

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
FACULTAD DE MEDICINA
TRABAJO FIN DE GRADO EN PODOLOGÍA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



**IMPORTANCIA DEL ANGIOSOMA EN LA REVASCULARIZACIÓN
DEL MIEMBRO INFERIOR EN PACIENTES CON ISQUEMIA
CRÍTICA: PERSPECTIVAS MÉDICO-QUIRÚRGICAS**

Autora: Verónica Lloret Mínguez

Tutor: Nicanor Morales Delgado

Cotutora: María del Pilar Madrigal Verdú

Departamento y Área: Histología y Anatomía. Área de Anatomía y Embriología Humana.

Curso Académico: 2023-2024

Convocatoria: Junio

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	4
2. ABSTRACT.....	5
3. INTRODUCCIÓN.....	6
3.1. Definición y concepto de angiosoma.....	6
3.2. Angiosomas del tobillo y pie.....	6
3.3. Relación directa entre isquemia crítica y diabetes mellitus en pacientes adultos.....	9
3.4. Revascularización directa e indirecta del angiosoma.....	9
3.5. Hipótesis y justificación del estudio.....	9
3.5.1. Hipótesis general.....	9
3.5.2. Hipótesis específica.....	10
3.5.3. Justificación del estudio.....	10
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivo general.....	10
4.2. Objetivos específicos.....	11
5. METODOLOGÍA.....	12
5.1. Diseño del estudio.....	12
5.2. Protocolo de búsqueda.....	12
5.3. Criterios de inclusión.....	12
5.4. Criterios de exclusión.....	13
5.5. Estrategia de búsqueda.....	13
5.6. Proceso de selección de estudios.....	14
5.7. Herramienta de valoración del riesgo de sesgo.....	16
6. RESULTADOS.....	17
7. DISCUSIÓN.....	20
7.1. Limitaciones del estudio.....	21
7.2. Fortalezas del estudio.....	22
7.3. Perspectiva de futuro.....	22
8. CONCLUSIONES.....	23
9. BIBLIOGRAFÍA.....	24
10. AGRADECIMIENTOS.....	29
11. ANEXO I.....	30

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADP	Arteria Dorsal del Pie (Pedia)
AP	Arteria Peronea
ATA	Arteria Tibial Anterior
CASPe	Critical Appraisal Skills Programme
DR	Revascularización Directa
EAP	Enfermedad Arterial Periférica
ICMI	Isquemia Crítica de las Extremidades Inferiores
IR	Revascularización Indirecta
MA	Modelo Angiosómico
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses
PTA	Arteria Tibial Posterior
ROBINS-I	Risk of Bias in Non-randomized Studies of Interventions
TEV	Terapia Endovascular
TFG	Trabajo Fin de Grado

1. RESUMEN

Introducción: El concepto anatómico de angiosoma ha revolucionado la planificación quirúrgica. Un angiosoma es una región vascular tridimensional definida por una arteria principal y sus venas accesorias en cada área cutánea. En la isquemia crítica del miembro inferior, este concepto se ha aplicado para mejorar los resultados de revascularización.

Objetivo principal: Determinar la importancia del concepto anatómico de angiosoma en el ámbito médico-quirúrgico.

Métodos: Se realizó una revisión bibliográfica descriptiva transversal de la literatura científica disponible hasta el momento sobre la revascularización directa e indirecta siguiendo el modelo angiosómico en pacientes con isquemia crítica del miembro inferior. Las bases de datos consultadas fueron Scopus y Medline. Diez artículos cumplieron los criterios de inclusión.

Resultados: La mayoría de autores indican que la revascularización directa, dirigida al angiosoma afectado, proporciona tasas de cicatrización superiores y una mayor supervivencia sin amputación en comparación con la revascularización indirecta.

Conclusión: El concepto anatómico de angiosoma es importante en la planificación quirúrgica para pacientes con isquemia crítica del miembro inferior. Sin embargo, aún existen limitaciones en la implementación práctica del modelo angiosómico, subrayando la necesidad de más investigaciones para perfeccionar su uso. Además, aunque la revascularización directa ha demostrado dar buenos resultados, la estrategia de revascularización debe adaptarse a las condiciones y características individuales de cada paciente.

