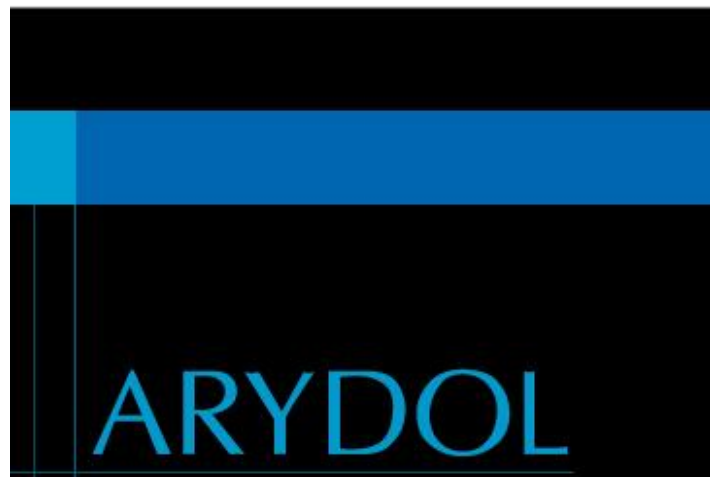


# **Fracaso Renal Agudo HEMOFILTRO**



**SUSANA PRETUS RUBIO, MIR 2 (2018)**

ANESTESIOLOGÍA Y REANIMACIÓN  
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE GETAFE, Madrid

## **FRACASO RENAL AGUDO**

### **Definición**

La Insuficiencia Renal Aguda, fracaso renal agudo o lesión renal aguda, es un deterioro brusco de la función renal que tiene como factor común la elevación de productos nitrogenados en sangre. Tiene lugar habitualmente en horas o días. Si la insuficiencia renal aparece en un período entre 3 semanas y 3 meses se denominará insuficiencia renal subaguda. El fracaso renal agudo es potencialmente reversible.

### **Prevalencia**

Hasta un 70% de los pacientes ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos sufren cierto grado de disfunción renal y alrededor del 5% necesitan tratamiento renal sustitutivo.

### **Diagnóstico - CRITERIOS**

La definición de FRA ha sido muy discutida a lo largo de la última década y se han propuestos dos posibles clasificaciones para definir su presencia en distintos estadios.

Bajo el acrónimo RIFLE (riesgo, daño o lesión, fallo, pérdida prolongada de función renal); se han pretendido unificar los criterios diagnósticos. Se trata de un sistema de clasificación empleado para definir los estados progresivos de lesión renal aguda (LRA) en 5 categorías. Está constituido por tres categorías de gravedad (se definen por la creatinina sérica y la diuresis) y dos de evolución clínica. La primera categoría (riesgo), identifica los requisitos mínimos para el diagnóstico de LRA; es decir, un incremento del 50% en la concentración de creatinina sérica y una disminución de la diuresis hasta 0,5 ml/kg/h durante al menos un período de 6 horas. Si los criterios de creatinina y de diuresis no concuerdan, se usa el peor parámetro para determinar la categoría.

Los criterios RIFLE tienen dos limitaciones:

- No existe un período de tiempo definido para el cambio de la creatinina sérica.
- El cambio mínimo en la creatinina sérica exigible para el diagnóstico de LRA se considera demasiado grande.

Debido a las limitaciones de los criterios RIFLE, se presentaron los criterios revisados AKIN. Éstos, requieren un cambio menor en la creatinina sérica (mayor o igual 0,3 mg/dL) para el diagnóstico de LRA. Además, exigen que el incremento en la creatinina sérica se produzca en las primeras 48 h.

Los criterios RIFLE no se han abandonado tras la presentación de los criterios AKIN; por lo que en la actualidad coexisten dos sistemas para el diagnóstico y la clasificación de LRA. Los estudios comparativos de ambos no han demostrado diferencias en cuanto a la predicción de la tasa de mortalidad.

### **CLASIFICACIÓN - Etiología**

Los trastornos clínicos que fomentan la aparición de LRA pueden clasificarse según la localización de la afectación, es decir: prerrenal, intrarrenal o posrenal.

