

ARTICULOS DE INTERES

DIÁLISIS

Contreras Useglio Rolando¹

RESUMEN

Los riñones son órganos excretorios de los vertebrados con forma de judía o habichuela. Cada día, los riñones limpian los fluidos de su organismo y regulan el equilibrio químico del mismo.

Muchas enfermedades o eventos pueden dañar los riñones y hacerlos fallar, esto puede ocurrir de forma súbita o puede tener lugar gradualmente durante meses o años. Las condiciones comunes incluyen la diabetes, la presión sanguínea alta, etc.

Cuando los riñones no pueden funcionar a más del 10 por ciento de la capacidad normal, la persona necesita diálisis renal o un trasplante de riñón para sobrevivir.

PALABRAS CLAVE

Diálisis, circuito de hemodiálisis.

DIÁLISIS

Hay varias maneras de realizar la diálisis. Todas ellas entran en dos categorías principales: Hemodiálisis y Diálisis Peritoneal. En el presente artículo se procederá a la explicación del funcionamiento de los equipos empleados en la hemodiálisis.

HEMODIÁLISIS

En medicina, la hemodiálisis es un procedimiento de sustitución renal extracorpóreo, consiste en extraer la sangre del organismo y pasarla a un dializador de doble compartimiento, el primero por el cual pasa la sangre y el segundo por donde pasa el líquido de diálisis, ambos están

separados por una membrana semipermeable. Por este método se elimina de la sangre residuos como potasio y urea, así como agua en exceso cuando los riñones son incapaces de realizar ello.

PRINCIPIO DE LA HEMODIÁLISIS

El principio de la hemodiálisis implica la difusión de solutos a través de una membrana semipermeable. La hemodiálisis confía en el transporte convectivo y utiliza el flujo de contracorriente en donde, en el circuito extracorpóreo, el dialisato fluye en la dirección opuesta al flujo sanguíneo. Los intercambios de contracorriente mantienen en un máximo el gradiente de concentración a través de la membrana y aumentan la eficacia de la diálisis.

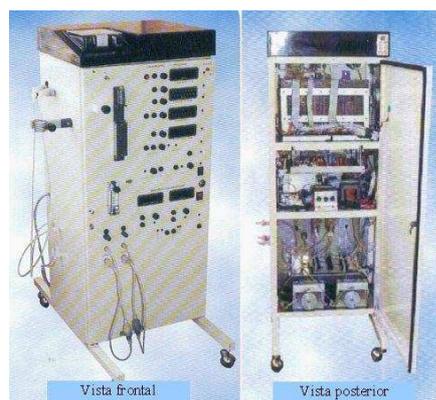
CIRCUITO DE LA HEMODIÁLISIS

El circuito de la hemodiálisis consiste principalmente en los siguientes elementos:

Máquina de Hemodiálisis

La máquina de diálisis consta de los siguientes elementos:

Máquina de Hemodiálisis

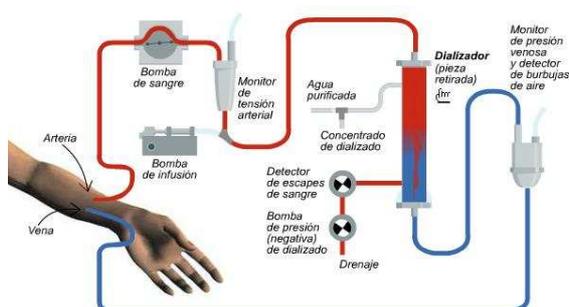


Fuente: http://www.upc.edu.pe/electronica_telecomunicaciones/Detalle.asp?CON=6201&BOL=32&EJE=529&SECC=204&TXT=1

- **Bomba de Sangre:** La bomba de sangre moviliza la sangre desde el acceso vascular al filtro de hemodiálisis y luego la retorna al

¹ Univ. Tercer año Facultad de Ingeniería Química UMSA

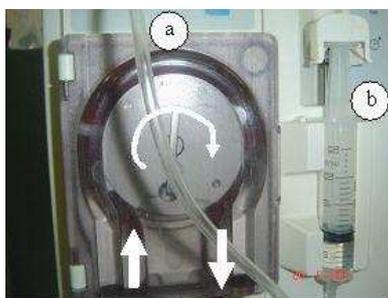
paciente. El flujo habitual en los pacientes adultos es de 200 a 350 ml/minuto. Está formada por una bomba peristáltica que tiene dos rodillos que presionan la manguera y al girar impulsan la sangre. Para el control de la bomba se utiliza un encoder óptico que mide la velocidad de giro del motor la cual es controlada a través de un circuito electrónico independiente.



