

REVISIÓN

ASISTENCIA MECÁNICA CIRCULATORIA

MECHANICAL CIRCULATORY SUPPORT

*Gabriel Téllez de Peralta**Académico de Número de la Real Academia Nacional de Medicina de España***Palabras clave:**Insuficiencia cardíaca refractaria;
Disfunción ventricular;
Asistencia mecánica circulatoria;
Bombas centrífugas.**Keywords:**Refractive cardiac insufficiency;
Ventricular dysfunction;
Mechanical circulatory support;
Centrifugal pumps.**Resumen**

Los dispositivos de asistencia mecánica circulatoria se utilizan en diversas situaciones que comprometen gravemente la vida del paciente en el contexto de una disfunción ventricular aguda, por shock cardiogénico, o de forma crónica en la insuficiencia cardíaca refractaria.

En el presente artículo analizamos diversos aspectos relacionados con la asistencia mecánica circulatoria en el siglo XXI con los dispositivos disponibles de bombas centrífugas y la experiencia adquirida con ellos, tanto en España como a nivel mundial, dejando para otra disertación otros modelos de asistencia ventricular mecánica, con bombas pulsátiles neumáticas o eléctricas y con el corazón artificial total.

Abstract

The mechanical circulatory support devices are used in several situations that compromise severely the patient's life in the context of an acute ventricular dysfunction, due to cardiogenic shock, or in chronic conditions of refractive cardiac insufficiency.

In this article we will analyze diverse aspects related with mechanical circulatory support in the XXI century with the centrifugal pumps devices available and the experience acquired with them, both in Spain and globally, leaving for another dissertation other models of mechanical circulatory support with pneumatic pulsating or electric pumps and with the total artificial heart.

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca refractaria al tratamiento médico constituye actualmente una verdadera pandemia(1) que tiene importantes repercusiones sanitarias y económicas. Se producen alrededor de 5.000 ingresos hospitalarios por cada millón de habitantes y un 5% de la población padece algún grado de insuficiencia cardíaca en los países de la Comunidad Económica Europea, suponiendo un elevado gasto económico que en España llega a consumir entre el 2% y 3% del presupuesto sanitario público.

Además, el 40% de estas actuaciones se producen en enfermos con edad igual o superior a los 70 años y en la mayoría de los ingresos hospitalarios los pacientes están en situación de fallo cardíaco importante y con reingresos reiterativos habitualmente.

Existen potenciales alternativas al ineficaz tratamiento médico como es la asistencia mecánica circulatoria, pero estos procedimientos sostienen la vida, no crean vida. Necesitan una cirugía apropiada y acertada, deben adaptarse al paciente, no al revés, y el éxito dependerá de la adecuada selección de los pacientes, del rendimiento y selección del procedimiento y de la experiencia y criterio del cirujano.

Los procedimientos para recuperar a un corazón claudicante pueden consistir en:

- Incrementar el flujo coronario.
- Disminuir la resistencia al vaciado ventricular o
- Impartir energía al sistema vascular.

Los criterios para la asistencia circulatoria son:

- Índice cardíaco menor de 2 litros por metro cuadrado y por minuto.
- Resistencias vasculares sistémicas mayores de 2.100 dinas por segundo y centímetros cuadrados.
- Diuresis inferior a 20 mililitros/hora y todo ello con:
 - Soporte terapéutico máximo
 - Metabolismo corregido
 - Balón de contrapulsación.

Como métodos de asistencia cardíaca directa podemos considerar el masaje cardíaco, externo o interno, la copa ventricular de Anstadt y la propia circulación extracorpórea, bien como soporte cardiopulmonar o como ECMO (oxigenador de membrana extracorpórea).

Autor para la correspondencia

Gabriel Téllez de Peralta

Real Academia Nacional de Medicina de España

C/ Arrieta, 12 · 28013 Madrid

Tlf.: +34 91 159 47 34 | E-Mail: redaccion@analesranm.es

Masaje cardiaco externo

Es una de las primeras medidas de las que puede disponerse ante un fallo cardiaco agudo. La maniobra básica reanimadora consiste en la compresión rítmica con ambas manos sobre la mitad inferior del esternón, manteniendo los dedos apartados de la caja torácica, para evitar posibles lesiones en costillas o en el apéndice xifoideas. Los brazos deben estar extendidos, haciendo fuerza con los hombros directamente sobre las manos.

