Fístulas Arteriovenosas para Hemodiálisis

AUTORES

MA Ayala Strub [a], MS Manzano Grossi [a] , JM Ligero Ramos [a]

[a] Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid

ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN
- MOMENTO DE HACER EL ACCESO VASCULAR
- EVALUACIÓN PREOPERATORIA
- HISTORIA CLÍNICA
- EXPLORACIÓN FÍSICA
- PRUEBAS COMPLEMENTARIAS
- TÉCNICA ANESTÉSICA PARA CREACIÓN DE LA FÍSTULA ARTERIOVENOSA
- TIPOS DE FÍSTULA ARTERIOVENOSA
- FÍSTULA ARTERIOVENOSA NATIVA
- FÍSTULA ARTERIOVENOSA PROTÉSICA
- TÉCNICAS DE RECURSO.
- COMPLICACIONES DE LOS ACCESOS VASCULARES PARA HEMODIÁLISIS

INTRODUCCIÓN

Los pacientes en situación de enfermedad renal crónica avanzada (ERCA) deben recibir información sobre los diferentes tipos de técnicas de diálisis disponibles por parte de personal especializado en Tratamiento Sustitutivo Renal (TRS) [1].

Debemos considerar la creación del acceso vascular cuando el FGe < 15 ml/min/1,73 m2 y/o una estimación de entrada en diálisis en 6 meses [2][3].

En aquellos en los que se elige la hemodiálisis como TRS, se presenta la necesidad de garantizar un Acceso Vascular (AV) adecuado para llevarla a cabo [4][5]. Dicho acceso debería:

- Permitir una diálisis adecuada proporcionando un flujo sanguíneo suficiente.
- Ser un ”acceso seguro y repetido sobre el sistema vascular del paciente”.
- ener la mayor permeabilidad en el tiempo y la menor tasa de complicaciones posibles.

El AV que más se acerca a esta situación ideal es la Fístula Arterio-Venosa Nativa (FAVn). Como alternativa se tienen, hoy día, la FAV Protésica (FAVp) y/o el Catéter Venoso Central (CVC) con todas sus posibles variaciones más o menos imaginativas o de recurso. Tal y como se ha referido previamente, el AV de elección es la FAVn, debido esencialmente a que presentan unas tasas de permeabilidad primaria, primaria asistida y secundaria muy superiores a las FAVp y a los CVC.

Asímismo, las FAVn presentan una incidencia de complicaciones inferior a la de los otros accesos, especialmente en cuanto a infecciones y trombosis. Por el contrario, el principal inconveniente de este tipo de FAV radica en su baja tasa de maduración y en el prolongado período que se requiere para utilizarla, sobre todo en los casos en que necesita procedimientos secundarios para su supervivencia.

La morbilidad y mortalidad del paciente en programa de hemodiálisis (HD) tienen relación directa con el tipo de AV, tanto al inicio como en el seguimiento del TSR. El riesgo de complicaciones infecciosas al inicio de HD se multiplica por 4 cuando se utiliza un CVC comparado con la FAVn o FAVp y hasta por 7 cuando el CVC es el AV prevalente. También, el uso de CVC se relaciona con un significativo incremento en el riesgo de mortalidad, especialmente en el primer año de HD [5], por lo que

hay que evitarlo en lo posible y revertir la tendencia que hay en algunos sitios a su incremento.

Dentro de estas líneas generales, hay que individualizar la decisión en función de otros factores como puede ser la urgencia de inicio del TRS, expectativa de vida del paciente o el tiempo que se va a necesitar el AV (por la posibilidad de trasplante renal o diálisis peritoneal), entre otros.

Se ha demostrado que una eficiente gestión del equipo multidisciplinar del acceso vascular puede redundar en un descenso de la prevalencia de catéteres [6].

Los pacientes con AV repetidos suponen un importante reto quirúrgico, dado que demandan más intuición y recursos técnicos para identificar el estado vascular arterial y venoso, permitiendo diseñar la mejor estrategia en cada caso, sin sacrificar futuras opciones de acceso.

MOMENTO DE HACER EL ACCESO VASCULAR (AV)

Como se cita en la introducción, se debe tener en cuenta la necesidad de planificar un acceso vascular si el paciente tiene previsto entrar en diálisis en los siguientes 6 meses o presenta un filtrado menor de 15 ml/min/1,73 m2 [2][3].

En esta decisión es cuándo se demuestra la correcta comunicación entre el nefrólogo y el cirujano vascular, ya que crear una FAV de forma precoz puede llevar a tener complicaciones evolutivas habituales del AV antes de haber empezado a usarse, y el hacerlo muy tarde obligaría a pasar un tiempo con CVC con las consecuencias que de ello se derivan.

En este aspecto, las experiencias de Consultas Multidisciplinares de Accesos Vasculares para Hemodiálisis han sido muy satisfactorias y con evidente mejoría de los resultados [7].

La recomendación del Grupo Español Multidisciplinar del Acceso Vascular (GEMAV) [1] es:

- Para la FAVn, 6 meses antes del inicio de la hemodiálisis.
- Para la FAVp, 3 a 6 semanas antes del inicio de la hemodiálisis.

EVALUACIÓN PREOPERATORIA

La decisión sobre el acceso vascular más adecuado en cada caso se basará en una evaluación global de la historia clínica, del examen físico vascular y de la ecografía preoperatoria de cada paciente (ver capítulo de Ecografía-doppler en el acceso vascular), teniendo en cuenta sus preferencias individuales y priorizando la realización de FAV distal en el miembro superior no dominante siempre que sea posible.

Aunque no hay estudios que comparen expresamente la opción de priorizar la extremidad superior no dominante o la contralateral, parece razonable que, a igualdad de situación vascular, se elija la no dominante para no limitar temporalmente la actividad del paciente.

Sin embargo, hay que dejar a la elección del paciente, con el asesoramiento profesional, la decisión de si la siguiente FAV debe hacerse en una localización más proximal de la misma extremidad o en la localización más distal de la contralateral [8][9].

HISTORIA CLÍNICA

Son numerosas las circunstancias asociadas a la comorbilidad del paciente con ERCA que pueden influir en un adecuado desarrollo del AV, lo que obliga a un conocimiento previo de todos los factores implicados. En la revisión de la historia clínica, se deben contemplar los antecedentes patológicos que puedan aumentar de algún modo el riesgo de fallo del AV o predisponer a la aparición de morbilidad secundaria a dicho acceso [4].

Con respecto a los antecedentes que conllevan un riesgo de fracaso de la FAV se encuentran, en primer lugar, la presencia de comorbilidades asociadas a un peor pronóstico del AV en general **(Tabla 1)**: edad avanzada, presencia de diabetes mellitus (DM), arteriopatía periférica, tabaquismo u obesidad [10][11][12][13][14][15] y en segundo lugar, la presencia de antecedentes a considerar a la hora de planificar la óptima localización del acceso **(Tabla 2)**: antecedente de CVC o marcapasos (MCP), historia de AV previos, traumatismos o cirugías previas en brazo, cintura escapular o tórax, o canulaciones venosas previas [4]. Además, se debería tener en cuenta si el paciente si es zurdo o diestro,

Tabla 1: Factores sistémicos asociados a peor pronóstico del AV
-Edad avanzada
-Diabetes mellitus
-Arteriopatía periférica
-Tabaquismo
-Obesidad
- Hipotensión mantenida

Tabla 2: Factores locales a valorar en la indicación del AV

Antecedente	Patología asociada
Antecedente de CVC	Presencia de estenosis venosas centrales
Portador de MCP	Presencia de estenosis venosas centrales
Historial de AV previos	Alteración de la anatomía vascular
Antecedente de Cirugía cardiaca/torácica	Presencia de estenosis venosas centrales
Traumatismos en brazo, cintura escapular o tórax	Presencia de estenosis venosas centrales
Cirugía de mama	Alteración de la anatomía vascular Existencia de linfedema secundario

CVC: catéter venoso central; MCP: marcapasos; AV: acceso vascular

si ha recibido quimioterapia o radioterapia que puedan afectar a la FAV, antecedentes de cateterismo cardiaco a través del brazo, uso de anticoagulantes y antiagregantes y preferencias individuales. Otros factores a considerar se encuentran en la **(Tabla 3)**.

En los pacientes de edad avanzada, se ha demostrado las ventajas del AV nativo, siempre y cuando tenga un sistema venoso superficial adecuado. Lo que sí se prioriza menos es la localización más distal posible si la FAVn es más segura a nivel del codo o brazo, ya que tendrán menos necesidades de conservar capital venoso para futuras reintervenciones.

Pese a no existir evidencia científica de calidad y basándonos en los criterios de buena práctica clínica, se recomienda extremar la conservación de la red venosa superficial de ambas extremidades superiores, que deben preservarse libres de punciones y canulaciones. Para ello es imprescindible instruir al personal sanitario e informar al paciente [1]. Siempre que sea posible, se realizarán las extracciones de sangre en el dorso de la mano o en su defecto en la vena mediana basílica de la extremidad dominante (dejando la no dominante como primera elección para realizar la FAV) **(Tabla 4)**.

Tabla 3: Factores locales a valorar en la indicación del AV

Antecedente	Patología asociada
Insuficiencia cardiaca congestiva	Empeoramiento de la función cardiaca
Prótesis valvulares	Riesgo de sobreinfección
Expectativa de vida limitada	Valoración de CVC
Candidato a trasplante de donante vivo	Valoración de CVC

CVC: catéter venoso central; MCP: marcapasos; AV: acceso vascular

Tabla 4: Recomendaciones para la preservación de la red venosa en el paciente candidato a hemodiálisis

-Evitar venopunciones innecesarias y accesos venosos periféricos en la extremidad superior destinada a la creación del AV

-Favorecer el uso de las venas del dorso de la mano para muestras de sangre, inyecciones y transfusiones

-Evitar la inserción de CVC en venas subclavias, planteando como alternativa su colocación en venas yugulares o femorales

-Evitar la colocación de CVC de inserción periférica (PICC, del inglés peripheric insertion central catheter)

-Evitar en todo caso la punción de la vena cefálica del brazo y antebrazo no dominante.

EXPLORACIÓN FÍSICA

En la evaluación del paciente será necesario una exploración física que valore la existencia.

de limitaciones articulares, déficits motores o sensitivos, grosor del tejido celular subcutáneo e integridad de la piel, edema de la extremidad, existencia de circulación colateral en brazo u hombro **(Figura 1)**, y cicatrices o trayectos venosos indurados. La exploración física debe incluir la palpación de pulsos señalando la existencia y calidad de estos, incluyendo la maniobra o test de Allen, valoración del relleno venocapilar, temperatura y coloración de la mano, la toma de presión arterial en ambas extremidades superiores y la exploración del sistema venoso mediante la palpación, percusión y transmisión venosa, con y sin torniquete **(Tabla 5)**.

Figura 1: Presencia de circulación colateral en brazo y hombro izquierdo, sospechosa de estenosis central.

Tabla 5: Criterios clínicos necesarios en la exploración física para la realización de una FAV
Exploración venosa
Vena cefálica visible tras la colocación de un torniquete Trayecto venoso superficial visible y/o palpable en tejido subcutáneo Ausencia de tortuosidad significativa
Exploración arterial
Pulso radial, cubital, humeral, axilar y subclavio. Permeabilidad del arco palmar (test de Allen) Ausencia de una diferencia de PAS > 15 mmHg entre extremidades superiores

PAS: presión arterial sistólica.

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

La realización de exploraciones complementarias deberá plantearse como ayuda necesaria e imprescindible para definir la estrategia a seguir en el orden de realización del AV. La realización de un mapeo ecográfico completo de forma rutinaria aumenta la supervivencia del acceso [4][16][17][18]. Se evaluará el diámetro y la calidad de la pared arterial y la anatomía y la permeabilidad del sistema venoso profundo y superficial de la extremidad.

En casos seleccionados o en aquellos en que se sospeche una estenosis central se podría plantear la realización de una fistulografía para la correcta planificación de la cirugía **(Figura 2).**

TÉCNICA ANESTÉSICA PARA LA CREACIÓN DE LA FÍSTULA

Un metaanálisis realizado en 2017 demuestra que el uso sistemático del bloqueo axilar regional para la creación del AV permite una intervención más favorable además de disminuir la tasa de fallo primario del acceso [19] en comparación con aquellos pacientes que se operan con anestesia local. Se cree que el bloqueo de la inervación simpática produce una vasodilatación similar al observado en la anestesia raquídea regional **(Figura 3)**.

Figura 2: Flebografía: Estenosis central a nivel de la vena subclavia derecha

Figura 3: Realización de plexo axilar en miembro superior derecho ecoguiado

TIPOS DE ACCESOS VASCULARES

Repasando los AV según su tipo, los agruparemos en:

- FAVn en muñeca y antebrazo.
- FAV radiocefálica en muñeca.
- FAV en tabaquera anatómica.
- FAV radiocefálica en antebrazo.
- Transposición radiobasílica.
- FAV cubitobasílica.
- Transposiciones venosas.
- FAVn en fosa antecubital (codo) y brazo.
- FAV humerocefálica.
- FAV humeroperforante (FAV de Gracz).
- FAV de arteria radial proximal.
- FAV humerobasílica.
- FAV humerohumeral.
- Otras transposiciones venosas.
- FAVp en miembros superiores.
- Injerto radioantecubital recto.
- Loop húmero/radio-antecubital.
- Injerto humerohumeral/axilar recto.
- Loop humerohumeral/axilar.
- Técnicas de recurso.
- AV en miembros inferiores.
- Injerto femorofemoral proximal (ingle).
- Injerto femorofemoral en el tercio medio del muslo.
- Transposición de la vena femoral.
- Dispositivo prótesis-catéter tunelizado (HeRO).
- Accesos vasculares “exóticos”.
- Catéter venoso central.

ORDEN DE REALIZACIÓN DEL ACCESO VASCULAR

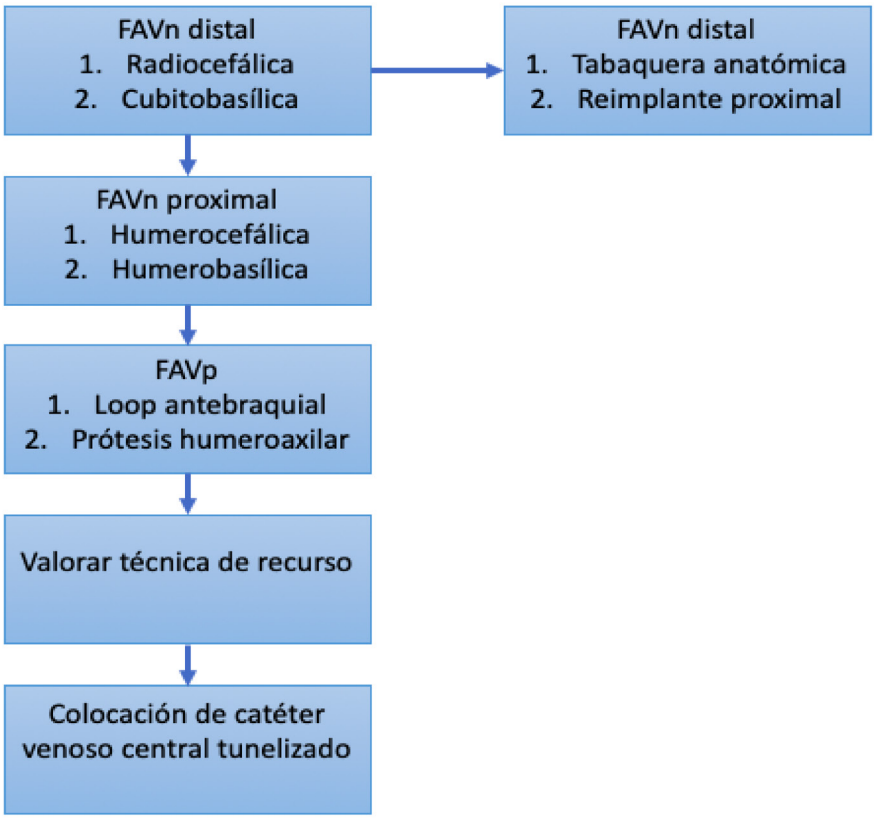
Según la guía clínica del GEMAV [1] **(Figura 4)**.

- Como primer acceso vascular se recomienda crear una FAVn lo más distal posible, en la extremidad superior no dominante.
- Tras agotar el acceso vascular radiocefálico a lo largo del antebrazo, se recomienda la FAVn a nivel de codo, siendo la fístula arteriovenosa humerocefálica o radiocefálica proximal la primera alternativa a considerar.
- Si no se puede realizar una FAV radiocefálica o humerocefálica, se recomienda la realización de una FAV humerobasílica con superficialización o transposición venosa en el brazo o antebrazo, como opción previa a la utilización de una FAVp.
- Se recomienda que la FAVp en la extremidad superior se limite a los siguientes supuestos:

1. Pacientes sin venas anatómicamente adecuadas en el brazo o antebrazo.
2. Pacientes que requieren hemodiálisis de modo inmediato y se quiere evitar la implantación de un CVC tunelizado.

- Si ha fracasado una FAV previa, se recomienda que la decisión del lugar anatómico de la creación de la siguiente fístula sea consensuada con el paciente, para decidir si se da prioridad al criterio de cuanto más distal mejor o al criterio de extremidad no dominante.
- En los casos en los que se han agotado los accesos vasculares a nivel de ambas extremidades superiores, se sugiere el empleo de las técnicas de recurso, priorizando la FAVp a nivel de muslo y el dispositivo prótesis-catéter tunelizado como primeras opciones a considerar.

Figura 4: Orden de realización del acceso vascular (GEMAV).



FÍSTULA ARTERIO-VENOSA NATIVA

Consiste en la unión directa entre la arteria y la vena del paciente para el desarrollo y punción fácil de la última. El objetivo es realizarla lo más distal posible en la extremidad superior para preservar la mayor cantidad de segmento de venas puncionables y mantener la posibilidad de ir ascendiendo proximalmente las anastomosis futuras, cuando sean necesarias [20].

FAVn Radio-Cefálica:

Realizada por primera vez en 1966 por el cirujano Kenneth C. Appell, del Hospital VA del Bronx (NY) compartiendo su primera publicación con el jefe de departamento de Nefrología, James E. Cimino, y Michael Brescia miembro del equipo de diálisis [21] [5]. La que se realiza en el tercio distal del antebrazo sigue siendo la referencia y la que se debe intentar como primera opción dada la baja tasa de complicaciones y su excelente permeabilidad aunque a costa de una relativa alta tasa de fallo primario que oscila entre el 10 y 30 % (y en algunos grupos llega al 50%), sea por trombosis precoz y por falta de maduración (hasta el 30 % a los 3 meses), especialmente en pacientes diabéticos, ancianos y mujeres [22] [23]. Puede ser realizada a pacientes de todas las edades, desde niños de corta edad hasta ancianos. **(Figura 5) (Figura 6) (Figura 7)** y **(Figura 8)**.

Otra localización de la FAV radiocefalica es la tabaquera anatómica, usando la rama posterior de la arteria radial entre los tendones extensores corto y largo del pulgar **(Figura 9)**, que tiene una mayor complejidad técnica pero con unas permeabilidades del 65% al año y del 45% a los 5 años, permitiendo conservar todo el trayecto venoso para futuros reimplantes proximales [24].

La anastomosis entre la arteria radial y la vena cefálica se puede hacer prácticamente en todo el antebrazo, aunque se precisaría efectuar una ”ventana” en la musculatura suprayacente a partir de cierto punto, para evitar compresiones. Esto puede

Figura 5: Disección y control de arteria radial y vena cefálica en muñeca izquierda

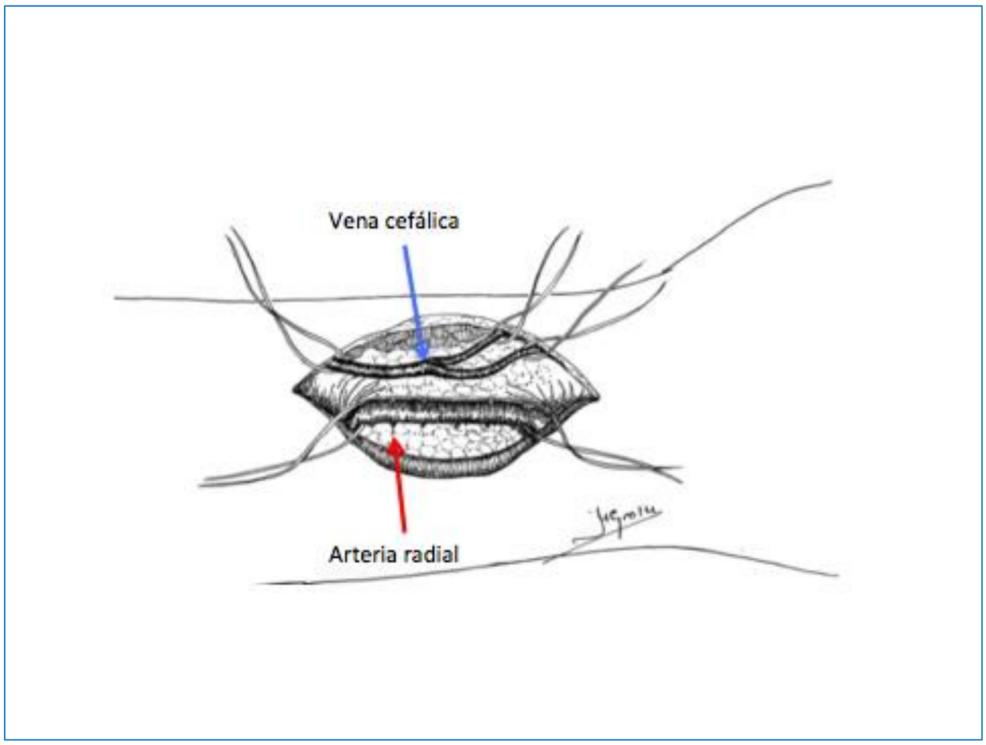


Figura 6: FAV radiocefálica con anastomosis Latero-lateral (arteria radial y vena cefálica) en brazo izquierdo.

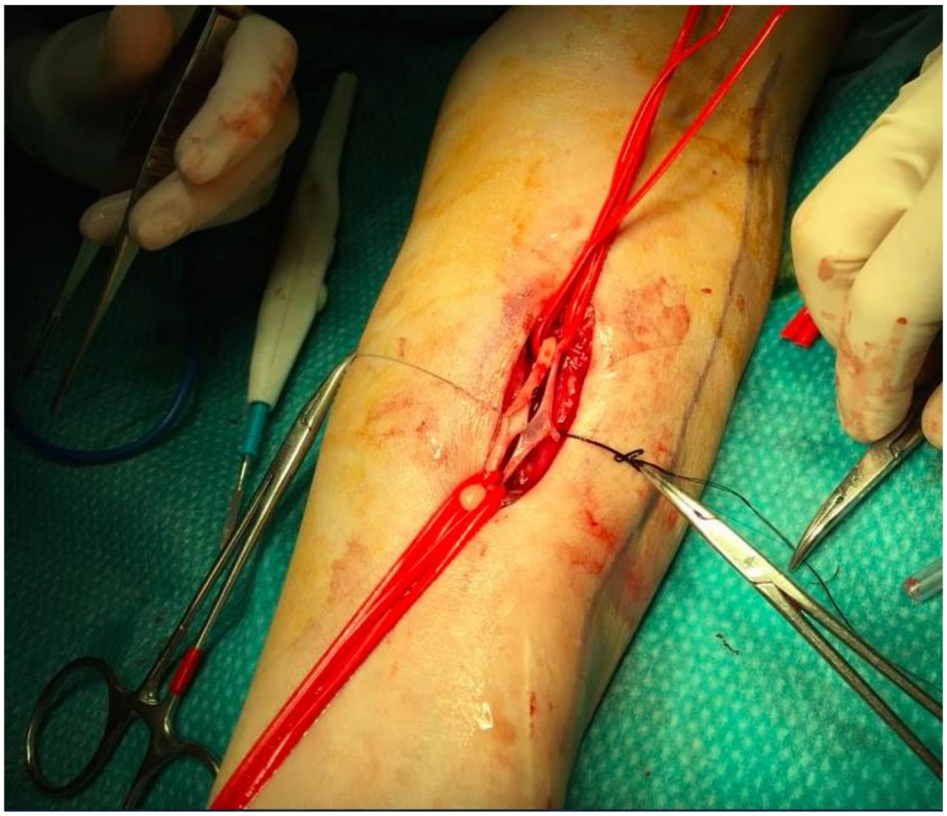


Figura 7: FAV radiocefálica con anastomosis termino-lateral (vena cefálica-arteria radial) en el antebrazo izquierdo

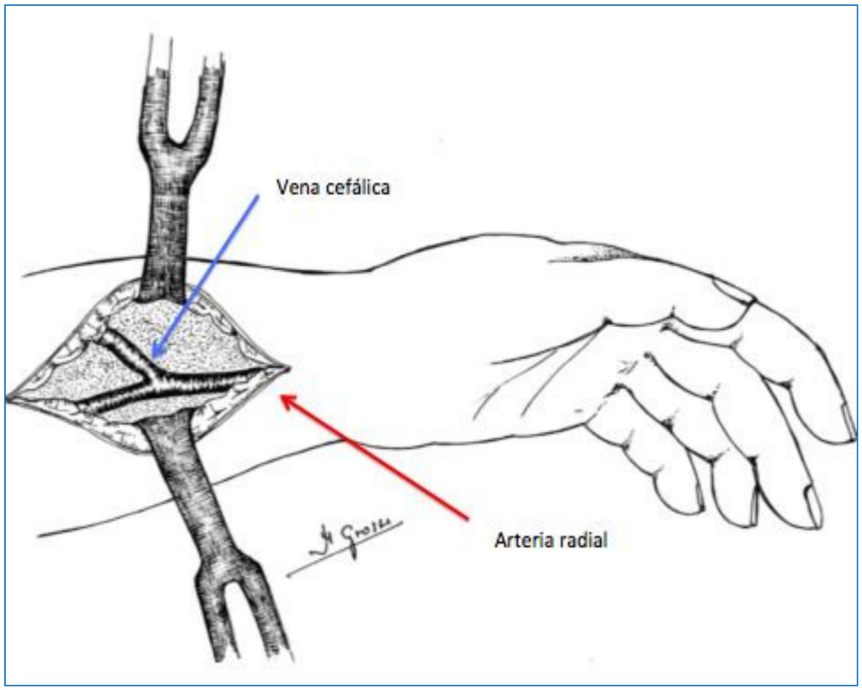


Figura 8: FAV radiocefálica con anastomosis termino-lateral (vena cefálica-arteria radial) en antebrazo derecho.

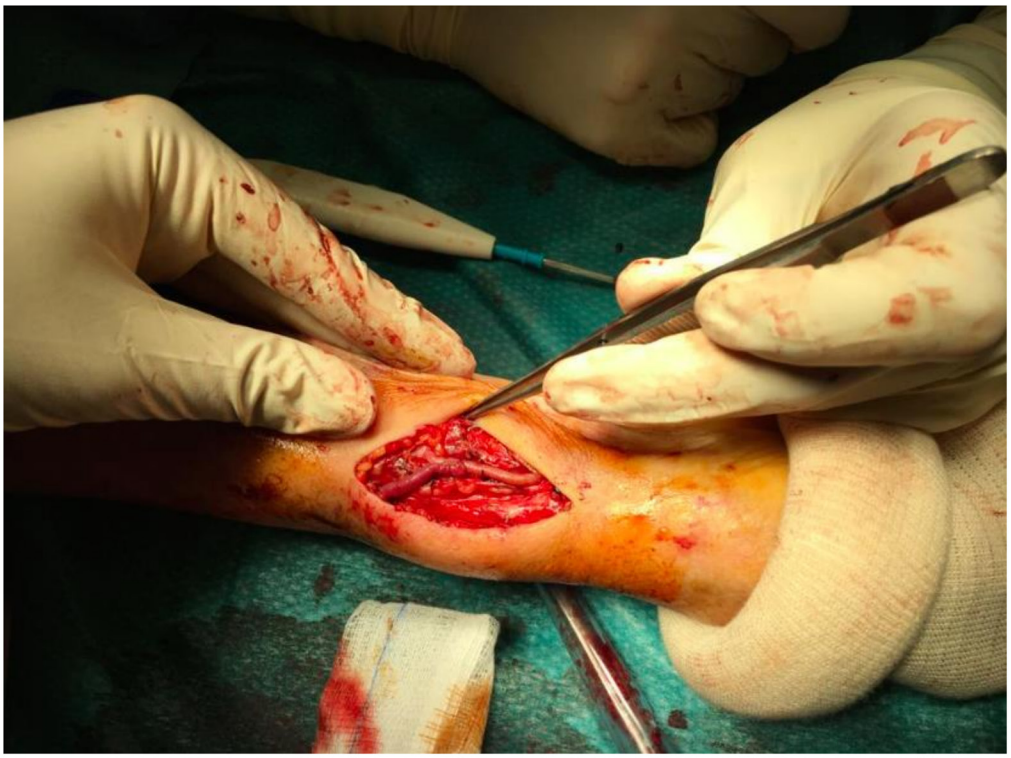
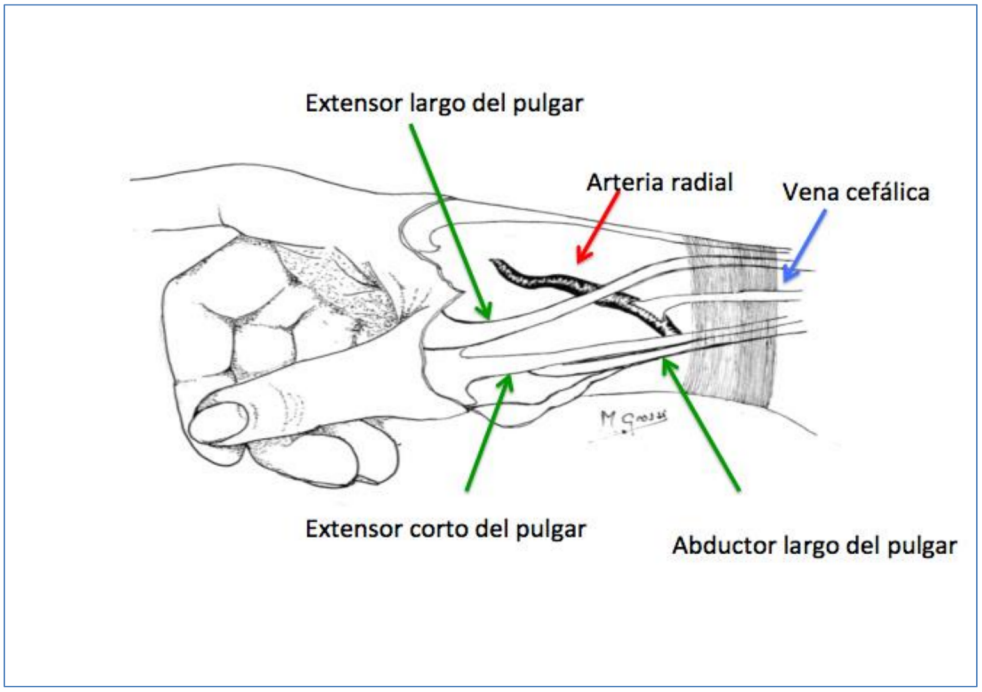


Figura 9: FAV radiocefálica en tabaquera anatómica con anastomosis termino-lateral (vena cefálica-arteria radial) en miembro superior derecho.



ser necesario tanto por los hallazgos ecográficos en el mapeo preoperatorio o como para ”rescatar¿ una FAVn distal trombosada o estenosada.

Programas de ejercicio supervisado para desarrollo y aumento del diámetro de las venas de antebrazo, como el implantado por nuestro grupo en un ensayo clínico [25] han demostrado que, planificando adecuadamente el momento de realizar el acceso, se puede conseguir hacer más AV nativos con mejores resultados en cuanto a maduración y permeabilidad. **(Figura 10)**.

FAVn en fosa antecubital (pliegue del codo):

Según las directrices de la Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (KDOQI) [4], la FAV radiocefálica y la FAV humerocefálica son la primera y la segunda opciones para crear un AV, respectivamente.

Este tipo de FAV tienen muchas posibilidades y variantes dada la alta variación anatómica venosa en fosa antecubital **(Tabla 6)**.

Figura 10: Ejercicio isométrico con hand-grip

Tabla 6: Tipos de FAVn en pliegue del codo
Humerocefálica latero-terminal
Arteria Humeral-vena Perforante o Fístula de Gancz
Humerobasílica latero-lateral con superficialización basílica proximal
Humerobasílica Latero-terminal con transposición venosa subcutánea en 1 o 2 tiempos
Humerocefálica con interposición de segmento de prótesis de PTFE o en “H”

Son vasos de mayor calibre con lo que los fallos primarios y de maduración son menores, con la contrapartida de tener menos trayecto de punción disponible (aunque se podría plantear una valvulotomía de la vena de antebrazo para permitir flujo anterógrado y retrógrado, con un posible aumento del riesgo de hipertensión venosa) [26]. También tiene más posibilidades de edema de la extremidad y de riesgo de complicaciones isquémicas de la mano (robo arterial). Otra consideración a tener en cuenta a la hora de plantearlas, es la adiposidad del brazo ya que puede dificultar su utilización rutinaria o requerir intervenciones secundarias (como incluso una liposucción o lipectomía) para su superficialización [27][28].

FAVn Humero-cefálica latero-terminal (L-T)

La anastomosis se hace eligiendo el segmento más ”sano” de la vena, ya que es localización frecuente de punciones repetidas para extracciones de muestras sanguíneas o infusión intravenosa, obligando en ocasiones a movilizaciones de la vena para llegar hasta la arteria. La longitud de dicha anastomosis no debe superar los 6-7 mm [1], ya que aumentaría las posibilidades de isquemia distal de la extremidad [29] **(Figura 11) y (Figura 12)**.

Figura 11: Diagrama de FAV húmerocefálica con anastomosis Termino-Lateral

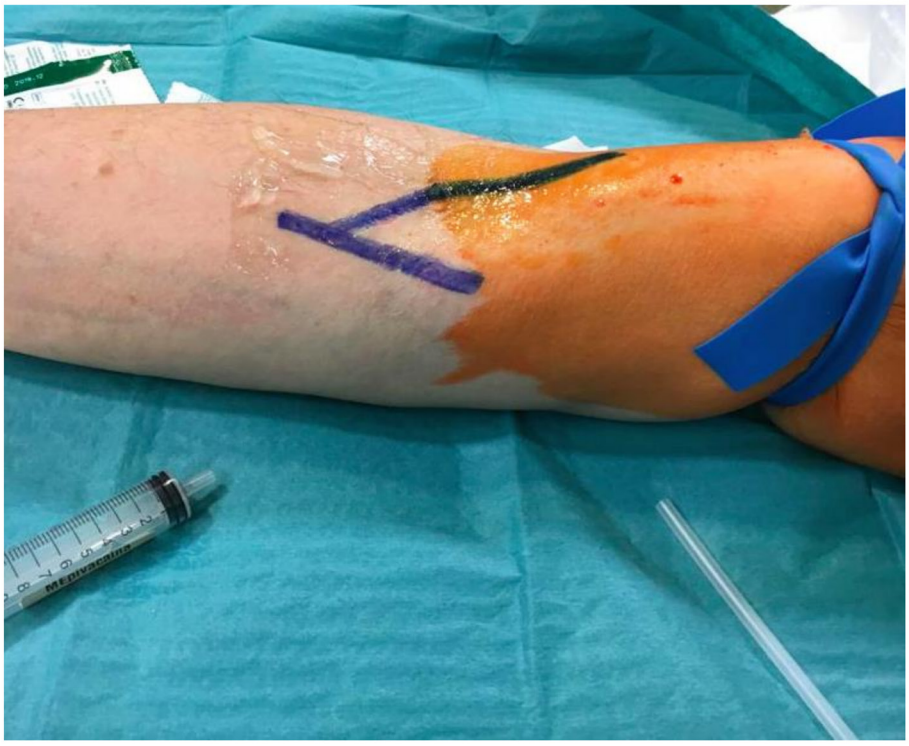


Figura 12: FAV húmerocefálica en Miembro superior derecho

En ocasiones se puede realizar la anastomosis en latero-lateral (L-L) con la vena mediana basílica sin anulación de la salida por Basílica del brazo, cuando no se esté seguro que la vena cefálica vaya a madurar suficientemente, dejando la puerta abierta a utilizar la vena basílica con una superficialización posterior. Recomendamos la ligadura de la vena perforante antecubital en el mismo acto quirúrgico para evitar la hipertensión venosa y la salida hacia el sistema venoso profundo, que puede restar flujo a las venas superficiales que se van a puncionar en las diálisis.

FAVn con la perforante antecubital o de Gracz

Con la misma filosofía de lo señalado en último lugar y para reducir la posibilidad de robo, se puede realizar la anastomosis entre la arteria humeral o incluso radial proximal con la vena perforante cuando discurre muy próxima a éstas en su unión con las venas del sistema profundo, quedando además protegida de punciones accidentales [30] [31].

FAVn Humero-cefálica con interposición protésica en "H"

No se podría considerar una FAV protésica en sí porque la prótesis no va a servir para las punciones sino para conectar arteria y vena **(Figura 13)** cuando están a una distancia que impide su anastomosis directa sin transposiciones complejas. También puede ser una técnica de "rescate" cuando hay complicaciones estenóticas o aneurismáticas yuxtaanastomóticas en una FAVn en codo. Se suele utilizar una prótesis de politetrafluoretileno expandido (PTFE) de 6 mm. **(Figuras 14)** y **(Figura 15)**.

FAVn Humero-basílica

Sería la alternativa a las anteriores antes de plantear el implante de una prótesis [32]. La vena basílica del brazo, al ser una vena profunda, suele estar protegida de venopunciones y tiene un calibre muy importante habitualmente. Además, el curso de la vena basílica es adyacente al paquete vasculonervioso de la extremidad, lo que deja a estas estructuras vulnerables a posibles lesiones por punción durante la diálisis.

Figura 14: Interposición de segmento de PTFE de 6 mm (látero-lateral) Húmero-cefálico en brazo derecho.

Figura 15: Interposición de segmento de PTFE (látero-terminal) de 6 mm Húmero-cefálico en brazo izquierdo

Esta profundidad es la que obliga a su superficialización o transposición para poder puncionarla con facilidad, que se puede hacer en el mismo acto de la anastomosis o en un segundo tiempo pasados 30-90 días [33] **(Figura 16)** A y B. La desventaja de esta última opción es la necesidad de realizar 2 intervenciones quirúrgicas pero tiene la ventaja de que, si hay fracaso precoz, no se somete a la cirugía traumática de disección extensa de una vena con íntima relación con estructuras nerviosas que muchas veces hay que sacrificar, además de una cicatriz amplia sujeta a complicaciones. Para decidir este tipo de FAV es fundamental que la vena Basílica tenga un trayecto mínimo antes de la desembocadura en el sistema venoso profundo (en el tercio medio-superior), se descartan las que tiene un trayecto corto con desembocadura precoz en la vena humeral.

Otras FAVn quirúrgicas en el antebrazo

Se trataría de las anastomosis radio-basílicas con transposición venosa o cúbito-basílica directa **(Figura 17) (Figura 18)** y **(Figura 19)**, con excelentes resultados pero con la dificultad de punción y mantenimiento de las agujas para la hemodiálisis por su trayecto en cara postero-interna del antebrazo [34]. Para paliar esta situación se han descrito soportes que facilitan ambas cosas **(Figura 20)**.

Figura 16 A: Superficialización de vena basílica de FAV húmerobasílica

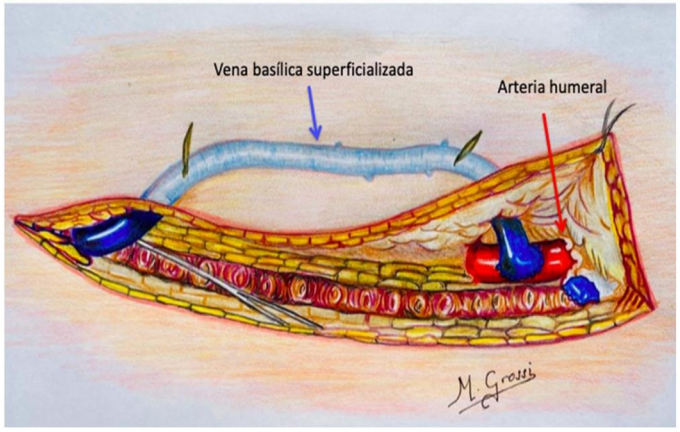


Figura 16 B: Diagrama de vena basílica superficializada de FAV húmerobasílica

Figura 17: reimplante proximal de FAV cúbito- basílica

Figura 18: Control de arteria cubital (amarillo) y vena basílica (azul) en MSI

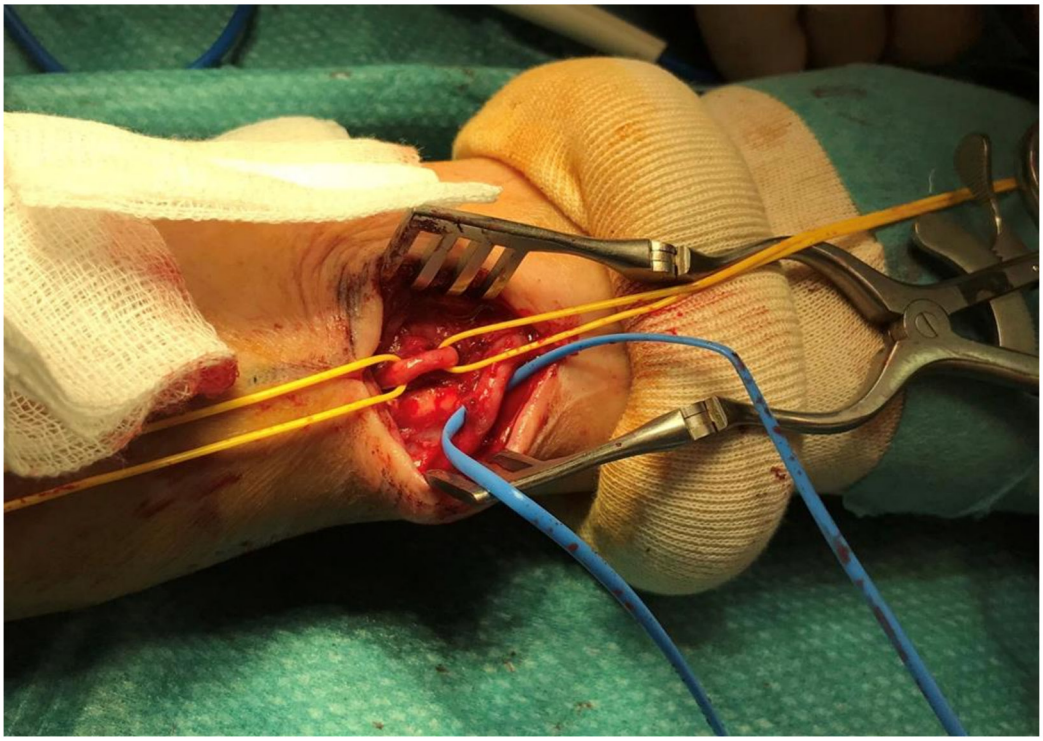


Figura 19: Colocación de campo para realización de anastomosis látero-lateral de FAV cúbito-basílica izquierda

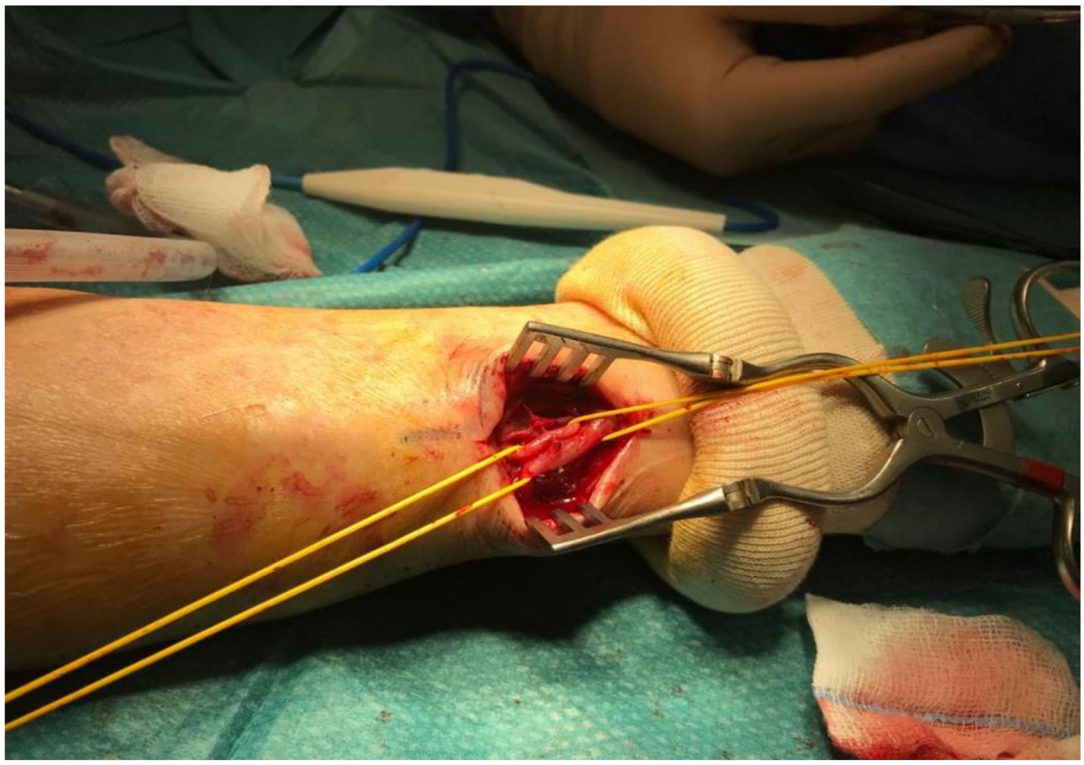


Figura 20: Posición de Hemodiálisis a través de FAV cúbito-basílica en miembro superior izquierdo (MSI)

Creación endovascular de FAV

Se han descrito resultados de técnicas de creación de la unión arterio-venosa por un canal provocado de forma endovascular [35] [36]. Una de ellas es el Sistema WavelinQ(TM) EndoAVF (actualmente de la compañía Becton & Dickinson) con la reciente innovación de reducción del calibre de 6 a 4 French. Consiste en 2 catéteres con una porción imantada que se introducen uno en arteria y otro en vena de forma percutánea, se unen en la zona elegida y crean el canal con la energía generada por radiofrecuencia. Los requisitos anatómicos para su realización se han encontrado hasta en el 75% de la población estudiada según ha sido descrito por los investigadores. En el estudio multicéntrico NEAT [37] se registró un éxito técnico del 98% y una permeabilidad primaria al primer año del 73%, con complicaciones graves relacionadas con el dispositivo o el procedimiento del 8%.

Otra técnica endovascular aprobada por la FDA es el Sistema Ellipsys [38], que utiliza un solo catéter para establecer la comunicación de la arteria radial proximal con la vena perforante antecubital.

Ambas técnicas crean la FAV a nivel proximal del antebrazo por lo que, si hay posibilidad de realizar una FAVn radio-cefálica quirúrgica distal, esta se debe intentar primero.

FÍSTULA ARTERIO-VENOSA PROTÉSICA

Cuando no existen venas adecuadas en las extremidades superiores, la solución viable y efectiva para conseguir una FAV, es el uso de material protésico [39] [40] [41]. La conexión entre arteria y vena se hace a través de una prótesis sintética de PTFE [1], que será la que se puncione para conseguir la hemodiálisis. Siempre se propone que cuando se han agotado las posibilidades de FAVn, aunque hay autores que propugnan su creación de entrada en pacientes con esperanza de vida corta (menor de 2 años) o en pacientes que tienen que empezar la hemodiálisis de forma inmediata, como alternativa al CVC, por su disponibilidad en dos semanas o menos si es una prótesis de punción inmediata, con excelente permeabilidad desde el principio y su facilidad de utilización.

Tiene mayor coste económico tanto por el material protésico que se usa como por la necesidad de reintervenciones a lo largo de su vida útil para mantenerlas permeables y utilizables (alta incidencia de trombosis, estenosis en anastomosis venosa, pseudoaneurismas y degeneración de la prótesis por punciones repetidas en la misma zona). Tienen la ventaja de su utilización más precoz, pues no necesitan tiempo de maduración, y fácil punción incluso en pacientes obesos.

Cuando se planea su creación, hay que tener información precisa de la arteria donante (que debes ser de al menos 4 mm de diámetro) y la vena receptora, eligiendo la localización más distal posible de ambas [42] De esta forma pueden crearse [43]:

- FAVp Recta en antebrazo tanto de la forma más habitual de arteria Radial a una vena de drenaje en fosa antecubital, como en sentido inverso de arteria Humeral a vena Cefálica distal si es que se quiere aprovechar la permeabilidad y desarrollo de ésta por FAVn previa.
- FAVp en "Loop" antebraquial entre arteria humeral **(Figura 21)**, **(Figura 22)** y **(Figura 23)** y cualquiera de las venas adecuadas del confluente antecubital. En ocasiones se puede utilizar incluso una de las venas humerales del sistema profundo, ya que suelen estar más desarrolladas cuando las superficiales no lo están.
- FAVp Húmero-axilar con un trayecto subcutáneo con curvatura de convexidad lo más externa posible para facilitar la punción "en escalera" en un segmento lo suficientemente largo. **(Figura 24)** **(Figura 25)** **(Figura 26)** **(Figura 27)** y **(Figura 28)**.

Por regla general, la prótesis de PTFE puede empezar a utilizarse a las 2 semanas de su creación lo que, junto a sus otras ventajas descritas antes, nos puede hacer caer en la tentación de realizarlas antes de agotar las posibilidades de FAVn.

FAVp Axilo-axilar en "loop" cuando la arteria Humeral distal no es adecuada.

Figura 21: FAV humero-mediana basílica con loop antebraquial con protesis de PTFE de 6 mm

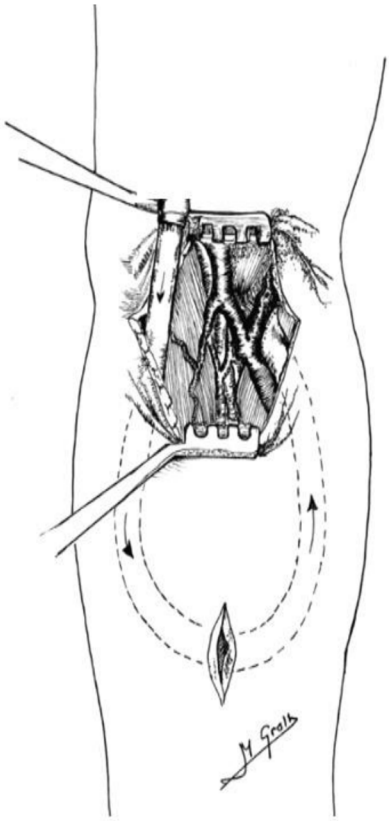


Figura 22: FAV Humero-humeral con Loop antebraquial con prótesis de PTFE de 6 mm en brazo derecho

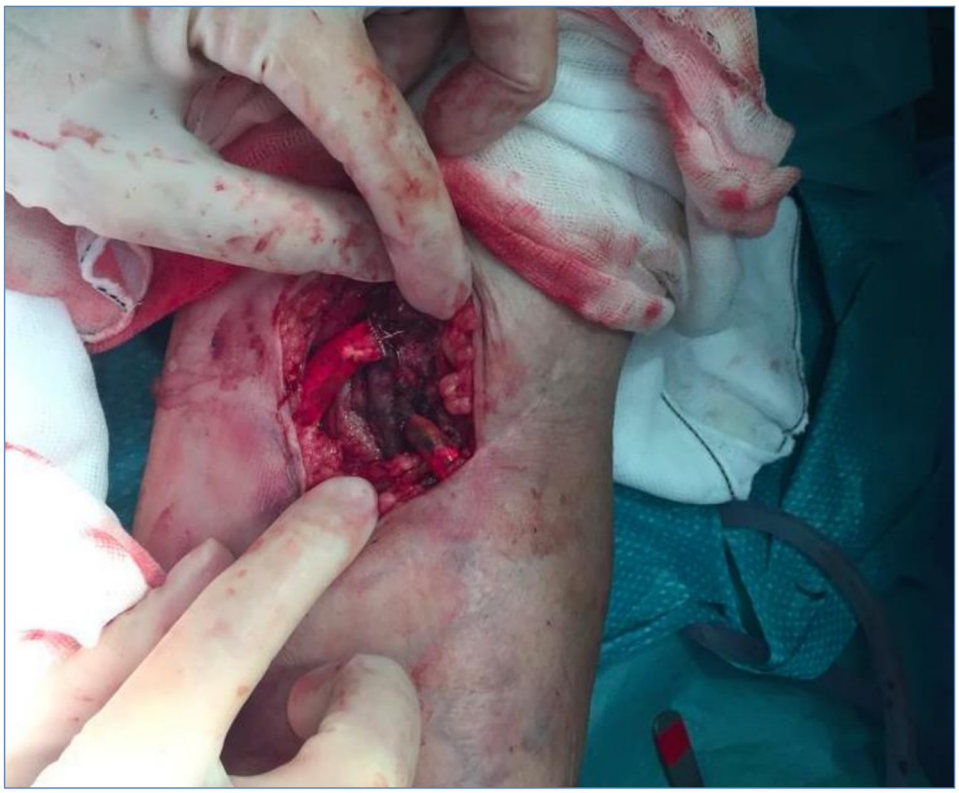


Figura 23: Sitios de punción de la FAV humero-humeral con loop antebraquial con prótesis de PTFE en MSI.

Figura 24: FAV Húmero-axilar protésica en Miembro superior derecho

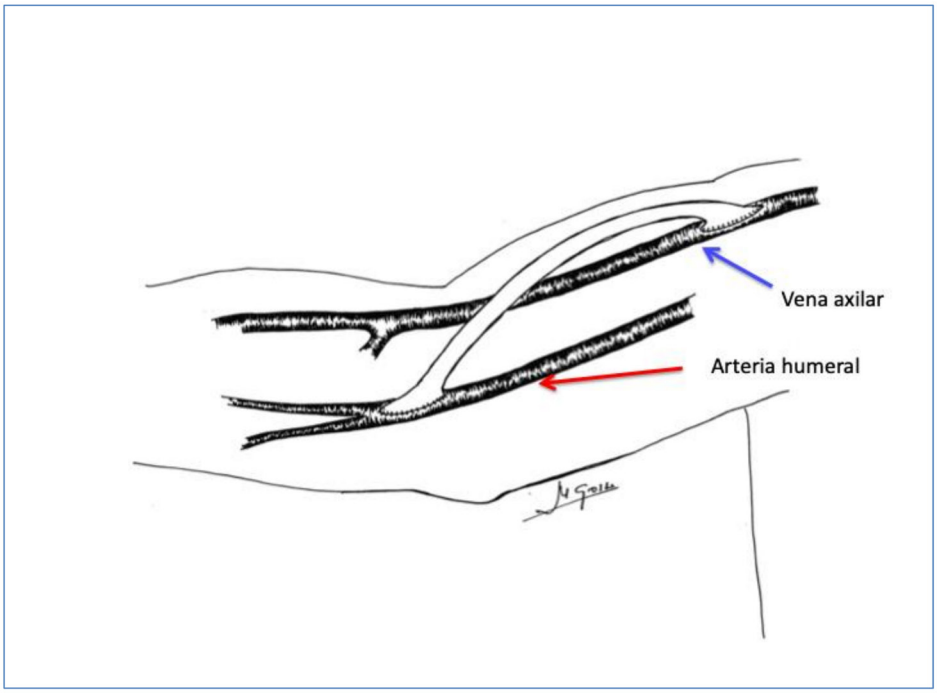


Figura 25: Tunelizador de prótesis

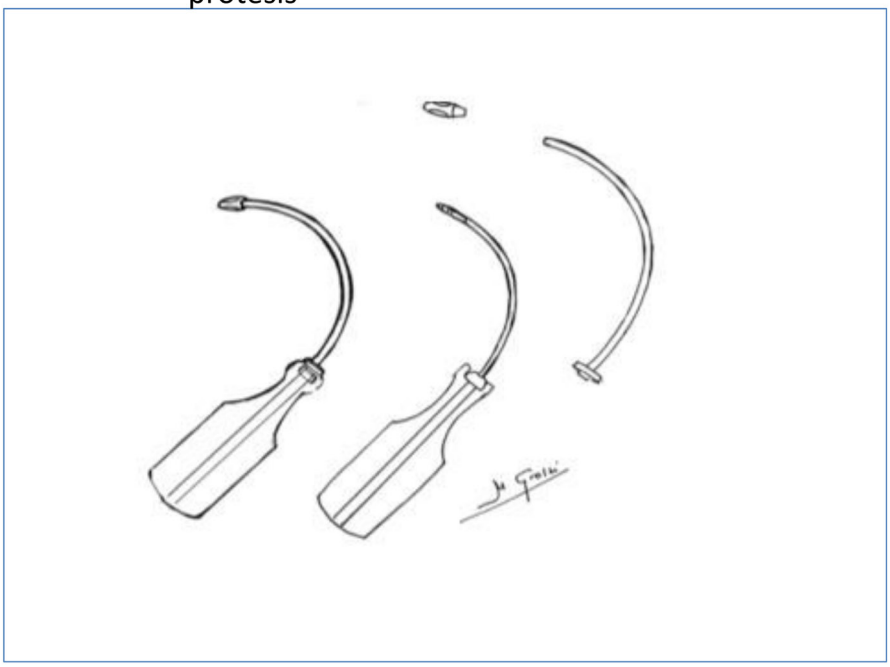


Figura 26: Tunelización ideal y errores de tunelización en el tejido celular subcutáneo.

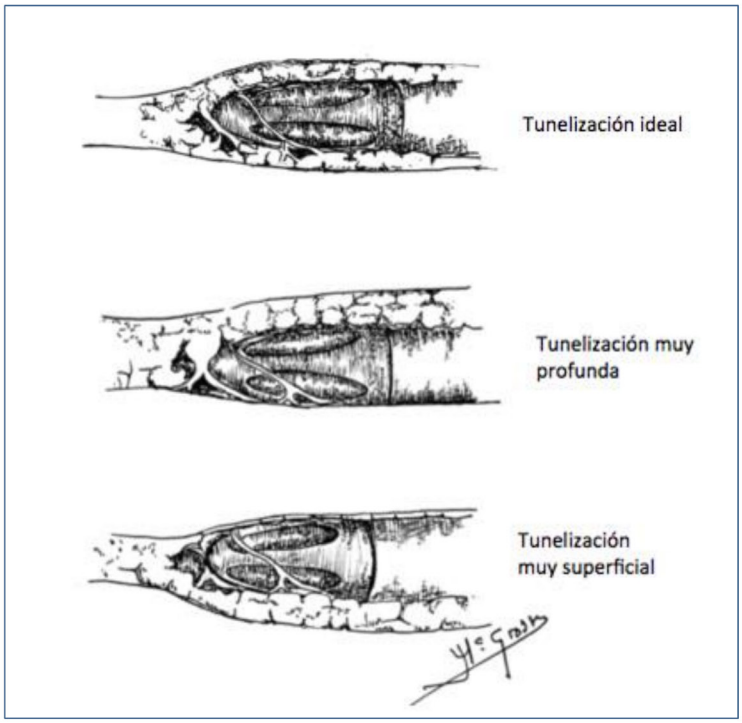


Figura 27: FAV húmero axilar protésica Anastomosis latero-terminal

Figura 28: FAV húmero axilar con prótesis de PTFE en MSI

Otras alternativas protésicas:

- Prótesis de Punción Inmediata: La más desarrollada consiste en 2 capas de PTFE con otra capa de un elastómero entre ellas. Permite la punción a las 24 h de su implante con una técnica y supervisión especial, con unos resultados similares a las prótesis convencionales [44] **(Figura 29)**.
- Prótesis Biosintéticas: Se fabrican con una matriz de poliéster de forma tubular sobre la que se cultiva colágeno procedente de la oveja, lo que le proporciona mayor resistencia a la infección. Se le atribuye una permeabilidad e índices de complicaciones similares a las prótesis de PTFE [45].
- Dispositivo híbrido prótesis-catéter tunelizado: Su nombre comercial es HeRO (Hemodialysis Reliable Outflow) y estaría indicado en las obstrucciones del sistema venoso central que no posibiliten otros tipos de FAVn o FAVp. La parte de catéter se progresa hasta la vena Cava Superior-Aurícula y se conecta con una prótesis de PTFE que se ha tunelizado y anastomosado a la arteria humeral en codo. Es una técnica compleja y de coste elevado pero puede ser una alternativa a otras técnicas que calificaremos como "exóticas" o de recurso [46] [47] [48].
- Se puede considerar más una forma de punción alternativa a la punción en área o escalera, pero la técnica del Buttom-hole [49] [50] [51] la podemos incluir en este apartado porque se puede facilitar con la implantación subcutánea de una pieza metálica sobre la vena arterializada para dirigir la aguja siempre en la misma orientación (VWING®) **(Figura 30) (Figura 31)** y **(Figura 32)**.

Figura 29: Prótesis de punción inmediata (Acuseal®)

Figura 30: FAV radiocefálica izquierda con punción en buttom-hole (en zona libre de tatuajes), se ha optado por esta opción por la dificultad de las punciones repetidas a nivel de los tatuajes.

Figura 31: pieza metálica sobre la vena arterializada para dirigir la aguja siempre en la misma orientación (VWING ®)

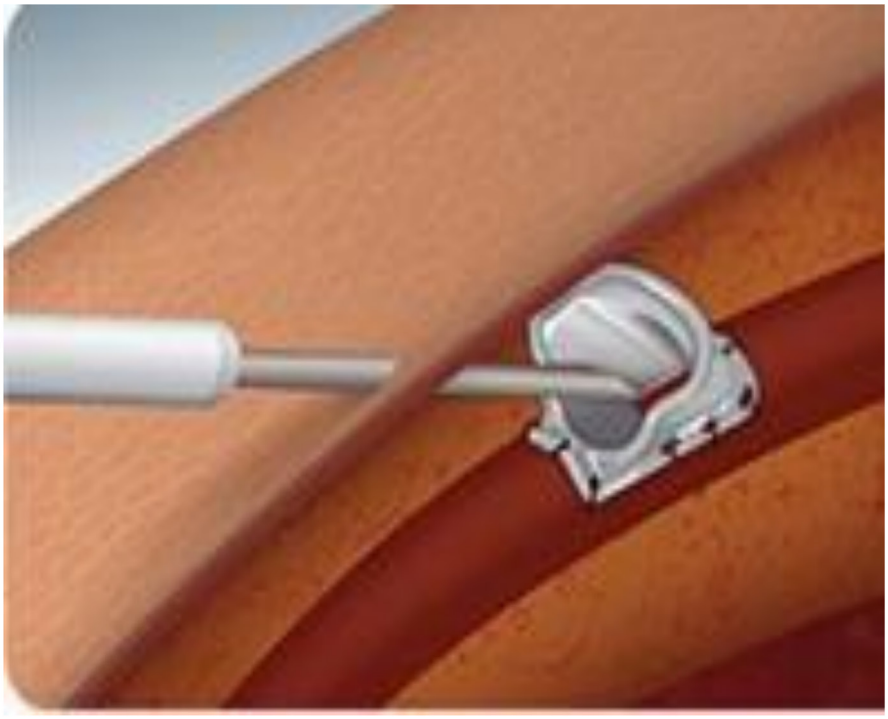


Figura 32: FAV humerocefálica derecha con punción en buttom-hole

ACCESOS VASCULARES DE RECURSO

Se plantearán cuando se hayan agotado las posibilidades en miembros superiores y se quiere evitar el catéter venoso central permanente por su elevada comorbilidad. En su conjunto suelen ser más complicadas técnicamente, tienen mayores complicaciones operatorias y en su vida útil, además de tener una permeabilidad menor.

FAV en miembros inferiores (MMII):

Se pueden plantear tanto autólogas, usando la vena safena interna (a nivel tibio-safeno o fémoro-safeno) o la vena femoral traspuesta en muslo, como protésicas tipo ”loop” en ingle o rectas en muslo. Tienen unas tasas de permeabilidad aceptables y complicaciones asumibles, siempre que no exista una arteriopatía oclusiva significativa que pueda provocar isquemia en la extremidad por robo [52].

Derivaciones a venas centrales:

Cuando existe una oclusión de la vena Axilar sin posibilidad de recuperación quirúrgica o endovascular, se puede ”saltar el hombro” con derivaciones directas a vena Subclavia o a través de vena yugular interna [53] [54].

Derivaciones a venas de MMII desde la arteria Axilar, sea a vena Iliaca-Femoral como a vena Poplítea [55] [56].

FAVp en la pared anterior del tórax:

Se pueden disponer en forma de “loop” Áxilo-axilar homolateral o de forma recta Áxilo-axilar cruzado de un lado a otro. Tienen unas permeabilidades similares a las FAVp de MM.SS. pero sus complicaciones pueden ser más graves por afectar a vasos sanguíneos más profundos y cercanos a estructuras mediastínicas.

Otras alternativas "desesperadas"

Se han descrito derivaciones a la aurícula derecha, derivación Fémoro-femoral cruzada, Áxilo-renal o Áxilo-vena cava inferior, pero todas tienen un carácter excepcional y con pocos casos publicados [57].

No pueden considerarse una FAV, ya que no drenan en una vena sino en arteria, las derivaciones protésicas arterio-arteriales o la superficialización de una arteria para posibilitar su punción. Son evidentes los riesgos de isquemia distal por embolización durante las punciones u originados desde los trombos que se crean para cerrar el orificio de punción o desde las placas de ateroma de la pared arterial.

COMPLICACIONES DE LOS ACCESOS VASCULARES PARA HEMODIÁLISIS

DISFUNCIÓN

Suelen estar causadas por la hiperplasia intimal en la zona yuxtaanastomótica en la FAVn, en la zona vecina a la anastomosis prótesis-vena en FAVp o por la punción repetitiva sobre una zona. Provocan estenosis con la consecuencia de disminución del flujo, recirculación o aumento de la presión venosa de retorno, según dónde se localice.

Ante una estenosis significativa en una FAV disfuncionante se planteará la intervención electiva preferente de la estenosis con la finalidad de evitar la trombosis. Para tratar de forma preventiva una estenosis debe cumplir dos criterios principales (morfológico y/o hemodinámico) y al menos un criterio adicional entre los siguientes [1]:

CRITERIOS PRINCIPALES

- Reducción > 50% luz del vaso.
- Ratio VPS est/VPS pre > 2.

CRITERIOS ADICIONALES

- Luz permeable < 2 mm.
- Qa Absoluto: < 500 ml/min (FAV) o < 600 ml/min (PTFE)
- Disminución temporal superior al 20-25% si Qa < 1000 ml/min.

El tratamiento varía según el tipo de estenosis:

- En las yuxtaanastomóticas de FAVn se suele intentar el reimplante (58) o reanastomosis proximal utilizando vena sana y ya dilatada por el tiempo que ha estado en uso **(Figura 33) (Figura 34) (Figura 35) (Figura 36)** y **(Figura 37)**.
- En las que se relacionan con la FAVp, se puede intentar inicialmente una Angioplastia endovascular, con una duración limitada en el tiempo [59] por recidiva que parece haberse mejorado con el uso de balones de angioplastia de alta presión o con drogas (paclitaxel), así como también implantando endoprótesis tipo stent recubierto o no (recomiendan evitar el uso de stent simple en las guías KDOQI) [4].

En otras ocasiones es necesaria una extensión proximal en la vena Axilar con un segmento corto de prótesis, siempre que no se haya implantado un stent previamente o que sea inaccesible a la incisión quirúrgica axilar.

En caso de estenosis intraprotésicas la angioplastia endovascular no suele conseguir resultados definitivos y se solucionan mejor con un legrado del interior de la prótesis o sustitución de ese segmento protésico por uno nuevo interpuesto en el antiguo.

TROMBOSIS

La trombosis es la principal complicación de la FAV. El principal factor predisponente es la presencia de estenosis venosa, que es responsable del 80-90% de las trombosis.

Se produce como consecuencia de la disfunción cuando el flujo se reduce hasta un límite crítico (< 400 ml/min en FAVn o < 600 ml/min en FAVp).

Su tratamiento, que debería ser urgente para posibilitar la HD por dicho acceso y evitar la necesidad de CVC temporal, consiste en la extracción del trombo de forma quirúrgica o su disolución mediante métodos endovasculares (fibrinólisis, trombolisis mecánica, su combinación o con tromboaspiración) [60]. En cualquiera de las dos situaciones, lo ideal sería resolver la causa de la trombosis (generalmente una estenosis crítica) en el mismo acto para evitar retrombosis a corto plazo.

Figura 33: Reimplante de vena cefálica en una porción más proximal de arteria radial por estenosis yuxtanastomótica de la vena cefálica en antebrazo izquierdo

Figura 34: Cicatriz proximal o superior de la imagen, corresponde al reimplante proximal de FAV radiocefálica previa (cicatriz distal)

Figura 35: Imagen superior: Estenosis yuxtanastomótica de vena cefálica. Imagen inferior: reimplante proximal a la arteria radial

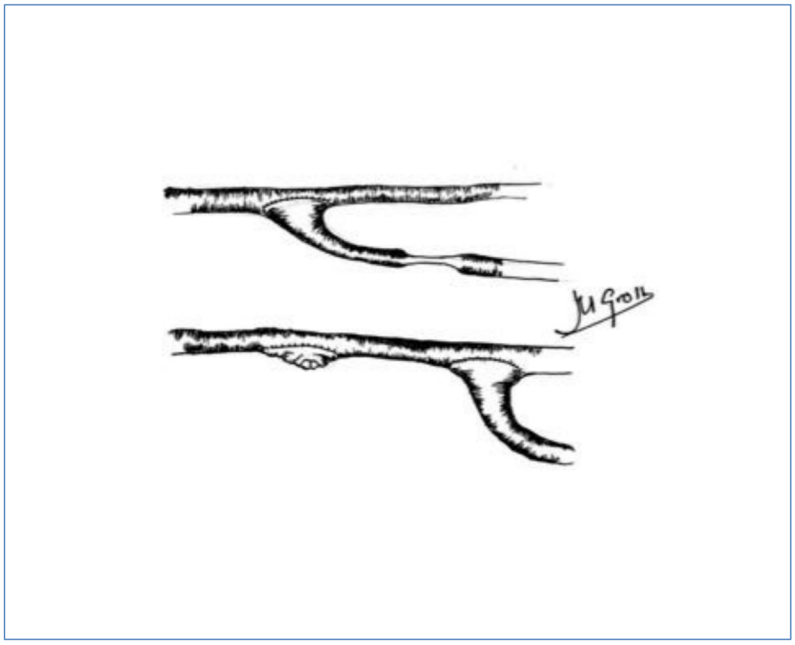


Figura 36: Imagen superior: estenosis venosa larga yuxtaanastomótica. Imagen inferior: plastia de la estenosis con vena

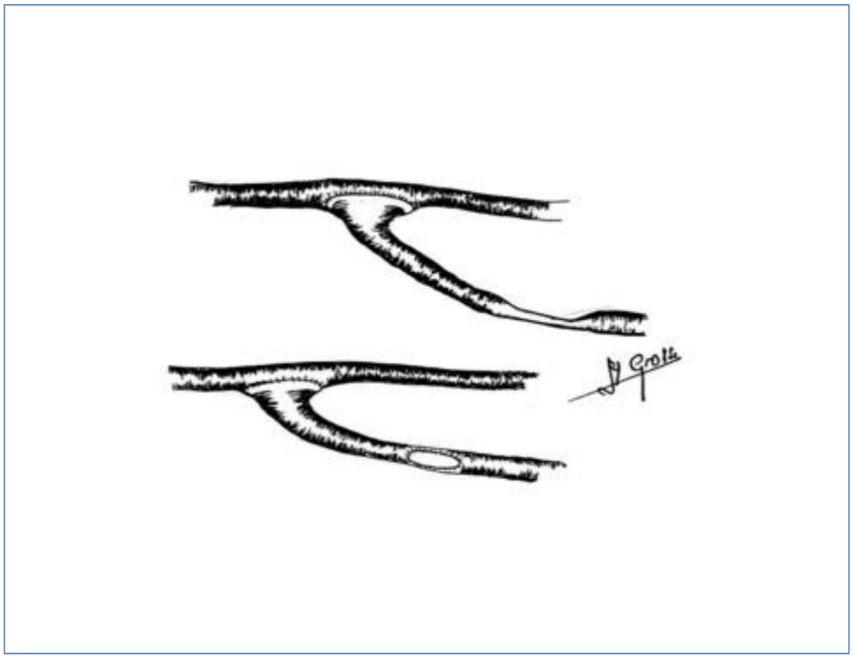
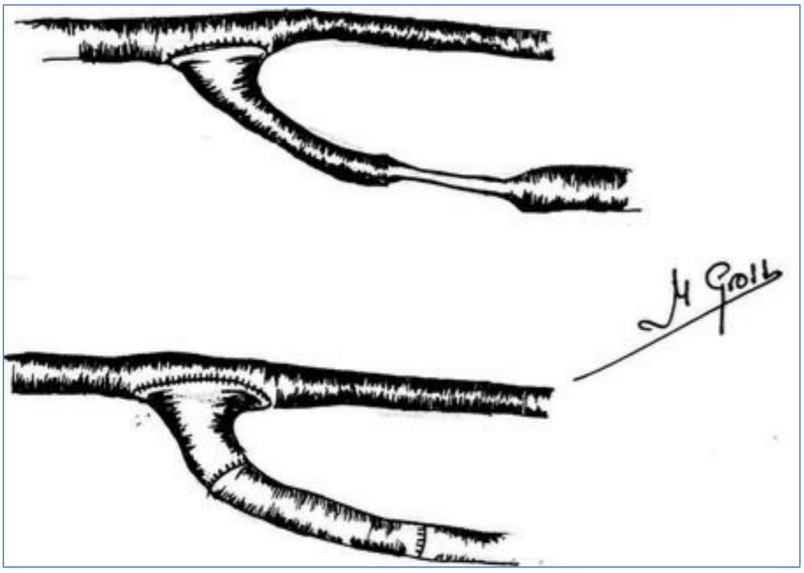


Figura 37: Interposición de PTFE por estenosis venosa crítica larga de FAV



SANGRADO EN LOS LUGARES DE PUNCIÓN

En ausencia de un trastorno de la hemostasia-coagulación, suele ser indicativo de una hipertensión intraacceso por estenosis de la salida venosa. Puede obligar a compresiones prolongadas, uso de hemostáticos locales o incluso la reparación quirúrgica urgente. Ésta se hace inicialmente de forma emergente con un punto cutáneo hemostático pero suele precisar actuaciones quirúrgicas más definitivas en un segundo tiempo.

INFECCIÓN

Es excepcional en las FAVn y no suele necesitar actuación quirúrgica excepto que existan embolismos sépticos, que obligarían a su anulación [61] **(Figura 38)** y **(Figura 39)**.

En las FAVp [62] sí aparece de forma inmediata postquirúrgica, obliga a la retirada completa de la prótesis y dejar ”descansar” la zona quirúrgica para un intento posterior. En prótesis ”antiguas” suele aparecer en un segmento aislado por lo que la solución puede ser su excisión y sustitución parcial por una prótesis tunelizada evitando la zona infectada, que conecte zonas libres de infección

HIPERTENSIÓN VENOSA DISTAL

Siempre se debe a una estenosis de las venas de drenaje o de las centrales y provoca edematización **(Figura 40)**, enrojecimiento o cianosis y aumento de la circulación venosa colateral. A veces puede manifestarse con calor local, lo que puede interpretarse erróneamente como una infección. Su tratamiento sería el mismo de una estenosis venosa sea de forma endovascular o con extensiones quirúrgicas a venas más proximales (infraclavicular o en cuello).

En ocasiones se asocia a FAVn realizadas de forma latero-lateral sin ligadura de la vena distal tanto a nivel de muñeca **(Figura 41)** como, sobre todo, en codo cuando no se anula la salida por la perforante. Su solución sería la ligadura de las venas con salida distal a la mano.

En el caso de precisar su anulación definitiva, podría dar tiempo a la creación y maduración de un AV en la extremidad contralateral.

Figura 38: Absceso en trayecto de FAV humerobasílica en Miembro superior derecho.

Figura 39: Absceso voluminoso en trayecto de FAV humeroaxilar en Miembro superior izquierdo

Figura 40: Edema en miembro superior derecho secundario a estenosis venosa central

Figura 41: Aumento de colateralidad venosa en mano en FAV radiocefálica con anastomosis látero-lateral

SÍNDROME DE ROBO

Aparece cuando se produce algún grado de isquemia en los tejidos distales al AV, variando desde la simple sensación de frialdad en los dedos de la mano hasta la necrosis isquémica de los mismos [63]. Suele deberse a que la enfermedad aterosclerótica del lecho arterial distal provoca una resistencia al flujo superior que la del AV, por lo que dicho flujo se deriva preferentemente hacia la vena. Otra causa podría ser una estenosis proximal a la arteria donante del AV. En cualquier caso se previenen en gran medida no haciendo anastomosis muy largas (recomendado < 6 mm en codo) o no utilizando prótesis de diámetro demasiado grande con respecto al de la arteria donante **(Figura 42)**.

Según la causa que se identifique, las soluciones terapéuticas son distintas:

En los AV con hiperaflujo:

Ligadura distal de la arteria Radial si hay buena suplencia de la mano por la Cubital (Distal Radial Artery Ligation o DRAL) [64]

"Banding" de la salida cercana a la anastomosis arterial sea con ligaduras, estrechamientos por suturas o con prótesis reductoras [65] **(Figura 43)**.

Otra técnica de reducción del flujo del AV sería la extensión distal de la anastomosis (Revision Using Distal Inflow o RUDI) [66] **(Figura 44)** y **(Figura 45)**.

En AV de flujo normal y cuando se trata de una inversión del flujo arterial desde el antebrazo al AV:

Proximalización de la anastomosis arterial mediante un segmento de PTFE, anulando la anastomosis original (PAI). [67]

Revascularización distal con ligadura intermedia (Distal Revascularization and Interval Ligation o DRIL) [68] **(Figura 46)**.

El control del buen resultado de la técnica en el intraoperatorio puede obtenerse con la recuperación del pulso arterial distal al AV o a la mejoría de la pulsioximetría registrada en un dedo. En el postoperatorio el alivio de los síntomas y signos será determinante.

Cuando estas técnicas no son resolutivas o no son realizables, la solución será la Anulación del AV de forma definitiva.

Figura 42: Síndrome de robo con necrosis acra

Figura 43: Banding en FAV húmerocefálica

Figura 44: Tratamiento de síndrome de robo mediante técnica de RUDI. 1 Anastomosis húmero-basílica 2. Arteria radial 3. Vena colateral

Figura 45: Reparación quirúrgica. A: Ligadura de FAV húmero-basílica. B: Anastomosis con arteria radial

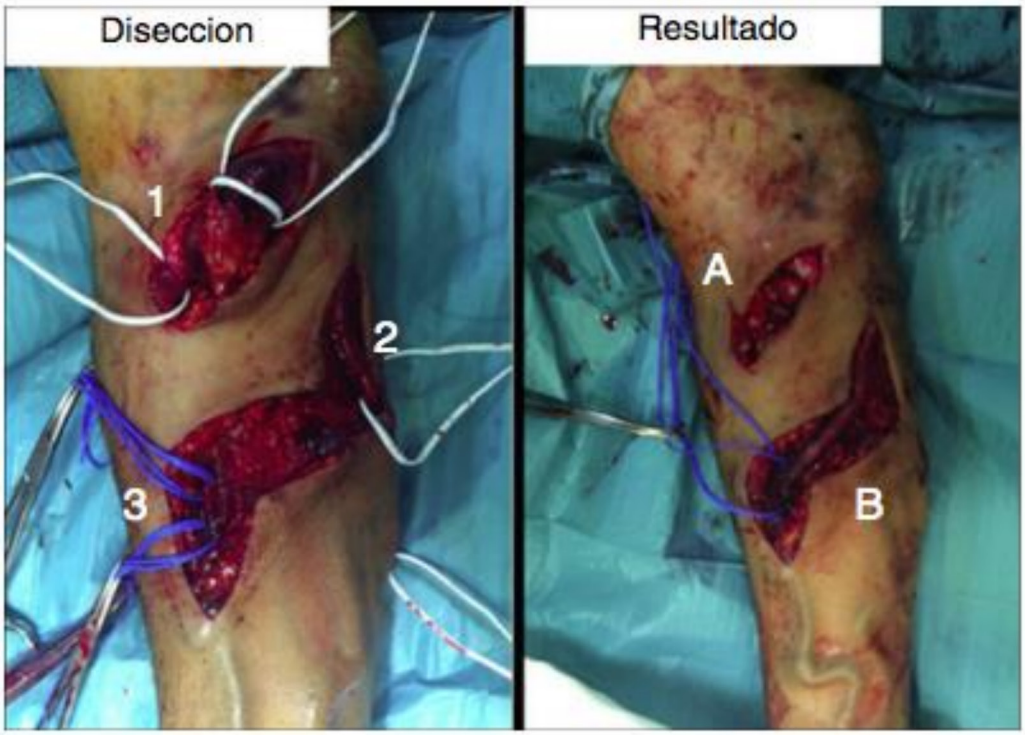
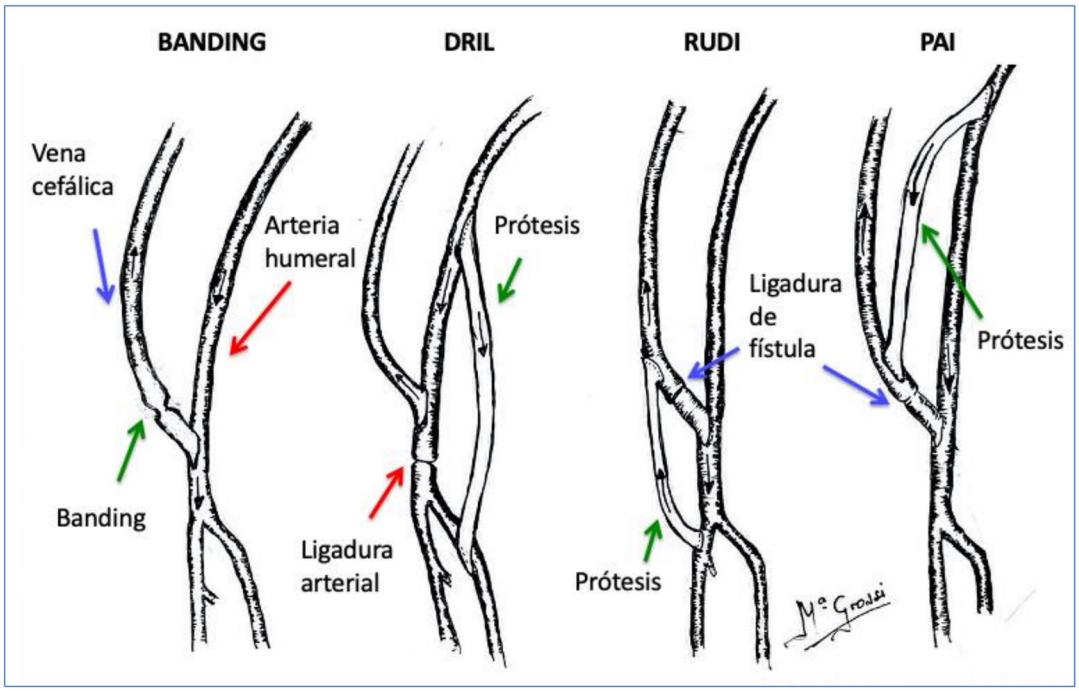


Figura 46: Resumen de las diferentes técnicas para el tratamiento del síndrome de robo.



ANEURISMAS VERDADEROS Y PSEUDOANEURISMAS

(Figura 47) y **(Figura 48)**.

Los aneurismas venosos [69] son frecuentes en los puntos de punción repetitiva cuando se utiliza la técnica de área, al ser más fáciles de canalizar con las agujas. La prevención se hace con la técnica de punción en escalera. Otras veces se asocia a estenosis venosas en los puntos de drenaje sea en el cayado de vena cefálica en hombro o en venas centrales. El tratamiento de estas lesiones estenóticas suele mejorar o detener el crecimiento de estos aneurismas. La reparación quirúrgica se puede hacer frunciendo la vena con una sutura.

En las FAVp, se tratan de pseudoaneurismas ya que no tienen las capas de la arteria ni de la prótesis, sino que se producen por la rotura de la integridad protésica con formación de un hematoma encapsulado. Puede tener causas análogas a las descritas anteriormente y la solución preferente es sustituir el segmento afectado por una nueva prótesis. Si no se demuestra disfunción del AV causante de la dilatación, se recomienda la rotación de las zonas de punción o la punción lateralizada de la prótesis.

LINFOCELES o COLECCIONES SEROSAS PERIPROTÉSICAS

Son relativamente poco frecuentes **(Figura 49)** y se deben a la falta de integración de la prótesis de PTFE en el tejido circundante, generalmente vecina a la anastomosis arterial, y requiere la resección del segmento no integrado y sustituirlo por otro tunelizado por otro canal subcutáneo.

INSUFICIENCIA CARDIACA POR ALTO GASTO

El aumento del gasto cardiaco por la existencia de una FAV suele ser bien compensado por el organismo. Cuando los datos y la valoración por parte del cardiólogo aconsejan su resolución [70], se pueden plantear las mismas técnicas descritas para los AV con hiperaflujo y robo, pudiendo llegar a tener que anularlo y optar por el CVC.

Figura 47: Aneurismas venosos en trayecto de vena cefálica de FAV húmero-cefálica

Figura 48: Aneurismas venoso gigante en trayecto de vena cefálica de FAV húmero-cefálica

Figura 49: Linfocele en FAV húmerocefálica en Miembro superior izquierdo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ibeas J, Roca-Tey R, Vallespín J, et al. Spanish Clinical Guidelines on Vascular Access for Haemodialysis [published correction appears in Nefrologia. 2019 Jan - Feb;39(1):1-2] [published correction appears in Nefrologia. 2019 Nov - Dec;39(6):680-682]. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis [published correction appears in Nefrologia. 2019 Jan - Feb;39(1):1-2] [published correction appears in Nefrologia. 2019 Nov - Dec;39(6):680-682]. Nefrologia. 2017;37 Suppl 1:1-191. Doi: 10.1016/j.nefro.2017.11.004

2. Gorostidi M, Santamaría R, Alcázar R, et al. Spanish Society of Nephrology document on KDIGO guidelines for the assessment and treatment of chronic kidney disease. Nefrologia. 2014;34(3):302-316.

doi:10.3265/Nefrologia.pre2014.Feb.12464

3. Martínez-Castelao A, Górriz JL, Segura-de la Morena J, Cebol- lada J, Escalada J, Esmatjes E, et al. Consensus document for the detection and management of chronic kidney disease. Nefrología. 2014;34:243-62. Doi: 10.3265/Nefrologia.pre2014.Feb.12455

4. National Kidney Foundation. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update Citation Data American Journal of Kidney Diseases, ISSN: 0272-6386, Vol: 75, Issue: 4, Page: S1-S164 Publication Year 2020. DOI:https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.12.001

5. Polo Melero J.R., Almonacid P.J., López Gomez J.M., Acceso vascular para hemodialisis. En Nefrología Clínica. 4ª Edición. Edited by Arias M, Aljana P, Egido J, Lamas S, Praga M, Serón D. Madrid: Editorial Médica Panamericana; ISBN:9788498357103

6. Dwyer A, Shelton P, Brier M, Aronoff G. A vascular access coordinator improves the prevalent fistula rate. Semin Dial. 2012;25:239-43. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2011.00961.x

7. Aragoncillo Sauco, Inés; Ligero Ramos, José Manuel; Vega Martínez, Almudena; Morales Muñoz, Ángel Luis et al. Consulta de acceso vascular: resultados antes y después de la instauración de un programa multidisciplinar con realización de ecografía doppler de rutina / Vascular access clinic results before and after implementing a multidisciplinary approach adding routine Doppler ultrasound Nefrología (Madrid) ; 38(6): 616-621, nov.-dic. 2018. https://doi.org/10.1016/j.nefro.2018.04.003

8. Ormandy P. Information topics important to chronic kidney disease patients: a systematic review. J Ren Care. 2008;34(1):19-27. doi:10.1111/j.1755-6686.2008.00006.x

9. Hagren B, Pettersen IM, Severinsson E, Lützén K, Clyne N. Maintenance haemodialysis: patients' experiences of their life situation. J Clin Nurs. 2005;14(3):294-300. doi:10.1111/j.1365-2702.2004.01036.x

10. Lazarides MK, Georgiadis GS, Antoniou GA, Staramos DN. A meta-analysis of dialysis access outcome in elderly patients. J Vasc Surg. 2007;45:420-6. DOI: 10.1016/j.jvs.2006.10.035

11. Sedlacek M, Teodorescu V, Falk A, Vassalotti JA, Uribarri J. Hemodialysis access placement with preoperative noninvasive vascular mapping: comparison between patients with and without diabetes. Am J Kidney Dis. 2001;38:560-4.

DOI: 10.1053/ajkd.2001.26873

12. Lok CE, Allon M, Moist L, Oliver MJ, Shah H, Zimmerman D. Risk equation determining unsuccessful cannulation events and failure to maturation in arteriovenous fistulas (REDUCE FTM I). J Am Soc Nephrol. 2006;17(11):3204-3212. doi:10.1681/ASN.2006030190

13. Monroy-Cuadros M, Yilmaz S, Salazar-Bañuelos A, Doig C. Risk factors associated with patency loss of hemodialysis vascular access within 6 months. Clin J Am Soc Nephrol. 2010;5:1787-92. DOI: 10.2215/CJN.09441209

14).Vassalotti JA, Falk A, Cohl ED, Uribarri J, Teodorescu V. Obese and non-obese hemodialysis patients have a similar prevalence of functioning arteriovenous fistula using pre-operative vein mapping. Clin Nephrol. 2002;58:211-4. DOI: 10.5414/cnp58211

15. Iseki K, Tozawa M, Takishita S. Determinants of prescribed dialysis dose and survival in a cohort of chronic hemodialysis patients. Clin Exp Nephrol. 2003;7(3):231-237. doi:10.1007/s10157-003-0242-2

16. Mihmanli I, Besirli K, Kurugoglu S, Atakir K, Haider S, Ogut G, et al. Cephalic vein and hemodialysis fistula: surgeon's observation versus

color Doppler ultrasonographic findings. J Ultrasound Med. 2001;20:217-22. DOI: 10.7863/jum.2001.20.3.217

17. Ferring M, Claridge M, Smith SA, Wilmink T. Routine preop- erative vascular ultrasound improves patency and use of arteriovenous fistulas for hemodialysis: a randomized trial. Clin J Am Soc Nephrol. 2010;5:2236-4 DOI: 10.2215/CJN.02820310

18. Georgiadis GS, Charalampidis DG, Argyriou C, Georgakarakos EI, Lazarides MK. The necessity for routine pre-operative ultrasound mapping before arteriovenous fistula creation: a meta-analysis. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2015;49:60 DOI: 10.1016/j.ejvs.2015.01.012

19. Cerneviciute R, Sahebally SM, Ahmed K, Murphy M, Mahmood W, Walsh SR. Regional Versus Local Anaesthesia for Haemodialysis Arteriovenous Fistula Formation: A Systematic Review and Meta-Analysis. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2017;53(5):734-742. doi:10.1016/j.ejvs.2017.01.025

20. Konner K, Nonnast-Daniel B, Ritz E. The arteriovenous fistula. J Am Soc Nephrol. 2003;14:1669-80. DOI: 10.1097/01.asn.0000069219.88168.39

21. Brescia MJ, Cimino JE, Appel K, and Hurwich BJ. Chronic Hemodialysis Using Venipuncture and a Surgically Created Arteriovenous Fistula N Engl J Med 1966; 275:1089-1092. DOI: 10.1056/NEJM196611172752002

22. Ernandez T, Saudan P, Berney T, Merminod T, Bednarkiewicz M, Martin PY. Risk factors for early failure of native arteriovenous fistulas. Nephron Clin Pract. 2005;101:c39-44. DOI: 10.1159/000085710

23. Jennings WC. Creating arteriovenous fistulas in 132 consecutives patients: exploiting the proximal radial artery arteriovenous fistula: reliable, safe and simple forearm and upper arm hemodialysis access. Arch Surg. 2006; 141:27-32. DOI: 10.1001/archsurg.141.1.27

24. Wolowczyk L, Williams AJ, Donovan KL, Gibbons CP. The snuffbox arteriovenous fistula for vascular access. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2000; 19:70-6. DOI: 10.1053/ejvs.1999.0969

25. Aragoncillo I, Ligero JM, Hevia C, et al. Rationale and design of the PHYSICALFAV trial: a randomized controlled trial to evaluate the effect of preoperative isometric exercise on vascular calibre and maturation of autologous arteriovenous fistulas. Clin Kidney J. 2018;11(6):841-845. DOI: 10.1093/ckj/sfy046

26. Hull JE, Makhoul RG, Snyder JF. Percutaneous valvulotomy as an alternative to transposition of a brachiocephalic fistula. J Vasc Interv Radiol. 2014; 25:144-7.

DOI: 10.1016/j.jvir.2013.10.024

27. Cs Nagy G, Verwiebe R, Wunsch M. Staged ultrasound-guided liposuction for hidden arteriovenous fistulas in obese patients. Vasa. 2018;47(5):403-407. doi:10.1024/0301-1526/a000719

28. Elbarbary AH. One-stage lipectomy superficialization of deep cephalic veins in comparison with secondary lipectomy in arteriovenous dialysis fistula. J Vasc Access. 2019;20(4):374-379. doi:10.1177/1129729818806746

29. Kudlaty EA, Kendrick DE, Allemang MT, Kashyap VS, Wong VL. Upper Extremity Steal Syndrome Is Associated with Atherosclerotic Burden and Access Configuration. Ann Vasc Surg. 2016;35:82-87. doi:10.1016/j.avsg.2016.01.058

30. Gracz KC, Ing TS, Soung LS, Armbruster KFW, Seim SK, Merkel FK. Proximal forearm fistula for maintenance hemodialysis. Kidney Int. 1977; 11:71-4. DOI: 10.1038/ki.1977.9

31. Shenoy S. Surgical anatomy of upper arm: what is needed for AVF planning. J Vasc Access. 2009; 10:223-32. DOI: 10.1177/112972980901000401

32. Arenas MD, Gil MT, Malek T, Moledous A, Núñez C, López-Collado M. Superficialización de accesos venosos autólogos: una alternativa al uso de prótesis vasculares y catéteres permanentes. Nefrología. 2009; 29:67-70. DOI: 10.3265/Nefrologia.2009.29.1.67.1.en.full.pdf

33. Tan TW, Farber A. Brachial-basilic autogenous access. Semin Vasc Surg. 2011; 24:63-71. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2011.05.004

34. Sidawy AN, Spergel LM, Besarab A, Allon M, Jennings WC, Padberg FT Jr, et al. The Society for Vascular Surgery: clinical practice guidelines for the surgical placement and maintenance of arteriovenous hemodialysis access. J Vasc Surg. 2008; 48:2S-25S. DOI: 10.1016/j.jvs.2008.08.042

35. Place of Percutaneous Fistula Devices in Contemporary Management of Vascular Access

Haimanot Wasse CJASN Jun 2019, 14 (6) 938-

940; DOI: 10.2215/CJN.00980119

36. Hull JE, Jennings WC, Cooper RI, Waheed U, Schaefer ME, Narayan R. The Pivotal Multicenter Trial of Ultrasound-Guided Percutaneous Arteriovenous Fistula Creation for Hemodialysis Access. J Vasc Interv Radiol. 2018;29(2):149 158. e5. DOI:10.1016/j.jvir.2017.10.015

37. Lok CE, Rajan DK, Clement J, et al. Endovascular Proximal Forearm Arteriovenous Fistula for Hemodialysis Access: Results of the Prospective, Multicenter Novel Endovascular Access Trial (NEAT). Am J Kidney Dis. 2017;70(4):486-497. doi:10.1053/j.ajkd.2017.03.026

38. Mallios A, Jennings WC, Boura B, Costanzo A, Bourquelot P, Combes M. Early results of percutaneous arteriovenous fistula creation with the Ellipsys Vascular Access System. J Vasc Surg. 2018;68(4):1150-1156. doi:10.1016/j.jvs.2018.01.036

39. Huber TS, Carter JW, Carter RL, Seeger JM. Patency of autogenous and polytetrafluoroethylene upper extremity arteriovenous hemodialysis accesses: a systematic review. J Vasc Surg. 2003;38(5):1005-1011. doi:10.1016/s0741-5214(03)00426-9

40. Urbanes AQ. Interventional nephrology: When should you consider a graft". Clin J Am Soc Nephrol. 2013;8(7):1228-1233. doi:10.2215/CJN.01270213

41. Akoh JA. Prosthetic arteriovenous grafts for hemodialysis. J Vasc Access. 2009;10(3):137-147. doi:10.1177/112972980901000301

42. Silva MB Jr, Hobson RW 2nd, Pappas PJ, et al. A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures: impact of preoperative noninvasive evaluation. J Vasc Surg. 1998;27(2):302-308. doi:10.1016/s0741-5214(98)70360-x

43. Lew SQ, Nguyen BN, Ing TS. Hemodialysis vascular access construction in the upper extremity: a review. J Vasc Access. 2015;16(2):87-92. doi:10.5301/jva.5000299

44. Aitken EL, Jackson AJ, Kingsmore DB. Early cannulation prosthetic graft (Acuseal) for arteriovenous access: a useful option to provide a personal vascular access solution. J Vasc Access. 2014;15(6):481-485. doi:10.5301/jva.5000238

45. Palumbo R, Niscola P, Calabria S, et al. Long-term favorable results by arteriovenous graft with Omniflow II prosthesis for hemodialysis [published correction appears in Nephron Clin Pract. 2011;117(1):c66.. Nephron Clin Pract. 2009;113(2):c76-c80. doi:10.1159/000228538

46. Al Shakarchi J, Houston JG, Jones RG, Inston N. A Review on the Hemodialysis Reliable Outflow (HeRO) Graft for Haemodialysis Vascular Access. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2015;50(1):108-113. doi:10.1016/j.ejvs.2015.03.059

47. Allan BJ, Prescott AT, Tabbara M, Bornak A, Goldstein LJ. Modified use of the Hemodialysis Reliable Outflow (HeRO) graft for salvage of threatened dialysis access. J Vasc Surg. 2012;56(4):1127-1129. doi:10.1016/j.jvs.2012.04.013

48. Gage SM, Katzman HE, Ross JR, et al. Multi-center experience of 164 consecutive Hemodialysis Reliable Outflow HeRO] graft implants for hemodialysis treatment. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2012;44(1):93-99. doi:10.1016/j.ejvs.2012.04.011

49. Marticorena RM, Hunter J, Cook R, et al. A simple method to create buttonhole cannulation tracks in a busy hemodialysis unit. Hemodial Int. 2009;13(3):316-321. doi:10.1111/j.1542-4758.2009.00373.x

50. Vaux E, King J, Lloyd S, et al. Effect of buttonhole cannulation with a polycarbonate PEG on in-center hemodialysis fistula outcomes: a randomized controlled trial. Am J Kidney Dis. 2013;62(1):81-88. doi:10.1053/j.ajkd.2013.01.011

51. Grudzinski A, Mendelssohn D, Pierratos A, Nesrallah G. A systematic review of buttonhole cannulation practices and outcomes. Semin Dial. 2013;26(4):465-475. doi:10.1111/sdi.12116

52. Chemla ES, Morsy M, Anderson L, Makanjuola D. Complex bypasses and fistulas for difficult hemodialysis access: a prospective, single-center experience. Semin Dial. 2006;19(3):246-250. doi:10.1111/j.1525-139X.2006.00162.x

53. Niyyar VD. Anterior chest wall arteriovenous grafts: an underutilized form of hemodialysis access. Semin Dial. 2008;21(6):578-580. doi:10.1111/j.1525-139X.2008.00491.x

54. Morsy MA, Khan A, Chemla ES. Prosthetic axillary-axillary arteriovenous straight access (necklace graft) for difficult hemodialysis patients: a prospective single-center experience. J Vasc Surg. 2008;48(5):1251-1254.e1. doi:10.1016/j.

jvs.2008.06.064

55. Hamish M, Shalhoub J, Rodd CD, Davies AH. Axillo-iliac conduit for haemodialysis vascular access. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2006;31(5):530-534. doi:10.1016/j.ejvs.2005.12.003

56. Calder FR, Chemla ES, Anderson L, Chang RW. The axillary artery-popliteal vein extended polytetrafluoroethylene graft: a new technique for the complicated dialysis access patient. Nephrol Dial Transplant. 2004;19(4):998-1000. doi:10.1093/ndt/gfg600

57. El-Sabrout RA, Duncan JM. Right atrial bypass grafting for central venous obstruction associated with dialysis access: another treatment option. J Vasc Surg. 1999;29(3):472-478. doi:10.1016/s0741-5214(99)70275-2

58. Jiménez-Almonacid P, Gruss-Vergara E, Jiménez-Toscano M, et al. Surgical treatment of juxta-anastomotic stenosis in radiocephalic fistula. A new proximal radiocephalic anastomosis. Nefrologia. 2012;32(4):517-522. doi:10.3265/Nefrologia.pre2012.Mar.11079

59. Brooks JL, Sigley RD, May KJ Jr, Mack RM. Transluminal angioplasty versus surgical repair for stenosis of hemodialysis grafts. A randomized study. Am J Surg. 1987;153(6):530-531. doi:10.1016/0002-9610(87)90148-6

60. Green LD, Lee DS, Kucey DS. A metaanalysis comparing surgical thrombectomy, mechanical thrombectomy, and pharmacomechanical thrombolysis for thrombosed dialysis grafts. J Vasc Surg. 2002;36(5):939-945. doi:10.1067/mva.2002.127524

61. Ryan SV, Calligaro KD, Dougherty MJ. Management of hemodialysis access infections. Semin Vasc Surg. 2004;17(1):40-44. doi:10.1053/j.semvascsurg.2003.11.004

62. Akoh JA, Patel N. Infection of hemodialysis arteriovenous grafts. J Vasc Access. 2010;11(2):155-158. doi:10.1177/112972981001100213

63. Leon C, Asif A. Arteriovenous access and hand pain: the distal hypoperfusion ischemic syndrome. Clin J Am Soc Nephrol. 2007;2(1):175-183. doi:10.2215/CJN.02230606

64. Miller GA, Khariton K, Kardos SV, Koh E, Goel N, Khariton A. Flow interruption of the distal radial artery: treatment for finger ischemia in a matured radiocephalic AVF. J Vasc Access. 2008;9(1):58-63.

65. Mickley V. Steal syndrome--strategies to preserve vascular access and extremity. Nephrol Dial Transplant. 2008;23(1):19-24. doi:10.1093/ndt/gfm673

66. Tratamiento del síndrome de robo en acceso vascular mediante modificación de la técnica RUDI. Presentación de un caso. Río Gómez J, Manzano Grossi MS, De La Torre Scherack O, Reparaz Asensio L. Angiología 2016;68(5): 435-436 DOI: 10.1016/j.angio.2015.01.006

67. Thermann F, Wollert U, Ukkat J, Dralle H. Proximalization of the arterial inflow (PAI) in patients with dialysis access-induced ischemic syndrome: first report on long-term clinical results. J Vasc Access. 2010;11(2):143-149. doi:10.1177/112972981001100211

68. Schanzer H, Schwartz M, Harrington E, Haimov M. Treatment of ischemia due to “steal” by arteriovenous fistula with distal artery ligation and revascularization. J Vasc Surg. 1988;7(6):770-773. doi:10.1067/mva.1988.avs0070770

69. Belli S, Parlakgumus A, Colakoglu T, et al. Surgical treatment modalities for complicated aneurysms and pseudoaneurysms of arteriovenous fistulas. J Vasc Access. 2012;13(4):438-445. doi:10.5301/jva.5000077

70. MacRae JM, Pandeya S, Humen DP, Krivitski N, Lindsay RM. Arteriovenous fistula-associated high-output cardiac failure: a review of mechanisms. Am J Kidney Dis. 2004;43(5):e17-e22. doi:10.1053/j.ajkd.2004.01.016