

## Circulación Asistida y Corazón Artificial Total.

### Pasado y Presente

Prof. Dr. Domingo Liotta

#### I. PASADO

##### *Primeras aplicaciones clínicas de la Circulación Asistida y del Corazón Artificial Total*

El Sistema de Asistencia Ventricular Izquierda -LVAD- fue creado en la Baylor University College of Medicine de Houston en 1962 (Liotta).

Hoy la implantación del LVAD es un procedimiento clínico ya establecido como:

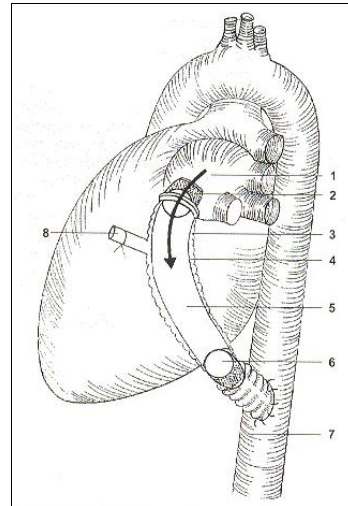
- 1- Puente para trasplante cardíaco.
- 2- Puente para la recuperación miocárdica.

##### *Primera aplicación clínica con una bomba intratorácica*

En la noche del 19 de Julio de 1963, D. Liotta y E. Stanley Crawford implantaron el primer dispositivo clínico LVAD en el Methodist Hospital de Houston, realizando un bypass del Ventrículo Izquierdo desde el atrio izquierdo hasta la Aorta Torácica Descendente<sup>1</sup>.



*Dr. E. Stanley Crawford (19 de Julio de 1963), en la época en la que él y Domingo Liotta implantaron por primera vez un LVAD en un paciente.*



##### *LVAS Liotta-Crawford (19 de Julio de 1963).*

*Dibujo del prototipo clínico del 19 de Julio de 1963, desarrollado por Domingo Liotta en la Baylor University, Houston. Se muestra la bomba en diástole.*

*1=atrio izquierdo; 2= válvula de entrada; 3= cápsula de contención de Silastic, reforzada con Dacron; 4= cámara de aire; 5= cámara sanguínea; 6= válvula de salida; 7= aorta descendente; 8= tubo plástico (diámetro interno, 4 mm) para la provisión de aire.*

El prototipo clínico original se encuentra en el Smithsonian Institute, Washington, DC.

Se reguló la bomba neumática intratorácica implantada mediante una toracotomía izquierda para eyectar de 1.800 a 2.500 mL de sangre/min. El edema pulmonar se resolvió. No obstante, la anuria persistió. Al cabo de 4 días de asistencia mecánica, se discontinuó la bomba. El paciente, que se encontraba en coma antes de la asistencia con el LVAD, continuó en coma y murió.

##### *Primera Aplicación Clínica de una Bomba Paracorpórea*

El 21 de julio de 1966, Michael E. DeBakey y Domingo Liotta implantaron el primer dispositivo de asistencia ventricular izquierda en posición paracorpórea en el Methodist Hospital de Houston, realizando un bypass del Ventrículo

<sup>1</sup> Liotta D. Early Clinical Application of assisted circulation. *Texas Heart Institute Journal*, 2002; 29(3): 229-30.



*Dispositivo de Asistencia Ventricular Izquierda en posición paracorpórea. El Dr. Liotta y el Dr. DeBakey (en primer plano); Dr. Liotta (sosteniendo la bomba en la fotografía de la derecha) en la histórica cirugía cardíaca: implantación del dispositivo de asistencia ventricular izquierda (LVAD) Liotta-DeBakey en posición paracorpórea, en el Methodist Hospital, Houston (21 de abril de 1966).*

Izquierdo desde la Atriostomía Izquierda hasta la Aorta Ascendente en un paciente en shock cardiogénico poscardiotomía. El paciente desarrolló complicaciones pulmonares y neurológicas y murió luego de unos días de haber recibido asistencia mecánica con el LVAD.

El 6 de agosto de 1966, Liotta y DeBakey implantaron un LVAD desde la Atriostomía Izquierda hasta la arteria axilar derecha. Luego de 10 días de asistencia mecánica circulatoria, el paciente se recuperó, dando lugar de este modo al:

***Primer caso exitoso del LVAD para Shock poscardiotomía.***

***Publicación "princeps" sobre Circulación Asistida:***

1 Liotta, D., E.S. Crawford, D.A.Cooley, M.E.DeBakey, M. De Urquia, L. Feldman. Prolonged partial left ventricular bypass by means of an intrathoracic pump implanted in the left chest. Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs, 8 (1962): 90-9.

