

FORMACION CONTINUADA

Técnicas de depuración extracorpórea continua (TDEC)

F. Liaño, C. Gámez, J. Pascual, J. Ortuño
Servicio de Nefrología. Hospital Ramón y Cajal, Madrid.

Introducción

Las técnicas de depuración extracorpórea continua (TDEC) se diferencian de la hemodiálisis convencional y sus diferentes variedades en la duración del proceso: generalmente días en las primeras y de tres a seis horas en las hemodiálisis.

Dos hechos son trascendentales en la aparición de la TDEC: la aplicación de una ultrafiltración aislada a enfermos con insuficiencia cardíaca y exceso de volumen, y la disponibilidad actual de nuevos filtros con un alto coeficiente de ultrafiltración (alrededor de 10 ml/min de forma espontánea), favorecidos por la aparición de nuevas membranas.

Los primeros que utilizaron una técnica de depuración extracorpórea continua fueron Qhelhorst y cols. y Kramer y cols. en 1977^{1,2,3}. Por las mismas fechas, Bergstrom y cols.⁴ y Shaldon y cols.⁵ observaron la mejor tolerancia hemodinámica a la ultrafiltración aislada que a la diálisis convencional, en pacientes hipotensos con sobrecarga de volumen e insuficiencia cardíaca. La buena tolerancia de esta técnica, el desarrollo industrial de filtros de alta permeabilidad (polisulfona, poliacrilonitrilo...) y el ingenio nefrológico, que no se contentó sólo con un manejo satisfactorio del volumen de los pacientes, introdujeron las siguientes técnicas:

1. *Ultrafiltración aislada continua*^{6,7}: Permite un manejo adecuado del volumen extracelular de los enfermos. Dado que lo que se obtiene con esta técnica es un ultrafiltrado del plasma, la concentración de sustancias en éste permanece inalterable y, por consiguiente, en ausencia de reinstauración de la diuresis es incapaz de mantener la constancia del medio interno.

2. *Hemofiltración continua*⁸⁻¹¹: Explota al máximo la

gran permeabilidad de las membranas. En esencia es similar a la ultrafiltración aislada pero con mayores volúmenes horarios de ultrafiltrado. Hablamos de hemofiltración continua cuando el volumen de ultrafiltrado es igual o mayor de 600 ml/h. Como volúmenes tan elevados no pueden mantenerse indefinidamente, esta técnica exige una reposición de líquidos al enfermo ajustada a sus necesidades. La HF continua permite un manejo adecuado del volumen extracelular y contribuye a mejorar la composición de su medio externo depurando sustancias por convección en el ultrafiltrado. La infusión al paciente de líquidos de sustitución sin sustancias indeseables ayuda a este fin.

3. *Hemodiálisis continua*¹²⁻¹⁵: Aúna dos capacidades de la membrana del filtro, la dializante y su permeabilidad. Con la diálisis se va logrando un control lento de la composición del medio interno, con la segunda se obtiene un volumen de ultrafiltrado importante que permite manejar el volumen extracelular de los pacientes. Arbitrariamente consideramos estar en presencia de hemodiálisis continua cuando ponemos en contacto la sangre, a través de una membrana, con un líquido de diálisis y cuando el volumen de ultrafiltrado horario es menor de 600 ml.

4. *Hemodiafiltración continua*¹⁶⁻¹⁸: Emplea las ventajas teóricas de la hemofiltración (depuración por convección) y de la diálisis (depuración por difusión), y permite manejar, al igual que las otras técnicas, cualquier exceso de volumen extracelular. Con esta modalidad se consigue en la práctica totalidad de los casos un control adecuado del medio interno.

Como en las hemodiálisis convencionales, las técnicas de depuración extracorpórea continua precisan accesos vasculares de toma (arteria o vena) y retorno de sangre (vena), una bomba impelente del circuito, el propio corazón o una bomba mecánica de rodillos, y un filtro adecuado. Estos tres elementos: circuito sanguíneo, bomba propulsora y modo de utilizar el filtro definen las diferentes formas posibles de depuración extracorpórea continua. En general los métodos arteriovenosos utilizan como bomba el propio corazón del enfermo y como origen arterial del circuito una arteria del paciente. Los métodos venovenosos usan, como

Correspondencia: Dr. F. Liaño.
Servicio de Nefrología.
Hospital Ramón y Cajal.
Ctra. Colmenar km 9,100.
28034 Madrid.

bomba, una bomba extracorpórea y como origen arterial del circuito (el que va al filtro) una vena del enfermo. Ambos métodos emplean para el retorno de la sangre una vena del paciente.

Considerando los modos de emplear el filtro y los otros dos elementos antes citados, las formas de utilización de estas técnicas serían:

UFAVAC: Ultrafiltración arteriovenosa aislada continua.

UFVVAC: Ultrafiltración venovenosa aislada continua.

HFAVC: Hemofiltración arteriovenosa continua.

HFVVC: Hemofiltración venovenosa continua.

HDAVC: Hemodiálisis arteriovenosa continua.

HDEVVC: Hemodiálisis venovenosa continua.

HDFAVC: Hemodiafiltración arteriovenosa continua.

HDFVVC: Hemodiafiltración venovenosa continua.

En **negrilla** hemos resaltado las técnicas preferidas por nosotros; la UFAVC y la HDAVC por su sencillez de manejo, y la HDEVVC y la HDFVVC por su eficacia en el control de la composición del medio interno. La HDFAVC, aunque teóricamente posible, es difícil en la práctica pues es casi imposible mantener unos volúmenes de ultrafiltrado superiores a 600 ml/h sin la ayuda de una bomba extracorpórea, al menos de forma mantenida.

