

# Reacciones de hipersensibilidad a membranas sintéticas de hemodiálisis

Rafael J. Sánchez-Villanueva<sup>1</sup>, Elena González<sup>1</sup>, Santiago Quirce<sup>2</sup>, Raquel Díaz<sup>1</sup>, Laura Álvarez<sup>1</sup>, David Menéndez<sup>1</sup>, Lucía Rodríguez-Gayo<sup>1</sup>, M. Auxiliadora Bajo<sup>1</sup>, Rafael Selgas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Nefrología. Hospital Universitario La Paz. Madrid; <sup>2</sup> Servicio de Alergología. Hospital Universitario La Paz. Madrid

Nefrología 2014;34(4):520-5

doi:10.3265/Nefrologia.pre2014.May.12552

## RESUMEN

La realización de una sesión de hemodiálisis (HD) supone un cierto riesgo de aparición de reacciones adversas de hipersensibilidad, al estar en contacto abundantes cantidades de sangre con diferentes materiales de origen sintético. En HD han sido descritas reacciones de hipersensibilidad al óxido de etileno y a membranas no biocompatibles como el cuproamnio. También se han comunicado casos de hipersensibilidad con membranas biocompatibles como la polisulfona, e incluso con polisulfona asociada a polivinilpirrolidona. En este artículo queremos describir seis casos acontecidos en nuestro servicio de reacciones de hipersensibilidad mayoritariamente temprana a la sesión de HD, caracterizados por mal estado general, desaturación, broncoespasmo e hipotensión arterial, con buena respuesta a la suspensión temporal de la sesión y con reaparición en sesiones posteriores siempre que se utilizase un dializador sintético. Todas tienen en común no haberse dado de nuevo en sucesivas observaciones cuando las sesiones fueron realizadas con una membrana de celulosa.

**Palabras clave:** Hemodiálisis. Alergia. Polisulfona. Reacción de hipersensibilidad. Anafilaxia. Eosinofilia.

## INTRODUCCIÓN

La realización de una sesión de hemodiálisis (HD) supone un cierto riesgo de aparición de reacciones adversas de hipersensibilidad, al estar en contacto abundantes cantidades de sangre con diferentes materiales de origen sintético. Estas reacciones de hipersensibilidad asociadas

## *Hypersensitivity reactions to synthetic haemodialysis membranes*

### ABSTRACT

*Undergoing a haemodialysis (HD) session poses a certain risk of hypersensitivity adverse reactions as large quantities of blood are in contact with various synthetic materials. Hypersensitivity reactions to ethylene oxide and non-biocompatible membranes, such as cuprophane, have been described in HD. Cases of hypersensitivity with biocompatible membranes, such as polysulfone, and even polysulfone-polyvinylpyrrolidone, have also been reported. In this article we describe six cases of mostly early-stage hypersensitivity reactions to HD occurring in our department, characterised by malaise, desaturation, bronchospasm and arterial hypotension, with good response to the session's temporary suspension and with reappearance in subsequent sessions that used a synthetic dialyser. No hypersensitivity reactions reappeared in successive observations when the sessions were carried out using a cellulose membrane.*

**Keywords:** *Haemodialysis. Allergy. Polysulfone. Hypersensitivity reaction. Anaphylaxis. Eosinophilia.*

a la técnica de HD se han dividido clásicamente en dos tipos<sup>1</sup>: tipo A o reacciones de hipersensibilidad, que suelen ocurrir de forma inmediata, y tipo B o reacciones no específicas, que suelen comenzar de forma más tardía.

En HD han sido descritas reacciones de hipersensibilidad al óxido de etileno<sup>2-4</sup> y a membranas no biocompatibles como el cuproamnio. También se han comunicado casos de hipersensibilidad con membranas biocompatibles como la polisulfona<sup>5,6</sup>, e incluso con polisulfona asociada a polivinilpirrolidona<sup>7</sup>, un compuesto utilizado para evitar posibles reacciones adversas producidas por la interac-

**Correspondencia:** Rafael J. Sánchez Villanueva  
Servicio de Nefrología.  
Hospital Universitario La Paz.  
Paseo de la Castellana, 261. 28046 Madrid.  
rafaeljesus.sanchez@salud.madrid.org  
rjv@wanadoo.es

ción de la membrana de polisulfona con plaquetas y proteínas plasmáticas.