***Primeras Publicaciones sobre Circulación Asistida:***

2 Liotta, D., C.W. Hall, W.S. Henly, A.C. Beall, D.A. Cooley, M.E. DeBakey. Prolonged assisted circulation during or after cardiac and aortic surgery 1- Prolonged left ventricular bypass by means of an intrathoracic circulatory pump. II- Diastolic pulsation of the descending thoracic. Trans. Am. Soc. Intern. Organs, 9 (1963): 182-5.

3 Liotta, D., C.W. Hall, W.S. Henly, D.A.Cooley, E.S. Crawford, M.E. DeBakey. Prolonged assisted circulation during and after cardiac or aortic surgery. Prolonged partial left ventricular bypass by means of intracorporeal circulation. American Journal of Cardiology 12 (1963): 399-405. Finalista del Premio: "The Young Investigators Award" del American College of Cardiology, Denver, Mayo 1962.

4 Liotta, D., C. W. Hall, D. A. Cooley, M. E. DeBakey. Prolonged ventricular bypass with intrathoracic pump. Trans. Am. Soc. Intern. Organs 10 (1964): 154-6.

5 Liotta, D., J. H. Maness, H. Bourland, D. Podwell, C. W. Hall, M. E. DeBakey. Recent modification in the implantable left ventricular bypass. Trans. Am. Soc. Intern. Organs 11 (1965): 284-90.

6 DeBakey, M.E., D. Liotta, C. W. Hall. Prospects for implications of the artificial heart and assistant devices. *J Rehab* 32 (1966): 106-7.

7 Liotta, D., C. W. Hall, A. Villanueva, R. M. O'Neal, M. E. DeBakey, A pseudoendocardium for implantable blood pumps. *Trans. Am. Soc. Intern. Organs* 12 (1966): 129-38.

8 DeBakey, M.E., Liotta, D., Hall, C.W. Left heart bypass using an implantable blood pump. En: *Mechanical devices to assist the failing heart*, Eiseman, B., ed. Washington D.C. proceedings of a conference sponsored by the Committee on Trauma, 9-10, 09, 1964, National Academy of Sciences, National Research Council, Washington 1966: 223.

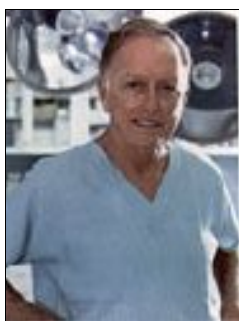
9 Hall, C.W., Liotta, D., DeBakey, M.E. Artificial heart - present and future. In: *Research in the service of man: Biomedical knowledge, development and use*. Washington D.C.: US Government Printing Office; 1967: 201-16.

10 DeBakey, M.E. Left ventricular bypass pump for cardiac assistance. *Am. J. Cardiol*, 1971; 27: 3-11.

11 Liotta, D. Early clinical application of assisted circulation, *Texas Heart Institute Journal*, 2002; 29 (3): 229-30.

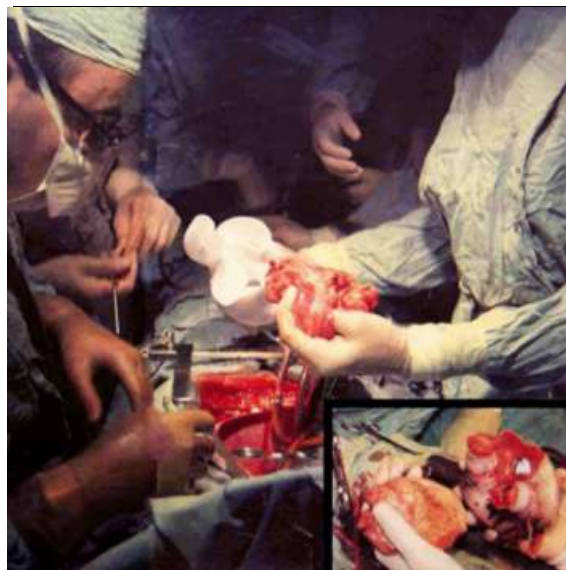
### ***Primer Implante Clínico de un Corazón Artificial***

En la tarde del 4 de abril de 1969, Denton A. Cooley y Domingo Liotta reemplazaron el corazón de un hombre moribundo por un corazón mecánico ortotópico, en el Texas Heart Institute de Houston.



***Dr. Denton A. Cooley***

Luego de 64 horas, el corazón artificial neumático fue retirado y reemplazado por el corazón de un donante. Transcurridas las treinta y dos horas de realizado el trasplante, el paciente murió debido a lo que luego se comprobó fue una infección pulmonar aguda, comprometiendo ambos pulmones, causada por hongos.