PRINCIPIOS ELEMENTALES DE FUNCIONAMIENTO DE LAS TDEC

Al igual que en la diálisis convencional, los filtros utilizados en estas técnicas pueden considerarse como una membrana que separa dos compartimentos, uno el sanguíneo; el otro puede estar libre y por él drenar el volumen ultrafiltrado de la sangre en el caso de la UFA y la HF, u ocupado por el líquido de diálisis en las de HD y HDF.

Las membranas, por su gran coeficiente de ultrafiltración permiten el paso de un volumen cuantioso de líquidos desde el compartimento sanguíneo al exterior.

Por diálisis entendemos el transporte de solutos a través de una membrana semipermeable en función a diferentes gradientes de concentración. Este proceso dentro de las técnicas que consideramos funciona en la HDC y en la HDFC.

Se llama convección al transporte de solutos que acompaña a un proceso de ultrafiltración. Si el volumen del ultrafiltrado es elevado la convección juega un papel a considerar en la depuración de sustancias; si el volumen del ultrafiltrado es sustituido por otro de similar cuantía y de composición diferente (libre de los solutos que queremos depurar). Empleamos convección como elemento depurador cuando hacemos HFC y HDFC.

¿Cómo podemos modificar en la práctica estas fuerzas?

La ultrafiltración, y por consiguiente el aclaramiento por convección de solutos, aumenta: 1) si aumentamos la presión hidrostática en el compartimento sanguíneo, y 2) si aumentamos la presión negativa en el compartimento de drenaje o de líquido de diálisis. La presión hidrostática sanguínea, salvo que aumente la TA del enfermo, no debe incrementarse en las técnicas con acceso arteriovenoso. Es fundamental en las técnicas espontáneas que la presión sanguínea se transmita adecuadamente al compartimento sanguíneo del filtro, lo que va a depender de la resistencia que opongan el catéter y las líneas sanguíneas (dependiendo de su longitud y calibre fundamentalmente)^{8,19}.

En teoría podría aplicarse un aumento de presión, con una pinza o llave compresiva de rosca, a la salida del dializador en la línea venosa de la sangre, pero las posibilidades de que se produzca una trombosis del filtro aumentan también considerablemente. En las formas arteriovenosas de depuración extracorpórea continua la forma de controlar la ultrafiltración consiste en aumentar, o disminuir, la presión negativa (succión) sobre la membrana. Ello lo conseguimos a través de un efecto Venturi inducido por el propio ultrafiltrado inicialmente generado. La maniobra es similar a la de descargar un depósito de gasolina de un coche. Si aspiramos del tubo introducido en aquel, cuanto más bajemos el tubo al suelo más rápido drena. En nuestro caso, cuanto más baja esté la bolsa de drenaje respecto al filtro, más ultrafiltración obtendremos⁸. Por contra, cuanto más próxima en altura esté del filtro, menor será el ultrafiltrado. La maniobra descrita es suficiente en la práctica dado el alto coeficiente de ultrafiltración empleado. No obstante, si aplicáramos una bomba de vacío a la salida del filtro también aumentaría el ultrafiltrado²⁰.

En el caso de las técnicas venovenosas, que utilizan una bomba extracorpórea, la presión transmembrana puede incrementarse de tres formas: 1) aumentando moderadamente el flujo de sangre; 2) oponiendo cierta resistencia a la salida de la misma del dializador (pinza o llave de rosca); y 3) aumentando la presión negativa como hemos explicado antes.

El aclaramiento de solutos por difusión, en las técnicas que incorporan diálisis, se puede aumentar incrementando el flujo del líquido de diálisis^{21,22}.

INDICACIONES DE LAS TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL CONTINUAS

A. Por sobrecarga de volumen

Las indicaciones de estas técnicas frente a las de diálisis convencional vienen dadas por su mejor tolerancia hemodinámica.

1. Enfermos con sobrecarga de volumen que no hayan respondido a tratamiento diurético y se encuentren en anasarca.

2. Pacientes con sobrecarga de volumen en situación de shock cardiogénico o séptico, que toleran mal la ultrafiltración convencional más rápida.

3. Enfermos mantenidos hemodinámicamente con drogas vasoactivas que hagan hipotensión con la ultrafiltración convencional.

4. Evitar sobrecargas de volumen adicionales en los enfermos referidos en los puntos 2 y 3 que precisen para su tratamiento de grandes volúmenes diarios fundamentalmente por nutrición parenteral y para vehicular principios terapéuticos.

Todas las TDEC son útiles al objeto de manejar las sobrecargas de volumen. En ausencia de alteración de la composición del medio interno se emplean fundamentalmente las de UFC y las de HFC.

B. Por alteraciones en la composición del medio interno

Los defectos que con más frecuencia se tratan con estas técnicas son la hiperpotasemia no tóxica y la elevación de productos nitrogenados. La acidosis metabólica puede beneficiarse de ellas y/o del empleo adecuado en el líquido de sustitución de bicarbonato.

Los procedimientos a emplear en estas circunstancias son la HDC y la HDFC. En general, las HDC permiten mantener adecuadamente el medio interno en ausencia de catabolismo extremo. En estos casos a veces es necesario intercalar alguna sesión de diálisis convencional o pasar a HDFC.

C. Indicaciones por otras causas

1. Ausencia de material de diálisis convencional.

2. Falta de personal entrenado en las unidades de cuidados intensivos en diálisis convencional.

3. Posible depuración de mediadores de la respuesta inmune en pacientes en shock^{23, 24}.

4. En ausencia de bombas de circulación extracorpórea, utilizar las formas arteriovenosas de las diferentes técnicas.

5. Aunque las TDEC arteriovenosas pueden funcionar con TA sistólicas de hasta 60 mmHg, el empleo de las formas venovenosas, con su bomba extracorpórea, evita un trabajo adicional al corazón y disminuye el riesgo de trombosis del filtro.

