémica debido a su toxicidad.

Debido a la barrera peritoneo-plasmática, las sustancias de alto peso molecular como mitomicina C, 5-fluorouracilo, cisplatino o doxorubicina, permanecen largo tiempo dentro del abdomen antes de su eliminación a través de la sangre, lo que las hace especialmente indicadas en esta modalidad terapéutica.

Algunos estudios reportan una mortalidad de 4% (por peritonitis y sepsis por dehiscencia anastomótica) y una morbilidad observada de 46%, dentro de los cuales se reportaron íleo paralítico prolongado, abscesos de pared, hemoperitoneo, dehiscencia anastomótica y pielonefritis aguda por E. coli.

Dentro de este mismo estudio se menciona la técnica del coliseum como la:

cirugía citorreductora busca disminuir la enfermedad en la cavidad abdominal hasta la mínima cantidad posible. En primer lugar, se evalúa la carga tumoral del paciente y se obtiene el índice de carcinomatosis (PCI), dividiendo el abdomen en trece áreas, de cero a doce.

Al terminar el procedimiento se colocan cuatro catéteres de succión, dos subdiafragmáticos y dos pélvicos. También se coloca un catéter tipo Tenkhoff para la quimioterapia postoperatoria como línea de entrada. La temperatura central se monitoriza mediante dos termómetros

intraperitoneales y otro esofágico. Se coloca un termómetro adicional para control de la temperatura a la entrada de la perfusión.

Mediante la cobertura con un plástico se aísla la cavidad, con un cierre en forma de campana, en cuyo interior se coloca un aspirador de humos que recogerá los vapores generados durante la perfusión con el quimioterápico. Un orificio en dicha cobertura permitirá al cirujano, equipado con guantes especiales, el acceso y control manual de la distribución de los fluidos por el interior de toda la cavidad abdominal.

Es de vital importancia recalcar que se debe de mantener un adecuado manejo de estos agentes ya que pueden llegar a lesionar a las personas que los manipulan. Es por esto que los cirujanos y perfusionistas utilizan doble guante, delantal impermeable, cubre bocas especial y anteojos de seguridad. Además de eso en el oxigenador se debe de contar con un sistema adecuado para la extracción de gases.

El artículo “Carcinomatosis peritoneal. Quimioterapia intraperitoneal con hipertermia” también se refiere a la técnica de perfusión:

La perfusión con hipertermia se hace durante 90 minutos con dos bombas de extracorpórea y un equipo de tubos y reservorio de cardiotoromía. El flujo de la perfusión oscila entre 500 y 1000 ml/minuto, con una solución de dextrosa al 1.5 % (entre 3 y 5 litros) a los que se añade el citostático. El circuito pasa por intercambiador de calor para conseguir una temperatura en catéter de entrada de 43-44 grados. Durante todo el procedimiento debe haber un especial control y monitorización de las constantes del paciente, buscando mantener diuresis de unos 400 ml/h.

Dentro de la experiencia en el hospital San Jaime de Alicante, el artículo hace referencia a que

Entre junio de 2001 y Setiembre de 2003 se trataron en el Hospital San Jaime 24 pacientes (20 mujeres y 4 varones), con una edad media de 55,5 años (25-78 años). Los tumores primarios fueron: cáncer colorectal (6 casos), pseudomixoma peritoneal (2), cáncer gástrico (1), cáncer de ovario (13) y cáncer de endometrio (2). En 6 casos de cáncer de ovario (todos ellos estadio III-IV en el momento del diagnóstico) se indicó la técnica como tratamiento de consolidación tras haber recibido la quimioterapia sistémica adyuvante.

Cuatro pacientes presentaron la carcinomatosis de forma sincrónica y 20 de forma metacrónica (diagnosticados durante el seguimiento de un tumor abdominal previamente resecado). Un paciente presentó metástasis hepáticas que fueron tratadas mediante ablación con radiofrecuencia en el mismo acto quirúrgico.

Al final de la cirugía de exéresis, en 22 pacientes se consiguieron resecciones R0 o R1. En los 2 pacientes restantes la resección fue R2. El índice de carcinomatosis medio fue de 4,25 (0-24).