Palabras clave: angiosoma, revascularización, isquemia crítica, recuperación de la extremidad.

2. ABSTRACT

Introduction: The anatomical concept of angiosome has revolutionized surgical planning. An angiosome is a three-dimensional vascular region defined by a main artery and its accessory veins in each cutaneous area. In critical limb ischemia, this concept has been applied to improve revascularization outcomes.

Main aim: To determine the importance of the anatomical concept of angiosome in the medical-surgical field.

Methods: A descriptive cross-sectional bibliographic review of the available scientific literature on direct and indirect revascularization following the angiosome model in patients with critical limb ischemia was conducted. The databases consulted were Scopus and Medline. Ten articles met the inclusion criteria.

Results: Most authors indicate that direct revascularization, targeting the affected angiosome, provides higher healing rates and greater amputation-free survival compared to indirect revascularization.

Conclusion: The anatomical concept of angiosome is important in surgical planning for patients with critical limb ischemia. However, there are still limitations in the practical implementation of the angiosome model, highlighting the need for more research to refine its use. Additionally, although direct revascularization has shown good results, the revascularization strategy must be adapted to the individual conditions and characteristics of each patient.

Keywords: angiosome, revascularization, critical limb ischemia, limb salvage

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Definición y concepto de angiosoma

El pie desempeña funciones cruciales al soportar el peso corporal, mantener la postura bípeda, el equilibrio y facilitar la locomoción. La vitalidad, funcionalidad y termorregulación del pie, entre otras funciones, están intrínsecamente vinculadas a las interconectadas e intrincadas redes arteriales dorsal y plantar.

Un angiosoma es una región vascular tridimensional que comprende cada área cutánea irrigada por una arteria principal, segmentaria o distribuidora, sus ramificaciones arteriales asociadas, sus territorios de irrigación tisular y sus venas accesorias⁽¹⁾. Este concepto anatómico, no fisiológico, explica las variaciones anatómicas existentes entre los vasos de distintas regiones del cuerpo, permitiendo comprender los aportes de sangre arterial a la piel y estructuras adyacentes.

El concepto de angiosoma, utilizado en cirugía plástica desde hace décadas y recientemente adquirido por los cirujanos vasculares, se introdujo en 1987 a partir de los estudios de Taylor y Palmer⁽¹⁾, con el propósito de establecer una especie de “mapa arterial del cuerpo humano” (similar al conocido mapa de dermatomas del cuerpo humano), sirviendo como fundamento para la planificación precisa de incisiones y colgajos, así como de una variedad de procesos fisiológicos y patológicos, como el retraso en la cicatrización o la necrosis de los colgajos.

3.2. Angiosomas del tobillo y pie

Aunque el modelo angiosómico (MA) del tobillo y el pie es crucial para comprender la irrigación sanguínea en estas regiones anatómicas, aún no está completamente definido y ha dado lugar a diversas propuestas por parte de diversos autores^{(1), (2), (3), (4), (5)}. Para abordar esta cuestión, tras una exhaustiva revisión de la literatura disponible, hemos creado un modelo simplificado (**Figura 1**). Este modelo pretende cubrir la brecha dejada por la falta de especificidad en las propuestas previas, así como proporcionar una herramienta práctica y valiosa para la comunidad científica. Cabe resaltar que durante el desarrollo de este modelo se han considerado las discrepancias y limitaciones de las propuestas anteriores, tratando de integrar los hallazgos anatómicos más relevantes y consistentes.