En resumen, el enfermo prototipo en el que se usan estas técnicas es un enfermo ingresado en una unidad de cuidados intensivos, conectado a un respirador, hemodinámicamente inestable, en fracaso renal agudo, y generalmente en anasarca^{19, 25}.

CONTRAINDICACIONES DE LAS TDEC

— Paciente consciente. No parece razonable mantener a un sujeto despierto inmóvil, conectado a una máquina durante más de veinticuatro horas.

— La hiperpotasemia tóxica. Exige un tratamiento más rápido con diálisis convencional. Las hiperpotasemias moderadas sin trastornos electrocardiográficos severos pueden manejarse con HDC o HDFC.

— Enfermos en situación terminal.

NECESIDADES DE MATERIAL

1. Accesos vasculares

Las TDEC arteriovenosas precisan un catéter arterial situado a nivel femoral o radial, así como un catéter en una vena de gran caudal yugular, subclavia o femoral.

Las TDEC venovenosa necesitan dos catéteres situados en venas de gran caudal o uno de doble luz en una vena de esas características, obviando la necesidad de canalizar una arteria, lo que puede constituir una ventaja a tener en cuenta al disminuir la severidad de las complicaciones relacionadas con el acceso vascular²⁶.

2. Bombas

2.1. De sangre

Todas las técnicas venovenosas precisan una bomba de rodillos para hacer circular la sangre. Sería aconsejable que permitieran ajustar el flujo al menos entre 50 y 200 ml/h. Lo ideal sería que esta bomba formara parte de un monitor especialmente diseñado que permitiera controlar la presión del circuito sanguíneo y llevar incorporado en el mismo un sistema «atrapa burbujas» para prevenir hipotéticas embolias gaseosas.

2.2. De heparina

Prácticamente todas las TDEC precisan de la infusión continua de heparina para prevenir la coagulación del sistema. Dependiendo de la concentración de heparina utilizada pueden usarse diferentes bombas, de «jeringa» o de «sistema». No es necesario que su flujo sea superior a 10 ml/h. Excepcionalmente puede no ser necesaria.

2.2. De líquido de diálisis

Se empleará en las técnicas de hemodiálisis o hemodiafiltración continuas. Su capacidad de flujo debe ser como mínimo de 1l/h (de 999 ml/h son las habituales). Excepcionalmente, cuando queramos mejorar la eficacia dialítica se pueden emplear dos bombas de 1l/h.

Hay monitores en el mercado que proporcionarían las tres bombas citadas incorporadas en la misma unidad.

2.4. De líquido de reinfusión

Sería aconsejable disponer de una, por seguridad, en todas las TDEC. Es necesario, con independencia de la técnica empleada, siempre que el volumen de ultrafiltrado/horario en un paciente dado exceda el que tenemos previsto.

Su uso es casi siempre preciso en las hemodiálisis continuas y obligado en la hemodiafiltración continua. Esta bomba debe ser independiente de cualquier otra que pueda necesitar el paciente para recibir nutrición parenteral o fármacos. Es aconsejable que nos permita unos volúmenes de infusión de 1l/h.

2.5. Calentador de circuito

El mantenimiento de la sangre del paciente durante horas en contacto con el exterior puede ocasionar un descenso de su temperatura corporal. Esta situación se agrava si además ha de recibir grandes volúmenes de líquido de reinfusión. La alternativa es emplear un calentador de líneas que se ponga bien en el circuito sanguíneo, en el del líquido de diálisis o en el del líquido de reinfusión. Su uso en uno solo de estos circuitos suele ser suficiente para mantener la temperatura corporal del enfermo alrededor de 37 °C. La temperatura del calentador nunca debe ser superior a 37 °C si se usa en las líneas sanguínea o de reinfusión, ni de 37,5 °C si se usa en el circuito del líquido de diálisis. La técnica donde más frecuente es su empleo es la HDFVVC. Si el paciente está febril, un descenso de la temperatura a 36,5-37 °C puede ser beneficioso para disminuir su catabolismo. Debemos guiarnos por la temperatura del enfermo para comenzar su utilización. Una alternativa puede ser el calentamiento de los líquidos de infusión o diálisis al baño maría antes de su uso, siempre a temperaturas iguales o inferiores a 37 °C.

3. Sistemas de drenaje

Todas las TDEC precisan de un sistema de drenaje que permite recoger el ultrafiltrado obtenido del paciente en el caso de la UFC, y éste y el líquido de diálisis en la HDC y HDFC. Usualmente se emplea un sistema de diuresis cerrado. La medida del drenaje, como veremos luego, es laboriosa para el personal de enfermería, sin embargo de su exactitud depende que estos procedimientos se puedan utilizar con la seguridad debida. Por tanto, el drenaje no sólo debe recogerse, sino medirse con exactitud en una probeta o copa de cristal graduado.

4. Los filtros

Deben emplearse filtros de alta permeabilidad y gran biocompatibilidad. Las membranas que se usan con este fin son de poliacrilonitrilo, polisulfona o poliamida. Pueden ser en placas o capilares, y son diversas las casas que las distribuyen en el mercado. Su superficie para adultos suele estar entre 0,5 y 0,6 m². Su coeficiente de ultrafiltración debe ser tal que en condiciones necesarias (presión transmembrana adecuada) permitan un volumen de ultrafiltración de al menos 800 ml/h, o un volumen de ultrafiltración en empleo arteriovenoso no inferior a 300 ml/h.

5. Líquidos de diálisis

Los más sencillos de emplear son aquellos diseñados para su utilización en diálisis peritoneal. La concentración de glucosa debe ser de 1,5 g/l. La de potasio se ajustará según las necesidades del enfermo. Pueden emplearse productos distribuidos en frascos o bolsas de un litro, o en bolsas de cinco litros que facilitan el trabajo de enfermería.