No hubo mortalidad intraoperatoria y se completó el procedimiento en todos los casos. El tiempo medio de todo el procedimiento fue de 6,36 horas.

Se han objetivado 7 recidivas en el mismo período. Una paciente de 33 años tratada por una carcinomatosis de origen colónico presentó una recidiva

presaca a los 6 meses de la intervención. Fue rescatada quirúrgicamente y se encuentra sin evidencia de enfermedad 17 meses después. Otra paciente tratada inicialmente por una carcinomatosis de origen ovárico presentó una metástasis hepática única a los 7 meses. Fue tratada mediante ablación por radiofrecuencia, permaneciendo libre de enfermedad 10 meses después. Los cinco pacientes restantes están actualmente recibiendo quimioterapia sistémica.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones:

Se concluye que existe un gran vacío con respecto al tema de la circulación extracorpórea y la historia que engloba este tema, desde sus inicios y los grandes aportes que han dado los médicos costarricenses.

Se demuestra la diferencia que existe entre la circulación extracorpórea y el ECMO, pese a que ambos equipos utilizan componentes similares hay gran variabilidad entre estos.

Se infiere que la utilización del ECMO y la CEC está en constante crecimiento y que sus usos alternativos a la cirugía cardiovascular son una promesa para el futuro de la medicina en gran variedad de ramas.

Se concluye que ya se cuenta con gran disposición por parte de personal del centro nacional de ECMO, sin embargo, aún falta mucho trabajo por realizar a futuro para desarrollar a nivel nacional la CEC y el ECMO.

Se demuestra que hay un gran grupo de pacientes diferentes a la cirugía cardíaca que serán beneficiados con el uso del ECMO y la CEC.

Recomendaciones:

Implementar un plan de comunicación y capacitación a nivel institucional en la Caja Costarricense del Seguro Social, para dar a conocer la CEC y la ECMO, como especialidad y sus diferentes vertientes, tanto al personal médico general, como residentes y asistentes de las diferentes especialidades.

Dar a conocer, el Centro Nacional de ECMO a nivel nacional y fortalecerlo con recursos y personal, así como dotar de más equipo y planta física para hacer frente a la creciente necesidad de utilizar sus usos alternos.

Fomentar los programas de investigación y actualizaciones de medicina basada en la evidencia respecto al tema de la CEC y el ECMO para continuar creciendo en procura del beneficio de los pacientes a nivel nacional.

Dotar al Centro Nacional de ECMO de una unidad de traslado interhospitalario que esté equipada y diseñada para dicho propósito, con su tripulación completa, para no depender de terceros cada vez que se requiera trasladar pacientes de otros centros.

Referencias

Apuntes sobre la historia de la cirugía cardíaca en Costa Rica Notes on the history of cardiac surgery in Costa Rica Dr. Rodrigo Gutiérrez-Aguilar ISSN 0001-6012/2014/56/3/96-100 Acta Médica Costarricense, © 2014 Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica Acta méd costarric Vol 56 (3), julio-setiembre 2014

Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), primer caso en Costa Rica (Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). First case report in Costa Rica) Carlos Dobles-Ramírez y Donato A. Salas-Segura. ISSN 0001-6012/2014/56/4/177-179 Acta Médica Costarricense, © 2014 Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica

<https://www.else.org/Registry/H1N1Registry.aspx> Statistics from the H1N1 Registry as of April 13, 2011, consultado 19/11/2017

Gravlee Cardiopulmonary bypass and Mechanical support. Principles & Practice. Wolters Kluwer 4ta edición 2016

Jon Meiman, MD^{1,2}, Henry Anderson, MD², Carrie Tomasallo, PhD² (Author affiliations at end of text) Hypothermia-Related Deaths — Wisconsin, 2014, and United States, 2003–2013 Weekly February 20, 2015 / 64(06);141-143. CDC

Circulation. 2010 Nov 2;122(18 Suppl 3): S829-61. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.971069. Part 12:cardiac arrest in special situations: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Vanden Hoek TL, Morrison LJ, Shuster M, Donnino M, Sinz E, Lavonas EJ, Jeejeebhoy FM, Gabrielli A. Erratum in

Circulation. 2011 Feb 15;123(6): e239.