### Trastornos prerrenales

La causa más frecuente de reducción del filtrado glomerular es la disminución del flujo sanguíneo renal (por ejemplo, por hipovolemia o insuficiencia cardiaca de bajo gasto).

Responde típicamente a intervenciones que aumenten el flujo sanguíneo sistémico (p. ej, reposición de la volemia); pero la respuesta puede perderse cuando el estado de bajo flujo es importante (p. ej, shock hipovolémico).

### Trastornos renales

- Necrosis tubular aguda (NTA): Las células dañadas se desprenden a la luz de los túbulos renales, donde producen una obstrucción. La obstrucción luminal crea una presión retrógrada en el lado luminal del glomérulo, con lo que disminuye la presión de filtración neta a través del glomérulo, y esto reduce la filtración glomerular. Este proceso se denomina autorregulación túbuloglomerular.

La NTA puede constituir una manifestación de uno de los siguientes trastornos: sepsis y shock séptico, medios de contraste radiológico, fármacos nefrotóxicos (aminoglucósidos, anfotericina B, antirretrovirales, cisplatino) o rhabdomiólisis con lesión renal mioglobinúrica.

- Nefritis intersticial aguda (NIA): también se debe a una lesión inflamatoria, pero la lesión se localiza en el intersticio renal, en lugar de en los túbulos renales. Puede cursar o no con oliguria. La NIA inducida por fármacos suele acompañarse de signos de una reacción de hipersensibilidad: fiebre, exantema y eosinofilia. Las primeras manifestaciones de la lesión renal aparecen varias semanas después de la primera exposición, pero pueden hacerlo en unos días tras una segunda exposición. La piuria estéril y la eosinofilia son manifestaciones frecuentes.

La mayoría de los casos se deben a una reacción farmacológica de hipersensibilidad (penicilinas, cefalosporinas, sulfamidas, vancomicina, macrólidos, tetraciclinas, rifampicina, fenitoína, ácido valproico, AINE, inhibidores de la bomba de protones, antagonistas H<sub>2</sub>); pero también pueden estar implicadas infecciones (normalmente víricas o por patógenos atípicos).

La retirada del tóxico renal constituye el tratamiento fundamental en estos casos.

### Obstrucción posrenal

En ocasiones, el filtrado se reduce porque en algún punto de la vía urinaria se ha producido una obstrucción, que aumenta retrógradamente la presión hasta la cápsula de Bowman. La obstrucción puede implicar a la porción más distal de los túbulos colectores renales (necrosis papilar), a los uréteres (obstrucción extraluminal por una masa retroperitoneal) o a la uretra (estenosis).

La resolución de la obstrucción y el tratamiento de su causa constituyen el tratamiento fundamental en estos casos.

### **Evaluación diagnóstica**

El estudio de la LRA comienza a la cabecera del paciente con una valoración ecográfica de los riñones en busca de alguna obstrucción posrenal. Si no hay obstrucción, el resto del estudio está encaminado a determinar si se trata de un problema prerrenal o un trastorno renal intrínseco. Puede ser difícil, y suele requerirse una sobrecarga de líquido para distinguirlas. Los parámetros expuestos en el cuadro de la diapositiva, pueden ayudar a distinguir entre los trastornos prerrenales y los renales (pero sólo en los pacientes con oliguria). La Excreción Fraccional de Urea se considera un parámetro más preciso de la función tubular renal que la concentración de sodio en una muestra de orina (una de sus principales ventajas es que no se encuentra influida por el tratamiento mediante diuréticos).

## HEMOFILTRO

### Introducción

Los métodos de depuración extrarrenal o terapias renales sustitutivas, se definen como un conjunto de modalidades terapéuticas que incluyen la circulación continua de sangre por circuitos extracorpóreos, con el fin de depurarla; sustituyendo las funciones renales de aclaramiento y balance hídrico. Sin embargo, no reemplazan el resto de funciones renales como la función endocrina, metabólica o tubular renal.

Existen múltiples tipos de terapia renal sustitutiva en la actualidad, cada vez más numerosos. La elección de una u otra modalidad terapéutica debe basarse en la mejor adaptación a la situación clínica del paciente.