6. Líquidos de reinfusión

Variarán según las condiciones del paciente y los criterios médicos⁸. En general se usan solución salina isotónica, Ringer lactato, bicarbonato 1/6 molar o líquidos de diálisis peritoneal alternándolos en diversas proporciones. A veces puede ser necesario añadir, ocasionalmente, algún expansor del líquido intravascular. Las concentraciones plasmáticas de magnesio y fósforo deben monitorizarse, especialmente en los pacientes con nutrición parenteral, pudiendo ser necesaria la administración de suplementos⁸.

Un resumen del utillaje y tipos de líquidos empleados en cada técnica puede verse en las tablas I y II.

PREPARACION DE LAS TECNICAS

En general seguiremos las recomendaciones de cada casa comercial. Tras asegurarnos de la esterilidad adecuada de los materiales que se van a poner en contacto con la sangre del enfermo, procederemos al desembalado del filtro y a fijarlo en un soporte adecuado.

Habitualmente, y en especial en las técnicas arteriovenosas, el filtro ha de colocarse a la altura del corazón del paciente para evitar un esfuerzo suplementario a la bomba cardíaca, de elevar la sangre al filtro si se sitúa encima del enfermo, o de subirla desde el filtro al paciente si se coloca por debajo.

Se procede a continuación al cebado y lavado del filtro, empleando para ello dos litros de solución salina

Tabla I. Características generales de las técnicas de depuración extracorpórea continua

	Sencillez de manejo	Volumen de ultrafiltrado/h (ml/h)	Capacidad depuradora	Necesidad de líquido de		Necesidad de heparina*
				Diálisis	Sustitución	
UFAVC	+++	200 – 400	–	No	A veces	Sí
UFVVC	++	200 – 400	–	No	A veces	Sí
HFAVC	+++	> 600	+	No	Sí	Sí
HFVVC	++	> 600	+	No	Sí	Sí
HDAVC	+++	300 – 600	++	Sí	A veces	Sí
HDVVC	++	300 – 600	++	Sí	A veces	Sí
HDFVVC	+	> 600, deseable > 1.000	+++	Sí	Sí	Sí

* Excepcionalmente puede prescindir de ella; también pueden usarse otras formas de anticoagulación.

Tabla II. Necesidades materiales de las técnicas de depuración extracorpórea continua más utilizadas

	Catéteres	Bombas de infusión continua				Filtro y drenaje	Calentador de líquidos
		Heparina*	L. reinfusión	L. dializante ▲	Sangre		
UFAVC	1A + 1V	Sí	Opcional	No	No	Sí	No
UFVVC	2V o 1VDL	Sí	Opcional	No	Sí	Sí	No
HDAVC	1A + 1V	Sí	Opcional	Sí	No	Sí	A veces
HDVVC	2V o 1VDL	Sí	Opcional	Sí	Sí	Sí	A veces
HDFVVC	2V o 1VDL	Sí	Obligada	Sí	Sí	Sí	Frecuente/

A: Arterial; V: Venoso; VDL: Venoso doble luz.
 * ocasionalmente pueden hacerse sin heparina.
 ▲ que permita un flujo de 1l/hora.

isotónica al 0,9 % heparinizada con 5.000 U de heparina (5 ml al 1 %) por cada litro. Esta fase tiene dos objetivos fundamentales: humedecer y preparar la membrana, y degasificar el filtro. Puede hacerse de dos formas:

En la primera se conectan las líneas arterial y venosa en las correspondientes entradas del filtro y el sistema de drenaje (o ultrafiltración) en una de las bocas de aquél destinadas a este fin. La otra boca se deja cerrada. Se coloca el filtro verticalmente de forma que la conexión venosa quede en la parte superior. Se deja pasar por gravedad, o con la bomba de sangre a un flujo mínimo, la solución de lavado previamente preparada. Hacer breves pinzamientos en la línea venosa; debido a la gran permeabilidad de los filtros comenzará a aparecer ultrafiltrado en el sistema de drenaje. Durante esta maniobra debe evitarse escrupulosamente el paso de aire al compartimento sanguíneo. Tras pasar 1,5-2 litros se pinzan las líneas arterial y venosa, invertimos el filtro dejando la entrada arterial arriba y ya estamos preparados para conectar al paciente.

En la segunda, ver figura 1, con el filtro vertical y su entrada arterial arriba, el líquido de lavado preparado se conecta a la línea venosa. El sistema arterial se conecta con la conexión de drenaje/diálisis más próxima

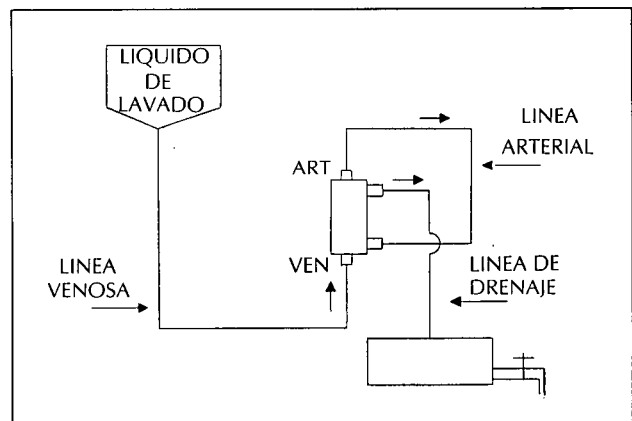


Fig. 1.

a la entrada de la línea venosa y el sistema de drenaje a la conexión más próxima a la entrada arterial. Se perfunden 1,5-2 litros de la solución lavadora. Se pinza a continuación la línea arterial que se dejará libre para conectar al paciente, procediendo a cerrar el extremo de drenaje/diálisis donde estaba conectada si vamos a hacer UF o HF, o conectando a esa boquilla el sistema

que aporta el líquido de diálisis si lo que vamos a hacer es HD o HDF continuas. Aquí también debe evitarse el paso de aire al compartimento sanguíneo.