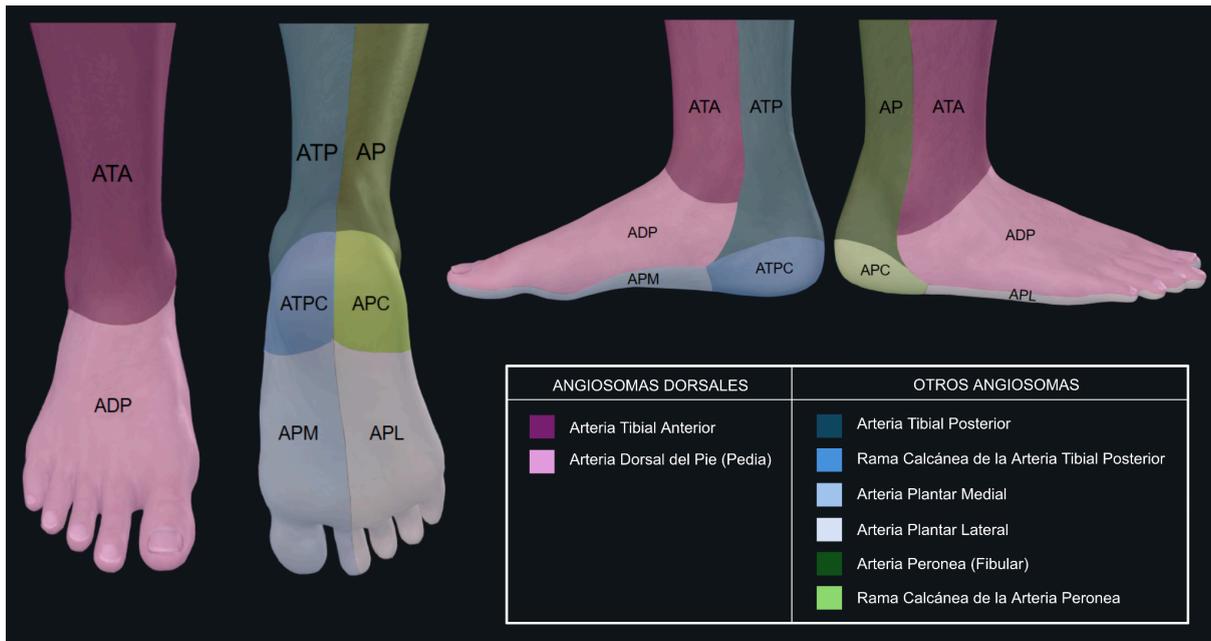


Figura 1. Modelo de angiosomas del tobillo y el pie de un pie derecho propuesto por la autora y tutores de este trabajo. Se muestran los territorios angiosómicos que abarca cada arteria principal (responsable) en una región anatómica determinada. Fuente: elaboración propia mediante el uso de la plataforma de anatomía 3D Complete Anatomy (CA-Elsevier).

Los angiosomas del tobillo y pie son extensiones naturales de los angiosomas de la pierna (**Figura 1**). Se componen de 8 angiosomas a partir de tres arterias principales de la pierna y sus ramas, colaterales o terminales, las cuales se muestran en la **Figura 2** y se describen a continuación⁽⁶⁾:

1. **Arteria Tibial Anterior (ATA):** se origina como rama terminal anterior de la arteria poplítea. Suministra sangre a la región anterior del tobillo. En el tobillo, sus ramas, la arteria maleolar lateral y la arteria maleolar medial forman importantes anastomosis con las ramas distales de la arteria peronea (AP) y la arteria tibial posterior, respectivamente. En la cara dorsal del pie, tras pasar el borde inferior del retináculo extensor inferior, da lugar a su rama terminal, denominada **Arteria Pedia o Dorsal del Pie (ADP)**. Esta proporciona sangre a la región dorsal y a los dedos del pie.
2. **Arteria Tibial Posterior (ATP):** constituye la otra rama terminal de la arteria poplítea. Se origina inferiormente a la ATA. Desciende oblicuamente a lo largo del compartimento posterior de la pierna, junto con el nervio peroneo común, y se incurva

anteriormente para dirigirse hacia la región retromaleolar medial del tobillo (túnel o canal del tarso). En el tobillo se divide en varias ramas:

- **Rama calcánea de la Arteria Tibial Posterior (ATPC):** es una rama colateral de la ATP que irriga el calcáneo y las partes blandas de la región posteromedial del talón.
 - **Arteria Plantar Medial (APM):** constituye la rama terminal medial de la ATP a nivel del túnel del tarso. Mucho más pequeña que su homóloga, la arteria plantar lateral, se dirige anteriormente hacia el primer dedo para irrigar sus caras plantares medial y lateral, así como la cara medial del segundo dedo.
 - **Arteria Plantar Lateral (APL):** constituye la rama terminal lateral de la ATP a nivel del túnel del tarso. Más voluminosa que la APM, parece ser la continuación de la ATP en la planta del pie. Su angiosoma se extiende desde la cara lateral del segundo dedo hasta el quinto.
3. **Arteria Peronea o Fibular (AP):** es la rama terminal lateral de la ATP que nace distal al arco tendinoso del músculo sóleo. Normalmente discurre profunda e inferiormente (vertical) por el compartimento posterior de la pierna. En la mayoría de individuos, la AP emite una rama terminal denominada **Rama Calcánea de la Arteria Peronea (APC;** plantar lateral del talón) o Arteria Peronea Posterior (prolongación inferior de la AP). El territorio angiosómico de la APC comprende la cara lateral del calcáneo y las partes blandas de la región posterolateral del talón.

