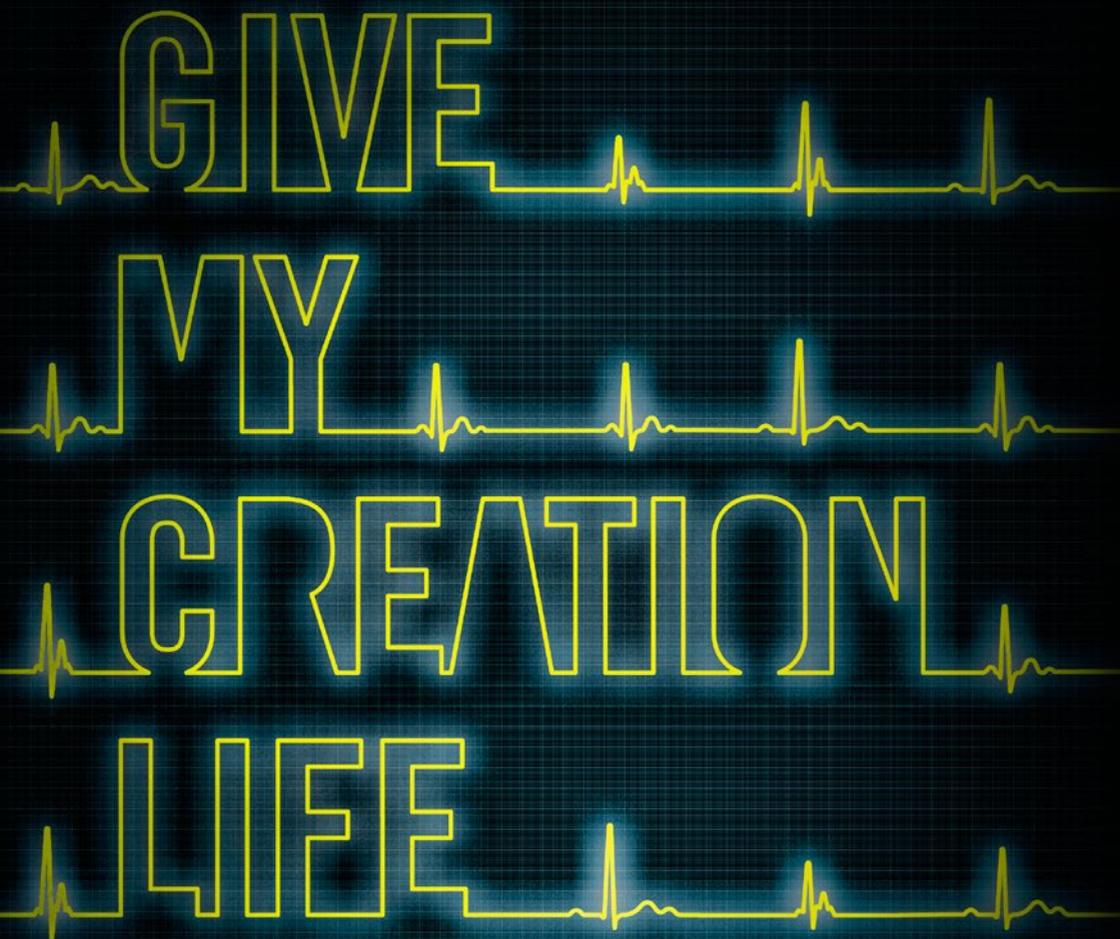


**GIVE
MY
CREATION
LIFE**



OPN STUDIO

CONTIENE
IMÁGENES QUE
PUEDEN HERIR LA
SENSIBILIDAD

GIVE
MY
CREATION
LIFE

OPN STUDIO

Give my Creation...Life!

2016-2017

© OPN Studio.

<http://opnstudio.com>

Produce:

ETOPIA_ Centro de Arte y Tecnología

Avda. Ciudad de Soria, 8

50003. Zaragoza, España

www.zaragoza.es/etopia

Maquetación: Óscar Baiges

Impresión: Icomgraph

Give my creation... Life! Es un proyecto de OPN Studio producido por el Ayuntamiento de Zaragoza a través de Etopia Centro de Arte y Tecnología, expuesto en Etopia desde diciembre de 2016 hasta febrero de 2017.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra con ánimo de lucro sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y ss. Código Penal).

ÍNDICE

Give my creation... Life!	7
El estatuto de la vida en la era biotecnológica: Del “cuerpo sin órganos” al “órgano sin cuerpo”	11
Introducción al corazón	19
Índice de definiciones	25
Introducción al sistema circulatorio	33
Introducción a la CEC Circulación Extracorpórea	41
Historia CEC	59
Donación en asistolia en España	87
Experiments in the revival of organisms	95
Convertor hidráulico de energía biológica de OPN Instalación / escenografía. Máquina simulador	103
Intervención Experimental Give my creation... Life!	121
OPN Studio, colaboradores y agradecimientos	133

Give my creation... Life! Es un proyecto de OPN Studio producido por el Ayuntamiento de Zaragoza a través de Etopia Centro de Arte y Tecnología, expuesto en Etopia desde diciembre de 2016 hasta febrero de 2017.

**GIVE MY
CREATION...**

LIFE! 

GIVE MY CREATION... LIFE!

Un corazón es una bomba vital que nos separa de la vida y la muerte. Un generador de energía que produce más de 30 millones de latidos al año. La muerte es, en esencia, la extinción del proceso homeostático de un ser vivo y, por ende, su final. Hoy en día, gracias a diversos avances de medicina y bioingeniería, es posible mantener una actividad cardíaca, en principio extinta, con el fin de mantener al ser con vida aunque privándole de su autonomía. Autonomía concedida a través de una máquina.

Give my creation... Life! plantea lo antagónico e incluso dispar. ¿Podría el ritmo cardíaco propio de un ser humano o animal alimentar un sistema, creando así una autonomía energética para dispositivos externos o incluso internos implantados? Es decir, al igual que hoy en día las máquinas están diseñadas para alimentarnos energéticamente, tomemos de ejemplo un corazón artificial que otorga vida a un individuo. ¿Por qué no invertir el concepto? Que el ser humano o animal pueda alimentar a través de su ritmo vital máquinas concediéndoles la energía, y por lo tanto vida y autonomía.

Give my Creation... Life! es un proyecto que aúna Arte, Ciencia y Tecnología. Basa su investigación en la generación de energía a través del palpito de un corazón con el objetivo de concederle la autonomía a una máquina. Durante la investigación de este objetivo subversivo, se han tratado múltiples focos de análisis e investigación, tales como la prolongación de la “vida” de un órgano extraído, su alimentación artificial a través de nutrientes y su utilización como fuente de energía, entre otros.

El resultado, fundamentos e investigaciones, es una serie de experiencias materializadas en tres conclusiones; un audiovisual con imágenes tomadas de una intervención quirúrgica experimental llevada a cabo en el CIBA (Centro de Investigación Biomédica de Aragón), reforzando la narrativa del proyecto, junto a una conclusión matérica resultante del proceso desarrollado durante el estudio, que plasma la investigación llevada a cabo, sus objetivos, avances y conclusiones, a través de una má-

quina de simulación del palpito de un corazón, que capta y se aprovecha de la energía generada. Todo ello, acompañado de una parte más teórica y didáctica que introduce el proyecto a través de material de archivo acerca de las investigaciones y experimentos en relación a la circulación extracorpórea a lo largo de la historia.

Give my creation... Life! genera así un inicio de conversación, nuevos pensamientos e invita a realizar un ejercicio de reflexión, en torno a diversos puntos; tales como la ética de esta práctica siempre desde un punto de vista de reaprovechamiento del propio órgano del animal, nunca desde una extracción propia para el fin; como también su uso para generar energía proveniente de un órgano vivo para concederle la autonomía a una máquina o el hecho de que nuestro propio organismo, genere parte de la energía que consumimos, creando conciencia sobre el consumo de la propia energía y su valor, entre otras múltiples e infinitas reflexiones, tales como la *Antítesis del cyborg*, el rechazo de una sociedad hombre-máquina, los peligros de la ciencia y la tecnología, si no se encuentran al servicio de la utopía social que se predica, utopía-distopia y un sin fin de ellos. El límite reside en la imaginación...

— Susana Ballesteros y Jano Montañés
OPN Studio

**EL ESTATUTO DE
LA VIDA EN LA ERA
BIOTECNOLÓGICA:
DEL “CUERPO
SIN ÓRGANOS”
AL “ÓRGANO SIN
CUERPO”**



EL ESTATUTO DE LA VIDA EN LA ERA BIOTECNOLÓGICA: DEL “CUERPO SIN ÓRGANOS” AL “ÓRGANO SIN CUERPO”

En torno al proyecto *Give my creation... Life!* de OPN Studio

La pregunta por el lugar del cuerpo en la era de la biotecnología resulta cada vez menos obvia y más difusa. La existencia al margen del cuerpo es ya una realidad. La imagen de un corazón aislado, extracorpóreo, que late autónomamente en el tiempo que media entre la extracción del donante hasta el trasplante en el receptor, encarna de manera casi icónica el estatuto del cuerpo en la actualidad. Un cuerpo desocupado de vida, que abandona su condición unitaria y aglutinadora de órganos. Un cuerpo cuyos límites se desdibujan en una existencia fragmentaria.

La posibilidad de que los órganos transiten de unos cuerpos a otros mediante los trasplantes o xenotrasplantes (el intercambio de órganos entre especies distintas), o de que una oreja humana pueda injertarse en el lomo de un ratón, o de que, sin necesidad de contar con un organismo como soporte, se puedan desarrollar tejidos biológicos, mediante técnicas de cultivo celular e ingeniería tisular (con resultados como la elaboración de una hamburguesa en el laboratorio), son distintos ejemplos que nos hablan de un mundo, el nuestro, en el que la vida se desarrolla al margen del cuerpo. La subordinación de los órganos al sistema cuerpo y su dependencia biológica del mismo deviene innecesaria.

El cuerpo ya no es, al menos no en exclusiva, el espacio privilegiado para que la vida se desarrolle. El fragmento se ha emancipado de la totalidad y ocupa una posición autónoma e independiente. Vida a distancia. Como si se tratara de una metáfora que ha devenido real, los sueños su-

rrealistas de un cuerpo fragmentado se han materializado, literalmente, en la era de la biotecnología. Un cuerpo, el del siglo XXI, que se sitúa en las antípodas de su imagen renacentista, encarnada en ese hombre vitruviano dibujado por Leonardo Da Vinci: un cuerpo humanista tan perfecto que se podía inscribir en geometrías puras como el cuadrado (*homo ad quadratum*) o el círculo (*homo ad circulum*) y en el que la relación entre las partes y el todo respondía a una proporción perfectamente medible.

Visto en perspectiva, el arte occidental es un arte fundamentalmente corporal, desde el *Discóbolo* de Mirón hasta las performances de Orlan. Pero fue el siglo XX el que nos permitió imaginar la existencia de un “cuerpo sin órganos”, de la mano, primero, de Antonin Artaud (1947) y, después, de Gilles Deleuze y Félix Guattari, que retomaron y desarrollaron las ideas del dramaturgo francés en *Mille Plateaux* (1980), distribuyendo el potencial de este “cuerpo sin órganos” en tres registros: organización, significación y subjetivación. La práctica artística ha acompañado (y, en muchos casos, conformado) los discursos sobre la corporalidad a lo largo de toda la historia del arte y la actualidad no es una excepción.

El proyecto *Give my creation...Life!*, del colectivo OPN Studio (formado por Susana Ballesteros y Jano Montañés) nos enfrenta a una nueva acepción de este “cuerpo sin órganos” que revierte los términos de la ecuación: la existencia de un “órgano sin cuerpo”.

LA PERSISTENCIA DE LO VIVO

La vitalidad que caracteriza el comportamiento de los materiales naturales constituye el telón de fondo en el que la obra de OPN Studio debe ser situada. La posibilidad de utilizar un corazón biológico como fuente de energía que alimente una máquina que nos propone el proyecto *Give my creation... Life!* se inserta en una tradición artística que se remonta, al menos, a la década de los sesenta del siglo XX cuando manifestaciones como la *performance* o el *body art*, el *land art* o el *arte povera*,

empiezan a explorar la agencia (el impulso vital) de los materiales de la naturaleza. Bosques y lagunas, relámpagos y vientos, ríos y mareas, calabazas y lechugas, animales humanos y no humanos, inundan la creación artística en ese momento... Pero no se trataba, ni entonces ni ahora, de la mera apropiación de un material natural sino de la exploración de su comportamiento, que acabaría por articular un verdadero lenguaje de lo vivo. La naturaleza *in vivo*, haciendo lo que hace la naturaleza: crecer, desarrollarse, mutar, (des)organizarse... latir.

En el contexto de las prácticas artísticas que se sitúan en el fértil cruce de arte, ciencia y tecnología son diversos los artistas que han trabajado, como en el caso de OPN Studio, relacionando materiales biológicos con máquinas, lo que nos adentra en el ámbito material y discursivo de la ontología del *cyborg*. La teorización del *cyborg* como sujeto, y no solo como cuerpo, tiene una gran importancia en el pensamiento asociado a las nuevas tecnologías, gracias a la aportación de Donna Haraway en su célebre *Manifiesto para cyborgs* de 1985. Para Haraway, el estatuto tradicional del cuerpo ha cambiado sustancialmente con los distintos desarrollos tecnocientíficos: no encontramos ya cuerpos meramente biológicos sino tecnocuerpos, en los que ya no es posible discernir entre lo natural y lo artificial. En la medida en que el *cyborg* no es una ficción sino una realidad demanda una redefinición de lo que significa “ser humano”; y es que el *cyborg* se encuentra íntimamente relacionado con el planteamiento de una condición posthumana, formulada en su día por Katherine Hayles en *How we became posthuman* (1999) y, más tempranamente, y explotando todo su potencial filosófico (e incluso antihumanístico), por Rosi Braidotti en *The posthuman* (2013, traducido al castellano en 2015).

La particular relación entre un corazón y una máquina que nos propone OPN Studio tiene, entre otros, el objetivo de visibilizar la vitalidad del material vivo. Encarnado en el corazón latente, lo vivo reivindica su potencial y se erige en depositario de ese ideal de autonomía, otrora ostentado por la máquina. Efectivamente, el ideal de autonomía de la máquina siempre tuvo dos caras: por un lado, la celebración moderna, tecnófila, que acompaña a la irrupción de los primeros autómatas del siglo

XVIII pero, por otro lado, una corriente de gran intensidad tecnofóbica, directamente proporcional a la fascinación que despertaba, la máquina (y sus posibilidades de adoptar una autonomía total) ha sido elaborada en forma de novelas y filmes de ciencia ficción (entre ellos el *cyberpunk*). No olvidemos que las célebres *Leyes de la robótica* de Asimov, no son más que límites a esa temida emancipación de la máquina. Es por ello por lo que el proyecto *Give my creation...Life!*, donde la autonomía de la máquina se ha traspasado a la vida misma, adquiere un tono de reivindicación de lo vivo, especialmente en una época en que la dependencia de lo tecnológico es prácticamente total.

Desde la óptica de esta exploración de un lenguaje de lo vivo, el proyecto *Give my creation...Life!* se inserta en una rica genealogía artística en la que la comunicación entre lo biológico y lo tecnológico ha pasado a un primer plano. Nos referimos a proyectos como *MEART-The semiliving Artist* (2001-04), del colectivo Tissue Culture & Art (fundadores del laboratorio australiano SimbyoticA, el más importante del mundo del bioarte), en el que un cultivo de células neuronales (que emiten impulsos eléctricos) activan un brazo robótico que dibuja en función de la actividad neuronal del cultivo celular; o bien al mítico *Analogía I* (1970-71) del argentino Víctor Grippo, en el que una serie de patatas están conectadas a sendos electrodos (de zinc y de cobre), que transmiten a un voltímetro la energía que, en su desarrollo vital, van produciendo los tubérculos. El artista, en definitiva, diseñando dispositivos para *hacer que la vida hable*; para hacer, en palabras de Paul Klee, “visible lo invisible”.

En la misma década en la que Grippo había presentado su proyecto, se desarrolló también una línea de investigación artística, la del arte biónico, que tuvo en Stelarc uno de sus principales representantes. Partiendo del lema “el cuerpo está obsoleto” empezó a diseñar prótesis electromecánicas para incorporarlas a su propio cuerpo, con el objetivo de extender sus capacidades. Si bien la obra de Stelarc es representativa del interés del arte tecnológico por explorar las conexiones con lo biológico, también es cierto que su concepción obsolescente de lo biológico lo aleja de investigaciones como la de Víctor Grippo, Tissue Culture & Art y

también OPN Studio, cuyo proyecto no parte de una conceptualización de lo biológico como límite sino, por el contrario, de la reivindicación de su potencial inherente. No es la máquina la que viene a suplir o potenciar las capacidades de lo biológico sino, al contrario, lo biológico lo que se convierte en fuente y origen de la máquina.

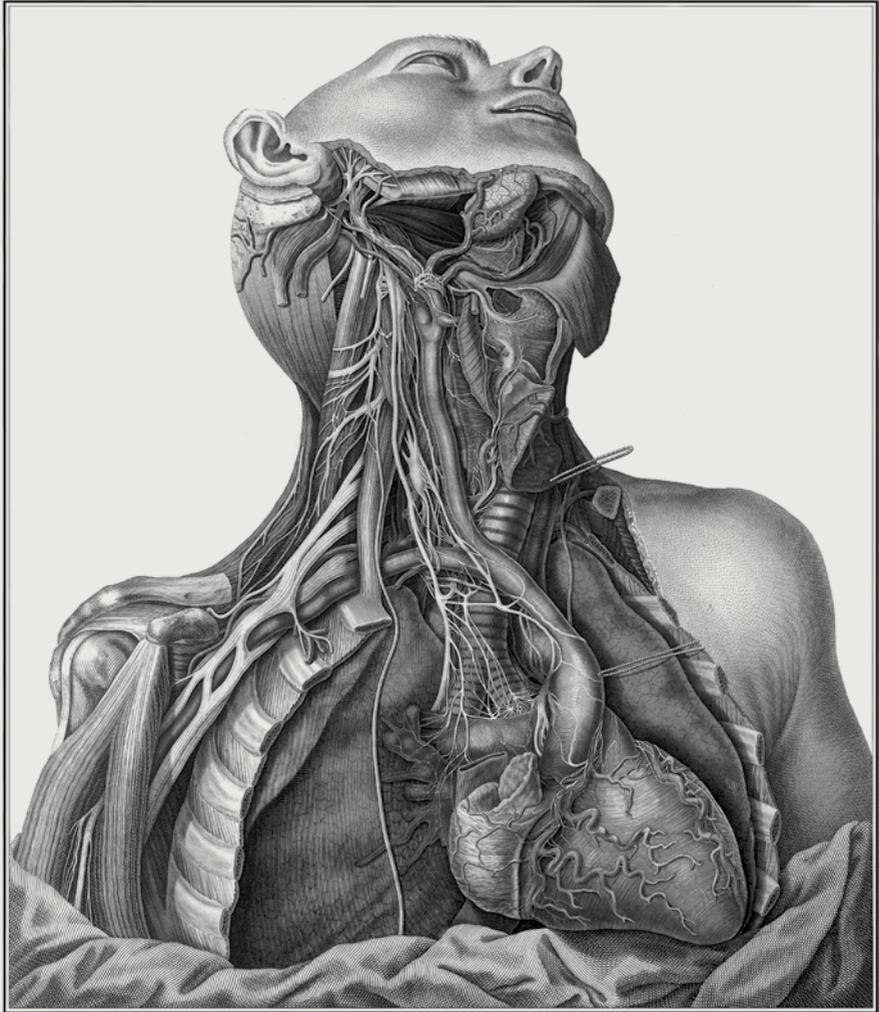
EL ARTE COMO LABORATORIO DE PENSAMIENTO

La práctica artística que se ubica en la intersección de la ciencia y la tecnología puede contribuir, como si se tratara de un laboratorio (científico y discursivo), a valorar las implicaciones ontológicas y éticas de estos nuevos modelos corporales que están afectando, indudablemente, al modo de concebir la identidad de los cuerpos y la definición de la vida.

Poder pensar estas realidades al margen de lógicas utilitarias (que puedan perseguir la aplicabilidad, o incluso la rentabilidad, de estos “desarrollos”, no necesariamente “avances”, tecnocientíficos) es probablemente una de las funciones más nobles que puede desempeñar el arte biotecnológico, si bien es cierto que el arte puede contribuir también a lo contrario: a la normalización acrítica de las innovaciones tecnocientíficas. Una adecuada comprensión de la práctica artística, que no persiga tanto reacciones emocionales dicotómicas (fascinación o rechazo) sino una reflexión que permita comprender el alcance de lo que allí se plantea, es necesaria para prevenir el riesgo, siempre presente, de la instrumentalización de la práctica artística. Es por ello por lo que, en los albores del siglo XXI, las palabras de Spinoza siguen gozando de plena vigencia: *Ni amar, ni detestar; comprender.*

— Daniel López del Rincón

Profesor de la Universidad de Barcelona y autor del libro “Bioarte. Arte y vida en la era de la biotecnología”.



Scarpa. A (1794) Tabulae neurologicae

INTRODUCCIÓN

AL CORAZÓN



INTRODUCCIÓN AL CORAZÓN

ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA

El corazón es el principal órgano propulsor de sangre. Se encuentra situado en la región llamada mediastino, localizada entre los pulmones sobre el diafragma dentro de la cavidad torácica.