- Técnicas INTERMITENTES:
  - o Hemodiálisis: En la mayoría de las instituciones, la hemodiálisis intermitente es la modalidad estándar de TRS para los pacientes hemodinámicamente estables. En este caso, los solutos se eliminan por un mecanismo de **difusión**, que está dirigido por un gradiente de concentración de los solutos a través de una membrana semipermeable. De esta manera, las moléculas capaces de atravesar los poros de la membrana se desplazarán desde el compartimento de alta concentración al de baja concentración hasta que ambos se igualen. La difusión es conducida por diferencias de la concentración del soluto entre la sangre y el dializado. Para mantener este gradiente de concentración, se usa una técnica denominada intercambio contracorriente, en el que la sangre y el líquido de diálisis son impulsados en direcciones opuestas a través de la membrana de diálisis. En este proceso, junto al gradiente de concentración, tienen gran importancia otras dos variables: el peso molecular de los solutos y las características de la membrana. El principal beneficio de la hemodiálisis es el aclaramiento rápido de solutos pequeños: sólo se eliminan moléculas de bajo peso molecular ( $< 500 \text{ Da}$ ). Sólo se necesitan unas horas de diálisis para eliminar acumulaciones potencialmente mortales de potasio o ácidos orgánicos, o para eliminar la carga diaria de desechos nitrogenados acumulados. Se eliminan principalmente por difusión: las moléculas de bajo PM presentes en abundancia en la sangre como la urea, el potasio o la creatinina.
  - o Diálisis Peritoneal
- **Técnicas de Depuración Extrarrenal CONTINUA (TDEC)**: Existen múltiples modalidades que difieren entre sí principalmente en función del mecanismo de transporte de solutos empleado (difusión y/o convección).
  - o **HEMOFILTRACIÓN VENOVENOSA CONTINUA**, *que vamos a ver posteriormente en profundidad.*
  - o **HEMODIAFILTRACIÓN venovenosa continua (HDFVVC)**: Método de TRS que combina las características de la diálisis con las de la hemofiltración; la difusión y la convección pueden ser utilizadas de manera independiente y también simultánea como en este caso. Es una técnica idónea para aquellos pacientes que necesitan una eliminación rápida de solutos, así como la eliminación de grandes cantidades de volumen.
  - o **HEMODIÁLISIS venovenosa continua (HDVVC)**: Mejora tolerada desde el punto de vista hemodinámico que en el caso de la hemodiálisis intermitente.
  - o **ULTRAFILTRACIÓN CONTINUA LENTA (SCUF)**: Se utiliza exclusivamente para eliminar volumen de líquido, pero no es útil para los pacientes que requieren eliminación de solutos.
- Técnicas HÍBRIDAS: Terapias de Reemplazo Renal Intermitentes Prolongadas.

## Hemofiltración venovenosa continua

La Hemofiltración utiliza como mecanismo de eliminación de solutos la **convección**, método basado en un gradiente de presión hidrostática para desplazar un líquido que contiene solutos a través de una membrana semipermeable. El líquido obtenido de esta manera se llama ultrafiltrado (UF). La salida de agua del compartimento sanguíneo empujada por una fuerza hidrostática a través de una membrana semipermeable, arrastra moléculas de pequeño y mediano calibre, hasta 40000 Da. El transporte convectivo permite la filtración de grandes cantidades de líquido.

La hemofiltración puede eliminar grandes volúmenes de líquido, pero el ritmo de eliminación de solutos es más lento que durante la hemodiálisis. Por lo tanto, la hemofiltración debe realizarse de forma continua para proporcionar una eliminación eficaz de los solutos. Su aclaramiento por unidad de tiempo es menor que en las técnicas intermitentes, pero al ser una técnica empleada durante las 24 horas al día; el aclaramiento final es mayor.