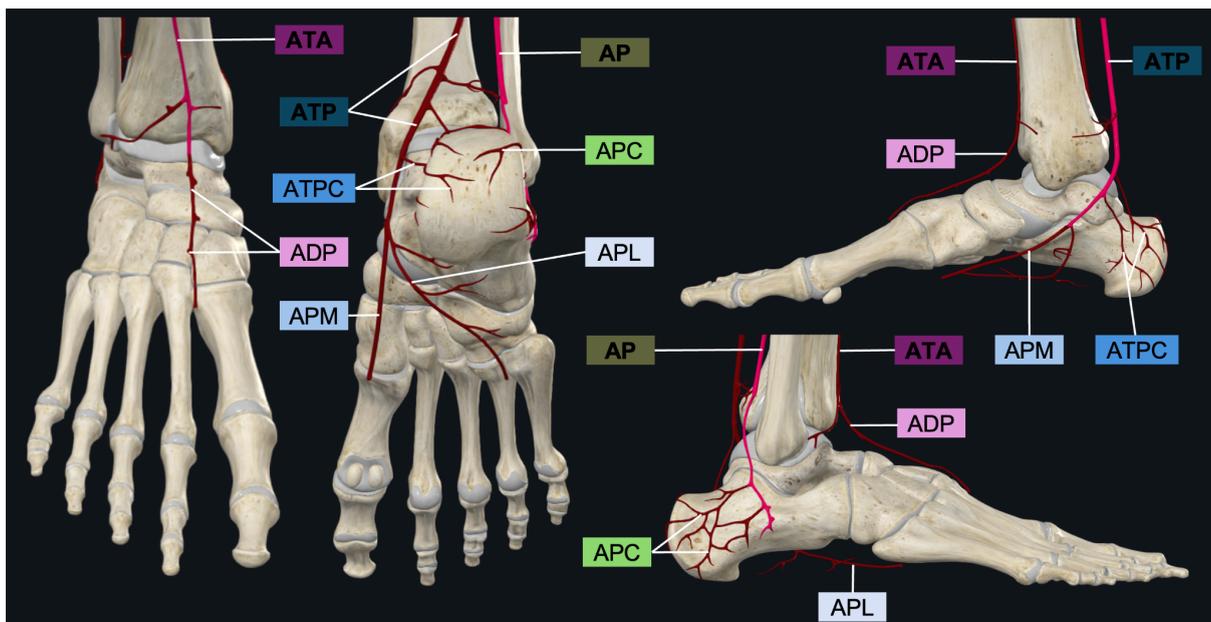


Figura 2. Representación de las arterias principales que conforman el modelo angiosómico del tobillo y pie. Fuente: elaboración propia mediante el uso de la plataforma de anatomía CA-Elsevier.

3.3. Relación directa entre isquemia crítica y diabetes mellitus en pacientes adultos

La enfermedad arterial periférica (EAP) constituye una de las principales enfermedades cardiovasculares que afecta a más de 200 millones de personas en todo el mundo⁽⁷⁾. En esta condición, las arterias que suministran sangre a las extremidades, principalmente a las piernas, experimentan estrechamientos o bloqueos.

La isquemia crítica de las extremidades inferiores (ICMI) es una complicación grave (proceso crónico) de la EAP con pronóstico muy desfavorable, ya que se asocia con un elevado riesgo de amputación mayor, eventos cardiovasculares y mortalidad. La diabetes mellitus (DM) es un factor de riesgo significativo para el desarrollo de la EAP y, por ende, de la ICMI⁽⁸⁾.