En este artículo queremos describir seis casos de reacciones adversas a membranas sintéticas de HD acontecidos en nuestro servicio desde el año 2011, con especial intensidad entre los meses de mayo y julio de 2013.

## CASOS CLÍNICOS

### Caso 1

Varón de 58 años, positivo para el virus de la hepatitis C (VHC), con insuficiencia renal crónica (IRC) secundaria a enfermedad poliquística hepatorenal del adulto, en programa de HD desde 1996 hasta 2000, año en que recibe trasplante renal de donante cadáver. Trasplante funcionante hasta mayo de 2010, cuando comienza de nuevo HD por disfunción crónica del injerto estadio 4-5T secundario a rechazo crónico humoral confirmado en la biopsia. Es dializado de forma habitual con dializador de polisulfona de alta permeabilidad en la modalidad de *on-line* predilucional (Helixona® FX-800, FMC). No presenta antecedentes alérgicos conocidos. En julio de 2011, por problemas de suministro, se cambia el dializador a poliamida de alta permeabilidad (Poliflux® 210 H, Gambro). Tras 20 minutos de conexión, avisan por dolor torácico opresivo acompañado de hipotensión (tensión arterial [TA] 80/40 mmHg) y desaturación al 88 %. No se refleja la presencia de sibilancias en la auscultación pulmonar. Tras retornar el circuito y pautar oxígeno a alto flujo, el paciente mejora espontáneamente. Después de lograr la estabilización de las constantes (TA 130/70 y saturación de oxígeno de 94 % basal), se reinicia la sesión y disminuye la ultrafiltración, sin más incidencias.

En la siguiente sesión de HD, a los 20 minutos de conexión, presenta la misma sintomatología de la sesión anterior (dolor torácico con hipotensión y saturación de oxígeno de 78 %). Se retorna al paciente y se pauta oxígeno a dosis altas y paracetamol 1 g intravenoso (i.v.). Tras esto, mejora sensiblemente, por lo que se vuelve a iniciar la sesión de HD, que finaliza también sin incidencias.

Ante la sospecha de reacción adversa al dializador, se decide cambiar este en la siguiente sesión por una membrana de polinefrona (Elisio™-21H, Nipro). Cuando lleva 35 minutos conectado, comienza con dolor centrotorácico, cefalea holocraneal y dolor abdominal. No se refleja la presencia de sibilancias en la auscultación pulmonar. La TA es de 80/50 mmHg, por lo que se retorna al paciente. Se pauta oxígeno a dosis altas y paracetamol 1 g i.v., con lo que el paciente mejora y 30 minutos después del comienzo del cuadro vuelve a iniciar sesión de HD, que se realiza sin incidencias.

Las pruebas complementarias que se realizaron (troponina-I y electrocardiograma [ECG]) no evidenciaron diferencias respecto a las previas. Únicamente destaca, en la analítica correspondiente a la tercera sesión, leucopenia (2300 leucocitos/ml) con fórmula normal, plaquetopenia de la misma magnitud a las que previamente presentaba (54 000 plaquetas/ml), proteína C reactiva (PCR) ligeramente elevada (11,5 mg/l) y aumento del D-dímero (8544 ng/ml, previo en junio de 2011: 2117 ng/ml), por lo que se solicita angiografía por tomografía computarizada de las arterias pulmonares, que descarta la presencia de tromboembolismo pulmonar.

Ante la sospecha de posible alergia a las membranas sintéticas, se decide realizar la siguiente sesión de HD con triacetato de celulosa (Sureflux®-21UX, Nipro), no presentando el paciente sintomatología alguna en esta sesión ni en las siguientes hasta el día de hoy.

### Caso 2

Mujer de 80 años con IRC de etiología multifactorial, en HD desde mayo de 2012. No presenta antecedentes alérgicos conocidos. Es dializada de forma habitual con Helixona® FX-80 desde el inicio de la HD.