Las líneas arterial y venosa necesitan ser más largas si se va a utilizar una bomba extracorpórea (técnicas venovenosas). En este caso la línea venosa debería llevar un filtro de coágulos y una cámara «atrapa burbujas».

Conexión del paciente

1. Anticoagulación

Debe prepararse antes de conectar al paciente. (Ver *Anticoagulación* en «Manejo práctico de los casos. - D»).

2. Conexión del circuito extracorpóreo

Pinzar los catéteres de toma y retorno sanguíneo al paciente. Quitar los tapones de los catéteres. Conectar la línea arterial. Despinzar la línea arterial permitiendo que la sangre fluya hacia el filtro, bien espontáneamente —arteriovenosas— o con ayuda de una bomba extracorpórea —venovenosas—. Inyectar la dosis de carga de heparina. Cuando la línea de retorno venosa tome un aspecto sonrosado conectarla al catéter venoso (si el enfermo está conectado a una bomba extracorpórea pararla). Despinzar el catéter venoso (volver a hacer funcionar la bomba si la tenía).

A continuación nos aseguramos que todo funcione, fundamentalmente que no entra aire al circuito sanguíneo por ningún punto. Comenzaremos asimismo la infusión continua de heparina. (Ver *Anticoagulación* en «Manejo práctico de los casos. D»).

3. Desconexión del paciente

Se procede a pinzar el catéter arterial. Se abre el sistema del líquido lavador, con solución salina, que pasa por gravedad o por efecto de la bomba extracorpórea. Dejar pasar hasta que salga claro por el extremo venoso, pinzando entonces el catéter venoso. Pinzar la línea arterial más allá del sistema del líquido lavador. Pinzar el sistema del líquido lavador. Conectar una jeringa al catéter arterial, despinzar y valorar que no salen coágulos. Si no salen conectar de nuevo la línea, abrir el sistema lavador y lavar. Si hay presión excesiva se puede favorecer el lavado comprimiendo el suero lavador. A continuación dejar los dos catéteres, o las dos vías de uno de doble luz, con suero heparinizado. Cerrar los extremos.

En caso de coágulos en el filtro y/o las líneas, no retransfundir la sangre de los sistemas.

Todas las maniobras deben hacerse con las debidas medidas de asepsia.

Precauciones a considerar en estas técnicas

A. Las que afectan al paciente

Son las más graves y la mayoría se explicarán en la sección de «Manejo práctico de procedimiento».

— Hipotensión severa por pérdida excesiva de volumen.

— Hemorragias facilitadas por el uso de anticoagulantes. En caso de hemorragia severa suspender la anticoagulación y/o la técnica.

— Embolia gaseosa: excepcional que ocurra en las formas arteriovenosas de tratamiento; de hecho, las líneas comercializadas para ellas vienen sin cámara «atrapa burbujas». Potencialmente grave en las venovenosas si se realizan sin sistemas «atrapa burbujas».

B. Las que afectan a la técnica en sí

— *Trombosis del filtro.* Puede ocurrir por utilización prolongada del mismo. Anticoagulación insuficiente. Acodadura de las líneas sanguíneas del circuito, fundamentalmente la de retorno. Trombosis de los catéteres del paciente.

La trombosis del filtro se puede detectar por una disminución importante del volumen de ultrafiltrado siempre que no hayamos modificado la presión transmembrana. Por el oscurecimiento del filtro y/o de las líneas sanguíneas. La aparición de coágulos o depósitos de fibrina en el filtro o en la cámara «atrapa burbujas» no implica trombosis del filtro, pero cuando se ve, la probabilidad de que ocurra es más alta. Las alarmas de la bomba de circulación extracorpórea, cuando se usan, pueden dispararse si hay alteraciones del flujo por trombosis del filtro.

Se soluciona cambiando el filtro y corrigiendo la causa.

— *Mal funcionamiento de las bombas.* Aunque en la actualidad la mayoría de las bombas de infusión continua llevan unas alarmas que indican un mal funcionamiento, puede ocurrir que dichas alarmas no funcionen o estén desconectadas. En estos casos, es buena práctica para evitar sorpresas indeseables, vigilar que los volúmenes de los líquidos que deben infundirse disminuyen al ritmo esperado. Las bombas de circulación extracorpórea llevan también sus correspondientes alarmas. En caso de avería cambiarlas.

— *Entrada de aire en el circuito sanguíneo.* Parar inmediatamente —si no lo ha hecho ella de forma automática— la bomba extracorpórea y pinzar la línea sanguínea distalmente a la localización del aire.

— *Mantener siempre permeables los catéteres del enfermo.* Si se va a cambiar el filtro y sus líneas, lavar antes los catéteres para evitar perder los accesos vasculares.

Manejo práctico de los casos

Dejando de lado los condicionantes logísticos, para la elección de una u otra TDEC siempre hemos de considerar dos aspectos del enfermo: el volumen del líquido corporal y la composición de su medio interno. Si sólo nos preocupa el volumen usaremos las técnicas de UFC; si también el medio interno, las de HDC o HDFC. En todo caso hemos de establecer unas medidas básicas referidas al:

A. Volumen

1. Estimar el volumen de líquidos del enfermo. ¿Exceso/defecto?
2. Cuantificar los aportes pautados en veinticuatro horas.
3. Valorar el balance negativo que se desea en veinticuatro horas.
4. Hacer balance horario:
 - Volumen del ultrafiltrado a la hora previa.
 - Aportes de la hora previa.
5. Hacer las modificaciones oportunas cada hora:
 - Cuantificar el volumen de infusión necesario en la siguiente hora.