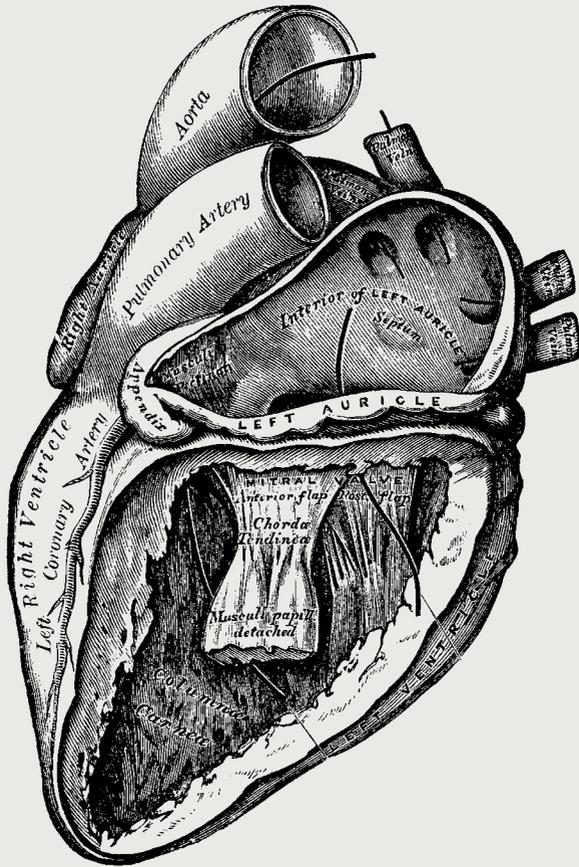
Posee cuatro cavidades, dos superiores denominadas aurículas que son las encargadas de recibir la sangre de las venas, y dos inferiores llamadas ventrículos que impulsan la sangre hacia las arterias.

Su funcionamiento, para una rápida comprensión, puede resumirse de la siguiente forma. La sangre llega a la aurícula derecha procedente de las venas cavas a su regreso del cuerpo. De ahí, es enviada al ventrículo derecho que la impulsa a los pulmones por las arterias pulmonares para su oxigenación. Una vez oxigenada, retorna al corazón por las venas pulmonares llenando la aurícula derecha para posteriormente pasar al ventrículo izquierdo, encargado de impulsarla al cuerpo a través de la arteria aorta.

Para poder realizar las funciones anteriormente descritas, dispone entre las distintas cavidades de cuatro válvulas que impiden el retroceso de la sangre en cada contracción, permitiendo su avance. Dependiendo de su localización obtienen diferentes denominaciones:

- Válvula Tricúspide (válvula auricular derecha)
- Válvula Bicúspide o Mitral (válvula auricular izquierda)
- Válvula semilunar Pulmonar (válvula ventricular derecha)
- Válvula semilunar Aórtica (válvula ventricular izquierda)

El corazón dispone de su propio riego sanguíneo mediante las arterias coronarias, que nacen en la aorta ascendente y que vierten la sangre a través de las venas coronarias en la aurícula derecha.



EL CORAZÓN Y SU FUNCIONAMIENTO

El movimiento cardíaco se caracteriza por contracciones y relajaciones periódicas que se realizan en diferentes pasos denominadas fases del ciclo cardíaco. En cada latido podemos distinguir 5 fases:

1. Sístole auricular
2. Contracción ventricular isovolumétrica
3. Eyección
4. Relajación ventricular isovolumétrica
5. Llenado auricular pasivo

Las tres primeras corresponden a la **sístole** (contracción miocárdica e impulso de la sangre), y las dos últimas a la **diástole** (relajación cardíaca y llenado de sus cavidades).

Sístole auricular

El corazón se contrae expulsando toda la sangre contenida en las aurículas hacia los ventrículos. Las válvulas Mitral y Tricúspide se encuentran abiertas permitiendo su paso, mientras las válvulas Aórtica y Pulmonar se encuentran cerradas. Al finalizar la fase, toda la sangre contenida en el corazón se encuentra en los ventrículos.

Contracción ventricular isovolumétrica

Los ventrículos comienzan a contraerse generando un aumento de presión en su interior que provoca el cierre de las válvulas auriculoventriculares, impidiéndose de esta forma, un flujo retrógrado de sangre. En esta fase todas las válvulas cardíacas se encuentran cerradas.

Eyección

Al ser mayor la presión ventricular que la arterial, las válvulas sigmoideas se abren permitiendo el paso de la sangre a las arterias. Una vez igualada la presión en ambas partes de la válvula, la sangre deja de

fluir, quedando una parte retenida en el corazón denominada volumen residual o sistólico final.

Relajación ventricular isovolumétrica

Comienza la diástole. El ventrículo se relaja descendiendo la presión en su interior enormemente, lo que provoca que el flujo de sangre se vuelva retrógrado llegando así a los senos aórtico y pulmonar de las válvulas sigmoideas, provocando su cierre.

Llenado auricular pasivo

La presión en las aurículas es mayor que en los ventrículos, que se encuentran parcialmente vaciados y relajados por lo que la sangre circulará por diferencia de presión, hacia estos últimos, abriendo las válvulas Mitral y Tricúspide. Una nueva contracción auricular terminará con la fase comenzando la sístole auricular de un nuevo ciclo.

ÍNDICE DE DEFINICIONES

MIOCARDIO

Es el tejido muscular del corazón, músculo encargado de bombear la sangre por el sistema circulatorio mediante contracción.

PERICARDIO

Es una membrana de 2 capas que envuelve completamente al corazón y a los grandes vasos separándolos de las estructuras vecinas, protegiéndole de cualquier posible lesión.

EPICARDIO

Es una membrana viscosa (la capa visceral del pericardio) que cubre la superficie externa del corazón. Esta membrana junto con la capa parietal, constituyen la bolsa pericárdica en que se encuentra el corazón.

ENDOCARDIO

Es una membrana que recubre localmente las cavidades del corazón. Forma el revestimiento interno de las aurículas y ventrículos.

SÍSTOLE

Movimiento de contracción del corazón y de las arterias para empujar la sangre por el sistema circulatorio del cuerpo.

DIÁSTOLE

Es el período en el que el corazón se relaja después de una contracción, en preparación para el llenado con sangre circulatoria.

FIBRILACIÓN

Trastornos del ritmo cardíaco en la que una de las cámaras del corazón desarrolla múltiples circuitos de re-entrada, haciendo que los impulsos se vuelvan caóticos y las contracciones se vuelvan arrítmicas.

CARDIOTOMÍA

Incisión quirúrgica en el corazón.

HEMODINÁMICA

Se encarga del estudio de la dinámica de la sangre en el interior de las estructuras sanguíneas como arterias, venas, vénulas, arteriolas y capilares así como también la mecánica del corazón propiamente dicha mediante la introducción de catéteres finos a través de las arterias de la ingle o del brazo.

TISULAR

Es un adjetivo que se emplea en el ámbito de la biología para hacer referencia a aquello vinculado a un tejido.

SHOCK

Es un estado en el que entra el cuerpo cuando no recibe aporte suficiente de sangre a los tejidos y, por tanto, no llega el oxígeno necesario a los órganos para que éstos realicen sus funciones.

C.E.C.

Circulación extracorpórea.

BY-PASS CARDIOPULMONAR (BCP)

Es una técnica que suplanta temporalmente la función del corazón y los pulmones durante una cirugía, manteniendo la circulación de la sangre y la presencia de oxígeno en el cuerpo.

BOMBA

Realiza las mismas funciones que realizaría el corazón dentro de la circulación extracorpórea. La máquina transporta la sangre desde la cavidad superior derecha del corazón (la aurícula derecha) a un recipiente especial denominado oxigenador.

OXIGENADOR

Realiza las mismas funciones que realizaría el pulmón dentro de la circulación extracorpórea. Lleva a cabo el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono.

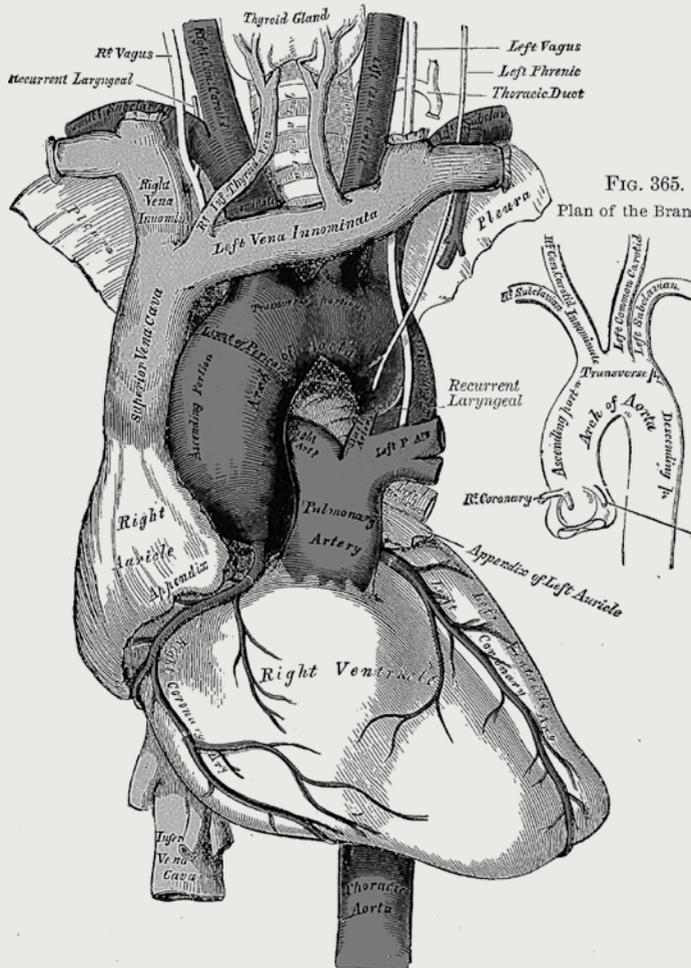


FIG. 365.
Plan of the Bran

Gray, H. (1887) Anatomy, descriptive and surgical

RESERVORIO

Sirve como depósito para la sangre drenada desde las venas cavas durante la circulación extracorpórea y facilita añadir fármacos, sangre y fluidos, además de atrapar las burbujas.

PERFUSIÓN

Introducción lenta y continuada de una sustancia medicamentosa o de sangre en un organismo u órgano por vía intravenosa, subcutánea o rectal.

REPERFUSIÓN

Procedimiento en el cual se abren las arterias bloqueadas para restablecer el flujo sanguíneo.

CARDIOPLEJIA

Es una solución para perfusión intracardíaca, que se utiliza en combinación con isquemia, para inducir la parada cardíaca durante la cirugía de corazón con CEC, con ella se protege el miocardio de los efectos deletéreos o mortíferos derivados del período de isquemia y se previene del daño de la reperfusión una vez restablecido el flujo sanguíneo.

ISQUEMIA

Es cualquier condición que impide que la sangre alcance los órganos y tejidos del cuerpo. La sangre contiene muchos nutrientes y oxígeno, que son vitales para el funcionamiento apropiado de los tejidos y órganos. Sin estos componentes, estos tejidos inician su muerte celular.

NECROSIS

Es el patrón morfológico de la muerte patológica de un conjunto de células o de cualquier tejido en un organismo vivo, provocada por un agente nocivo que causa una lesión tan grave que no se puede reparar o curar. Por ejemplo, el aporte insuficiente de sangre al tejido o isquemia.

HIPOXIA

Se refiere a una disminución en la cantidad de oxígeno suministrado por la sangre a los órganos. Es una consecuencia de la hipoxemia, que es la disminución de la cantidad de oxígeno transportado por los glóbulos rojos en la sangre.

DELETÉREO

Mortífero, venenoso.

FIBRINA

Compuesta por fibrinógeno, es una proteína fibrosa que está involucrada directamente con la coagulación de la sangre. Esta proteína fibrosa forma una malla, que junto con las plaquetas forma un tapón o coágulo sobre el sitio de la herida.

DEFIBRINAR

Separar la fibrina de la sangre. Quitar el coagulante.

HEPARINA

Se utiliza ampliamente como anticoagulante inyectable, y tiene la densidad de carga más alta conocida de todas las biomoléculas.

HIPOTERMIA

Es el descenso involuntario de la temperatura corporal por debajo de 36 °C (95 °F).

NORMOTERMIA

Indica estado de temperatura normal, cuando la temperatura corporal está entre 36 °C y 37,5 °C.

CANULACIÓN

Introducción de una cánula en un conducto o cavidad corporal, como la tráquea, la vejiga o un vaso sanguíneo.

INFUSIÓN

Es una disolución cuyo objetivo clínico consiste en ser inyectada en algún compartimento corporal, generalmente el torrente circulatorio venoso, en cuyo caso se denomina infusión intravenosa (IV) o endovenosa (EV).

HOMEOSTASIS

Es el conjunto de fenómenos de autorregulación que llevan al mantenimiento de la constancia en las propiedades y la composición del medio interno de un organismo.

SISTÉMICO

Relativo al cuerpo entero, en lugar de una sola parte o un solo órgano. Una infección que está en el torrente sanguíneo se denomina infección sistémica.

Una infección que afecta solamente a una parte u órgano del cuerpo se llama infección localizada.

CLAMPAJE

Maniobra quirúrgica consistente en la compresión de un conducto, fundamentalmente vascular, con una pinza (clamp).

DISECAR

Preparar y separar todos los órganos de sus estructuras adyacentes.

HEMÓLISIS

Es el fenómeno de la desintegración de los eritrocitos (glóbulos rojos o hematíes).

INTERSTICIAL

El líquido intersticial o líquido tisular es el líquido contenido en el intersticio, o espacio entre las células. Alrededor de una sexta parte de los tejidos corporales corresponden al intersticio, y en promedio una persona adulta tiene cerca de 11 litros de líquido intersticial proviendo a las células del cuerpo de nutrientes y eliminando sus desechos.

LINFA

Este fluido está compuesto por un líquido claro pobre en proteínas y rico en lípidos, parecido a la sangre, pero con la diferencia de que las únicas células que contiene son los glóbulos blancos, que migran de los capilares y proceden de los ganglios linfáticos, sin contener hematíes.

FLUJO AFERENTE

Que transmite sangre, linfa, otras sustancias o un impulso energético desde una parte del organismo a otra que respecto de ella es considerada periférica.

EXSANGUINACIÓN- EXTRACCIÓN DE LA SANGRE

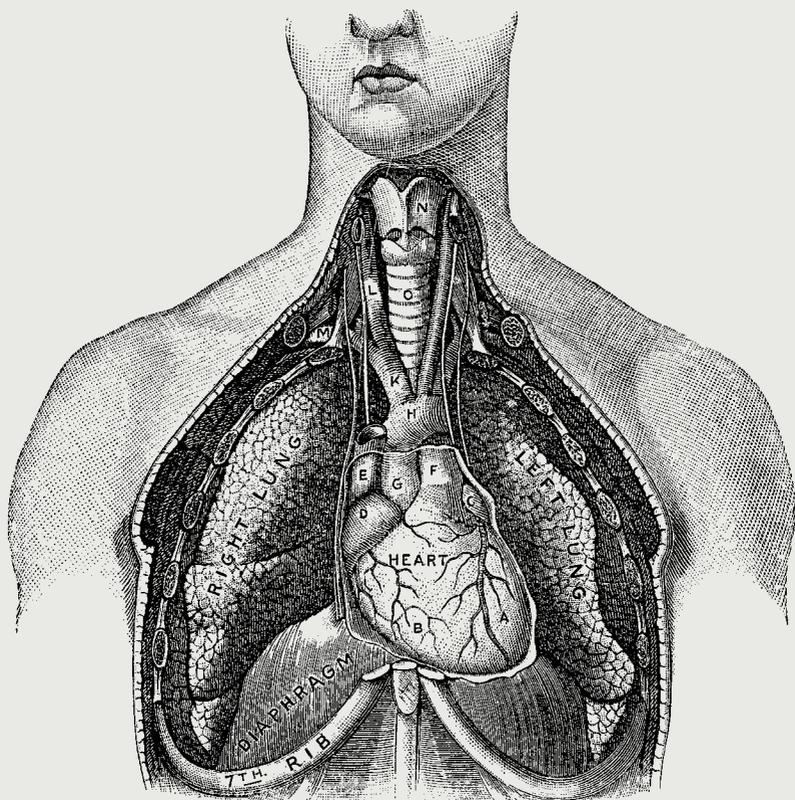
Procedimiento utilizado para sacrificar de forma poco cruenta a los animales de laboratorio.

EMBOLIA GASEOSA

El aeroembolismo, es la irrupción de gas en el torrente circulatorio arterial, lo que ocasiona diversos grados de isquemia y/o sufrimiento tisular.

TROMBOSIS

Es la formación de un coágulo en el interior de un vaso sanguíneo y uno de los causantes de un infarto agudo de miocardio. También se denomina así al propio proceso patológico, en el cual, un agregado de plaquetas o fibrina ocluye un vaso sanguíneo.



SOLUCIÓN DEXTROSADA

Es un suero que se llama dextrosa al 5%. Es isotónico con respecto al plasma humano (quiere decir que tiene la misma tonicidad, pero la glucosa como puede pasar las membranas celulares no le otorga osmolaridad).

Se utiliza como alimento para los pacientes con una mínima carga de hidratos de carbono para las necesidades basales metabólicas.

OSMOLARIDAD

Es la medida para expresar la concentración total (medida en osmoles/litro) de sustancias en disoluciones usadas en medicina.

HEMATOCRITO O HCT

Es un análisis de sangre que calcula el porcentaje del volumen de toda la sangre que está compuesta de glóbulos rojos.

MEDIASTINO

Es el compartimento anatómico extrapleural situado en el centro del tórax, entre los pulmones derecho e izquierdo, por detrás del esternón.

ANÓXICO

Carente de oxígeno.

CATABOLISMO

Es la parte del proceso metabólico que consiste en la transformación de biomoléculas complejas en moléculas sencillas y en el almacenamiento adecuado de la energía química desprendida en forma de enlaces de alta energía en moléculas de adenosín trifosfato.

ANASTOMOSIS

Uniones celulares llamadas unión estrecha. Conexión creada entre estructuras tubulares, como los vasos sanguíneos.

DONACIÓN EN ASISTOLIA

Es la donación de órganos y tejidos que proceden de una persona a la que se le diagnostica la muerte tras la confirmación del cese irreversible de las funciones cardiorrespiratorias (ausencia de latido cardíaco y de respiración espontánea durante más de cinco minutos). Esta persona además debe cumplir los requisitos generales para la donación.

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA CIRCULATORIO

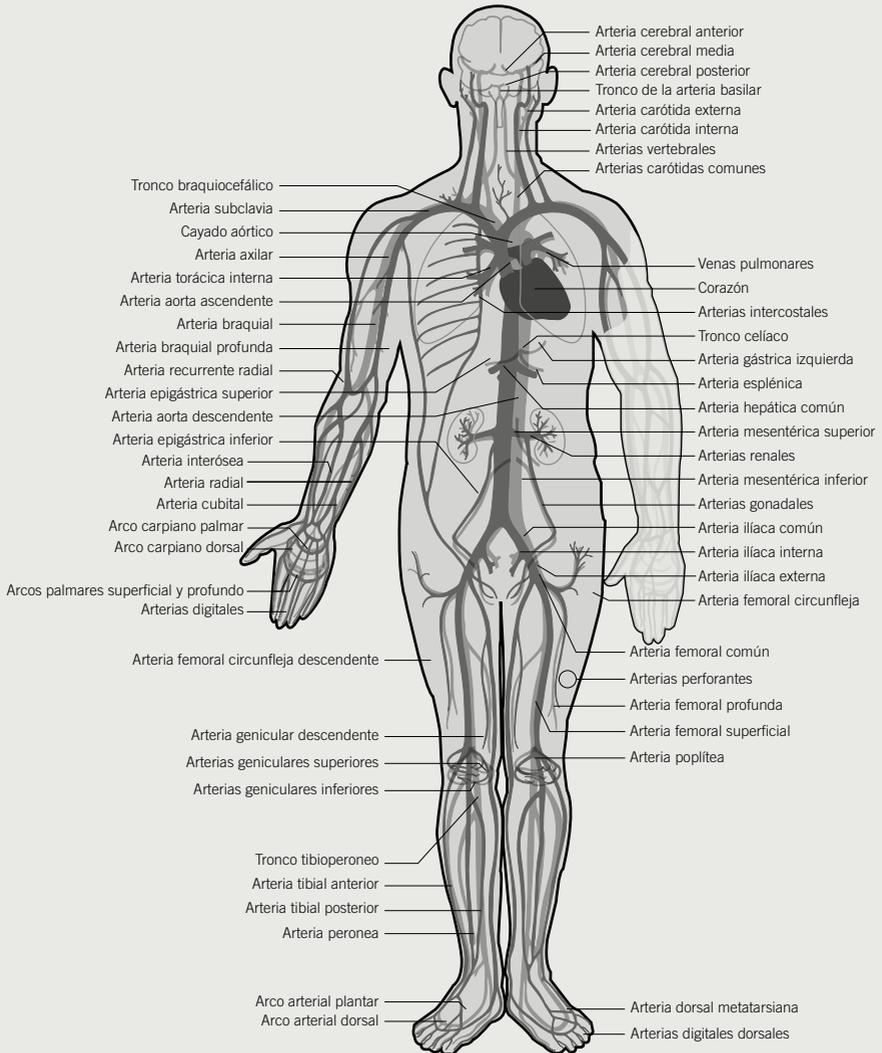


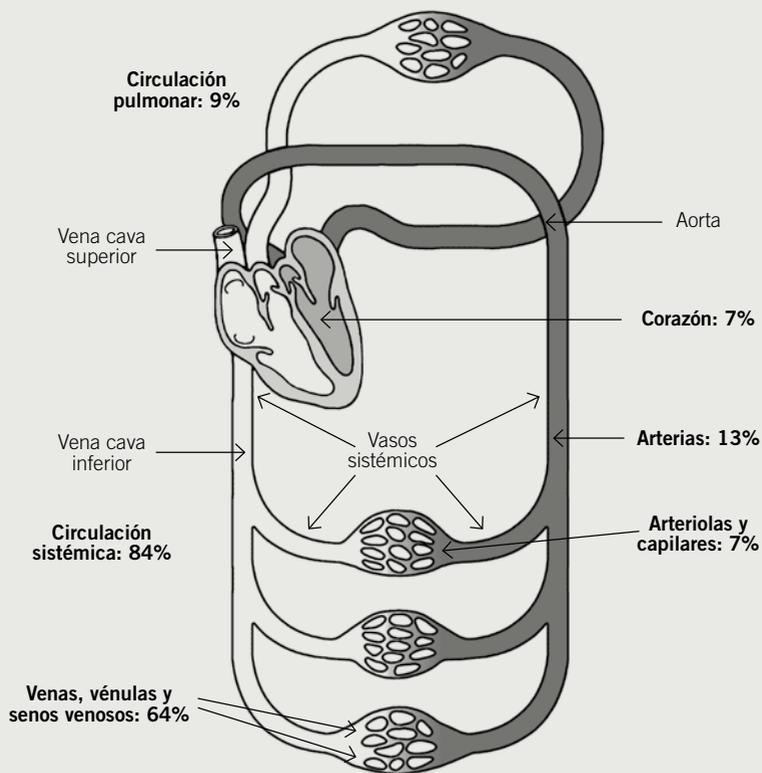
INTRODUCCIÓN AL SISTEMA CIRCULATORIO

La función principal del sistema circulatorio consiste en transportar oxígeno, nutrientes, desechos y hormonas manteniendo un entorno apropiado, además de defender al cuerpo de infecciones, estabilizar la temperatura, así como el pH.