El 14 de septiembre de 2012 a la hora y media de diálisis comienza con sudoración, taquipnea y disnea, observándose saturación de oxígeno del 78 %, que remontó con oxígeno a alto flujo. TA mantenida. No se refleja la presencia de sibilancias en la auscultación pulmonar. En la analítica se ve ligera leucocitosis (12 500 leucocitos con fórmula normal), troponina-I normal con PCR de 8 mg/l, sin otros hallazgos destacables. El ECG es similar a los previos. A los 20 minutos desde el inicio del cuadro, se observa mejoría espontánea de la paciente, finalizando la HD sin incidencias. Se realiza radiografía de tórax post-HD, que no muestra consolidaciones, derrame o redistribución vascular, evidenciando únicamente el dato ya conocido de índice cardiotorácico aumentado.

Posteriormente a esta incidencia, las sesiones de HD discurren sin problemas durante un mes, hasta el 17 de octubre de 2012, cuando a la hora de la HD comienza con sudoración y disnea importante, con saturación de oxígeno del 76 %. No se refleja la presencia de sibilancias en la auscultación pulmonar. Se administró oxígeno a 5 lpm, 200 mg de hidrocortisona i.v. y dos inhalaciones de salbutamol separadas en 15 minutos. TA: 115/55 mmHg. Se realiza ECG con ritmo sinusal a 98 lpm, sin cambios en comparación con el ECG previo. En la analítica se evidencian 19 000 leucocitos/ml, con 75 % de neutrófilos (resto de fórmula normal), PCR 18 mg/l, troponina I negativa y el resto sin alteraciones. Reinterrogada la paciente, reconoce presentar prurito en los miembros inferiores desde el inicio de

## caso clínico

la sesión. La saturación mejora hasta el 98 %, pero posteriormente presenta hipotensión de 65/31 mmHg, por lo que se retorna el circuito y se suspende la sesión. Se la traslada al servicio de Urgencias para observación, siendo dada de alta asintomática al día siguiente.

Dado el cuadro presentado por la paciente, se decidió cambiar el filtro para la siguiente sesión de HD a Poliflux® 210 H. Las siguientes sesiones cursan sin incidencias. El 24 de octubre de 2012 (tercera sesión con Poliflux), a falta de 1 h de finalizar la HD, comienza con malestar general, sudoración, disnea e hipotensión (87/36 mmHg). No se refleja la presencia de sibilancias en la auscultación pulmonar. Se administran 200 mg de hidrocortisona, con desaparición total de los síntomas. Se modifica de nuevo el filtro para las siguientes sesiones de HD a Elisio™-21H, que cursan sin incidencias. El 7 de junio de 2013, ocho meses después, a los 30 minutos de comenzar la diálisis, la paciente presenta disnea y dolor centrotorácico opresivo, no irradiado. TA: 210/75 mmHg. Saturación de oxígeno del 90 % con gafas nasales. A la exploración física, hipoventilación generalizada con sibilancias marcadas en todos los campos pulmonares. A pesar de la administración de 300 mg de hidrocortisona, la paciente persiste con sibilancias generalizadas, por lo que se decide detener la HD y desechar todo el sistema. Se administran 200 mg adicionales de hidrocortisona, 40 mg de metilprednisolona i.v. y una inhalación de bromuro de ipratropio. La paciente experimenta mejoría progresiva del cuadro clínico, con desaparición de la sintomatología respiratoria, por lo que se decide continuar la sesión de HD con Sureflux®-21UX, permaneciendo asintomática el resto de ella. En la analítica realizada destaca únicamente una PCR de 21,6 mg/l y una hemoglobina de 8,6 g/dl, por lo que se transfunden 2 concentrados de hemáties. El ECG no presenta cambios respecto a los previos.

Se mantiene el dializador Sureflux®-21UX para las siguientes sesiones de HD, sin incidencias hasta la fecha de hoy.

### Caso 3

Varón de 75 años con IRC estadio 4, que ingresa en cardiología por bloqueo aurículo-ventricular completo con necesidad de colocación de marcapasos, junto con cuadro de insuficiencia cardíaca descompensada y deterioro de la función renal secundario. No presenta antecedentes alérgicos conocidos.