En ciertos casos, la presencia concurrente de una alteración del gasto cardíaco puede agravar la perfusión periférica en pacientes con ICMI. La reducción de la oxigenación y la nutrición de los tejidos periféricos puede provocar claudicación o dolor en reposo. Sin embargo, estos síntomas típicos de la EAP pueden estar reducidos o ausentes en pacientes diabéticos con neuropatía⁽⁹⁾.

Las enfermedades cardiovasculares, incluida la EAP, representan la principal causa de morbilidad y mortalidad entre los adultos con DM⁽¹⁰⁾.

3.4. Revascularización directa e indirecta del angiosoma

La revascularización es actualmente el tratamiento de primera línea para la ICMI.

No fue hasta 2008, con los estudios de Alexandrescu⁽¹¹⁾, que se incorporó el modelo angiosómico en la estrategia de revascularización de esta condición. Alexandrescu fue pionero en proponer que la revascularización puede ser más efectiva si la arteria recanalizada nutre directamente el área afectada por la lesión isquémica (revascularización directa). Si no es posible recanalizar la arteria que irriga el angiosoma afectado, la revascularización podría no restaurar adecuadamente el tejido isquémico, a menos que exista una conexión entre la arteria revascularizada y la arteria que alimenta el angiosoma (revascularización indirecta).

3.5. Hipótesis y justificación del estudio

3.5.1. Hipótesis general

La comprensión y aplicación adecuada del concepto anatómico de angiosoma en el ámbito médico-quirúrgico tiene el potencial de mejorar significativamente el tratamiento de la ICMI.

3.5.2. Hipótesis específica

Con respecto a la revascularización directa (DR) *versus* revascularización indirecta (IR) en pacientes con ICMI, se espera que la DR, dirigida a los angiosomas afectados, mejore la cicatrización de las heridas, la salvación de las extremidades y la perfusión tisular en comparación con la revascularización indirecta.

3.5.3. Justificación del estudio

La importancia del concepto anatómico de angiosoma en el ámbito médico-quirúrgico ha sido objeto de interés y debate en la comunidad científica. El conocimiento de los angiosomas del tobillo y el pie permite a los podólogos ofrecer un diagnóstico más preciso, tratamientos más efectivos y una mejor prevención y manejo de complicaciones vasculares en sus pacientes (desde el cuidado de heridas y úlceras hasta amputaciones).

Además, durante los procedimientos quirúrgicos, como la extracción de tejido necrosado o la realización de colgajos, conocer los angiosomas ayuda a preservar el suministro sanguíneo y mejorar los resultados postoperatorios. Por otro lado, informar a los pacientes sobre la importancia de la circulación en el pie y cómo afecta a su salud puede mejorar la adherencia a las recomendaciones de cuidado y tratamiento.

Por todo ello, esta revisión pretende sintetizar la literatura existente, proporcionando una visión integral que permitirá a los profesionales médicos y quirúrgicos, especialmente a los cirujanos podológicos, comprender mejor cómo los angiosomas influyen en el manejo de esta enfermedad. Creemos firmemente que los resultados de este Trabajo Fin de Grado (TFG) tendrán un impacto significativo en la toma de decisiones clínicas e incluso pueden impulsar el desarrollo de nuevas estrategias de tratamiento en esta área.

4. OBJETIVOS

Por todo lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo nos hemos planteado los siguientes objetivos:

4.1. Objetivo general

- Determinar la importancia del concepto anatómico de angiosoma en el ámbito médico-quirúrgico.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la eficacia de la revascularización directa *versus* revascularización indirecta en pacientes con ICMI.
- Identificar posibles desafíos y limitaciones en la aplicación práctica del modelo angiosómico en la revascularización del miembro inferior en pacientes con isquemia crítica.



5. METODOLOGÍA

5.1. Diseño del estudio

Para la realización de este trabajo de revisión bibliográfica descriptiva transversal se ha consultado la literatura científica existente, entre enero y abril de 2024. Se han aplicado criterios rigurosos en la búsqueda, selección y análisis de la calidad metodológica de los artículos seleccionados, como se detalla en los subapartados siguientes de esta sección metodológica.