Está compuesto por el sistema cardiovascular, que conduce e impulsa la sangre, y el sistema linfático, que conduce la linfa unidireccionalmente hacia el corazón.

El primero lo componen corazón, vasos sanguíneos (arterias, venas y capilares) y sangre, mientras que el segundo (sistema linfático), está compuesto por vasos linfáticos, ganglios, órganos linfáticos, médula ósea, tejidos linfáticos y linfa.





Vaso	Superficie transversal (cm ²)
Aorta	2,5
Pequeñas arterias	20
Arteriolas	40
Capilares	2.500
Vénulas	250
Pequeñas venas	80
Venas cavas	8

Distribución de la Sangre

Si colocáramos todos los vasos sistémicos uno al lado del otro, la superficie transversal total aproximada para un ser humano medio sería la indicada en la tabla.

CARACTERÍSTICAS DE LA CIRCULACIÓN SANGUÍNEA

Existen dos tipos de circulación sanguínea: sistémica y pulmonar. La circulación sistémica aporta el flujo sanguíneo a todos los tejidos del organismo excepto a los pulmones, donde llega gracias a la circulación pulmonar.

COMPONENTES DEL SISTEMA CIRCULATORIO

Las arterias son las encargadas de transportar la sangre hacia los tejidos. Se caracterizan por disponer de paredes cardiovasculares fuertes que resisten una alta velocidad y presión sanguínea.

Las arteriolas pertenecen al sistema arterial, uniendo las arterias con los capilares mediante pequeñas ramificaciones. Disponen de fuertes paredes que les permiten modificar el flujo sanguíneo en cada lecho tisular según necesidades.

Los capilares se caracterizan por sus finas paredes que realizan el intercambio de líquidos, nutrientes, hormonas y otras sustancias en sangre.

Las vénulas son las encargadas de recoger la sangre de los capilares. Están compuestas por diversas ramificaciones que terminan conformando venas de mayor tamaño.

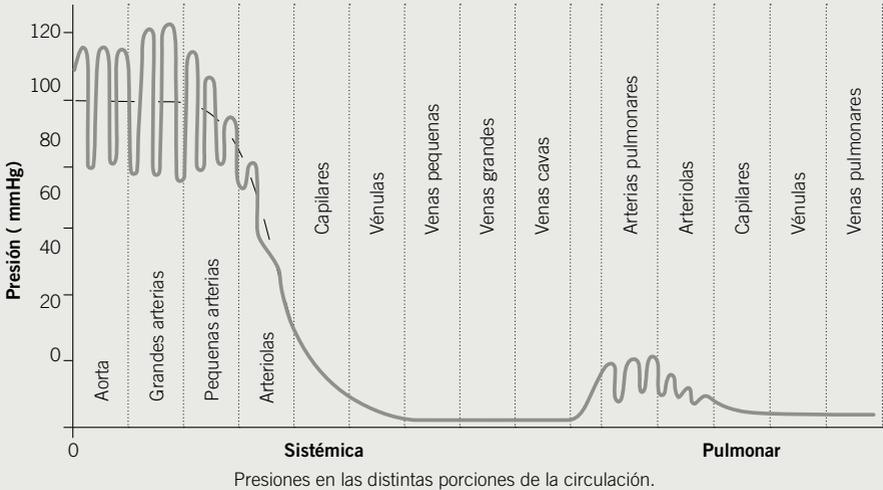
Las venas transportan la sangre recogida en las vénulas conduciéndola hasta el corazón. Además actúan como reserva de sangre gracias a su capacidad para contraerse y dilatarse según las necesidades.

PRESIÓN SANGUÍNEA

La presión en el corazón, al ser pulsátil, varía entre 120 mmHg (presión sistólica) y 80 mmHg (presión diastólica). A medida que nos acercamos al final de la circulación sistémica en las venas cavas, la presión sanguínea roza los 0 mmHg.

Los lechos vasculares disponen de presiones relativamente bajas, en torno a 17 mmHg, para permitir pequeñas fugas de plasma a través de los poros de las paredes capilares.

En los pulmones, la presión media viene a ser de unos 7mmHg, a pesar de tener un flujo igual al de la circulación sistémica.



LOS TRES PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA FUNCIÓN CIRCULATORIA

1. La velocidad del flujo sanguíneo en los tejidos del organismo es controlada con precisión en relación con sus necesidades. La microvasculatura de cada tejido es la encargada de controlarla constantemente. Conforme se ramifican las arterias, la sección transversal disminuye ralentizando así su velocidad.
2. El gasto cardíaco es controlado por el conjunto de todos los flujos tisulares locales. Suele oscilar entre 5 y 30 litros por minuto dependiendo de las necesidades generadas por la actividad del organismo.
3. La presión arterial no depende de ninguna de las anteriores. Es controlada por el sistema nervioso actuando al apreciar variaciones

para mantenerla dentro del rango aceptable. Para lograrlo, envía señales nerviosas que aumentan o disminuyen el bombeo del corazón, contraen o dilatan los reservorios venosos y generan una constricción general de la mayoría de las arteriolas, logrando así almacenar mayor o menor cantidad de sangre aumentando o disminuyendo la presión arterial.

INTRODUCCIÓN

A LA CEC



(CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA)

CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

Como ya sabemos, el corazón y los pulmones funcionan de manera conjunta para mantener las células del cuerpo oxigenadas.

En el proceso circulatorio, el corazón bombea sangre deficiente en oxígeno a los pulmones, recibiendo sangre oxigenada de los mismos para distribuirla al resto del cuerpo.

Con frecuencia, el corazón puede dañarse debido a una enfermedad cardíaca o traumatismo. Para reparar el daño, puede ser necesaria una cirugía a corazón abierto. En algunos procedimientos a corazón abierto, es necesario detener el corazón para reparar el músculo cardíaco, las válvulas u otras estructuras. La circulación extracorpórea permite al cirujano detener el corazón cuidadosamente sin interrumpir la circulación sanguínea.

La CEC circulación extracorpórea, es también llamada bypass cardiopulmonar, máquina corazón-pulmón o derivación cardiopulmonar.

La circulación extracorpórea es un estado de shock intencionado y controlado, una técnica que suplanta temporalmente la función del corazón y los pulmones durante una cirugía, manteniendo la circulación de la sangre y la presencia de oxígeno en el cuerpo. Para ello se utiliza una bomba y un oxigenador, denominado también máquina corazón-pulmón. La bomba cumple la función del corazón y el oxigenador cumple la función de los pulmones.

En la revascularización (by-pass) con circulación extracorpórea, la sangre deficiente en oxígeno es desviada de las cámaras superiores del corazón, para ser conducida a una cámara en la bomba de circulación extracorpórea. Posteriormente, es transferida a un oxigenador, donde es oxigenada. La bomba conduce la sangre nuevamente al sistema arterial del paciente, y el cuerpo continúa la circulación sanguínea por su cuenta. Después de repararlo, el corazón se reinicia y se retira la bomba de circulación extracorpórea.

PARA LOGRAR ESTOS OBJETIVOS ES PRECISO:

1. Proteger el corazón y mantenerlo parado: se lleva a cabo el pinzamiento aórtico (dejando sin sangre las coronarias), luego se le infunde cardioplejia (parándolo en diástole), y por último se mantiene en frío (disminuyendo así el metabolismo cardíaco).
2. Mantener perfundido el resto del organismo: para ello se sustituyen las funciones del corazón por una bomba y las del pulmón por un oxigenador, como ya se ha detallado con anterioridad.

El sistema de circulación extracorpórea debe cumplir tres condiciones para obtener la mayor eficacia.

Que el flujo de sangre proporcionado por la máquina se acerque al gasto cardíaco en estado de reposo del paciente.

Que el oxígeno liberado por dicho flujo, sea suficiente para mantener la integridad de las funciones basales de órganos y tejidos.

Que los diferentes componentes del flujo sanguíneo no sean alterados ni destruidos durante el tiempo que se requiere del uso de la máquina corazón pulmón artificial.

El cumplimiento de estas condiciones no solo depende del tipo de máquina y del buen funcionamiento de ésta, sino también de las variaciones secundarias a la circulación extracorpórea que se presentan en algunos de los determinantes de la función cardiovascular y respiratoria en condiciones normales, entre ellos: la perfusión tisular, el flujo sanguíneo y la oxigenación tisular (dada por la difusión), entre otros.

LA BOMBA DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA Y SUS COMPONENTES

El circuito básico recibe la sangre venosa del cuerpo, la oxigena al tiempo que facilita la liberación del dióxido de carbono, y a continuación la impulsa nuevamente hacia el circuito arterial para realizar la perfusión tisular.

Los componentes básicos de la bomba de circulación extracorpórea son:

BOMBA: Existen tres tipos de bombas: de rodillo (diseñada por De Bakey), centrífuga y, por último, ventricular¹. En uso clínico actualmente sólo se encuentran la bomba de rodillo y la bomba centrífuga.

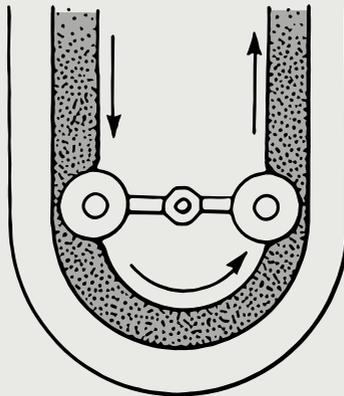
• Bomba de rodillo:

Impulsa la sangre mediante la rotación de dos rodillos que presionan un tubo flexible por el que circula la sangre contra las paredes de la carcasa, impulsando así la misma, pudiendo llevar a cabo tanto el aspirado como la cardioplejia. Entre sus ventajas encontramos el fácil manejo y su bajo coste; su principal inconveniente consiste en que puede producir hemólisis.

En los últimos 30 años, las bombas de rodillo han sido las más comúnmente utilizadas para by-pass cardiopulmonar. La bomba consiste en una serie de tubos localizados en la parte interna de una superficie curva. Esta se encuentra en el perímetro externo de unos rodillos ubicados en los extremos de dos brazos rotatorios (normalmente ubicados a 180° entre ellos) para llevar a cabo el aspirado y la cardioplejia. El sistema se organiza de forma que un rodillo comprime el tubo en todo momento. El flujo sanguíneo es inducido por la compresión sobre el tubo, presionando así la sangre hacia delante de los rodillos. La rata de flujo depende del tamaño del tubo, la longitud del circuito y la rata de rotación de la bomba (revoluciones por minuto). Existen tablas de calibración que deben ser revisadas cons-

¹ HENNEIN H. A. All Net Pediatric Critical care Textbook. Website: <http://pedscm.wustl.edu/All>

tantemente para asegurar el correcto flujo de la bomba. El grado de oclusión dado por los rodillos debe ser ajustado. La compresión excesiva agrava la hemólisis y el desgaste de los tubos, muy poca oclusión produce igualmente hemólisis, pero peor aún compromete el gasto cardíaco. La mayoría de cirujanos cree que la menor hemólisis aparece cuando los rodillos se encuentran levemente no oclusivos.



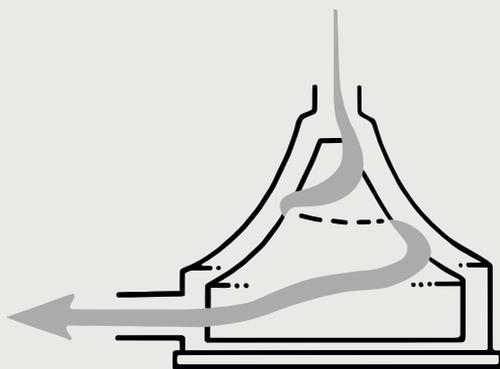
Bomba de rodillo

- **Bomba centrífuga:**

Dispone de un impulsor/rotador con conos de plástico/pestañas. Entre sus ventajas encontramos un menor porcentaje de microembolia gaseosa y hemólisis; sin embargo, tiene un mayor coste.

Consiste en una especie de turbina (impulsor) ubicada dentro de una cubierta plástica, acoplada magnéticamente a un motor, de forma que al rotar rápidamente, el impulsor crea una diferencia de presión entre el tubo aferente y eferente, bombeando la sangre hacia el circuito arterial. A diferencia de la bomba de rodillo, la bomba centrífuga es totalmente no oclusiva y depende completamente de la poscarga. Por ejemplo, un aumento de la resistencia en el tubo aferente, con una disminución del flujo, disminuye a su vez el flujo aferente hacia el paciente. Esto tiene consecuencias favorables y no favorables, y el paciente debe tener

un medidor de flujo para coordinar el gasto cardíaco. De otro lado, si el paciente se encuentra conectado a la bomba mientras ésta no está en uso, la sangre es extraída del paciente a menos que permanezca clampeado el circuito. Esto puede causar exsanguinación y aspiración de aire al circuito arterial originando desastres hemodinámicos.



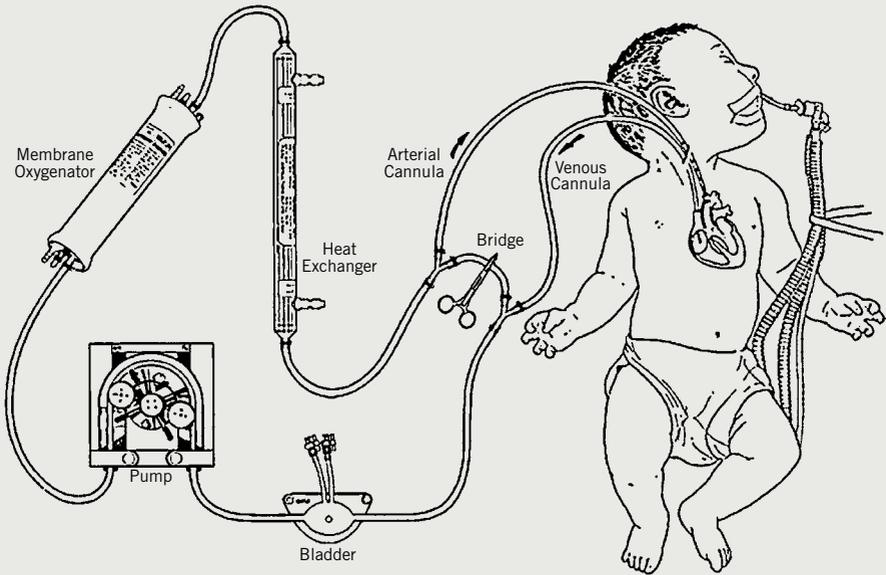
Bomba centrífuga

OXIGENADORES: Son los encargados de reemplazar el pulmón dentro de la circulación extracorpórea. Realizan el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono.

Existen cuatro tipos de oxigenadores aunque en la actualidad sólo se emplean de burbuja y de membrana. En los inicios de la circulación extracorpórea se empleaban oxigenadores de película, y de disco, pero su carácter no desechable, provocaron su caída en desuso.

OXIGENADOR DE BURBUJA: Permiten el contacto directo sangre-gas; se utilizan sobre todo en la CEC pediátrica. En este tipo de oxigenadores, la sangre entra en contacto con el gas (oxígeno 97%, CO_2 3%). El gas es ingresado desde una fuente externa, pasando por un filtro de microporos para evitar la contaminación bacteriana y burbujeado

dentro del reservorio venoso, donde se realiza el intercambio gaseoso por contacto directo. Se utilizan siliconas antiespuma, para atraer las burbujas que permanecen en la sangre oxigenada, con el fin de evitar la aparición de émbolos gaseosos. El tamaño de las burbujas, es el determinante principal del área de intercambio gaseoso, por tal motivo, resulta importante en la circulación extracorpórea. Las burbujas grandes, recogen más CO₂ pero oxigenan menos, además son atraídas de mayor forma por la silicona antiespuma, por el contrario las más pequeñas intercambian más oxígeno, pero menos CO₂. El tamaño de las burbujas depende del flujo de gas elevado en relación al bajo flujo sanguíneo. De esta forma la variación del tamaño de las burbujas incide en el grado de oxigenación de la sangre.

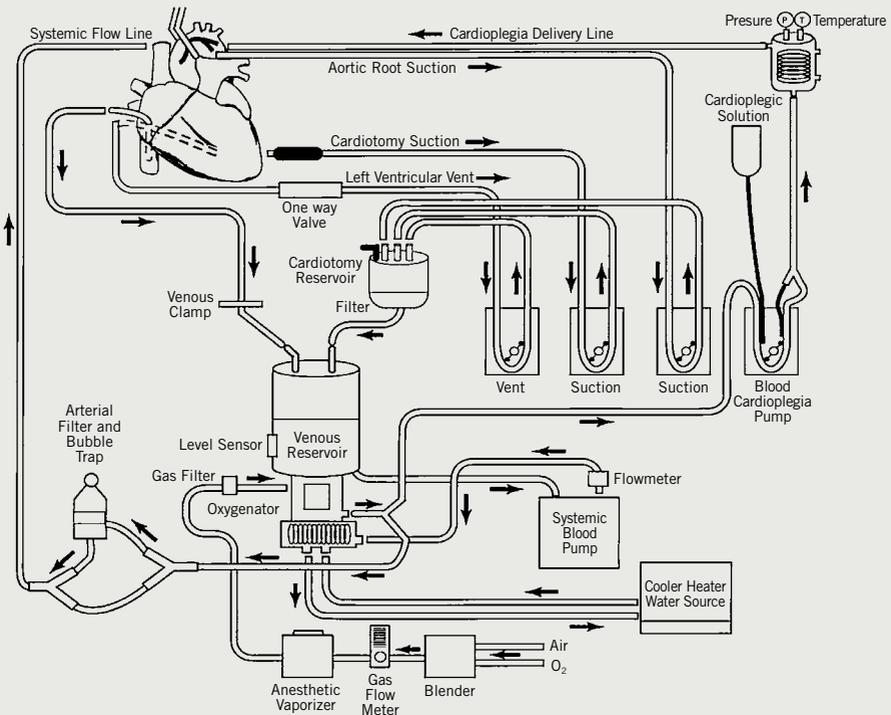


OXIGENADOR DE MEMBRANA: Son membranas permeables (compuestas por polipropileno con micro-poros o silicona), que actúan como la membrana alveolo-capilar, permitiendo así el intercambio gaseoso.

En estos oxigenadores, una membrana semipermeable se interpone entre los flujos de sangre y gas. Su ventaja radica en que evita el contacto de la sangre con el gas, lo que reduce la hemólisis sanguínea, la desnaturalización de las proteínas y la formación de microémbolos.

SISTEMA DE HIPOTERMIA (INTERCAMBIADOR DE CALOR): Puede encontrarse incorporado al oxigenador; controla la temperatura del cuerpo calentando o enfriando la sangre (disminuyendo riesgos), y también infunde cardioplejia.

La hipotermia reduce el consumo de O_2 ; además, los gases son más solubles en sangre fría que en sangre caliente (al calentarse rápidamente aparecen burbujas). La temperatura nunca debe subir por encima de los $42^\circ C$ y el gradiente no debe ser mayor de $10^\circ C$.



RESERVORIO VENOSO: Sirve como depósito para la sangre drenada desde las venas cavas y facilita añadir fármacos, sangre y fluidos, además de atrapar las burbujas.