La hemofiltración presenta dos ventajas importantes. En primer lugar, permite una eliminación más gradual de líquido que la hemodiálisis, con lo que existen menos probabilidades de causar un compromiso hemodinámico; siendo las **técnicas más adecuadas para los pacientes hemodinámicamente inestables**. En segundo lugar, elimina moléculas de mayor tamaño que la hemodiálisis, lo que la convierte en el método de elección para eliminar toxinas como el etilenglicol; esta característica también permite eliminar mediadores inflamatorios, lo que puede suponer una ventaja terapéutica en pacientes con inflamación sistémica y fallo multiorgánico.

## Indicaciones

Fracaso renal agudo con:

- Hipervolemia refractaria a tratamiento médico
- Alteraciones hidroelectrolíticas que no responden a tratamiento convencional (preferentemente se utiliza la hemodiálisis por su mayor rapidez)
- Pacientes con daño cerebral

Existen otras indicaciones más allá del fracaso renal agudo, ya que las indicaciones de la hemofiltración se han ido ampliando de manera progresiva a enfermedades no renales; por su capacidad de eliminar mediadores de la inflamación y de mejorar la evolución pronóstica en pacientes críticamente enfermos:

- Fallo multiorgánico
- Shock séptico
- Síndrome de dificultad respiratoria aguda
- Hipertermia no controlada por medidas físicas
- Hipermetabolismo
- Grandes quemados
- Rabdiomiolisis
- Intoxicaciones
- Síndrome de lisis tumoral

La tendencia actual es a realizar la depuración extrarrenal de manera precoz cuando está indicada. Esta indicación ya no sólo depende del deseo de evitar un riesgo vital, sino también de normalizar la mayoría de los indicadores biológicos y metabólicos, y sobre todo, de no retrasar la depuración, algo difícil de solventar.

## 1. Accesos vasculares

Actualmente, las técnicas de depuración extrarrenal continua son siempre veno-venosas. En la hemofiltración **venovenosa** continua, se elimina sangre venosa que se devuelve a través de **catéteres de doble luz y calibre amplio**. Un acceso vascular de buen funcionamiento es crítico para mantener el circuito. Con este método, se requiere una bomba de sangre para generar una presión de filtración eficaz.

En el paciente crítico, a menudo en fallo multiorgánico, la norma es la utilización de catéteres en vías vasculares centrales. De elección, la **vena yugular interna derecha**. No se recomienda la vena subclavia por el riesgo de producir trombosis o estenosis; y que ello además dificulte la posterior realización de una fístula arteriovenosa.

## 2. Filtro

Los filtros utilizados en hemofiltración se caracterizan por tener una **alta permeabilidad** y una **baja resistencia** al deslizamiento de la sangre. El punto de corte de estos filtros es del orden de 30-40 KDa. Están compuestos por numerosas fibras huecas dispuestas en paralelo dentro de un cilindro de plástico; las cuales son recorridas longitudinalmente por la sangre del paciente, recogiéndose el ultrafiltrado producido alrededor de dichas fibras y saliendo al exterior a través de un orificio lateral.

A lo largo del recorrido de las fibras capilares la presión sanguínea hidrostática, responsable del fenómeno de ultrafiltración, disminuye progresivamente. Al mismo tiempo, la presión oncótica plasmática aumenta a causa de la hemoconcentración. En la medida en que el transporte convectivo es el resultado de la presión hidrostática que evacúa el plasma por convección y de la presión oncótica que la retiene; la fuerza motora eficaz se valora por integración de la superficie contenida entre las dos curvas de presión. Si los dos niveles de presión se cruzan, esta fuerza motora se anula y el recorrido de la sangre a lo largo del hemofiltro se vuelve inútil e incluso peligroso: se trata de una sangre muy concentrada que circula en contacto con un material extraño a baja velocidad, lo cual conlleva un riesgo elevado de trombosis del filtro. Por esta razón se deben usar **filtros cortos con gran número de fibras paralelas**.

## 3. Flujo sanguíneo y Fracción de Filtración

La dosis se define por el caudal del efluente (volumen de ultrafiltración): debe ser como mínimo 25 mL/kg/h para lograr, a pesar de las interrupciones y el tiempo de inactividad, una ultrafiltración de al menos 20 mL/kg/hora durante un período de 24 horas; para conseguir una hemofiltración eficaz. Las excepciones son pacientes con alteraciones hidroelectrolíticas severas que requieren una corrección rápida (comenzaremos con una dosis más alta y, posteriormente, la disminuirémos hasta 25 ml/kg/h).