Ejemplo: Tenemos un paciente hemodinámicamente estable con drogas presoras, un exceso de volumen de unos seis litros y en anuria. Para evitar modificaciones sobre la TA pretendemos hacerle diariamente un balance negativo suave. ¿Cómo proceder?

1. Estimación del volumen:

Tiene un exceso de 6 l. Para evitar posibles cambios hemodinámicos vamos a quitarle 2 l/día.

2. Cuantificación de aportes:

En este día tiene previstos:

Nutrición parenteral	2.000 ml
Líquidos con aminos	750 ml
Líquidos con antibióticos	500 ml
Sangre	800 ml
Bicarbonato	500 ml
	4.550 ml

3. Valoración del balance:

Aportes totales, + 4.550 ml.
 Pérdidas varias (aspiración, sudor...), 1.200 ml.
 Balance estimado, 3.350 ml.
 Necesidad de pérdidas = Balance estimado del día + Pérdidas deseadas.
 Necesidad de pérdidas = 3.350 + 2.000 = 5.350 ml/24 h.
 Para ello cada hora debe obtenerse un volumen de ultrafiltrado de: 5.350/24 = 220 ml/hora.

4. Qué hacer si...

— En la última hora el ultrafiltrado es de 500 ml
 Habrá tenido un exceso de pérdidas en esa hora de $500 - 220 = 280$ ml.

Por consiguiente, tendremos que reponer, en la próxima hora, exactamente esos 280 ml perdidos en exceso.

— En la última hora ha perdido (vol de UF) 110 ml.

Lo primero, comprobar que el filtro, las líneas y los catéteres estén bien. En ese caso aumentaremos la presión de filtración (bajando la bolsa de drenaje), aumentando el flujo de la bomba de sangre; poniendo presión al retorno venoso), según la técnica que estemos usando. Además suspenderemos el líquido de reinfusión de la siguiente hora. No modificaremos los aportes que tenía previamente pautados.

B. Composición del medio interno

1. Estimación de la técnica a usar:

— Si el enfermo es de peso y talla pequeña o normal y no hay catabolismo importante: HDC.

— Si el paciente es de peso y talla superior a la normal y/o hay catabolismo importante: HDFC.

2. Valoración de la situación metabólica del enfermo:

— Determinar al menos, previamente al empleo de la técnica, iones, urea, creatinina, glucosa, calcio y fósforo, y proteínas.

3. Valoración del hemograma. Inicial y cada veinticuatro horas.

4. Valorar la situación respiratoria del paciente, mínimo: gasometría, FiO_2 y Peep.

5. Valoración hemodinámica:

Valorar siempre TA, frecuencia cardíaca y PVC si disponemos de catéter adecuado. Si el enfermo tiene un catéter de Swan-Ganz se pueden hacer los estudios hemodinámicos que se consideren adecuados.

6. En caso de HDFC pautar volumen de ultrafiltrado/hora deseado. Siempre igual o superior a 600 ml/h, para facilitar depuración por convección. Acordarse de reponer volumen según las pautas señaladas en A.

7. En las primeras veinticuatro horas repetir el control bioquímico a la sexta, duodécima y vigésima cuarta horas del inicio de la técnica, con objeto de ajustar el tipo y composición de los líquidos de sustitución. Al menos cada veinticuatro horas en adelante.

C. Filtro

1. Asegurarnos periódicamente de su funcionamiento, según lo referido en «Precauciones a considerar en estas técnicas, B».

2. Cambiarlo con las líneas si se trombosa.

3. Cambiarlo cada cuarenta y ocho-setenta y dos horas y siempre que se aprecien defectos de funcionamiento.

D. Anticoagulación

Cualquier filtro por biocompatible que sea tiende a trombosarse en condiciones normales en contacto con la sangre del paciente. Para evitarlo hemos de anticoagularlo.

Las formas de anticoagulación son múltiples y están magníficamente revisadas por Mehta²⁷. Nosotros utilizamos heparina. Empleamos inicialmente una dosis de carga de 20-40 mg de heparina, dependiendo del peso del enfermo, que se administrará por la línea arterial. Si el enfermo está previamente anticoagulado por otra razón (ej., por ser portador de una válvula cardíaca) podemos prescindir de la dosis de carga o disminuirla.

Con posterioridad, y mientras dure la técnica, infundiremos, previamente al filtro por un sistema que la línea arterial lleva incorporado, 10 U de heparina por kilo de peso del paciente y hora. Para ello disolveremos la dosis de heparina a administrar en veinticuatro horas en solución salina isotónica y la infundiremos a la velocidad que nos permita nuestra bomba de infusión. Nosotros diluimos las 10 U hep/kg/h \times 24 h en 250 ml de solución salina al 0,9 % y la infundimos a 10 ml/h.

En presencia de diátesis hemorrágica discreta o de cirugía muy reciente, la dosis inicial puede disminuirse hasta un cuarto de la que correspondería y, excepcionalmente, suprimirse. En los casos anteriores la dosis de mantenimiento puede descenderse a 3-5 U/hep/kg/h. Hemos observado que los pacientes con plaquetopenia toleran períodos prolongados de circulación extracorpórea sin anticoagulación. En estos casos es útil «lavar» el filtro con 50-100 ml de solución salina cada dos horas. Si se hace esto, considerar el volumen extra aportado a la hora de hacer el balance.

Una hemorragia severa de cualquier origen es una contraindicación absoluta de las TDEC.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo con el apoyo de una beca del Fondo de Investigaciones Sanitarias de la Seguridad Social, España (FISs 93/0613).