El máximo flujo sanguíneo se obtiene con la máxima compresión, debiéndose conseguir reducir el diámetro torácico anteroposterior en un 35% (aproximadamente 4 ó 5 centímetros).

El mecanismo por el que masaje externo mantiene el gasto cardiaco se explicó por la "teoría de la bomba cardiaca": al comprimirse el corazón entre el esternón y la columna vertebral se produce una sístole, en la que se comprimen más los ventrículos que las aurículas con lo que las válvulas intracardiacas se cierran (válvula mitral y tricúspide), lo que evita el flujo sanguíneo retrógrado. Durante la relajación, la presión ventricular disminuye por debajo de la auricular, y las válvulas aurículo-ventriculares se abren posibilitando el llenado diastólico.

En las maniobras de masaje cardiaco externo no debe olvidarse mantener permeable la vía aérea, lo que debe ser también un objetivo prioritario para evitar que la lengua y la epiglotis obstruyan la laringe. Si el paciente no ventila, la administración boca a boca del aire espirado resulta el sistema más rápido de administrar oxígeno en cantidad suficiente para mantener un aporte tisular aceptable en espera de establecer lo antes posible técnicas de oxigenación y ventilación más complejas y eficaces.

Masaje cardiaco interno

En ambientes hospitalarios, en aéreas quirúrgicas, cuando se produce una parada cardiaca puede intentarse un masaje cardiaco interno, previa toracotomía izquierda. Es más eficiente que el masaje externo, pero si se prolonga, con mucha frecuencia acaba produciendo desgarros en las cámaras cardiacas.

Para evitar esta grave complicación, que hace así imposible la recuperación del paciente, se ideó la copa de Anstadt(2).

Es un dispositivo cónico acoplable a la punta del corazón (Fig. 1), que es capaz de proporcionar un masaje prolongado al ventrículo izquierdo. Es activado por una bomba neumática externa que puede sincronizarse con el latido cardiaco o actuar independientemente durante las arritmias.

Contrapulsación

Otro procedimiento que se ha demostrado muy eficaz y que ha sido muy utilizado y continúa siendo de utilización habitual en todos los grandes centros hospitalarios es el balón de contrapulsación.

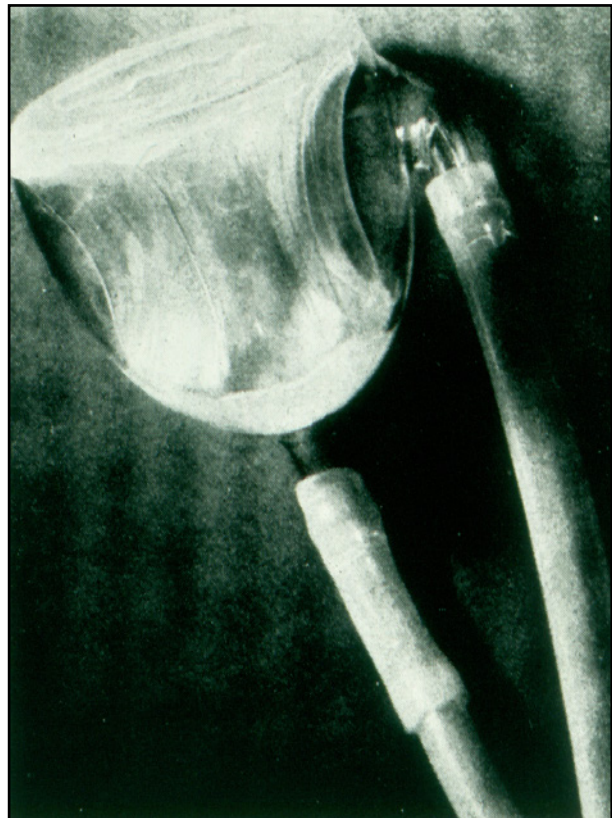


Fig. 1. Copa de Anstadt

Hace más de 60 años, Harken describió en Boston que se podía tratar el fallo ventricular con la contrapulsación aortica mediante la extracción de sangre por vía de la arteria femoral, en sístole, para reinfundirla rápidamente durante la diástole, mejorándose de esta manera la perfusión coronaria. Pero la técnica no estaba exenta de riesgos importantes y de algunas otras complicaciones como hemorragias, hemólisis, etc. por lo que Mouloupoulos introdujo la contrapulsación mediante un catéter-balón introducido por vía arterial, habitualmente la femoral, avanzando hasta la aorta torácica. En 1963, Kantrowitz en el Maimonides Medical Center de Nueva York utilizó con éxito esta técnica, popularizándose como eficaz método de asistencia ventricular (Fig.2).