Por otro lado, la Oficina de Investigación Responsable (OIR) de la Universidad Miguel Hernández de Elche ha aprobado la realización de esta revisión bibliográfica sistematizada, asignándole el siguiente Código de Investigación Responsable (COIR): **TFG.GPO.NMD.VLM.240312 (Anexo I)**.

5.2. Protocolo de búsqueda

Se siguió la estrategia PICO (acrónimo formado por sus siglas en inglés: P: Participants; I: Interventions; C: Comparisons; O: Outcomes) para facilitar la búsqueda de las palabras clave, la construcción posterior de la ecuación de búsqueda y la redacción de los objetivos y criterios de elegibilidad.

En primer lugar, se realizó la pregunta estratégica objeto de estudio de este TFG: ¿Cuál es la importancia del concepto anatómico angiosoma en la planificación y ejecución de la revascularización del miembro inferior en pacientes con isquemia crítica?

P: POBLACIÓN: Pacientes con isquemia crítica en el miembro inferior.

I: INTERVENCIÓN: Uso del concepto anatómico angiosoma en la planificación y ejecución de procedimientos de revascularización del miembro inferior.

C: COMPARATIVA: Revascularización directa *versus* revascularización indirecta

O: RESULTADOS: Mejora en la tasa de éxito de la revascularización, cicatrización de heridas, prevención de amputaciones, y mejoría en la perfusión y función del miembro inferior en pacientes con isquemia crítica.

5.3. Criterios de inclusión

- Artículos publicados en los últimos 15 años.
- Publicaciones en inglés y español.
- Texto de acceso libre: resumen y texto completo.
- Estudios realizados en población humana adulta.
- Pacientes con isquemia crítica.

- Pacientes diabéticos.

5.4. Criterios de exclusión

- Artículos con fecha de publicación anterior a 2009.
- Población infantil y geriátrica.
- Revisiones bibliográficas y metaanálisis.
- Artículos en idiomas diferentes a los mencionados.
- Otros seres vivos.
- Literatura gris.

5.5. Estrategia de búsqueda

Esta revisión bibliográfica se ha realizado basándose en la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en dos bases de datos principales: Scopus y Medline (acceso a través de su motor de búsqueda Pubmed).

La estrategia de búsqueda incluyó las siguientes palabras clave combinadas en las diferentes bases de datos documentales: “angiosome”, “revascularization”, “diabetes”, “critical limb ischemia”, “limb salvage”. Todas estas fueron utilizadas como descriptores de Ciencias de la Salud en inglés, Medical Subject Heading (MeSH). Para formular las cadenas de búsquedas se emplearon estos descriptores y los operadores booleanos “AND” y “OR”. Se encontraron un total de 292 resultados en Medline y 348 en Scopus (**Tabla 1**).

SCOPUS	
(angiosome) AND (revascularization) AND (diabetes) AND (critical limb ischemia) AND (limb salvage)	42
(angiosome) AND (revascularization) AND (critical limb ischemia)	128
(angiosome) AND (limb salvage) AND (critical limb ischemia)	104
(revascularization direct) OR (revascularization indirect) AND (angiosome) AND (ischemia)	74
MEDLINE	
(angiosome) AND (revascularization) AND (diabetes) AND (critical limb ischemia) AND (limb salvage)	33
(angiosome) AND (revascularization) AND (critical limb ischemia)	96
(angiosome) AND (limb salvage) AND (critical limb ischemia)	85
(revascularization direct) OR (revascularization indirect) AND (angiosome) AND (ischemia)	78

Tabla 1. Descriptores MeSH utilizados. Fuente: elaboración propia.

5.6. Proceso de selección de estudios

La **Figura 3** resume la estrategia de búsqueda empleada durante el proceso de búsqueda de la literatura científica. En un primer paso de identificación, siguiendo los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvo una muestra inicial de 749 artículos, de los cuales tras la lectura del título y el resumen de los estudios teniendo en cuenta los criterios de elegibilidad, se excluyeron 491. Posteriormente, se eliminaron otros 186 artículos por estar duplicados, seleccionando un total de 54 artículos potencialmente útiles para responder a los objetivos planteados. Sin embargo, tras una evaluación crítica utilizando la guía CASPe⁽¹²⁾, la selección final se redujo a 10 artículos.

