

ARTÍCULO ESPECIAL: FORMACIÓN

Fracción de filtración en terapias convectivas continuas



M.E. Prieto-Arriba (RN, MsN)^a, A. Mateos-Dávila (RN, MsN, PhD)^{b,c,*},
Z. Iñiguez-de-Ciriano-Aldama (RN, MsN)^d, L. Martín-Cuadrado (RN, MsN)^e
y E.M. Guix-Comellas (RN, MsN, PhD)^f

^a Radiología Intervencionista, Hospital Universitario Árraba, Hospital Santiago, Vitoria-Gasteiz, España

^b Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Coordinadora Grupo de Trabajo Terapias Extracorpóreas de SEEIUC, Barcelona, España

^c Grup de Recerca en Cures d'Infermeria, Institut d'Investigació Biomèdica Sant Pau (IIB SANT PAU), Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona, España

^d Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Universitario Árraba, Hospital Santiago, Vitoria-Gasteiz, España

^e Escuela Universitaria de Enfermería de Vitoria-Gasteiz, Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz, España

^f Departamento de Enfermería Fundamental y Medicoquirúrgica, Escuela de Enfermería, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Campus Clínic, Universidad de Barcelona, Barcelona, España

Recibido el 27 de junio de 2022; aceptado el 16 de julio de 2022

PALABRAS CLAVE

Convección;
Hemofiltración;
Flujo hemático;
Fracción de
filtración;
Reposición posfiltro;
Reposición prefiltro;
Terapias continuas de
reemplazo renal;
Unidad de cuidados
intensivos (UCI);
Vida del filtro

Resumen Los tratamientos de depuración extracorpórea son tareas frecuentes en nuestro día a día y fundamentales en las unidades de cuidados intensivos. Su conocimiento y su destreza conllevan un tratamiento más eficaz y efectivo para el paciente y el cálculo de la fracción de filtración suma en todos estos objetivos.

Se ofrecen en este capítulo unos cálculos sencillos de este parámetro, teniendo en cuenta el flujo hemático y la reposición de líquidos en prefiltro o en posfiltro.

Si se logra simular el funcionamiento de nuestro riñón en estos tratamientos, conseguiremos trabajar en las condiciones más óptimas posibles: se evita «secar» en exceso los capilares del hemofiltro y aumenta la durabilidad de las terapias extracorpóreas. Por último, y como consecuencia de lo anterior, evitar complicaciones derivadas del aumento de transfusiones a estos pacientes críticos.

© 2022 Sociedad Española de Enfermería Intensiva y Unidades Coronarias (SEEIUC). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Convection;
Hemofiltration;
Blood flow;
Filtration fraction;

Filtration fraction in continuous convective therapies

Abstract Extracorporeal purification treatments are a very usual techniques in the intensive care units. Those treatments are essential for critical patients. Their knowledge and skill leads to a more efficient and effective treatment for the patient and the calculation of the filtration fraction adds to all these objectives.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: almumatedavi@gmail.com (A. Mateos-Dávila).

Posfilter reposition;
Prefilter reposition;
Continuous renal
replacement
therapies (CRRT);
Intensive care unit
(ICU);
Filter lifespan

This paper offers some simple calculations of this parameter, taking into account blood flow and fluid in the pre- or post-filter replacement.

If it's possible to simulate the kidney in these treatments, we will be able to work in the most optimal filter conditions and increases the filter lifespan. Finally, and as a consequence of the above, avoid complications derived from the increase in transfusions to these critical patients.

© 2022 Sociedad Española de Enfermería Intensiva y Unidades Coronarias (SEEIUC). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El filtrado glomerular de la nefrona es uno de los conceptos fundamentales que ayudan a clasificar la función renal y contribuye de forma muy importante a mantener el equilibrio del medio interno¹.

La filtración glomerular se produce por la interacción de diferentes fuerzas físicas:

- Presión hidrostática.
- Presión coloidosmótica capilar.
- Coeficiente de ultrafiltración.