El 28 de mayo de 2013 se decide HD aguda del paciente. Se pauta HD convencional con dializador Helixona® FX-100 Classix. A los 15 minutos del inicio de la sesión, comienza de forma brusca con disnea, saturación de oxígeno del 72 % y signos clínicos de broncoespasmo

severo. Se detiene la bomba de sangre y se administran 300 mg de hidrocortisona y oxígeno a alto flujo. Se decide interrumpir la sesión de HD y, ante la sospecha de reacción adversa al dializador, se desecha la sangre del circuito. A los 15 minutos el paciente se encuentra asintomático. Permanece sin necesidad de HD hasta el 16 de junio de 2013, momento en el que de nuevo se realiza sesión con FX-100. A los 15 minutos comienza con el mismo cuadro presentado previamente, disminuyendo la saturación de oxígeno hasta el 80 %. Se para la bomba de sangre y se administran 300 mg de hidrocortisona, 40 mg de metilprednisolona y oxígeno a alto flujo. Se decide no retornar la sangre del circuito, cambiando el dializador por Sureflux®-21UX. El paciente comienza a mejorar lentamente hasta la desaparición total de la sintomatología, acabando la sesión con el nuevo dializador, y sin más incidencias hasta la actualidad.

### Caso 4

Varón de 48 años, positivo para el virus de la inmunodeficiencia humana y el VHC, diagnosticado de IRC de origen multifactorial, sin antecedentes alérgicos conocidos, que había dejado el seguimiento en consulta e ingresa por deterioro de la función renal (Cr 15 mg/dl), secundario a diarrea crónica de seis meses de evolución e hipotensión mantenida (70/40 mmHg). Durante su ingreso se canaliza la vía yugular derecha y se realiza una única sesión de HD el 16 de julio de 2013. Se utiliza el dializador Helixona® FX-100 Classix. A las dos horas de tratamiento comienza con disnea súbita, con saturación de oxígeno del 78-80 %, presentando en la auscultación pulmonar hipoventilación generalizada con crepitantes bibasales y sibilancias en ambos hemitórax. Se decide interrumpir el tratamiento y no retornar el sistema. Con la administración de oxígeno a alto flujo e hidrocortisona 100 mg i.v., la saturación remonta a 98 %, con auscultación pulmonar sin ruidos patológicos y mejoría de la dinámica respiratoria. El paciente se traslada de centro, por lo que perdemos el seguimiento.

### Caso 5

Varón de 70 años, monorreño derecho, con antecedente de IRC estadio 5 secundaria a nefrosclerosis, sin antecedentes alérgicos conocidos, que en junio de 2013 ingresa de forma programada para la realización de una revascularización miocárdica por cardiopatía isquémica crónica expresada como lesión de tronco de la coronaria izquierda y tres vasos. Durante el ingreso presenta múltiples complicaciones posoperatorias, precisando técnicas continuas de tratamiento renal sustitutivo durante su estancia en la unidad de reanimación con dializador de polisulfona (Aquamax® HF-12, Baxter). Tras su salida a planta se

prescriben sesiones de HD de forma periódica con Helixona® FX-100 Classix. A los 20 minutos de la primera sesión, comienza con hipotensión (80/40 mmHg), disnea y cuadro de broncoespasmo. Tras parar la bomba de sangre y retornar el sistema, se administraron 200 mg de hidrocortisona y oxígeno a alto flujo, con la mejoría progresiva del paciente. A los 20 minutos de iniciada la siguiente sesión de HD, realizada con el mismo filtro, el cuadro clínico se repite, por lo que se decide realizar las siguientes sesiones de HD con triacetato de celulosa (Sureflux®-21UX), sin ninguna incidencia hasta el momento actual.