El gradiente transmembrana es la diferencia de presiones hidrostáticas entre ambos compartimentos y el **coeficiente de ultrafiltración** se define como el volumen de líquido que es transferido a través de la membrana en una hora, por cada mmHg de gradiente de presión transmembrana. Los principales factores que lo determinan son la superficie de la membrana del hemofiltro, el gradiente transmembrana y el flujo sanguíneo.

Como ya hemos comentado, se requiere una bomba de sangre para generar una presión de ultrafiltración eficaz. De esta manera, el flujo sanguíneo está predeterminado. Como las resistencias a la perfusión del sistema son constantes, el flujo impuesto por la bomba determina la presión de ultrafiltración y, por tanto, la cantidad de ultrafiltrado producido. Así, el límite al flujo de UF se determina por el flujo sanguíneo a través del circuito y por el grado de hemoconcentración deseado.

La **fracción de filtración** es la fracción del agua de plasma que se retira de la sangre durante la ultrafiltración. Las fracciones de la filtración elevadas se asocian con incremento del riesgo de coagulación del circuito.

#### 4. Líquido de reposición

La gran cantidad de líquido ultrafiltrado debe compensarse mediante la administración de una solución de sustitución cuya composición esté adaptada con el objetivo de restablecer o mantener el equilibrio hidroelectrolítico deseado. Esta solución presenta una composición similar a la del plasma, pudiendo ser modificada para la corrección de alteraciones hidroelectrolíticas. *En la diapositiva observamos las concentraciones más utilizadas de los principales iones.*

En la medida en que los volúmenes y cantidades intercambiadas son muy altos, es comprensible que la hemofiltración sea a la vez extremadamente eficaz pero también potencialmente peligrosa para el paciente. Esto se debe al hecho de que la corrección hidroelectrolítica afecta en primer lugar al compartimento plasmático. Los espacios intracelular e intersticial están entre sí en equilibrio con el compartimento plasmático, pero el tiempo necesario de transferencia hídrica entre ellos es muy superior al que se necesita en la técnica de hemofiltración para sustraer agua del plasma. Puede aplicarse el mismo razonamiento a los electrolitos y a todas las sustancias que difunden con facilidad. Por ello, uno de los principales riesgos de la hemofiltración es alcanzar una situación de hipovolemia y de precarga-dependencia por haberse llevado a cabo una depleción hídrica demasiado rápida.

En la práctica, la solución de sustitución puede administrarse antes del paso por el hemofiltro, llevando a cabo la llamada técnica de predilución. La ventaja de la predilución consiste en reducir la concentración de los factores humorales y celulares de la coagulación en el momento de su paso por el hemofiltro; constituyendo una de las técnicas antitrombóticas para evitar la coagulación del filtro.

#### 5. Anticoagulación

Las técnicas de depuración extrarrenal continua requieren anticoagulación para evitar que la sangre se coagule al pasar por el circuito extracorpóreo (método antitrombótico para evitar la activación de la coagulación en contacto con materiales exógenos). Su empleo disminuye la coagulación del filtro, pero puede aumentar el riesgo de hemorragia. La Hemofiltración presenta un alto riesgo de trombosis por el prolongado tiempo durante el que se usa y porque los métodos convectivos que se caracterizan por una activación de la cascada de la coagulación más intensa ya que el proceso de ultrafiltración tiende a concentrar las proteínas plasmáticas y, por tanto, los factores de la coagulación durante su paso por la membrana. Es precisamente el contacto del plasma y la membrana el que inicia la activación de la cascada de la coagulación.

Las dos técnicas de anticoagulación más utilizadas actualmente son la **Heparina No Fraccionada** y el **Citrato**. La HNF se administra de manera sistémica y continua por lo que presenta un elevado riesgo hemorrágico. Sin embargo, el Citrato se administra de forma regional a nivel del circuito, lo que proporciona un menor riesgo de sangrado.