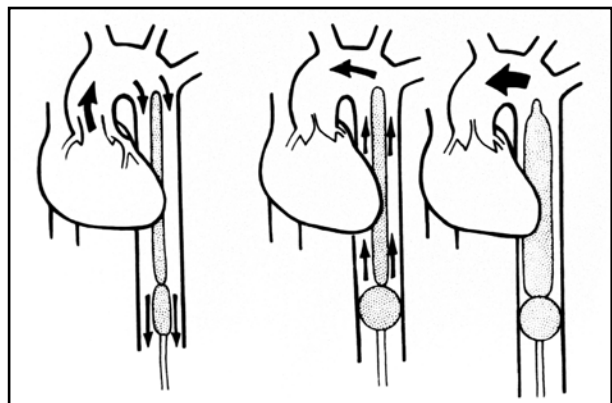


Fig. 2. Contrapulsación

La contrapulsación con balón intratorácico pretende alterar la onda de presión aortica normal disminuyendo la presión media durante la sístole y aumentándola durante la diástole. Al disminuir la presión sistólica aortica por el desinflado rápido del balón intratorácico se reduce la tensión sistólica y el consumo de oxígeno al ventrículo izquierdo. Además, al incrementarse la presión en la luz aortica durante la diástole por el hinchado del balón intratorácico, aumenta el flujo sanguíneo coronario y con ello la perfusión del miocardio.

La técnica de implantación suele ser percutánea por la arteria femoral, pero en pacientes quirúrgicos se utiliza, en ocasiones, la técnica abierta, por vía femoral o directamente en la aorta.

DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA VENTRICULAR MECÁNICA

La sustitución mecánica de la función cardiaca de forma temporal o definitiva es un concepto nuevo(3), aunque ya LeGallois, en 1812 había lanzado la idea de soporte cardiaco cuando se produce un fallo ventricular, mediante un dispositivo temporal o permanente. Dentro de este apartado podemos considerar tanto los dispositivos de asistencia univentricular, izquierda o derecha, como los procedimientos de asistencia biventricular, utilizando bombas de activación mecánica y flujo pulsátil o laminar. El funcionamiento de estos dispositivos está comprobado tanto experimental como clínicamente y basa su eficiencia en la posibilidad de sustituir temporalmente la función ventricular en espera de la recuperación contráctil del miocardio dañado(4) o bien como puente al trasplante cardiaco hasta que aparece un órgano adecuado. Más recientemente, en aquellos pacientes que tienen contraindicación para el trasplante cardiaco han empezado a utilizarse algunos de estos dispositivos más modernos como terapia de destino definitivo.

Estos dispositivos de asistencia ventricular (VAD en terminología inglesa, Ventricular Assist Device) se clasifican, según el tipo de asistencia (total o parcial), número de ventrículos asistidos (uni o biventricular), circuito asistido (derecho o izquierdo), tipo de flujo sanguíneo (pulsátil, axial o centrífuga) o por el mecanismo de fuente de energía (neumático o eléctrico).

Dependiendo del soporte hemodinámico que precisa el paciente y la agresividad del sistema, las VAD pueden facilitar una asistencia y una invasibilidad limitada, como los sistemas de bombas centrífugas, o bien una asistencia e invasibilidad alta, cuyo paradigma sería el corazón artificial total(5).

La amplia gama de sistemas de asistencia disponibles en la actualidad ha obligado a englobarlos, dependiendo del tiempo previsto de funcionamiento en el paciente, en tres tipos de clasificación:

Clase I, utilización durante horas o días.

Clase II, utilización prevista durante semanas o meses.

Clase III, utilización durante meses, año o permanente (terapia de destino).

Entre estos sistemas VAD se encuentran múltiples dispositivos:

- Bombas centrífugas: de rodillo, rotatorias, axiales, centrífugas magnéticas.
- Bombas pulsátiles neumáticas (Thoratec, HeartMate, Abiomed, Medos)
- Bombas pulsátiles eléctricas (Novacor, HeartMate VE)
- Corazón artificial total.