Ésta ingresa gracias a la disposición del reservorio, que favorece el drenaje por gravedad de la sangre venosa. Provee almacenamiento para el volumen de exceso, y permite el escape de burbujas de aire que regresan con el flujo venoso.

FILTROS: La embolización de gas, y de partículas trombóticas, es un riesgo constante en la circulación extracorpórea. La solución purgante de la bomba debe ser recirculada a través de filtros con poros de 20 a 40 μm , para remover las partículas extrañas previo al by-pass cardiopulmonar. Filtros similares son ubicados en el circuito, entre la bomba arterial y el paciente, entre la fuente de gas y el oxigenador, entre la cánula venosa y el reservorio venoso, entre el reservorio de la cardiomotía y el oxigenador, y en la línea de cardioplejia.

SUCCIÓN DE CARDIOTOMÍA: Varias líneas de succión (normalmente tres) son utilizadas para devolver la sangre del campo quirúrgico (intracardíaca e intrapericárdica) hacia el oxigenador para recirculación. La succión de estas líneas es regulada por los rodillos ajustables de bombas independientes, y debe ser configurada a la menor rata posible, para evitar las fuerzas de cizallamiento, y las que resultan en trauma de los elementos de la sangre.

RESERVORIO: La sangre succionada de la cardiomotía es recogida en un reservorio (depósito) donde las partículas sólidas y gaseosas son removidas previo a la recirculación. La cardiomotía es la mayor fuente de desperdicios de todo el sistema.

CÁNULAS, TUBERÍAS Y CONEXIONES: Diversos tipos de cánulas y tubos plásticos se usan en el circuito de perfusión; su material no debe ser tóxico ni destruir los elementos de la sangre. Las variaciones en los

diámetros de los circuitos y sus conexiones no deben ser bruscas. Así mismo es importante evitar la multiplicidad de uniones.

SOLUCIONES DE PURGA: En los inicios, la máquina de circulación extracorpórea era purgada con sangre heparinizada, sin embargo la necesidad de sangre preparada previamente limitaba las posibilidades quirúrgicas, sobretodo en personas con grupos sanguíneos raros. Además los volúmenes de purga para la máquina resultaban excesivos, y no podía desperdiciarse tanta sangre en ellos. Actualmente, el volumen de purga de una máquina es de aproximadamente 1500 a 2000 cm³. Se utiliza solución salina dextrosada que contiene electrolitos balanceados a la cual se le agregan agentes oncóticos (dextrano de bajo peso molecular, manitol, o albúmina) para ayudar a mantener la presión oncótica del plasma y preservar la función renal durante la cirugía. Si el hematocrito cae demasiado, puede agregarse sangre con calcio, heparina y buffer a la bomba de oxigenación.

SISTEMAS PARA CARDIOPLEJIA: El corazón se comporta como una unidad energética con una oferta y una demanda durante el periodo de clampeo aórtico. La oferta, o fuente energética, es afectada por el influjo de sangre colateral proveniente de la circulación bronquial y la sangre mediastinal y no coronaria, que afectan a la temperatura del corazón en paro normotérmico. La demanda, a su vez es afectada por la actividad cardíaca, la cual es máxima en fibrilación ventricular o cuando el corazón se encuentra latiendo normalmente, y disminuye en hipotermia y paro cardíaco.

La tolerancia del corazón y su recuperación de periodos isquémicos y anóxicos se mejoran notoriamente cuando se añaden substratos metabólicos y precursores de alta energía. Un efecto similar se obtiene cuando se administran agentes capaces de bloquear el catabolismo de fosfatos energéticos no esenciales. La glucosa y los ácidos grasos son los substratos principales en el metabolismo miocárdico. Sin embargo en condiciones de stress tales como la circulación extracorpórea la ad-

ministración de sustratos energéticos tiene efectos deletéreos sobre la función cardíaca.

Las soluciones cardiopléjicas tienen la ventaja de proveer sustratos energéticos, preservar la integridad celular, mantener el corazón inmóvil y relajado, y facilitar la manipulación quirúrgica del mismo. La función esencial de una solución cardiopléjica es por lo tanto: detener el corazón rápidamente, crear un ambiente propicio para la producción continua de energía en el estado anaeróbico, y contrarrestar los efectos de la isquemia producida por la oclusión de la aorta.

La cardioplejia se administra a través de la aorta ascendente por medio de una aguja conectada a un sistema de infusión endovenosa a presión, una vez el clamp aórtico se encuentre en posición. En caso de cirugía aórtica, la solución se infunde por medio de cánulas directas a las arterias coronarias.

La administración puede dividirse en dos fases: inducción y mantenimiento. Durante la inducción se coloca la solución enfriada a 4-8°C, tiene por objeto detener el funcionamiento cardíaco rápidamente y, al mismo tiempo, producir un enfriamiento transmural que complementa el sistémico y el epicárdico, creando el ambiente necesario para la producción anaeróbica de energía. Usualmente se administran entre 750 y 1000 cm³ en un periodo de tres a 5 minutos lo que producirá una presión aórtica de 50 mmHg, a menos que exista obstrucción coronaria, donde la presión es mayor. La dosis de mantenimiento se administra cada 20 ó 30 minutos, o después de cada anastomosis distal en casos de cirugía coronaria. Se utiliza para contrarrestar el flujo colateral no coronario que distorsiona las condiciones especiales de cardioplejia.

PROCEDIMIENTO CEC

La CEC se desarrolló para poder llevar a cabo cirugías cardíacas de forma segura, permitiendo la manipulación del corazón mientras se perfunde el resto del organismo. De esta manera, recoge la sangre no oxigenada del organismo, la pasa por una “bomba” que la impulsa y por un oxigenador, devolviendo la sangre oxigenada al cuerpo de nuevo.

La cardioplejia es una solución que se administra a las arterias coronarias (arterias que irrigan el corazón); produce una parada temporal del corazón, y lo mantiene a su vez “vivo” para poder reactivarse al final de la cirugía.

El circuito de CEC se compone de diferentes cánulas y tubuladuras biocompatibles. Las cánulas son los “tubos” que se introducen directamente en los vasos y/o cavidades cardíacas; éstas se conectan a las tubuladuras que transportan la sangre hacia y desde la máquina de CEC.

Canulación venosa: recoge la sangre no oxigenada de las venas cavas (canulación bicava) o de la aurícula derecha (canulación cavoatrial). También se puede introducir vía vena femoral.

Canulación arterial: devuelve la sangre oxigenada a la aorta ascendente (más frecuente), arteria femoral, arteria axilar...

El acceso más frecuente de la cirugía cardíaca es la esternotomía media, aunque también existen otros accesos menos invasivos: miniesternotomía media, minitoracotomía derecha/izquierda.

La canulación (introducción de las cánulas en las respectivas estructuras) más utilizada es la “central” o canulación de grandes vasos (aorta y cavas/aurícula derecha). Previamente a la canulación, es imprescindible heparinizar al paciente, para evitar que la sangre se coagule en el circuito de CEC. Para poder canular se realiza una “bolsa de tabaco” en la estructura en cuestión: consiste en una sutura circular, en cuyo centro se introduce la cánula. Al ser circular, la sutura se puede “fruncir” para que quede ajustada a la cánula, evitando así su movilización durante la cirugía. Una vez finalizado el procedimiento y tras decanular (extraer las cánulas), esa sutura se anuda, cerrando el agujero creado.

Por tanto el proceso de CEC consiste en:

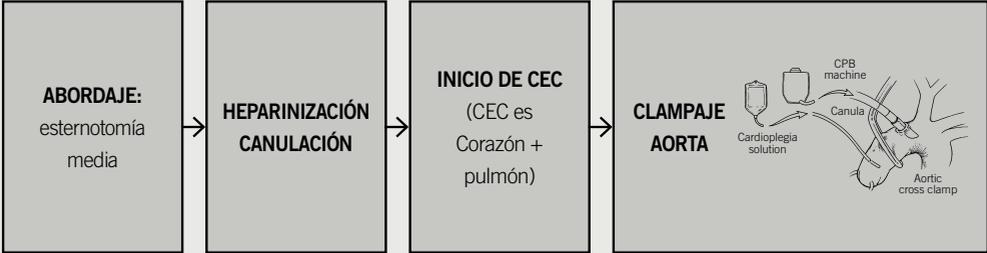
1. Vía abordaje (esternotomía media) y disección de los tejidos hasta llegar al corazón (pericardiotomía: apertura del pericardio).
2. Heparinización.
3. Canulación.
4. Instauración de CEC: cuando la máquina realiza por completo la

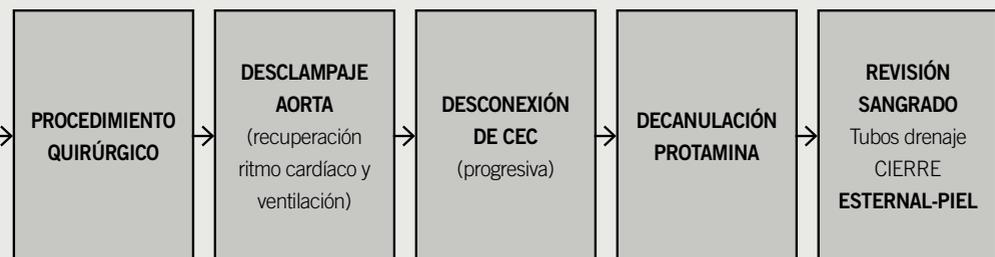
función del corazón, se puede dejar de ventilar al paciente con el respirador, porque la CEC ya realiza esa función del pulmón.

5. “Clampaje” o pinzamiento aórtico: se ocluye la aorta ascendente para desconectar el corazón de la perfusión que administra la CEC a través de la cánula arterial.
6. Tras “clampar”, se administra la cardioplejia, para detener el corazón en diástole.
7. Una vez el corazón parado, se pueden abrir las cavidades cardíacas (cirugía valvular) o se puede proceder a los by-passes coronarios. Dependiendo del tipo de solución cardiopléjica, el corazón necesita administraciones de mantenimiento de cardioplejia durante el procedimiento.
8. Finalizado el procedimiento quirúrgico, se “desclampa” la aorta, por lo que el corazón vuelve a recibir la sangre arterial de la CEC. Se inicia nuevamente la ventilación con el respirador.
9. Una vez que el corazón vuelve a latir adecuadamente (a veces precisa drogas vasoactivas y otras conectarlo temporalmente a un marcapasos externo), la ventilación, la temperatura y el medio interno (los iones) son correctos, se puede empezar a desconectar de CEC. Para ello se disminuye de manera progresiva el trabajo que proporciona la CEC, mientras que el corazón empieza a “ponerse en marcha”; cuando se considera que funciona bien por sí solo, se desconecta de CEC.
10. Se decanula (retiran las cánulas), se anudan las “bolsas de tabaco” o suturas circulares y se revierte el efecto de la heparina con su antídoto: la protamina.
11. Se revisa bien la hemostasia, es decir, que no sangre de las incisiones o zonas de canulación.
12. Se colocan los tubos de drenaje, se cierra el esternón, el subcutáneo y la piel.

— **Elena Roselló Díez.**

Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.





HISTORIA

CEC



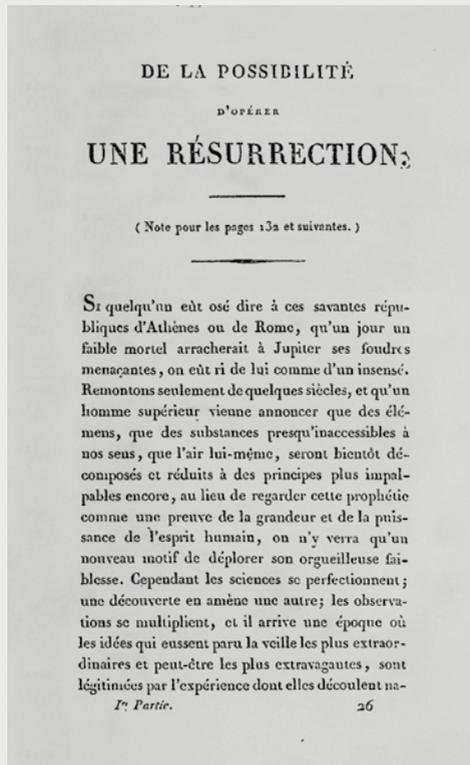
LA OXIGENACIÓN ARTIFICIAL DE LA SANGRE A LO LARGO DE LA HISTORIA

A lo largo de la historia, las técnicas de oxigenación a nivel extracorpóreo han experimentado grandes avances. En la actualidad, el by-pass cardio-pulmonar resulta ya un procedimiento sencillo y seguro que permite realizar cualquier intervención a corazón abierto.

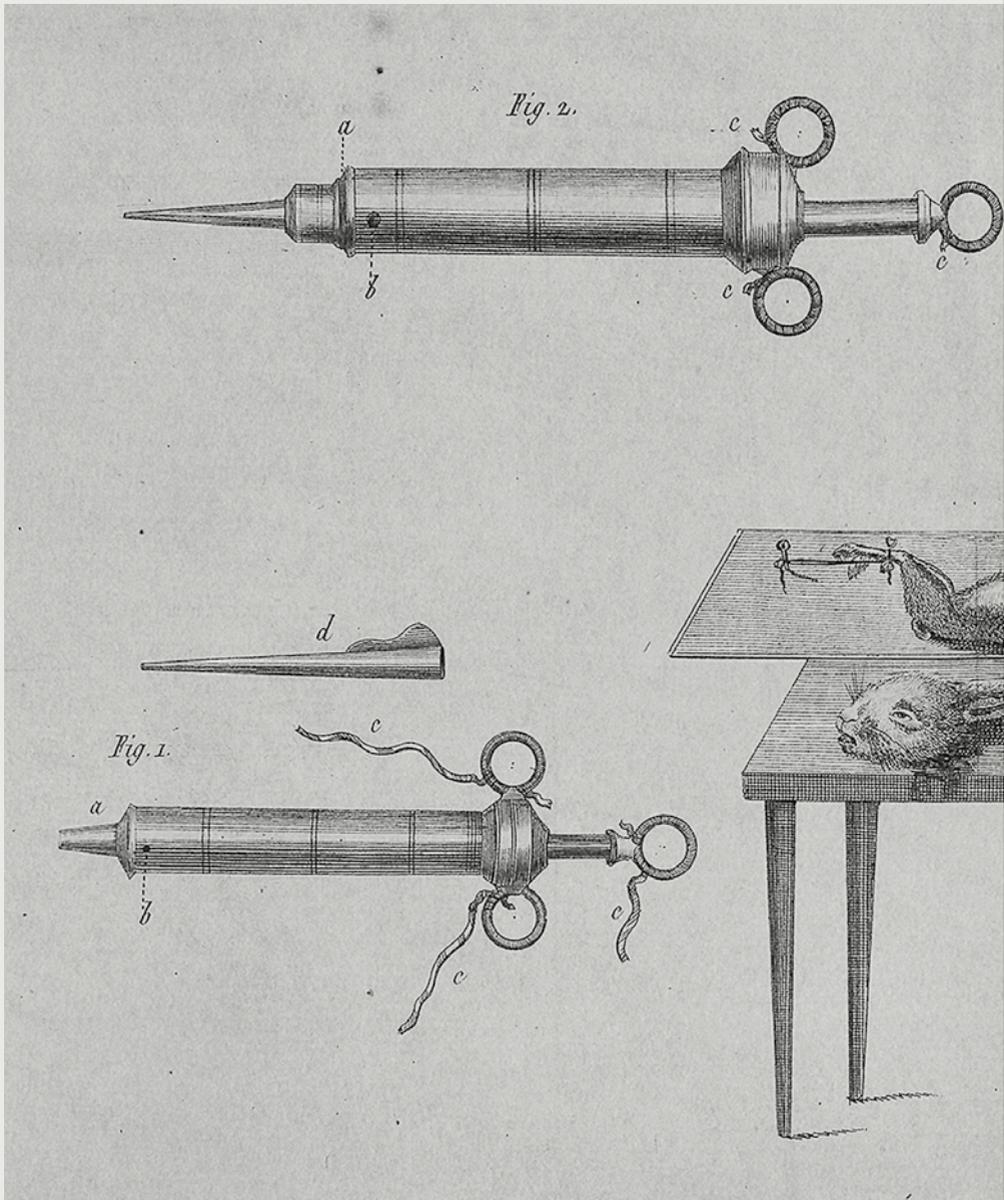
Numerosos son los descubrimientos desarrollados en el pasado, gracias a los cuales en la actualidad han permitido el desarrollo de estas técnicas en los múltiples campos; resultaría complicado recopilar todas las investigaciones y desarrollos emprendidos. No obstante, a continuación se resumen las aportaciones más destacables dentro del desarrollo de la oxigenación artificial de la sangre.

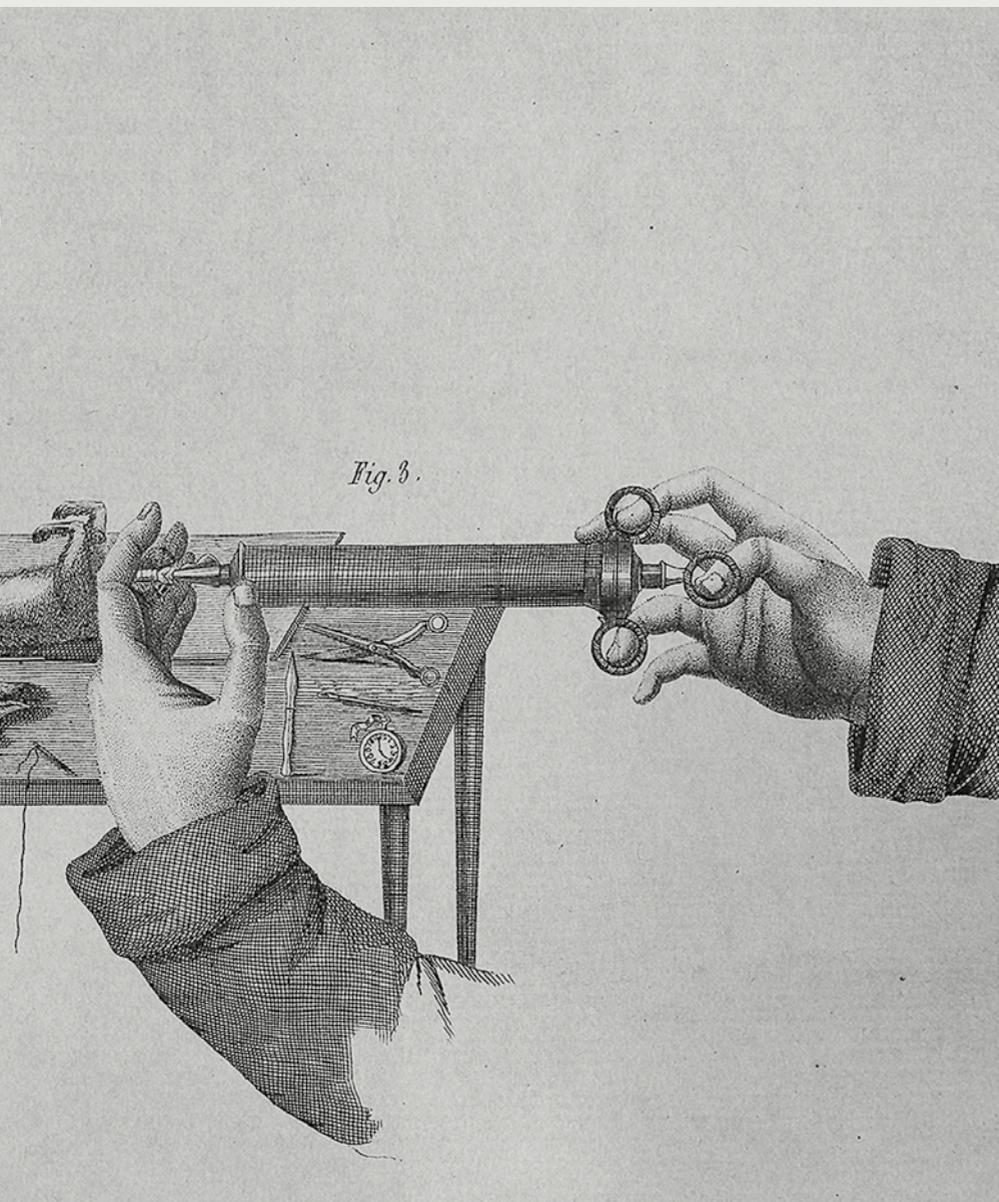
SITUACIÓN EXPERIMENTAL

En 1812 Cesar-Julian-Jean LeGallois aportó el primer concepto acerca de la circulación artificial de la sangre. La idea sugería que una parte del cuerpo podía ser mantenida a través de algún dispositivo de perfusión externa conectado a una bomba que reemplazara al corazón, con el objetivo de preservar el aporte sanguíneo al órgano aislado. El intento de sustitución, sin éxito, de la función de bombeo del corazón para así suministrar al cuerpo sangre arterial, le llevó a múltiples intentos de perfundir a conejos decapitados.