### ***Operación histórica. La primera en la historia de la medicina. Reemplazo total del corazón por un corazón artificial (posición ortotópica).***

*A la izquierda, el Dr. Liotta; en el centro de la foto, el saco pericárdico vacío del paciente, Sr. H. Karp. A la derecha, las manos del Dr. Cooley sosteniendo el corazón del Sr. Karp y el corazón artificial en los momentos previos al implante. Texas Heart Institute, Houston (4 de abril de 1969). En el extremo inferior derecho de la fotografía el Dr. Cooley sostiene el corazón artificial removido y el corazón del donante. (7 de abril de 1969).*



*El Dr. Liotta conversando con el Sr. Karp y el Dr. Cooley observando (5 de abril de 1969). A la derecha, la Sra. Shirley Karp y el Sr. Haskell Karp (5 de abril de 1969)*

Domingo Liotta reanudó su trabajo sobre el Corazón Artificial Total en la Baylor University College of Medicine en julio de 1968. El primer objetivo era utilizarlo en un paciente que estuviera en shock cardiogénico irreversible poscardiotomía o con insuficiencia cardíaca irreversible (*stone heart*).

El objetivo final era prolongar la vida de un paciente mediante un corazón mecánico hasta que se pudiera reemplazar el sistema artificial a través del implante del corazón de un donante. El procedimiento recibe hoy el nombre de *transplante cardíaco en dos etapas*.

La histórica operación –una de las más grandiosas aventuras médicas del siglo XX- se realizó por primera vez la tarde del 4 de abril de 1969. Un ser humano moribundo logró vivir con el Corazón Artificial Liotta-Cooley hasta reemplazarlo por el corazón de un donante. Fueron épocas difíciles en el campo de la medicina, aunque llenas de coraje y gloria.

El prototipo clínico original del Corazón Artificial Liotta-Cooley fue seleccionado en 2006 para ser exhibido en forma destacada en el nuevo Sector de Exposición de Tesoros de la Historia Americana del Smithsonian Institute, Washington D.C. En opinión del Dr. Cooley “*esto lo convierte en una parte importante de la historia humana*”.

### Referencias

1 Cooley D. A., Liotta D., Hallman G. L., Bloodwell R. D., Leachman R. D., Milan J. D. *First human implantation of cardiac prosthesis for total replacement of the heart*. Trans. Amer. Soc. Arts. Int. Organs, 15 (1969): 252.

2 Cooley D. A., Liotta D., Hallman G. L., Bloodwell R. D., Leachman R. D., Nora J. D., Fernbach D. J., Milan J. D. *Orthotopic cardiac prosthesis for two-staged cardiac replacement*. Am. J. Cardio, 24 (1969): 723-730.

\*\*\*

## II- PRESENTE

- *Desarrollo de dispositivos cardíacos mecánicos implantables de pequeño tamaño.*
- *Novel LVAS y la Técnica de la Atriostomía que evita la canulación cardíaca*

La insuficiencia cardíaca congestiva sigue siendo un problema importante para la salud pública en todo el mundo. La insuficiencia cardíaca congestiva debido a una miocardiopatía

post-isquémica es la principal causa de muerte en el mundo industrializado. La insuficiencia cardíaca avanzada afecta aproximadamente a 5 millones de pacientes en los Estados Unidos de América, con 400.000 nuevos casos por año.

El tratamiento de los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica ha progresado en los últimos 25 años. La farmacoterapia para dicha insuficiencia, que incluye la inhibición neurohumoral con inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y beta bloqueantes, mejora los resultados clínicos.

Las respuestas al bajo flujo sanguíneo en la circulación periférica durante la insuficiencia cardíaca indican el débito cardíaco anormal; la terapia más exitosa ha sido la atenuación de la sobreactivación neurohumoral con los antagonistas del sistema renina-angiotensina-aldosterona, así como el bloqueo  $\beta$ -adrenérgico.

Sin embargo, la asistencia mecánica cardiocirculatoria se ha convertido en un método común para estabilizar a pacientes con insuficiencia cardíaca refractaria severa como puente para el transplante cardíaco.

La información recogida desde los estudios de laboratorio realizados por Liotta y las primeras aplicaciones clínicas de los dispositivos de circulación asistida en la Baylor University College of Medicine en Houston, hace más de 40 años, han avanzado enormemente.

Liotta inventó (1962-66) el *Dispositivo de Asistencia Ventricular Izquierda (LVAD)* para el tratamiento del *shock cardiogénico poscardiotomía* mientras se desempeñaba como Profesor Adjunto de Cirugía en la Baylor University College of Medicine en Houston, Texas (1961-71).