Circulation. 2011 Oct 11;124(15): e405.

DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.971069

Extracorporeal Rewarming From Accidental Hypothermia of Patient With Suspected

Trauma Tomasz Darocha, MD, PhD, Sylweryusz Kosiński, MD, Anna Jarosz, MD, and Rafal Drwila Monitoring Editor: Irbaz Bin Riaz. *Medicine (Baltimore)*.

2015 Jul; 94(27): e1086. Published online 2015 Jul 13. doi:

10.1097/MD.0000000000001086

Clinical course and prognostic factors of patients in severe accidental hypothermia with circulatory instability rewarmed with veno-arterial ECMO - an observational case series study Sylweryusz Kosiński^{1, 2}, *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 2017;25:46

<https://doi.org/10.1186/s13049-017-0388-7>

Marcelo Cypel, MD, MSc, Shaf Keshavjee, MD, MSc, FRCSCb,* *Extracorporeal Life*

Support as a Bridge to Lung Transplantation *Clin Chest Med* 32 (2011) 245–251

doi:10.1016/j.ccm.2011.02.005

Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2016; 24: 111.

Published online 2016 Sep 15. doi:10.1186/s13049-016-0303-7 Accidental hypothermia—
an update

Holzheimer RG, Mannick JA, editors. Munich: Zuckschwerdt; 2001. *Surgical Treatment:*

Evidence-Based and Problem-Oriented. Capitulo Hiram C Polk, Jr., M.D.

and Michael J Edwards, M.D. Isolated limb perfusion for malignant melanoma

Michele De Simone* and Marco Vaira. Hyperthermic Isolated Limb Perfusion. *Madame*

Curie Bioscience Database. Austin (TX): Landes Bioscience; 2000-2013

Isolated Regional Therapy for Advanced Extremity Soft Tissue Sarcomas. Jeremiah L.

Deneve, DOa , Jonathan S. Zager, MDa,b,c,* Surg Oncol Clin N Am 21 (2012)

287–299 doi:10.1016/j.soc.2011.11.003

Nicholson Yam and David Michael McMullan Ann Transl Med. 2017 Feb; 5(4):

72. doi: 10.21037/atm.2017.01.11 Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation

Fabio Sangalli, Nicolò Patroniti, Antonio Pesenti. ECMO-Extracorporeal Life Support in

Adults. 1 Ed. (2014)

Diccionario médico. Definición de Circulación Extracorpórea, (2011). Recuperado de:

https://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Circulacion_ext_racorporea

ELSO. (2017). What's ECMO. Recuperado de:

<https://www.elseo.org/Resources/WhatisEcmo.aspx>

ELSO. (2017). Glossary of Terms, Membrane Oxygenator. Recuperado de:

<https://www.elseo.org/Resources/GlossaryofTerms.aspx>

Schwartz, Principios de Cirugía 9 Ed. (2011) p.271

Organización Mundial de la Salud, alertas y respuesta mundiales. (2009). Recuperado de:

<http://www.who.int/csr/disease/swineflu/faq/es/>

Fundación Española del Corazón. (2017). Recuperado de:

<http://www.fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/tratamientos/anticoagulante-anticoagulacion.html>

J. Farré Alegre; P. Bretcha Boix; M. L. Martín; M. Sureda; A. Brugarolas.

Carcinomatosis peritoneal. Quimioterapia intraperitoneal con hipertermia

Oncología (Barc.) vol.27 no.4 abr. 2004

[Santiago González-Moreno](#), [Luis A González-Bayón](#), and [Gloria Ortega-Pérez](#)

Hyperthermic intraperitoneal chemotherapy: Rationale and technique [World J](#)

[Gastrointest Oncol](#). 2010 Feb 15; 2(2): 68–75.

Published online 2010 Feb 15. doi: [10.4251/wjgo.v2.i2.68](https://doi.org/10.4251/wjgo.v2.i2.68)

[Michelle Haslinger](#), A contemporary analysis of morbidity and outcomes in
cytoreduction/hyperthermic intraperitoneal chemoperfusion

DOI: 10.1002/cam4.80 volume 2, Issue 3 June 2013 Pages 334–342