Estos procesos físicos tienen lugar en el glomérulo renal, y es lo que vamos a simular con nuestros circuitos de depuración extracorpórea. Un filtro destinado a depurar, de la sangre que le llega, el agua y los «solutos objetivo» funciona también por procesos físicos que nos recuerdan a la fisiología renal. Si la pérdida hídrica a través del filtro no tiene en cuenta el proceso denominado «fracción de filtración», se fomentará la coagulación de los capilares de la membrana a medida que este factor se incrementa². Si la nefrona trabaja con un nivel de «deshidratación» del 25% sobre el agua plasmática que le aporta la arteria aferente del glomérulo renal, la línea aferente que llega al filtro debe perder como máximo esa cantidad de agua para conservar mínimamente la permeabilidad de los capilares^{3,4}. Este es el concepto de fracción de filtración (FF).

Objetivo

Aprender a calcular la FF para implementar los tratamientos convectivos continuos a los pacientes críticos de la forma más adecuada posible.

Desarrollo del tema

Definición de fracción de filtración

Definiremos FF como la cantidad de suero que ultrafiltramos del total de plasma que pasa por el filtro en un determinado periodo de tiempo⁵⁻⁷.

La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$FF = \frac{Q_{uf}}{Q_{pl} + Q_{pre}} \quad (1)$$

Donde:

- FF = fracción de filtración
- Q_{pl} = flujo plasmático
- Q_{pre} = flujo de reposición prefiltro
- Q_{uf} = Q_{pre} + Q_{pos} + Bal
- Q_{uf} = flujo de ultrafiltrado
- Q_{pos} = flujo de reposición posfiltro
- Bal = balance negativo del paciente

En el denominador de la fórmula de FF aparece el flujo plasmático. Este parámetro indica la cantidad de suero que se aporta al capilar del filtro y está en relación directa con el flujo de la bomba hemática.

Para poder calcularlo necesitamos conocer el hematocrito del paciente y multiplicaremos el flujo de sangre del circuito extracorpóreo (velocidad de la bomba de sangre) por el inverso del hematocrito, obteniendo así su valor.

$$Q_{pl} = Q_s \times \frac{100 - Hto}{100} \quad (2)$$

Donde:

- Q_{pl} = flujo plasmático
- Q_s = flujo de bomba de sangre
- Hto = hematocrito del paciente

Ejemplo: Paciente con un hematocrito de 30%, al que se pauta un flujo de bomba de sangre de 100 ml/min. Veamos qué flujo plasmático se obtiene:

$$Q_{pl} = 100 \times \frac{100 - 30}{100} = 70 \text{ ml/min} \quad (3)$$

Es decir, de los 100 ml/min que pasan por el filtro, 70 ml son agua.

Como se ha comprobado, esta fórmula solo considera el tratamiento convectivo. Si añadimos diálisis al tratamiento, no es necesario ajustar este parámetro, pues no se incluye este dato en la fórmula. El baño de diálisis entra por el lateral de la carcasa del filtro y sale por el efluente. No penetra en el capilar ni sale de él. Es por este motivo que se excluye de este cálculo.

Cálculo de la fracción de filtración óptima

El riñón humano tiene la capacidad de filtrar aproximadamente el 20% del gasto cardíaco que llega a la arteria aferente del glomérulo. Teniendo en cuenta la fisiología renal, el tratamiento pautado en terapias continuas no debería tener una FF mayor del 20-25%. Con los datos que nos aporta el riñón, calcularemos la FF en relación a estos valores del 20-25% para evitar que valores elevados de la misma pongan en riesgo de coagulación los capilares del hemofiltro^{8,9}.

Conociendo el volumen sanguíneo (Qs) que pasa por el filtro, se podría indicar cuál es el porcentaje adecuado para la extracción de suero sobre ese total de volumen hemático.

Tal como se expresa en la fórmula anteriormente indicada, hay que considerar los líquidos utilizados en el tratamiento convectivo y el flujo plasmático, para ajustar la FF adecuadamente¹⁰.

Fracción de filtración y cálculo del flujo hemático

En muchas ocasiones, al programar el monitor en convección (HFVC) se planteará a qué velocidad se ha de poner el flujo de bomba de sangre según el tratamiento adecuado para el paciente.

Veamos un ejemplo práctico:

Ingresa un paciente de 80 kg con un hematocrito del 30% al que se desea hacer un tratamiento convectivo de 30 ml/kg/h, la reposición se pone en posfiltro y no está indicado hacer balance negativo al paciente. Se necesita saber el flujo de sangre que es preciso pautar para que la FF no sea superior al 20%.