Desde 1998, la **Facultad de Medicina de la Universidad de Morón** ha llevado a cabo el diseño, fabricación, ensayos *in vitro* e implantes en animales (terneros) de un nuevo LVAS.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Liotta D., *Novel left ventricular assist system, An electrocardiogram-synchronized LVAS that avoids cardiac cannulation*, Texas Heart Institute Journal 2003, 30: 194-201.

El Novel LVAS puede ser un *Puente para el trasplante cardíaco*. Sin embargo, la principal indicación es:

#### **Recuperación Cardíaca Funcional o Terapia de destino en Insuficiencia Cardíaca Avanzada.**

El Novel LVAD-III es una bomba neumática ubicada en el lado izquierdo del tórax. Una cánula de 4 mm se conecta al ventrículo artificial, pasa a través de un túnel subcutáneo por la zona torácica y abdominal y sale del cuerpo a la izquierda del ombligo.

El peso del Novel LVAD-III es de 90 g . La sección transversal de la cápsula de contención tiene 80 mm de ancho y 40 mm de alto.

Para el diseño de este nuevo sistema se han tenido en cuenta algunas consideraciones básicas:

#### **A- Técnica de la Atriostomía**

1- Se suprimieron las cánulas dentro de las cámaras del corazón. Se rechazó principalmente la cánula apical en el Ventrículo Izquierdo para el ingreso de la bomba, debido a que destruye la anatomía helicoidal del miocardio del ventrículo.

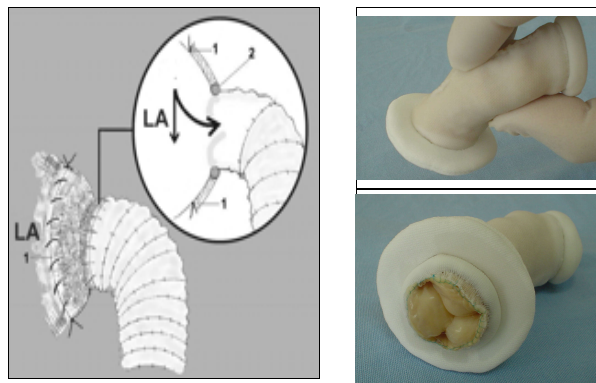
El Novel LVAD-III eyecta la sangre por una abertura de 25 mm ( $4,6 \text{ cm}^2$ ) o 30 mm ( $7,1 \text{ cm}^2$ ) de diámetro realizada en la pared atrial izquierda.

Se desarrolló la técnica de la atriostomía para el ingreso de la sangre en la bomba neumática. Se realiza una gran abertura en la pared atrial izquierda. Se sutura ya sea una prótesis atrial de 25-30 mm de diámetro o bien una raíz aórtica con válvula de porcino (raíz aórtica completa) a la pared atrial izquierda del lado del epicardio. **La prótesis atrial se sujeta con un sostén metálico, que mantiene a la atriostomía permanentemente abierta.**

La sangre circula a través de la bomba implantada en el lado izquierdo del tórax y se eyecta mediante un injerto de baja porosidad, suturado a la aorta descendente superior.

Todas las superficies en contacto con la sangre, excepto la cámara de bombeo sanguíneo, incorporan tejidos biológicos. Tanto el conducto de entrada como el de salida contienen una

válvula aórtica de porcino (raíz aórtica completa) con cuatro centímetros de la aorta descendente como unidad anatómica.



#### **Técnica de la Atriostomía**

A la izquierda, esquema de la atriostomía a la aurícula izquierda (LA) con una prótesis atrial de 25 mm. A la derecha, prótesis atrial. Diferentes vistas de la prótesis atrial: raíz aórtica completa de porcino cubierta con Dacrón