Cesar-Julian-Jean LeGallois (1830) Oeuvres by Julien Jean Cesar Legallois. Ed. Le Rouge (Paris)



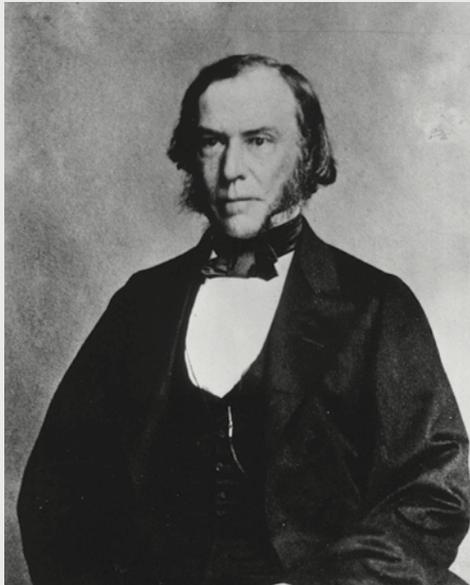


Cesar-Julian-Jean LeGallois (1812). Primera idea CEC.

Algunos años después, concretamente entre 1848 y 1858, Edouard Brown Sequard, centró el objetivo de su investigación en conseguir actividad nerviosa en cabezas de mamíferos aisladas del cuerpo a través de sangre “roja” (oxigenada), logrando la eliminación del rigor mortis en músculos de delincuentes guillotinado, tras realizarles perfusiones con su propia sangre. Gracias a estas investigaciones y los buenos resultados obtenidos, se hizo evidente el éxito del aporte de oxígeno como procedimiento adecuado para una correcta y satisfactoria perfusión.

Su técnica consistía en añadir oxígeno en la sangre venosa oscura mediante una jeringa, al mismo tiempo que se batía enérgicamente, resultando una técnica que además desfibrinaba la sangre.

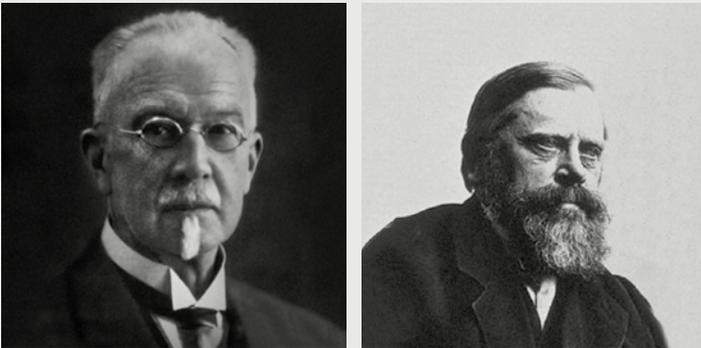
En 1882 Waldemar Von Schroeder construyó lo que se considera como el primer oxigenador de burbuja. Sus experimentos, así como otros realizados posteriormente, hicieron tambalear el procedimiento,



Edouard Brown

desestimando su valía, ya que por falta de agentes antiespumantes en la época, se generaba espuma de la embolia gaseosa arterial, ocasionada por la entrada de burbujas de gas en las arterias. No obstante, transcurridos dos años se desarrolló un dispositivo complejo para perfusión de órganos aislados, a través de la mejor técnica oxigenadora de sangre, denominada método de rodaje o filmación. Este procedimiento de perfusión oxigenada sin interrupción del flujo de sangre sería el antecedente de las máquinas de corazón-pulmón artificial actuales.

Este método, desarrollado por Max Von Frey y Max Von Gruber en Estrasburgo, basaba su teoría en una fina película de sangre expuesta a oxígeno que lograba un buen intercambio de gases. Ambos consiguieron su objetivo dispersando la sangre dentro de un cilindro giratorio inclinado con cierto ángulo lleno de oxígeno.



Dr. Max Von Frey y Dr. Max Von Gruber

Desafortunadamente, a pesar de ser un aparato complejo, solamente era capaz de perfundir con éxito órganos aislados debido a su escasa capacidad de oxigenación. No obstante, esto sentó las bases de la CEC actual aunque no como método apropiado para el ser humano.

En esta primera época, la anticoagulación se lograba mediante el empleo de sangre desfibrinada. Hasta el momento, las investigacio-

nes sólo buscaban la perfusión de órganos de forma aislada. Fue desde la definición de los grupos sanguíneos por Landsteiner en 1900, y el descubrimiento de la heparina por Mac Lean, Howell y Holt, que comenzó su uso como método clínico.

Muy conocido fue el experimental llevado a cabo por los rusos Sergei Bryukhonenko y S. Tchetchuline en 1929, ante una audiencia internacional de científicos en el Tercer Congreso de fisiólogos de la URSS, en el que amputaron la cabeza de un perro manteniéndola con “vida” durante más de 180 minutos. La máquina corazón-pulmón empleada fue bautizada con el nombre de “Autojektor” por el propio Sergei.



Dr. Mclean y Dr. William Henry Howell, descubridores de la heparina

No obstante, a pesar de mostrar el potencial de la máquina para su utilización en seres humanos, no sería aceptada en uso clínico al requerir del pulmón de un “donante” humano para el oxigenado de la sangre, siendo esta práctica considerada como no segura.

Los experimentos realizados por Sergei Bryukhonenko en la década de los años 30 fueron recreados en la película “Experiments in the Revival of Organisms” realizada en torno a 1940. En el audiovisual, puede apreciarse como se realizaron sencillas demostraciones donde se aprecia que la cabeza continúa con “vida” al responder a

estímulos tales como el golpeteo de un martillo en la mesa, la aproximación de un objeto a los ojos o la estimulación con ácido cítrico.

La carrera de Bryukhonenko causó cierta polémica en la época, pero sus avances científicos dentro de este campo, figuran como uno de los principales logros de la medicina del siglo XX. No obstante, por todos sus logros, le fue concedido el Premio Lenin a título póstumo.



Dr. Sergei Bryukhonenko



Dr. Bryukhonenko (1940) "Experiments in the revival of organisms"

Von Euler y Heymans llevaron a cabo en 1932 el desarrollo de otra técnica basada en el método de “burbujeo” denominada “pulverización”. Desafortunadamente no resultó un método apropiado puesto que dañaba la sangre.



Dr. Ulf Von Euler y Dr. Corneille Heymans

En 1935, Carrel y Charles Lindbergh presentaron un dispositivo de perfusión que permitía la completa supervivencia de órganos fuera del cuerpo.



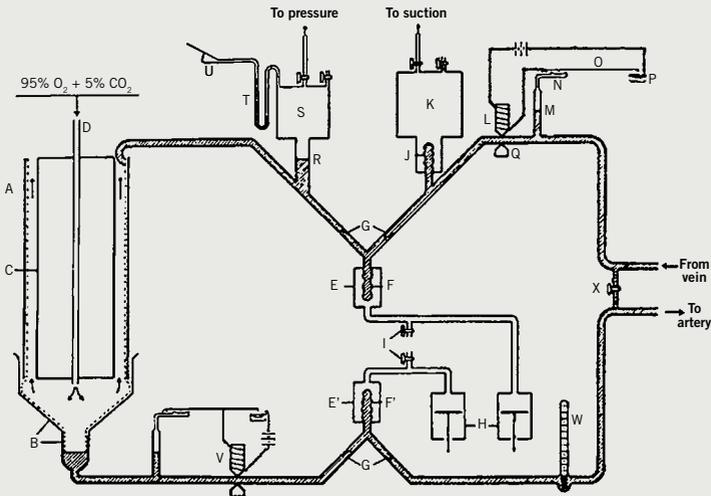
Dr. Carrel y Charles Lindbergh

ESTADO PRECLÍNICO

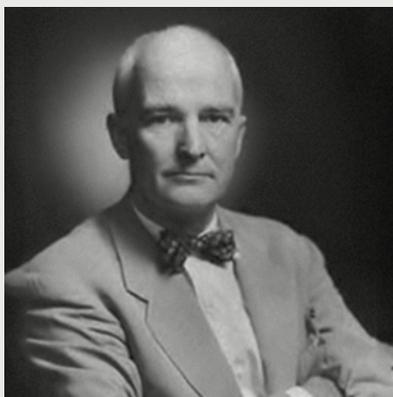
John Gibbon Jr. es considerado por muchos el padre de la CEC al realizar la primera cirugía a corazón abierto empleando una máquina corazón-pulmón diseñada por el mismo. Licenciado por la Universidad de Princeton y realizando su MD en Jefferson Medical College de Filadelfia en 1927, recibió diversos títulos honoríficos de universidades de Princeton, Buffalo, Pennsylvania y Dickinson College.

Tras dieciséis años de intenso trabajo, en 1937, junto a su esposa y asistente técnico Mary Hopkinson, dio un paso muy importante pasando del uso de un dispositivo que sólo permitía la perfusión aislada de un órgano, a un dispositivo que lograba la perfusión total del cuerpo.

La máquina corazón-pulmón lograba oxigenar la sangre a través de una película dispuesta sobre unos discos verticales que al rotar sobre un cilindro, se exponían al oxígeno atmosférico. La sangre era depositada en la parte baja del cilindro y enviada a través de una bomba de pistón que generaba flujo pulsátil, basando su modificación en el concepto original de Dale Schuster.



Circuito extracorpóreo de membrana de Gibbon



Dr. John Gibbon

Dennis junto a su equipo de colaboradores, llevaron a cabo en 1951 una intervención en la que realizaron el primer by-pass cardiopulmonar a una niña de seis años con un defecto de cojines endocárdicos. Se llevó a cabo mediante la utilización de un oxigenador de pantalla rotante que resultó ser una combinación del disco de Björk y la pantalla de Gibbon. Desafortunadamente la niña falleció por la complejidad del defecto.

ESTADO CLÍNICO

En 1953 Gibbon, gracias a la ayuda de las máquinas pulmón-corazón, logró realizar con éxito la corrección de un defecto interatrial a una joven de 18 años. Posteriormente, Craford y Senning extirparon un mixoma de la aurícula izquierda en una paciente de 47 años derivando el pulmón y el corazón con un oxigenador de cilindro rotante.

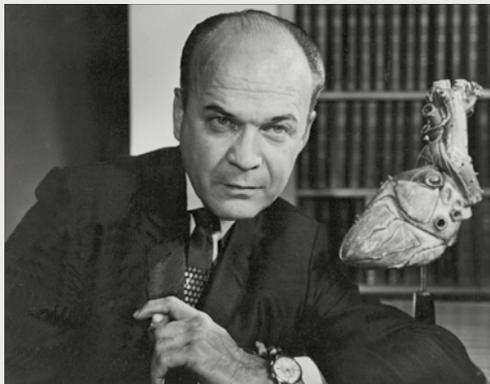
LA CIRCULACIÓN CRUZADA

En torno a 1954, la circulación cruzada irrumpió como método paralelo y alternativo a las investigaciones anteriores. La técnica de circu-

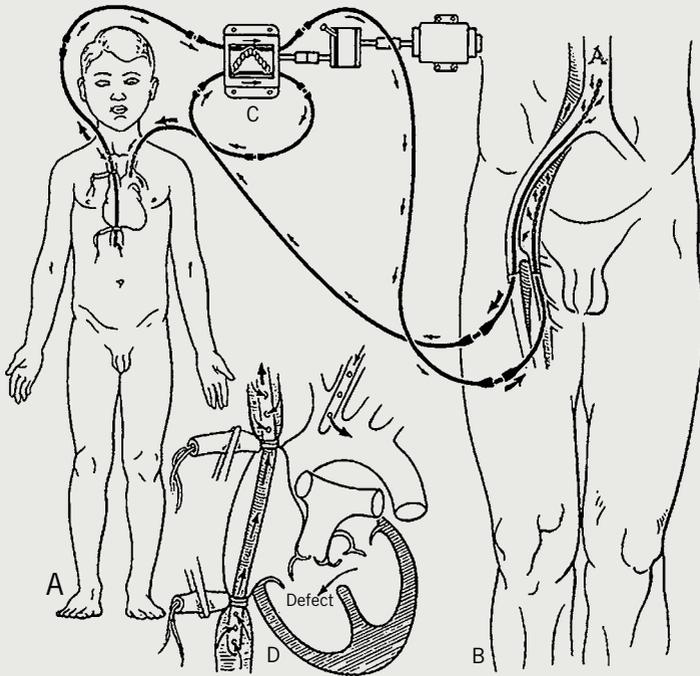
lación cruzada consistía en anestesiar a un donante que realizaría las funciones de oxigenador y bomba. La sangre era derivada de las venas cavas del paciente hasta la vena femoral del donante, y de ahí a la aurícula derecha y circulación pulmonar, donde era oxigenada, regresando al paciente a través de la arteria carótida.

El Dr. C. Walton Lillehei, el Dr. Herb Warden, el Dr. Morley Cohen y el Dr. Richard Varco, intervinieron mediante circulación cruzada a un paciente de 11 meses de edad conectado a su padre como donante. Los cirujanos de todo el mundo consideraron la operación todo un éxito, aunque el paciente murió posteriormente de neumonía.

Todo el concepto en torno a la circulación cruzada surgió en 1953 durante su época de residentes, ya que al recibir la noticia de que la esposa de Morley estaba embarazada de su primer hijo se desencadenó una teoría muy interesante. Herb, lo felicitó y exclamó: “¿No sería extraordinario si se pudiera conectar a un paciente que necesita una operación a corazón abierto en algo similar a una placenta?”. Una simple bomba de leche y una manguera de cerveza dieron inicio a la breve pero trascendental circulación cruzada. El verdadero éxito se produjo el 23 de abril de 1954 con la supervivencia a largo plazo de Pamela Smith, de cinco años de edad. Desde marzo de 1954 a julio de 1955, el equipo realizó 45 operaciones a corazón abierto con circulación de donantes.



Dr. Walton Lillehei



Cirugía intracardiaca-visión directa mediante circulación extracorpórea por medio de circulación cruzada controlada, descrita por Walton Lillehei en 1954



Dr. Christian Barnard y Dr. Christian Cabrol

EL OXIGENADOR DE BURBUJA DE LILLEHEI Y DEWALL

En 1955, Richard DeWall entró a trabajar como asistente en el laboratorio de Lillehei en la Universidad de Minnesota. DeWall, tras ser el encargado de gestionar la bomba, comenzó a interesarse por los problemas asociados a la oxigenación de la sangre. Con el paso del tiempo, Lillehei retó a DeWall a idear un sistema que eliminara las burbujas del procedimiento. Esto llevó a DeWall en 1955 a realizar el desarrollo de un novedoso oxigenador de burbuja. Sus dos aportaciones más destacables consistían en la incorporación de un tubo de polietileno (muy empleado en la industria láctea), junto a la solución antiespumante de silicio que recubría la tubería para evitar la formación de espuma en los líquidos transportados.

El oxigenador resultó ser todo un éxito; los animales (y posteriores pacientes) no mostraron embolia de gas residual, aunque más importante aún, fue el hecho de derivar en el desarrollo y posterior producción de un oxigenador envasado, estéril y desechable, además de económico y fiable. Pronto la industria médica comenzó a utilizar este tipo de componentes desechables en sus máquinas corazón-pulmón. Tan sólo dos años después de su introducción en el mercado, se habían llevado a cabo 350 operaciones a corazón abierto con este sistema en la Universidad de Minnesota.



El oxigenador de burbuja de la Universidad de Minnesota costaba \$ 15 y era fácil de utilizar. Richard DeWall se muestra aquí con su modelo de 1955.

Gracias a sus investigaciones y resultados positivos, hacia el verano de 1955 el oxigenador de burbuja era el método elegido por excelencia en este tipo de intervenciones. Ese mismo año les fue otorgado a los cuatro creadores de la Universidad de Minnesota el Premio Albert y Maria Lasker.

En 1956, Lillehei y Vincent Gott realizaron un rediseño del oxigenador en el que la hélice se aplanaba, encerrándola entre dos láminas de plástico termosellado. Este avance fue la clave para lograr una mayor accesibilidad al producto, consiguiendo una sencilla fabricación y distribución en paquete estéril junto a un precio tan reducido que lo convertía en material desechable.



En 1955, el Premio Albert y Maria Lasker fue otorgado a los cuatro cirujanos cardiovasculares de la Universidad de Minnesota.

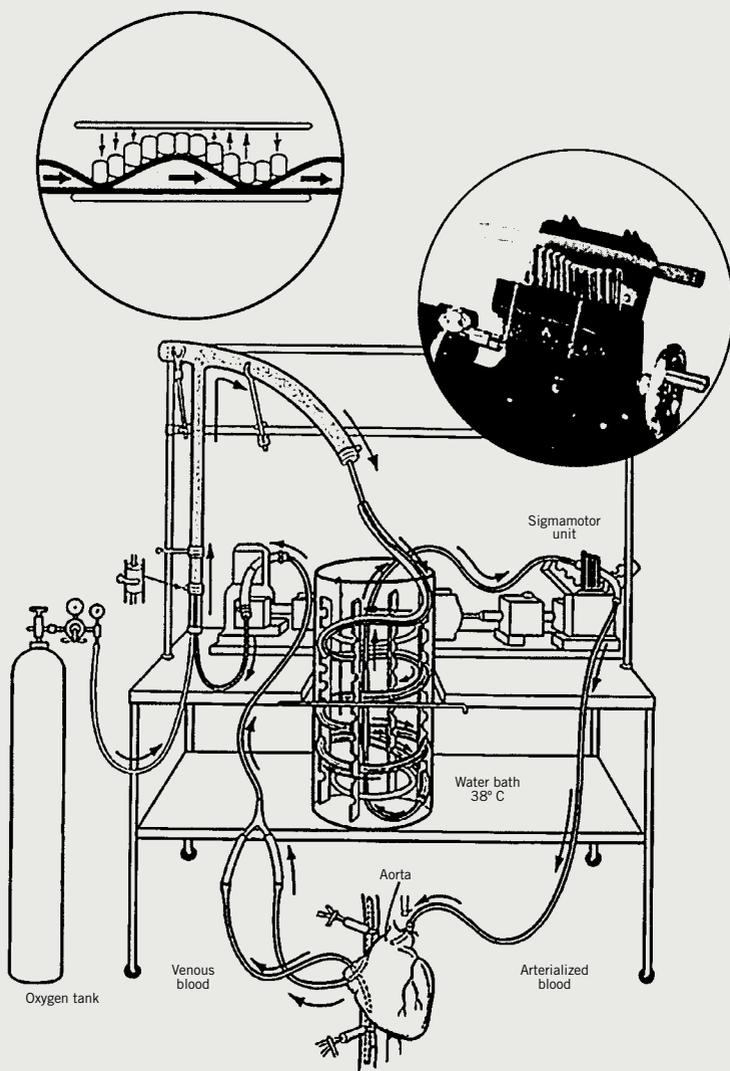


Diagrama de 1955 DeWall-Lillehei con depósito de hélice y oxigenador de burbuja desechable con capacidad para adultos. Destaca la columna de oxigenación en posición vertical con la mezcla de sangre venosa y burbujas de oxígeno formadas en la base. También destacar la cámara de eliminación de burbujas transversal, y la espiral (helicoidal) para eliminar las burbujas del depósito sumergido en un baño de agua. Los dos detalles muestran el patrón ondulatorio de 12 “dedos” de la bomba Sigmamotor metálicos, que permite acariciar la sangre a través del tubo de plástico sin contacto directo.

EVOLUCIÓN DEL OXIGENADOR DE LILLEHEI Y DEWALL



Oxigenador de burbujas de DeWall-Lillehei

El Dr. John Kirklin retomó el trabajo de John Gibbon perfeccionando su máquina corazón-pulmón, permitiendo llevar a cabo intervenciones cardíacas con un gran índice de éxito generalizando así, su utilización.

Fue galardonado con la Medalla Lister en 1972 por sus contribuciones a la ciencia quirúrgica.

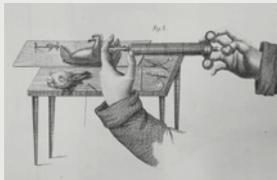
Kirklin fue quien propuso la técnica de cardioplejia, deteniendo el corazón con una inyección de potasio, y volviéndolo a activar con un choque eléctrico que provoca la reaparición de las contracciones, siendo hoy en día una de las técnicas utilizadas.

La detención del corazón ya no era sinónimo de muerte.

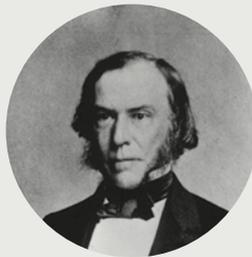


Dr. John Kirklin

HISTORIA CEC (CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA)



1812 Primera idea sobre circulación extracorpórea por LeGallois.



Dr. Brown Sequard

1848-1858 Brown-Sequard obtiene sangre «roja» mediante agitación de sangre «negra».

1812

1848
1858

1868

1876

1882

RECUERDO HISTÓRICO

1812 Primera idea sobre circulación extracorpórea por LeGallois.

1848-1858 Brown-Sequard obtiene sangre «roja» mediante agitación de sangre «negra».

1868 Ludwig y Schmidt oxigenan sangre desfibrinada agitando en un globo con gas.

1876 Bunge y Schmiedeberg describen la primera perfusión de un

riñón aislado con sangre oxigenada mediante agitación en gas en una cámara de vidrio.

1882 Von Schroeder oxigena sangre burbujando aire al interior del reservorio venoso del aparato de perfusión (primer oxigenador de burbuja).



Dr. Max Von Frey y Dr. Max Von Gruber

1884 Von Frey y Gruber construyen el primer oxigenador de película, perfusión oxigenada sin interrupción del flujo de sangre.



Dr. Landsteiner

1900 Landsteiner describe los grupos sanguíneos ABO.

1882

1884

1890

1895

1900

1884 Von Frey y Gruber construyen el primer oxigenador de película, perfusión oxigenada sin interrupción del flujo de sangre.