Se sustituyen datos en la fórmula:

$$FF = \frac{Q_{uf}}{Q_{pl} + Q_{pre}} = \frac{80 \times 30}{Q_{pl}} = Q_s \times 60 \times \frac{100 - 30}{100} = \frac{2400}{Q_s \times 42} \quad (4)$$

Dado que FF se desea no superior al 20%, despejamos:

$$Q_s = \frac{2400}{8,4} = 285 \text{ ml/min} \quad (5)$$

Por tanto, para el tratamiento pautado a dicho paciente sería necesario poner la bomba de sangre del circuito extracorpóreo a 285 ml/min para poder mantener una adecuada FF.

Dado que todas las bombas de líquidos vienen programadas en los monitores de depuración extracorpórea en ml/h y la bomba de sangre viene en ml/min, hay que poner un factor de conversión para poder trabajar en las mismas unidades. De ahí que se añada 60 al denominador.

Fracción de filtración con reposición prefiltro o posfiltro

Usando una técnica totalmente convectiva, tenemos varias opciones de reposición de líquidos: prefiltro o posfiltro. Existen monitores en el mercado que pueden repartir dicha dosis convectiva entre ambas, mientras hay otra bomba haciendo diálisis. Otros monitores tienen la posibilidad de diálisis y convección (hemodiafiltración) con una sola opción de reposición.

Partiendo de la fórmula de FF, se hará el cálculo de su valor dependiendo de dónde se ponga la reposición y veremos cómo cambia su valor dependiendo de la ubicación.

Reposición en posfiltro

Se utilizará esta opción con un paciente ingresado que tiene un hematocrito del 30% y se le quiere tratar con 900 ml/h de convección en posfiltro y un balance negativo horario de 100. Supongamos que ponemos una bomba de sangre a 100 ml/min:

Sustituyendo en la fórmula los datos de dicho tratamiento:

$$FF = \frac{900 + 100}{100 \times 60 \times \frac{100 - 30}{100}} \quad (6)$$

El resultado será FF = 23,8%

Reposición en prefiltro

Siguiendo con el ejemplo anterior, aplicando la reposición prefiltro, se obtendrá lo siguiente:

$$FF = \frac{900 + 100}{100 \times 60 \times \frac{100 - 30}{100} + 900} \quad (7)$$

El resultado será FF = 19,6%.

Se ve en este ejemplo que, si se pone reposición en prefiltro, baja en un cierto grado la FF. Esta no es la única manera de bajar este parámetro.

Disminución de la fracción de filtración manteniendo la misma dosis de tratamiento

Dado que la bomba de sangre es inversamente proporcional a la FF y la reposición prefiltro también lo es, cuando un tratamiento tenga una FF alta, se puede optar por algunas alternativas, según la literatura³:

- Aumentar la velocidad del flujo de sangre, si lo permite el catéter venoso.
- Disminuir la ultrafiltración, aumentando la misma cantidad en diálisis.
- Pasar la reposición a prefiltro.

Se han de conocer las ventajas y las desventajas de la reposición prefiltro y/o posfiltro para decidir qué compensa más: la eficacia del tratamiento o la bajada de la FF a valores más adecuados. Para valorar esta decisión hay que tener en cuenta el objetivo para el cual se ha instaurado este tratamiento, es decir, el parámetro guía, y qué mecanismo de eliminación utiliza. Por ejemplo, si tomamos la cifra de urea como referencia y la queremos bajar, sabemos que esta molécula se elimina por difusión y que la difusión es un principio físico que funciona por gradiente de concentración. Con baño de diálisis se eliminaría fácilmente. En cambio, si se hace convección con reposición prefiltro, se diluiría la sangre, bajando la concentración de urea y disminuyendo así la eficacia del tratamiento. A pesar de que la FF sería más baja, no se conseguiría el objetivo planteado en la indicación de la terapia. Esta sería una forma de decidir, bajo el parámetro guía, qué tratamiento sería el más conveniente en cada caso.

Otra cosa a tener en cuenta es la velocidad del flujo de sangre, que también afecta a la viscosidad de la misma. Con flujos muy lentos en la microcirculación, como ocurre en el shock séptico, la viscosidad puede aumentar significativamente, ya que aumentan las interacciones intercelulares y

también entre células sanguíneas y proteínas plasmáticas, aumentando la adhesión de los eritrocitos. Por otro lado, el uso de flujos altos genera turbulencias, principalmente en el interior del catéter y en la cámara venosa del circuito extracorpóreo, favoreciendo la formación de microburbujas. En este ámbito, es conocido que la sangre en contacto con el aire favorece la coagulación de los circuitos^{3,7}.