#### **B- Sistema del Driver Novel LVAS**

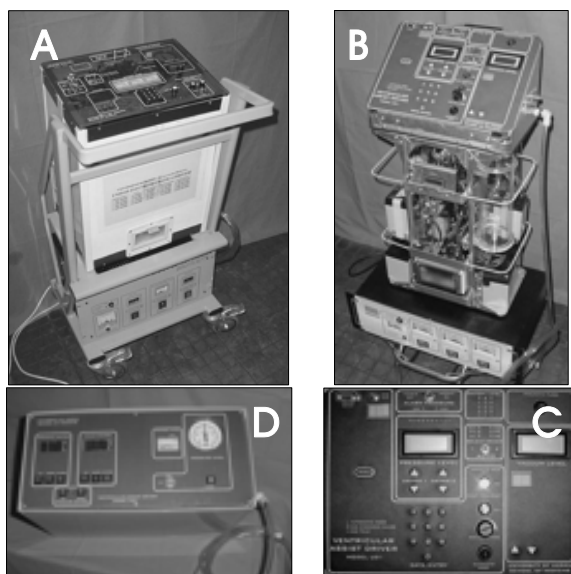
Se ha desarrollado la tercera generación de los sistemas de Driver-LVAD neumáticos.<sup>3</sup> La unidad del *driver* es un sistema neumático pulsátil. Se pueden programar y fijar los parámetros manualmente. Incorpora dos unidades neumáticas pequeñas e independientes. Cada una de ellas tiene su propio compresor, válvulas electroneumáticas y control electrónico. Un reloj (timer) mantiene un sistema neumático activado y el otro desactivado. El timer alterna esta función cada 15 minutos.

El propósito de la duplicación es aumentar la vida útil de los compresores y evitar el sobrecalentamiento, el mal funcionamiento de los componentes y la fatiga de los mismos.

Si falla uno de los sistemas, se activa una alarma, mientras tanto, el otro sistema continuará indefinidamente.

<sup>3</sup> Cervino, C., Nasini, V., Sroka, A., Diluch, A., Cáceres, M., Sellanes, M., Malusardi, A., del Río, M., Pham, S. y Liotta, D., Novel left ventricular assist system for cardiac recovery therapy: The Driver. *Tex Heart Inst. Journal*, 2005,32: 535-40.





**Fotografías del sistema de Driver neumático del Novel LVAS**

A, muestra la unidad del driver, para su uso en el hospital. Tiene 40 cm de ancho, 30 cm de profundidad y 100 cm de alto. B, vista de unidad ambulatoria; C, vista frontal del panel de control. D, prototipo de unidad portátil pequeña, de 30 cm x 15 cm x 25 cm; su peso (sin baterías) es de aproximadamente 1.500 gr.

Los ensayos clínicos con los Dispositivos de Asistencia Ventricular Izquierda NOVEL III permiten, mediante el ingreso de una determinada contraseña, monitorear de manera remota el funcionamiento del driver y de los parámetros clínicos en forma *on line* a través de Internet (desde la sala de cuidados intensivos o desde la casa del paciente).

El sistema está diseñado para monitorear: a) el electrocardiograma, la presión arterial, el débito cardíaco, la temperatura corporal, y b) distintos parámetros del funcionamiento del driver y su sincronización con el electrocardiograma del paciente.

Es posible incluir la historia clínica y los estudios radiográficos y ecocardiográficos desde un sitio web, siendo factible la realización de una teleconferencia con los médicos que tienen a su cuidado al paciente y hasta con el paciente mismo.

### C- Ensayo *in vitro* del Novel LVAS

Los sistemas Novel operan con la mayor eficiencia a bajas frecuencias cardíacas, de 50 a 65 latidos/min. El volumen de bombeo es de 80 mL y, a una baja frecuencia de bombeo ideal de 55 a 65 latidos por minuto, la bomba genera flujos de aproximadamente 4,5-5 L/minuto.

### Conclusión

El Sistema Novel de Asistencia Ventricular Izquierda (Novel LVAS) evita la canulación de las cámaras cardíacas, lo que hace a la técnica de la atriestomía la clave del éxito, y permite la sincronización con el ECG del paciente.

Se regula el débito del LVAS de 4 a 4,5 L/min. El corazón nativo eyecta aproximadamente 1,5 a 2 L/min. El flujo a través de la válvula aórtica se mide ecocardiográficamente; se debe ver la válvula aórtica bien abierta en cada eyección sistólica. Se sincroniza la bomba con el ECG del paciente, para asegurar la eyección del bombeo de sangre en diástole.

La unidad electroneumática (*driver*) tiene una característica notable: contiene dos unidades neumáticas que se alternan en su función cada 15 minutos.

Este LVAS está sincronizado con el ECG del paciente, permitiendo eyectar el volumen de bombeo durante el período diastólico del corazón nativo, actuando de esta forma como una contrapulsación crónica.

Hemos diseñado el Novel LVAS para funcionar a una baja frecuencia. Este hecho, además de la sincronización con el ECG, ofrece la mejor perspectiva para la recuperación miocárdica en pacientes bajo terapia con bloqueantes  $\beta$ -adrenérgicos. Esta terapia ayuda a ajustar la frecuencia cardíaca a la frecuencia de la bomba.

Domingo LIOTTA

Decano de la Facultad de Medicina  
Universidad de Morón-Argentina  
medicina@unimoron.edu.ar

\*\*\*