

Agentes de embolización

Embolic agents

J Senkichi^{a*}

^a Radiólogo Intervencionista. Hospital MAZ. Zaragoza. España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

HISTORIA DEL ARTÍCULO

Recibido: 19 de enero de 2016

Aceptado: 23 de febrero de 2016

Disponible online: 11 de marzo de 2016

PALABRAS CLAVE

Embolización
Agentes embolizantes
Oclusión
Intervencionista

KEYWORDS

Embolization
Embolic agents
Occlusion
Interventionist

RESUMEN

La embolización terapéutica se ha convertido en uno de los pilares centrales dentro de la radiología intervencionista desde su descubrimiento. Debido a ello, una gran variedad de agentes embolizantes están disponibles en los mercados que sufren constante mejoría. El objetivo de este artículo es describir las singularidades de cada material, conocer sus diferencias, indicaciones y limitaciones, de tal manera que los intervencionistas puedan afrontar sus prácticas del día a día. El rol que cumple la embolización en el manejo de múltiples patologías en la medicina actual, obliga a los intervencionistas a ser conocedores de los agentes embolizantes en todos sus aspectos, para el beneficio de los pacientes.

ABSTRACT

Therapeutic embolization has become one of the central pillars in interventional radiology since its discovery. As a result, a variety of embolic agents are available on the markets that are constantly improving. The aim of this article is to describe the peculiarities of each material, knowing their differences, indications and limitations, so that interventionists can face their everyday practices. The role that embolization fulfill in the management of many diseases in medicine today, requires to be knowledgeable of the embolic agents in all respects, to the benefit of patients.

INTRODUCCIÓN

Desde el primer caso de embolización transcáteter con coágulo autólogo descrito por Charles Dotter en el 1970¹, la técnica de embolización está en constante crecimiento y desarrollo²⁻⁷. Esto se debe a la aparición de nuevas técnicas, materiales y agentes embolizantes, cada vez más complejos. Las primeras descripciones clínicas de embolización fueron realizadas en los años setenta por los pioneros del intervencionismo y

sobre todo se aplicaron para cohibir hemorragias digestivas⁸⁻¹⁰.

Los primeros agentes utilizados fueron fármacos vasoconstrictores, coágulo autólogo, espongotan, partículas irregulares de alcohol polivinilo, cianoacrilatos y coils rudimentarios. En la actualidad existe un verdadero arsenal de dispositivos y agentes que producen de una forma sencilla y relativamente segura una embolización satisfactoria¹¹⁻¹⁴.

*Autor para correspondencia

Correo electrónico: zelldeen@gmail.com (Senkichi J)

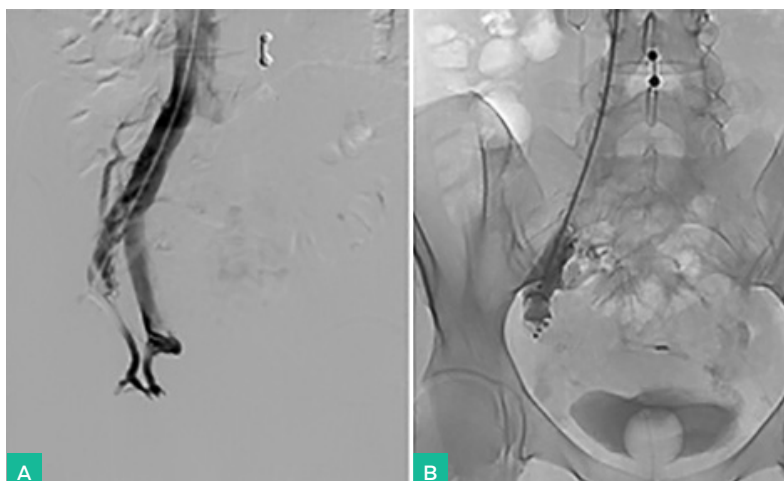


Figura 1. Paciente de 42 años de edad con síndrome de congestión pélvica. A. Venografía de vena hipogástrica. B. Embolización mediante *plug* tipo Amplatzer tipo II

Con el objeto de optimizar el rendimiento de los diversos agentes en las diferentes indicaciones sería conveniente tener en cuenta:

- a) El riesgo del órgano irrigado tras la embolización del vaso.
- b) El calibre del vaso a ocluir.
- c) El tiempo deseado de oclusión.
- d) La viabilidad o no del tejido distante tras la embolización. (Fig. 1)

EMBOIZACIÓN

Principios Generales

La oclusión de vasos sanguíneos de manera intencionada, con el objetivo terapéutico, es conocida como embolización. Se realizan dichos procedimientos para el tratamiento de sangrado activo o de manera profiláctica, tratamiento de anomalías vasculares o tumorales (benignas y malignas), oclusión de órganos de forma parcial o completa y en tratamientos de endofugas relacionadas con la endoprótesis de aorta^{1,7}.

La liberación o inyección de los diferentes agentes de embolización se debe realizar siempre bajo control fluoroscópico, con suma precaución para minimizar complicaciones como la migración o el reflujo hacia vasos no deseados^{10,16}.

Clasificación de los materiales de embolización

La selección de un agente de embolización está basada según el objetivo del tratamiento deseado¹⁰:

- Oclusión permanente o temporal
La embolización permanente es en general requerida para las enfermedades progresivas tales como tumores o procesos inflamatorios. En cambio, la oclusión

Tipos de agentes	
Agentes potencialmente reversibles	<ul style="list-style-type: none"> • Partículas de Gelfoam • Coágulo autólogo
Aumento de la ecogenicidad de la medular con corteza normalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos (<i>coils</i>, polivinil alcohol, microesferas) • Líquidos: <ul style="list-style-type: none"> • Esclerosantes (etanol, sulfato tertadecil de sodio, etoxiesclerol, oleato de etanolamina, ethibloc) • Cianoacrilatos • Alcohol vinil etileno
Agentes embolizantes para la oclusión permanente	<ul style="list-style-type: none"> • Pielonefritis • Daño vascular agudo (p. ej. Trombosis de la vena renal) • Obstrucción del tracto urinario
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Trombina • Balones largables • Endoprótesis cubierta

Tabla 1. Tipos de agentes de embolización

temporal estaría apropiada para patología autolimitada, como sangrados secundarios o traumatismos.

• Embolización proximal o distal

La embolización proximal sería de utilidad cuando un único vaso se encarga de suplir al área deseada de embolizar, se requiere un resultado rápido o cuando se desee la preservación de vasos colaterales distales. Con respecto a la embolización distal, a nivel de arteriolas y capilares, estaría indicado en situaciones donde se desee el daño tisular mediante el corte del aporte sanguíneo, con tal de evitar la recurrencia del problema.

Dados los diferentes objetivos de embolización deseado, podemos clasificar los materiales de embolización en diferentes tipos. (Tabla 1)

Esponjas de Gelatinas (Gelfoam)

Es uno de los agentes embolizantes más antiguos, derivado del tejido adiposo subcutáneo porcino. Es una

sustancia insoluble en agua, compresible y absorbible^{1, 7, 10, 16}. El mecanismo de acción es principalmente la obstrucción mecánica, por su propiedad de expandirse al entrar en contacto con los fluidos. Posteriormente inducen una reacción a cuerpo extraño en las primeras semanas para luego ser reabsorbidos, por lo que la recanalización se produce entre las 3 semanas a 3 meses postembolización. Son de utilidad en situaciones en las que se desee la oclusión temporal¹³.

Disponibles en forma de pequeñas láminas o en polvo (aproximadamente 50 μ m). Las presentaciones en láminas requieren de previa preparación, cortándolas en pequeños cubos y se mezclan con medio de contraste hasta obtener una pasta (emulsión sólida). Para esto se emplean dos jeringas conectadas por la llave de tres pasos y se realizan batidos del contenido entre las dos jeringas. Respecto a los polvos de Gelfoam cabe mencionar que resultan a menudo en la oclusión distal y permanente debido al pequeño tamaño del material, pudiendo presentar necrosis tisular.

Puede ser utilizado en combinación con otros agentes de embolización como los *coils*, para realizar la oclusión completa ("Gelfoam sandwich"). A menudo en los con-

troles por imágenes axiales se identifica la presencia de aire ectópico en el sitio de embolización, que no debe confundirse con infección, ya que el Gelfoam tiende a atrapar gran cantidad de aire durante su preparación. El Gelfoam tiene innumerables indicaciones tales como traumatismos, embolizaciones preoperativas, hemorragias gastrointestinales, hemorragias postparto.¹⁷⁻²⁰ Las contraindicaciones son escasas siendo la más importante la alergia a productos derivados de colágenos porcinos²¹. (Fig. 2)

Coágulo autólogo

Es de los primeros agentes embolizantes sólidos empleados. Raramente utilizado, excepto cuando se desea una oclusión temporal de muy corta duración (horas o días).

Es asequible, estéril, no inmunogénico y muy barato. Tarda en obtenerse, lo que hace que sea poco práctico. Las piezas de trombos formados en el recipiente, se inyectan de manera similar a las de Gelfoam²²⁻²⁶. Su modo de acción es la obstrucción mecánica del vaso deseado.

Para su preparación se extraen entre 10 a 15 cc de sangre del paciente en un contenedor estéril, al inicio del procedimiento y antes de la administración de heparina o suero heparinizado. La obtención del coágulo puede tardar entre 15 a 90 minutos, pudiendo acelerar su obtención al administrar trombina. En general, 1 ó 2 cc de coágulo suele ser suficiente para lograr la hemostasia deseada²⁶.

El coagulo autólogo es el agente ideal en situaciones donde la recanalización precoz puede ser beneficiosa para salvar en lo posible al órgano afecto. Situaciones tales como traumatismo (pélvico, renal), priapismo post-traumático, sangrado activo gastrointestinal, profilaxis de neumotórax en el trayecto tras biopsia²³⁻²⁷.

Coils (Espirales)

Son materiales diseñados similarmente a las guías pero que carecen del filamento nuclear sólido, conteniendo únicamente un filamento elástico que da la forma al *coil* liberado. Muchos de ellos tienen incorporados fibras de textil que facilitan la trombosis. Fueron diseñados por Cesare Gianturco²⁸⁻²⁹. Desde entonces múltiples dispositivos con forma de espiral de diferentes materiales se han utilizado para oclusiones vasculares.



Figura 2.
Pedacitos de
Gelfoam

Cada *coil* está identificado por su grosor, diámetro y longitud que se debe tener en cuenta a la hora de embolizar.

El diámetro del *coil* debe ser ligeramente mayor que el diámetro del vaso que se desea ocluir. El grosor del *coil* dependerá del catéter utilizado, teniendo en cuenta que tampoco el lumen del catéter debe exceder significativamente al grosor del *coil*, ya que de lo contrario el *coil* se puede plegarse en el interior del catéter antes de su liberación. Respecto a la longitud a elegir, esto dependerá del volumen del vaso que se pretenda rellenar, ya que con los *coils* de gran longitud existe el riesgo de que sobre parte del *coil* fuera del sitio deseado. Por lo que como regla general, los *coils* que no puedan ser colocados en su totalidad en el sitio deseado deben ser retirados. En el mercado se dispone varios modelos de *coils* dependiendo de algunas de sus características. Por forma de liberación pueden ser empujables o de liberación controlada, y por su morfología pueden ser rectos, espirales o diferentes formas³⁰⁻³⁴.

Tipos de *coils* y su forma de empleo

Por un lado existen los *coils* empujables que son suministrados dentro de un tubo de acero con un manguito de plástico en su extremo proximal. Antes que el *coil* pueda ser introducido, el catéter debe estar suspendido dentro del vaso a ser embolizado. El tubo cargado del *coil* es luego conectado e introducido dentro del catéter tan profundo como lo permita. Después, se procede el traspaso del *coil* desde el tubo al interior del catéter mediante la utilización de un alambre recto que acompaña al *coil* con grosor y longitud apropiada para este fin o con el extremo rígido de la guía. Cuando se tenga la certeza de que el *coil* está localizado en el

interior del catéter, se utiliza el extremo blando de la guía para avanzar el *coil* hasta la punta del catéter bajo control fluoroscópico. Finalmente, se procede a la liberación del *coil* lo más preciso posible, de manera que trate de adaptarse y acomodarse a la forma del vaso.

Alternativamente, cuando la posición del catéter es segura, una vez que los *coils* hayan sido traspasados al interior del catéter, pueden ser liberados y desplegados mediante el uso de jeringas Luer de 1 cc.

En ocasiones, se puede utilizar el catéter o la guía para mejor empaquetamiento y así lograr mayor efecto oclusivo. (Fig. 3)

Para situaciones críticas, existen *coils* conectados a una guía, que son liberados únicamente cuando se tenga la certeza de que están posicionados en el sitio deseado. Dentro de este tipo de dispositivo, convendría mencionar varios tipos:

- **Coils largables:** Consisten en un *coil* conectado a una guía de introducción, que permite deslizar y retraer el *coil* antes de su colocación final en el vaso. Consecuentemente da un mayor control tanto en la colocación como en la configuración morfológica antes de desplegarla. La liberación de la guía de conexión puede ser mecánica (Interlock) o electro-lítica (Guglielmi *Detachable Coils*)³⁴⁻³⁶.
- **Amplatzer Vascular Plug:** Consiste en una malla autoexpandible, fabricada con filamentos de nitinol configurados en la forma de una trampa de pesca. El dispositivo en su forma plegada es introducido a través del catéter. Una vez desplegado fuera del catéter, éste se expande al diámetro del vaso en varios niveles del dispositivo según el modelo. La conexión

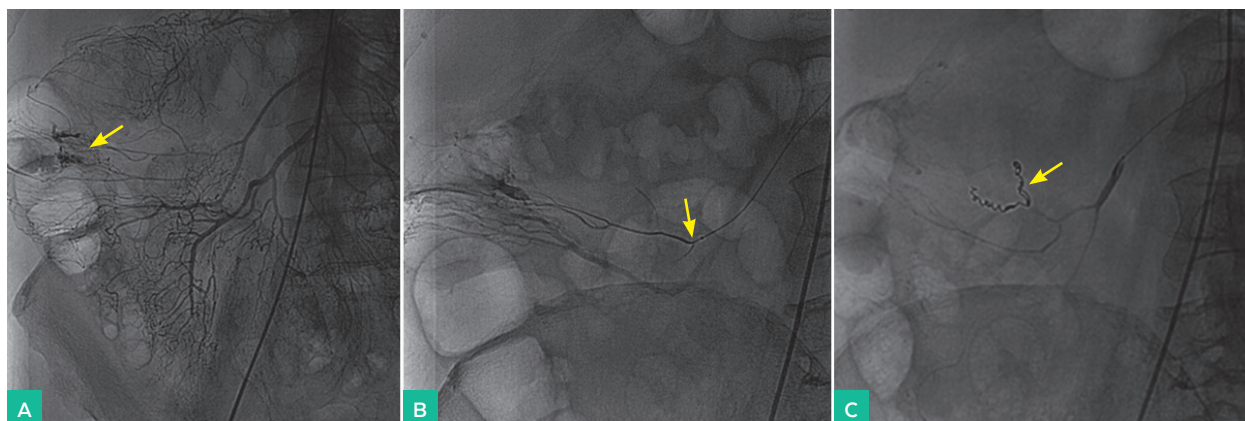


Figura 3. Paciente con hemorragia intestinal cólica. Embolización supraselectiva con dos microcoils

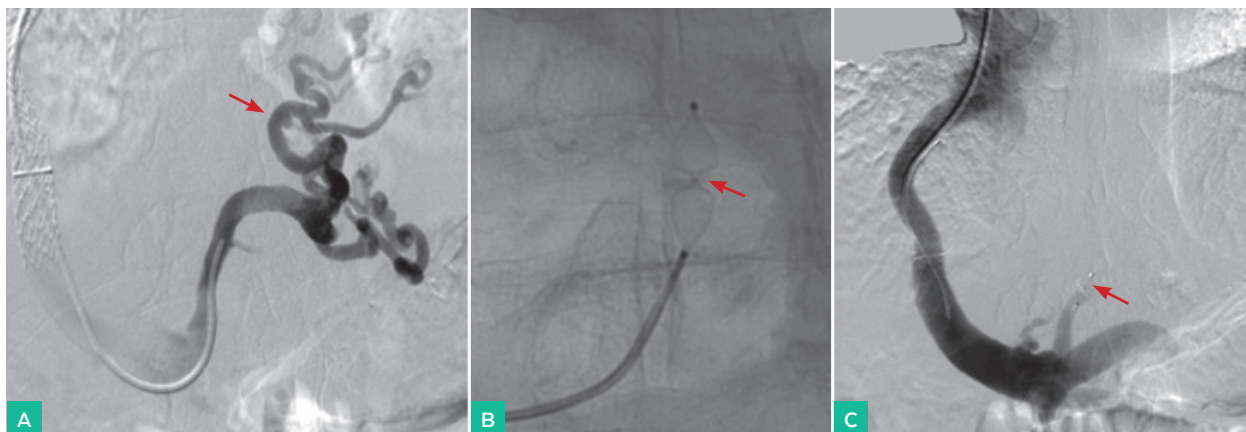


Figura 4. Paciente con varices gástricas. TIPS. Embolización mediante plug tipo Amplatzer tipo IV de la variz gástrica

en rosca mantiene unida el dispositivo con la guía, lo que permite el avance o retirada a través del catéter o la reintroducción al catéter en casos de despliegue indeseado para su recolocación. Tras conseguir desplegarlo en el sitio y posición deseada, se procede a la liberación definitiva de la conexión en rosca, rotando la guía en sentido antihorario.

Este dispositivo es disponible en 4 modelos diferentes de tamaños variados para vasos de 3 a 22 mm de diámetro, siendo particularmente útiles para vasos de gran calibre³⁷⁻³⁹. (Fig. 4)

- **Hidro-Coil:** Derivados de los coils largables cubiertos de polímeros de hidrogel expandibles. Este componente agregado ofrece una plataforma estable y permanente que condiciona la ectasia sanguínea, organización del trombo y posterior formación de la neointima. Para su expansión requieren contacto con la sangre y en el transcurso de unos minutos, logran aumentar de 4 a 6 veces su volumen original, permitiendo de esta manera conseguir un mayor volumen con menor cantidad de microcoils⁴⁰.

Partículas

La suspensión de partículas hechas de PVA, han sido utilizadas desde los años 70 con el objetivo de ocluir los vasos periféricos de pequeño calibre. En los últimos años, las partículas de PVA han sido sustituidas por microesferas, debido a la facilidad en su manejo y mayor fiabilidad a la hora de su liberación.

- **Polivinil Alcohol (PVA):** Utilizado por primera vez en forma de espuma en la década de 1970. Son inertes y permanentes que una vez liberados son arrastrados por el flujo arterial hasta llegar al sitio de embolización. Su forma de presentación es en viales que contienen partículas secas en formas esféricas o irregulares,

comercializados según el tamaño deseado, que varían desde los 50 a 1200 μ m en diámetro, de tal manera que el nivel de embolización puede ser adaptado a la situación clínica.

No son visibles radiológicamente, por lo que se requiere formar una suspensión con contraste previo a su uso. La preparación consiste en la mezcla de un vial de PVA con 10 cc de medio de contraste diluido realizándose batidos entre dos jeringas conectados por la llave de tres pasos, similar a la preparación del Gelfoam⁴²⁻⁴⁶.

Deben ser utilizadas con precaución, requiriendo una inyección suave, con movimiento pulsante utilizando jeringas de 1 ó 3 ml y siempre bajo control fluoroscópico. La inyección forzada puede resultar en reflujo y consecuente embolización de estructuras vasculares no deseadas. Otro punto a tener en cuenta es que debido a sus características físicas de irregularidad pueden tener facilidad para aglutinar y obstruir el catéter. Para ello la administración de albúmina a la suspensión ayuda a prevenir la aglutinación.

El mecanismo de acción es una obstrucción mecánica directa e induce una reacción a cuerpo extraño. Se emplea para la embolización de sangrados, tumores o para la desvascularización prequirúrgica.

El punto de finalización de la embolización se determina de acuerdo a la calidad del flujo vascular. Esto significa que a medida que la embolización se aproxima a su conclusión, el flujo se vuelve más lento.

- **Microesferas:** Se denomina al conjunto de partículas esféricas que causa una oclusión permanente, desarrollados a base de acrílicos, hidrogeles, resinas, polímeros, etc. Algunos de ellos tienen además la capacidad de poder cargarse de medicamentos terapéuticos para tratamientos neoplásicos⁴⁷⁻⁵¹. (Fig. 5)

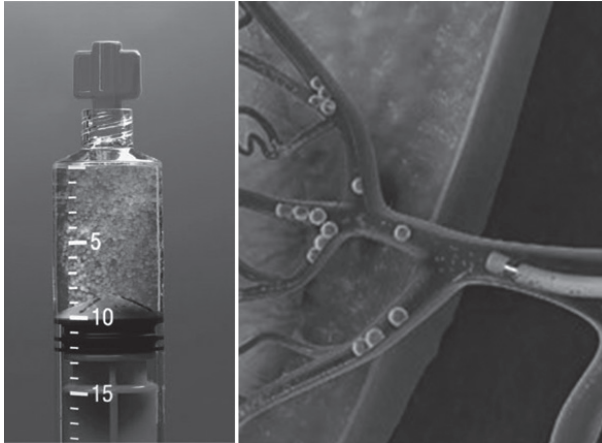


Figura 5. Paciente con varices gástricas. TIPSS. Embolización mediante *plug* tipo Amplatzer tipo IV de la variz gástrica

Los tamaños disponibles son similares a los de PVA, de 40 a 1200 μm y están disponibles en su forma seca o suspendida en una solución. Al igual que los PVA no son radiopacos, por lo que se requieren formar una suspensión con contraste previo a su uso. Sus principales características son la forma uniforme que presenta, un calibrado de tamaño muy preciso y su compresibilidad (20-30 %). Todo esto conlleva en una menor aglutinación, menor obstrucción del catéter y mejor penetración de las partículas en el lecho vascular, lo cual resulta en una embolización más uniforme.

Estos agentes han sido utilizados en variedades de lechos vasculares con buenos resultados clínicos. Sin embargo, presentan mayor riesgo de isquemia o infarto con las microesferas respecto a las partículas de PVA, debido a la oclusión vascular más distal que parece estar en relación con su capacidad de compresibilidad⁴⁹⁻⁵¹.

Esclerosantes

Actúan mediante el daño de células endoteliales ocasionando la fibrosis vascular irreversible. Su efecto depende del tiempo de contacto del agente líquido con el endotelio y de la potencia de cada agente líquido utilizado.

- **Etanol absoluto.** Es un agente esclerosante potente que produce trombosis intravascular, esclerosis de la pared vascular y muerte de los tejidos perfundidos. Su mecanismo de acción es la desnaturalización proteica de la pared vascular, con consecuente reacción inflamatoria dolorosa que puede extenderse en el espacio perivascular y lesionar los tejidos adyacentes. Debido a ello, estaría indicada la anestesia general

o epidural y analgesia agresiva postprocedimiento por el intenso dolor asociado. Disponible en viales de 1 y 5 ml, que se diluyen con medio de contraste en una relación de 1:1 para su empleo. Su administración debe ser en pequeños volúmenes y lento, hasta rellenar el lecho vascular a ser obliterado. El uso de grandes volúmenes puede resultar en toxicidad sistémica donde se incluye depresión del sistema nervioso central, hemólisis, hipertensión sistémica o pulmonar, hipertermia, arritmias cardíacas, etc.

El control del flujo es esencial, ya que el lavado rápido ocasiona dilución y limitación del contacto con la pared de los vasos. En estos casos, la oclusión mediante el uso de catéter balón estaría indicada, ya que evita el reflujo y disminuye el lavado, con consecuente aumento del tiempo en contacto y mayor efecto esclerosante. Estaría indicado para el tratamiento de algunas malformaciones vasculares o tumores. Evitar su uso en situaciones de alto riesgo de reflujo o embolización de vasos no deseados⁵².

- **Tetradecil sulfato sódico al 1-3 % (SDS, sotradecol).** Es un agente esclerosante leve que induce la inflamación intimal, formación de trombos y tejido fibroso con consecuente obliteración parcial o total de la luz vascular. Distribuidos en viales de concentraciones variadas entre 0,2 % (2 mg/ml) a 3 % (30 mg/ml), que se inyectan de 1 a 2 ml en la luz vascular a embolizar. La dosis máxima es de 300 mg o 10 ml para la concentración al 3 %. En la práctica clínica, se utiliza en forma de espuma producida por la mezcla de la solución con aire en una relación de aire y agente de 4:1, tras la realización de batidos a través de jeringas. Las complicaciones son raras y generalmente autolimitadas.

Es de uso común en el tratamiento de las patologías venosas (varices, telangiectasias, varicocele o síndrome de congestión pélvica o malformaciones venosas periféricas).

No debe de ser utilizado en situaciones de alto flujo o cuando se observen reflujos hacia vasos no deseados, antecedentes de reacción de hipersensibilidad, asma o en infarto agudo⁵³.

- **Polidocanol (etoxisclerol).** Agente esclerosante a base de ácido graso de cadena larga sintética, que produce la desnaturalización proteica del endotelio. Disponibles en viales en concentraciones de 0,5 %, 2 % y 3 %. No produce dolor tras la administración intravascular y tiene bajo riesgo de necrosis tisular por extravasación así como de la reacción alérgica. Sus indicaciones son similares a las de tetradecil sulfato sódico⁵⁴.

- **Oleato de etanolamina y morruato de sodio.** Agentes esclerosantes basado en ácido graso, de uso inicial en tratamientos endoscópicos para várices gastroesofágicas y embolización transcáteter de várices gástricas. Causan reacción inflamatoria leve que en la última instancia conlleva a la fibrosis y oclusión. Ambos agentes han sido utilizados en los tratamientos de varices intestinales en hipertensión portal y en las malformaciones venosas^{55, 56}.
- **Lipiodol (ethiodol).** Aceite yodado inerte, que obstruye a los vasos pequeños debido a su alta viscosidad en comparación con la sangre. Disponibles en viales de 10 ml, que se utiliza a menudo como vehículo para los procedimientos de quimioembolización en los tumores hepáticos. La emulsión formada para estos casos tiene una relación de lipiodol/quimioterápico de entre 1:1 a 1:4. Al presentar componente yodado, es fácilmente visualizado durante su inyección, lo que permite su administración controlada. Se ha descrito su uso en quimioembolizaciones, arteriografías diagnósticas para carcinoma hepatocelular y en uso combinado con cianoacrilatos o alcohol absoluto. Está contraindicado su uso en antecedentes de reacción o hipersensibilidad al yodo o lipiodol y pacientes con trastorno de la función pulmonar^{52, 57}.
- **Otros esclerosantes.** La doxiciclina y la bleomicina son de utilidad para la escleroterapia en las malformaciones linfáticas. Este último con efectos secundarios sistémicos incluyendo la fibrosis pulmonar, pérdida de cabello y la pigmentación cutánea.

Cianoacrilatos (pegamentos)

Agente embólico líquido adhesivo que ocasiona efecto inflamatorio agudo en las estructuras vasculares con consecuente oclusión permanente. Su naturaleza líquida le permite penetrar en estructuras vasculares complejas para luego polimerizar y formar un agregado sólido cuando entra en contacto con soluciones iónicas. Esto hace que sea particularmente útil en el tratamiento de las malformaciones arteriovenosas, en donde el nido central con las múltiples arterias nutricias y venas de drenaje pueden ser tratadas efectivamente.

No es radiopaco, por lo que requiere del uso combinado con un medio de contraste liposoluble (lipiodol) y/o polvo de tantalio. Éste además de proporcionar radiopacidad, ofrece mayor margen de tiempo para la solidificación dependiendo de la relación de la mezcla. Típicamente, la relación de cianoacrilato y lipiodol utilizada es en torno de 1:1 a 1:5, lo que conlleva a un intervalo de solidificación de 1 a 5 segundos aproximadamente. Se recomienda usar la concentración menor para situaciones de bajo flujo y cuando se precisa una embolización distal. Las concentraciones superiores son aconsejables en situaciones que requieran de una rápida polimerización, tales como, oclusión de vasos de alto flujo. (Fig. 6)

Los puntos a considerar antes del uso de este agente, para evitar complicaciones que pueden llegar a ser graves, son los siguientes:

- a) Lavado previo del catéter o microcatéter a utilizar con solución no iónico (dextrosa 5 %).

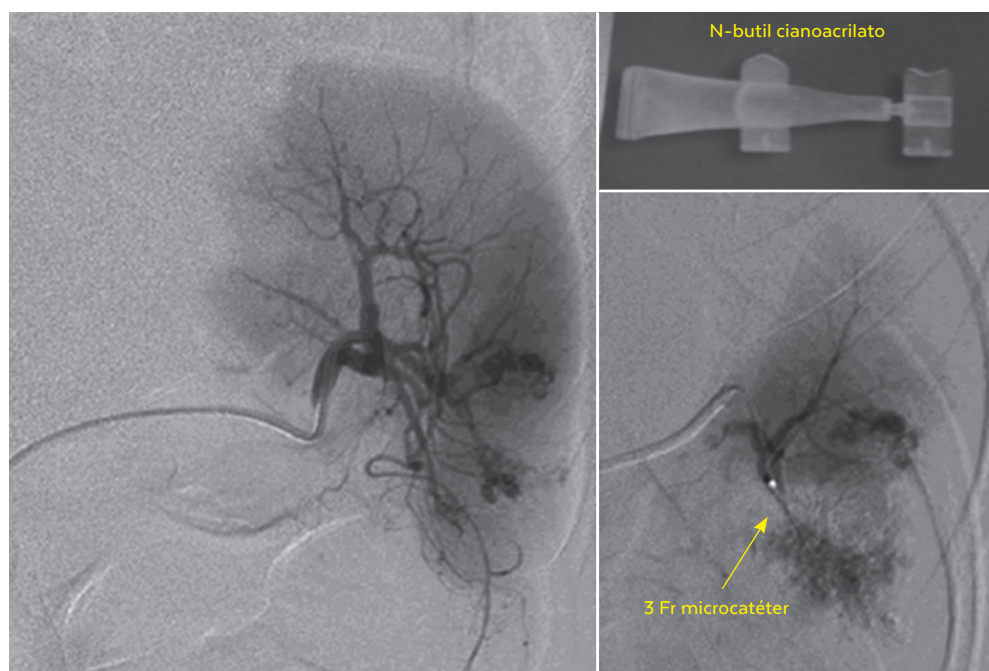


Figura 6. Rotura traumática del bazo con varios puntos sangrantes. Cierre con cianoacrilato

- b) La inyección del pegamento no debe ser interrumpido, requiriendo agilidad y destreza, ya que la polimerización es prácticamente inmediata (segundos).
- c) Retirada del catéter antes de que la mezcla de cianoacrilato se polimerice en su totalidad, o de lo contrario englobaría al catéter.
- d) Por lo tanto, no es posible realizar comprobaciones del resultado postembolización con el mismo catéter.

Indicaciones: en malformaciones vasculares (cerebrales, espinales o periféricas), embolización portal, aneurismas o pseudoaneurismas, fístulas, varicoceles y hemorragias gastrointestinales.

Contraindicaciones: Antecedente de reacción al cianoacrilatos, existencia de vasoespasmos que impida el flujo sanguíneo y en situaciones en donde el catéter sea inestable para el proceso de embolización.

Etilen vinil alcohol/Dimetil sulfóxido (Onyx®)

Es un agente embolizante, biocompatible, no degradable y no adhesivo, diseñado para proveer la penetración total y oclusión completa de la lesión vascular. Su composición química se basa en un copolímero de alcohol etilénico (EVOH), un material embolizante, el solvente dimetilsulfóxido (DMSO) para la inyección líquida del copolímero y tantalio micronizado (Ta) que permite la visualización radiográfica^{58, 59}.

Al contactar con solución acuosa se precipita en una masa esponjosa. La precipitación es más lenta y controlada en comparación con el pegamento. Disponibles en dos formulaciones Onyx 18 (EVOH al 6 %) y Onyx 34 (EVOH al 8 %), siendo el primero menos viscoso y más apto para embolizaciones distales.

Para su uso se debe agitar el Onyx durante al menos 20 minutos en una máquina especializada hasta el momento previo a su inyección. Así también, es necesario disponer de un microcatéter especializado que no se disuelva con el DMSO.

Una vez purgado el microcatéter con suero salino, se debe rellenar la luz con DMSO para evitar la precipitación del copolímero. Una vez inyectado, el material avanza en forma de lava fundida hacia el espacio a ser embolizado. La inyección debe ser lenta sin exceder los 0,3 ml/min. Se puede espaciar hasta los 2 minutos, para que la inyección previa este fijado y de esta manera permita redireccionar el agente embolizante. La solidificación final ocurre dentro de los 5 minutos postadministración del agente.

Se debe prestar atención en no permitir en más de 1 cm el reflujo del Onyx respecto a la punta del catéter. Una vez finalizado, se debe esperar unos segundos y tras aspiración leve, se estira el catéter para separar del Onyx solidificado. A diferencia con el pegamento, se pueden utilizar varios viales por el mismo catéter y no se requiere de una administración rápida.

Como efectos adversos puede sentir dolor tras la administración de DMSO y emitir olor desagradable característico en los días posteriores al procedimiento.

Indicaciones: Su utilidad abarca tratamientos de patologías neurovasculares y periféricas, sobre todo para el tratamiento de aneurismas, fístulas y malformaciones arteriovenosas.

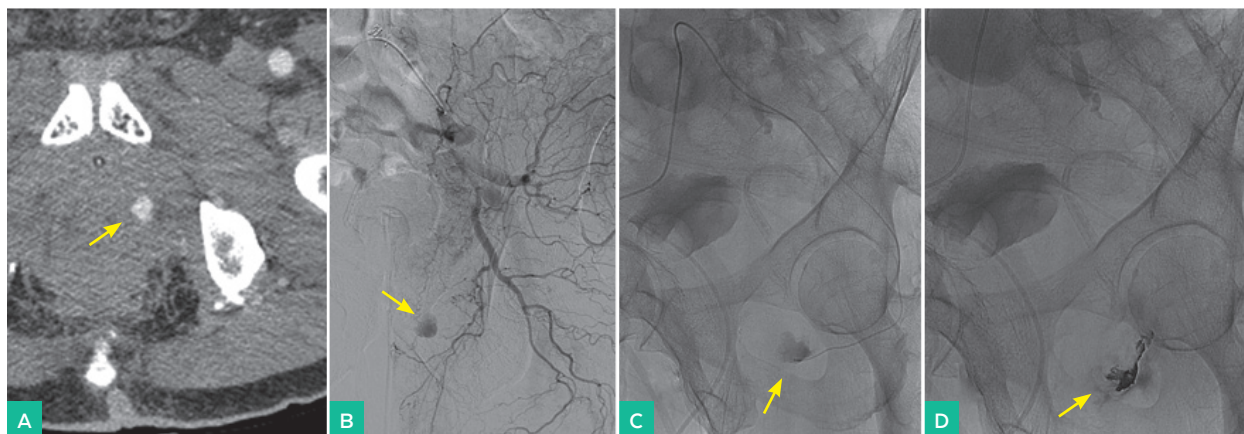


Figura 7. Paciente con hemorragia digestiva. Pseudoaneurisma hemorrágico. Embolización supraselectiva con Onyx

Contraindicaciones: Trastornos de la función renal y/o hepática, antecedente de reacción al DMSO, existencia de vasoespasmos que impida el flujo sanguíneo y en situaciones en donde no se consiga la estabilidad del catéter para el proceso de embolización. (Fig. 7)

Otros agentes embolizantes

• Trombina

Es un componente de la cascada de la coagulación, por lo cual es un potente agente inductor de la trombosis cuando se inyecta intravascularmente. Agente de uso tópico, habitualmente para los tratamientos de pseudoaneurismas, endofugas o para inducir la trombosis en casos de embolización tórpida. Requiere de la mezcla con los medios de contraste o lipiodol para la visualización fluoroscópica. El mecanismo de acción es mediante la activación de la cascada de coagulación con conversión de fibrinógeno en fibrina. Es de acción inmediata, aunque requiere de unos minutos para que el resultado sea completo. No está indicado en las lesiones que presenten lavado rápido, tales como malformaciones arteriovenosas de alto flujo o fístulas⁶⁰.

• Balones largables

Desarrollados como agentes embolizantes de alta precisión para procedimientos de neurointervencionismo. Son balones de silicona o látex con válvulas unidireccionales. Presentan variedades de acuerdo al tamaño máximo del balón. Previa a su utilización deben de ser eliminado todo el contenido aéreo y comprobar que no presenten fugas. Una vez comprobado, el balón plegado es introducido y avanzado hasta el final del catéter guía. Seguidamente, se rellena el balón con mezcla isotónica de suero salino y medio contrastado, para su posterior liberación. Se libera mediante una tracción suave sobre el catéter de entrega. Con el tiempo, los balones de silicona liberados pueden variar de tamaño dependiendo de la mezcla del líquido relleno, si es hipotónica disminuyen de tamaño y en caso de ser hipertónica puede aumentar de tamaño hasta llegar a la ruptura. El mecanismo de acción es mediante la oclusión mecánica con la formación de trombos.

• Endoprótesis cubiertas

Aunque no están concebidas como agentes embolizantes, la presencia de cubierta hecha de material sintético, tras el despliegue y la liberación del stent, permite la exclusión de ramas colaterales causantes de las hemorragias, segmento aneurismático o del cuello en los pseudoaneurismas.

| RESULTADOS Y COMPLICACIONES

El desarrollo y los avances conseguidos en los dispositivos y técnicas intervencionistas permiten un éxito superior al 90 % en el procedimiento de embolización. Aunque no es una técnica exenta de complicaciones, tales como isquemia o embolización de estructuras no deseadas, éstas deben ser minimizadas mediante el uso cuidadoso de los agentes embolizantes, con la paciencia y técnica meticulosa durante el procedimiento.

El síndrome de postembolización es una complicación común tras la embolización de órganos sólidos que debemos conocer. Los síntomas aparecen en el postprocedimiento inmediato o dentro de las siguientes 24 horas, en forma de fiebre, náuseas y vómitos, dolor localizado. Es un fenómeno autolimitado, de manejo sintomático y que deben ser diferenciados de las infecciones o infartos.

| CONCLUSIÓN

La embolización se ha convertido en uno de los procedimientos más importantes de la medicina actual. Desde su primer caso clínico en 1970, no ha parado de crecer, posicionándose hoy día como uno de los pilares para el tratamiento de varias patologías tumorales, vasculares y traumáticas.

Debido a ello todo radiólogo intervencionista debe de tener los conocimientos básicos y estar familiarizados con los materiales, sus indicaciones y contraindicaciones para cualquier eventualidad.

| CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

| BIBLIOGRAFÍA

1. Lubarsky M, Ray CE, Funaki B. Embolization Agents - Which One Should Be Used When? Part 1: Large-Vessel Embolization. *Semin Intervent Radiol*. 2009;26:352-7
2. Granmayeh M, Wallace S, Schwarten D. Transcatheter occlusion of the gastroduodenal artery. *Radiology*. 1979;131:59-64
3. Lencioni R, de Baere T, Soulen MC, Rilling WS, Geschwind JH. Lipiodol transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: A systematic review of efficacy and safety data. *Hepatology*. 2016 Jan 13. doi: 10.1002/hep.28453[Epub ahead of print]

4. Ierardi AM, Urbano J, De Marchi G, Micieli C, Duka E, Iacobellis F, Fontana F, Carrafiello G. New advances in lower gastrointestinal bleeding management with embolotherapy. *Br J Radiol*. 2016 Feb 4;20150934. [Epub ahead of print]
5. Momeni A, Valliant EM, Brennan-Pierce EP, Shankar JJ, Abraham R, Colp P, Filiaggi MJ. Developing an in situ forming polyphosphate coacervate as a new liquid embolic agent: From experimental design to pilot animal study. *Acta Biomater*. 2011;32:286-97
6. Brassel F, Meila D. Evolution of Embolic Agents in Interventional Neuroradiology. *Clin Neuroradiol*. 2015;25 Suppl 2:333-9
7. Vaidya S, Tozer KR, Chen J. An overview of embolic agents. *Semin Intervent Radiol*. 2008;25:204-15
8. Reuter SR, Chuang VP, Bree RL. Selective arterial embolization for control of massive upper gastrointestinal bleeding. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1975;125(1):119-26
9. Kunstlinger F, Brunelle F, Chaumont P, Doyon D. Vascular occlusive agents. *AJR Am J Roentgenol*. 1981;136:151-6
10. Coldwell DM, Stokes KR, Yakes WF. Embolotherapy: agents, clinical applications, and techniques. *Radiographics*. 1994;14:623-43
11. Shermeta DW, Golladay ES, White RI Jr. Preoperative occlusion of the hepatic artery with isobutyl 2-cyanoacrylate for resection of the "unresectable" hepatic tumor. *Surgery*. 1978;83:319-22
12. White RI Jr, Strandberg JV, Gross GS, Barth KH. Therapeutic embolization with long-term occluding agents and their effects on embolized tissues. *Radiology*. 1977;125:677-87
13. Berenstein A, Kricheff II. Catheter and material selection for transarterial embolization: technical considerations. II. Materials. *Radiology*. 1979;132:631-9
14. White RI Jr, Barth KH, Kaufman SL, DeCaprio V, Strandberg JD. Therapeutic embolization with detachable balloons. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 1980;3:229-41
15. Tadavarthy SM, Knight L, Ovitt TW, Snyder C, Amplatz K. Therapeutic transcatheter arterial embolization. *Radiology*. 1974;112:13-6
16. Lubarsky M, Ray C, Funaki B. Embolization Agents - Which One Should Be Used When? Part 2: Small-Vessel Embolization. *Semin Intervent Radiol*. 2010;27:99-104
17. Yonemitsu T, Kawai N, Sato M, Sonomura T, Takasaka I, Nakai M, Minamiguchi H, Sahara S, Iwasaki Y, Naka T, Shinozaki M. Comparison of hemostatic durability between N-butyl cyanoacrylate and gelatin sponge particles in transcatheter arterial embolization for acute arterial hemorrhage in a coagulopathic condition in a swine model. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2010;33:1192-7
18. Takasaka I, Kawai N, Sato M, Sahara S, Minamiguchi H, Nakai M, Ikoma A, Nakata K, Sonomura T. A new soluble gelatin sponge for transcatheter hepatic arterial embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2010;33:1198-204
19. Butori N, Tixier H, Filipuzzi L, Mutamba W, Guiu B, Cercueil JP, Douvier S, Sagot P, Krausé D, Loffroy R. Interest of uterine artery embolization with gelatin sponge particles prior to myomectomy for large and/or multiple fibroids. *Eur J Radiol*. 2011;79:1-6. doi:10.1016/j.ejrad.2009.09.028
20. Ratnam LA, Gibson M, Sandhu C, Torrie P, Chandraran E, Belli AM. Transcatheter pelvic arterial embolisation for control of obstetric and gynaecological haemorrhage. *J Obstet Gynaecol*. 2008;28:573-9
21. Ji J, Barrett EJ. Suspected intraoperative anaphylaxis to gelatin absorbable hemostatic sponge. *Anesth Prog*. 2015;62:22-4
22. Ayella RJ, DuPriest RW Jr, Khaneja SC, Maekawa K, Soderstrom CA, Rodriguez A, Cowley RA. Transcatheter embolization of autologous clot in the management of bleeding associated with fractures of the pelvis. *Surg Gynecol Obstet*. 1978;147:849-52
23. Levey DS, Teitelbaum GP, Finck EJ, Pentecost MJ. Safety and efficacy of transcatheter embolization of axillary and shoulder arterial injuries. *J Vasc Interv Radiol*. 1991;2:99-104
24. Gunji T, Kawauchi N, Ohnishi S, Ishikawa T, Nakagama H, Kaneko T, Moriyama T, Matsushashi N, Yazaki Y, Imawari M. Treatment of hepatocellular carcinoma associated with advanced cirrhosis by transcatheter arterial chemoembolization using autologous blood clot: a preliminary report. *Hepatology*. 1992;15:252-7
25. Lazinger M, Beckmann CF, Cossi A, Roth RA. Selective embolization of bilateral arterial cavernous fistulas for posttraumatic penile arterial priapism. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 1996;19:281-4
26. Silberzweig JE, Hilfer C. Embolization of an autologous clot. *Radiology*. 2001;219:574
27. Kim KR, Shin JH, Song HY, Ko GY, Yoon HK, Sung KB, Ahn TY, Kim CW, Kim YH, Ko HK, Kwak BK, Shim HJ, Chung HH, Shin SW, Bae JI. Treatment of high-flow priapism with superselective transcatheter embolization in 27 patients: a multicenter study. *J Vasc Interv Radiol*. 2007;18:1222-6
28. Gianturco C, Anderson JH, Wallace S. Mechanical devices for arterial occlusion. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1975;124(3):428-35
29. Anderson JH, Wallace S, Gianturco C, Gerson LP. "Mini" Gianturco stainless steel coils for transcatheter vascular occlusion. *Radiology*. 1979;132(2):301-3
30. Funaro AH, Ring EJ, Freiman DB, Oleaga JA, Gordon R. Transhepatic obliteration of esophageal varices using the stainless steel coil. *AJR Am J Roentgenol*. 1979;133(6):1123-5
31. Mazer MJ, Baltaxe HA, Wolf GL. Therapeutic embolization of the renal artery with Gianturco coils: limitations and technical pitfalls. *Radiology*. 1981;138:37-46
32. Yang PJ, Halbach VV, Higashida RT, Hieshima GB. Platinum wire: a new transvascular embolic agent. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1988;9:547-50
33. Fedullo LM, Meranze SG, McLean GK, Burke DR. Embolization of a subclavian artery aneurysm with steel coils and thrombin. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 1987;10(3):134-7

34. Lund G, Cragg AH, Rysavy JA, Castaneda F, Castaneda-Zuniga WR, Amplatz K. Detachable stainless-steel spider. A new device for vessel occlusion. *Radiology*. 1983;148:567-8
35. Yahia AM, Gordon V, Whapham J, Malek A, Rehman M, Fessler RD. Sapphire platinum detachable coil experience in a tertiary-care facility. *Neurocrit Care*. 2007;7:128-35
36. Murphy KJ, Houdart E, Szopinski KT, Levrier O, Guimaraens L, Kühne D, Solymosi L, Bartholdy NJ, Rüfenacht DA. Mechanical detachable platinum coil: report of the European phase II clinical trial in 60 patients. *Radiology*. 2001;219:541-4
37. Lopera JEThe Amplatzer Vascular Plug: Review of Evolution and Current Applications. *Semin Intervent Radiol*. 2015;32:356-69
38. Bulla K, Hubich S, Pech M, Löwenthal D, Ricke J, Dudeck O. Superiority of proximal embolization of the gastroduodenal artery with the Amplatzer vascular plug 4 before yttrium-90 radioembolization: a retrospective comparison with coils in 134 patients. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37:396-404
39. Canyigit M, Gumus M, Kilic E, Erol B, Cetin H, Hasanoglu HC, Arslan H. Aneurysm of an anomalous systemic artery supplying the normal basal segments of the left lower lobe: endovascular treatment with the Amplatzer Vascular Plug II and coils. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2011;34 Suppl 2:S126-30
40. Ferral H. Hydrogel-Coated Coils: Product Description and Clinical Applications. *Semin Intervent Radiol*. 2015;32:343-8
41. Jack CR Jr, Forbes G, Dewanjee MK, Brown ML, Earnest F 4th. Polyvinyl alcohol sponge for embolotherapy: particle size and morphology. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1985;6:595-7
42. Choe DH, Han MH, Kang GH, Yeon KM, Han MC. An experimental study of embolic effect according to infusion rate and concentration of suspension in transarterial particulate embolization. *Invest Radiol*. 1997;32:260-7
43. Das R, Champaneria R, Daniels JP, Belli AM. Comparison of embolic agents used in uterine artery embolisation: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37:1179-90
44. Bilbao JI, de Martino A, de Luis E, Díaz-Dorransoro L, Alonso-Burgos A, Martínez de la Cuesta A, Sangro B, García de Jalón JA. Biocompatibility, inflammatory response, and recanalization characteristics of nonradioactive resin microspheres: histological findings. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2009;32:727-36
45. Goodwin SC, McLucas B, Lee M, Chen G, Perrella R, Vedantham S, Muir S, Lai A, Sayre JW, DeLeon M. Uterine artery embolization for the treatment of uterine leiomyomata midterm results. *J Vasc Interv Radiol*. 1999;10:1159-65
46. Brown KT, Brody LA, Decorato DR, Getrajman GI. Portal vein embolization with use of polyvinyl alcohol particles. *J Vasc Interv Radiol*. 2001;12:882-6
47. Duvnjak S, Ravn P, Green A, Andersen PE. Clinical Long-Term Outcome and Reinterventional Rate After Uterine Fibroid Embolization with Nonspherical Versus Spherical Polyvinyl Alcohol Particles. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2016;39:204-9
48. Derdeyn CP, Graves VB, Salamat MS, Rappe A. Collagen-coated acrylic microspheres for embolotherapy: in vivo and in vitro characteristics. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1997;18:647-53
49. Weng L, Seelig D, Rostamzadeh P, Golzarian J. Calibrated Bioresorbable Microspheres as an Embolic Agent: An Experimental Study in a Rabbit Renal Model. *J Vasc Interv Radiol*. 2015;26:1887-94
50. Weng L, Rusten M, Talaie R, Hairani M, Rosener NK, Golzarian J. Calibrated bioresorbable microspheres: a preliminary study on the level of occlusion and arterial distribution in a rabbit kidney model. *J Vasc Interv Radiol*. 2013;24:1567-75
51. Stampfl S, Bellemann N, Stampfl U, Radeleff B, Lopez-Benitez R, Sommer CM, Thierjung H, Berger I, Richter GM. Inflammation and recanalization of four different spherical embolization agents in the porcine kidney model. *J Vasc Interv Radiol*. 2008;19:577-86
52. Yu SC, Hui EP, Wong J, Wong H, Mo F, Ho SS, Wong YY, Yeo W, Lai PB, Chan AT, Mok TS. Transarterial ethanol ablation of hepatocellular carcinoma with lipiodol ethanol mixture: phase II study. *J Vasc Interv Radiol*. 2008;19:95-103
53. Patel A, Fischman AM, Saad WE. Balloon-occluded retrograde transvenous obliteration of gastric varices. *AJR Am J Roentgenol*. 2012;199:721-9
54. Hartung O. Embolization is essential in the treatment of leg varicosities due to pelvic venous insufficiency. *Phlebology*. 2015;30:81-5
55. Van der Vleuten CJ, Kater A, Wijnen MH, Schultze Kool LJ, Rovers MM. Effectiveness of sclerotherapy, surgery, and laser therapy in patients with venous malformations: a systematic review. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37:977-89
56. Kitamoto M, Imamura M, Kamada K, Aikata H, Kaw H Akami Y, Matsumoto A, Kurihara Y, Kono H, Shirakawa H, Nakanishi T, Ito K, Chayama K. Balloon-occluded retrograde transvenous obliteration of gastric fundal varices with hemorrhage. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;178:1167-74
57. Wang Z, Lin M, Lesage D, Chen R, Chapiro J, Gu T, Tacher V, Duran R, Geschwind JF. Three-dimensional evaluation of lipiodol retention in HCC after chemoembolization: a quantitative comparison between CBCT and MDCT. *Acad Radiol*. 2014;21:393-9
58. Conzo G, Gambardella C, Tartaglia E, Sciascia V, Mauriello C, Napolitano S, Orditura M, De Vita F, Santini L. Pancreatic fistula following pancreatoduodenectomy. Evaluation of different surgical approaches in the management of pancreatic stump. Literature review. *Int J Surg*. 2015;21 Suppl 1:S4-9
59. Kolber MK, Shukla PA, Kumar A, Silberzweig JE. Ethylene vinyl alcohol copolymer (onyx) embolization for acute hemorrhage: a systematic review of peripheral applications. *J Vasc Interv Radiol*. 2015;26:809-15
60. Day RW, Huettl EA, Naidu SG, Eversman WG, Douglas DD, O'Donnell ME. Successful coil embolization of circumflex iliac artery pseudoaneurysms following paracentesis. *Vasc Endovascular Surg*. 2014;48:262-6