






Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

TESIS DOCTORAL

Departamento de Medicina

Programa de Doctorado en Medicina

**Estrategias terapéuticas para la maduración de las
fístulas arteriovenosas nativas para hemodiálisis**

Irati Tapia González

2021



Universitat Autònoma de Barcelona



Departamento de Medicina
Programa de Doctorado en Medicina

Tesis Doctoral

**"Estrategias terapéuticas para la maduración de las fistulas
arteriovenosas nativas para hemodiálisis"**

Tesis presentada por

Irati Tapia González

para optar al grado de Doctor

Director de Tesis

Dr. Vicent Esteve Simó

Tutor

Dr. Jaume Almirall Daly

2021



Certificado de Dirección de Tesis Doctoral

El **Dr. Vicent Esteve Simó**, como Director Extern del Programa de Doctorat del Departament de Medicina de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Certifica que:

Esta tesis titulada "**Estrategias terapéuticas para la maduración de las fistulas arteriovenosas nativas para hemodiálisis**" que presenta **Irati Tapia González** para optar al grado de Doctor Medicina por la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) ha sido realizado bajo mi dirección.

Para que así conste donde convenga y a los efectos que corresponda, se firma el siguiente certificado

Irati Tapia González

Doctoranda en Medicina

Dr. Vicent Esteve Simó

Doctor en Medicina
Director Extern Programa Doctorat
Departament Medicina UAB

Terrassa, 17 de Junio de 2021



A mi madre y mi hermano, mi pequeña pero gran familia, sois el motor de mi corazón.



*A todas esas personas que se cruzan
en el camino para hacerlo siempre
más fácil*



Agradecimientos



Al Dr. Vicent Esteve, mi gran amigo y director de esta tesis doctoral. Eres la persona que me ha guiado siempre desde que fuí una residente hasta lo que he podido aprender a ser ahora. Podría escribir tres páginas de todo lo que te puedo agradecer...pero voy a resumir en un gran “Gracias por tus consejos, por guiarme siempre por el buen camino *.- vamos bien!* - , por regalarme momentos de risas que contigo nunca faltan y por supuesto por sacar ese ratito para esas carreras matutinas en cualquier lugar del mundo”...Sin tí, nada de esto hubiera sido posible.

Al Dr. Manel Ramírez de Arellano, Director d'Àmbit Medic y Cap de Servei de Nefrologia del Consorci Sanitari Terrassa (CST), por su consideración siempre conmigo y darme todo su apoyo y ayuda siempre que la he necesitado.

Al equipo de enfermería del CST: a Ángeles y Yolanda Molina- *ese equipo de ERCA, que siempre estaban ahí para ayudarme con los Handgrip y los ejercicios...*al equipo de la tarde (Miguel, Oscar, Sandra por aquellas, Andreu, Esther Arcas...y más que me dejo) – *simplemente por esas risas que me ayudaban a continuar siempre con una sonrisa*, agradecer a los de la mañana (Anna, Santi, Esther, Pilar, Anna Marti...) – *por dejarme ser tan pesada y meterme en la sala de diálisis a dar la tabarra con los pacientes mientras trabajábais...*a Javi – *por ser un tío tan guay, por poder echarme a reír o a llorar cuando tocaba...y por esos consejos de hermano mayor...no lo olvido.*

A Montse Grau, del servicio de Rehabilitación del CST, que me ayudó tanto a la elaboración del protocolo de ejercicios, a regalarme su tiempo y dedicación para que esta tesis pudiera ser posible...muchísimas gracias Montse... *y por supuesto por esos jueves mañaneros de running!*

A todos los coordinadores que han pasado por la Unidad de Diálisis del CST – empezando por Marisa Lavado, con quien empecé esta tesis doctoral y a la que admiro por ser una grandísima persona - *gracias por haberme permitido llevar a cabo mis ilusiones...*gracias a Yolanda y Jordi también por su apoyo a lo desconocido. Y por supuesto terminar, con la actual coordinadora de la Unidad de Diálisis del CST, Sandra Rubio – *eres una grandísima persona, una apoyo como amiga y una excelente profesional...lo estás haciendo de 10!*

A mis compañeros del Servicio de Nefrología del CST, a Fátima – *mi nenita, eres mi amiga y tu apoyo ha sido, es y será siempre incondicional...no hay mejor persona que tú...* a Miquel – *unos lo conocerán como el señor gruñón...yo lo conozco como una maravillosa persona porque todo lo que tiene de grande lo tiene de bonachón... gracias por todo lo que me has enseñado...tengo la ofimática súper controlada!!*, a Verónica – *gracias por esos huecos en la ERCA para poder trabajar en esta tesis doctoral ...* a Anna – *mi adjunta favorita, siempre exigente pero siempre dispuesta a enseñar*, a Mónica – *mi otra adjunta favorita, menudo*

tándem estáis hechas...una gran compi de congresos..., a Diana – por esos ratitos en la comida...de confidencias y simplemente apoyo moral que me animaron a ver los últimos días con un mejor color. A todos vosotros, gracias por vuestro apoyo.

A Olga, secretaria del servicio de Nefrología, por todo tu tiempo y dedicación, con todo el trabajo que ya tienes y aún así siempre ha habido un hueco para mí...para mis proyectos y mis ilusiones – *cuántas agendas abiertas, siempre has estado a la altura y siempre pendiente...te lo agradezco infinito...que la vida te recompense por todo tu trabajo!*

A todos los pacientes de la ERCA, de la Unidad de Diálisis del CST y la Unidad de FMC Terrassa, que me han permitido llevar a cabo este proyecto.

A todos los que en algún momento me han ayudado en mayor o menor medida...sanitarios, personal de limpieza, mantenimiento y todos los que seguro me olvido...gracias.

Y por último, pero no menos importante, A mi Sara, mi compañera de fatigas – *por esos momentos grandes por Europa que tanto nos han hecho reír y compartir conocimientos...gracias por ser como eres, por formar parte de esta gran familia de la Unidad Funcional del Acceso Vascular.*





Glosario de abreviaturas

AH	Arteria humeral
AR	Arteria radial
AV	Acceso Vascular
CVC	Catéter Venoso Central
DM	Diabetes mellitus
DP	Diálisis Peritoneal
ED	Ecografía Doppler
EENM	Electroestimulación Neuromuscular
ES	Extremidad superior
EES	Extremidades superiores
EPIRCE	Epidemiología de la Insuficiencia Renal Crónica en España
ERC	Enfermedad Renal Crónica
FAV	Fístula Arteriovenosa
FAVRC	Fístula Arteriovenosa Radio-Cefálica
FG	Filtrado Glomerular
HD	Hemodiálisis
HTA	Hipertensión arterial
IR	índice de Resistencia
KDIGO	Kidney Disease: Improving Global Outcomes
KDOQI	Kidney Disease Outcomes Quality Initiative
MDRD	Modification of Diet in Renal Disease
PTFE	Politetrafluoroetileno expandi

SEN	Sociedad Española de Nefrología
TFG	Tasa de filtrado glomerular
TR	Trasplante Renal
TSR	Tratamiento Sustitutivo Renal
VB	Vena basílica
VBB	Vena basílica brazo
VC	Vena cefálica
VCA	Vena cefálica antebrazo
VCB	Vena cefálica brazo
VPS	Velocidad pico sistólico

Índice de Tablas y Figuras

- Tabla 1.- Clasificación de la enfermedad renal crónica de acuerdo a su filtrado glomerular (estadios G1-G5) y grado de proteinuria (A1-A3). KDIGO 2012.
- Tabla 2.- Orden de realización del acceso vascular. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis 2016.
- Tabla 3.- Técnicas de monitorización y vigilancia de la fístula arteriovenosa.
- Tabla 4.- Sistemática de la exploración física en la fístula arteriovenosa.
- Tabla 5.- Parámetros sociodemográficos y variables preoperatorias de forma global y por grupos ejercicio y grupo control.
- Tabla 6.- Parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos de ambos grupos (ejercicio y control) al inicio y al final del estudio.
- Tabla 7.- Fuerza muscular y datos ecográficos al inicio y al final del estudio tras ejercicio físico isométrico.
- Tabla 8.- Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre los grupos en ambos periodos de estudio tras ejercicio físico isométrico.
- Tabla 9.- Factores sociodemográficos y parámetros ecográficos preoperatorios de forma global y por grupos ejercicio y control en la población anciana.
- Tabla 10.- Parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos de ambos grupos (ejercicio y control) al inicio y al final del estudio en la población anciana.
- Tabla 11.- Fuerza muscular y parámetros ecográficos al inicio y al final del estudio tras ejercicio físico isométrico en la población anciana.
- Tabla 12.- Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre grupos tras ejercicio físico isométrico en ambos periodos de estudio en la población anciana.
- Tabla 13.- Principales parámetros sociodemográficos y variables ecográficas preoperatorias de forma global y de ambos grupos (Hand-Grip y control).

-
- Tabla 14.- Parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos principales de ambos grupos (Hand-Grip y control) al inicio y al final del estudio.
- Tabla 15.- Fuerza muscular y medidas ecográficas de los grupos comparado al inicio y al final del estudio tras entrenamiento con Hand-Grip.
- Tabla 16.- Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre grupos tras entrenamiento con Hand-Grip en ambos períodos de estudio.
- Tabla 17.- Parámetros sociodemográficos y variables ecográficas preoperatorias de los grupos de estudio (hand-Grip y control) en la población anciana.
- Tabla 18.- Principales parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos entre los grupos de estudio (Hand-Grip y control) comparados al inicio y al final del estudio en la población anciana.
- Tabla 19.- Parámetros de fuerza muscular y medidas ecográficas de ambos grupos (Hand-Grip y control) comparado al inicio y al final del estudio en la población anciana.
- Tabla 20.- Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre grupos (Hand-Grip y control) en ambos períodos de estudio en la población anciana.

-
- Figura 1.- Catéter venoso central tunelizado en vena yugular derecha.
- Figura 2.- Tipos de anastomosis de la fístula arteriovenosa nativa (FAV nativa).
- Figura 3.- Fístula arteriovenosa protésica. Posición en asa de localización axilar en extremidad superior derecha.
- Figura 4.- Fisiopatología de la maduración de la FAV. Proceso de remodelación y maduración de la FAVRC.
- Figura 5.- Dinamómetro mecánico manual homologado tipo Jamar.
- Figura 6.- Test de Allen. Maniobra para detectar posibles problemas de isquemia arterial o defectos en la circulación de la mano.
- Figura 7.- Parámetros ecográficos del mapeo del acceso vascular.
- Figura 8.- Ejercicios isométricos del territorio distal.
- Figura 9.- Ejercicios isométricos del territorio proximal.
- Figura 10.- Programa de entrenamiento con dispositivo Hand-Grip.
- Figura 11.- Estenosis significativa de una FAVRC en extremidad derecha. Fenómeno de Aliasing.
- Figura 12.- Diagrama de flujo de los pacientes incluidos en el estudio del programa de ejercicios físicos isométricos.
- Figura 13.- Principales etiologías de la ERC de los pacientes incluidos.
- Figura 14.- Nivel de adherencia al programa de ejercicio físico de los pacientes del grupo ejercicio físico a las 4 y a las 8 semanas.
- Figura 15.- Nivel de adherencia al programa de ejercicio físico en el grupo ejercicio físico de la población anciana a las 4 y a las 8 semanas.



Índice General



Resumen	31
Abstract	33
1. Introducción	35
1.1 Enfermedad renal crónica (ERC)	37
1.1.1 Definición y clasificación	37
1.1.2 Características demográficas	39
1.2 Accesos vasculares	40
1.2.1 Tipos de acceso vascular	41
1.2.2 Permeabilidad de los accesos vasculares	45
1.2.3 Tasas de complicaciones	47
1.3 Valoración del acceso vascular	47
1.3.1 Anamnesis y exploración física preoperatoria	47
1.3.2 Ecografía Doppler en la planificación del acceso vascular	48
1.3.3 Monitorización del acceso vascular	49
1.4 Maduración del acceso vascular	52
1.4.1 Fisiopatología de la maduración del acceso vascular	52
1.4.2 Cuidados para la maduración del acceso vascular	54
1.4.3 Criterios de maduración del acceso vascular	55
1.5 Estrategias de maduración del acceso vascular	56
1.5.1 Ejercicio físico isométrico	56
1.5.2 Otras estrategias de maduración del acceso vascular	57
2. Hipótesis	59
3. Objetivos	65

4. Metodología	69
4.1 Criterios de inclusión y exclusión	71
4.2 Datos demográficos, bioquímicos y nutricionales	72
4.3 Fuerza muscular de las extremidades superiores	72
4.4 Exploración física de las extremidades superiores	73
4.5 Parámetros ecográficos de las extremidades superiores	74
4.6 Criterios de maduración del acceso vascular	76
4.7 Asignación de grupos de estudio	76
4.8 Estrategias de maduración del acceso vascular	77
3.8.1 Programa de ejercicio físico isométrico	77
3.8.2 Programa de entrenamiento de fuerza con Hand-Grip	79
4.9 Cumplimiento y adherencia a las estrategias de maduración del acceso vascular	81
4.10 Complicaciones asociadas al acceso vascular	82
4.11 Estrategias de maduración del acceso vascular en la población anciana	83
4.12 Análisis estadístico	84
5. Resultados	85
5.1 Programa de ejercicios físicos isométricos	87
5.2 Programa de ejercicios físicos isométricos en la población anciana	92
5.3 Programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip	96
5.4 Programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip en la población anciana	101
6. Discusión	107
7. Conclusiones	123

8. Líneas de futuro	129	
9. Referencias bibliográficas	133	
10. Anexos	149	
Anexo 1	Programa de ejercicios físicos isométricos para el territorio distal. Primer y segundo período	151
Anexo 2	Programa de ejercicios físicos isométricos para el territorio proximal. Primer y segundo período	153
Anexo 3	Programa de entrenamiento con dispositivo Hand-Grip	155
Anexo 4	Original article: Upper limb isometric exercise protocolled programme and arteriovenous fistula maturation process.	157
	<i>(Clin Kidney J. Volume 14, Issue 2, February 2021, Pages 688–695)</i>	
Anexo 5	Original article: Elderly patients, isometric exercise, and native vascular access maturation: An unsolved question?	165
	<i>(Hemodialysis international. November 2020 https://doi.org/10.1111/hdi.12900)</i>	



*“El verdadero conocimiento es saber
la magnitud de tu propia ignorancia”*

Confucio



-----Resumen-----

De manera global, esta tesis doctoral muestra las ventajas de la aplicación de un programa de ejercicios físicos isométricos y de un programa de entrenamiento con dispositivo Hand-Grip para favorecer la maduración de las fistulas arteriovenosas nativas en pacientes con ERC estadios 5-5D.

Del mismo modo, la realización de estos programas, tanto ejercicios físicos isométricos como entrenamiento con Hand-Grip en la población anciana con ERC estadios 5-5D, muestra ventajas en términos de mejora de la maduración de las fistulas arteriovenosas nativas para HD a pesar de la elevada comorbilidad cardiovascular asociada en estos pacientes.

Los resultados de esta tesis doctoral refuerzan la importancia y necesidad de implementar en la práctica clínica tanto programas de ejercicios físicos isométricos como programas de entrenamiento con Hand-Grip con el objetivo de favorecer la maduración de las fistulas arteriovenosas nativas y mejorar las probabilidades de lograr una FAV funcional madura en los pacientes con ERC estadios 5-5D.



-----Abstract-----

Overall, this doctoral thesis shows the advantages of implementing an isometric exercise programme and a training program with a Hand-Grip device to promote the maturation of native arteriovenous fistulas in patients with stage 5-5D CKD.

Similarly, the performance of these programmes, both isometric exercises and Hand-Grip training in the elderly population, with high cardiovascular comorbidity, shows long-term advantages in terms of improving the maturation of native arteriovenous fistulas for HD.

The results of this doctoral thesis reinforce the importance and need to implement isometric exercise programmes and/or training programmes with Hand-Grip in clinical practice with the aim of favoring the maturation of native arteriovenous fistulas and improving the probability of achieving a mature functional AVF in elderly patients.





1. Introducción



1.1 Enfermedad renal crónica (ERC)

1.1.1 Definición y clasificación

La enfermedad renal crónica (ERC) constituye un importante problema de salud pública en todo el mundo y se define como una disminución en la función renal, expresada por un filtrado glomerular (FG) o un aclaramiento de creatinina estimado $< 60 \text{ ml/ min/1,73 m}^2$ (1–7), o como la presencia de daño renal en ambos casos de forma persistente durante al menos 3 meses. La lesión renal se pone de manifiesto directamente a partir de alteraciones histológicas en la biopsia renal (enfermedades glomerulares, vasculares, túbulo-intersticiales) o indirectamente por la presencia de albuminuria, alteraciones en el sedimento urinario, alteraciones hidroelectrolíticas o de otro tipo secundarias a patología tubular o a través de técnicas de imagen (8–12).

Las guías de la organización Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) propone una clasificación de la ERC que divide la enfermedad en cinco etapas en función de la tasa de filtrado glomerular (TFG) (13–15):

KDIGO 2012			Albuminuria		
			Categorías, descripción y rangos		
			A1	A2	A3
			Normal a ligeramente elevada	Moderadamente elevada	Gravemente elevada
Filtrado glomerular			< 30 mg/g ^a	30-300 mg/g ^a	> 300 mg/g ^a
Categorías, descripción y rangos (ml/min/1,73 m ²)					
G1	Normal o elevado	≥ 90			
G2	Ligeramente disminuido	60-89			
G3a	Ligera a moderadamente disminuido	45-59			
G3b	Moderada a gravemente disminuido	30-44			
G4	Gravemente disminuido	15-29			
G5	Fallo renal	< 15			

Tabla 1. Clasificación de la enfermedad renal crónica de acuerdo a su filtrado glomerular (estadios G1-G5) y grado de proteinuria (A1-A3). El riesgo menor corresponde al color verde (categoría de «bajo riesgo» y si no hay datos de lesión renal no se puede catalogar ni siquiera como ERC), seguido del color amarillo (riesgo «moderadamente aumentado»), naranja («alto riesgo») y rojo («muy alto riesgo»), que expresan riesgos crecientes para los eventos mencionados. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 (14)

-
- **Estadio 1:** El estadio 1 se caracteriza por la presencia de daño renal en forma de microalbuminuria o proteinuria con TFG normal o aumentada, es decir mayor o igual a 90ml/min/1.73m². Por lo general la enfermedad es asintomática.
 - **Estadio 2:** El estadio 2 se establece por la presencia de daño renal asociada con una ligera disminución de la TFG entre 89 y 60 ml/min/1.73m². Usualmente el paciente no presenta síntomas y el diagnóstico se realiza de manera incidental.
 - **Estadio 3:** El estadio 3 es una disminución moderada de la TFG entre 30 y 59 ml/min/1.73m². El estadio 3 se divide en dos etapas. La etapa temprana 3a, pacientes con TFG entre 59 y 45 ml/min/1.73m² y la etapa tardía 3b con TFG entre 44 y 30 ml/min/1.73m². Al disminuir la función renal, se acumulan sustancias tóxicas en el torrente sanguíneo que ocasionan diversas manifestaciones clínicas relacionadas con la uremia.

Los pacientes comúnmente presentan síntomas y complicaciones típicas de la ERC como hipertensión, anemia y alteraciones del metabolismo óseo. Algunos de los síntomas incluyen fatiga relacionada con la anemia, edema por retención de agua corporal, dificultad para conciliar el sueño debido a prurito y calambres musculares, cambios de la frecuencia urinaria, espuma cuando hay proteinuria y coloración oscura que refleja hematuria. Se observa un riesgo aumentado de progresión de ERC y de complicaciones cardiovasculares.

- **Estadio 4:** El estadio 4 se refiere a daño renal avanzado con una disminución grave de la TFG entre 15 y 30 ml/min/1.73m². Los pacientes tienen un alto riesgo de progresión al estadio 5 y de complicaciones cardiovasculares. A los síntomas iniciales del estadio anterior se agregan náusea, sabor metálico, aliento urémico, anorexia,

dificultad para concentrarse y alteraciones nerviosas como entumecimiento u hormigueo de las extremidades.

- **Estadio 5:** El estadio 5 o insuficiencia renal crónica terminal, la TFG cae por debajo de 15 ml/min/1.73m². El término ERC estadio 5D, se refiere a la situación subsidiaria de iniciar tratamiento sustitutivo de la función renal, ya sea mediante hemodiálisis (HD) o diálisis peritoneal (DP).

1.1.2 Características demográficas

En España, según los resultados del estudio EPIRCE (Epidemiología de la Insuficiencia Renal Crónica en España)(1), diseñado para conocer la prevalencia de la ERC en nuestro país y promovido por la Sociedad Española de Nefrología (SEN) con el apoyo del Ministerio de Sanidad y Consumo, se estimó que aproximadamente el 10% de la población adulta sufría de algún grado de ERC, siendo del 6,8% para los estadios 3-5 aunque existían diferencias importantes con la edad (3,3% entre 40-64 años y 21,4% para mayores de 64 años) (16). En pacientes seguidos en Atención Primaria con enfermedades tan frecuentes como la hipertensión arterial (HTA) o la diabetes mellitus (DM), la prevalencia de ERC puede alcanzar el 35-40% (17-19).

Estos datos fueron obtenidos a partir de la medición centralizada de la concentración de creatinina sérica en una muestra significativa aleatoria y estratificada de la población española mayor de 20 años y a partir de la estimación del FG por la fórmula MDRD del estudio Modification of Diet in Renal Disease (5).

De ésta manera, aproximadamente 4 millones de personas padecen ERC en España. De ellas unas 50.909 están en tratamiento sustitutivo renal (TSR), la mitad en diálisis y el resto con un trasplante renal (TR) funcionante. Según el Registro Español de Enfermos Renales en

el año 2018 (20), el 78,9% de los pacientes incidentes en TSR lo hicieron mediante HD. Un 16% empezaron DP y el resto, poco más del 4,8% iniciaron TSR directamente con un TR. Los datos sobre prevalencia, sin embargo, muestran que el 40,3% de los pacientes en TSR están en HD, el 54,7% están trasplantados y sólo un 5% están en DP.

La prevalencia de la ERC aumenta por el envejecimiento de la población, el incremento de la prevalencia de sus factores de riesgo como la enfermedad cardiovascular, la DM, la HTA o la obesidad y, obviamente, por el diagnóstico precoz de la misma (3,21–24). Todos estos factores, junto con los avances médicos y la mejoría de la calidad de vida, así como el mejor conocimiento y prevención de la enfermedad renal han contribuido al incremento de una población más anciana en programas de TSR (25–27). En Europa, se ha establecido una tasa de incremento anual cercano al 5%.

La supervivencia global evaluada para los pacientes en diálisis es de un 12,9% a los diez años, a pesar de los avances técnicos del tratamiento. Ello es debido presumiblemente al hecho de que el 50% tiene una media de tres factores de riesgo cardiovascular y una gran comorbilidad asociada (28). Por todos estos motivos se acepta hoy que la ERC constituye una de las principales causas de muerte en el mundo occidental (2,6,29–31).

1.2 Accesos vasculares

Para que el paciente pueda iniciar el tratamiento de HD, la última Guía de Práctica Clínica de la KDOQI (Kidney Disease Outcomes Quality Initiative) (32) así como la última Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis (33), recomienda la realización de un acceso vascular (AV) permanente de manera planificada (34). Preferentemente cuando la tasa de FG sea <15ml/min y con una antelación previa al inicio de la HD entre 4-6 meses.

El acceso vascular (AV) tiene un rol muy importante, ya que de él depende la realización de una adecuada sesión de HD y a que genera gran parte de la morbi-mortalidad de los pacientes (13,35,36). Las complicaciones de los mismos (trombosis, infección y menor supervivencia) suponen en Europa y Estados Unidos entre un 15-36% de todas las hospitalizaciones, con un coste superior a 700 millones de dólares en USA (37). Por todos los motivos anteriormente mencionados, las distintas guías de práctica clínica han propuesto disminuir las tasas de trombosis y aumentar la supervivencia de los AV.

El AV ideal debe reunir al menos tres requisitos: permitir el abordaje seguro y continuado del sistema vascular, proporcionar flujos suficientes para aportar la dosis de HD adecuada y carecer de complicaciones (38). El AV perfecto no existe, pero el que más se aproxima es la fístula arteriovenosa (FAV) nativa (13,39–41), y por tanto, debe ser el primer AV a considerar. Cuando no exista posibilidad de realizar una FAV nativa por ausencia o desgaste del capital venoso periférico, debe utilizarse una FAV protésica, mientras que la implantación de un catéter venoso central (CVC) ha de considerarse únicamente cuando no sea posible realizar ninguna de las anteriores o cuando sea preciso iniciar el tratamiento con HD sin disponer de un AV maduro. Sin embargo, en la actualidad, las políticas del acceso vascular van más encaminadas a realizar el AV más adecuado en relación con las características demográficas del paciente.

1.2.1 Tipos de acceso vascular

Catéteres venosos centrales

La implantación de un CVC ha de considerarse cuando no ha sido posible realizar una FAV nativa o una FAV protésica (13,42,43), o cuando sea necesario iniciar TRS sin disponer de otro acceso (44). Hay que tener en cuenta que su tasa de supervivencia es más baja, la

eficacia para administrar la dosis de HD es menor, tienen un alto riesgo de infección (42,45) y se asocian a mayor mortalidad (46–49). Pueden ser de doble luz transitorios (14,50), con sección en «doble D», cilindros coaxiales; o permanentes (51,52) con anclajes de dacrón.

Los catéteres permanentes tienen cuffs diseñados para ser utilizados durante períodos más prolongados y tienen menos incidencia de infecciones (53). Su colocación requiere tunelización quirúrgica (54), no estando claramente definido el diseño óptimo del túnel. Se considera que lo más importante es la localización de la venotomía y el orificio de salida cutáneo.