Sería muy prolijo describir todos estos dispositivos por lo que en esta comunicación de hoy nos limitaremos a las bombas centrífugas dejando para otra sesión los restantes dispositivos de las Clases II y III, y el corazón artificial total.

Bombas centrífugas

La bomba centrífuga fue un invento de Denis Papin, un médico, físico y matemático francés, nacido en 1647 en Chitenay y fallecido en Londres en 1712, después de desarrollar su carrera en Francia, Inglaterra y Alemania. Fue discípulo de Huygens, Leibniz y Boyle quien le ayudó a formar parte de la Royal Society de la capital inglesa.

En una década prodigiosa, entre los años 1680 y 1690, cuando estaba en plena madurez intelectual, a pesar de su juventud, (tenía 32 años al inicio de la década) fue capaz de llevar a cabo tres inventos muy relevantes: La olla de Papin, en 1680, una olla a presión que tanta trascendencia culinaria tuvo y sigue teniendo actualmente, la bomba centrífuga de aspas rectas en 1689, de la que se derivan los dispositivos de asistencia mecánica circulatoria que consideraremos a continuación, y, en 1690, la máquina atmosférica de vapor, en la que la energía matriz es suministrada por el vapor de agua producido en una caldera y sometido a presión en un cuerpo de bomba alternativamente a uno y otro lado del disco del embolo, invento que también ha contribuido enormemente a facilitar los desplazamientos de grandes masas de población.

Las bombas centrífugas tienen como función generar movimiento y presión en un fluido, haciéndolo circular en contra de un gradiente de presión. Son rotativas y tienen la capacidad de transformar la energía mecánica del impulsor en energía cinética del fluido.

Constan de:

- Un rotor o impulsor, elemento móvil que trasfiere la energía que proporciona el motor al fluido.
- Vortex: carcasa de policarbonato de configuración piramidal.

- Tubo de entrada central y tangencial de salida. (Fig.3)

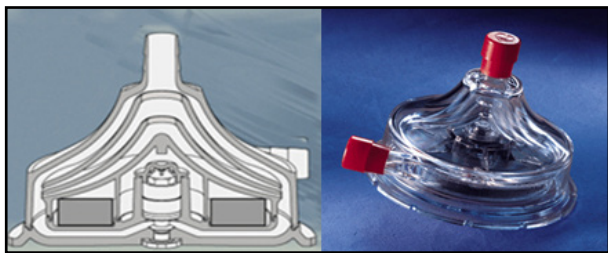


Fig 3. Biomedicus

En una primera generación de estos dispositivos, el rotor podía ser de palas o de aspas, pero en una nueva generación de éstos se ha conseguido una reducción de estos aparatos, manteniendo una alta velocidad de giro mediante la sustitución de aspas o palas por levitación magnética, lográndose una significativa reducción tanto del peso como del tamaño, al mismo tiempo que mayor biocompatibilidad.

Como ejemplo, la bomba Biomedicus de 1995, tenía un peso de 14,5 kg, mientras que la bomba centrífuga más reciente, la HeartMate 3 LVAS, del año 2014, tiene un peso inferior a 200 gramos y una considerable reducción también de su tamaño. (Fig.4)

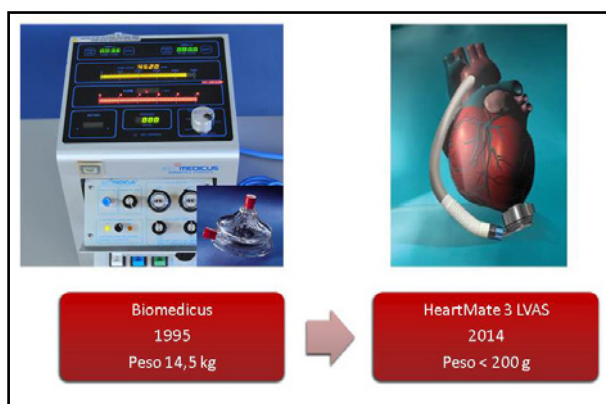


Fig 4. Evolución de las bombas centrífugas

Dentro de estos dispositivos de bombas centrífugas, que inicialmente se han utilizado como dispositivos paracorpóreos de corta duración, existen varios modelos en el mercado. Nos referimos a los más utilizados habitualmente:

- Biomedicus, cinética
- Tandem Heart, percutánea
- Levitronix o CentriMag, de levitación magnética.

Primeramente tendremos que considerar qué dispositivos deberíamos utilizar y a qué pacientes.