1890 Jacobi diseña un dispositivo de perfusión de órganos con un oxigenador de burbuja y con flujo pulsátil mediante una bomba de vejiga.

1895 Jacobi establece el método de intercambio de gas a través de un pulmón animal separado.

1900 Landsteiner describe los grupos sanguíneos ABO.

1903 Brodie desarrolla un oxigenador de burbuja con una bomba de pistones para la perfusión de órganos.

1915 Richards y Drinker describen un oxigenador de película con una pantalla de seda perforada.

Hooker introduce un oxigenador de película con un disco rotante.

1916-1918 McLean, Howell y



Dr. McLean y Dr. William Henry Howell
1916-1918 McLean, Howell y Holt descubren la heparina como anticoagulante.

1895

Holt descubren la heparina como anticoagulante.

1927 Forssman, primer desarrollo de la cateterización.

1928 Bayliss y asociados perfeccionan la «peliculización» de la sangre sobre disco rotante (primer oxigenador de disco rotante).

1929 Bryukhonenko describe variadas respuestas en cabezas de perro independientes del cuerpo y perfundidas con sangre oxigenada

1900

1903

con pulmones separados.

1934 DeBakey diseña una bomba de rodillos para la perfusión directa de sangre.

1935 Carrel y Lindberg construyen un dispositivo de perfusión que permite la completa supervivencia de órganos fuera del cuerpo.

1915

1916



Dr. Sergei Bryukhonenko

1929 Brukhonenko describe variadas respuestas en cabezas de perro independientes del cuerpo y perfundidas con sangre oxigenada con pulmones separados.



Dr. Charles Lindbergh And Carrel

1935 Carrel y Lindberg construyen un dispositivo de perfusión que permite la completa supervivencia de órganos fuera del cuerpo

1918

1927

1928

1929

1934

ESTADO PRECLÍNICO

1937 Gibbon aporta un perfeccionado sistema de *by-pass* cardiopulmonar usando un cilindro oxigenador vertical rotante.

1944 Kolff y Berk observan la oxigenación de la sangre a través de membranas de riñones artificiales.

1948 Björk aumenta el límite de parada circulatoria en perfusión en animales en experimental me-

dante la perfusión del cerebro con sangre oxigenada con oxigenador de disco rotante. Thomas introduce la silicona como agente desespumante de la sangre.

1949 Jongbloed oxigena sangre en espirales plásticas rotantes.

1950 Clark y asociados se muestran partidarios de la dispersión de oxígeno a través de un filtro de vidrio para transmitir pequeñas burbujas al interior de sangre

1934

venosa. Los componentes siliconados se emplean como agentes desespumantes.

1951 Dogliotti y Constantini efectúan la primera aplicación del sistema bomba-oxigenador en humanos, derivando el corazón derecho durante la eliminación de un tumor de mediastino. Denis y asociados realizan la primera derivación cardiopulmonar total, para la corrección total de un ostium

1935

1937

primum, en una niña de 6 años de edad. La paciente muere durante el procedimiento.

1948

1949



Dr. John Gibbon

1937 Gibbon aporta un perfeccionado sistema de *by-pass* cardiopulmonar usando un cilindro oxigenador vertical rotante.

1953 Gibbon obtiene buenos resultados en el primer *by-pass* cardiopulmonar para la corrección total de un gran defecto interauricular en una mujer de 18 años.

1949

1950

1951

1953

1954

ESTADO CLÍNICO (DE 1953 HASTA EL PRESENTE)

1953 Gibbon obtiene buenos resultados en el primer *by-pass* cardiopulmonar para la corrección total de un gran defecto interauricular en una mujer de 18 años.

1954 Coumand, Dickinson y Richards consiguen un diagnóstico fiable de lesiones cardíacas, congénitas

y adquiridas tras cateterización.

1954 Mustard y asociados trataron de usar pulmones de mono como oxigenadores en *by-pass* cardiopulmonar en humanos, sin éxito. Craford y Senning realizan el primer procedimiento quirúrgico a corazón abierto en Europa utilizando un oxigenador de cilindro rotante.

1955 Lillehei y asociados realizan con éxito, por primera vez, el cierre de defectos septales ventriculares



Dr. Walton Lillehei

1955 Lillehei y asociados realizan con éxito, por primera vez, el cierre de defectos septales ventriculares bajo circulación extracorpórea en ocho pacientes con dos muertes.



Dr. DeWall

1955 DeWall describe el reservorio helicoidal para oxigenador de burbuja, mejorando la cirugía a corazón abierto mediante la utilización de la derivación cardiopulmonar total utilizando la máquina pulmón-corazón. Kolff y Balzer oxigenan sangre a través de una membrana de polietileno.

1954

1955

1956

1962

1962

bajo circulación extracorpórea en ocho pacientes con dos muertes. DeWall describe el reservorio helicoidal para oxigenador de burbuja, mejorando la cirugía a corazón abierto mediante la utilización de la derivación cardiopulmonar total utilizando la máquina pulmón-corazón. Kolff y Balzer oxigenan sangre a través de una membrana de polietileno.

1956 Manabe realiza la primera operación a corazón abierto en

Japón utilizando un oxigenador de burbuja. Clowes, Hopkins y Neville idean un oxigenador de membrana de placa para uso clínico. Kolff y Effler desarrollan un oxigenador de membrana espiral para uso clínico. Kay y Cross perfeccionan el oxigenador de disco, pudiendo oxigenar hasta 4.000 centímetros cúbicos de sangre venosa siendo usado con éxito en cirugía a corazón abierto. Rygg y Kyvsgaard idean un saco



1963

1968

1969

1971

1983

oxigenador plástico desechable.

1962 Cooley y Beall comercializan un oxigenador de burbuja desechable.

1962-1963 Dobell y otros diseñan un oxigenador de membrana capilar de silicona en el que el flujo de sangre discurre por el exterior del capilar.

1968 De Filippi y otros promueven un oxigenador de membrana capilar de silicona con flujo de sangre por el interior del capilar.

1969 Lande-Edwards y GE-Pierce

comercializan un oxigenador de membrana de placas. Rush y otros, oxigenador de membrana capilar de silicona con flujo de sangre exterior al capilar.

1971 Kolobow diseña un oxigenador de goma de silicona reforzado con una malla de nylon.

1983 Una empresa japonesa y después una americana presentan el primer oxigenador comercial de fibra hueca.

DONACIÓN EN ASISTOLIA EN ESPAÑA



LA DONACIÓN EN ASISTOLIA EN ESPAÑA

Un aspecto controvertido es la donación a corazón parado. Cuando se testifica la muerte de un donante por ausencia de latido cardíaco, unos minutos después han de iniciarse maniobras de reanimación y asegurar la circulación y oxigenación del donante para que los órganos no mueran. Para todos los órganos excepto el corazón, esto se practica y no hay problema ético. Sin embargo, el uso del corazón para trasplante procedente de un donante a corazón parado ha generado conflictos éticos, aunque actualmente es aceptado.

Tengamos en cuenta que se da por fallecida a una persona cuando el corazón deja de funcionar, pero inmediatamente después se reanima y preserva al donante para poder extraer el corazón.

Los donantes en asistolia han sido considerados tradicionalmente como donantes marginales, debido fundamentalmente a una alta incidencia de función retardada del injerto o incluso de fallo primario del injerto y a una baja supervivencia del injerto cuando éstas se comparan con los órganos procedentes de donantes en muerte encefálica. La falta de irrigación sanguínea de los órganos durante la parada cardiorespiratoria (PCR) (isquemia caliente), la preservación en frío de los órganos (isquemia fría) y la consiguiente reoxigenación de los mismos tras el trasplante (reperusión) son considerados los principales factores responsables de los malos resultados obtenidos inicialmente con estos trasplantes.

Esta problemática ha cambiado en los últimos años gracias al mejor conocimiento de los mecanismos implicados en la lesión por isque-

mia-reperusión, de manera que se han podido incluir en los protocolos actuales estrategias protectoras frente a los “insultos” que se producen inevitablemente en estos órganos.

Uno de los principales objetivos tras identificar un potencial donante en asistolia es intentar reducir al máximo el tiempo de isquemia caliente e iniciar lo antes posible las medidas de preservación de los órganos.

El equipo encargado del procedimiento de preservación y extracción sólo iniciará sus actuaciones cuando el equipo médico responsable del proceso de reanimación cardiopulmonar (RCP) haya dejado constancia escrita de la muerte, especificando la hora del fallecimiento. Es en este momento cuando pueden reanudarse las maniobras de mantenimiento del flujo sanguíneo a los órganos. Al inicio, se reanudan las compresiones torácicas y la ventilación con dispositivos mecánicos, y posteriormente se inician las técnicas de preservación de los órganos. Tras la obtención de muestras biológicas, se procede a la heparinización del potencial donante (3 mg/Kg o 500 UI/Kg).

Para llevar a cabo las técnicas de preservación de los órganos del potencial donante en asistolia, en casos de muerte accidental o en los que media una investigación judicial, debe solicitarse autorización al Juzgado de Instrucción de guardia para poder iniciarlas, habitualmente vía fax o telefónica. Tras la respuesta positiva del juzgado, o bien transcurridos quince minutos sin respuesta negativa del mismo, se pueden iniciar las técnicas de preservación de los órganos, previa extracción de las muestras de líquidos biológicos (sangre, orina y jugo gástrico) y cualquier otra muestra que se estime oportuna en un futuro por parte del médico forense o el juez. En los casos no judiciales no es necesario realizar dicho trámite y se puede llevar a cabo la preservación directamente después de la determinación del fallecimiento.

El desarrollo de la Medicina en general, y de la Medicina Intensiva en particular, está haciendo que cada vez más pacientes puedan beneficiarse de tratamientos y procedimientos agresivos, y de ser ingresados en las Unidades de Críticos. La creciente gravedad y complejidad de estos pacientes hace que la mortalidad en estas unidades

sea muy elevada. Los pacientes más graves están sometidos a medidas de soporte vital, que sustituyen o apoyan la función de distintos órganos y sistemas: respiratorio, renal y hemodinámico. Cuando el estado de estos pacientes se deteriora hasta un punto de irreversibilidad o irrecuperabilidad, se procede de manera consensuada entre los profesionales y los familiares a retirar medidas desproporcionadas. En la actualidad, la gran mayoría de los pacientes que fallecen en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) lo hacen después de alguna forma de limitación del tratamiento de soporte vital (LTSV), que en muchos casos consiste en la extubación. Como consecuencia de todo ello, los “cuidados al final de la vida en la UCI” han emergido como una disciplina más dentro de la práctica de la Medicina Intensiva¹.

La consideración de la donación de órganos y tejidos tras el fallecimiento, debería formar parte integral de los cuidados al final de la vida en la UCI. La donación de órganos tras la muerte en parada cardiorrespiratoria (PCR) tiene la enorme limitación de la isquemia caliente, que puede dañar los órganos hasta hacerlos inviables para trasplante. Pero en los pacientes en los que se ha decidido la retirada del soporte respiratorio y circulatorio, el fallecimiento suele ocurrir de forma inminente, en un margen temporal suficientemente corto, con un tiempo mínimo de isquemia caliente. Esto los diferencia de los donantes en asistolia no controlada, en los que la PCR se produce de manera imprevista y sin un conocimiento exacto de los tiempos de isquemia en algunos casos. Esta forma “controlada” de donación en asistolia (DA) (donación tipo III de Maastricht) es habitual en algunos países de Europa y en EEUU².

La mejor manera de superar las dificultades técnicas y éticas que entraña el desarrollo de programas de DA controlada será el conseguir un con-

1 Cohen SL, Sjøkvist P, Baras M, Bulow HH, Hovilehto S, Ledoux D, Lippert A, Maia P, Phelan D, Schobersberger W, Wennberg E, Woodcock T; Ethicus Study Group. End-of-life practices in European intensive care units: the Ethicus Study. *JAMA* 2003; 290(6): 790-797.

2 Moers C, Leuvenink H.G.D, Ploeg R.J.L. Donation after cardiac death: evaluation of revisiting an important donor source. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 666-673.

senso, fruto del trabajo en equipo de los diferentes profesionales implicados en el proceso. Una vez superados estos problemas, los profesionales debemos comprometernos a unificar pautas de actuación, tanto en el manejo de los cuidados al final de la vida del paciente crítico, como en el proceso de la preservación y extracción de órganos. El éxito de una DA tipo III empieza cuando termina un adecuado manejo de dicha limitación.

Los primeros trasplantes referidos en la literatura serían clasificados actualmente como donantes tipo III de Maastricht, ya que procedían de personas fallecidas en PCR de forma esperada³. La Universidad de Pittsburgh fue el primer centro que formuló un protocolo para la extracción de los órganos de pacientes a quienes se habían suspendido las terapias desproporcionadas de sostenimiento de la vida. El protocolo se aprobó en 1992, haciendo referencia a pacientes que se encuentran en UCI, a los que se les puede programar la desconexión del ventilador y pretende respetar los derechos de los pacientes y de sus familias a la suspensión de los medios de sostenimiento desproporcionados y a la donación de los órganos, si desean hacerlo^{4,5}.

En 1995 tuvo lugar en Maastricht el Primer Taller Internacional sobre Donación en Asistolia en el que, entre otros puntos, se definieron las cuatro categorías de donante a corazón parado y se sugirieron las condiciones que los diferentes procedimientos técnicos de perfusión/extracción de órganos de donantes en PCR deberían tener. De acuerdo con esta clasificación, los donantes tipo III se consideran donantes en asistolia controlados porque su muerte se produce bajo una vigilancia intensiva o incluso se puede prever o intuir el momento en que se va a producir la PCR⁶.

3 Linden P. History of Solid Organ Transplantation and Organ Donation. *Crit Care Clin* 2009; 25 (1): 165-184.

4 Spielman B., Mc Carthy C.S. Beyond Pittsburgh: protocols for controlled non-heart-beating cadaver organ recovery. *Kennedy Inst Ethics J.* 1995; 5(4): 323-333.

5 Younger S.J, Arnold RM. Ethical, psychosocial and public policy implications of procuring organs from non-heart-beating cadaver donors. *JAMA* 1993; 269: 2769-2774.

6 Koostra G. Statements on non-heart-beating-donor programs. *Transplant Proc* 1995; 27: 2965.

En 1997, el Institute of Medicine en EEUU, en respuesta a la polémica que suscitó este tipo de protocolos, se encargó de consultar a especialistas sobre diferentes aspectos de la DA, esperando de esta manera mantener la eficacia de los programas de obtención y trasplante de órganos y garantizar al mismo tiempo la confianza del público en la donación. Después de analizar los protocolos de DA de 34 organizaciones de EEUU, señaló los principios que deben guiarlos⁷.

En la última década, se han desarrollado programas de donantes a corazón parado en diferentes países, la mayoría de ellos centrados en la DA controlada o donantes tipo III^{8,9,10,11,12,13}.

Desde la redacción del Documento de Consenso Español sobre extracción de Órganos de Donantes en Asistolia en el año 1995¹⁴ y la reforma legal plasmada en el Real Decreto 2070/1999¹⁵, se hizo posible que determinados centros hospitalarios desarrollaran programas de DA tipo II y que éstos fueran un éxito.

La obtención de órganos procedentes de donantes del grupo III de Maastricht quedó excluida en este Documento de Consenso, a la espera de otro tipo de resoluciones. En el transcurso de estos años, la evolución de la Medicina Intensiva ha hecho que la LTSV (limita-

7 Institute of Medicine "Non-Heart-Beating organ transplantation: Medical and ethics issues in procurement". Washinton DC. National Academy Press 1997.

8 Bernat JL, D'Alessandro AM, Port FK, et al. Report of a National Conference on Donation after cardiac death. *Am J Transplant* 2006; 6: 281-291.

9 Reich DJ, Mulligan DC, Abt PL, et al. ASTS recommended practice guidelines for controlled donation after cardiac death organ procurement and transplantation. *Am J Transplant* 2009; 9: 2004-2011.

10 Dutch Protocol for Non-Heart-Beating-Organ Donation. <http://www.transplantatiestichting.nl/cms/mediaobject.php?file=protocolnhb.pdf>. (9 September 2009).

11 Guidelines relating to solid organ transplants from non-heart beating donors. British Transplantation Society.<http://www.bts>.

12 National Protocol for Donation after Cardiac Death. Australian Organ and Tissue Donation and Transplantation Authority. enquiries@donatelifelife.gov.au.

13 Shemie SD, Baker AJ, Knoll G, et al. National Recommendations for Donation after cardiocirculatory death in Canada: Donation after cardiocirculatory death in Canada. *CMAJ* 2006; 175: S1.

14 Matesanz R. Documento de consenso español sobre extracción de órganos de donantes en asistolia. *Nefrología* 1996; 19 (Suppl 2): 48-53.

15 Real Decreto 2070/1999 del 30 de diciembre por el que se regula las actividades de obtención y utilización clínica de órganos humanos.

ciones del tratamiento de soporte vital) sea una práctica habitual en las unidades de críticos y que se inscriba dentro de los cuidados al final de la vida.

La aparición de algunos proyectos aislados de donantes tipo III hace necesaria la elaboración de recomendaciones nacionales elaboradas por un equipo multidisciplinar donde todos los profesionales implicados en el proceso (médicos, enfermeros, coordinadores, bioeticistas y jueces) jueguen un papel fundamental. Las cuestiones éticas y logísticas exigen la definición de un marco ético-legal consensuado y por el que nos sintamos respaldados.

Fragmento extraído de *Donación en asistolia en España: situación actual y recomendaciones. Documento de consenso nacional 2012.*

EXPERIMENTS IN THE REVIVAL OF ORGANISMS



VIDEO 4:3 MONOCANAL 19:32" (1940)

EXPERIMENTS IN THE REVIVAL OF ORGANISMS

Audiovisual de archivo de 1940 presentado y narrado por el científico británico John Burdon Sanderson Haldane y dirigido por D.I. Yashin. Documenta la investigación soviética acerca de la reanimación de organismos clínicamente muertos, a través de la circulación extracorpórea. Este filme forma parte de los Archivos Prelinger y es de dominio público.

Los experimentos mostrados en el documental fueron realizados en 1929, en el Instituto de Fisiología Experimental y Terapia de la Unión Soviética. El estudio fue supervisado por el Doctor en Medicina Sergei Bryukhonenko.

La película muestra y describe, una serie de experimentos médicos que van desde la reanimación de órganos separados hasta la reanimación de un organismo completo.

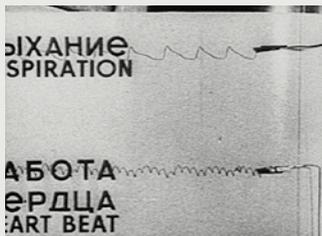
En primer lugar, un corazón canino, como todos los órganos mostrados en esta película, se presenta latiendo a pesar de estar separado del cuerpo del animal. A continuación también se muestra un pulmón, operado por un mecanismo de fuelle. Tras la escena de pulmón, se detalla el funcionamiento de una máquina primitiva corazón-pulmón denominada "Autojektor", compuesta por un par de bombas de diafragma lineales y lo que parece ser una cámara de burbujas de oxígeno. Vemos entonces que es el suministro de una cabeza canina. En las imágenes, la cabeza responde a estímulos externos. La película no muestra las conexiones venosas y arteriales en la cabeza.

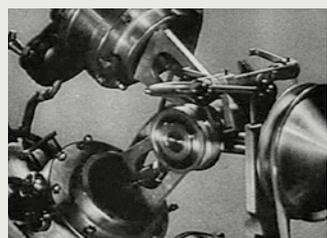
Por último, un perro es llevado a la muerte clínicamente, mediante el drenaje de toda su sangre. La ausencia de vida se prolonga durante diez minutos, y a continuación se le conecta a la máquina corazón-pulmón. Después de varios minutos, su corazón se reinicia a un ritmo normal y su respiración se reanuda progresivamente; tras establecer ambas constantes, se elimina la máquina. A continuación se muestra al perro en vida, ya recuperado, transcurridos poco días desde el experimento.

Finalmente comunican que el experimento fue repetido de forma exitosa en otros perros, no siendo dañados por el procedimiento.

Bryukhonenko desarrolló una nueva versión del Autojektor, para uso en seres humano, en el mismo año; que se puede ver hoy expuesta en el Museo-Centro Científico de Cirugía Cardiovascular Bakulev en Rusia.

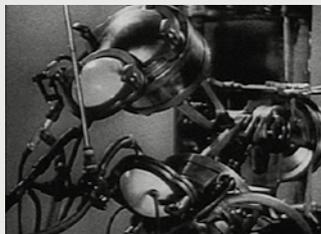
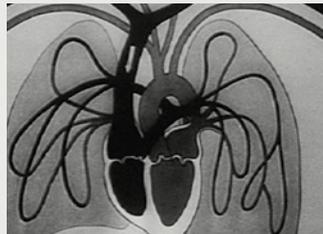
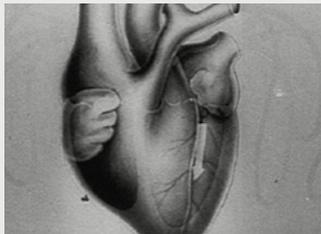
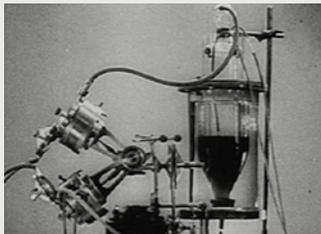
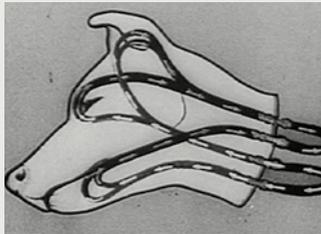
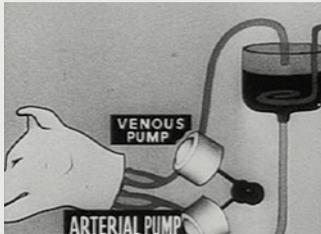
A Bryukhonenko se le concedió el prestigioso Premio Lenin a título póstumo gracias a estas investigaciones.