### Caso 6

Mujer de 83 años, diagnosticada de IRC estadio 5 secundaria a pielonefritis crónica, que ingresa por deterioro de la función renal en contexto de diarrea. No presenta antecedentes alérgicos conocidos. Dada la falta de mejoría de la función renal, se decide inicio de HD el 11 de julio de 2013 con Helixona® FX-100 Classix. Después de 30 minutos de HD convencional, la paciente presenta cuadro de hipotensión arterial, disnea y desaturación de oxígeno hasta el 60-80 %, acompañados de mala perfusión periférica. Se administra oxígeno a altas dosis y fluidoterapia, con mejoría de las cifras de TA, pero no de la situación clínica, por lo que se decidió detener la sesión de HD. Tras la suspensión de la diálisis, la saturación regresó a valores basales y la paciente mejoró clínicamente. En las siguientes sesiones se sustituye el filtro por Sureflux®-21UX, sin nuevas incidencias hasta el día de hoy.

### DISCUSIÓN

Presentamos una serie de seis casos de reacciones de hipersensibilidad mayoritariamente temprana a la sesión de HD, caracterizados por mal estado general, desaturación, broncoespasmo cuando se determinó e hipotensión arterial, con buena respuesta a la suspensión temporal de la sesión y con reaparición en sesiones posteriores siempre que se utilizase un dializador sintético. Todas tienen en común no haber vuelto a aparecer en sucesivas observaciones cuando las sesiones fueron realizadas con una membrana de celulosa. Todos los pacientes carecían de antecedentes alérgicos y en ninguno se encontró relación de causalidad con la medicación administrada.

Los dos primeros casos tuvieron además como curiosa peculiaridad la aparente saturación del mecanismo de hipersensibilidad para el dializador que lo provoca, esto es, la reacción sucede solo en los primeros momentos, pudiendo reanudarse con el dializador ya utilizado, sin inconveniente. Los demás casos mostraron más gravedad en la reacción y no se planteó otra salida que su sus-

pensión. Estos casos contaban además con la curva de aprendizaje de los profesionales para el reconocimiento de la situación. Fue común también la génesis de una aparente hipersensibilidad universal a las membranas sintéticas entre aquellos pacientes en los que se intentó otra membrana diferente del mismo grupo. Este procedimiento no se realizó en algunos pacientes ante la gravedad de su cuadro previo. Después de los síntomas presentados, todos ellos fueron sometidos a una o muchas sesiones de HD con dializador de celulosa sin ninguna incidencia similar, lo que centra en el dializador el proceso de hipersensibilidad.

Los alergólogos del hospital admitieron, tras conocer los casos, que estos podían ser catalogados como reacciones graves de hipersensibilidad al dializador de polisulfona.

Al episodio conjunto vivido también le atribuimos cierto carácter epidémico, por haber estado concentrado en dos años, julio de 2011-julio de 2013, especialmente entre los meses de mayo y julio de 2013. Tras esta fecha no ha vuelto a vivirse ningún caso similar, a pesar de usar la membrana en el 90 % de nuestra población. Los casos fueron notificados a la Agencia Española del Medicamento como reacciones adversas y se nos informó de no haber recibido ninguna comunicación similar. Hasta el presente tampoco ha habido más notificaciones al respecto.

Clásicamente se han considerado las reacciones de hipersensibilidad al dializador como eventos poco frecuentes (4 de cada 100 000 sesiones realizadas), pero a finales de los años ochenta Nicholls et al., en un estudio realizado en el Reino Unido, pusieron de manifiesto que el problema podría ser de mayor envergadura<sup>8</sup>. Las reacciones de hipersensibilidad tipo A se presentan habitualmente en los primeros momentos de la sesión de HD tras el contacto de la sangre con los componentes del circuito extracorpóreo. Son procesos mediados por anticuerpos preformados y, en los casos más graves, pueden ocasionar disnea, hipotensión, pérdida de consciencia, parada cardíaca y muerte. Ante la sospecha de esta reacción adversa, la actuación inmediata consiste en la parada de la bomba de sangre, desechando el circuito extracorpóreo en su totalidad, y la administración de oxígeno a alto flujo, así como de antihistamínicos y corticoides de acción corta como la hidrocortisona y, en caso necesario, iniciar respiración asistida. Las reacciones de hipersensibilidad tipo B, mucho menos frecuentes, habitualmente acontecen pasados 30 minutos desde el inicio de la sesión de HD. Las manifestaciones clínicas son más inespecíficas, como dolor torácico y dorsal, no requiriendo interrupción de la sesión de HD.