Los dispositivos de asistencia ventricular (VAD) de corta duración tienen indicaciones específicas en:

- Shock cardiogénico, que se produce en diferentes circunstancias:

- Complicaciones mecánicas post-infarto agudo de miocardio.
- Miocarditis aguda fulminante.
- Miocardiopatía farmacológica, gestacional, por hipotermia...
- Como soporte a angioplastia o revascularización de riesgo.
- Tromboembolismo pulmonar grave.

- Fallo primario del injerto post-trasplante cardíaco.
- Postcardiotomía cuando no se logra salir de circulación extracorpórea.

En contraposición, las VAD de larga duración encuentran su indicación principal en:

- Cardiopatía terminal no candidata a trasplante.
- Puente a la decisión controvertida.
- Puente al trasplante.

Biomedicus



Fig 5. Bomba centrífuga biventricular

Es un modelo clásico de bomba centrífuga de utilización paracorpórea. Se utiliza habitualmente post-cardiotomía y la asistencia puede estar dirigida al ventrículo izquierdo, al derecho o a ambos (biventricular).

La implantación puede ser periférica o central y se utiliza como asistencia de muy corta duración, generalmente inferior a 7 días. Permite un flujo máximo de 9,9 litros por minuto llegando a las 4.500 revoluciones. Es de fácil manejo, lo que simplifica su uso, sin necesitar personal específicamente entrenado en las Unidades de Cuidados Intensivos.

Tandemheart

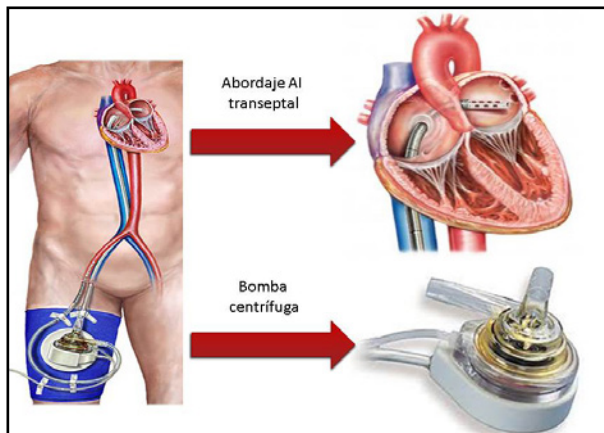


Fig 6. Bomba Tandem Heart

Es un dispositivo percutáneo transeptal (PTVAS). Utiliza un catéter venoso de 21 French y un catéter arterial más fino, de 9 a 17 F. Proporciona una asistencia al ventrículo izquierdo durante un periodo de tiempo inferior a 2 semanas, generalmente como soporte hemodinámico en procedimientos coronarios percutáneos de alto riesgo. Permite un flujo de hasta 5 ó 6 litros por minuto, con un máximo de 7.500 revoluciones por minuto.

El abordaje se hace a través de una vena femoral mediante el catéter de 21 F. que se avanza hasta la aurícula derecha y transeptalmente se coloca en la aurícula izquierda. La sangre obtenida desde esta cavidad se conecta a la bomba centrífuga que la vuelve a reintroducir en la circulación general a través de una arteria periférica, generalmente la femoral, con flujo continuo.

Centrimag Levitronix



Fig 7. Bomba Centrimag Levitronix

Es una bomba centrífuga paracorpórea de levitación magnética al 100%. Tiene un flujo máximo de 9,99 litros por minuto, con una velocidad máxima de 5.500 revoluciones, sin necesidad de cojinetes, juntas ni válvulas, por tanto, se minimiza la activación plaquetaria, disminuyen las áreas de éstasis, permite un lavado uniforme con disminución de turbulencias y de hemolisis y minimiza la formación de trombos. Precisa anticoagulación a bajas dosis, es de sencillo manejo, la consola

es de pequeño tamaño, fácilmente transportable incluso por el propio paciente.

Permite una asistencia al ventrículo izquierdo, al derecho o biventricular, con canulación central o periférica y con la posibilidad de usar las mismas cánulas de circulación extracorpórea o del Excor (Fig.8). Otra gran ventaja es la capacidad para transformar a ECMO (oxigenación de membrana extracorpórea).