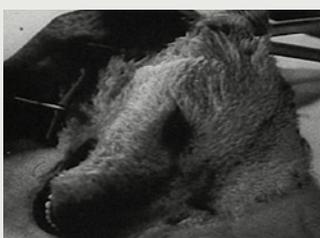
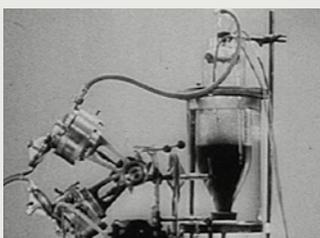
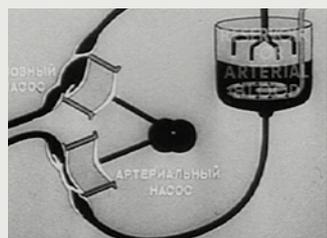
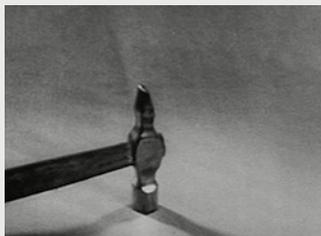




SOVIET FILM
AGENCY
presents

**EXPERIMENTS
IN THE
REVIVAL OF
ORGANISMS**







CONVERSOR HIDRÁULICO DE ENERGÍA BIOLÓGICA DE OPN



INSTALACIÓN / ESCENOGRAFÍA. MÁQUINA SIMULADOR

EL CONVERTOR HIDRÁULICO DE ENERGÍA BIOLÓGICA DE OPN

Partiendo del objetivo del proyecto, que consiste en la generación de energía a través del palpito de un corazón para así concederle la autonomía a una máquina, el simulador llevado a cabo recrea una forma de aprovechamiento de la energía generada por un corazón humano o de capacidad similar.

El generador biológico consta de tres partes diferenciadas:

SIMULADOR DE LATIDO Y CORAZÓN ARTIFICIAL: Se trata de un sistema artificial que recrea el pulso, presión y caudal desalojado por un corazón humano medio. Consta de bombas de presión, electroválvulas, sistemas de control, conductos y conexiones, además de un corazón realizado en impresión 3D mediante elastómeros termoplásticos (TPE) con base de poliuretano, que poseen una elasticidad de un 700% de estiramiento hasta su rotura y una dureza Shore: (A) 82, que permite simular su funcionamiento.

CONVERTOR DE ENERGÍA: La conversión de la energía hidráulica en movimiento mecánico se realiza mediante el empleo de inyectores y turbinas Pelton, que generan una continuidad en el mismo.

La turbina Pelton fue seleccionada por ser la turbina hidráulica más eficiente. Es una turbomáquina motora, de flujo radial, admisión parcial y de acción. Su diseño consta de una rueda o rotor dotada de cucharas en su periferia, especialmente destinadas a convertir la energía del chorro de agua que incide sobre ellas.

El convertor consta de tres turbinas Pelton realizadas en impresión 3D, mediante ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), un termoplástico muy re-

sistente al impacto, dada su dureza, flexibilidad, mecanizado y resistencia a altas temperaturas, por lo que lo convierten en un excelente material para trabajos en los que se requieran propiedades mecánicas destacables.

PRAXINOSCOPIO: Es la máquina seleccionada para ser alimentada por la energía del corazón. Por su construcción, hace las veces de volante de inercia, necesario para poder acumular y ceder la energía recibida a pulsos del corazón.

El praxinoscopio está basado en el modelo original del científico francés Émile Reynaud desarrollado en 1877. La proyección resultante consta de doce frames mediante la técnica “cells” o transparencias. Estos doce fotogramas conforman una animación donde se puede apreciar a un robot jugar con un corazón de manera frívola y jocosa, a la vez que apática. Se trata de “Maria” Robot la protagonista del filme *Metrópolis* de 1927 del director Fritz Lang y guión de la escritora Thea von Harbou. Esta producción de ciencia ficción y trama distópica urbana futurista, es considerada una de las grandes películas del cine expresionista alemán y de la historia del cine mundial. Fue la primera producción cinematográfica considerada Memoria del Mundo por la Unesco.

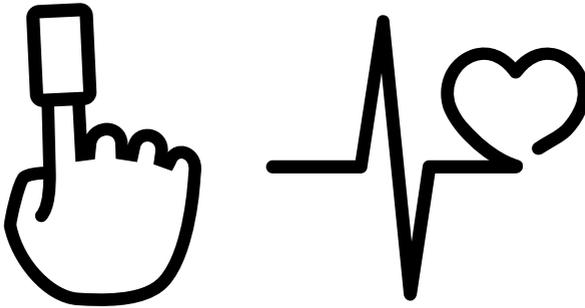
El praxinoscopio se ha seleccionado como máquina “fetiche”, dentro de este proyecto al tratarse de un ingenio que precede y origina el nacimiento del Séptimo Arte. A su vez, también destacar que el cine se desarrolló desde el punto de vista científico, antes que sus posibilidades artísticas o comerciales fueran conocidas y exploradas. Por lo tanto, se plantea dentro de este proyecto como una figura que aúna una investigación dual, con carácter científico-artístico, ya que como broche final plasma a la perfección la esencia de este proyecto.

Por otra parte, esta máquina no podría estar completa sin su correspondiente ilusión óptica. Animación compuesta por el reflejo de un relato de ciencia-ficción, a través de su icono “Maria”. Metáfora de tendencias socio-ciencia-tecnológicas de la época y sus conflictos morales, ideológicos y éticos, como “mundo dual”, bajo el leitmotiv “El corazón debe mediar entre las manos y el cerebro”.

FUNCIONAMIENTO

El corazón está gobernado por un sistema autónomo que mantiene un pulso de 60 latidos por minuto, desalojando en cada latido 60 ml de sangre o H₂O en este caso, a una presión de 6 a 7 mmHG. Debemos tener en cuenta, que la presión aprovechable en el organismo es la diferencia entre alta y baja, al ser este resultado la diferencia de presión.

A su vez, dispone de un pulsómetro que captura nuestro pulso para transmitir y recrear nuestros latidos, pudiendo observar la energía que generaríamos con nuestro corazón. Esto provocará, que dependiendo de nuestro estado, el praxinoscopio reciba mayor o menor cantidad de energía, aumentando o disminuyendo su velocidad, adaptando en este caso su movimiento y animación a nuestro propio ritmo vital.



Las turbinas Pelton recogen el movimiento hidráulico que transmite el latido del corazón en su contracción, convirtiéndolo en movimiento rotativo mediante el empleo de inyectores cuyos chorros de agua inciden directamente sobre sus cucharas. Previa desmultiplicación para poder adaptar la velocidad, el praxinoscopio recibe el movimiento del eje de las turbinas para su funcionamiento.

La proyección de la animación se realiza mediante un sencillo sistema de transparencias y luz que incide sobre ellas. Un foco con una lente incorporada ilumina de manera focal la transparencia correspondiente, cuya imagen es reflejada en un espejo colocado con cierto ángulo de inclinación para salvar la imagen y ser recogido por una lente encargada de enfocar la imagen para su proyección. Finalmente, el resultado de la animación es proyectado en la sala.

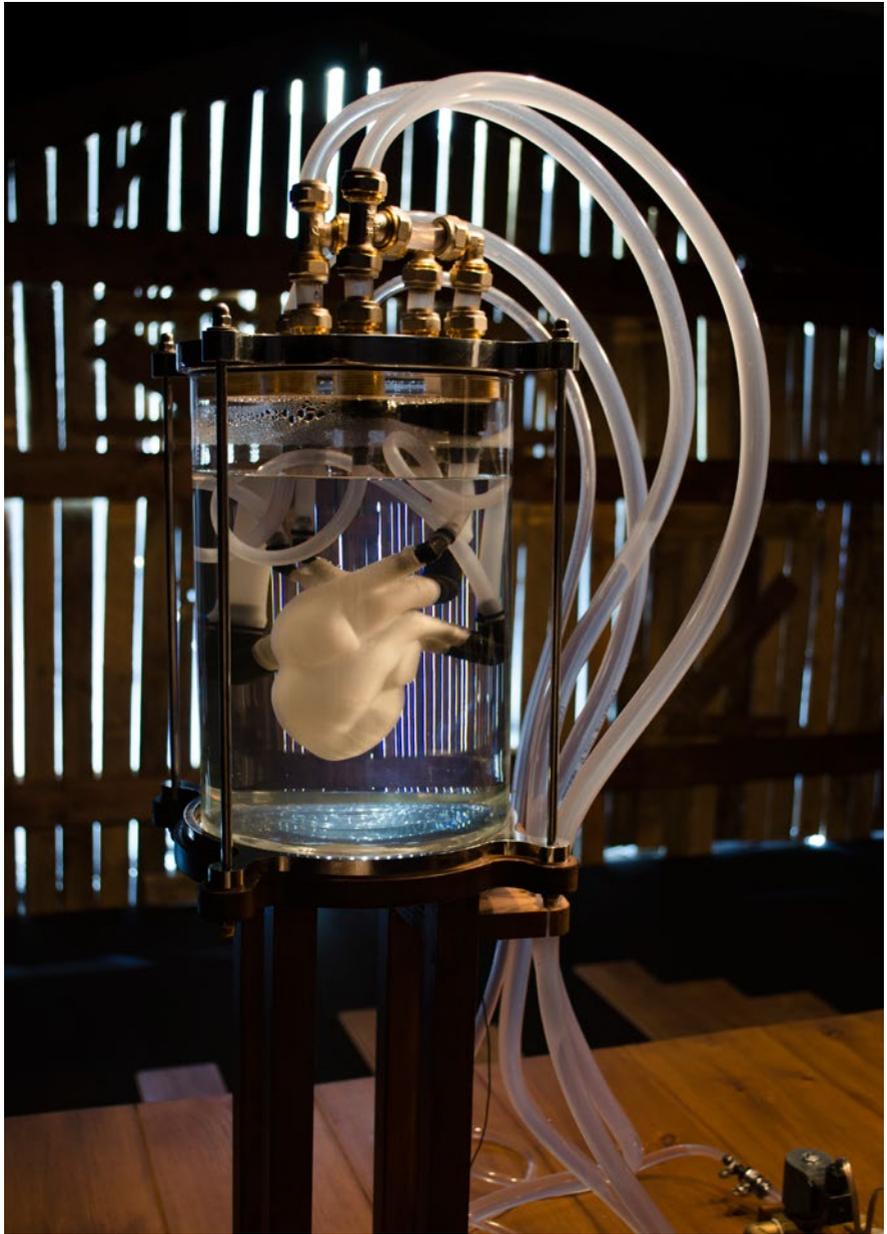
El movimiento rotativo del praxinoscopio permite la sucesión y cambio de diapositiva, logrando así el efecto óptico de movimiento de los diferentes fotogramas.