Circuito de la Hemodiálisis

Fuente: <http://www.unav.es/malofiej/entries/11/020-3/hemodialisis.html>

- **Bomba de heparina:** La sangre al salir del organismo del paciente, tiende a coagularse, principalmente en el filtro. Para evitar este efecto indeseado se inyecta a la sangre una sustancia anticoagulante, llamada heparina. Una bomba de avance presiona a un ritmo constante una jeringa conteniendo la sustancia a inyectar. El control electrónico de la bomba de heparina debe ser muy preciso y cuenta con un sensor de fin de carrera que normalmente es un micro interruptor o un sensor inductivo.



a) Bomba de sangre, b) bomba de heparina

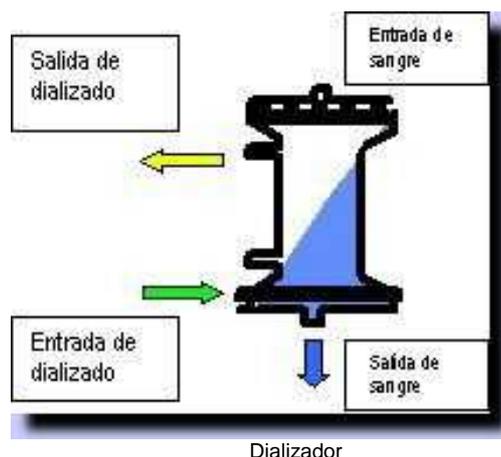
Fuente: http://www.upc.edu.pe/electronica_telecomunicaciones/Detalle.asp?CON=6201&BOL=32&EJE=529&SEC=204&TXT=1

- **Sistema de distribución de la solución de diálisis:** Existen dos tipos de sistemas para distribuir la solución de diálisis:
 - Distribución Central, donde toda la solución de diálisis requerida por la unidad de diálisis es producida por una sola máquina y es bombeada a través de cañerías a cada hemodializador.
 - Distribución Individual, donde cada máquina de diálisis produce su propio dializado (solución de diálisis).

En ambos sistemas, la solución de diálisis debe ser calentada por la máquina hasta una temperatura entre 34 y 39 °C, antes de ser enviada al dializador.

Para la preparación de la solución de diálisis se emplean alrededor de 120 litros de agua durante cada sesión. Todas las sustancias de bajo peso molecular presentes en el agua tienen un acceso directo a su torrente sanguíneo (como si fuesen administradas por vía intravenosa). Por esta razón es importante que la pureza del agua utilizada sea conocida y controlada. Además, los cultivos de bacterias deben mantenerse por debajo de 200 colonias/ml.

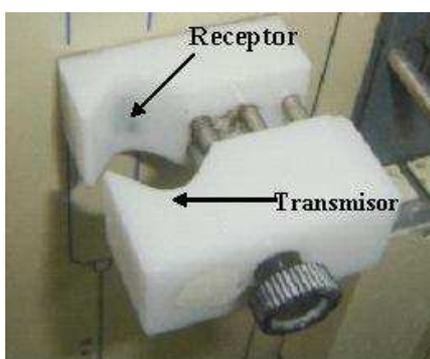
- **Dializador:** El dializador es el elemento principal para realizar una hemodiálisis y pretende suplir la función de los glomérulos, que son las células esenciales del riñón.