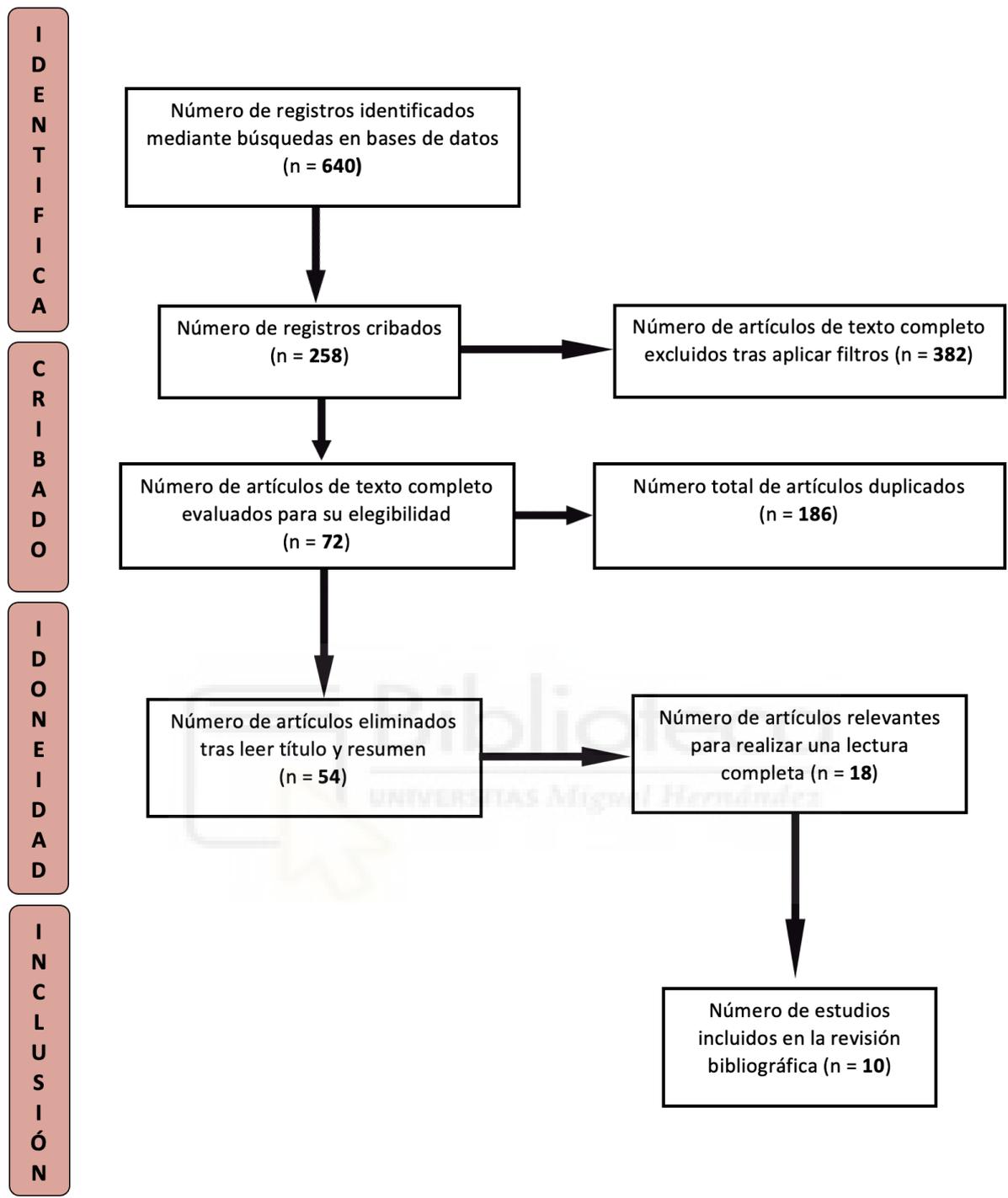


Figura 3. Diagrama de flujo tipo PRISMA 2009 en el que se muestra el número de artículos identificados, incluidos y excluidos, así como las razones de las exclusiones. Fuente: elaboración propia.