Bibliografía

1. Quelhorst E, Reiger J, Doht B, Beckman H, Jarob I, Krafr B, Mietzsche G, Scheler F: Treatment of chronic uraemia by an ultrafiltration Kidney. First clinical experience. *Proc Europ Dial Transplant Ass* 13:314, 1976.
2. Kramer P, Matthaer D, Rieger J, Scheler F: A new automatic haemofiltration machine with continuously monitored fluid balance. *Proc Europ Dial Transplant Ass* 14:613, 1977.
3. Kramer P, Wigger RW, Rifger J, Matthaer D, Scheler F: Arteriovenous hemofiltration: a new and simple method for treatment of over hydrated patients resistant to diuretics. *Klin Wochenschrift* 55:1121-1122, 1977.
4. Bergström J, Asaba H, Fürst P, Oules R: Dialysis, ultrafiltration, and blood pressure. *Proc Europ Dial Transplant Ass* 13:293, 1976.
5. Shaldon S: Discusión del trabajo de Bergström. *Proc Europ Dial Transplant Ass* 13:300, 1976.
6. Olbricht C, Mueller C, Schurck HJ, Stolte H: Treatment of acute renal failure in patients with multiple organ failure by continuous spontaneous hemofiltration. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 28:33-37, 1982.
7. Paganni EP, O'Hara P, Nakamoto S: Slow continuous ultrafiltration in hemodialysis resistant oliguric acute renal failure. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 30:173-174, 1984.
8. Lauer A, Saccaggi A, Ronco C, Belledonne M, Galbman S, Bosch JP: Continuous arteriovenous hemofiltration in the critically ill patients. *Ann Intern Med* 99:455-460, 1983.
9. Kaplan AA, Longnecker RE, Folkert VW: Continuous arteriovenous hemofiltration: a report of six month's experience. *Ann Intern Med* 100:358-367, 1984.
10. Weis L, Danielson BG, Wikström B, Hedstrand U, Wahlberg J: Continuous arteriovenous hemofiltration in the treatment of 100 critically ill patients with acute renal failure: report on clinical outcome and nutritional aspects. *Clin Nephrol* 31:184-189, 1989.
11. Wendum J, Smithies M, Sheppard M, Buller K, Tinker J, Bihari D: Continuous high volume veno-venous haemofiltration in acute renal failure. *Intensive Care Med* 15:358-363, 1989.
12. Geronemus R, Schneider N: Continuous arteriovenous hemodialysis: a new modality for treatment of acute renal failure. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 30:610-613, 1984.
13. Raja R, Kramer M, Goldstein S, Caruama R, Lerner A: Comparison of continuous arteriovenous hemofiltration and continuous arteriovenous dialysis in critically ill patients. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 32:435-436, 1986.
14. Geronemus R, Schneider N: Continuous arteriovenous hemodialysis. *Kidney Int* 33 (Suppl 24):S159-S162, 1988.
15. Tam PYW, Huraib S, Mahan B, Leblanc D, Lunski CA, Holtzer C, Doyle CE, Vas SI, Uldall PR: Slow continuous hemodialysis for the management of complication acute renal failure in an intensive care unit. *Clin Nephrol* 30:79-85, 1988.
16. Voerman HJ, Strack van Schijndel RJM, Thijs L: Continuous arterial-venous hemodiafiltration in critically ill patients. *Crit Care Med* 18:911-914, 1990.
17. Alarabi AA, Danielson BG, Wikström B: Continuous arteriovenous hemodialysis: outcome in intensive care acute renal failure patients. *Nephrol* 64:58-62, 1993.
18. Bellomo R, Parkin G, Love J, Boyce N: Use of continuous haemodiafiltration: an approach to the management of acute renal failure in the critically ill. *Am J Nephrol* 12:240-245, 1992.
19. Wedel SK: Continuous renal replacement therapy. En: *Update of Intensive Care and Emergency Medicine* 14:444-453, 1991. JL Vicent (ed). Spring-Verlang.
20. Kaplan AA: Clinical trials with predilution and vacuum suction. Enhancing the efficiency of the CAVH treatment. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 32:49-51, 1986.
21. Sigler MH; Teechan BP, Valkenburgh DV: Solute transport in continuous hemodialysis. A New treatment for acute renal failure. *Kidney Int* 32:562-571, 1987.
22. Relton S, Greenberg A, Palevsky PM: Dialysate and blood flow dependence of diffusive solute clearance during CVVHD. *ASAIO* 38:M691-M696, 1992.
23. Storck M, Hartl WH, Zimmerer F, Inthorn D: Comparison of pump-driven and spontaneous continuous hemofiltration in postoperative acute renal failure. *Lancet* 337:452-455, 1991.
24. Bellomo R, Tipping P, Boyce N: Continuous veno-venous hemofiltration with dialysis remove cytokines from the circulation of septic patients. *Crit Care Med* 21:522-526, 1993.
25. Firth JD: Renal replacement therapy on the intensive care unit. *Q J Med* 86:75-77, 1993.
26. Bellomo R, Parkin G, Love J, Boyce N: A prospective comparative study of continuous arteriovenous hemodiafiltration and continuous venovenous hemodiafiltration in critically ill patients. *Am J Kidney Dis* 21:400-404, 1993.
27. Metha RL: Anticoagulation in severely ill patients treated with continuous hemofiltration. *Nefrología* 12 (supl. 4):287-29, 1992.

HOSPITAL RAMON Y CAJAL
TECNICAS DE DEPURACION EXTRACORPOREA CONTINUA
ORDENES DE TRATAMIENTO

Nombre: _____ N^o H^a: _____
Edad: _____ Sexo: _____ N^o de procedimiento: _____
Fecha de inicio: _____ Hora: _____

TECNICA:

1. Filtro:

2. Heparina:

Dosis: Inicial: _____
Mantenimiento: U/kg/h \approx U/24 h.
Disolver U en 250 ml de s. salino 0,9 %.
Pasar a: ml/h

3. Bomba de sangre a: _____ ml/min.

4. Líquido de diálisis: _____ a _____ l/h.
Añadir _____ mEq de Clk a cada bolsa de l.

5. Drenaje:

Drenaje horario = l del líquido de diálisis + Ultrafiltrado.