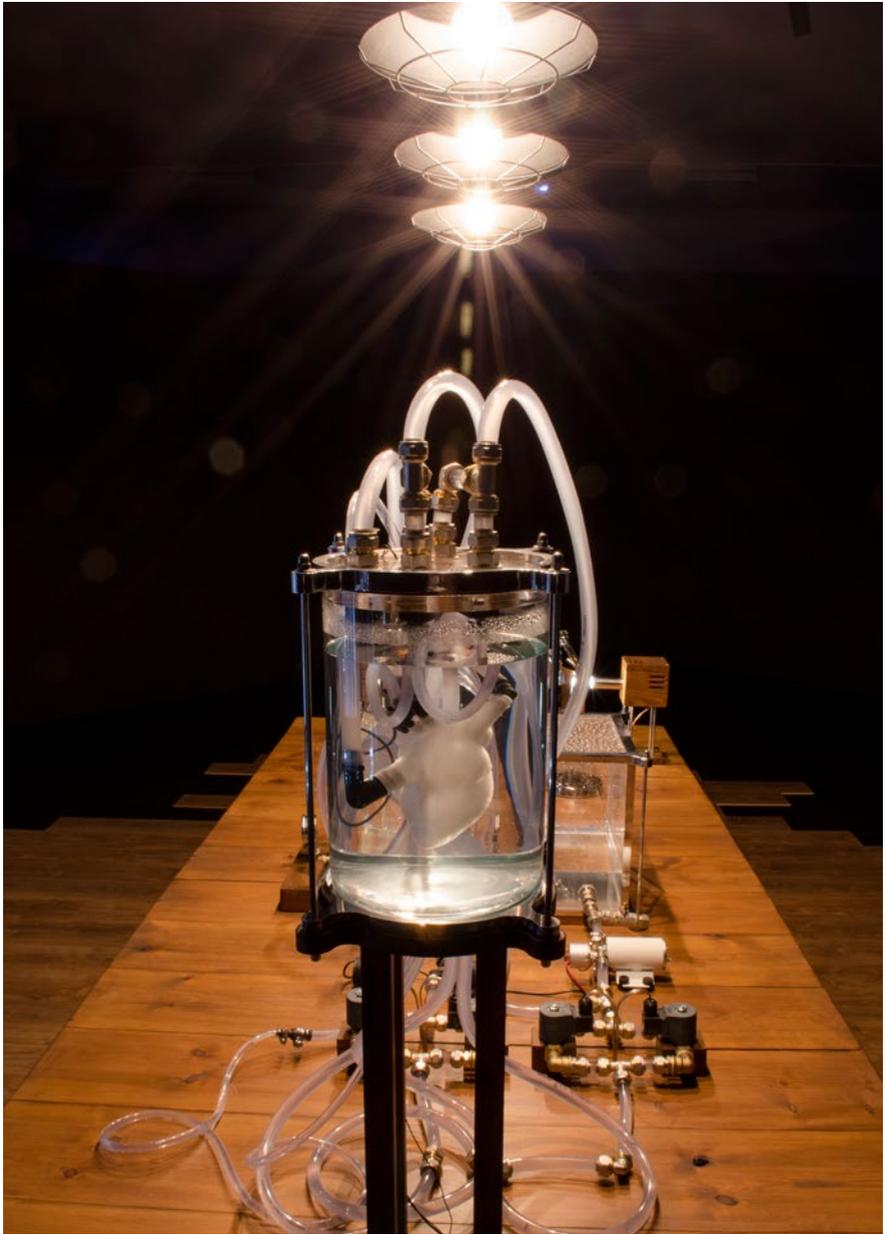






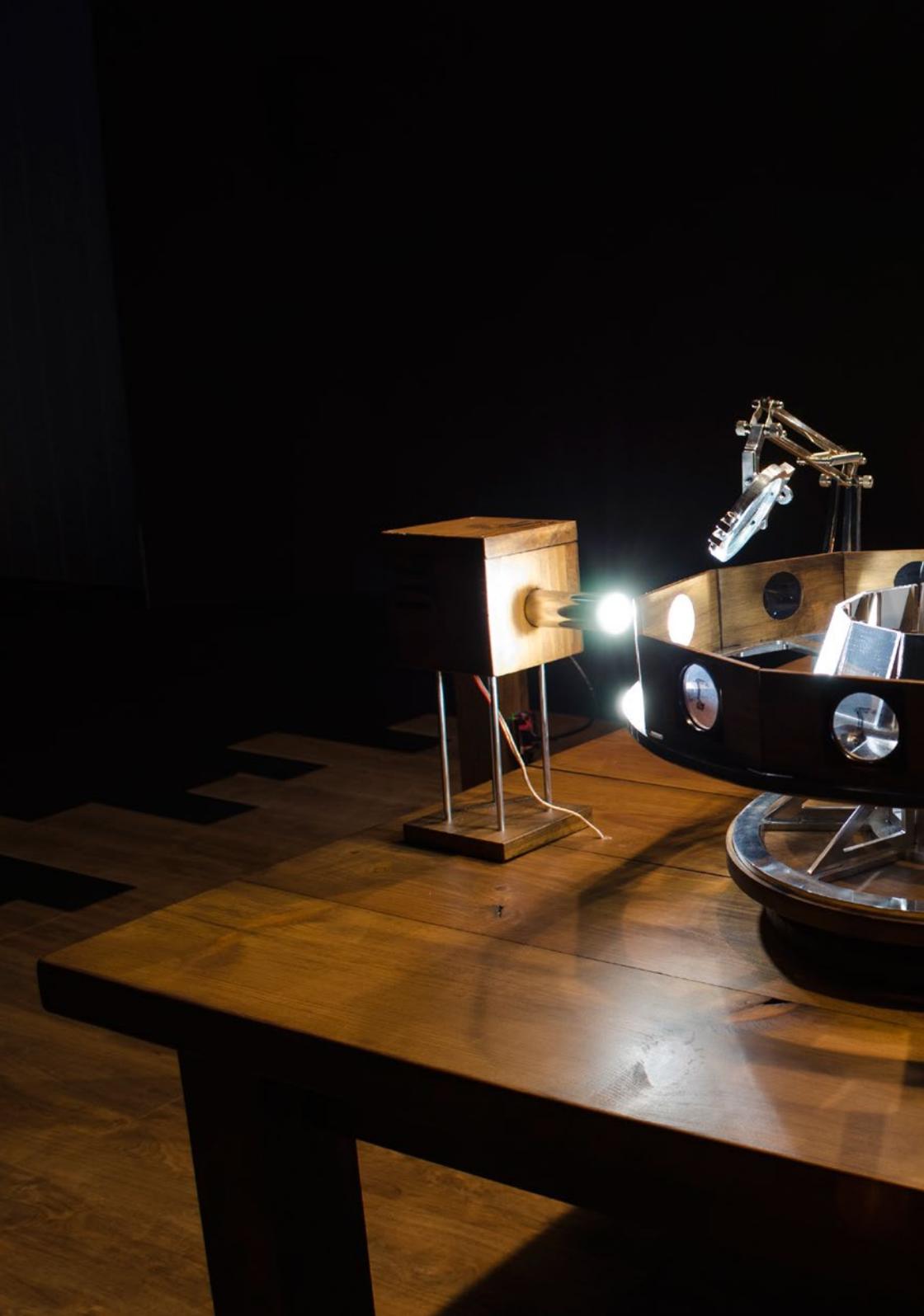




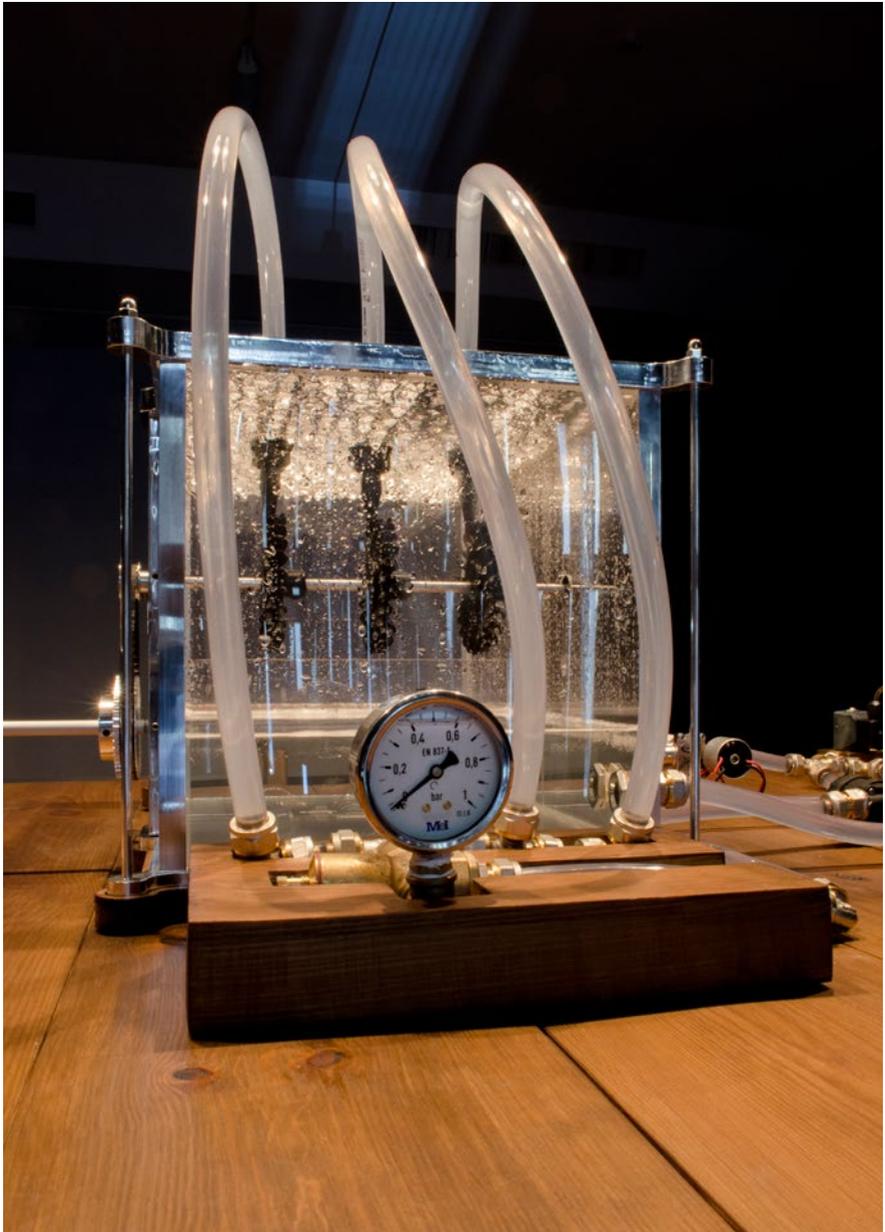


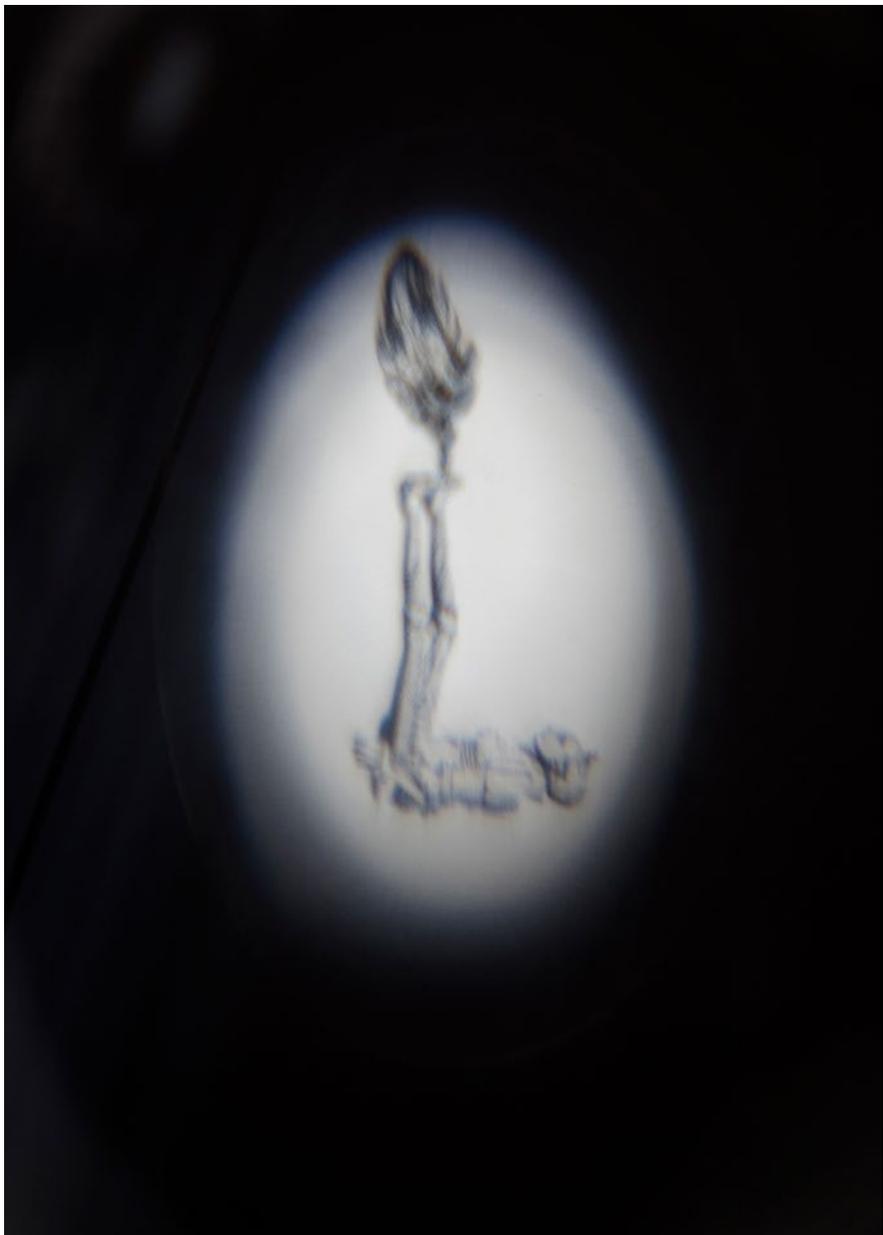












**INTERVENCIÓN
EXPERIMENTAL
GIVE MY
CREATION... LIFE!**



VIDEO HD MONOCANAL 8:08" (2016)

PROCEDIENDO DEL EXPERIMENTAL

El objetivo del proyecto es el mantenimiento del órgano en condiciones fisiológicas, de temperatura y perfundido con la propia sangre, además de añadir, para su óptima conservación, los elementos nutrientes necesarios, gracias a preparados como las soluciones de preservación, que pretenden disminuir y frenar todos los procesos de degradación celular y permitir que los órganos funcionen adecuadamente. Estas soluciones cumplen dos principios: el de hiperosmolaridad y el de riqueza de potasio. Las soluciones de preservación que existen actualmente y que son las madres de muchas otras tienen alrededor de 25 componentes diferentes en proporciones diversas.

El propósito de la solución de cardioplejia es proteger al corazón del daño isquémico y distribuirse por todas las regiones miocárdicas para provocar los efectos deseados.

Con la solución de cardioplejia se pretende:

- Producir una parada inmediata y sostenida para rebajar las demandas energéticas al evitar el trabajo electromecánico del corazón. Para ello las soluciones cardiopléjicas contienen una alta concentración de potasio, causando parada diastólica por depolarización de la membrana celular.
- Administrar glucosa como sustrato energético para las necesidades metabólicas.

Como solución tampón para evitar la acidosis provocada por el metabolismo anaeróbico se emplea bicarbonato sódico.

Para reducir el edema resultante de la isquemia se emplean soluciones hiperosmolares como el Manitol.

Además del potasio, usamos otros iones como sodio, calcio y magnesio: el sodio para la prevención del edema y el acúmulo de calcio intracelular; el calcio como estabilizador de la membrana, y el magnesio, que potencia los efectos de la cardioplejia con potasio.

EXTRACCIÓN CARDÍACA PARA PRESERVACIÓN DEL ÓRGANO

Recuerdo anatómico del corazón

El corazón es un órgano muscular situado en la caja torácica cuyas funciones primordiales son, en primer lugar, recibir la sangre venosa (pobre en oxígeno) del resto del cuerpo y mandarla a los pulmones para que se oxigene; y, en segundo lugar, enviar esta sangre rica en oxígeno al resto del organismo. Anatómicamente, el corazón consta de cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos. La aurícula derecha recibe, a través de las venas cavas superior e inferior, la sangre venosa

del organismo; ésta pasa al ventrículo derecho a través de la válvula tricúspide y es enviada por la arteria pulmonar a los pulmones, donde será oxigenada. Esta sangre, ya rica en oxígeno, vuelve al corazón por las venas pulmonares y es recibida por la aurícula izquierda; pasa entonces por la válvula mitral al ventrículo izquierdo, que será el encargado de mandar la sangre oxigenada al resto del organismo.

Protocolo del procedimiento:

1. Tras realizar la anestesia del animal y su colocación en decúbito supino, se procede a desinfectar la zona con una mezcla de povidona yodada y alcohol.
2. A continuación, procedemos a realizar la toracotomía media con esternotomía. Una vez llegamos al órgano, y tras abrir el pericardio, se localizan las arterias pulmonares, la vena cava superior e inferior y la aorta.
3. Una vez localizadas diseccionamos la cava superior y la ligamos con seda de 2/0. Seguidamente procedemos a la disección de la cava inferior a la que, por medio de un pasahilos, rodeamos con un vessel-loop, con el fin de realizar un torniquete en el momento de la extracción. Seguimos con la disección de la arteria pulmonar.
4. Para evitar la coagulación sanguínea se hepariniza al animal a dosis de 3 mg/kg a través de la vía venosa que el anestesista tiene canalizada, normalmente en la oreja.
5. Se realiza una ostomía en la aorta ascendente y a través de una cánula se procede a realizar la cardioplejia con líquido de preservación, en nuestro caso Custodiol a 4° C.
6. Se clampa la aorta, se inicia la cardioplejia y se secciona la vena cava inferior y la orejuela izquierda.
7. Para la cardiectomía, se practica una apertura de la aurícula izquierda, a unos 3 cm de las venas pulmonares izquierdas en cara anterior. Se visualiza desde el interior de la aurícula izquierda la entrada de las venas pulmonares derechas y se secciona la cara anterior de la

aurícula izquierda en el surco interatrial, previamente disecado, dejando un *cuff* (manguito) de unos 3 mm a 5 mm. Se completa la apertura de la aurícula izquierda, dejando en el campo el suelo de esta. Se completa la cardiectomía seccionando la aorta ascendente y la arteria pulmonar a nivel de la bifurcación.

8. Todo el procedimiento lo realizamos con el corazón latiendo.

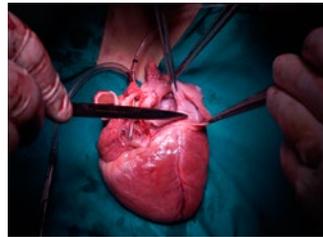
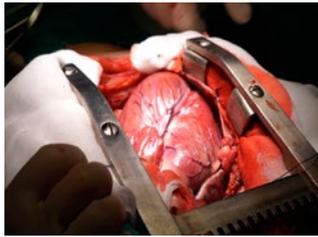
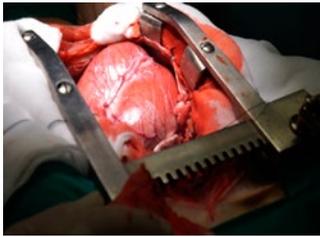
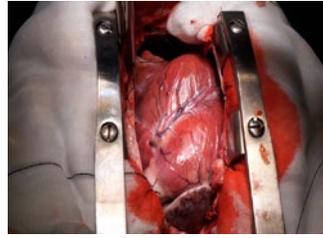
— **Cristina Pastor**

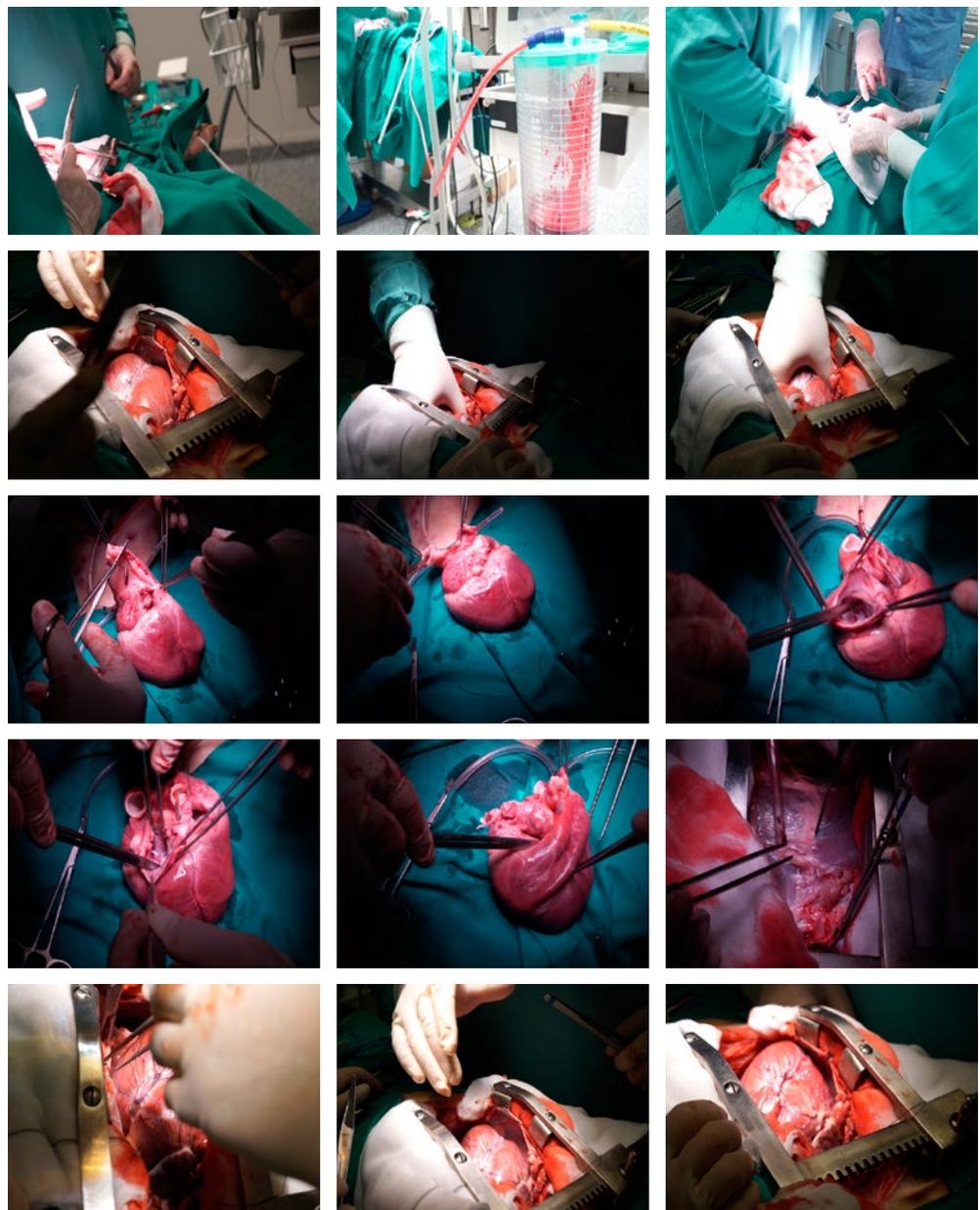
Dra. en Medicina y Cirugía, responsable de la Unidad de Cirugía Experimental del IACS (Centro de Investigación Biomédica de Aragón)

**ESTE EXPERIMENTAL FUE APROBADO POR UN COMITÉ ÉTICO.
NINGÚN ANIMAL FUE DAÑADO PARA LOS OBJETIVOS DIRECTOS
DE ESTE PROYECTO.**

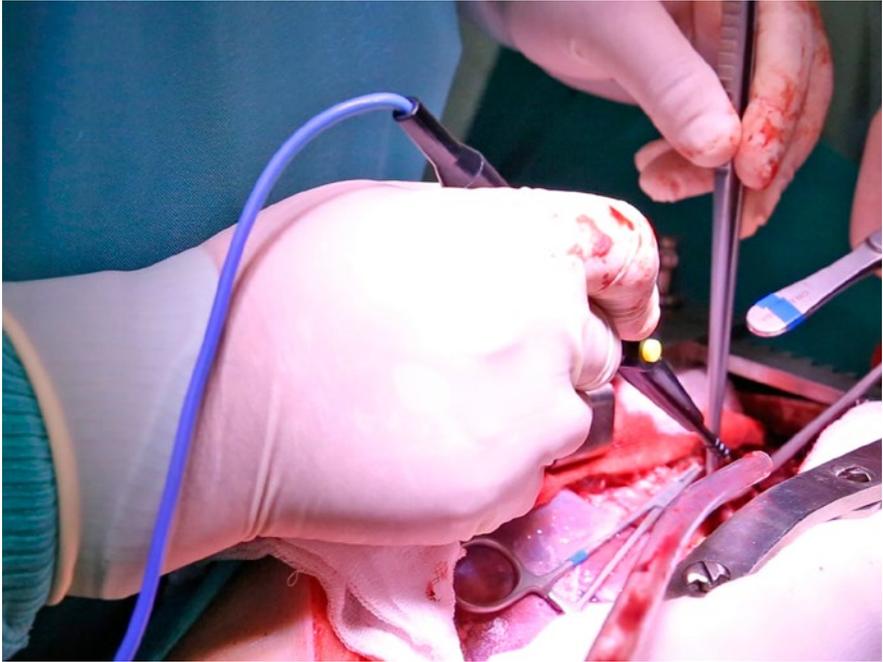












BIBLIOGRAFÍA

Téllez de Peralta, G. (2005) *Tratado de Cirugía Cardiovascular*. Ed. Díaz de Santos

Guyton, R. A. / Hall, John E. (2011) *Tratado de fisiología médica* (12ª edición) Ed. Elsevier Saunders

Gomar, C / Mata, Mª Teresa / Pomar, J.L. (2012) *Fisiopatología y técnicas de circulación extracorpórea*. Ed. Ergon

Supelano, G. (2010) *Bomba de Circulación Extracorpórea: Componentes, Funcionamiento y Fisiología*. Pontificia Universidad Javeriana

Varios autores (2012) *Donación en Asistolia en España: Situación actual y recomendaciones. Documento de Consenso Nacional*. Ed. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad

Guyton, R. A. / Mora, Christina T. (2011) *Cardiopulmonary By-pass; Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation*. Ed. Springer

Cohn, Lawrence H. (2011) *Cardiac Surgery in the Adult* (4ª edición) Ed. McGraw-Hill Education

OPN STUDIO

(Susana Ballesteros y Jano Montañés)



La investigación de OPN reflexiona acerca del individuo en un amplio contexto. Su trabajo, durante la última década ha explorado la intersección entre los campos del Arte, la Ciencia y la Tecnología, siendo articulados mediante el lenguaje de la electrónica, la robótica, el vídeo y la instalación interactiva como principal medio de expresión y directo transmisor, facilitando de esta forma la reflexión al crear un diálogo más directo con el espectador.

Han realizado exposiciones tanto colectivas como individuales en Europa y América, en países como España, EEUU, Finlandia, Francia, República Dominicana, Chile, Honduras, El Salvador o México, destacando a nivel nacional, ARCO Feria Internacional de Arte Contemporáneo, Círculo de Bellas Artes de Madrid, Patio Herreriano de Valladolid, Fundación Torrente Ballester o Museo Würth.

www.opnstudio.com

COLABORADORES

Centro de Investigación Biomédica de Aragón (CIBA):

Dra. Cristina Pastor, especialista en Medicina y Cirugía, *reponsable de la Unidad de Cirugía Experimental del IACS*

Dr. Javier Gómez- Arrue Azpiazu, *Medicina y Veterinario anestesista, responsable de los animales en Cirugía Experimental del IACS*

Hospital Miguel Servet:

Dr. Manuel Vázquez Sancho, *Medicina y Cirugía y especialista en Cirugía Cardíaca*

Rosa Andrés, *Perfusionista*

Hospital de la Santa Creu i Sant Pau:

Dra. Elena Roselló, *especialista en Cirugía Cardíaca*

Diseño expositivo Óscar Baiges - OPN Studio

Música: Paco Muñoz

Edición: Jorge Vela

Montaje expositivo: Trazacultura

AGRADECIMIENTOS

Dr. Anselmo López Cabañas. *Responsable de apoyo metodológico del Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud (IACS)*

Dra. Susana Olivera Gonzalez *M.interna, HCU Zaragoza*

Dra. Sandra Vicente, *especialista en anatomía patológica, HOMS Zaragoza*

Universidad de Zaragoza:

Dr. Javier Lanuza, *Profesor Titular de Farmacología*

Facultad de Medicina Universidad de Zaragoza

F. Javier Castillo *Decano de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza*

F. Manuel Gascón Pérez *Decano de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza*

Francisco Sanz García

Bifi Instituto de Biofísica y Sistemas Complejos de la Universidad de Zaragoza

Ebers Medical

Ayuntamiento de Zaragoza

ETOPIA

Equipo Etopia

Mariano Salvador Carrillo

Equipo de Oficiales de Mantenimiento de Etopia

Equipo de Limpieza de Etopia

Brigadas Municipales de Pintura y de Carpintería del Ayuntamiento de Zaragoza

Daniel López del Rincón

Enrique Berlanga

Santiago Latorre Sánchez

Pablo Aliaga Cremades

Luis Martín Nuez

Roberto Vicente Romero

Laura Ruiz

Beatriz Biel

Trazacultura

Lina Monaco

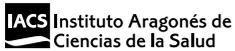
Guillermo Malón

Produce:

eTOPIA_ Centro de Arte y Tecnología

Avda. Ciudad de Soria, 8 | 50003. Zaragoza, España
www.zaragoza.es/etopia

Colabora:

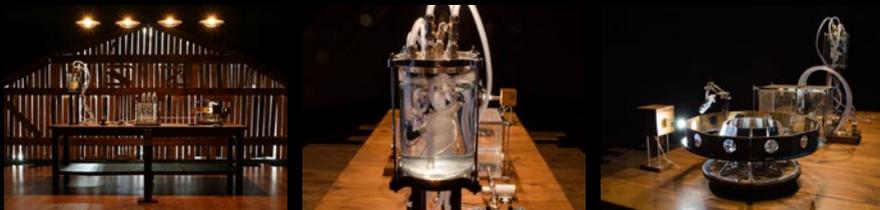


Agradecimientos:



Universidad Zaragoza





Give my creation... Life! es un proyecto expositivo realizado por **OPN Studio** que aúna Arte, Ciencia y Tecnología, planteando el aprovechamiento de la energía generada por el pálpito de un corazón con el objetivo de concederle la autonomía a una máquina.

Este libro-catálogo, realizado de cara a la muestra desarrollada en **Etopia Centro de Arte y Tecnología**, supone la plasmación del completo proceso de investigación realizado durante 2016, incluyendo diversa documentación introductoria al proyecto: material de archivo, aportaciones de profesionales, imágenes del experimental llevado a cabo en el **CIBA** (Centro de Investigación Biomédica de Aragón), así como el “Convertor hidráulico de energía biológica de OPN”, uno de los principales hitos del proyecto.