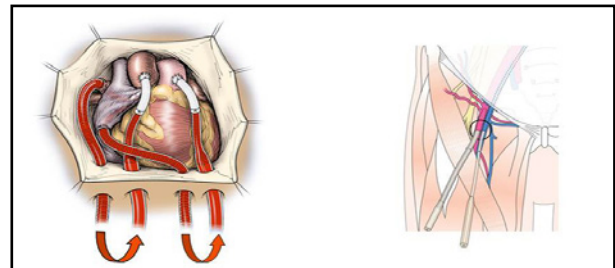


Fig 8. Centrimag Levitronix. Canulación central o periférica

NUEVAS TECNOLOGÍAS

Durante la última década ha habido una experiencia creciente con dispositivos más eficaces, que permiten una asistencia de más larga duración. La evolución tecnológica ha permitido la fabricación de bombas minicentrífugas implantables además del desarrollo de otros dispositivos de flujo continuo axial. Estos últimos no serán objeto de consideración en esta ocasión, para centrarnos exclusivamente en las bombas minicentrífugas, concretamente en los dispositivos HeartWare HVAD, DuraHeart y HeartMate 3 LVAS.

HeartWare HVAD

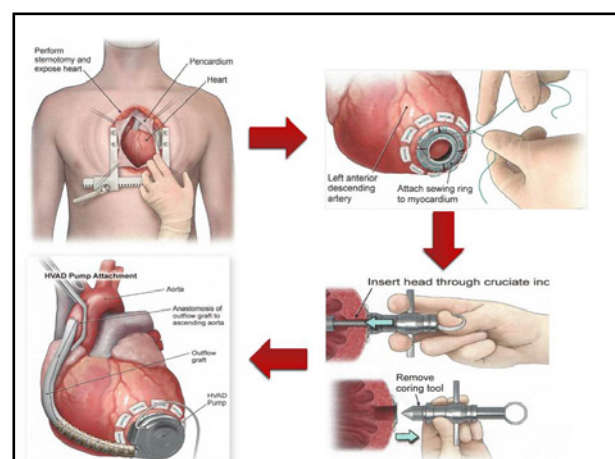


Fig 9. HeartWare HVAD. Técnica de implantación

Es una minicentrífuga implantable en el ventrículo izquierdo. Pesa tan poco como 160 gramos, tiene un diámetro de 50 mm y una capacidad de 50 c.c. Permite un flujo superior a 10 litros por minuto y tiene un mecanismo híbrido hidráulico-magnético, por lo que se reduce la hemolisis.

Hay una evidencia acumulada creciente, utilizándose actualmente en 41 países. El año 2012 la FDA autorizó su utilización en Estados Unidos como dispositivo puente al trasplante.

Anteriormente, ya en el año 2009 obtuvo la aprobación de la Comunidad Europea y en 2012 se autorizó como implante definitivo (terapia de destino). Actualmente hay un manejo clínico en USA como terapia de destino.

En un estudio multicéntrico prospectivo REVOLVE(6) que comprende 9 centros (7 en la Unión Europea y 2 en Australia) publicado en J. Heart Lung Transplant 2014; concluyen que el sistema HaertWare demuestra una evolución clínica excelente.

Actualmente ya se ha implantado en más de 10.000 pacientes y su utilización continua en ascenso.

La implantación del dispositivo exige esternotomía. Una vez expuesto el corazón y establecida la circulación extracorpórea, se fija un anillo con puntos sueltos en la punta del ventrículo izquierdo y utilizando un instrumental específico se labra un canal en el espesor del miocardio, resecano exactamente la cantidad de músculo cardíaco que permita la introducción exacta y hermética de la bomba minicentrífuga, que se conecta a continuación, mediante una prótesis tubular a la aorta ascendente.

DuraHeart

Es otra minicentrífuga de la casa Terumo. Tiene un peso de 540 gramos y un diámetro de 45 mm. Construida en Titanio, es de levitación magnética, permitiendo un flujo superior a 8 litros por minuto.

Existe gran experiencia en Asia con este dispositivo.