Figura 1. Catéter venoso central tunelizado en vena yugular derecha

La localización más habitual de la inserción de los catéteres venosos centrales es la vena yugular interna, siendo su principal desventaja la fijación a piel y la limitación de la movilidad del cuello. Como alternativa se encuentra la vena femoral (55), que se utiliza cuando se considera un uso en un periodo corto de tiempo, en situaciones de edema agudo de pulmón

porque la cabeza y el cuello pueden permanecer erguidos durante la inserción, o en pacientes antiagregados o anticoagulados. Se debe evitar la vena subclavia por la alta incidencia de estenosis venosa central, hasta un 40%, además de tener mayor incidencia de complicaciones relacionadas con su inserción como puede ser un neumotórax, un hemotórax (56), una perforación de arteria subclavia, o un daño del plexo braquial.

Fístula arteriovenosa nativa

Consiste en la anastomosis subcutánea de una arteria a una vena adyacente. Es el acceso vascular más seguro y de mayor duración (13,57). Así pues, debe considerarse la primera opción por tener la tasa de morbi-mortalidad así como de complicaciones más bajas. Tiene como inconvenientes que el tiempo necesario para su maduración es largo (58), que a veces no proporcionan el flujo adecuado, y que existen factores pronósticos que pueden condicionar un fracaso del mismo como por ejemplo, pacientes diabéticos, edad avanzada, arteriosclerosis severa, obesos, tabaquismo o personas con venas de pequeño tamaño y profundas (59–61).

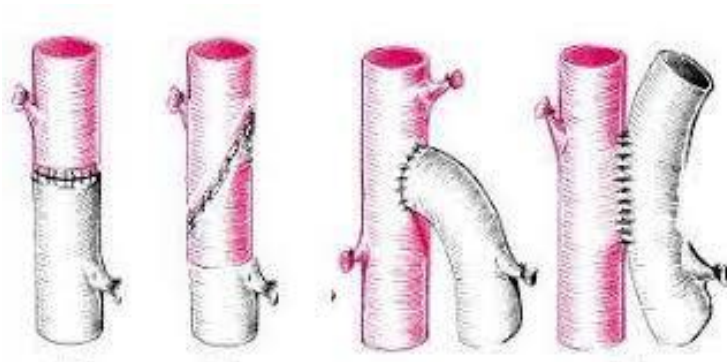


Figura 2. Tipos de anastomosis de la fístula arteriovenosa nativa (FAV nativa): De izquierda a derecha se presentan las diferentes maneras de realizar las conexiones entre arteria y vena; término-terminal, látero-terminal, término-lateral y látero-lateral, respectivamente.

Las localizaciones más frecuentes son: fístula arteriovenosa radiocefálica (FAVRC) descrita por Cimino-Brescia (41,62) y húmerocefálica (63).

Otro tipo de fístulas menos utilizadas son: en tabaquera anatómica, cubito-basílica en muñeca y la trasposición húmero-basílica en codo. Además, y si es posible, se realiza en el brazo no dominante para evitar las consecuencias de la incapacidad funcional que pudieran generar y lo más distal posible, con el fin de preservar el máximo de la red venosa periférica para futuros AV del paciente, planteando un AV mas proximal cuando fracasan los distales (64).

Fístula arteriovenosa protésica

Cuando no se puede conseguir una FAV nativa adecuada se realiza la conexión arteriovenosa mediante un implante de un injerto tubular de material sintético. Es una solución más costosa económicamente, con más morbilidad asociada así como un deterioro de la calidad de vida del paciente ante la necesidad de procedimientos para mantenerlo permeable (65). Los injertos se empezaron a utilizar en los años setenta del siglo XX, siendo al principio de biomateriales: vena safena autóloga, arterias carótidas bovinas o venas umbilicales humanas. Más tarde se introdujo el uso de injertos sintéticos de politetrafluoroetileno expandido (PTFE), que es el que ofrece un rendimiento mayor.

Los injertos tienen como ventajas la mayor superficie, canalización más fácil y corto tiempo de maduración(66). La desventaja fundamental es que presentan a largo plazo una permeabilidad menor que una FAV nativa. Para colocar una prótesis, antes se deben identificar la arteria y la vena con el diámetro adecuado para el implante, que no debe ser menor de 3,5-4 mm. Posteriormente se elegirá la configuración que puede ser recta, curva o en asa.

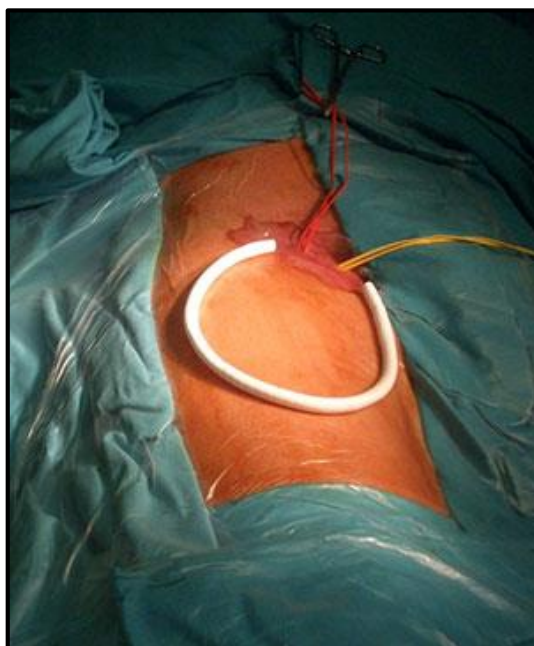


Figura 3. Fístula arteriovenosa protésica. Posición en asa de localización axilar en extremidad superior derecha

La localización más frecuente es el injerto recto entre la arteria radial y la vena basilíca en antebrazo no dominante, después el asa en antebrazo entre arteria humeral y vena basilíca, y menos frecuentemente se usan la arteria humeral y la vena axilar (67) o en extremidades inferiores (68). La maduración de los injertos arterio-venosos requiere 2-3 semanas para conseguir la adecuada adhesión entre el injerto y el túnel subcutáneo.

1.2.2. Permeabilidad de los accesos vasculares

Las FAV nativa presentan una permeabilidad primaria a los 6 y 18 meses del 72% y 51%, y una permeabilidad secundaria del 86% y 77%, respectivamente, mientras que en las FAV protésicas la permeabilidad primaria a los 6 y 18 meses es del 58% y 33% y la secundaria del 76% y 55%, respectivamente (69). La principal desventaja de la FAV nativa con respecto a la FAV protésica reside en su alto riesgo de fallo primario, debido tanto a la alta tasa de trombosis inmediata (5-30% para las FAVRC) como al fracaso en la maduración (28-53%),

frente a sólo un 0-13% de fallo primario para las FAV protésicas en antebrazo y 0-3% en FAV protésicas en brazo (70). Asimismo, el cambio demográfico que se ha ido produciendo en los últimos años en el paciente incidente que inicia TSR hace que se describa en la bibliografía una tendencia progresiva a la disminución en las tasas de permeabilidad reportadas (71), estimándose una tasa de fallo primario para las FAV nativa del 23%, significativamente mayor en las FAV nativa distales (28%) que en las proximales (20%), hallando una permeabilidad primaria (incluyendo los fallos primarios) del 60% al año y del 51% a los 2 años, con una diferencia significativa según la localización de la FAV nativa (distal o proximal) al año, pero no a los 2 años (71,72). Estos mismos autores encontraron una tasa de permeabilidad secundaria del 71% al año y del 64% a los 2 años, sin diferencias en cuanto a la localización de la FAV nativa (71).

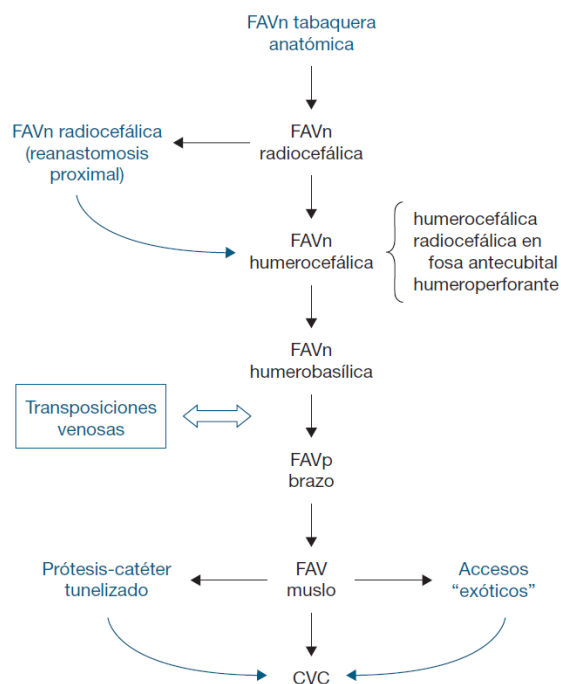


Tabla 2. Orden en la realización del acceso vascular.

Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis 2016 (33)

1.2.3. Tasa de complicaciones

Las FAV nativas se asocian a una menor morbilidad y mortalidad con respecto a las FAV protésicas y con los CVC. Según Ravani et al., (73) el uso de FAV protésicas y catéteres frente a FAV nativas se asocia a un incremento en la mortalidad del 18% y 53%, respectivamente. Además, las FAV nativa presentan una menor tasa de infecciones que las FAV protésica, y ésta menor que el CVC. Como resultado de todo ello, en comparación con las FAV nativas, el riesgo de hospitalización aumenta un 26% con las FAV protésicas y un 68% con los CVC (74).

Otra ventaja de las FAV nativas es que presentan una menor tasa de reintervenciones que las FAV protésicas, lo que conlleva un mantenimiento con menor coste económico (75).

1.3 Valoración del acceso vascular

1.3.1 Anamnesis y exploración física preoperatoria

En la evaluación del paciente será necesario realizar una cuidadosa historia clínica en la que se identifiquen los factores de riesgo de fracaso inicial y de falta de maduración de la FAV nativa; así como una exploración física que valore la existencia de limitaciones articulares, déficit motores o sensitivos, grosor de la piel y grasa subcutánea, edema de la extremidad, existencia de circulación colateral en brazo u hombro, y cicatrices o trayectos venosos indurados (76).

La exploración física debe incluir la palpación de pulsos señalando la existencia y calidad de los mismos, incluyendo la maniobra o test de Allen; la toma de presiones arteriales en ambas extremidades superiores y la exploración del sistema venoso mediante la palpación venosa, con y sin torniquete (77). 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 (78).

1.3.2 Ecografía Doppler en la planificación del acceso vascular

La ecografía es una exploración accesible, reproducible, poco costosa, no invasiva y sin riesgos añadidos capaz de aportar información morfológica y funcional del sistema venoso superficial y de la circulación arterial; siendo posible seleccionar el tipo de AV más apropiado para cada paciente (79–82).

El progresivo aumento en la edad de los pacientes candidatos a FAV, con el consiguiente aumento de las comorbilidades asociadas, condicionan que la exploración física en estos pacientes pueda llegar a ser insuficiente y dificulte los criterios imprescindibles para la realización de la FAV. En estos casos hay unanimidad en la indicación de la ecografía Doppler (ED) como prueba de imagen de elección (83–86). De hecho, cada vez existe más evidencia disponible para recomendar su aplicación de forma rutinaria.

Desde su incorporación a la práctica clínica diaria, se han publicado distintos estudios que han intentado evaluar la utilidad de la ED en la valoración preoperatoria de los pacientes candidatos a la realización de un AV (87,88). Si bien hay series documentadas en las que la ecografía preoperatoria rutinaria aumenta la supervivencia del AV (13,89–95) en algunas de ellas el beneficio no alcanzó la significación necesaria para recomendar su uso de forma sistemática. Sin embargo, estos estudios argumentan a favor de su uso sistemático la disminución de las intervenciones quirúrgicas innecesarias ante el escaso calibre de los vasos, evitar la realización de FAV con mal drenaje venoso, la detección de patología arterial subclínica y la mejor utilización del lecho vascular disponible. Por todo ello, tanto las Guías Clínicas KDOQI (32) como la Guía Clínica Española de Acceso Vascular para Hemodiálisis

(33) recomiendan el uso sistemático de la ED en la exploración preoperatoria de todo paciente candidato a FAV, para realizar un mapa completo del capital venoso del paciente y poder planificar de forma racional la localización del AV en función de las alternativas reales de futuros accesos (96).

1.3.3. Monitorización del acceso vascular

El objetivo de la monitorización del AV, tanto de FAV nativa como FAV protésica, es diagnosticar precozmente la patología, fundamentalmente la estenosis significativa, para evitar las trombosis y aumentar su supervivencia.

Existen diversas técnicas de monitorización y vigilancia del AV para detectar disfunciones de manera precoz, que se clasifican en dos grandes grupos; los métodos de primera y segunda generación, descritos en la tabla 3.

Los métodos de primera generación se basan fundamentalmente en métodos de monitorización del AV mediante exploración física (tabla 4), vigilancia de alteraciones en las sesiones de hemodiálisis (dificultad en la canalización de la FAV, aspiración de coágulos, aumento de la presión arterial o venosa prebomba, imposibilidad de alcanzar el flujo de bomba prescrito o tiempo de hemostasia prolongado), determinar el porcentaje de recirculación de la FAV o una disminución inexplicable de la adecuación de la HD mediante el índice Kt/V , porcentaje de reducción de la urea (PRU) y/o índice Kt .

<p>I. Técnicas de primera generación</p> <p>1. Monitorización clínica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exploración física • Problemas durante la sesión de HD • Sobrecarga de la FAVn por QB <p>2. Presión de la FAV:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presión venosa dinámica • Presión intraacceso estática equivalente o normalizada* <p>3. Recirculación de la FAV</p> <p>4. Disminución inexplicable de la adecuación de la diálisis: índice Kt/V, PRU, índice Kt</p> <p>II. Técnicas de segunda generación</p> <p>Permiten la estimación no invasiva del QA de la FAV de 2 formas:</p> <p>1. Directa: ecografía Doppler*</p> <p>2. Indirecta: métodos de screening dilucionales*</p>
--

Tabla 3. Técnicas de monitorización y vigilancia de la fistula arteriovenosa: FAV nativa: fistula arteriovenosa nativa; Kt/V y Kt: índices de diálisis —K: aclaramiento del dializador; t: tiempo de duración; V: volumen de distribución de la urea—; HD: hemodiálisis; PRU: porcentaje de reducción de la urea; QA: flujo sanguíneo; QB: flujo de bomba. *Métodos de vigilancia (surveillance según la terminología anglosajona)

Los métodos de segunda generación permiten calcular el flujo sanguíneo (QA) de la FAV mediante métodos de cribado dilucionales o por ED (97). Cuando se detecta alguna alteración funcional de la FAV mediante cualquiera de estos métodos de cribado debe efectuarse una exploración de imagen ante la sospecha de una estenosis de la FAV.

La ED es un método diagnóstico de imagen no invasivo, inocuo para el paciente, que presenta una elevada sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de la estenosis significativa y aporta una valiosa información morfológica y funcional del AV. Así mismo, su versión portátil puede utilizarse in situ en la sala de HD y, además, presenta un perfil de coste-efectividad favorable.

<p>Inspección</p> <p>Además de la FAV propiamente dicha, debe incluir toda la extremidad ipsilateral y debe compararse con la extremidad opuesta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En caso de una FAV localizada en la extremidad superior, debe incluir también el hombro, el tórax, las mamas, el cuello y la cara • Debe evaluarse el diámetro de la FAV, su longitud útil (tramo disponible para la canulación) y la visualización de venas colaterales • Test de elevación del brazo • Presencia de cualquier signo de infección • Edema en la extremidad superior ipsilateral a la FAV: es casi siempre indicativo de la presencia de la estenosis venosa central • Cicatrices en el pecho y el cuello: pueden indicar la presencia de CVC previos o cirugías de la esfera otorrinolaringológica • Presencia de un dispositivo electrónico cardiovascular implantado en la pared torácica (marcapasos) • Dilataciones aneurismáticas • Trastornos tróficos cutáneos por robo vascular o hipertensión venosa
<p>Palpación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del pulso normal • Detección de cualquier thrill anormal • Test de aumento del pulso • Test de oclusión secuencial
<p>Auscultación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del soplo normal • Detección de cualquier soplo anormal

Tabla 4. Sistemática de la exploración física en la fistula arteriovenosa. Inspección, palpación y auscultación

La exploración ecográfica se debe realizar con el correcto posicionamiento del paciente, si es posible en decúbito supino, aunque en función de la movilidad del paciente podría realizarse en sedestación. El miembro estudiado debe situarse más próximo al explorador, con una angulación de unos 45° con respecto al cuerpo del paciente y siempre en una posición cómoda. El estudio se inicia en modo B (escala de grises) valorándose la arteria aferente, la anastomosis arteriovenosa y la vena eferente. La exploración en escala de grises nos proporciona una rápida y valiosa información sobre los aspectos morfológicos de la FAV y el estudio Doppler nos aporta los datos hemodinámicos de la misma, fundamentalmente la medición del QA realizada siempre en la arteria humeral (98). La medición del flujo en la arteria radial sólo puede subestimar el mismo, ya que una porción variable del flujo de la fistula puede ser suministrado por las arterias colaterales distales vía la arcada palmar.

La evidencia disponible hasta la actualidad muestra una correlación significativa entre el QA obtenido por ED y por diversos métodos dilucionales (99). Por ello, las distintas Guías

Clínicas (32,33) recomiendan utilizar indistintamente tanto la ED como los métodos de cribado dilucionales para la monitorización y vigilancia de la FAV. Sin embargo, la ED se ha valorado como prueba de imagen de elección para confirmar, localizar y cuantificar la estenosis de la FAV detectada mediante los métodos de cribado antes de efectuar el tratamiento electivo (100–102).

1.4 Maduración del acceso vascular

1.4.1 Fisiopatología de la maduración del acceso vascular

Tras la realización de una FAV, los cambios en la presión y el flujo de los vasos sanguíneos son el estímulo para dilatación y remodelación venosa. La presión y el flujo ejercen su efecto causando deformación y por lo tanto creando tensiones opuestas dentro de la pared del vaso (103). Las deformaciones del vaso ocurren en tres direcciones: circunferencial, radial y longitudinal; y crean tensiones normales (es decir, tensiones o compresiones) y tangenciales en cada una de las tres direcciones. Así, hay un total de nueve factores mecánicos estáticos (tres estáticas deformaciones y seis tensiones estáticas) que pueden influir en la dilatación vascular y remodelación. Esto es más complicado por el hecho de que la presión y el flujo varían con el tiempo (es decir, son pulsátiles) y por lo tanto cada uno de estos nueve factores también varía con cada hora. Esto hace difícil determinar la contribución exacta de cada uno de los factores mecánicos en el proceso de la remodelación vascular.

En un estudio, Dobrin et al (103) examinó el efecto de los nueve factores mecánicos involucrados probablemente en la remodelación vascular. Encontraron que el espesamiento de la íntima, que se correlacionaba con la baja fricción y el espesamiento medial, estaba correlacionado con la deformación circunferencial. Este estudio parece validar la importancia

central de tensión de corte longitudinal, deformación circunferencial y el estrés o fricción, como los factores mecánicos centrales que influyen en la dilatación y remodelación.

La principal estimulación de la vasodilatación arterial y la remodelación de la fístula es el aumento de la velocidad del flujo sanguíneo y el aumento de la tensión de cizallamiento en el endotelio. El mecanismo biofísico exacto mediante el cual las células endoteliales detectan y transmiten la información intracelular no está definido, así como los pasos que conducen a la dilatación arterial y a la remodelación después de la formación de la FAV. Sin embargo, la fase temprana de la dilatación arterial es mediada por la relajación del músculo liso en respuesta a la liberación endotelial de óxido nítrico y otros vasodilatadores (104,105).

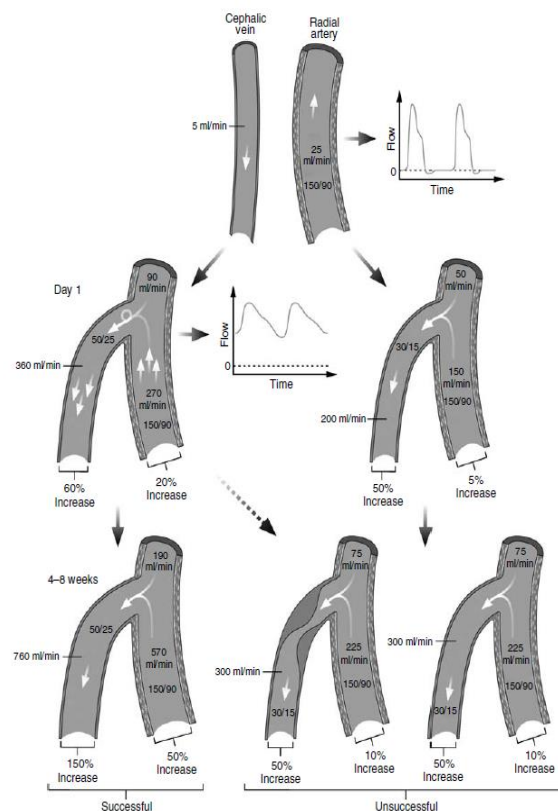


Fig. 4. Fisiopatología de la maduración de la FAV. Proceso de remodelación y maduración de la FAVRC

1.4.2 Cuidados para la maduración del acceso vascular

Los cuidados de la FAV, tanto la FAV nativa como la FAV protésica, incluyen todas las actuaciones realizadas por el equipo multidisciplinar y el propio paciente, que tienen como principal objetivo conseguir el desarrollo óptimo y el mantenimiento adecuado del acceso vascular. Los cuidados han de comenzar en el período postquirúrgico inmediato, continuar durante el período de maduración y durante todo el tiempo de utilización de la FAV (106,107).

Los cuidados en el período posquirúrgico inmediato consisten en prevenir y diagnosticar de forma precoz las complicaciones asociadas a la creación de la FAV, entre las que se encuentran la hemorragia, el seroma, la infección, la isquemia distal, la neuropatía y la trombosis. Estos cuidados consisten en (108):

- Monitorización de constantes vitales con la intención de mantener una correcta estabilidad hemodinámica y evitar riesgo de trombosis.
- Exploración física adecuada de la FAV que asegure la existencia de soplo o frémito de la misma.
- Control del apósito para detectar posibles signos de hemorragia.
- Mantener elevada la extremidad de la FAV para favorecer la circulación de retorno y evitar la aparición de edema.
- Examinar la extremidad de la FAV y el estado circulatorio del paciente para descartar signos de isquemia.

Los cuidados en el período de maduración son de vital importancia. Una maduración insuficiente de la FAV nativa puede aumentar la incidencia de las complicaciones relacionadas con su punción (hematomas, trombosis) y reducir su supervivencia (109). Además, una FAV nativa inmadura en el momento de la primera punción puede obligar a implantar un CVC en el paciente incidente para iniciar el programa de HD o bien retrasar la retirada de éste en el

paciente prevalente. Por tanto, es importante establecer estrategias que favorezcan el proceso de maduración para que la FAV nativa sea puncionable en el momento oportuno (110–112).

1.4.3 Criterios de maduración del acceso vascular

Una FAV se considera madura cuando la vena (en caso de FAV nativa) o la prótesis (en caso de FAV protésica) adquieren las características morfológicas y hemodinámicas necesarias para permitir su canulación y uso para la HD.

El tiempo de maduración es variable para los diferentes pacientes, por sus comorbilidades asociadas, pero en términos generales es de alrededor de 3-4 semanas para las fístulas y de 2-4 semanas para los injertos (13), si bien, únicamente debe puncionarse cuando la FAV ha alcanzado un nivel óptimo de maduración (113,114). Para ello, las últimas guías, tanto las KDOQI (32) como la Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis (33) recomiendan efectuar una exploración física completa de la FAV dentro de las primeras 2 semanas tras la intervención y posteriormente a las 4-6 semanas de su creación para valorar su grado de maduración y detectar cualquier patología intercurrente antes de la primera punción.

Clásicamente, se han establecido unos criterios clínicos y ecográficos para determinar la maduración (33):

-Maduración clínica: vena fácilmente palpable, con un segmento superficial rectilíneo, con una longitud de más de 10 cm, un diámetro suficiente y un buen thrill palpable.

-Maduración ecográfica: diámetro de vena de drenaje \geq 5-6 mm, distancia de la vena de la piel \leq 6 mm y flujo sanguíneo humeral \geq 500 ml / min.

1.5 Estrategias de maduración del acceso vascular

1.5.1 Ejercicio físico isométrico

Bases fisiopatológicas del ejercicio

Tras la realización de la FAV se evidencia un aumento significativo del flujo sanguíneo laminar, lo que favorece el aumento de los niveles de óxido nítrico (ON) y prostaciclina dando lugar a la vasodilatación, inhibición de la proliferación y migración de las células musculares lisas así como de la agregación plaquetar (115–117). La liberación de peroxinitrito, activador importante de las metaloproteinasas (MMP), en combinación con el NO, permiten la adaptación estructural a largo plazo al flujo sanguíneo alterado y parecen desempeñar un papel importante en el remodelado vascular (118,119). La respuesta adaptativa a ello sobre la pared del vaso altera la geometría parietal, cuyo efecto inicial sobre la estructura de la pared arterial se traduce en una fragmentación y pérdida de la lámina elástica interna aumentando su distensibilidad y por generando una hiperplasia íntima (120).

El ejercicio provoca un estímulo para favorecer el remodelado vascular, evidente por un aumento de la capilaridad dentro del músculo activo y un agrandamiento de los vasos que aumentan la capacidad de flujo al músculo (117,121).

Evidencia científica

Entre las estrategias descritas para mejorar la maduración y supervivencia del AV, las guías de práctica clínica actuales sugieren realizar ejercicios isométricos manuales antes y después de la creación de la FAV (32,33).

A pesar de que existen pocos estudios al respecto, el ejercicio isométrico, antes y después puede favorecer el proceso de maduración de la FAV nativa.

En relación al ejercicio previamente a la cirugía sólo se han descrito tres estudios de diseño observacional y con la participación de pocos pacientes en los cuales se objetivó un aumento del diámetro de la vena cefálica distal y proximal (115,122,123).

En cuanto al ejercicio físico posteriormente a la cirugía, se han descrito algunos estudios observacionales con ciertas limitaciones, donde mostraron el efecto que la realización de diferentes pautas de ejercicios físicos, fundamentalmente isométricos y en períodos cortos de tiempo, tenían sobre la FAV nativa. Estos ejercicios conllevaban a diversos cambios morfológicos y hemodinámicos estimados mediante ecografía de la FAV (incremento del grosor y diámetro de la vena de salida, incremento del flujo de la arteria humeral); si bien no valoraba directamente el impacto sobre la maduración de la FAV (115,122,124–126).

Únicamente se han descrito dos estudios controlados randomizados que han evaluado directamente el efecto del ejercicio físico postoperatorio sobre la maduración de la FAV (127,128) donde se observa una maduración clínica significativamente superior en el grupo de ejercicio sin encontrar diferencias en los criterios de maduración por ED (127,128). No obstante, la evidencia disponible hasta la actualidad sobre el papel del ejercicio físico postoperatorio para mejorar la maduración o la supervivencia de la FAV nativa, todavía es limitada.

1.5.2 Otras estrategias de maduración del acceso vascular

La valoración de la fuerza muscular con Hand-Grip ha sido considerada como un factor predictor relacionado con la salud y mortalidad en personas de edad media y edad avanzada (129–131). El dispositivo Hand-Grip, ampliamente utilizado en ámbitos como la rehabilitación, nutrición o ejercicio físico, es fácil de usar, de bajo coste y capaz de incrementar la musculatura del brazo y del antebrazo mediante movimientos repetitivos de presión (18,19).

Estos movimientos, como ocurre con los ejercicios isométricos tradicionales, conducen a una vasodilatación de los vasos sanguíneos que pueden ayudar a la maduración del AV y por tanto conseguir un buen funcionamiento del mismo con mecanismos fisiopatológicos muy relacionados (117,118).

Tras una revisión exhaustiva de la literatura, hasta nuestro conocimiento, existen pocos estudios publicados hasta la fecha. En la etapa preoperatoria, se han publicado dos estudios que han mostrado, mediante un programa de entrenamiento con Hand-Grip, un aumento del tamaño de los vasos sanguíneos del brazo en pacientes con ERC estadios 3, 4 y 5 (132,133) . El grupo de Kong et al. (126) mostró en 18 pacientes en HD con FAV nativa en EESS que el ejercicio de presión de la mano con dispositivo Hand-Grip fue mas efectivo que el ejercicio de presión con pelota de goma para aumentar la fuerza en algunos grupos musculares de la mano a las 4 semanas de ejercicio. Además, los autores concluyeron que ambos ejercicios tenían efectos beneficiosos sobre la maduración del AV, ante la mejoría de los parámetros morfológicos, hemodinámicos y ecográficos observados en ambos grupos.

Dentro de la literatura, se han desarrollado otras estrategias menores que han sido publicadas, como la electroestimulación neuromuscular (EENM) o ejercicios de maduración asistida con compresión de torniquete (89,115,128), aunque se requieren mas estudios que soporten dichos resultados.

El uso del dispositivo Hand-Grip puede resultar de gran interés para mejorar el proceso de maduración de los pacientes con ERC que requieren una FAV nativa.

2. Hipótesis



De acuerdo con la práctica clínica habitual y la revisión bibliográfica efectuada merece la pena tener en cuenta una serie de consideraciones previas:

- 1.- La ERC presenta un incremento progresivo en su incidencia, principalmente asociado al envejecimiento de la población y las comorbilidades asociadas.
- 2.- La HD es el tratamiento sustitutivo renal predominante en la actualidad. La FAVRC es el acceso vascular de primera elección por su menor riesgo de complicaciones asociadas y preservación del capital venoso.
- 3.- La maduración del acceso vascular es de gran importancia para la realización de una adecuada sesión de HD.
- 4.- La ecografía doppler del AV puede ser de utilidad en la monitorización del proceso de maduración del AV.
- 5.- La realización de ejercicio físico isométrico postoperatorio sobre el AV mejora la maduración del mismo, a pesar de que la evidencia disponible hasta la actualidad es limitada.
- 6.- Algunos pacientes ancianos en HD son incapaces de llevar a cabo estos programas de ejercicio físico de forma satisfactoria provocando un elevado número de abandonos.
- 7.- Resulta de gran interés el uso del dispositivo Hand-Grip para la maduración del AV, pudiendo ser una alternativa eficaz a la realización de ejercicio físico isométrico.



Consiguientemente se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

La implementación de un programa estandarizado de ejercicios físicos isométricos así como la realización de un programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip en pacientes con enfermedad renal crónica estadio 5-5D candidatos a un acceso vascular nativo es capaz de mejorar el proceso de maduración del AV estimado por criterios ecográficos y por exploración física.



3. Objetivos



Objetivo principal:

El objetivo general de esta tesis doctoral es mejorar la maduración del acceso vascular nativo mediante la implementación de un programa estandarizado de ejercicios físicos isométricos y de un programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip en las extremidades superiores de los pacientes con ERC estadio 5-5D candidatos a la realización de un acceso vascular nativo.

Objetivos secundarios:

1. Analizar el efecto de un programa de ejercicios físicos isométricos en las extremidades superiores sobre maduración del acceso vascular en la población anciana con ERC estadios 5-5D candidata a la realización de un acceso vascular nativo.
2. Evaluar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip en las extremidades superiores sobre maduración del acceso vascular en la población anciana con ERC estadios 5-5D candidata a la realización de un acceso vascular nativo.
3. Describir las principales complicaciones relacionadas con el AV tras la realización de un programa de ejercicios físicos isométricos y un programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip.



4. Metodología



Para la realización de esta tesis doctoral, se inició una línea de investigación centrada en el proceso de maduración del AV para HD. Dicha línea de investigación fue iniciada en Noviembre del 2015 y se realizaron dos estudios de investigación, ambos aprobados por el Comité Ético de nuestra institución (ITG-EFAVI-2015-01) de acuerdo con las normas de la Declaración de Helsinki.

Los trabajos de investigación que se han realizado son:

1. La implementación de un protocolo estandarizado de ejercicios físicos isométricos en las EESS en paciente con ERC estadio 5-5D candidatos a una FAV nativa para HD.
2. La realización de un programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip en las EESS de los pacientes con ERC estadio 5-5D candidatos a una FAV nativa para HD.

En ambos estudios se han establecido los mismos criterios de inclusión y exclusión y se han recogido las mismas principales variables sociodemográficas, bioquímicas y nutricionales, los parámetros de fuerza muscular, de la exploración física y ecográficos, datos de la maduración clínica y ecográfica así como datos de cumplimiento y adherencia a los programas de intervención y las complicaciones asociadas derivadas de AV.

4.1.- Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión establecidos fueron los siguientes:

Criterios de inclusión:

- Otorgar el consentimiento informado.
- Tener una edad igual o superior a 18 años.

-
- Presentar una ERC estadio 5 o 5D candidatos a una FAV nativa para HD en EEES
 - Presentar una capacidad de comprensión preservada.

Criterios de exclusión:

- Ser portador de FAV nativa previa en la misma extremidad superior.
- No ser candidatos a una FAV nativa por comorbilidad o vasculopatía.
- Haber sufrido un evento cardiovascular en los 3 meses previos.
- Presentar patología osteoarticular limitante.
- No otorgar el consentimiento informado por escrito.

4.2.- Datos demográficos, bioquímicos y nutricionales

Las variables demográficas incluían la edad, el sexo, la etiología renal, el índice de comorbilidad de Charlson y los factores de riesgo cardiovasculares tradicionales (hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipemia y cardiopatía isquémica).

Del mismo modo se recogieron los principales parámetros nutricionales (albúmina, prealbúmina, colesterol total, colesterol-HDL, colesterol LDL y triglicéridos) y bioquímicos (glucosa, creatinina, potasio, calcio, fósforo, hormona paratiroidea intacta, hemoglobina y ferritina).

4.3.- Fuerza muscular de las extremidades superiores

Para la valoración de la fuerza muscular se utilizó un dinamómetro mecánico manual homologado tipo Jamar (Hand-Grip dynamometer). Se estimó la fuerza muscular en

Kilogramos (Kg) en la ES intervenida con el paciente sentado, el codo en flexión a 90° y el hombro en posición neutra. Los pacientes, mediante la compresión del dinamómetro con el brazo de la FAV, ejercían la mayor fuerza posible sin apoyar el brazo en el cuerpo (134–136). Se obtuvo la media de tres mediciones consecutivas con un intervalo de 15 segundos de descanso entre los intentos y fueron realizados por el mismo profesional para evitar posibles sesgos de medición.



Figura 5. Dinamómetro mecánico manual homologado tipo Jamar.

La valoración de la fuerza muscular de la extremidad de la FAV se realizó al inicio del estudio, a las 4 y a las 8 semanas post intervención.

4.4.- Exploración física de las extremidades superiores

A todos los pacientes se les realizó una EF reglada preoperatoria. La EF consistía en la valoración visual en ambas EESS de limitaciones articulares, déficits motores o sensitivos,

grosor de la piel y grasa subcutánea, presencia de cicatrices o edema de la extremidad, así como existencia de circulación colateral en brazo u hombro. Se valoraba la presencia y calidad de pulsos arteriales mediante palpación digital, incluyendo la maniobra o test de Allen; la toma de presiones arteriales en ambas extremidades superiores y la exploración del sistema venoso mediante la palpación venosa con y sin torniquete.



Figura 6. Test de Allen. Maniobra para detectar posibles problemas de isquemia arterial o defectos en la circulación de la mano.

4.5.- Parámetros ecográficos de las extremidades superiores

A todos los pacientes se les realizó un mapeo ecográfico reglado preoperatorio. El examen ecográfico se realizó por el equipo habitual de la Unidad Funcional del Acceso Vascular, siguiendo el mismo protocolo de trabajo en todos los casos. Todas las mediciones ecográficas fueron realizadas utilizando el mismo ecógrafo: Sonoline G40 Ultrasound system (Siemens Medical Solutions, USA, Inc. Mountain View). Se utilizó un transductor lineal con frecuencia de 5-10MHz, con ajuste y dirección de la onda pulsada Doppler a un ángulo de 60° con respecto a la dirección del vaso y tamaño de la pared el mismo. El cálculo de las velocidades medias se realizó de forma automática. Las mediciones del diámetro de la luz de los vasos se realizaron manualmente en modo B, con el transductor en perpendicular a la pared del vaso

en un plano transversal. La medición del flujo se realizó a nivel de la arteria humeral de forma automática tras introducir el diámetro del vaso y la media de la velocidad media.

Los datos ecográficos analizados en ambas EESS fueron los diámetros (mm) de la arterial radial (AR), arterial humeral (AH), vena cefálica antebrazo (VCA) y del brazo (VCB), diámetro y profundidad de vena basílica de brazo (VBB), así como la permeabilidad y continuidad de todos los vasos. Del mismo modo se obtuvieron las velocidades (cm/s) pico sistólico (VPS) de AR y AH e índice de resistencia (IR) de la AR tras el test de hiperemia reactiva, así como el flujo de la AH. Según las guías clínicas del Acceso Vascular de la Sociedad Española de Nefrología actuales, se seleccionó de forma preferente el brazo no dominante y el territorio distal para la confección de la FAV (33).

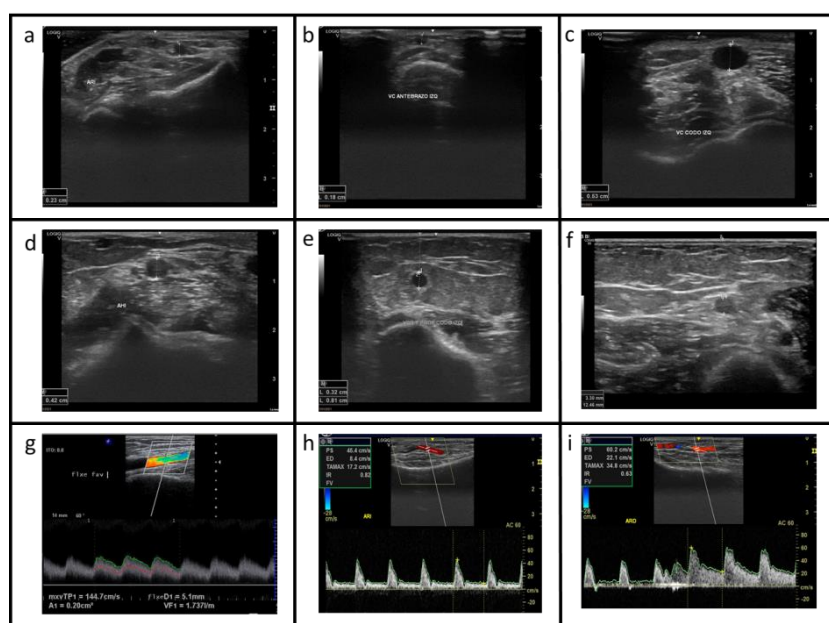


Figura 7. Parámetros ecográficos del mapeo del acceso vascular a; diámetro de la AR, b; diámetro VC antebrazo, c; diámetro VC codo, d; diámetro de AH, e; diámetro VB, f; profundidad de VB, g; flujo FAV, h; VPS de AR, i; IR de AR.

Todas las FAV fueron realizadas por el mismo equipo de Cirugía Vascular de nuestra institución con amplia experiencia en dicha área, tras una exhaustiva valoración clínica y ecográfica. Las medidas ecográficas consideradas aptas para FAV distales consistían en un

diámetro de la vena cefálica del antebrazo $> 2\text{mm}$ o $> 2,5\text{ mm}$ tras torniquete, diámetro de la arteria radial (AR) $> 1,5\text{mm}$ en muñeca, velocidad pico sistólico (VPS) $> 50\text{cm/s}$ y test de hiperemia reactiva con índice de resistencia (IR) $< 0,7$. Así mismo, se consideraba aptas para FAV proximales un diámetro de la arterial humeral (AH) $> 2,5\text{mm}$, VPS $> 50\text{cm/s}$, diámetro de la vena cefálica (VC) del codo $> 2,5\text{mm}$ y diámetro de la vena basilica (VB) $> 2,5\text{mm}$ (33).

Todas las mediciones, tanto preoperatorias como a las 4 y a las 8 semanas, se realizaron en los mismos sitios (la AH a 3 cm de la bifurcación de la misma y las venas a 3 cm proximal a la anastomosis arteriovenosa). El flujo de la FAV fue estimado mediante el flujo de la AH como el método con mejor correlación (137,138).

4.6.- Criterios de maduración del acceso vascular

Se establecieron como criterios de maduración clínica la presencia de thrill palpable, vena visible y rectilínea de $> 10\text{ cm}$. Los criterios de maduración ecográfica fueron la profundidad inferior a $0,6\text{ cm}$ de la piel, la vena de salida con un diámetro de $> 6\text{ mm}$ y un flujo de arteria humeral $> 600\text{ml/min}$ (33).

Tanto la maduración clínica como ecográfica fue valorada a las 4 y 8 semanas mediante una exploración física y ecográfica reglada.

4.7.- Asignación de grupos de estudio

A los 7 días tras la intervención, todos los pacientes incluidos fueron randomizados mediante aleatorización informática centralizada a dos grupos de estudio, al grupo control (CO) o al grupo intervención. Posteriormente, los pacientes del grupo intervención fueron distribuidos al grupo ejercicio físico (EF) o grupo Hand-Grip (HG) de acuerdo con el estudio

realizado. El observador permanecía ciego respecto a los grupos de estudio durante toda la línea de trabajo.

4.8.- Estrategias de maduración del acceso vascular

4.8.1 Programa de ejercicio físico isométrico

Entre noviembre del 2015 y diciembre del 2017 se realizó un estudio prospectivo, randomizado y unicéntrico de 24 meses de duración, para valorar el efecto de un programa de ejercicios físicos isométricos postoperatorios sobre la maduración de la FAV nativa en nuestros pacientes con ERC estadios 5-5D.

El grupo EF realizó un programa protocolizado de ejercicios físicos isométricos a partir del séptimo día postoperatorio, consensuados con el departamento de Rehabilitación, de carácter progresivo, y específicos para cada territorio (distal y proximal), así como para cada período de estudio (primer y segundo período).

El grupo control recibió los consejos habituales relacionados con la FAV. Éstos consistían en la realización de ejercicios isométricos de la extremidad intervenida de forma ambulatoria (presión repetida de pelotas de goma, levantar objetos pesados entre 1-2 kg) tras una breve explicación verbal por parte de enfermería de Nefrología.

Ejercicios del territorio distal (Figura 8)

Durante el primer período de estudio se realizaban 5 ejercicios isométricos con la extremidad de la FAV durante 4 semanas (anexo 1). Los ejercicios consistían en apretar una pelota de goma, hacer presión interpalmar, pinza digital de presión, aducción – abducción y pronosupinación del puño. La primera semana se realizaba 1

series de 10 repeticiones de cada ejercicio, la segunda semana se realizaba 1 serie de 15 repeticiones, la tercera semana se ampliaba el número de series a 2 series de 10 repeticiones y finalmente la cuarta semana se completaba con 2 series de 15 repeticiones de cada ejercicio. Dichos ejercicios se realizaban cada día de la semana.

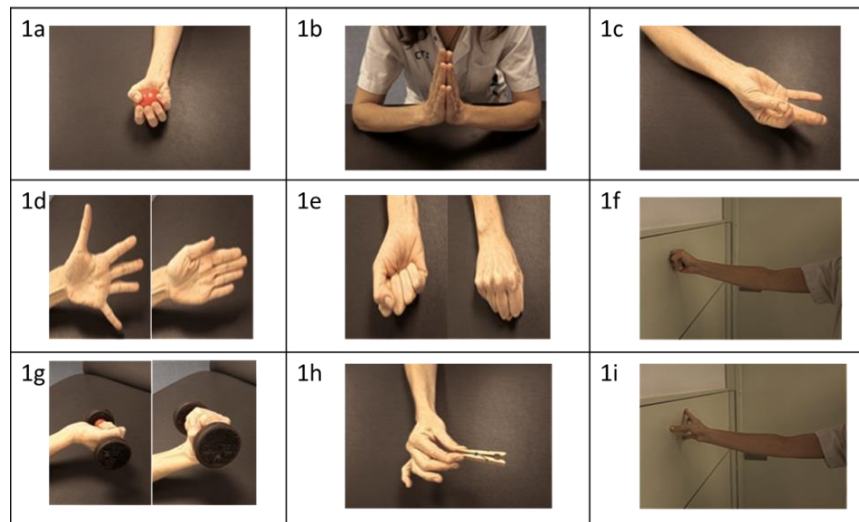


Figura 8. Ejercicios isométricos del territorio distal. 1a; Presión con pelota de goma, 1b; Presión interpalmar, 1c; Pinza digital de presión, 1d; Aducción- abducción, 1e; Prono supinación de puño, 1f; Presión con puño, 1g; Flexo extensión con pesa de 1Kg, 1h; Pinza de presión, 1i; Presión interdigital

En el segundo período de estudio se repetían los ejercicios pautados en el primer período y se añadían los siguientes: presión con el puño, flexo extensión con peso de 1Kilogramo (Kg), pinza de presión y presión interdigital. Se les facilitó una tabla de equivalencias para adecuar los ejercicios a la situación habitual de los pacientes en su domicilio (1 kilogramo de arroz, lentejas etc) tal y como se muestra en el anexo 1. Se realizaban el mismo número de series y repeticiones de cada uno de los ejercicios pautados.

Ejercicios del territorio proximal (Figura 9)

Durante el primer período se realizaban 4 tipos de ejercicios isométricos que consistían en realizar la pinza digital proximal, presión digital distal, pronosupinación del puño con 1 kilogramo (Kg) y levantamiento de peso de 1Kg (anexo 2).

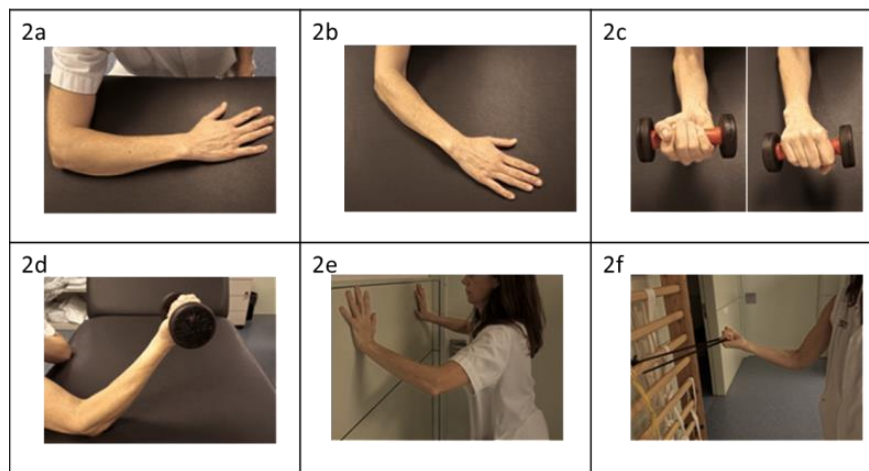


Figura 9. Ejercicios isométricos del territorio proximal Presión digital proximal, 2b; Presión digital distal, 2c; Prono supinación con 1 Kg, 2d; Levantamiento de pesa con 1 Kg, 2e; Presión digital sobre pared, 2f; Fuerza con banda elástica.

Los ejercicios del segundo período pautados, consistían en repetir nuevamente los del primer período y completarlos con los siguientes ejercicios: presión digital sobre la pared y estiramiento de cinta. De la misma forma que en el territorio distal, se realizaban el mismo número de series y repeticiones.

4.8.2 Programa de entrenamiento de fuerza con Hand-Grip

Entre septiembre del 2017 y diciembre del 2018 se realizó un estudio prospectivo, randomizado y unicéntrico de 15 meses de duración, para valorar la eficacia de un programa de entrenamiento de fuerza postoperatorio con dispositivo

Hand-Grip sobre la maduración de la FAV nativa en nuestros pacientes con ERC estadios 5-5D.

El grupo HG realizó un programa de entrenamiento a partir del séptimo día postoperatorio acordado con el Departamento de Rehabilitación utilizando un dispositivo de entrenamiento de fuerza de agarre manual y con fuerza ajustable de 10 a 50 kg (IDEAPRO®, China). El uso de este dispositivo de agarre consiste en realizar movimientos repetitivos de presión de la mano durante 2-3 segundos con la mayor fuerza de agarre posible.

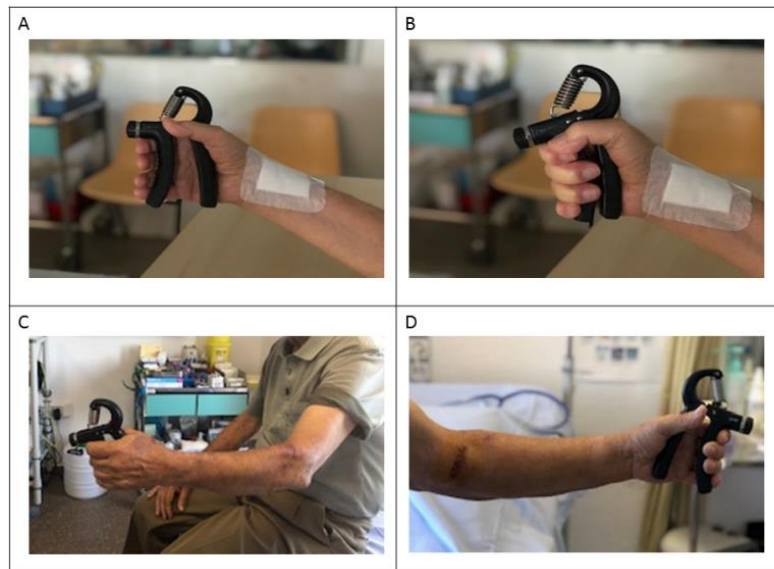


Figura 10. Programa de entrenamiento con dispositivo Hand-Grip. Movimientos repetitivos de presión de mano durante 2-3 segundos con la mayor fuerza posible. A-B: Entrenamiento con dispositivo hand grip en territorio distal de la FAV durante el primer período. C-D: Entrenamiento con dispositivo hand grip en territorio proximal de la FAV durante el segundo período.

El grupo control recibió los consejos habituales relacionados con la FAV. Éstos consistían en la realización de ejercicios isométricos de la extremidad intervenida de forma ambulatoria (presión repetida de pelotas de goma, levantar objetos pesados entre 1-2 kg) tras una breve explicación verbal por parte de enfermería de Nefrología.

El programa de entrenamiento consistía en un número específico de series y repeticiones de carácter progresivo ajustado al valor inicial de la fuerza muscular de cada paciente (Figura 10). El programa se dividió en dos períodos: El primer período de estudio de 4 semanas de entrenamiento, se realizó a diario con la siguiente sucesión de repeticiones: 5 sets de 20 repeticiones en la primera semana; 5 sets de 25 repeticiones en la segunda semana; 5 sets de 30 repeticiones en la tercera semana y finalmente 5 sets de 35 repeticiones en la cuarta semana. Estas series se realizaban diariamente y se repetían dos veces por la mañana y otras dos veces por la tarde (anexo 3).

El segundo período de estudio lo constituyeron las próximas cuatro semanas. El número de sets y repeticiones eran idénticos al primer período. Sin embargo, la fuerza del dispositivo Hand-Grip se ajustaba incrementándola un 50% en relación al valor de la fuerza muscular inicial de cada paciente.

Todo el material necesario para la realización de los ejercicios de ambos estudios fue suministrada por nuestra Unidad. Al grupo intervención de cada estudio, se les hacía entrega de una hoja de monitorización en la que constaba el tipo de ejercicio junto a la imagen correspondiente y una tabla de registro para cumplimentar la actividad, así como una breve explicación de cada ejercicio.

4.9.- Cumplimiento y adherencia a las estrategias de maduración del acceso vascular

En ambos estudios se analizaron el cumplimiento y la adherencia a los programas de entrenamiento de cada intervención.

El grado de cumplimiento y la adherencia al protocolo de ejercicios se realizó mediante el registro correcto en la hoja de monitorización entregada (anexos) y se analizó exclusivamente

en el grupo intervención (grupos EF y HG). Se consideraron cumplidores (si o no) a aquellos que entregaban la hoja de monitorización ambulatoria en las visitas de control.

El nivel de adherencia se cuantificó en función de la cumplimentación de las casillas de la hoja de monitorización, tanto en el primer como en el segundo período de estudio. De un total de 28 casillas por período de estudio, se establecieron los siguientes rangos: bajo (1-7 casillas), leve (8-14 casillas), moderado (15-21 casillas) o alto (22-28 casillas).

4.10.- Complicaciones asociadas al acceso vascular

Durante ambos estudios se recogieron las siguientes complicaciones de la FAV:

- **Estenosis significativa:** Definida como una disminución del calibre de la luz del vaso (arteria o vena) mayor del 50% del diámetro del vaso a ese nivel demostrada mediante ecografía y/o angiografía, y que se acompaña de las alteraciones clínicas y/o hemodinámicas que se observan mediante los métodos de monitorización y/o vigilancia del AV (Figura 11).
- **Trombosis:** Definida como la formación de un coágulo dentro de la luz del vaso ocupando toda la luz del mismo. Su diagnóstico se realiza cuando en la exploración física se constata la ausencia de soplo o frémito, mediante auscultación y palpación, siendo deseable su confirmación mediante una prueba de imagen.
- **Hematoma:** Definida como la formación de una equimosis superficial o profunda provocada por la extravasación de las agujas tras la canalización de la FAV.
- **Pseudoaneurisma:** Definida como una dilatación expansible extravascular en la pared de la FAV nativa o FAV protésica, de carácter pulsátil, objetivada mediante exploración física y confirmada por ecografía.

- **Síndrome del robo arterial:** Definida como cualquier 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 y confirmada mediante exploración física y ecografía.

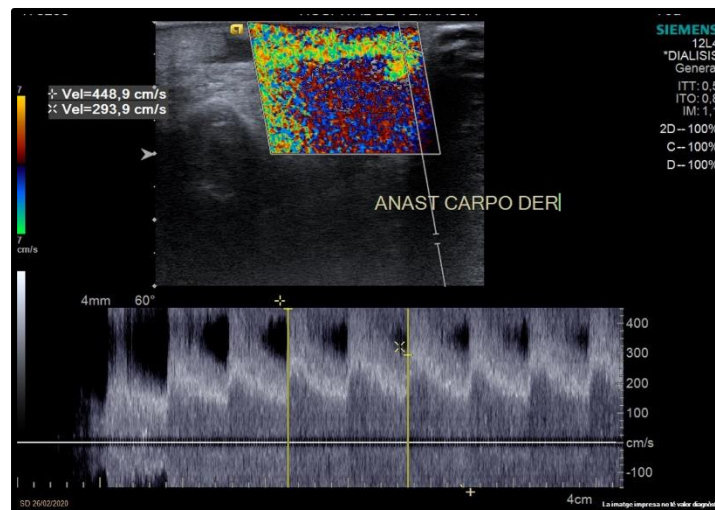


Figura 11. Estenosis significativa de una FAVRC en extremidad derecha. Fenómeno de Aliasing: Imagen ecográfica de alteración hemodinámica de la FAV que confirma la presencia de estenosis significativa.

4.11.- Estrategias de maduración del acceso vascular en la población anciana

Con al intención de responder a algunos de los objetivos secundarios de esta tesis doctoral y de acuerdo a las características clínicas y demográficas de la población actual en programa de HD, dentro de esta línea de investigación, se realizó un subanálisis en pacientes de edad avanzada por encima de 75 años.

Los criterios de inclusión y exclusión establecidos fueron los mismos descritos anteriormente incluyendo una edad por encima de 75 años dentro de los criterios de inclusión.

La metodología de trabajo aplicada fue la misma de forma estrictamente rigurosa, analizándose las mismas variables descritas previamente. En este grupo de pacientes se

implementaron las dos intervenciones desarrolladas en la metodología previamente descrita como estrategias de maduración del acceso vascular: el programa protocolizado de ejercicios físicos isométricos en EESS y el programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip en EESS.

4.12.- Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics versión 24.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, EE.UU.). Las variables cuantitativas se expresaron mediante la media y la desviación estándar. Las variables cualitativas, mediante porcentaje. La comparación de datos cuantitativos del mismo grupo al finalizar el estudio se realizó mediante el test T Student para datos apareados. Los datos cuantitativos entre grupos fueron analizados usando el test T Student para datos independientes. Las variables cualitativas fueron comparadas usando el test X^2 de Pearson. Se consideró significación estadística aquellas relaciones con un valor de $p \leq 0,05$.

Para variables relacionadas no paramétricas, la comparación de los datos cuantitativos del mismo grupo se realizó mediante el test de Wilcoxon y la comparación de los datos cualitativos mediante el test de McNmar. La comparación de las principales variables cuantitativas entre los grupos de estudio se realizó mediante el test estadístico no paramétrico U de Mann Whitney. Se consideró significación estadística aquellas relaciones con un valor de $p \leq 0,05$.

5. Resultados



En este apartado se describen los resultados de los estudios realizados en la población con ERC estadio 5-5D y en la población anciana.

5.1 Programa de ejercicios físicos isométricos

Entre noviembre del 2015 y diciembre del 2017 se realizó un estudio prospectivo, randomizado y unicéntrico de 24 meses de duración, para valorar el efecto de un programa de ejercicios físicos isométricos postoperatorios sobre la maduración de la FAV nativa en nuestros pacientes con ERC estadios 5-5D.

Durante el período de estudio con ejercicios físicos isométricos, se realizaron 81 AV en nuestra institución. Se excluyeron 14 prótesis vasculares. 4 pacientes no entregaron el consentimiento informado. 3 pacientes se perdieron durante el seguimiento (uno del grupo CO y dos del grupo EF). Finalmente 60 pacientes fueron analizados, 30 al grupo control (CO) y otros 30 al grupo de ejercicio físico (EF). Figura 12.

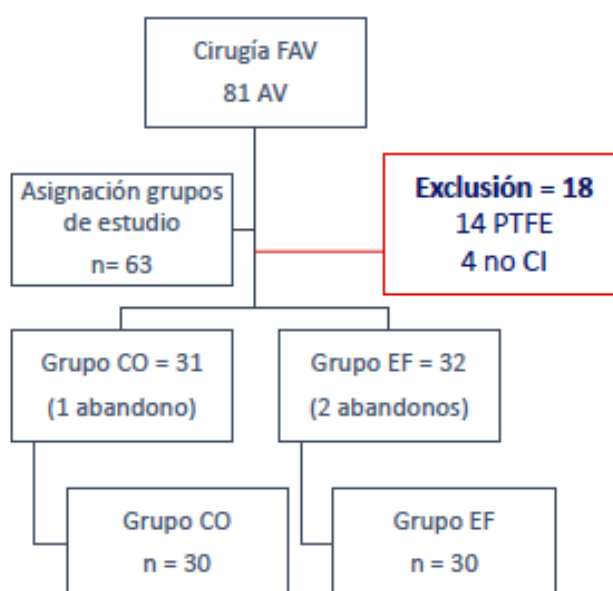


Figura 12. Diagrama de flujo de los pacientes incluidos en el estudio del programa de ejercicios físicos isométricos.

Las principales etiologías de la insuficiencia renal crónica fueron la hipertensión arterial (35%), diabetes mellitus (23.3%), glomerulopatía (6.7%), nefropatía tubulointestinal (10%), poliquistosis hepatorrenal (5%), no filiada (13.3%) y otros motivos (6.7%) (figura 13).

Los principales factores sociodemográficos y las variables ecográficas preoperatorias más importantes de los pacientes incluidos en el estudio se muestran en la tabla 5.

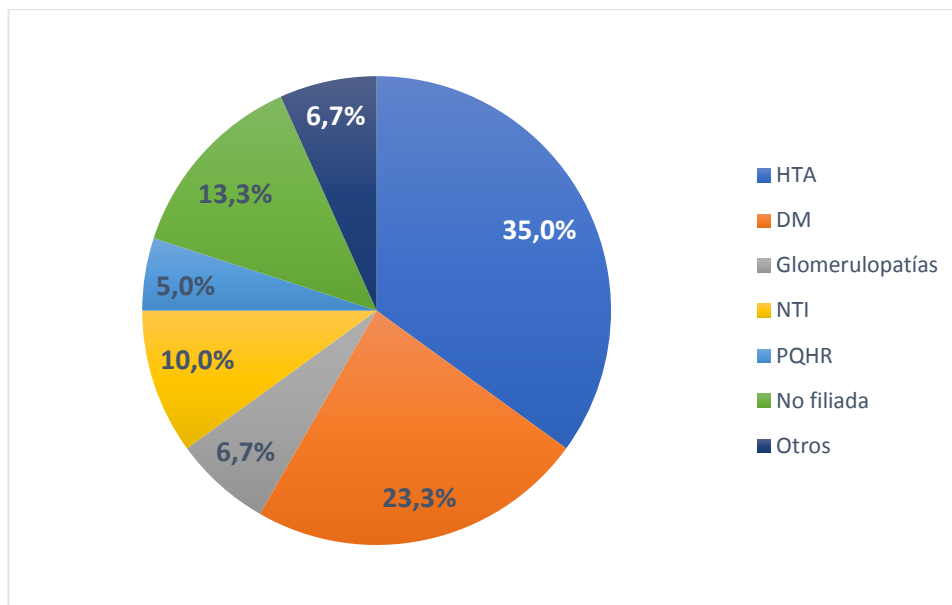


Figura 13. Distribución de los pacientes según la etiología de la ERC: HTA; hipertensión arterial, DM; diabetes mellitus, NTI; nefropatía tubulointerstitial, PQHR; poliquistosis hepatorrenal

El 71.3% fueron hombres con una edad media de 68.6 ± 13.0 años y con un índice de Charlson medio de 6.9 ± 2.4 . Los principales factores de riesgo cardiovascular establecidos fueron hipertensión arterial (91.7%) y dislipemia (65%), diabetes mellitus (46.7%), tabaquismo (31.7%) y cardiopatía isquémica (26.7%). El AV más frecuente realizado fue la fístula radiocefálica (60%) con localización izquierda (80%). No se encontraron diferencias

significativas en los factores sociodemográficos ni en las variables preoperatorias estudiadas entre los grupos de estudio.

	Global	EF	CO	p
Edad, años	68.6 ± 13.0	67.3 ± 14.2	69.9 ± 11.9	0.199
Sexo, % hombres	71.3 (42)	66.7(19)	73.3(22)	0.500
Índice Charlson	6.9 ± 2.4	6.9 ± 2.8	7.3 ± 3.1	0.124
HTA, %	91.7(55)	86.7(26)	96.7(29)	0.177
DM, %	46.7(28)	46.7(14)	46.7(14)	0.602
Dislipemia, %	65(39)	66.7(20)	63.3(19)	0.500
Fumadores, %	31.7(19)	42.1(8)	57.9(11)	0.290
Cardiopatía isquémica, %	26.7(16)	16.7(5)	36.7(11)	0.072
Fuerza muscular ES, Kg	22.2	20.7	23.7	0.427
Localización FAV				
Distal, %	60(36)	53.3(16)	66.7(20)	0.443
Izquierda, %	80(48)	80(24)	80(24)	0.443
Variables preoperatorias				
Diámetro VC antebrazo, mm	2.6 ± 0.7	2.7 ± 0.5	2.5 ± 0.7	0.218
Diámetro VC brazo, mm	3.3 ± 0.9	3.5 ± 0.6	3.2 ± 1.2	0.119
Diámetro VB brazo, mm	3.9 ± 1.2	4.1 ± 1.1	3.8 ± 1.3	0.259
Flujo de AH, mL/min	137.7 ± 35.9	142.8 ± 35.2	134.6 ± 36.6	0.870

Tabla 5. Parámetros sociodemográficos y variables preoperatorias de forma global y por grupos ejercicio y grupo control. EF (n=30) y CO (n=30). Basal. EF: grupo ejercicio físico. CO: grupo control. HTA: hipertensión. DM: diabetes mellitus. ES: extremidades superiores. FAV: fistula arteriovenosa. VC: vena cefálica. VB: vena basílica. Significación estadística: *p<0.05. Los resultados están expresados mediante media ± desviación estándar o porcentaje.

La tabla 6 muestra los principales datos bioquímicos, parámetros nutricionales y hematológicos analizados. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de estudio.

La tabla 7 muestra los datos relativos a la fuerza muscular y las variables ecográficas al inicio y al final del estudio. En referencia a los datos relativos a la fuerza muscular, únicamente se observó un incremento en el grupo de EF al final del estudio (20.7 ± 8.1 vs 25.1 ± 10.3 Kg, $p=0.001$).

	EF			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Parámetros bioquímicos						
Glucosa (mg/dl)	146.2 ± 51.2	150.9 ± 72.4	0.445	152.2 ± 32.1	154 ± 33.1	0.821
Creatinina (mg/dl)	8.1 ± 2.3	8.4 ± 3.1	0.934	7.8 ± 2.3	7.8 ± 2.6	0.985
K (mEq/L)	5.3 ± 0.7	5.6 ± 0.8	0.726	5.3 ± 0.9	5.2 ± 1.1	0.964
Ca (mg/dl)	8.8 ± 0.8	8.9 ± 0.3	0.932	8.8 ± 0.6	8.9 ± 0.8	0.873
P (mg/dl)	4.4 ± 1.2	4.3 ± 1.1	0.876	4.5 ± 1.5	4.6 ± 1.3	0.979
i-PTH (pg/ml)	189.2 ± 156.2	170.1 ± 132.6	0.872	278.9 ± 114	253.7 ± 137.9	0.863
Parámetros Nutricionales						
Albúmina (g/dL)	3.6 ± 0.3	3.8 ± 0.3	0.732	3.8 ± 0.3	3.9 ± 0.4	0.813
Pre Albúmina (mg/dl)	35.3 ± 11.2	35.4 ± 8.8	0.789	33.6 ± 11.1	33.1 ± 9.5	0.850
Colest total (mg/dl)	140.1 ± 54.2	147.1 ± 57.1	0.346	151.2 ± 32.4	148.9 ± 34.5	0.721
HDL- Colest (mg/dl)	43.6 ± 12.2	41.2 ± 12.9	0.697	42.5 ± 10.4	41.6 ± 41.6	0.623
Triglicéridos (mg/dl)	153.9 ± 83.5	156.6 ± 75.6	0.724	159.3 ± 69.6	154.2 ± 73.4	0.497
LDL- Cholest (mg/dl)	66.7 ± 44.1	73.4 ± 46.8	0.432	69.2 ± 65.6	68.8 ± 30.6	0.626
Datos hemograma						
Hemoglobina (g/dl)	11.7 ± 1.4	11.8 ± 1.4	0.874	11.8 ± 1.4	11.7 ± 1.1	0.926
Ferritina (ng/mL)	434.5 ± 271.1	412 ± 269.4	0.820	396.8 ± 157.1	425.2 ± 213.4	0.769

Tabla 6. Parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos de ambos grupos (ejercicio y control) al inicio y al final del estudio. EF (n=30) y CO (n=30). Basal vs. final del estudio. EF: grupo ejercicio físico. CO: grupo control. K: potasio. Ca: calcio. P: fósforo. iPTH -intacta: hormona paratiroidea. Colest: colesterol. Significación estadística: *p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar.

Las medidas ecográficas postoperatorias presentaron un aumento significativo en el diámetro de la vena de salida (EF 3.3 ± 0.8 vs. 6.5 ± 1.9 mm, p=0.013; CO 2.9 ± 0.6 vs. 6.1 ± 1.4 mm, p=0.004) y flujo de la arteria humeral (EF 142.8 ± 35.2 vs. 1647.3 ± 999.9 ml/min, p=0.001; CO 134.6 ± 36.6 vs. 1270.1 ± 653.7 ml/min, p=0.001) en ambos grupos al final del estudio. No se encontraron diferencias significativas en el análisis entre grupos en relación con las variables ecográficas al final del estudio.

	EF			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Datos de fuerza muscular (Kg)						
Handgrip	20.7 ± 8.1	25.1 ± 10.3	0.001	23.7 ± 9.2	23.9 ± 9.3	0.703
Datos ecográficos						
Diámetro vena salida (mm)	3.3 ± 0.8	6.5 ± 1.9	0.013	2.9 ± 0.6	6.1 ± 1.4	0.004
Flujo arteria humeral (ml/min)	142.8 ± 35.2	1647.3 ± 999.9	0.001	134.6 ± 36.6	1270.1 ± 653.7	0.001

Tabla 7. Fuerza muscular y datos ecográficos al inicio y al final del estudio tras ejercicio físico isométrico. EF (n=30) y CO (n=30). Basal vs. final del estudio. EF: grupo ejercicio físico. CO: grupo control. Significación estadística: *p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar.

La tabla 8 muestra los resultados relativos a la maduración clínica y ecográfica en ambos períodos de estudio. La maduración clínica fue significativamente superior en el grupo EF, tanto a las 4 semanas (CO 33.3% vs EF 70%; $p=0,009$) como a las 8 semanas (CO 33.3% vs EF 76,7%; $p=0,002$). De la misma forma, la maduración ecográfica fue significativamente superior en el grupo de EF tanto a las 4 (CO 40% vs EF 80%; $p=0,003$) como a las 8 semanas (CO 43.3% vs EF 83.3%; $p=0,003$).

	4 semanas			8 semanas		
	EF	CO	Valor p	EF	CO	Valor p
Maduración clínica, % (n)	70 (21)	33.3 (10)	0.009	76.7 (23)	33.3 (10)	0.002
Maduración ecográfica, % (n)	80 (24)	40 (12)	0.003	83.3 (25)	43.3 (13)	0.003
Territorio proximal, % (n)						
Maduración clínica	60 (12)	40 (8)	0.038	58.3 (14)	41.7 (10)	0.020
Maduración ecográfica	64.7 (11)	35.3 (8)	0.023	63.2 (12)	36.8 (7)	0.019
Territorio distal						
Maduración clínica	64.3 (9)	20 (2)	0.040	71.4 (10)	20 (2)	0.018
Maduración ecográfica	85.7 (12)	40 (4)	0.028	92.9 (13)	60 (6)	0.049

Tabla 8. Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre los grupos en ambos períodos de estudio tras ejercicio físico isométrico. EF (n=30) y CO (n=30). A las 4 y 8 semanas. EF: grupo de ejercicio. CO: grupo control. Significación estadística: * $p<0.05$. Los resultados son expresados mediante porcentaje.

Estos resultados significativos en el grupo EF, permanecían tras el análisis para los distintos territorios (distal y proximal) en todos los períodos estudiados.

El grado de cumplimiento de los pacientes del grupo EF a las 4 semanas fue de 70% y a las 8 semanas del 66,7%. La figura 14 muestra los datos de adherencia a las 4 semanas, siendo alta en el 90% de los pacientes y en un 10% baja. La adherencia a las 8 semanas fue alta sólo en un 65% de los casos, moderada en un 10%, leve en un 5% y baja en un 20% de los casos respectivamente.

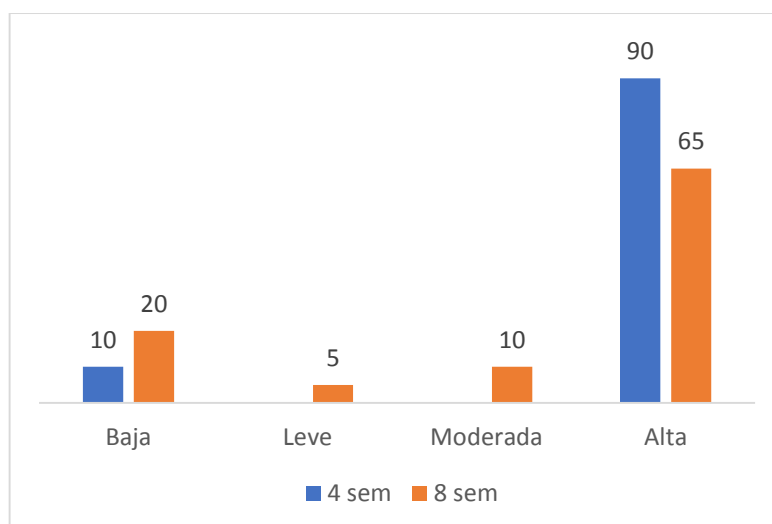


Figura 14. Nivel de adherencia al programa de ejercicio físico de los pacientes del grupo EF a las 4 y a las 8 semanas. De un total de 28 casillas por período de estudio, se establecieron los siguientes rangos: bajo (1-7 casillas), leve (8-14 casillas), moderado (15-21 casillas) o alto (22-28 casillas). Los resultados son expresados mediante porcentaje (%). Los resultados son expresados mediante porcentaje (%).

En relación a las complicaciones de las FAV, únicamente observamos un mayor porcentaje de estenosis hemodinámicamente significativas en el grupo CO comparado con el grupo EF (24% vs 3%; $p=0,026$) al final del estudio. No hubo diferencias significativas en el resto de las complicaciones de las FAV durante el estudio (ningún aneurisma, un caso de pseudoaneurisma en el grupo EF, 27% hematomas en el grupo CO y 20% en el grupo EF, 6% pacientes con síndrome de hipoperfusión distal en el grupo CO y 3% en el grupo de EF).

5.2 Programa de ejercicios físicos isométricos en la población anciana.

De los 60 pacientes incluidos en el estudio del programa de ejercicios físicos isométricos, se realizó un subanálisis en pacientes ancianos con edad superior a 75 años. Se excluyeron 33 pacientes con una edad inferior a 75 años. Finalmente se analizaron 27 pacientes, 13 de ellos pertenecientes al grupo control (CO) y 14 al grupo de ejercicio físico (EF).

Los principales factores sociodemográficos y los parámetros ecográficos preoperatorios se muestran en la tabla 9.

	Global (27)	EF (14)	CO (13)	p
Edad, años	79.9 ± 2.8	79.2 ± 2.9	80.7 ± 2.6	0.888
Sexo, % hombres (n)	74.1 (20)	78.6 (11)	69.2 (9)	0.454
Índice Charlson	8.3 ± 2.1	7.8 ± 2.1	8.7 ± 2.1	0.437
HTA, % (n)	100 (27)	100 (14)	100 (13)	0.177
DM, % (n)	40.7 (11)	42.9 (6)	38.5 (5)	0.564
Dislipemia, % (n)	70.4 (19)	64.3 (9)	76.9 (10)	0.385
Fumadores, % (n)	22.2 (6)	21.4 (3)	23.1 (3)	0.638
Cardiopatía isquémica, % (n)	33.3 (9)	21.4 (3)	46.2 (6)	0.171
Fuerza muscular ES, Kg	18.6 ± 6.7	19.1 ± 7.8	18.1 ± 5.6	0.243
Localización FAV				
Distal, % (n)	59.3 (16)	64.3 (9)	53.8 (7)	0.436
Izquierda, % (n)	66.6 (18)	71.4 (10)	61.6 (8)	0.443
Variables preoperatorias				
Diámetro VC antebrazo, mm	2.6 ± 0.6	2.7 ± 0.4	2.4 ± 0.7	0.256
Diámetro VC brazo, mm	3.3 ± 0.9	3.4 ± 0.6	3.1 ± 1.2	0.176
Diámetro de VB, mm	3.8 ± 1.4	4.0 ± 1.2	3.7 ± 1.6	0.309
Diámetro AR, mm	2.6 ± 0.6	2.7 ± 0.3	2.5 ± 0.9	0.073
Diámetro de AH, mm	4.8 ± 0.7	4.8 ± 0.8	4.7 ± 0.3	0.262
VPS de AR, cm/s	64.4 ± 14.5	61.1 ± 14.4	69.4 ± 14.1	0.881
VPS de AH, cm/s	86.9 ± 22.0	89.7 ± 23.3	81.0 ± 20.1	0.923
Flujo de AH, ml/min	142.2 ± 37.7	150.7 ± 42.7	132.9 ± 30.3	0.272
IR de AR	0.79 ± 0.1	0.75 ± 0.1	0.81 ± 0.1	0.232

Tabla 9. Factores sociodemográficos y parámetros ecográficos preoperatorios de forma global y por grupos ejercicio y control en la población anciana. Basal. EF: grupo ejercicio físico (14). CO: grupo control (13). HTA: hipertensión. DM: diabetes mellitus. ES: extremidad superior. FAV: fistula arteriovenosa. VC: vena céfálica. VB: vena basílica. AR: arteria radial. AH: arteria humeral. IR: índice de resistencia. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar o porcentaje

El 74.1% fueron hombres con una edad media de 79.9 ± 2.8 años y con un índice de Charlson medio de 8.3 ± 2.1. Los principales factores de riesgo cardiovascular establecidos fueron hipertensión arterial (100%) y dislipemia (70.4%), diabetes mellitus (40.7%), cardiopatía isquémica (33.3%) y tabaquismo (22.2%). El AV más frecuente realizado fue la fístula radiocefálica (59.2%) con localización izquierda (66.6%). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de estudio.

La tabla 10 muestra los datos bioquímicos, parámetros nutricionales y hematológicos, sin observar diferencias en los datos entre ambos grupos.

	EF			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Parámetros bioquímicos						
Glucosa (mg/dl)	146.2 ± 51.2	150.9 ± 72.4	0.445	152.2 ± 32.1	154 ± 33.1	0.821
Creatinina (mg/dl)	8.1 ± 2.3	8.4 ± 3.1	0.934	7.8 ± 2.3	7.8 ± 2.6	0.985
K (mEq/L)	5.3 ± 0.7	5.6 ± 0.8	0.726	5.3 ± 0.9	5.2 ± 1.1	0.964
Ca (mg/dl)	8.8 ± 0.8	8.9 ± 0.3	0.932	8.8 ± 0.6	8.9 ± 0.8	0.873
P (mg/dl)	4.4 ± 1.2	4.3 ± 1.1	0.876	4.5 ± 1.5	4.6 ± 1.3	0.979
i-PTH (pg/ml)	189.2 ± 156.2	170.1 ± 132.6	0.872	278.9 ± 114	253.7 ± 137.9	0.863
Parámetros Nutricionales						
Albúmina (g/dL)	3.6 ± 0.3	3.8 ± 0.3	0.732	3.8 ± 0.3	3.9 ± 0.4	0.813
Pre Albúmina (mg/dl)	35.3 ± 11.2	35.4 ± 8.8	0.789	33.6 ± 11.1	33.1 ± 9.5	0.850
Colest total (mg/dl)	140.1 ± 54.2	147.1 ± 57.1	0.346	151.2 ± 32.4	148.9 ± 34.5	0.721
HDL- Colest (mg/dl)	43.6 ± 12.2	41.2 ± 12.9	0.697	42.5 ± 10.4	41.6 ± 41.6	0.623
Triglicéridos (mg/dl)	153.9 ± 83.5	156.6 ± 75.6	0.724	159.3 ± 69.6	154.2 ± 73.4	0.497
LDL- Cholest (mg/dl)	66.7 ± 44.1	73.4 ± 46.8	0.432	69.2 ± 65.6	68.8 ± 30.6	0.626
Datos hemograma						
Hemoglobina (g/dl)	11.7 ± 1.4	11.8 ± 1.4	0.874	11.8 ± 1.4	11.7 ± 1.1	0.926
Ferritina (ng/mL)	434.5 ± 271.1	412 ± 269.4	0.820	396.8 ± 157.1	425.2 ± 213.4	0.769

Tabla 10. Parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos de ambos grupos (ejercicio y control) al inicio y al final del estudio en la población anciana. EF (n=14) y CO (n=13). Basal vs. final del estudio. EF: grupo ejercicio físico. CO: grupo control. K: potasio. Ca: calcio. P: fósforo. iPTH -intacta: hormona paratiroidea. Colest: colesterol. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar.

En referencia a los datos relativos a la fuerza muscular, se observó un incremento de la misma únicamente en el grupo de EF al final del estudio (19.1 ± 7.8 vs 22.9 ± 9.7 Kg, $p=0.001$). Como era de esperar, las medidas ecográficas postoperatorias presentaron un aumento significativo en el diámetro de la vena de salida (EF 3.1 ± 0.8 vs 5.9 ± 1.7 mm, $p=0.010$; CO 2.9 ± 0.6 vs 5.8 ± 1.4 mm, $p=0.001$) y flujo de la arteria humeral (EF 150.7 ± 42.7 vs 1165 ± 664.5 ml/min, $p=0.001$; CO 132.9 ± 30.3 vs. 1310.21 ± 691.8 ml/min, $p=0.001$) en ambos grupos al final del estudio (tabla 11). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de estudio con respecto a las variables ecográficas al final del estudio.

	EF			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Datos fuerza muscular (Kg)						
Handgrip	19.1 ± 7.8	22.9 ± 9.7	0,001	18.1 ± 5.6	18.1 ± 4.3	0.259
Datos ecográficos						
Diámetro vena salida (mm)	3.1 ± 0.8	5.9 ± 1.7	0.010	2.9 ± 0.6	5.8 ± 1.4	0.001
Flujo arteria humeral (ml/min)	150.7 ± 42.7	1165 ± 664.5	0.001	132.9 ± 30.3	1310.2 ± 691.8	0.001

Tabla 11. Fuerza muscular y parámetros ecográficos al inicio y al final del estudio tras ejercicio físico isométrico en la población anciana. EF (n=14) and CO (n=13). Basal vs. final des estudio. EF: grupo ejercicio físico. CO: grupo control. Significación estadística: *p<0.05. Los resultados son expresados en media ± desviación estándar.

La tabla 12 muestra los resultados relativos a la maduración clínica y ecográfica en ambos períodos de estudio.

	4 semanas			8 semanas		
	EF	CO	Valor p	EF	CO	Valor p
Maduración clínica, % (n)	64.3 (9)	46.2 (6)	0.288	78.6 (11)	46.2 (6)	0.049
Maduración ecográfica, % (n)	64.3 (9)	30.8 (4)	0.087	71.4 (10)	30.8 (4)	0.041
Territorio proximal, % (n)						
Maduración clínica	50 (3)	50 (3)	0.608	80 (4)	50 (3)	0.348
Maduración ecográfica	80 (4)	50 (3)	0.348	80(4)	50 (3)	0.348
Territorio distal						
Maduración clínica	66.7 (6)	42.9 (3)	0.329	77.8 (7)	42.9 (3)	0.182
Maduración ecográfica	55.6 (5)	14.3 (1)	0.121	66.7 (6)	14.3 (1)	0.055

Tabla 12. Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre grupos tras ejercicio físico isométrico en ambos períodos de estudio en la población anciana. EF (n=14) and CO (n=13). A las 4 y 8 semanas. EF: grupo ejercicio físico. CO: grupo control. Significación estadística: *p<0.05. Los resultados son expresados en porcentaje

No observamos diferencias significativas en relación a la maduración clínica y ecográfica a las 4 semanas. Las diferencias significativas se encontraron únicamente en el grupo de EF a las 8 semanas post intervención tanto para la maduración clínica (EF vs CO: 78.6% vs 46.2 %, p= 0.049) como para la maduración ecográfica (EF vs CO: 71.4 % vs 30.8 %, p= 0.041). El análisis posterior por territorios distal y proximal no mostraron diferencias significativas para la maduración clínica ni ecográfica.

El nivel de cumplimiento de los pacientes del grupo EF a las 4 semanas fue de 70 %, mientras que a las 8 semanas, fue del 66,7 %. En la figura 16 se muestra el nivel de adherencia que presentaban los pacientes ancianos del grupo de EF. A las 4 semanas fue alta en el 90 % de los pacientes y baja en un 10 %. De la misma forma, la adherencia a las 8 semanas fue alta

únicamente en un 60 % de los casos, moderada en un 10 %, leve en un 10 % y hasta un 20 % de los casos fue baja.

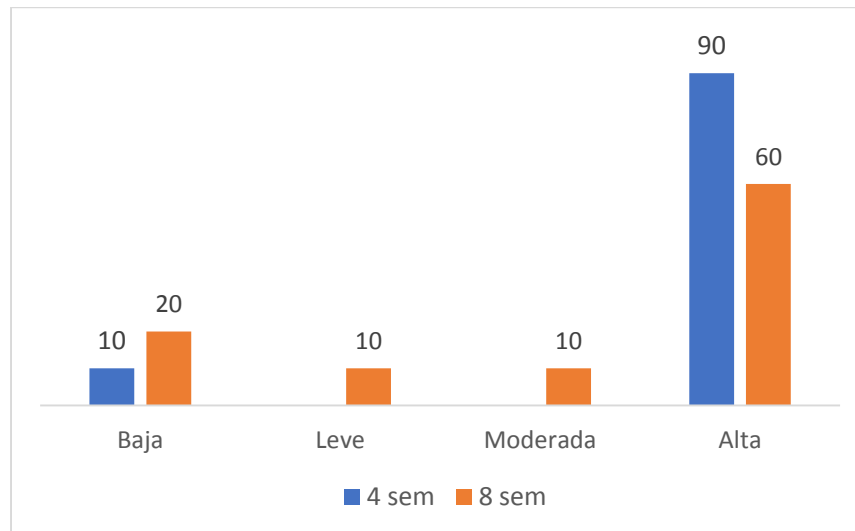


Figura 15.- Nivel de adherencia al programa de ejercicio físico en el grupo EF de la población anciana a las 4 y a las 8 semanas. De un total de 28 casillas por período de estudio, se establecieron los siguientes rangos: bajo (1-7 casillas), leve (8-14 casillas), moderado (15-21 casillas) o alto (22-28 casillas). Los resultados son expresados mediante porcentaje (%).

En relación a las complicaciones sobre la FAV, no se observaron diferencias relevantes entre los grupos de estudio, si bien, el grupo EF mostró un menor porcentaje de estenosis significativas (23.1 % vs 7.1 %, $p=0.269$) y un mayor porcentaje de hematomas (30.8 % vs 35.7 %, $p=0.555$) comparado con el grupo CO. Únicamente se describió un caso de pseudoaneurisma y un paciente con síndrome de robo en un AV distal en el grupo EF. No se reportó ningún caso de aneurisma ni trombosis.

5.3 Programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip

Entre septiembre del 2017 y diciembre del 2018 se realizó un estudio prospectivo, randomizado y unicéntrico de 15 meses de duración, para valorar la eficacia de un programa

de entrenamiento de fuerza postoperatorio con dispositivo Hand-Grip sobre la maduración de la FAV nativa en nuestros pacientes con ERC estadios 5-5D.

Durante el período de estudio, se realizaron 72 AV en nuestra institución. De los cuales se excluyeron 9 prótesis vasculares y 2 pacientes por no entregar el consentimiento informado. Se observaron 3 abandonos durante el seguimiento (uno del grupo CO y otro del grupo HG). Finalmente, 58 pacientes fueron analizados: 33 del grupo CG y 25 del grupo HG.

Las principales etiologías de la ERC fueron: hipertensión (31.6%), diabetes mellitus (31.6%), glomerulopatía (7%), nefropatía tubulointersticial (7%), poliquistosis hepatorrenal (7%), desconocido (12.3%), otras causas (3.5%).

Los principales factores sociodemográficos y los parámetros ecográficos preoperatorios se muestran en la tabla 13. El 63.8% fueron hombres con una edad media de 72.4 ± 10.8 años y con un índice de Charlson de 7.7 ± 2.5 . El AV más frecuentemente realizado fue la fistula radiocefálica (55.2 %) con localización izquierda (77.6 %). El grupo HG mostró mayor porcentaje de pacientes con diabetes mellitus (HG 76 % vs CG 42.4 %; $p=0.010$) y menor fuerza muscular (HG 17.8 vs CG 22.9 Kg; $p=0.023$) de forma basal.

En la tabla 14 se muestran los principales parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos sin encontrar diferencias entre los grupos comparando al inicio y al final del estudio.

	Global (58)	HG (25)	CO (33)	p
Edad, años	72.4 ± 10.8	74.5 ± 9.1	70.7 ± 11.7	0.123
Sexo, % hombres (n)	63.8 (37)	52(13)	72.7(24)	0.089
Índice Charlson	7.7 ± 2.5	8.4 ± 2.5	7.2 ± 2.5	0.984
HTA, % (n)	96.6(56)	96(24)	97(32)	0.681
DM, % (n)	56.9(33)	76(19)	42.4(14)	0.010
Dislipemia, % (n)	69(40)	80(20)	60.6(19)	0.097
Fumadores, % (n)	32.8(19)	24(6)	39.4(13)	0.170
Cardiopatía isquémica, % (n)	34.5(20)	28(7)	39.4(13)	0.267
Fuerza muscular ES, Kg	20.7 ± 8.2	17.8 ± 6.2	22.9 ± 8.9	0.023
Localización de la FAV				
Distal, % (n)	55.2(32)	40(10)	66.7(22)	0.334
Izquierda, % (n)	77.6(45)	76(19)	78.9(26)	0.334
VARIABLES PREOPERATORIAS				
Diámetro VC antebrazo, mm	2.6 ± 0.7	2.7 ± 0.6	2.6 ± 0.7	0.525
Diámetro VC brazo, mm	3.3 ± 1.1	3.4 ± 0.9	3.3 ± 1.2	0.840
Diámetro VB brazo, mm	3.7 ± 1.1	3.3 ± 0.9	3.9 ± 1.2	0.260
Flujo arteria humeral, mL/min	134.6 ± 36.6	129.4 ± 29.8	132.3 ± 34.7	0.887

Tabla 13. Principales parámetros sociodemográficos y variables ecográficas preoperatorias de forma global y de ambos grupos (Hand-Grip y control). HG (n=25) y CG (n=33). Basal. HG: grupo handgrip. CO: grupo control. HTA: hipertensión. DM: diabetes mellitus. ES: extremidades superiores. FAV: fistula arteriovenosa. VC: vena cefálica. VB: vena basílica. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar o porcentaje.

Los datos relativos a la fuerza muscular de EESS y las medidas ecográficas postoperatorias se muestran en la tabla 15. En relación a la fuerza muscular, se observó un aumento en el grupo HG al final del estudio (17.8 ± 6.2 vs 22.9 ± 8.9 Kg, $p=0.023$). Las medidas ecográficas postoperatorias mostraron un aumento significativo en el diámetro de la vena de salida (HG 3.0 ± 0.7 vs. 6.9 ± 1.8 mm, $p=0.001$; CO 2.9 ± 0.7 vs. 6.0 ± 1.7 mm, $p=0.001$) así como en el flujo de la AH (HG 129.4 ± 29.8 vs. 1515.5 ± 805.1 ml/min, $p=0.001$; CO 132.3 ± 34.7 vs. 1313.7 ± 680.8 ml/min, $p=0.001$) en ambos grupos al final del estudio. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos con respecto a las variables ecográficas al final de estudio.

	HG			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Datos bioquímicos						
Glucosa (mg/dl)	157.2 ± 51.2	153.8 ± 72.4	0.845	152.2 ± 32.1	154 ± 33.1	0.821
Creatinina (mg/dl)	8.1 ± 2.3	8.2 ± 3.1	0.924	7.8 ± 2.3	7.8 ± 2.6	0.985
K (mEq/L)	5.3 ± 0.7	5.6 ± 0.8	0.726	5.3 ± 0.9	5.2 ± 1.1	0.964
Ca (mg/dl)	8.8 ± 0.8	8.9 ± 0.2	0.931	8.8 ± 0.4	8.9 ± 0.8	0.863
P (mg/dl)	4.4 ± 1.2	4.3 ± 1.2	0.866	4.5 ± 1.4	4.5 ± 1.3	0.978
i-PTH (pg/ml)	189.2 ± 156.2	170.1 ± 132.6	0.872	178.8 ± 114	181.7 ± 137.9	0.972
Parámetros nutricionales						
Albúmina (g/dL)	3.8 ± 0,3	3.9 ± 0,3	0.722	3.8 ± 0,3	3.9 ± 0,4	0.813
Pre Albúmina (mg/dl)	35.3 ± 11.2	35.4 ± 8.8	0.789	33.6 ± 11.1	33.1 ± 9.5	0.850
Colest total (mg/dl)	140.1 ± 54.2	147.1 ± 57.1	0.346	151.2 ± 32.4	148.9 ± 34.5	0.721
HDL- Colest (mg/dl)	42.6 ± 11.2	40.2 ± 11.9	0.597	42.5 ± 10.3	41.6 ± 41.6	0.623
Triglicéridos (mg/dl)	153.9 ± 83.5	156.6 ± 75.6	0.724	159.3 ± 69.6	154.2 ± 73.4	0.497
LDL- Colest (mg/dl)	66.7 ± 44.1	73.4 ± 46.8	0.432	69.2 ± 65.6	65.7 ± 30.5	0.526
Hemograma						
Hemoglobina (g/dl)	11.6 ± 1.5	11.7 ± 1.3	0.793	11.8 ± 1.4	11.6 ± 1.1	0.726
Ferritina (ng/mL)	434.5 ± 271.1	412 ± 269.4	0.820	396.8 ± 157.1	425.2 ± 213.4	0.769

Tabla 14. Parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos principales de ambos grupos (Hand-Grip y control) al inicio y al final del estudio. HG (n=25) y CO (n=33). Basal vs. final del estudio. HG: grupo handgrip. CO: grupo control. K: potasio. Ca: calcio. P: fósforo. iPTH -intacta: hormona paratiroidea. Colest: colesterol. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar.

	HG			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Fuerza muscular ES (Kg)	17.8 ± 6.2	22.9 ± 8.9	0.023	22.9 ± 8.9	23.5 ± 9.9	0.720
Medidas ecográficas postoperatorias						
Diámetro vena salida (mm)	3.0 ± 0.7	6.9 ± 1.8	0.001	2.9 ± 0.7	6.0 ± 1.7	0.001
Flujo arteria humeral (ml/min)	129.4 ± 29.8	1515.5 ± 805.1	0.001	132.3 ± 34.7	1313.7 ± 680.8	0.001

Tabla 15. Fuerza muscular y medidas ecográficas de los grupos comparado al inicio y al final del estudio tras entrenamiento con Hand-Grip. HG (n=25) y CO (n=33). Basal vs. final del estudio. HG: grupo handgrip. CO: grupo control. ES: extremidades superiores. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar.

Los datos de maduración clínica y ecográfica para ambos períodos de estudio se muestran en la tabla 16. La maduración clínica fue significativamente mayor en el grupo HG, en ambos períodos de estudio, a las 4 semanas post intervención (HG 61.5 % vs CO 23.3 %; p=0.004) y a las 8 semanas (HG 65.4 % vs CO 26.7 %; p=0.004). De forma similar, la maduración

ecográfica fue significativamente mayor en el grupo HG tanto a las 4 semanas (HG 84% vs CO 46.7 %; p=0.004) como a las 8 semanas (HG 88.5 % CO 50 %; p=0.002).

	4 semanas			8 semanas		
	HG	CO	Valor p	HG	CO	Valor p
Maduración clínica, % (n)	61.5 (16)	23.3 (7)	0.004	65.4 (17)	26.7 (8)	0.004
Maduración ecográfica, % (n)	84 (21)	46.7 (14)	0.004	88.5 (23)	50 (15)	0.002
Territorio proximal, % (n)						
Maduración clínica	73.3 (11)	45.5 (5)	0.150	80 (12)	45.5 (5)	0.079
Maduración ecográfica	100 (15)	72.7 (8)	0.063	100 (15)	81.8 (9)	0.169
Territorio distal						
Maduración clínica	80 (6)	31.8 (7)	0.133	80 (8)	36.4 (8)	0.027
Maduración ecográfica	80 (6)	45.5 (10)	0.352	70 (7)	50 (11)	0.253

Tabla 16. Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre grupos tras entrenamiento con Hand-Grip en ambos períodos de estudio HG (n=25) y CO (n=33). A las 4 y a las 8 semanas. HG: grupo handgrip. CO: grupo control. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante porcentaje.

En el análisis por territorios distal y proximal, observamos una mayor maduración ecográfica para el grupo HG en ambos períodos de estudio. Sin embargo, la significación estadística solo se alcanzó en la maduración clínica a nivel del territorio distal en el grupo HG (HG 80 % CO 36.4 %; p=0.027) al final del estudio.

El nivel de cumplimiento de los pacientes del grupo HG fue idéntico a las 4 como a las 8 semanas (74.3 %). La adherencia a las 4 semanas fue alta en el 72.3 % de los pacientes, moderada en un 5.6 % de los casos, leve en el 11.2 % y baja en el 11.1 % de los casos. La adherencia a las 8 semanas fue alta solo en un 66.7 % de los casos, moderada en un 5.6 % de los casos, leve en el 11.2% y baja en el 16.7 % de los casos respectivamente.

Con referencia a las complicaciones del AV, el grupo CO mostró mayor porcentaje de estenosis significativas (21.2 % vs 12.5 %; p=0.330) y menor porcentaje de hematomas (21.2 % vs 34.8 %, p=0.205) comparado con el grupo HG al final del estudio sin alcanzar la

significación estadística. Así mismo, se observaron un caso de trombosis (3 %) y 2 casos de síndrome de robo (6.1 %) en el grupo CO. No se han reportado ningún caso de aneurismas ni pseudoaneurismas durante el estudio.

5.4 Programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip en la población anciana.

Dentro del programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip se analizó un subgrupo de pacientes mayores de 75 años. Del total de 58 pacientes aleatorizados en el estudio, se excluyeron 29 pacientes por presentar una edad inferior a 75 años. Finalmente se analizaron 29 pacientes, 13 pertenecientes al grupo CO y 16 al grupo HG.

Los principales factores sociodemográficos y los parámetros ecográficos preoperatorios se muestran en la tabla 17. El 69 % fueron hombres con una edad media de 80.5 ± 2.9 años y con un índice de Charlson medio de 8.8 ± 2.1 . Los principales factores de riesgo cardiovascular establecidos fueron hipertensión arterial (100%) y dislipemia (75.9%), diabetes mellitus (55.2%), cardiopatía isquémica (34.5%) y tabaquismo (27.6%). El AV más frecuente realizado fue la fístula radiocefálica (41.4%). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de estudio.

	<i>Global</i>	<i>HG</i>	<i>CO</i>	<i>p</i>
<i>Edad, años</i>	80.5 ± 2.9	80.4 ± 3.3	80.7 ± 2.6	0.197
<i>Sexo, %(n) hombres</i>	69 (20)	55 (11)	45 (9)	0.647
<i>Índice Charlson</i>	8.8 ± 2.1	9 ± 2.2	8.6 ± 1.9	0.997
<i>HTA, % (n)</i>	100 (29)	55.2 (16)	44.8 (13)	0.177
<i>DM, % (n)</i>	55.2 (16)	68.8 (11)	31.3 (5)	0.105
<i>Dislipemia, % (n)</i>	75.9 (22)	54.5 (12)	45.5 (10)	0.626
<i>Fumadores, % (n)</i>	27.6 (8)	62.5 (5)	37.5 (3)	0.474
<i>Cardiopatía isquémica, % (n)</i>	34.5 (10)	40 (4)	60 (6)	0.212
<i>Fuerza muscular ES, Kg</i>	18.5 ± 6.0	18.8 ± 6.5	18.1 ± 5.6	0.596
<i>Localización FAV</i>				
<i>Distal, % (n)</i>	41.4 (12)	38.5 (5)	61.5 (8)	0.282
<i>VARIABLES PREOPERATORIAS</i>				
<i>Diámetro VC antebrazo, mm</i>	2.5 ± 0.6	2.5 ± 0.2	2.4 ± 0.7	0.051
<i>Diámetro VC brazo, mm</i>	3.2 ± 1.1	3.3 ± 0.9	3.1 ± 1.2	0.686
<i>Diámetro VB brazo, mm</i>	3.9 ± 1.3	3.3 ± 0.8	3.7 ± 1.7	0.059
<i>Flujo de AH, mL/min</i>	130.3 ± 29.1	128.1 ± 28.9	132.9 ± 30.3	0.912

Tabla 17. Parámetros sociodemográficos y variables ecográficas preoperatorias de los grupos de estudio (hand-Grip y control) en la población anciana. HG (n=16) y CO (n=13). Basal. HG: grupo handgrip. CO: grupo control. HTA: hipertensión. DM: diabetes mellitus. ES: extremidades superiores. FAV: fistula arteriovenosa. VC: vena cefálica. VB: vena basílica. Significación estadística: *p<0.05. Los resultados están expresados mediante media ± desviación estándar o porcentaje.

Los parámetros bioquímicos, nutricionales y los principales datos hematológicos que se muestran en la tabla 18 no mostraron diferencias entre ambos grupos comparados al inicio y al final del estudio.

En referencia a los datos de la fuerza muscular de EESS, se observó un aumento en el grupo HG al final del estudio (18.8 ± 6.5 vs 21.3 ± 7.1 Kg, p=0.005). Las variables ecográficas postoperatorias mostraron un aumento significativo en el diámetro de la vena de salida (HG 2.9 ± 0.8 vs. 7.2 ± 2.2 mm, p=0.001; CO 2.9 ± 0.6 vs. 5.8 ± 1.4 mm, p=0.001) así como en el flujo de la AH (HG 128.1 ± 28.9 vs. 1530.7 ± 708.9 ml/min, p=0.001; CO 132.9 ± 30.3 vs. 1310.2 ± 691.8 ml/min, p=0.001) en ambos grupos al final del estudio (tabla 19). No se

encontraron diferencias significativas entre los grupos con respecto a las variables ecográficas al final de estudio.

	HG			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Principales datos bioquímicos						
<i>Glucosa (mg/dl)</i>	142.2 ± 51.2	143.8 ± 72.8	0.955	155.2 ± 33.3	153 ± 32.2	0.921
<i>Creatinina (mg/dl)</i>	8.3 ± 2.4	8.2 ± 3.1	0.822	8.8 ± 2.3	8.7 ± 2.6	0.886
<i>K (mEq/L)</i>	5.3 ± 0.6	5.6 ± 0.7	0.725	5.3 ± 0.8	5.2 ± 1.3	0.963
<i>Ca (mg/dl)</i>	8.9 ± 0.8	8.8 ± 0.2	0.941	8.7 ± 0.4	8.8 ± 0.7	0.861
<i>P (mg/dl)</i>	4.4 ± 1.2	4.2 ± 1.2	0.866	4.4 ± 1.4	4.5 ± 1.3	0.979
<i>i-PTH (pg/ml)</i>	189.3 ± 157.2	171.1 ± 134.6	0.862	198.8 ± 124	182.6 ± 147.9	0.872
Parámetros nutricionales						
<i>Albúmina (g/dL)</i>	3.9 ± 0.3	3.8 ± 0.4	0.613	3.8 ± 0.4	3.9 ± 1.1	0.831
<i>Pre Albúmina (mg/dl)</i>	35.3 ± 11.2	35.4 ± 8.8	0.789	33.6 ± 11.3	33.1 ± 9.5	0.853
<i>Colest total (mg/dl)</i>	150.1 ± 54.2	147.1 ± 57.1	0.346	151.2 ± 32.4	149.9 ± 34.5	0.821
<i>Colest-HDL (mg/dl)</i>	42.6 ± 11.2	41.2 ± 11.9	0.597	43.5 ± 10.3	41.6 ± 41.6	0.623
<i>Triglicéridos (mg/dl)</i>	153.9 ± 83.5	157.6 ± 75.6	0.725	159.3 ± 69.6	154.2 ± 73.4	0.497
<i>Colest-LDL (mg/dl)</i>	66.7 ± 44.1	73.4 ± 46.8	0.433	69.4 ± 64.6	65.5 ± 31.5	0.627
Datos hemograma						
<i>Hemoglobina (g/dl)</i>	11.3 ± 2.5	10.9 ± 1.4	0.793	10.7 ± 1.3	11.3 ± 1.2	0.526
<i>Ferritina (ng/mL)</i>	534.5 ± 271.1	482 ± 269.4	0.839	396.8 ± 157.1	425.2 ± 213.4	0.769

Tabla 18. Principales parámetros bioquímicos, nutricionales y hematológicos entre los grupos de estudio (Hand-Grip y control) comparados al inicio y al final del estudio en la población anciana. HG (n=16) y CO (n=13). Basal vs. final del estudio. HG: grupo hand grip. CO: grupo control. K: potasio. Ca: calcio. P: fósforo. iPTH -intacta: hormona paratiroidea. Colest: colesterol. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar.

	HG			CO		
	Basal	Final	Valor p	Basal	Final	Valor p
Datos de fuerza muscular ES (Kg)						
<i>Handgrip</i>	18.8 ± 6.5	21.3 ± 7.1	0.005	18.1 ± 5.6	17.1 ± 4.3	0.225
Datos ecográficos						
<i>Diámetro vena salida (mm)</i>	2.9 ± 0.8	7.2 ± 2.2	0.001	2.9 ± 0.6	5.8 ± 1.4	0.001
<i>Flujo arteria humeral (ml/min)</i>	128.1 ± 28.9	1530.7 ± 709.9	0.001	132.9 ± 30.3	1310.2 ± 691.8	0.001

Tabla 19. Parámetros de fuerza muscular y medidas ecográficas de ambos grupos (Hand-Grip y control) comparado al inicio y al final del estudio en la población anciana. HG (n=16) y CO (n=13). Basal vs. final del estudio. ES: extremidades superiores. HG: grupo hand grip. CO: grupo control. Significación estadística: p<0.05. Los resultados son expresados mediante media ± desviación estándar

Los datos de maduración clínica y ecográfica para ambos períodos de estudio se muestran en la tabla 20. La maduración clínica fue mayor en el grupo HG, en ambos períodos de estudio, a las 4 semanas post intervención (HG 69.2 % vs CO 30.8 %; $p=0.070$) y a las 8 semanas (HG 75 % vs CO 25 %; $p=0.005$), aunque sólo alcanzó la significación estadística al final del estudio. La maduración ecográfica fue significativamente mayor en el grupo HG en ambos períodos de estudio, tanto a las 4 semanas (HG 65% vs CO 35%; $p=0.025$) como a las 8 semanas (HG 66.7% vs CO 33.3 %; $p=0.007$).

	4 semanas			8 semanas		
	HG	CO	Valor p	HG	CO	Valor p
Maduración clínica, % (n)	69.2 (9)	30.8 (4)	0.070	75 (12)	25 (4)	0.005
Maduración ecográfica, % (n)	65 (13)	35 (7)	0.025	66.7 (14)	33.3 (7)	0.007
Territorio proximal, % (n)						
Maduración clínica	70 (7)	30 (3)	0.268	72.7 (8)	27.3 (3)	0.145
Maduración ecográfica	66.7 (10)	33.3 (5)	0.154	66.7 (10)	33.3 (5)	0.154
Territorio distal						
Maduración clínica	66.7 (2)	33.3 (1)	0.315	80 (4)	20 (1)	0.032
Maduración ecográfica	60 (3)	40 (2)	0.249	66.7 (4)	33.3 (2)	0.086

Tabla 20. Tasas de maduración clínica y ecográfica global y por territorios comparado entre grupos (Hand-Grip y control) en ambos períodos de estudio en la población anciana HG (n=16) y CO (n=13). A las 4 y 8 semanas. HG: grupo hand grip. CO: grupo control. Significación estadística: $p<0.05$. Los resultados son expresados mediante porcentaje.

En el análisis por territorios distal y proximal, observamos una mayor maduración clínica y ecográfica para el grupo HG en ambos períodos de estudio. Sin embargo, la significación estadística solo se alcanzó en la maduración clínica a nivel del territorio distal en el grupo HG (HG 80 % CO 20 %; $p=0.032$) al final del estudio.

El nivel de cumplimiento de los pacientes del grupo HG fue del 76.5 %. La adherencia a las 4 semanas fue alta en el 77 % de los pacientes, leve en el 7.7 % y baja en el 15.4 % de los casos. La adherencia a las 8 semanas fue alta prácticamente en un porcentaje similar al

primer período en un 76.9 % de los casos, moderada en un 7.7 % de los casos, leve en un 7.7 % y baja en otro 7.7 % de los casos respectivamente.

Con referencia a las complicaciones del AV, el grupo CO mostró una mayor tendencia a presentar estenosis significativas (60 % vs 40 %; $p=0.428$) comparado con el grupo HG al final del estudio aunque sin alcanzar la significación estadística. En el grupo CO se observó un caso de síndrome de robo. En ambos grupos se describieron el mismo porcentaje de hematomas (HG 50% vs CO 50%, $p= 0,615$). No se ha reportado ningún caso de aneurisma ni pseudoaneurisma durante el estudio.



6. Discusión



Programa de ejercicios físicos isométricos para la maduración del AV nativo en pacientes con ERC estadios 5-5D

Los resultados obtenidos de nuestro estudio demuestran que la aplicación de un protocolo de ejercicios físicos isométricos postoperatorios consiguen una mejoría de la maduración de la FAV nativa para hemodiálisis.

Una explicación para dichos hallazgos parece ser que tras la realización de la FAV se evidencia un aumento significativo del flujo sanguíneo laminar, lo que favorece el aumento de los niveles de óxido nítrico (ON) y prostaciclina dando lugar a la vasodilatación, inhibición de la proliferación y migración de las células musculares lisas así como de la agregación plaquetar (115–117). La liberación de peroxinitrito, activador importante de las metaloproteinasas (MMP), en combinación con el NO, permiten la adaptación estructural a largo plazo al flujo sanguíneo alterado y parecen desempeñar un papel importante en el remodelado vascular (118,119). El ejercicio provoca un estímulo para favorecer el remodelado vascular, evidente por un aumento de la capilaridad dentro del músculo activo y un agrandamiento de los vasos que aumentan la capacidad de flujo al músculo (117).

Ampliamente es conocida la gran importancia del proceso de maduración de la FAV. Una maduración adecuada de la FAV condicionará un buen funcionamiento del mismo, la aparición de menos complicaciones y un incremento de su supervivencia (139). A pesar de que las guías clínicas actuales del AV para diálisis recomendaban la realización de ejercicios isométricos como una estrategia para favorecer la maduración del mismo, la evidencia disponible hasta la actualidad sobre el papel del ejercicio físico postoperatorio para mejorar la maduración de la FAV nativa, todavía es muy limitada.

Hasta la fecha, algunos estudios observacionales con ciertas limitaciones, mostraron el efecto que la realización de diferentes pautas de ejercicios físicos postoperatorios, fundamentalmente isométricos y en períodos cortos de tiempo, tenían sobre la FAV nativa.

Estos ejercicios conllevaban a diversos cambios morfológicos y hemodinámicos estimados mediante ecografía de la FAV (incremento del grosor y diámetro de la vena de salida, incremento del flujo de la arteria humeral); si bien no valoraba directamente el impacto sobre la maduración de la FAV (115,122,124,126,140).

Tras una revisión exhaustiva de la literatura, únicamente hemos encontrado dos estudios controlados randomizados que han evaluado directamente el efecto del ejercicio físico postoperatorio sobre la maduración de la FAV (127,128).

En un grupo de 50 pacientes, Salimi et al (127) observó una mayor maduración clínica (13% vs 5 %) pero no ecográfica (22% vs 17%) tras la realización de ejercicios isométricos exclusivamente durante las sesiones de hemodiálisis sobre la FAV nativa a las 2 semanas de su creación. Del mismo modo, Fontseré et al (128), analizó la maduración clínica y ecográfica en 72 pacientes tras la realización de un programa de ejercicios isométricos postoperatorios sobre la FAV al mes posterior de su creación realizados de forma ambulatoria. De ésta forma, los autores concluyeron que dichos ejercicios isométricos incrementaban la maduración clínica de las FAV al mes de su creación, por lo que dichos programas de ejercicios deberían tenerse en cuenta en el proceso de maduración, especialmente en territorios distales.

De forma global; nuestros resultados son prácticamente idénticos a los obtenidos en los estudios previamente publicados; tanto en los cambios morfológicos y hemodinámicos como en términos beneficiosos de maduración de la FAV. No obstante, existen ciertas diferencias que merece la pena destacar. En relación al estudio de Salimi et al (127), encontramos grandes diferencias metodológicas evidentes, tanto en el menor tiempo de estudio (únicamente 2 semanas) como en el tipo de ejercicio realizado (exclusivamente durante las sesiones de HD). Estas dos diferencias, podrían explicar por sí mismo, a nuestro entender, la mayor tasa de maduración obtenida en nuestro estudio.

Comparado con el estudio de Fontseré et al (128), con número de pacientes con características clínicas y sociodemográficas similares (ambos en el mismo ámbito geográfico) y con una metodología utilizada semejante; los resultados son similares en la tasa de maduración de las FAV nativas en el grupo ejercicio. A diferencia del estudio de Fontseré et al, en nuestro estudio, la maduración tanto clínica como ecográfica a las 4 semanas fue significativa también en las FAV realizadas en territorio proximal. Probablemente el detallado programa de ejercicios isométricos utilizado en nuestro estudio (consensuado con rehabilitación, mayor número de repeticiones, específico para cada territorio y período de tiempo) pudiera justificar esta diferencia. Adicionalmente, nuestro estudio aporta datos significativos de maduración tanto clínica como ecográfica a las 8 semanas; tiempo habitual de inicio de punciones de las FAV maduras en la práctica clínica, así como datos de seguimiento y cumplimentación de dichos programas de ejercicio físico; no reportados previamente en la literatura. En este sentido, mencionar que el programa de ejercicios fue completado de forma correcta en un elevado número de pacientes, y que su adherencia en el grupo de cumplidores fue alta en la mayor parte de los casos; por lo que entendemos que es seguro, ya que no observamos abandonos durante el estudio; eficaz, dado el incremento de la fuerza muscular y fácil de realizar de forma ambulatoria; si bien se requeriría un seguimiento estrecho a fin de evitar abandonos con el paso de las semanas.

Curiosamente, observamos una tasa de maduración tanto clínica como ecográfica excesivamente baja en nuestros controles en los períodos de estudio comparada con la publicada en la literatura tras la realización de una FAV nativa (141,142). La mayor edad, la mayor localización distal de las FAV realizadas en nuestro centro a fin de preservar el territorio vascular, así como el mayor número de estenosis observadas en el grupo control, todos ellos factores predictores de pobre maduración de las FAV, serían algunos factores que podrían estar involucrados en estos hallazgos. Otros posibles factores serían por un lado la escasa información y consejos de ejercicios isométricos recibidos por los pacientes del grupo control,

limitados únicamente a una breve explicación verbal; así como la presumible falta de cumplimiento y adherencia en un grupo sin pauta detallada ni seguimiento posterior (el grado de no cumplimiento en el grupo ejercicio fue superior al 30% al final del estudio). Tal vez, eliminar del análisis posterior éstas fístulas, a expensas de poder desarrollar una maduración tardía, o realizar una intervención precoz en estas complicaciones quirúrgicas, (no incluidas en el diseño del estudio), podrían mejorar estas tasas de supervivencia en este grupo. Del mismo modo, realizar un seguimiento ambulatorio del grupo control también podría mostrar alguna diferencia; si bien es aparentemente complicado realizar una monitorización fiable ambulatoria en este grupo, al recibir una explicación verbal breve sin pauta de ejercicios controlada.

En cuanto a las complicaciones del AV, no encontramos episodios de trombosis en nuestro estudio ni otras alteraciones significativas. La ausencia de complicaciones significativas relacionadas con el AV podría ser atribuida en parte a la realización de unas rigurosas exploraciones físicas y ecográficas preoperatorias realizadas en nuestro estudio, con la selección de los sitios de AV óptimos. No obstante, a pesar de que se analizó el período de tiempo habitual utilizado en la práctica clínica en el proceso de maduración del AV, éste podría ser relativamente corto para detectar cualquier complicación relacionada con el mismo.

Programa de ejercicios físicos isométricos para la maduración del AV nativo en la población anciana con ERC 5-5D

La supervivencia de la población mundial se ha visto aumentada debido a importantes avances médicos y científicos, así como mejoras en la calidad de vida. Esto también ha sido reflejada en la población con enfermedades renales que requieren terapias sustitutivas renales (143–145). Los avances novedosos en el tratamiento de la enfermedad renal y el desarrollo de nuevas técnicas en la HD han contribuido a las mejoría en la sintomatología urémica y esperanza de vida de estos pacientes (146–148). De esta manera, en los últimos años, nos

hemos ido encontrando con un mayor número de pacientes ancianos en tratamiento en unidades de HD (115,149,150). La presencia concomitante de varios factores de riesgo cardiovasculares, principalmente hipertensión y diabetes mellitus en esta población, probablemente pueda resultar problemática de cara a la evaluación adecuada del AV en lo que respecta a su realización, maduración y aumento de complicaciones (150–154).

Una adecuada planificación del AV en pacientes con ERC avanzada es un desafío para el nefrólogo. Es ampliamente conocido que la FAV nativa es el AV de elección, por presentar una mayor permeabilidad y menor tasa de complicaciones. Sin embargo, el aumento de la población anciana en los programas de HD, con mayor comorbilidad y esperanza de vida más limitada, nos obliga a considerar cuál es el AV "ideal" en esta población (155–157). Las guías clínicas recientes sugieren el concepto de *“the right patient, the right treatment, the right access and the right time”* (158) con el objetivo de evitar complicaciones relevantes del AV así como procedimientos quirúrgicos innecesarios. Este concepto tiene como objetivo primordial ofrecer el AV más adecuado según las características clínicas del propio paciente, más que en seguir de manera rutinaria las indicaciones tradicionales de "AV ideal (*one size fits all*)" establecidas en las anteriores guías del AV (159–161).

Actualmente, las diferentes guías clínicas relacionadas con el AV para HD recomiendan ejercicios isométricos postoperatorios para mejorar la maduración y supervivencia de la AV en la población general (33). Sin embargo, el papel de la realización de ejercicios isométricos posoperatorios para mejorar el proceso de maduración del AV en la población anciana está poco estudiado y no está claramente establecido.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio demuestran que los ejercicios isométricos postoperatorios comportaron una mejora en el proceso de maduración de la FAV nativa de la población anciana en HD. En nuestro conocimiento, este es el primer estudio randomizado

centrado en el papel de los ejercicios isométricos posoperatorios en términos de maduración de AV nativo en la población anciana con ERC avanzada o en HD.

En líneas generales, los resultados de nuestro estudio son prácticamente idénticos a los obtenidos en estudios previamente publicados en la población general, tanto en términos de morfología y cambios hemodinámicos, así como en términos de beneficio de la maduración del AV nativo (127,128). Una vez más, nuestros resultados destacan el papel de los ejercicios isométricos posoperatorios en la maduración del AV, particularmente una vez que se ha decidido que una FAV nativa es la AV de elección en un paciente anciano.

Sin embargo, existen algunos aspectos característicos que merece la pena destacar. Los ensayos clínicos publicados anteriormente en población general mostraron altas tasas de maduración de las FAV a las 4 semanas. Curiosamente, en nuestro estudio, se encontró que la maduración tanto clínica como ecográfica fue significativa exclusivamente a las 8 semanas, lo que sugiere que el proceso de maduración de la FAV nativa del paciente anciano se produce de forma más lenta y progresiva. En nuestra opinión, los mecanismos implicados relacionados con el ejercicio no son diferentes en la población anciana. Sin embargo, la edad avanzada y las comorbilidades concomitantes mencionadas anteriormente podrían conducir a una menor adaptación estructural a largo plazo a la alteración del flujo sanguíneo en términos de remodelación vascular y rigidez del endotelio (33,34). Estos mecanismos alterados podrían explicar, en parte, la maduración tardía tras el ejercicio isométrico postoperatorio en nuestros pacientes.

Igualmente, algunas características clínicas de la población anciana, como el aumento de la edad, el índice de Charlson, la cardiopatía isquémica o incluso una menor fuerza muscular, también podrían explicar la baja maduración clínica y ecográfica obtenida en el grupo CO. Del mismo modo, se encontró una tendencia a un mayor número de estenosis significativas en el grupo CO, ninguna de las cuales fue tratada durante el proceso de maduración. En nuestra

opinión, estos datos podrían explicar, en parte, la baja maduración ecográfica, aunque no se pueden descartar mayores tasas de maduración ecográfica si estas estenosis se hubieran tratado quirúrgicamente. Sin embargo, estos resultados no deben desanimarnos, ya que a las 8 semanas es el momento habitual en el que se realizan punciones en FAV nativas maduras en la práctica clínica. De acuerdo con nuestros resultados, la indicación de una FAV nativa en un paciente anciano debe indicarse con suficiente antelación y con la mayor precisión posible. Además, una vez que se ha realizado una AV nativo, consideramos que deben prescribirse ejercicios isométricos postoperatorios para mejorar las probabilidades de lograr una FAV funcional madura.

Algunos autores han sugerido un efecto beneficioso en el proceso de maduración de la FAV utilizando la oclusión parcial asistida con torniquete para aumentar el diámetro de la vena, el grosor de la pared, el flujo sanguíneo y la maduración clínica de la AV. Sin embargo, estos dispositivos no fueron evaluados en nuestro estudio debido al protocolo específico de nuestro programa. Es probable que un torniquete pueda resultar un dispositivo eficaz en esta población. Sin embargo, se requieren más estudios para respaldar estos resultados.

La presencia de algunas complicaciones neuromusculares como la rotura espontánea de tendones especialmente en pacientes ancianos en los diferentes programas de diálisis han sido descritas en la literatura. El seguimiento estrecho a lo largo de las semanas y el diseño del programa de ejercicio isométrico adaptado a las características de los pacientes ancianos podrían explicar la ausencia de complicaciones musculares observadas en nuestro estudio. Consideramos que este programa de ejercicios fue seguro, ya que no observamos abandonos ni lesiones musculares durante el estudio, y efectivo, considerando el aumento de la fuerza muscular y la sencillez de los ejercicios.

Al igual que ocurría en nuestro estudio con programa de ejercicios físicos isométricos para la maduración de la FAV nativa en nuestros pacientes con ERC avanzada o en HD,

aportamos datos de cumplimiento y adherencia. A pesar de la edad avanzada y las características de nuestros pacientes, el programa de ejercicios fue completado correctamente y con una adherencia alta en la mayoría de los casos. Estos resultados sugieren que la información y los consejos en la realización de ejercicios isométricos adaptados a términos habituales y domésticos en esta población anciana facilitan su cumplimiento y adherencia.

En conclusión, la indicación de una FAV nativa en un paciente anciano debe indicarse con suficiente antelación y con la mayor precisión posible. Además, una vez que se ha realizado una AV nativo, consideramos que deben prescribirse ejercicios isométricos postoperatorios para mejorar las probabilidades de lograr una FAV funcional madura.

Programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip para la maduración del AV nativo en pacientes con ERC estadio 5-5D.

Como hemos podido observar, el proceso de maduración del AV es un punto clave en el posterior funcionamiento y supervivencia de la FAV. Hasta la fecha se han establecido diferentes estrategias para mejorar la maduración del AV (89,115,128).

Actualmente, las diferentes guías relacionadas con el AV para HD sólo recomiendan la realización de ejercicios isométricos postoperatorios para mejorar la maduración y supervivencia de la FAV (33,144,161). Algunas estrategias publicadas como la oclusión parcial asistida con torniquete o la electroestimulación neuromuscular requieren más estudios para respaldar sus prometedores resultados (127,162).

El dispositivo Hand-Grip es un dispositivo de fuerza de agarre manual, fácil de usar y de bajo coste utilizado fundamentalmente en el ámbito de la rehabilitación, nutrición y ejercicio físico. Sin embargo, el uso del dispositivo Hand-Grip para mejorar el proceso de maduración del AV, resulta de gran interés y está poco estudiado.

Existen pocos estudios publicados hasta la fecha acerca del uso del dispositivo Hand-Grip para la maduración del AV. Previamente a la creación de la FAV, se han publicado dos estudios que han mostrado efectos beneficiosos sobre el tamaño de los vasos sanguíneos mediante un programa de entrenamiento con Hand-Grip en pacientes con ERC estadios 3, 4, 5 y 5D (132,133). Aragoncillo et al. (133), mostró en su estudio con 138 pacientes con ERC estadios 4, 5 y 5D, tras la realización de un programa de ejercicios con Hand-Grip y banda elástica de 8 semanas de duración, un aumento del tamaño de los vasos sanguíneos, así como de la velocidad pico sistólico de la arteria en el grupo de intervención. De la misma forma, Kumar et al (132), tras la aplicación de ejercicios con Hand-Grip durante 8 semanas, encontró beneficios en términos de aumento del tamaño de la vasos sanguíneos comparados con el grupo control en pacientes con ERC estadios 3 y 4.

Tras la realización de la FAV, únicamente encontramos un estudio en la literatura que implementara un programa con ejercicios con Hand-Grip. El grupo de Kong et al. (126) mostró en 18 pacientes en HD con FAV nativa en EESS que el ejercicio de presión de la mano con dispositivo Hand-Grip fue más efectivo que el ejercicio de presión con pelota de goma para aumentar la fuerza en algunos grupos musculares de la mano a las 4 semanas de ejercicio. Además, los autores concluyeron que ambos ejercicios tenían efectos beneficiosos sobre la maduración del AV; ante la mejoría de los parámetros morfológicos, hemodinámicos y ecográficos observados en ambos grupos.

Globalmente, nuestros resultados son prácticamente idénticos a los obtenidos por los diferentes autores en términos de cambios morfológicos, hemodinámicos y ecográficos. En relación a los ejercicios postoperatorios, comparado con el estudio de Kong et al (126), encontramos algunas diferencias, tanto en cuanto a la menor duración del estudio (solo 4 semanas) como en el tipo y menor intensidad del ejercicio realizado. Además, nuestro estudio mostró datos relevantes sobre las tasas de maduración clínica y ecográfica de la FAV.

Los resultados obtenidos de nuestro estudio demuestran que el uso de un dispositivo Hand-Grip de forma postoperatoria, mejora el proceso de maduración del AV nativo, particularmente en los territorios distales. El dispositivo Hand-Grip puede aumentar los músculos de la mano y el antebrazo mediante movimientos de presión repetitivos. Estos movimientos, al igual que ocurre con los ejercicios isométricos tradicionales, provocan una dilatación de los vasos venosos que pueden ayudar a la FAV a madurar y por tanto a conseguir un buen funcionamiento de la misma. Los mecanismos fisiológicos implicados se basan en la mejora de la remodelación vascular y la reactividad endotelial, vasodilatación, inhibición de la proliferación y migración de células lisas debido al estímulo del ejercicio, como hemos descrito en apartados anteriores (117,118).

De manera similar a los resultados observados en nuestra línea de investigación con un programa de ejercicios físicos isométricos, obtuvimos una tasa de cumplimiento elevada y adherencia alta al programa de entrenamiento con Hand-Grip, en la mayoría de los casos durante las ocho semanas del estudio. Estas tasas de cumplimiento y adherencia obtenidas se basarían fundamentalmente por las características de facilidad y sencillez de uso del dispositivo Hand-Grip. Además, consideramos que este programa de entrenamiento con Hand-Grip fue seguro, ya que no observamos abandonos ni lesiones musculares durante el estudio al igual que efectivo, considerando el aumento de la fuerza muscular observado.

En nuestra opinión, la principal ventaja del dispositivo radica en su seguridad y sencillez de uso, basado exclusivamente en movimientos repetitivos y número de repeticiones, evitando así posibles confusiones con varios programas de ejercicios isométricos con diferentes herramientas y varios horarios. Por lo tanto, con todas estas condiciones, consideramos que los dispositivos Hand-Grip podrían ofrecer una alternativa terapéutica eficaz a los ejercicios físicos isométricos para la maduración del AV.

Programa de entrenamiento de fuerza con dispositivo Hand-Grip para la maduración del AV nativo en la población anciana con ERC estadio 5-5D.

El incremento prácticamente constante de la población anciana en los programas de HD y la presencia concomitante de varios factores de riesgo cardiovascular asociados a este grupo de pacientes probablemente pueda condicionar la evaluación del AV en términos de la realización, proceso de maduración y aparición de complicaciones relacionadas (150–154).

Nuestros resultados previamente mencionados dentro de esta línea de investigación con un programa de ejercicios isométricos postoperatorios en la población anciana con ERC avanzada en estadios 5-5D han mostrado efectos beneficiosos en términos de maduración clínica y ecográfica a largo plazo en este grupo de pacientes. Sin embargo, algunos de estos ejercicios pueden resultar difíciles de realizar en esta población y por tanto merece la pena establecer estrategias alternativas que puedan ser útiles para el proceso de maduración de la FAV.

Hasta la fecha, no encontramos estudios publicados que evalúen el papel de los ejercicios postoperatorios con dispositivo Hand-Grip sobre la maduración de AV nativo en la población anciana con ERC avanzada en estadios 5-5D tras una detallada revisión de la bibliografía disponible.

Los resultados obtenidos en la actual línea de investigación en términos de maduración clínica y ecográfica de la FAV con dispositivos Hand-Grip en la población anciana son similares a los obtenidos en nuestro estudio con el mismo dispositivo en la población general mencionado con anterioridad. De la misma forma que mencionamos en la población general, la significativa maduración clínica observada en territorios distales se podría explicar por la acción ejercida por el dispositivo de fuerza de agarre manual específicamente en los grupos musculares de la mano y el antebrazo.

Al igual que ocurría con un programa de ejercicios físicos isométricos en población anciana, observamos que la maduración clínica fue significativa exclusivamente a las 8 semanas. Dado que la utilización de los dispositivo Hand-Grip comparten similares mecanismos fisiológicos relacionados con el ejercicio; nuestros resultados sugieren que algunas de las características clínicas, como la edad avanzada, la comorbilidad y los factores de riesgo cardiovascular asociados a este grupo de población anciana conlleven a que el proceso de maduración de la FAV nativa del paciente anciano se produzca de forma más lenta y progresiva, en base a una menor adaptación estructural a largo plazo a la alteración del flujo sanguíneo en términos de remodelación vascular y rigidez del endotelio (117,118). Como se ha comentado previamente, estos resultados no deben desanimarnos; especialmente en los pacientes ancianos ya que el momento de inicio de las punciones en la FAV habitualmente es superior a las 8 semanas en la práctica clínica habitual.

Cabe destacar que a diferencia del estudio con el programa de ejercicio físico isométrico en la población anciana, el grupo HG presentó una significativa mayor maduración ecográfica tanto a las 4 como a las 8 semanas. Observamos que el grado de cumplimiento fue mayor con el programa de entrenamiento con HG, que fue del 76,5%, comparado con el grado de cumplimiento de grupo de EF en la población anciana (70%). En nuestra opinión, probablemente la facilidad de uso del dispositivo Hand-Grip facilite un mayor grado de cumplimiento en la población anciana pudiendo alcanzar antes mayores tasas de maduración del AV. Del mismo modo que con los programas de ejercicio isométrico en la población anciana, no se observaron lesiones musculares derivadas del uso del dispositivo Hand-Grip ni abandonos, por lo que consideramos que este programa de entrenamiento con Hand-Grip fue seguro.

A nuestro parecer, la facilidad y sencillez de uso de estos dispositivos Hand-Grip ofrecen una serie de ventajas que podrían beneficiar a aquellos pacientes ancianos que

presenten mayor dificultad intelectual para comprender programas de ejercicios específicos, evitando un cumplimiento deficiente por su dificultad de realización. Igualmente, podría ser de gran utilidad en pacientes ancianos con ciertos trastornos osteoarticulares limitantes que impedirían la realización de ejercicios físicos isométricos de manera correcta, ocasionando una alta posibilidad de abandonar estos programas sin alcanzar una correcta maduración del AV realizado.

Aspectos a tener en cuenta y principales limitaciones

Merece la pena destacar en nuestro trabajo el diseño randomizado del mismo, realizado sin ninguna fuente de financiación así como en la exhaustiva metodología empleada, con la creación de un protocolo de ejercicios isométricos y un programa de entrenamiento con Hand-Grip, ambos consensuados con el departamento de Rehabilitación y adaptados a la localización y al tiempo evolutivo de la FAV confeccionada.

A su vez, la realización de estos programas tanto de ejercicio isométrico como de entrenamiento de fuerza con Hand-Grip con posibilidad de registro y monitorización de su cumplimiento en la práctica clínica diaria, han demostrado ser seguros y fáciles de realizar de forma ambulatoria ante el elevado número de pacientes cumplidores con elevada adherencia a dichos programas así como a la falta de efectos adversos.

A nuestro parecer, la aplicación de estos programas a la población anciana puede ser una de las ventajas de este dispositivo en cuanto a facilidad de uso. Este dispositivo podría beneficiar a los pacientes ancianos con ERC con mayor dificultad para comprender programas de ejercicios específicos, a los pacientes con un cumplimiento deficiente y una alta posibilidad de abandonar estos programas, así como a los pacientes con limitación de la movilidad osteoarticular de los miembros superiores.

Entre las limitaciones encontradas en nuestro trabajo, mencionar el escaso tamaño muestral; debido tanto al reducido número de AV realizados de forma anual en nuestra institución como a la específica metodología empleada; que dificultaba la participación de otros hospitales cercanos y así poder incluir un mayor número de pacientes. Además, con respecto a los trabajos en la población anciana tanto con el programa de ejercicio físico isométrico como el de entrenamiento con dispositivo Hand- Grip, el reducido tamaño de la muestra podría justificar la ausencia de maduración clínica y ecográfica fundamentalmente en territorio proximal al final del estudio.

Resultaría interesante continuar esta línea de investigación mediante estudios futuros centrados en el proceso de maduración de la FAV protésica así como en pacientes con ERC estadios 4 o 5D candidatos a un AV previamente a su creación. Del mismo modo, sería de gran interés estudios dirigidos a profundizar en los distintos mecanismos fisiológicos implicados en el proceso de la maduración del AV así como en la supervivencia a largo plazo del AV tras la aplicación de estos programas de entrenamiento.

7. Conclusiones



A partir de los resultados del presente trabajo de investigación, se extraen las siguientes conclusiones:

1. **La implementación de un programa de ejercicios físicos isométricos y un programa de entrenamiento con dispositivo Hand-Grip postoperatorio ofrece una maduración clínica y ecográfica adecuada de los AV nativos de las extremidades superiores de los pacientes con ERC estadio 5-5D.**

Mediante diversos estímulos fisiológicos que favorecen el remodelado vascular, la reactividad endotelial mediada por diversas sustancias y la vasodilatación del territorio venoso debido al estímulo del ejercicio en ambos programas.

2. **La aplicación de un programa de entrenamiento con dispositivo Hand-Grip postoperatorio resultó de utilidad en la maduración clínica y ecográfica de los AV nativos de los pacientes con ERC estadio 5-5D, particularmente en territorios distales de las extremidades superiores.**

Por lo que podrían ser consideradas como una alternativa terapéutica eficaz a los ejercicios físicos isométricos para la maduración del AV en estos territorios.



-
- 3. El programa de ejercicios físicos isométricos postoperatorios en la población anciana con ERC estadio 5-5D mejoró la maduración clínica y ecográfica a las 8 semanas.**

A pesar de observar una maduración más lenta del AV asociada a las comorbilidades de esta población, se deben prescribir ejercicios isométricos postoperatorios para mejorar las probabilidades de lograr una FAV funcional madura.

- 4. El programa de entrenamiento de fuerza con Hand-Grip postoperatorio permitió una adecuada maduración clínica y ecográfica del AV nativo de los pacientes ancianos con ERC estadio 5-5D.**

La aplicación de este dispositivo en los pacientes ancianos, gracias a la facilidad de uso y comprensión, podría ser de utilidad y beneficiar a los pacientes ancianos con ERC con mayor dificultad para comprender programas de ejercicios específicos.

- 5. La aplicación de estos programas tanto de ejercicios físicos isométricos como de entrenamiento con Hand-Grip ha mostrado ser seguros en el proceso de maduración del AV nativo.**

Dada la ausencia de complicaciones médicas o quirúrgicas relevantes relacionadas con el AV observadas en nuestra línea de investigación.



8. Líneas de futuro



El trabajo desarrollado en esta tesis doctoral y los resultados obtenidos, dan pie a continuar con un amplio abanico de posibles trabajos como líneas futuras de investigación. A continuación se resaltan algunas de ellas:

- Establecer estrategias centradas en el proceso de maduración de la FAV protésica en pacientes con ERC estadios 5 o 5D.
- Analizar el efecto de un programa de ejercicios isométricos o de entrenamiento con Hand-Grip en pacientes con ERC estadios 4 o 5D candidatos a un AV previamente a su creación.
- Elaborar estudios dirigidos a profundizar en los distintos mecanismos fisiológicos implicados en el proceso de la maduración del AV así como en la supervivencia a largo plazo del AV tras la aplicación de estos programas de entrenamiento.



9. Referencias bibliográficas



-
1. Otero A, de Francisco A, Gayoso P, García F, EPIRCE Study Group. Prevalence of chronic renal disease in Spain: results of the EPIRCE study. *Nefrologia*. 2010;30(1):78–86.
 2. Jager KJ, Lindholm B, Goldsmith D, Fliser D, Wiecek A, Suleymanlar G, et al. Cardiovascular and non-cardiovascular mortality in dialysis patients: where is the link? *Kidney Int Suppl* (2011). 2011 Jun;1(1):21–3.
 3. Gayoso-Diz P, Otero-González A, Rodríguez-Álvarez MX, García F, González-Quintela A, Martín de Francisco AL. Strategy to estimate risk progression of chronic kidney disease, cardiovascular risk, and referral to nephrology: the EPIRCE Study. *Nefrologia*. 2013;33(2):223–30.
 4. Stevens PE, Levin A. Evaluation and management of chronic kidney disease: Synopsis of the kidney disease: Improving global outcomes 2012 clinical practice guideline. *Ann Intern Med*. 2013 Jun 4;158(11):825–30.
 5. Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med*. 1999 Mar 16;130(6):461–70.
 6. Vanholder R, Massy Z, Argiles A, Spasovski G, Verbeke F, Lameire N, et al. Chronic kidney disease as cause of cardiovascular morbidity and mortality. *Nephrol Dial Transplant*. 2005 Jun;20(6):1048–56.
 7. Walser M. Assessing renal function from creatinine measurements in adults with chronic renal failure. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found*. 1998 Jul;32(1):23–31.
 8. Walser M, Drew HH, LaFrance ND. Creatinine measurements often yielded false estimates of progression in chronic renal failure. *Kidney Int*. 1988 Sept;34(3):412–8.
 9. Levey AS. Measurement of renal function in chronic renal disease. *Kidney Int*. 1990 Jul;38(1):167–84.
 10. Lewis J, Greene T, Appel L, Contreras G, Douglas J, Lash J, et al. A comparison of iothalamate-GFR and serum creatinine-based outcomes: Acceleration in the rate of GFR decline in the African American Study of Kidney Disease and Hypertension. *J Am Soc Nephrol*. 2004 Dec;15(12):3175–83.
 11. Mitch WE, Walser M, Buffington GA, Lemann J. A simple method of estimating progression of chronic renal failure. *Lancet Lond Engl*. 1976 Dec 18;2(7999):1326–8.
 12. Vijayan M, Radhakrishnan S, Abraham G, Mathew M, Sampathkumar K, Mancha NP. Diabetic kidney disease patients on hemodialysis: a retrospective survival analysis

-
- across different socioeconomic groups. *Clin Kidney J.* 2016 Dec;9(6):833-8.
13. Clinical Practice Guidelines for Vascular Access. *Am J Kidney Dis.* 2006 Jul;48:S176-247.
 14. Official Journal of the international Society of nephrology KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease.
 15. Soriano Cabrera S, Sociedad Española de Nefrología. [Definition, classification of stages, and prevalence of chronic kidney disease. Guidelines for early detection. Risk factors for chronic kidney disease]. *Nefrol Publicacion Of Soc Espanola Nefrol.* 2004;24 Suppl(6):27-34, 187-235.
 16. Carrero JJ, de Jager DJ, Verduijn M, Ravani P, De Meester J, Heaf JG, et al. Cardiovascular and noncardiovascular mortality among men and women starting dialysis. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2011 Jul;6(7):1722–30.
 17. Chen RA, Scott S, Mattern WD, Mohini R, Nissenson AR. The case for disease management in chronic kidney disease. *Dis Manag DM.* 2006 Apr;9(2):86-92.
 18. Aitken GR, Roderick PJ, Fraser S, Mindell JS, O'Donoghue D, Day J, et al. Change in prevalence of chronic kidney disease in England over time: comparison of nationally representative cross-sectional surveys from 2003 to 2010. *BMJ Open.* 2014 Sept 29;4(9):e005480.
 19. Ayodele OE, Alebiosu CO. Burden of chronic kidney disease: an international perspective. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2010 May;17(3):215-24.
 20. Registro Español de Enfermos Renales (2018)
 21. Go AS, Chertow GM, Fan D, McCulloch CE, Hsu C. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *N Engl J Med.* 2004 Sep 23;351(13):1296–305.
 22. Stenvinkel P, Pecoits-Filho R, Lindholm B. Coronary artery disease in end-stage renal disease: no longer a simple plumbing problem. *J Am Soc Nephrol.* 2003 Jul;14(7):1927–39.
 23. Yao Q, Pecoits-Filho R, Lindholm B, Stenvinkel P. Traditional and non-traditional risk factors as contributors to atherosclerotic cardiovascular disease in end-stage renal disease. *Scand J Urol Nephrol.* 2004;38(5):405–16.
 24. Tomiyama C, Higa A, Dalboni MA, Cendoroglo M, Draibe SA, Cuppari L, et al. The impact of traditional and non-traditional risk factors on coronary calcification in pre-

-
- dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2006 Sep;21(9):2464–71.
25. Johansen KL, Delgado C, Bao Y, Tamura MK. Frailty and Dialysis Initiation. *Semin Dial*. 2013;26(6):690–6.
 26. Salomone M, Piccoli GB, Quarello F, Borca M, Cesano G, Torazza MC, et al. Dialysis in the elderly: improvement of survival results in the eighties. *Nephrol Dial Transplant*. 1995;10 Suppl 6:60–4.
 27. Berger JR, Jaikaransingh V, Hedayati SS. End-Stage Kidney Disease in the Elderly: Approach to Dialysis Initiation, Choosing Modality, and Predicting Outcomes. Vol. 23, *Advances in Chronic Kidney Disease*. W.B. Saunders; 2016. p. 36–43.
 28. Covic A, Gusbeth-Tatomir P, Goldsmith DJA. The epidemics of cardiovascular disease in elderly patients with chronic kidney disease--two facets of the same problem. *Int Urol Nephrol*. 2006;38(2):371–9.
 29. Wang AY-M, Ho SS-Y, Wang M, Liu EK-H, Ho S, Li PK-T, et al. Cardiac valvular calcification as a marker of atherosclerosis and arterial calcification in end-stage renal disease. *Arch Intern Med*. 2005 Feb 14;165(3):327–32.
 30. Parfrey PS. Cardiac disease in dialysis patients: diagnosis, burden of disease, prognosis, risk factors and management. *Nephrol Dial Transplant*. 2000;15 Suppl 5:58–68.
 31. Ohtake T, Kobayashi S, Moriya H, Negishi K, Okamoto K, Maesato K, et al. High prevalence of occult coronary artery stenosis in patients with chronic kidney disease at the initiation of renal replacement therapy: an angiographic examination. *J Am Soc Nephrol*. 2005 Apr;16(4):1141–8.
 32. Lok CE, Huber TS, Lee T, Shenoy S, Yevzlin AS, Abreo K, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis*. 2020 Apr 1;75(4):S1–164.
 33. Ibeas J, Roca-Tey R, Vallespín J, Moreno T, Moñux G, Martí-Monrós A, et al. Spanish Clinical Guidelines on Vascular Access for Haemodialysis. *Nefrologia*. 2017 Nov;37 Suppl 1:1–193.
 34. Jaeschke R, Guyatt GH, Dellinger P, Schünemann H, Levy MM, Kunz R, et al. Use of GRADE grid to reach decisions on clinical practice guidelines when consensus is elusive. *BMJ*; 2008. p. 327–30.
 35. Imaizumi T, Hasegawa T, Nomura A, Sasaki S, Nishiwaki H, Ozeki T, et al. Association Between *Staphylococcus aureus* Bacteremia and Hospital Mortality in

-
- Hemodialysis Patients With Bloodstream Infection: A Multicenter Cohort From Japanese Tertiary Care Centers. *Ther Apher Dial Off Peer-Rev J Int Soc Apher Jpn Soc Apher Jpn Soc Dial Ther*. 2017 May 12;
36. Thomas M, Nesbitt C, Ghouri M, Hansrani M. Maintenance of Haemodialysis Vascular Access and Prevention of Access Dysfunction: A Review. *Ann Vasc Surg*. 2017 May 3;
 37. Rayner HC, Pisoni RL, Bommer J, Canaud B, Hecking E, Locatelli F, et al. Mortality and hospitalization in haemodialysis patients in five European countries: results from the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc*. 2004 Jan;19(1):108-20.
 38. Sequeira A, Naljayam M, Vachharajani TJ. Vascular Access Guidelines: Summary, Rationale, and Controversies. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2017 Mar;20(1):2-8.
 39. Weiswasser JM, Kellicut D, Arora S, Sidawy AN. Strategies of Arteriovenous Dialysis Access. *Semin Vasc Surg*. 2004;17(1):10–8.
 40. Butterly D, Schwab SJ. The case against chronic venous hemodialysis access. *J Am Soc Nephrol*; 2002;13. p. 2195–7.
 41. Shaldon S. Brescia-Cimino Shunts for Dialysis. *Br Med J*. 1968;4(5633):774.
 42. Shi M, Cui T, Ma L, Zhou L, Fu P. Catheter Failure and Mortality in Hemodialysis Patients with Tunneled Cuffed Venous Catheters in a Single Center. *Blood Purif*. 2017;43(4):321-6.
 43. Ul Haq N, Abdelsalam MS, Althaf MM, Khormi AA, Al Harbi H, Alshamsan B, et al. Vascular access types in patients starting hemodialysis after failed kidney transplant: Does close nephrology follow-up matter? *J Vasc Access*. 2017 Jan 1;18(1):22–5.
 44. McGill RL, Ruthazer R, Meyer KB, Miskulin DC, Weiner DE. Peripherally inserted central catheters and hemodialysis outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2016;11(8):1434–40.
 45. Gupta S, Mallya SP, Bhat A, Baliga S. Microbiology of non-tunnelled catheter-related infections. *J Clin Diagnostic Res*. 2016 Jul 1;10(7):DC24–8.
 46. Napalkov P, Felici DM, Chu LK, Jacobs JR, Begelman SM. Incidence of catheter-related complications in patients with central venous or hemodialysis catheters: A health care claims database analysis. *BMC Cardiovasc Disord*. 2013 Oct 16;13:86.
 47. Akoh JA. Vascular access infections: Epidemiology, diagnosis, and management.. *Curr Infect Dis Rep*; 2011;13. p. 324–32.

-
48. Lok CE. Fistula first initiative: Advantages and pitfalls. *Clin J Am Soc Nephrol*; 2007;2. p. 1043–53.
 49. Premuzic V, Smiljanic R, Perkovic D, Gavranic BB, Tomasevic B, Jelakovic B. Complications of Permanent Hemodialysis Catheter Placement; Need for Better Pre-Implantation Algorithm? *Ther Apher Dial*. 2016 Aug 1;20(4):394–9.
 50. Clark EG, Barsuk JH. Temporary hemodialysis catheters: Recent advances. Vol. 86, *Kidney International*. Nature Publishing Group; 2014. p. 888–95.
 51. Mendelssohn D, Beaulieu M, Kiaii M, Jindal K, MacRae J, Kappel J, et al. Report of the Canadian Society of Nephrology Vascular Access Working Group. *Semin Dial*. 2012 Jan 25(1):22–5.
 52. Jindal K, Chan CT, Deziel C, Hirsch D, Soroka SD, Tonelli M, et al. Chapter 1: Hemodialysis adequacy in adults. Vol. 17. *American Society of Nephrology*; 2006 Mar;17(3 Suppl 1):S1-27.
 53. Gruss E, Portolés J, Tato A, Hernández T, López-Sánchez P, Velayos P, et al. Repercusiones clínicas y económicas del uso de catéteres tunelizados de hemodiálisis en un área sanitaria. *Nefrología*. 2009 Apr 1;29(2):123–9.
 54. Khavanin Zadeh M, Nouri H, Moradi Y, Reza L, Joodat R, Arya S. Skin fold technique for central venous catheter fixation; Comparison with conventional method for postoperation infections. Vol. 30, *Medical Journal of the Islamic Republic Of Iran*. Tehran, Iran University of Medical Sciences; 2016 Jan;30:419
 55. Parekh VB, Niyar VD, Vachharajani TJ. Lower extremity permanent dialysis vascular access. *American Society of Nephrology*; 2016;11. p. 1693–702.
 56. Zhang W, Liu T, Wang X, Huo Y, Jia Y, Su L, et al. Hemothorax caused by replacement of hemodialysis catheter: A case report. *Hemodial Int*. 2016 Oct 1;20(4):E7–10.
 57. Greenberg J, Jayarajan S, Reddy S, Schmieder FA, Roberts AB, Van Bemmelen PS, et al. Long-Term Outcomes of Fistula First Initiative in an Urban University Hospital - Is It Still Relevant? *Vasc Endovascular Surg*. 2017 Apr 1;51(3):125–30.
 58. Salimi F, Shahabi S, Talebzadeh H, Keshavarzian A, Pourfakharan M, Safaei M. Evaluation of Diagnostic Values of Clinical Assessment in Determining the Maturation of Arteriovenous Fistulas for Satisfactory Hemodialysis. *Adv Biomed Res*. 2017;6(1):18.
 59. Kordzadeh A, Askari A, Hoff M, Smith V, Panayiotopoulos Y. The Impact of Patient Demographics, Anatomy, Comorbidities, and Peri-operative Planning on the Primary Functional Maturation of Autogenous Radiocephalic Arteriovenous Fistula. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2017 May 1;53(5):726–32.
 60. Manne V, Vaddi SP, Reddy VB, Dayapule S. Factors influencing patency of Brescia-

-
- Cimino arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 2017 Mar 1;28(2):313–7.
61. Masengu A, Hanco J. Patient factors and haemodialysis arteriovenous fistula outcomes. *Journal of Vascular Access.* 2017;18. p. S19–23.
 62. Shenoy S. Surgical technique determines the outcome of the Brescia/Cimino AVF. *J Vasc Access.* 2017 Mar 6;18(Suppl. 1):1-4.
 63. Hedin U, Welander G. Upper-arm hemodialysis access in Sweden. *J Vasc Access.* 2017 Mar 1;18(Suppl. 1):S110–3.
 64. Scher LA, Shariff S. Strategies for Hemodialysis Access: A Vascular Surgeon's Perspective. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2017 Mar 1;20(1):14–9.
 65. Valerianova A, Kudlicka J, Chytilova E, Grauova B, Krupickova Z, Malik J. Factors influencing dialysis arteriovenous graft survival. *J Vasc Access.* 2017 Mar 1;18(2):139–43.
 66. Allon M. Arteriovenous Grafts: Much Maligned But in Need of Reconsideration? *Semin Dial.* 2017 Mar 1;30(2):125–33.
 67. Gage SM, Lawson JH. Forearm versus upper arm grafts for vascular access. Vol. 18, *Journal of Vascular Access.* 2017 Mar 6;18 (Suppl. 1): 77–81.
 68. Han S, Song D, Yun S. Long Term Outcomes of Arteriovenous Grafts for Hemodialysis in Lower Extremities. *Vasc Spec Int.* 2016 Dec 31;32(4):180–5.
 69. 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):1005–11.
 70. Reinhold C, Haage P, Hollenbeck M, Mickley V, Ranft J. Multidisciplinary management of vascular access for haemodialysis: from the preparation of the initial access to the treatment of stenosis and thrombosis. *VASA Z Gefasskrankheiten.* 2011 May;40(3):188-98.
 71. Al-Jaishi AA, Oliver MJ, Thomas SM, Lok CE, Zhang JC, Garg AX, et al. Patency rates of the arteriovenous fistula for hemodialysis: A systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis.* 2014;63(3):464–78.
 72. Puškar D, Pasini J, Savić I, Bedalov G, Sonicki Z. Survival of primary arteriovenous fistula in 463 patients on chronic hemodialysis. *Croat Med J.* 2002;43(3):306–11.
 73. Ravani P, Palmer SC, Oliver MJ, Quinn RR, MacRae JM, Tai DJ, et al. Associations between hemodialysis access type and clinical outcomes: A systematic review. *J Am Soc Nephrol.* 2013 Feb 28;24(3):465–73.

-
74. Nassar GM, Ayus JC. Infectious complications of the hemodialysis access. *Kidney Int.* 2001;60(1):1–13.
 75. Kim DS, Kim SW, Kim JC, Cho JH, Kong JH, Park CR. Clinical analysis of hemodialysis vascular access: Comparison of autogenous arterioveonous fistula & arteriovenous prosthetic graft. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011 Feb;44(1):25–31.
 76. Vascular Access Work Group. Clinical Practice Guidelines for Vascular Access. *Am J Kidney Dis.* 2006 Jul;48:S248–73.
 77. Okada S, Shenoy S. Arteriovenous access for hemodialysis: Preoperative assessment and planning. *J Vasc Access.* 2014;15 Suppl 7:S1-5.
 78. Silva J, Hobson RW, Pappas PJ, Jamil Z, Araki CT, Goldberg MC, et al. A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures: Impact of preoperative noninvasive evaluation. *J Vasc Surg.* 1998;27(2):302–8.
 79. Pajek J, Malovrh M. Preoperative ultrasound still valuable for radio-cephalic arteriovenous fistula creation?. *Journal of Vascular Access.* 2017; 18. p. S5–9.
 80. Niyyar VD, Wasse H. Vessel Mapping for Dialysis Access Planning. *Semin Dial.* 2017 Jul 1;30(4):305–8.
 81. McGill RL, Marcus RJ, Healy DA, Brouwer DJ, Smith BC, Sandroni SE. AV fistula rates: Changing the culture of vascular access. *J Vasc Access.* 2005;6(1):13–7.
 82. Jennings WC, Parker DE. Creating arteriovenous fistulas using surgeon-performed ultrasound. *J Vasc Access.* 2016 Jul 1;17(4):333–9.
 83. Lin PH, Bush RL, Chen C, Lumsden AB. What is New in the Preoperative Evaluation of Arteriovenous Access Operation? *Semin Vasc Surg.* 2004;17(1):57–63.
 84. Shenoy S, Darcy M. Ultrasound as a tool for preoperative planning, monitoring, and interventions in dialysis arteriovenous access. *Am J Roentgenol.* 2013 Oct;201(4).
 85. Ferring M, Henderson J, Wilmink A, Smith S. Vascular ultrasound for the pre-operative evaluation prior to arteriovenous fistula formation for haemodialysis: Review of the evidence. *Nephrol Dial Transplant;* 2008;23:1809–15.
 86. Malovrh M. Approach to patients with end-stage renal disease who need an arteriovenous fistula. *Nephrol Dial Transplant.* 2003 Jul 1;18(Suppl. 5).
 87. Lee KG, Chong TT, Goh N, Achudan S, Tan YL, Tan RY, et al. Outcomes of

-
- arteriovenous fistula creation, effect of preoperative vein mapping and predictors of fistula success in incident haemodialysis patients: A single-centre experience. *Nephrology*. 2017 May 1;22(5):382–7.
88. Ilhan G, Esi E, Bozok Ş, Yürekli I, Özpak B, Özelçi A, et al. The clinical utility of vascular mapping with Doppler ultrasound prior to arteriovenous fistula construction for hemodialysis access. *J Vasc Access*. 2013 Mar;14(1):83–8.
 89. Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access. *Journal of Vascular Surgery*. 2012;55. p. 849–55.
 90. Lampropoulos G, Papadoulas S, Katsimperis G, Ieronimaki AI, Karakantza M, Kakkos SK, et al. Preoperative evaluation for vascular access creation. *Vascular*. 2009;17(2):74–82.
 91. Allon M, Lockhart ME, Lilly RZ, Gallichio MH, Young CJ, Barker J, et al. Effect of preoperative sonographic mapping on vascular access outcomes in hemodialysis patients. *Kidney Int*. 2001;60(5):2013–20.
 92. 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. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2015;49 (5):600–5.
 93. Ferring M, Claridge M, Smith SA, Wilmink T. Routine preoperative vascular ultrasound improves patency and use of arteriovenous fistulas for hemodialysis: A randomized trial. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2010 Dec 1;5(12):2236–44.
 94. 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(3):217–22.
 95. Wong CS, McNicholas N, Healy D, Clarke-Moloney M, Coffey JC, Grace PA, et al. A systematic review of preoperative duplex ultrasonography and arteriovenous fistula formation. *J Vasc Surg*. 2013;57(4):1129–33.
 96. Lomonte C, Meola M, Petrucci I, Casucci F, Basile C. The Key Role of Color Doppler Ultrasound in the Work-up of Hemodialysis Vascular Access. *Semin Dial*. 2015 Mar 1;28(2):211–5.
 97. Leivaditis K, Panagoutsos S, Roumeliotis A, Liakopoulos V, Vargemezis V. Vascular access for hemodialysis: Postoperative evaluation and function monitoring. *Int Urol Nephrol*; 2014;46(2):403–9.
 98. Besarab A, Sherman R. The relationship of recirculation to access blood flow. *Am J*

-
- Kidney Dis. 1997;29(2):223–9.
99. Guedes Marques M, Ibeas J, Botelho C, Maia P, Ponce P. Doppler Ultrasound: A Powerful Tool for Vascular Access Surveillance. *Semin Dial.* 2015 Mar 1;28(2):206–10.
 100. Gadallah MF, Paulson WD, Vickers B, Work J. Accuracy of Doppler ultrasound in diagnosing anatomic stenosis of hemodialysis arteriovenous access as compared with fistulography. *Am J Kidney Dis.* 1998;32(2):273–7.
 101. Campos RP, Do Nascimento MM, Chula DC, Do Nascimento DE, Riella MC. Stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula: Evaluation and treatment. *Hemodial Int.* 2006 Apr 1;10(2):152–61.
 102. Campos RP, Chula DC, Perreto S, Riella MC, Do Nascimento MM. Accuracy of physical examination and intra-access pressure in the detection of stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula. *Semin Dial.* 2008 May;21(3):269–73.
 103. Dobrin PB, Littooy FN, Golan J, Blakeman B, Fareed J. Mechanical and histologic changes in canine vein grafts. *J Surg Res.* 1988;44(3):259–65.
 104. Driss A Ben, Benessiano J, Poitevin P, Levy BI, Michel JB. Arterial expansive remodeling induced by high flow rates. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol.* 1997 Feb;272(2 Pt 2):H851-858
 105. Miller VM, Burnett JC. Modulation of NO and endothelin by chronic increases in blood flow in canine femoral arteries. *Am J Physiol.* 1992 Jul;263(1 Pt 2):H103-108.
 106. Martínez Izquierdo A, Moñux Ducaju G, Martínez López I, Sánchez Hervas L, Serrano Hernando FJ. Prognostic value of intraoperative flowmetry in autogenous fistula for haemodialysis. *Angiologia.* 2010;62(3):97–102.
 107. Mestres G, Fontseré N, García-Madrid C, Campelos P, Maduell F, Riambau V. Intra-operative factors predicting 1-month arteriovenous fistula thrombosis. *J Vasc Access.*;13(2):193–7.
 108. Manual de Protocolo de procedimientos y actuación de enfermería en hemodiálisis. Instituto Nacional de Nefrología. 2013
 109. Dixon BS. Why don't fistulas mature?. *Kidney Int.* 2006 Oct;70(8):1413-22.
 110. van Loon MM, Kessel AGH, van der Sande FM, Tordoir JHM, Tordoir JHM. Cannulation patterns in haemodialysis vascular access: predictors for unsuccessful cannulation. *J Ren Care.* 2009 Jun;35(2):82–9.
 111. Saran R, Dykstra DM, Pisoni RL, Akiba T, Akizawa T, Canaud B, et al. Timing of first cannulation and vascular access failure in haemodialysis: An analysis of practice patterns at dialysis facilities in the DOPPS. *Nephrol Dial Transplant.* 2004

-
- Sep;19(9):2334–40.
112. Rayner HC, Pisoni RL, Gillespie BW, Goodkin DA, Akiba T, Akizawa T, et al. Creation, cannulation and survival of arteriovenous fistulae: Data from the dialysis outcomes and practice patterns study. *Kidney Int.* 2003;63(1):323–30.
 113. 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 Nov 1;17(11):3204–12.
 114. Wong V, Ward R, Taylor J, Selvakumar S, How T V., Bakran A. Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1996;12(2):207–13.
 115. Oder TF, Teodorescu V, Uribarri J. Effect of Exercise on the Diameter of Arteriovenous Fistulae in Hemodialysis Patients. *ASAIO J.* 2003 Sept;49(5):554–5.
 116. Surg G, Pol MM. Global Surgery Hand exercise for arteriovenous fistula. 2018;4(3):1–3.
 117. Prior BM, Lloyd PG, Yang HT, Terjung RL. Exercise-induced vascular remodeling. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003 Jan;31(1):26–33.
 118. Lehoux S, Castier Y, Tedgui A. Molecular mechanisms of the vascular responses to haemodynamic forces. *J Intern Med.* 2006 Apr;259(4):381–92.
 119. Castier Y, Brandes RP, Leseche G, Tedgui A, Lehoux S. p47phox-Dependent NADPH Oxidase Regulates Flow-Induced Vascular Remodeling. *Circ Res.* 2005 Sep 16;97(6):533–40.
 120. Arroyo A. Accesos vasculares para hemodiálisis. Complicaciones: hiperaflujo o flujo excesivo. *Angiología.* 2005;57(Supl 2):109-116
 121. Distefano G, Zanolli L, Basile A, Fatuzzo P, Granata A. Arteriovenous fistula and pre-surgery mapping: Potential role of physical exercise on endothelial function. *J Vasc Access.* 2019 Nov 1;20(6):652–8.
 122. Leaf DA, MacRae HS-H, Grant E, Kraut J. Isometric exercise increases the size of forearm veins in patients with chronic renal failure. *Am J Med Sci.* 2003 Mar;325(3):115–9.
 123. Uy AL, Jindal RM, Herndon TW, Yuan CM, Abbott KC, Hurst FP. Impact of isometric handgrip exercises on cephalic vein diameter in non-AVF candidates, a pilot study. *J Vasc Access.* 2013 Apr 25;14(2):157–63.
 124. Turmel-Rodrigues LA, Bourquelot P, Pengloan J. Hemodialysis Arteriovenous Fistula Maturity: US Evaluation. *Radiology.* 2003 Jun;227(3):906–7.
 125. Khavanin Zadeh M, Gholipour F, Naderpour Z, Porfakharan M. Relationship between Vessel Diameter and Time to Maturation of Arteriovenous Fistula for Hemodialysis Access. *Int J Nephrol.* 2012;2012:942950.

-
126. Kong S, Lee KS, Kim J, Jang SH. The Effect of Two Different Hand Exercises on Grip Strength, Forearm Circumference, and Vascular Maturation in Patients Who Underwent Arteriovenous Fistula Surgery. *Ann Rehabil Med*. 2014 Oct;38(5):648.
 127. Salimi F, Nassiri GM, Moradi M, Keshavarzian A, Farajzadegan Z, Saleki M, et al. Assessment of Effects of Upper Extremity Exercise with Arm Tourniquet on Maturity of Arteriovenous Fistula in Hemodialysis Patients. *J Vasc Access*. 2013 Jul;14(3):239–44.
 128. Fontseré N, Mestres G, Yugueros X, López T, Yuguero A, Bermudez P, et al. Effect of a postoperative exercise program on arteriovenous fistula maturation: A randomized controlled trial. *Hemodial Int*. 2016 Apr;20(2):306–14.
 129. Rantanen T, Volpato S, Ferrucci L, Heikkinen E, Fried LP, Guralnik JM. Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: Exploring the mechanism. *J Am Geriatr Soc*. 2003 May 1;51(5):636–41.
 130. Sasaki H, Kasagi F, Yamada M, Fujita S. Grip Strength Predicts Cause-Specific Mortality in Middle-Aged and Elderly Persons. *Am J Med*. 2007 Apr;120(4):337–42.
 131. Huesa Jiménez F, García Díaz J, Vargas Montes J. Dinamometría isocinética. *Rehabilitacion*. 2005 Jan 1;39(6):288–96.
 132. Kumar A/L S Katheraveloo K, Suryani Safri L, Guo Hou L, Hafiz Maliki A, Md Idris MA, Harunarashid H. Effect of isometric handgrip exercise on the size of cephalic veins in patients with stage 3 and 4 chronic kidney disease: A randomized controlled trial. *J Vasc Access*. 2020 May 1;21(3):372–8.
 133. Aragoncillo Saucó I, Hevia C, Manzano Grossi S, Amezquita Y, Macías N, Caldes S, et al. *J Nephrol*. 2021 Jan; DOI:10.1007/s40620-020-00907-w
 134. Haidar SG, Kumar D, Bassi RS, Deshmukh SC. Average versus maximum grip strength: which is more consistent? *J Hand Surg Br*. 2004 Feb;29(1):82–4.
 135. O'Driscoll SW, Horii E, Ness R, Cahalan TD, Richards RR, An KN. The relationship between wrist position, grasp size, and grip strength. *J Hand Surg Am*. 1992 Jan;17(1):169–77.
 136. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 1985 Feb;66(2):69–74.
 137. Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transplant*. 2004 Aug 1;19(8):1956–63.
 138. Lomonte C, Casucci F, Antonelli M, Giammaria B, Losurdo N, Marchio G, et al. Is There a Place for Duplex Screening of the Brachial Artery in the Maturation of Arteriovenous Fistulas? *Semin Dial*. 2005 Jun 1;18(3):243–6.
 139. Malovrh M. Non-matured arteriovenous fistulae for haemodialysis: diagnosis, endovascular and surgical treatment. *Bosn J Basic Med Sci*. 2010 Apr 20;10(1):13.
 140. Khavanin Zadeh M, Gholipour F, Naderpour Z, Porfakharan M. Relationship

-
- between Vessel Diameter and Time to Maturation of Arteriovenous Fistula for Hemodialysis Access. *Int J Nephrol*. 2012;2012:942950.
141. Rooijens PPGM, Tordoir JHM, Stijnen T, Burgmans JPJ, Smet de AAEA, Yo TI. Radiocephalic Wrist Arteriovenous Fistula for Hemodialysis: Meta-analysis Indicates a High Primary Failure Rate. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2004 Dec;28(6):583–9.
 142. Rooijens PPGM, Burgmans JPJ, Yo TI, Hop WCJ, de Smet AAEA, van den Dorpel MA, et al. Autogenous radial-cephalic or prosthetic brachial-antecubital forearm loop AVF in patients with compromised vessels? A randomized, multicenter study of the patency of primary hemodialysis access. *J Vasc Surg*. 2005 Sep;42(3):481–7.
 143. Ridao-Cano N, Polo JR, Polo J, Pérez-García R, Sanchez M, Gómez-Campderá FJ. Vascular Access for Dialysis in the Elderly. *Blood Purif*. 2002;20(6):563–8.
 144. Rodríguez Hernández JA, González Parra E, Julián Gutiérrez JM, Segarra Medrano A, Almirante B, Martínez MT, et al. [Vascular access guidelines for hemodialysis]. *Nefrología*. 2005;25 Suppl 1:3–97.
 145. Leapman SB, Boyle M, Pescovitz MD, Milgrom ML, Jindal RM, Filo RS. The arteriovenous fistula for hemodialysis access: gold standard or archaic relic? *Am Surg*. 1996 Aug;62(8):652–7
 146. Martín de Francisco AL. Estudio epidemiológico de pacientes ancianos con insuficiencia renal crónica en hemodiálisis. *Nefrología*. 2008;28(1):48-55
 147. Abdelhafiz AH, Brown SHM, Bello A, El Nahas M. Chronic kidney disease in older people: Physiology, pathology or both?. *Nephron - Clinical Practice*. 2010;116:19-24.
 148. Giuseppe P, Mario S, Barbara PG, Paola M, Pacitti A, Antonio M, et al. Elderly patients on dialysis: epidemiology of an epidemic. *Nephrol Dial Transplant*. 1996;11(Suppl 9):26–30.
 149. Allon M, Robbin ML. Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: problems and solutions. *Kidney Int*. 2002 Oct;62(4):1109–24.
 150. Gibson KD, Gillen DL, Caps MT, Kohler TR, Sherrard DJ, Stehman-Breen CO. Vascular access survival and incidence of revisions: a comparison of prosthetic grafts, simple autogenous fistulas, and venous transposition fistulas from the United States Renal Data System Dialysis Morbidity and Mortality Study. *J Vasc Surg*. 2001 Oct;34(4):694–700.
 151. Santoro D, Benedetto F, Mondello P, Pipitò N, Barillà D, Spinelli F, et al. Vascular access for hemodialysis: current perspectives. *Int J Nephrol Renovasc Dis*. 2014 Jul;7:281–94.
 152. Dhingra RK, Young EW, Hulbert-Shearon TE, Leavey SF, Port FK. Type of vascular access and mortality in U.S. hemodialysis patients. *Kidney Int*. 2001 Oct;60(4):1443–51.
 153. Ng LJ, Chen F, Pisoni RL, Krishnan M, Mapes D, Keen M, et al. Hospitalization risks related to vascular access type among incident US hemodialysis patients. *Nephrol Dial*

-
- Transplant. 2011 Nov;26(11):3659–66.
154. Jeong S, Kwon H, Chang JW, Kim MJ, Ganbold K, Han Y, et al. Effects of patient age on patency of chronic hemodialysis vascular access. *BMC Nephrol.* 2019 Nov 21;20(1):422.
 155. Asif A, Bakr MM, Levitt M, Vachharajani T. Best Vascular Access in the Elderly: Time for Innovation? *Blood Purif.* 2019;47:236–9.
 156. Lazarides MK, Georgiadis GS, Antoniou GA, Staramos DN. A meta-analysis of dialysis access outcome in elderly patients. *J Vasc Surg.* 2007;45:420-426.
 157. Werner-Gibblings K, Ischia L, Butcher W, Ward-Harvey R, Stewart J, Jackson MJ. Selective placement of autogenous arteriovenous fistulae in an over 80-year-old population. *J Vasc Access.* 2018;19(1):40–4.
 158. Beaulieu MC, Dumaine CS, Romann A, Kiaii M. Advanced age is not a barrier to creating a functional arteriovenous fistula: A retrospective study. *J Vasc Access.* 2017;18(4):307–12.
 159. Kukita K, Ohira S, Amano I, Naito H, Azuma N, Ikeda K, et al. 2011 update Japanese Society for Dialysis Therapy Guidelines of Vascular Access Construction and Repair for Chronic Hemodialysis. *Ther Apher Dial.* 2015 Mar;19:1–39.
 160. Link DK, Saxena R. The right patient, the right treatment, the right access and the right time. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2014;21:360–4.
 161. Lok CE, Huber TS, Lee T, Shenoy S, Yevzlin AS, Abreo K, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis.* 2020 Apr 1;75(4):S1–164.
 162. Martinez L, Esteve V, Yeste M, Artigas V, Llagostera S. Neuromuscular electrostimulation: a new therapeutic option to improve radio-cephalic arteriovenous fistula maturation in end-stage chronic kidney disease patients. *Int Urol Nephrol.* 2017 Sep 1;49(9):1645–52.



10. Anexos



Anexo 1

Programa de ejercicios físicos isométricos para el territorio distal. Primer período



Nº DE SEMANA	SERIES / REPETICIONES	EL DÍA DE LA SEMANA						
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
PRIMERA SEMANA	1 SERIE 10 REPETICIONES							
SEGUNDA SEMANA	1 SERIE 15 REPETICIONES							
TERCERA SEMANA	2 SERIES 10 REPETICIONES							
CUARTA SEMANA	2 SERIES 15 REPETICIONES							

a) Presión con pelota de goma pequeña 	b) Presión interpalmar 	c) Pinza digital de presión 
d) Aducción - abducción 	e) Prono supinación de puño 	

1º ejercicio: Abrir y cerrar la mano, apretando la pelota de goma (mano del brazo de la fistula).

2º ejercicio: Apretar palma con palma con los dedos separados.

3º ejercicio: Apretar dedo pulgar e índice de la mano del brazo de la fistula.

4º ejercicio: Juntar y separar los dedos de la mano del brazo de la fistula.

5º ejercicio: Cerrar el puño de la mano de la fistula y girar hacia arriba y hacia abajo.

La información contenida en éste documento es confidencial y propiedad del promotor del estudio. La información del mismo será suministrada sólo a los investigadores y colaboradores acreditados en el estudio. Queda prohibida su reproducción sin previa autorización por escrito del promotor.

Programa de ejercicios físicos isométricos para el territorio distal. Segundo período



* A continuación se describen los ejercicios de la SEGUNDA FASE (nuevamente marque con una X en la casilla correspondiente a medida que vaya realizando los ejercicios descritos):

Nº DE SEMANA	SERIES / REPETICIONES	EL DÍA DE LA SEMANA						
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
QUINTA SEMANA	1 SERIE 10 REPETICIONES							
SEXTA SEMANA	1 SERIE 15 REPETICIONES							
SÉPTIMA SEMANA	2 SERIES 10 REPETICIONES							
OCTAVA SEMANA	2 SERIES 15 REPETICIONES							

5-8 Presión puño	5-8 Flexo extensión con pesa	5-8 Pinza de presión	5-8 Presión interdigital

Tabla de equivalencias:

* Pesa 1Kg = Paquete de 1Kg lentejas, garbanzos, arroz, macarrones...

1º ejercicio: Abrir y cerrar la mano, apretando la pelota de goma (mano del brazo de la fístula).

2º ejercicio: Apretar palma con palma con los dedos separados.

3º ejercicio: Apretar dedo pulgar e índice de la mano del brazo de la fístula.

4º ejercicio: Juntar y separar los dedos de la mano del brazo de la fístula.

5º ejercicio: Cerrar el puño de la mano de la fístula y girar hacia arriba y hacia abajo.

La información contenida en éste documento es confidencial y propiedad del promotor del estudio. La información del mismo será suministrada sólo a los investigadores y colaboradores acreditados en el estudio. Queda prohibida su reproducción sin previa autorización por escrito del promotor.

Anexo 2

Programa de ejercicios físicos isométricos para el territorio proximal. Primer período



Nº DE SEMANA	SERIES / REPETICIONES	EL DÍA DE LA SEMANA						
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
PRIMERA SEMANA	1 SERIE 10 REPETICIONES							
SEGUNDA SEMANA	1 SERIE 15 REPETICIONES							
TERCERA SEMANA	2 SERIES 10 REPETICIONES							
CUARTA SEMANA	2 SERIES 15 REPETICIONES							

1-4 Presión digital proximal	1-4 Presión digital distal
1-4 Prono supinación (1Kg)	1-4 Levantamiento pesa (1Kg)

Tabla de equivalencias:

* Pesa 1Kg = Paquete de 1Kg lentejas, garbanzos, arroz, macarrones...

1º ejercicio: Sentado y con el brazo de la fístula apoyado sobre la mesa en paralelo a nosotros. Apretar la mano contra la mesa.

2º ejercicio: Sentado y con el brazo de la fístula apoyado sobre la mesa en perpendicular a nosotros. Apretar la mano contra la mesa.

3º ejercicio: Sentado. Coger un peso de 1 Kg (según tabla de equivalencias) con la mano de la fístula y girar la muñeca.

4º ejercicio: Sentado. Coger un peso de 1 Kg (según tabla de equivalencias) con la mano de la fístula y acercar la muñeca hacia nosotros.



La información contenida en éste documento es confidencial y propiedad del promotor del estudio. La información del mismo será suministrada sólo a los investigadores y colaboradores acreditados en el estudio. Queda prohibida su reproducción sin previa autorización por escrito del promotor.

Programa de ejercicios físicos isométricos para el territorio proximal. Segundo período



* A continuación se describen los ejercicios de la SEGUNDA FASE (nuevamente marque con una X en la casilla correspondiente a medida que vaya realizando los ejercicios descritos):

Nº DE SEMANA	SERIES / REPETICIONES	EL DÍA DE LA SEMANA						
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
QUINTA SEMANA	1 SERIE 10 REPETICIONES							
SEXTA SEMANA	1 SERIE 15 REPETICIONES							
SÉPTIMA SEMANA	2 SERIES 10 REPETICIONES							
OCTAVA SEMANA	2 SERIES 15 REPETICIONES							

5-8 Presión digital sobre pared	5-8 Fuerza con banda elástica
	

1º ejercicio: De pie. Con los brazos en ligera flexión. Apoyar las manos sobre la pared y apretar con ambas manos.

2º ejercicio: De pie. Coger una banda elástica con la mano del brazo de la fístula y atarla a una superficie estable (pomo de una puerta, pata de una silla...) . Estirar de ella como si quisieramos acercarla hacia nosotros.

La información contenida en éste documento es confidencial y propiedad del promotor del estudio. La información del mismo será suministrada sólo a los investigadores y colaboradores acreditados en el estudio. Queda prohibida su reproducción sin previa autorización por escrito del promotor.

Anexo 3

Programa de entrenamiento con dispositivo Hand-Grip



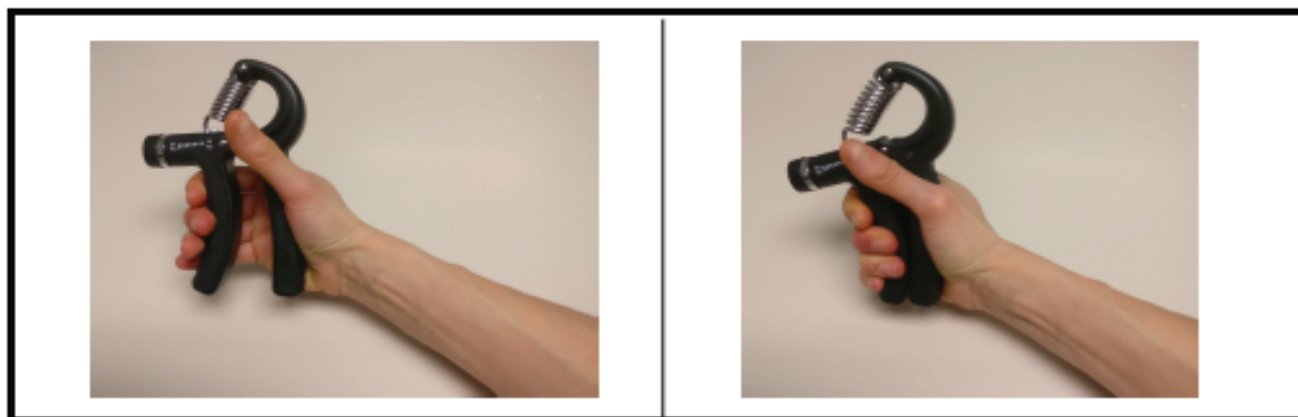
MAÑANA

	SETS	REPETIR	EL DÍA DE LA SEMANA						
			DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
PRIMERA SEMANA	5 SERIE X 20 REPETICIONES= 100	X 2							
SEGUNDA SEMANA	5 SERIE X 25 REPETICIONES= 125	X 2							
TERCERA SEMANA	5 SERIE X 30 REPETICIONES= 150	X 2							
CUARTA SEMANA	5 SERIE X 35 REPETICIONES= 175	X 2							

TARDE

Nº DE SEMANA	SETS	REPETIR	EL DÍA DE LA SEMANA						
			DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
PRIMERA SEMANA	5 SERIE X 20 REPETICIONES= 100	X 2							
SEGUNDA SEMANA	5 SERIE X 25 REPETICIONES= 125	X 2							
TERCERA SEMANA	5 SERIE X 30 REPETICIONES= 150	X 2							
CUARTA SEMANA	5 SERIE X 35 REPETICIONES= 175	X 2							

- Apretar con la mano de la fístula según la tabla de frecuencias y marcar diariamente la casilla correspondiente una vez realizado el ejercicio.





Anexo 4

Irati Tapia González, Vicent Esteve Simó, Sara Ibañez Pallarés, Fátima Moreno Guzmán, Miquel Fulquet Nicolas, Verónica Duarte Gallego, Anna Saurina Solé, Mónica Pou Potau, Montserrat Yeste Campos, Manel Ramírez de Arellano. Upper limb isometric exercise protocolled programme and arteriovenous fistula maturation process. Clin Kidney J. Volume 14, Issue 2, February 2021, Pages 688–695.

Clin Kidney J. Volume 14, Issue 2, February 2021, Pages 688–695.

Anexo 5

Iratí Tapia González, Vicent Esteve Simó, Sara Ibañez Pallarés, Fátima Moreno Guzmán, Miquel Fulquet Nicolas, Verónica Duarte Gallego, Anna Saurina Solé, Mónica Pou Potau, Montserrat Yeste Campos, Manel Ramírez de Arellano. Elderly patients, isometric exercise, and native vascular maturation: An unsolved question? Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

(Hemodialysis international. November 2020 <https://doi.org/10.1111/hdi.12900>)