Fuente: http://www.dialisistalcahuano.cl/product_12.html

Es un recipiente cilíndrico de 40cm. de largo. Está formado por un recipiente externo de plástico dentro de la cual está la membrana de diálisis (existen de diferentes tipos) que es semipermeable, que separa los dos compartimentos. Por un comportamiento circula la sangre que viene del paciente cargado de desechos y agua. Por el otro circula el dializado o baño de diálisis. El dializado es una mezcla de agua casi pura con una cantidad de sales conocida, que se indica para cada paciente de acuerdo a sus exámenes de laboratorio. La membrana semipermeable que separa ambos compartimentos es porosa. De este modo la membrana permite el paso solamente de algunos elementos, por ejemplo sodio, urea, potasio, creatinina y fósforo entre otros. Los glóbulos rojos, los glóbulos blancos, las bacterias y las proteínas sanguíneas, no pasan.

- **Detector de burbuja de aire:** En el circuito por donde fluye la sangre, es probable que ingresen burbujas de aire que pueden luego ingresar al paciente y producir la muerte por embolia gaseosa. Para evitar esto se utiliza un sensor ubicado en el retorno de sangre al paciente, el cual detecta burbujas de aire que pasan por un bulbo colocado en el sensor, utilizando para ello un circuito electrónico por ultrasonido: el transmisor emite una señal de alta frecuencia que pasa por la sangre, pero al pasar por el aire (otro medio) sufre un desfase que será detectado en el receptor. En ese momento se paraliza la bomba de sangre y se activa la alarma.

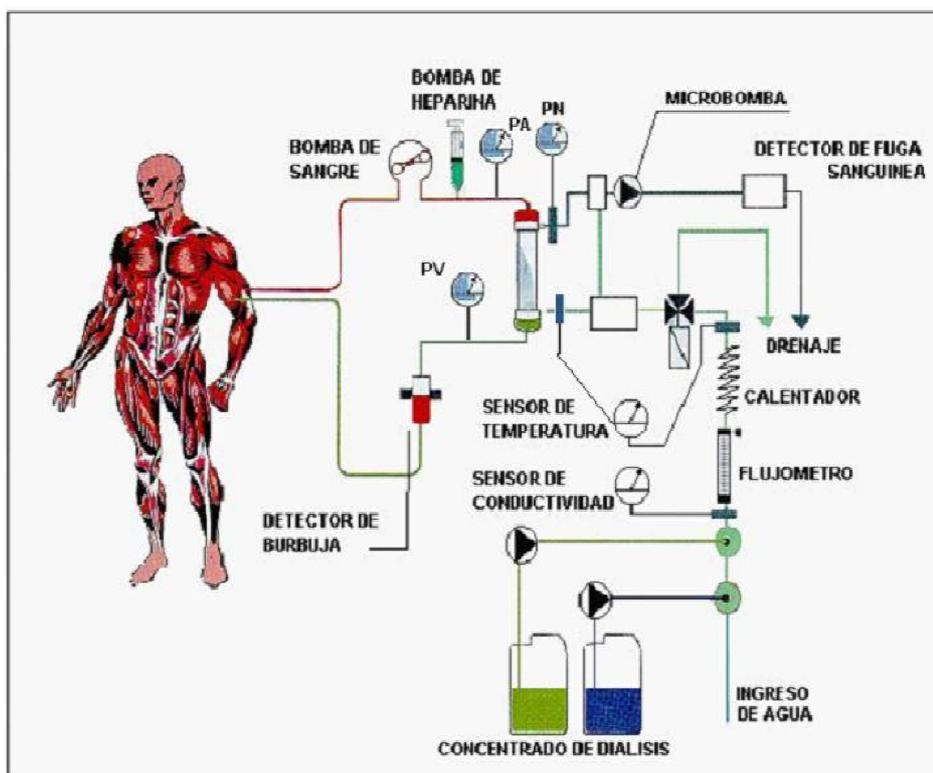


Fuente: http://www.upc.edu.pe/electronica_telecomunicaciones/Detalle.asp?CON=6201&BOL=32&EJE=529&SECC=204&XT=1

- **Control de presión en el filtro:** Para controlar el gradiente de presión en las cámaras del filtro, una micro bomba con cabezal de aspas giratorias produce una presión hidráulica controlada en la cámara de líquido dializante. El sistema controlará la velocidad de la bomba según la cantidad de agua que se requiera extraer del paciente.