Bigazzi et al. describieron que, en presencia de líquido contaminado y a través de membranas de alto flujo, podría existir retrofiltración de pirógenos al comparti-

## caso clínico

mento sanguíneo, provocando reacciones de hipersensibilidad al comienzo de la sesión en pacientes dializados con este tipo de membranas<sup>9</sup>. En el caso de nuestros pacientes, todos fueron dializados con membranas de alta permeabilidad y agua ultrapura conforme a las normas de la European Pharmacopeia<sup>10</sup>. El cumplimiento de estas normas, con controles periódicos mensuales, y la no aparición en sesiones inmediatamente realizadas con otro dializador también de alta permeabilidad aunque no sintético, hace muy improbable que este sea el mecanismo desencadenante de la reacción de hipersensibilidad en nuestros pacientes.

La mayor parte de las reacciones adversas han acontecido entre los meses de mayo y julio de 2013 con dializadores de polisulfona modificada y en la primera sesión de HD de los pacientes. Se han descrito casos de reacciones severas a la polisulfona<sup>5,6</sup>, además de hipersensibilidad cruzada a otros tipos de membrana como el policarbonato y el polimetilmetacrilato<sup>11</sup>. Estas reacciones a la polisulfona podrían ser diferentes en función de su fabricante. Por esto en los casos 1 y 2 se intentó realizar sesiones de HD con otros dializadores sintéticos, sin éxito.

Otro punto de interés sería el diferente método de esterilización que tienen los dializadores. Müller et al. comunicaron que la esterilización por vapor podría incrementar la biocompatibilidad del dializador cuando se comparaba con la esterilización mediante óxido de etileno<sup>12</sup>. Golli-Bennour et al. afirman que las membranas esterilizadas por vapor incrementan la viabilidad de las células endoteliales cuando se comparan con los métodos de esterilización por radiación o por óxido de etileno<sup>13</sup>. Asimismo, demostraron que, según el método de esterilización, la concentración de malondialdehído en suero, utilizado como marcador de peroxidación lipídica, se incrementaba de forma sustancial respecto a pacientes sanos cuando la esterilización del dializador era por radiación gamma o por óxido de etileno. Sin embargo, otros autores han comunicado que la esterilización por vapor no parece ejercer efecto en la liberación de citocinas proinflamatorias como la interleucina 1. En nuestros pacientes, la esterilización de la membrana era heterogénea, ya que los dializadores FX y Poliflux se esterilizan por medio de vapor, y los de triacetato de celulosa y el Eliseo mediante rayos gamma, con lo que resulta complicado plantear alguna relación causal.

Un dato clave en los casos acontecidos en nuestro servicio es que todos desaparecieron tras cambiar el dializador a triacetato de celulosa. Urbani et al. demostraron diferencias entre los dializadores de helixona y triacetato de celulosa cuando se estudiaban mediante proteínómica<sup>14</sup>. En la membrana de helixona encontraron abundantes proteínas involucradas en la interacción sangre-dializador, como la ficolina-2 y fragmentos de fibrinógeno. Otros autores ya habían demostrado que existía una adsorción de la ficolina-2 en dializadores de

polisulfona, lo que podría contribuir a la activación del complemento, la adhesión leucocitaria y, en último caso, la coagulación sanguínea<sup>15,16</sup>. Asimismo, se ha publicado que el triacetato de celulosa induce menos reacciones de hipersensibilidad, probablemente debido a una menor activación del receptor de membrana plaquetaria (GpIIb/IIIa), produciendo menor alteración de la agregación<sup>17</sup>. En nuestros pacientes, los mecanismos que hacen que estos sean sensibles a los dializadores sintéticos descritos y no al dializador de triacetato de celulosa no están claros, por lo que estamos diseñando estudios específicos de respuesta *ex vivo* de las células inmunocompetentes de aquellos que han mostrado la reacción alérgica a los dializadores sintéticos, así como estudios cruzados de respuesta de hipersensibilidad ante diferentes membranas de HD.