HeartMate 3 LVAS

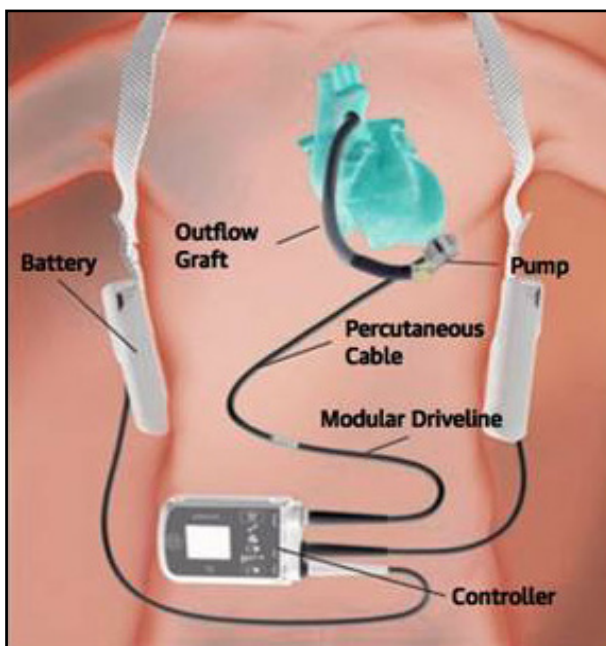


Fig 10. HeartMate 3 LVAS

Es un dispositivo de asistencia mecánica circulatoria de tecnología minicentrífuga para asistencia al ventrículo izquierdo, implantable intrapericardicamente, con una bomba que se inserta en la punta del ventrículo izquierdo, de donde se extrae la sangre para llevarla, mediante una prótesis tubular conectada a la aorta ascendente, al sistema arterial general.

Permite un flujo ajustable entre 2 y 10 litros por minuto y la velocidad de rotación varía entre 3.000 y 9.000 revoluciones por minuto. Dispone de dos baterías de ion-litio de 14 voltios.

Los componentes de este dispositivo, además de las dos baterías de 14 voltios de ion-litio, son un módulo de potencia, un cargador de batería universal, y, lo más atractivo e importante, dispone de una unidad de potencia móvil, que puede ser transportada con facilidad por el propio paciente, permitiéndole gozar de libertad de desplazamiento.

El primer paciente que recibió este dispositivo, precursor de lo que serán en el futuro los corazones artificiales portátiles, fue durante el año 2014. En octubre de 2015 obtuvo la marca CE para uso como puente al trasplante, como terapia de destino o como procedimiento de recuperación del fallo cardíaco.

En España, al menos que yo sepa, no se ha implantado todavía cuando se redactó este manuscrito. Está en marcha un estudio en USA de más de mil pacientes.

CONCLUSIONES

Las bombas centrífugas han experimentado una evolución técnica que les han convertido en un excelente sistema de soporte cardiocirculatorio.

La Levitronix Centrimag está especialmente indicada en el fallo primario del injerto y en el fallo post-cardiotomía o a la salida de circulación extracorpórea o también como puente al trasplante cardíaco., permitiendo soportes de 30 días con mayor fiabilidad que la Biomedicus.

Las centrífugas (HeartWare HVAD, DuraHeart y HeartMate 3 LVAS) son ya el presente y el futuro del soporte a largo plazo, como terapia destino.

No existe conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cleland J.G., Khand A, Clark A.: The heart failure epidemic: exactly how big is it?. Eur Heart J.2001; 22:623-626.
2. Anstadt G.L., Blakemore B, Bane D.B.: A new instrument for prolonged mechanical massage. Circulation, 1965. Vol. 31 y 32:43-44.
3. Téllez de Peralta G.: Asistencia Ventricular y co-

- razón artificial: concepto, indicaciones y resultados. En Tratado de Cirugía Cardiovascular. Gabriel Téllez de Peralta, editor. Madrid. Editorial Díaz de Santos, 1998, 372-384.
4. Westaby S.: Mechanical circulatory support. In: Landmarks in Cardiac Surgery. Chapter 8, Media. Oxford, United Kingdom, Ed. Isis Medical 1997. pp 279-305.
 5. Noon G.P.,Ball J.W. Papaconstantinou. Artificial Organs. Vol.19, Issue 7. Pp 756-760. July 1995.
 6. Martin Strueber, Robert Larbakestier, Paul Janz et al.: Results of the post-markert Registry to Evaluate the HaertWare Left Ventricular Assist System (REVOLVE). J. Heart Lung Trasplant 2014; 33: 486-491.

Si desea citar nuestro artículo:

Téllez-dePeralta G. Asistencia mecánica circulatoria. ANALES RANM [Internet]. Real Academia Nacional de Medicina de España; 2018 Sep 3; 135(01):33-39.

DOI: <http://dx.doi.org/10.32440/ar.2018.135.01.rev05>