- Calcular el volumen de UF horario.
- Volumen de UF/hora deseado:
- Balance negativo hora deseado:

6. Líquidos de reposición:

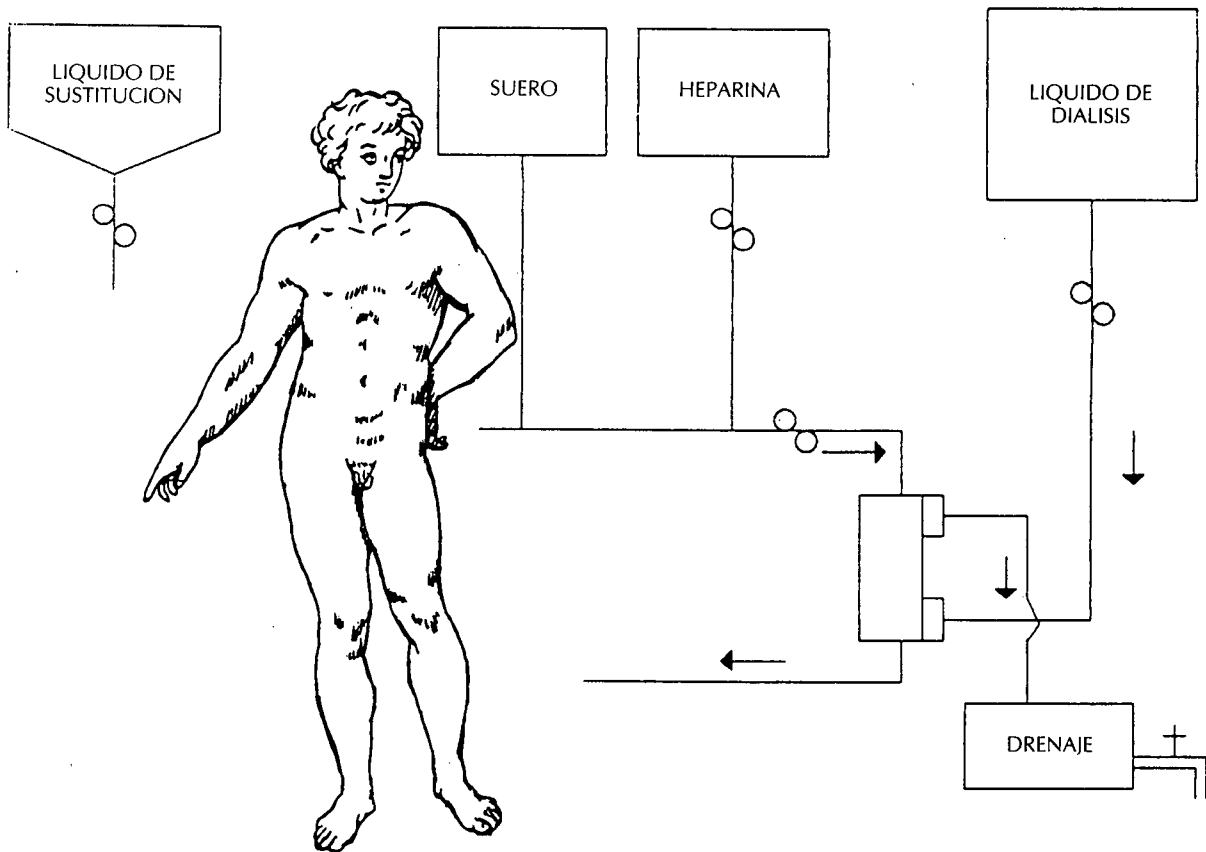
- Ritmo de infusión: Volumen de UF/hora previa menos ml.
- Alternar: _____ ml.
- _____ ml.
- _____ ml.
- _____ ml.

7. Antibióticos:

8. Otros:

DISEÑO DE VOLUMEN A PERDER

- A) Pérdidas deseadas/24 h: _____ ml.
 B) Aportes estimados/24 h: _____ ml.
 C) Líquido a perder/24 h: _____ ml.
 D) Balance negativo/hora deseado: _____ C/24h = _____ ml/h.



Ejemplo: Si en 1 hora drena _____ ml.
 El ultrafiltrado será: _____ ml.
 Reponer en la hora siguiente: _____ ml.

(Es la diferencia entre el UF obtenido en la hora previa y el balance negativo deseado).

TDEC - HOJA EVOLUTIVA	Técnica:	Nº procedimiento:			
Nombre:					
Diagnósticos:					
Sepsis: SI NO	Cirugía:				
Fecha de inicio:	Hora:	Duración de horas:			
Fecha de finalización:	Hora:	Lugar de realización:			
INDICADA POR (puede ser más de una): FRA _____ INS.CARDIACA _____					
SEPSIS _____ ANASARCA _____ OTRA _____ ¿Cuál? _____					
FINALIZADA POR: INDICACION MEDICA _____ TROMBOSIS FILTRO _____					
HIPOTA _____ HEMORRAGIA _____ EXITUS _____ OTRA _____ ¿Cuál? _____					
PARAMETROS					
DATOS	PREVIOS				
Hb/Ht ^e					
Leuc/Plaq					
Na/K					
Cl/CO ₂					
Urea/Crs					
Proteínas					
pH					
pO ₂					
pCO ₂					
FiO ₂					
Peep					
PVC					
TAS					
TAD					

	DIAS				
	1	2	3	4	5
H. Func.					
Vol. L. Dial.					
Vol. UF					
DIURESIS					
APORTES					
BALANCE					
AMINAS (Sí/No)					

COMENTARIOS:

EXITUS:

CAUSA DEL EXITUS: