

**Coordinador****P. Aljama García**

Servicio de Nefrología  
Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba

**Expertos****R. Escallada Cotero**

Servicio de Nefrología  
Hospital Universitario Marqués de Valdecilla. Santander

**A. Fernández Escribano**

Servicio de Nefrología Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid

**A. Luque de Pablos**

Servicio de Nefrología Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid

**R. Marcén Letosa**

Servicio de Nefrología  
Hospital Ramón y Cajal. Madrid

**A.L. Martín de Francisco**

Servicio de Nefrología  
Hospital Universitario Marqués de Valdecilla. Santander

**A. Martín-Malo**

Servicio de Nefrología  
Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba

**M.D. Morales**

Servicio de Nefrología Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid

**B. Ramos Frendo**

Servicio de Nefrología  
Hospital Regional Carlos Haya. Málaga

**C. Sanz Moreno**

Servicio de Nefrología  
Clínica Puerta de Hierro. Madrid

**TÉCNICA**

Los principios físicos en los que se basa la hemodiálisis (HD) son la difusión y la convección, los cuales permiten el paso de solutos y agua a través de una membrana semipermeable. Este intercambio entre la sangre y el líquido de diálisis (LD) logra la eliminación de las toxinas urémicas y el exceso de líquido del organismo, produciéndose de forma simultánea un equilibrio positivo hacia el paciente de calcio y bicarbonato.

## MECANISMOS DE TRANSPORTE DE SOLUTOS

### DIFUSIÓN

La eliminación de solutos mediante este proceso físico se produce por:

1. Gradiente de concentración. La transferencia neta de un soluto está íntimamente relacionada con la diferencia de concentración de éste a ambos lados de la membrana.
2. Peso molecular. Existe una correlación negativa entre el peso molecular de los solutos y su transporte a través de la membrana de diálisis.
3. Resistencia de la membrana de diálisis:
  - Está íntimamente ligada a las características intrínsecas de la misma. El transporte de solutos está negativamente relacionado con el número y tamaño de los poros y con el espesor de la membrana.
  - Producción de capas de recubrimiento que se depositan a ambos lados de la membrana. El grosor de estas capas le hacen perder eficacia depuradora y están relacionadas con el flujo de sangre y con el diseño del dializador.

### CONVECCIÓN

Basado en el transporte convectivo tiene lugar la ultrafiltración (UF), que permite el paso de agua y solutos a través de una membrana semipermeable. La UF se produce cuando el agua pasa a través de la membrana debido a una fuerza osmótica o hidrostática. Esta eliminación de agua se asocia a una pérdida de solutos de pequeño peso molecular, a la misma concentración que estaban al otro lado de la membrana.

1. Ultrafiltración hidrostática.
  - Presión transmembra. Durante la HD existe un paso de agua desde la sangre al LD debido al gradiente de presión generado entre ambos compartimientos.
  - Coeficiente de ultrafiltración (CUF). La permeabilidad al agua varía considerablemente dependiendo del espesor y el tamaño de los poros de cada membrana. Esta permeabilidad viene indicada por el CUF, que es definido como la cantidad de ml/h/mmHg que pasa la membrana, lo que permite dividir las membranas de alto flujo (> 20) y de bajo flujo (< 10).
2. Ultrafiltración osmótica. Se produce por el movimiento de agua de un compartimiento a otro para compensar la diferencia de concentración de solutos.

## CIRCUITO DE HEMODIÁLISIS

### 1. Líneas sanguíneas.

- La línea arterial lleva la sangre desde el acceso vascular al dializador mediante una bomba de sangre de rodillos, a un flujo ( $Q_b$ ) que puede oscilar entre 200-450 ml/min.
- La línea venosa devuelve la sangre depurada por el dializador al paciente.

### 2. Monitores de presión. Sistemas de alarma que regulan el funcionamiento del circuito, detectando déficit de flujo sanguíneo ( $Q_b$ ) y presión venosa de retorno.

### 3. Detector de aire y cámara atrapaburbujas. Su objetivo es eliminar el aire del circuito y prevenir su paso al paciente mediante una pinza automática.

## DIALIZADOR

Es el dispositivo esencial de la HD, donde está ubicada la membrana de diálisis, que separa el compartimiento de sangre del líquido de diálisis. La superficie y la composición química de la membrana constituyen las variables más importantes.

## LÍQUIDO DE DIÁLISIS

Compuesto por agua, Na, K, Cl, Ca, Mg, un alcalinizante preferiblemente bicarbonato y glucosa, a temperatura de 36-37 °C. El agua debe ser previamente desionizada y tratada con ósmosis inversa. A un flujo de 500-800 ml/min.

## ANTICOAGULACIÓN

El contacto de la sangre con el material de diálisis activa la cascada de la coagulación por la vía intrínseca por lo que se requiere anticoagulación. Esta tendencia a la coagulación es mayor con flujos de sangre bajos, hematócrito alto y una elevada tasa de UF. La más utilizada es la heparina sódica (0,5 a 0,8 mg/kg) a lo largo de la HD. Otras alternativas son las heparinas de bajo peso molecular y el citrato sódico.

## MODALIDADES

### HEMODIÁLISIS CONVENCIONAL

Dializadores de baja permeabilidad ( $< 10$  ml/h/mmHg), superficie media 1,1-1,5 m<sup>2</sup> de superficie,  $Q_b$  200-300 ml/min y  $Q_d$  a 500 ml/min.

### HEMODIÁLISIS DE ALTA EFICACIA

Dializadores de mayor superficie (1,8-2,2 m<sup>2</sup>), Q<sub>b</sub> de 300-400 ml/min y opcionalmente Q<sub>d</sub> de 700-1.000 ml/min con bicarbonato.

### HEMODIÁLISIS DE ALTO FLUJO

Dializadores de alta permeabilidad (CUF > 20) y aclaramiento (KoA > 600) y bicarbonato. Se recomienda un Q<sub>b</sub> > 350 ml/min.

### HEMOFILTRACIÓN

Proceso convectivo aislado. Membranas de alta permeabilidad con ultrafiltración por gradiente de presión hidrostática de 120-150 ml/min. Líquido de reposición similar al plasma de 22-30 l/sesión. Puede ser pre o posdilucional (Q<sub>b</sub> > 250).

### HEMODIAFILTRACIÓN

Combina difusión con alto transporte convectivo 40-80 ml/min con líquido de reposición entre 4-12 l/sesión. Membranas de alta permeabilidad y bicarbonato. Alta eficacia depuradora, buena tolerancia hemodinámica y alto coste.

### **Biofiltración**

Membrana de alta permeabilidad AN69, UF 3-4 l con líquido de reposición de bicarbonato sódico 40-100 mEq/l. Alcalinizante acetato o bicarbonato.

### **AFB (acetate free buffer)**

Similar a la biofiltración pero sin alcalinizante en el LD. Reposición con bicarbonato sódico 166 mEq/l entre 6-9 l/sesión.

### **PFD (paired filtration dialysis)**

Hemofiltro de dos cámaras para realizar primero la convección (polisulfona alto flujo [0,55 m<sup>2</sup>]) y después la difusión (membrana de bajo flujo [1,6-1,9 m<sup>2</sup>]). Entre ambos infusión de bicarbonato (6-12 l/sesión) *PFD-carbón*, el UF pasa por un cartucho de carbón activado que se usa para la reposición.

## En línea

Entre 80-120 ml de los 600 ml/min del líquido de diálisis se filtran por una membrana de polisulfona y se utiliza como líquido de reposición. Requiere un sistema de depuración que genere líquido estéril. Membrana de alta permeabilidad y Qb elevados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Polaschegg HD, Levin NW. Hemodialysis machines and monitors. En: Jacobs C, Kjellstrand K, Koch KM, Winchester JF, eds. Replacement of renal function by dialysis, 4.ª ed. Kluwer: Academic Publishers, 1996; 333-379.
- Rodríguez-Benot A, Martín-Malo A. Aspectos técnicos de la hemodiálisis, hemodiafiltración y hemofiltración. En: Hernando L, Aljama P, Arias M, Caramelo C, Egado J, Lamas S, eds. Nefrología clínica. Editorial Médica Panamericana, 1997; 626-631.
- Van Stone JC, Daugirdas JT. Hemodialysis: physiological principles. En: Daugirdas JT, Ing TS, eds. Handbook of dialysis, 2.ª ed. Little Brown, 1994; 13-30.