Conclusiones

Cuando hay que plantearse iniciar una terapia depurativa a un paciente, hay que pensar en el tipo y calibre del catéter a utilizar y su ubicación, en base al flujo de sangre que se necesitará. Es preciso elegir la membrana adecuada a esa terapia y, con ello, los líquidos de tratamiento que precisa ese paciente concreto. Es necesario tener en cuenta que el tratamiento convectivo debe ir programado según la FF calculada (aproximadamente el 20%). Esto asegura una mayor duración del filtro. Si la anticoagulación que el paciente necesita ha de ser citrato, no es necesario hacer este cálculo, ya que la dosis de citrato va asociada a la velocidad de la bomba de sangre y no la podemos modificar. Este cálculo de la FF, en el caso de citrato, hay que obviarlo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Ortiz Ruíz M, Martín Atucha N, García-Estañ López J. Hemodinámica renal y filtración glomerular | Fisiología humana, 4.^a ed. | AccessMedicina | McGraw Hill Medical. Publicado en 2010 [consultado 10 Jul 2022]. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1858§ionid=134365552>.
2. Karkar A, Ronco C. Prescription of CRRT: A pathway to optimize therapy. *Ann Intensive Care*. 2020;10:32, <http://dx.doi.org/10.1186/s13613-020-0648-y>.
3. Gaínza FJ. Problemas de coagulación de los circuitos extracorpóreos y estrategias para mejorar la duración de los filtros. *Nefrología*. 2007;27 Supl 3:166–77.
4. Gaínza F, Quintanilla N, Lampreale I. Anticoagulación y accesos vasculares en las técnicas de depuración extracorpórea. En: Net A, Roglán A, editores. *Depuración extrarrenal en el paciente grave - Medicina Intensiva*. Masson; 2004 [consultado 26 Jul 2019]. Disponible en: <https://tienda.fisaude.com/depuracion-extrarrenal-paciente-grave-p-1696.html>.
5. Guirao Moya A, Esteban Sánchez M, Fernández Gaute N, Murga González A, Vergara Díez L, Martínez García MP, et al. Monitorización de presiones en técnicas continuas de depuración extrarrenal. *Enferm Intensiva*. 2010;21:28–33, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enfi.2009.11.001>.
6. Monitorización de equipos de TCRR. Maynar Moliner J, Sánchez-Izquierdo Riera JA, editores. *Medicina Crítica Práctica. Fallo renal agudo y técnicas de depuración extracorpórea*. Edikamed.; 2001 [consultado 10 Jul 2022]. Disponible en: <https://www.editorialatlante.com.ar/13734/fallo-renal-agudo-y-tecnicas-de-depuracion-extracorporea>.
7. Terapias continuas de depuración extrarrenal (TCDE). Poch E, Liaño F, Gaínza FJ, Sánchez-Izquierdo J, Maynar Moliner F, Herrera Gutiérrez M, editores. *Manejo de la disfunción aguda del riñón del paciente crítico en la práctica clínica*. ERGON; 2015 [consultado 20 Feb 2021]. Disponible en: <https://ergon.es/producto/manejo-de-la-disfuncion-aguda-del-riñon-del-paciente-critico-en-la-practica-clinica/>.
8. Martínez Villar C, Charco Roca L, Fernández Ruipérez L, Canales Lara P. Aproximación a las terapias de remplazo renal continuas. *Rev Electrónica Anest*. 2022;14:1, <http://dx.doi.org/10.30445/rear.v14i2.1009>.
9. Pantoja-Gómez OC, Mondragón-Gaviria MV, Lasso-Florez AC, Lasso-Palomino RE. Terapia de reemplazo renal continua en niños: de los conceptos a la prescripción. *Rev Fac Cienc Salud Univ Cauca*. 2021;23:32–46, <http://dx.doi.org/10.47373/rfcs.2021.v23.1924>.
10. Charco-Roca LM, Ortega-Cerrato A. Hiperfiltración glomerular en el paciente crítico y su relevancia clínica. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2021;21:322–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acci.2021.02.006>.