Detector de fuga sanguínea: Algunas veces la membrana del filtro de hemodiálisis se rompe por exceso de presión sobre la membrana, o por el exceso de uso de la misma. De ocurrir este evento la sangre pasa al lado de la cámara del líquido dializante y luego va al desagüe, lo que lleva a una pérdida de sangre a lo que se llama fuga sanguínea. Para detectar oportunamente este problema, se coloca un sensor que detecta el cambio de coloración del agua. Para esto se utiliza un led rojo brillante y una fotorresistencia (LDR) en posición frente a frente, y entre ellos fluye el líquido que, al cambiar el color por la presencia de sangre, hace que la fotorresistencia cambie su valor de impedancia. Una vez detectado se envía una señal al sistema de control central para activar las señales de alarma correspondientes.

- **Electro válvula de bypass:** Es un elemento electromecánico de seguridad para el paciente, compuesto principalmente por un solenoide y una válvula de una entrada y dos salidas. Está ubicado en el circuito de solución de diálisis, antes que este líquido ingrese al filtro. Su función es desviar hacia el desagüe la solución de diálisis que no cumple con los parámetros adecuados de temperatura y conductividad.



Circuito Completo de la Hemodiálisis

Fuente: http://www.upc.edu.pe/electronica_telecomunicaciones/Detalle.asp?CON=6201&BOL=32&EJE=529&SECC=204&TXT=1

- **Conductividad de la solución de diálisis:** La máquina de hemodiálisis debe ser capaz de mezclar los concentrados con el agua ultra pura y obtener la solución de diálisis adecuada. Para esto se utilizan bombas peristálticas y sensores de conductividad con electrodos de platino.
- **Sistema de control de temperatura:** La solución de diálisis tiene que tener la misma temperatura que la sangre del paciente, de no ser así y no calentarse el agua, el paciente puede sufrir de hipotermia. Para esto se utiliza un calentador en la entrada de la solución dializante, dos ó más sensores de temperatura (generalmente NTC de coeficiente negativo) cesan la temperatura de la solución en diferentes puntos y actúan sobre el calentador (filamento de Nicrom aislado dentro de un bulbo de acero

inoxidable). El control de la potencia del calentador normalmente se realiza a través del control del ángulo de disparo de los triacs y la detección del cruce por cero voltios de la señal alterna.

- **Circuito Completo de la Diálisis**

De forma general se puede observar en qué consistía el circuito de la hemodiálisis, y en el desarrollo podemos observar que se necesitan algunas condiciones adicionales para controlar todo el proceso.

Para ello se procede a analizar el siguiente circuito con un esquema más completo de cómo se procede a construir el equipo para realizar la hemodiálisis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cieza Dávila J. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.,. La Ingeniería Electrónica detrás de la Máquina de Hemodiálisis – Riñón Artificial. [En Línea]. <http://www.upc.edu.pe/electronica_telecomunicaciones/Detalle.asp?CON=6201&BOL=32&EJE=529&SECC=204&TXT=1>. Lugar de publicación: Perú. Fecha de Publicación: 02/11/08. [Fecha de Consulta: 07/08/11]
2. Wikipedia. La Enciclopedia Libre. Hemodiálisis. [En Línea]. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Hemodialisis>>. Edición: Desconocida. Lugar de publicación: Desconocido. Fecha de Publicación: 14/07/11. [Fecha de Consulta: 07/08/11]
3. EL PAIS. Hemodiálisis. [En Línea]. <<http://www.unav.es/malofiej/entries/11/020-3/hemodialisis.html>>. Edición: Desconocida. Lugar de publicación: Desconocido. Fecha de Publicación: Desconocida. [Fecha de Consulta: 07/08/11]
4. Anónimo. Hemodiálisis [En Línea]. <<http://www.bioingenieros.com/bio-maquinas/hemodialisis/index.htm>>. Edición: Desconocida. Lugar de publicación: Desconocido. Fecha de Publicación: Desconocida. [Fecha de Consulta: 07/08/11]
5. Anónimo. Filtro de Diálisis [En Línea]. <http://www.dialisistalcahuano.cl/product_12.html>. Edición: Desconocida. Lugar de publicación: Desconocido. Fecha de Publicación: Desconocida. [Fecha de Consulta: 07/08/11]