Las reacciones adversas a los dializadores son una complicación grave intrínseca a la propia terapia y el nefrólogo deber estar alerta ante esta posibilidad, actuando de forma inmediata ante la mera sospecha clínica y remitiendo al paciente al servicio de alergia para completar el estudio en cuanto sea posible.

---

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Rafael Pérez García la revisión y corrección de este artículo.

---

### Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés potenciales relacionados con los contenidos de este artículo.

---

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Daugirdas JT, Ing TS. First-use reactions during hemodialysis: a definition of subtypes. *Kidney Int Suppl* 1988;24:S37-43.
2. Caruana RJ, Hamilton RW, Pearson FC. Dialyzer hypersensitivity syndrome: possible role of allergy to ethylene oxide. Report of 4 cases and review of the literature. *Am J Nephrol* 1985;5:271-4.
3. Lemke HD, Heidland A, Schaefer RM. Hypersensitivity reactions during haemodialysis: role of complement fragments and ethylene oxide antibodies. *Nephrol Dial Transplant* 1990;5:264-9.
4. Bommer J, Ritz E. Ethylene oxide (ETO) as a major cause of anaphylactoid reactions in dialysis (a review). *Artif Organs* 1987;11:111-7.
5. Arenas MD, Gil MT, Carreton MA, Moledous A, Albiach B. [Adverse reactions to polysulfone membrane dialyzers during hemodialysis]. *Nefrología* 2007;27:638-42.
6. Ohashi N, Yonemura K, Goto T, Suzuki H, Fujigaki Y, Yamamoto T, et al. A case of anaphylactoid shock induced by the BS polysulfone hemodialyzer but not by the F8-HPS polysulfone hemodialyzer. *Clin Nephrol* 2003;60:214-7.

7. Bacelar Marques ID, Pinheiro KF, de Freitas do Carmo LP, Costa MC, Abensur H. Anaphylactic reaction induced by a polysulfone/polyvinylpyrrolidone membrane in the 10th session of hemodialysis with the same dialyzer. *Hemodial Int* 2011;15:399-403.
8. Nicholls AJ. Hypersensitivity to hemodialysis: the United Kingdom experience. *Artif Organs* 1987;11:87-9.
9. Bigazzi R, Atti M, Baldari G. High-permeable membranes and hypersensitivity-like reactions: role of dialysis fluid contamination. *Blood Purif* 1990;8:190-8.
10. European Pharmacopeia. Haemodialysis solutions, concentrated, water for diluting. 3rd ed. 1997.
11. Tanoue N, Nagano K, Matsumura H. Use of a light-polymerized composite removable partial denture base for a patient hypersensitive to poly(methyl methacrylate), polysulfone, and polycarbonate: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2005;93:17-20.
12. Muller TF, Seitz M, Eckle I, Lange H, Kolb G. Biocompatibility differences with respect to the dialyzer sterilization method. *Nephron* 1998;78:139-42.
13. Golli-Bennour EE, Kouidhi B, Dey M, Younes R, Bouaziz C, Zaied C, et al. Cytotoxic effects exerted by polyarylsulfone dialyser membranes depend on different sterilization processes. *Int Urol Nephrol* 2011;43:483-90.
14. Urbani A, Sirolli V, Lupisella S, Levi-Mortera S, Pavone B, Pieroni L, et al. Proteomic investigations on the effect of different membrane materials on blood protein adsorption during haemodialysis. *Blood Transfus* 2012;10 Suppl 2:s101-12.
15. Mares J, Thongboonkerd V, Tuma Z, Moravec J, Matejovic M. Specific adsorption of some complement activation proteins to polysulfone dialysis membranes during hemodialysis. *Kidney Int* 2009;76:404-13.
16. Mares J, Richtrova P, Hricinova A, Tuma Z, Moravec J, Lysak D, et al. Proteomic profiling of blood-dialyzer interactome reveals involvement of lectin complement pathway in hemodialysis-induced inflammatory response. *Proteomics Clin Appl* 2010;4:829-38.
17. Kuragano T, Kuno T, Takahashi Y, Yamamoto C, Nagura Y, Takahashi S, et al. Comparison of the effects of cellulose triacetate and polysulfone membrane on GPIIb/IIIa and platelet activation. *Blood Purif* 2003;21:176-82.