5.7. Herramienta de valoración del riesgo de sesgo

Para evaluar el riesgo de sesgo en los artículos seleccionados para esta revisión, se utilizó la herramienta ROBINS-I⁽¹³⁾ (Tabla 2). Esta herramienta está específicamente diseñada para evaluar el riesgo de sesgo en estudios observacionales, como estudios de cohortes y estudios de casos y controles. Evalúa 7 dominios de sesgo potencial, y cada uno se califica según la información proporcionada en el estudio, clasificándose como bajo riesgo de sesgo, riesgo moderado de sesgo, riesgo grave de sesgo o riesgo crítico de sesgo. Al final, se realiza una evaluación global del riesgo de sesgo en el estudio. Todos los estudios fueron incluidos debido a la ausencia de riesgo crítico en ninguno de los seleccionados.

autores	selección	confusión	clasificación de la intervención	desviación de la intervención	mediciones de resultados	datos faltantes	informe selectivo	total
Iida et al. (2010) ⁽¹⁴⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Hendawy et al. (2019) ⁽¹⁵⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Aadarsh et al. (2013) ⁽¹⁶⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Azuma et al. (2012) ⁽¹⁷⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Hou et al. (2022) ⁽¹⁸⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Blanes Ortí et al. (2011) ⁽¹⁹⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Kret et al. (2014) ⁽²⁰⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Špillerová et al. (2017) ⁽²¹⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Iida et al. (2012) ⁽²²⁾	●	●	●	●	●	●	●	●
Kobayashi et al. (2014) ⁽²³⁾	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabla 2. Valoración de los artículos incluidos en este trabajo según los criterios de la herramienta ROBINS-I. **Bajo:** "comparable a un ensayo aleatorio bien realizado". **Moderado:** "sonido para un estudio no aleatorio" pero no comparable a un ensayo aleatorizado riguroso. **Grave:** presencia de "problemas importantes". **Crítico:** "demasiado problemático... para proporcionar cualquier evidencia útil sobre los efectos de la intervención". No hay información [?]: información insuficiente proporcionada para determinar el riesgo de sesgo. Fuente: elaboración propia.

6. RESULTADOS

El análisis documental de esta revisión, en la que se incluyeron un total de 10 artículos, se detalla a continuación (**Tabla 3**).

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA	OBJETIVOS	RESULTADOS
Iida et al. (2010) ⁽¹⁴⁾	EOR	n=177 (203 extremidades)	Comparar el flujo directo e indirecto al sitio de la ulceración basado en el concepto de angiosoma con respecto a la ausencia de amputación para el paciente con ICMI sometido a tromboembolismo venoso (TEV).	Tasa general de salvación de la extremidad: 82%. Presión de perfusión cutánea: Grupo directo (67±25 mm Hg), Grupo indirecto (41±20 mmHg). Tasa de salvación de extremidades: Grupo directo (86%), Grupo indirecto (69%). Número de vasos con flujo de escorrentía: Sin influencia en la tasa de salvación de la extremidad.
Hendawy et al. (2019) ⁽¹⁵⁾	EOC	n=50 (34 ♂, 16 ♀), 49 - 77 años	Comparar los resultados clínicos y el éxito técnico cuando se logró la DR versus la IR después de una técnica endovascular para pacientes con ICMI con lesiones aisladas debajo de la rodilla.	Lesiones: 132 (46 ATA, 43 PTA, 29 AP, 19 ADP). Tasa de salvación de la extremidad: Grupo directo (75%), Grupo indirecto (67%). Ausencia de eventos adversos en las extremidades: Grupo directo (65%), Grupo indirecto (55%). Ausencia de amputación mayor: Grupo directo (86%), Grupo indirecto (75%).
Aadarsh et al. (2013) ⁽¹⁶⁾	EOC	n=64	Comparar la DR con la IR del angiosoma isquémico en cuestión.	Amputación mayor: 9 de 49 pacientes (18.4%). Salvación de la extremidad: 40 de 49 pacientes (81.6%). Curación de úlceras a 1 mes: 7.9% (DR) vs. 5% (IR). Curación de úlceras a 3 meses: 57.6% (DR) vs 12.5% (IR). Curación de úlceras a 6 meses: 96.4% (DR) vs. 83.3% (IR). La salvación de la extremidad en el grupo DR (84%) y el grupo IR (75%) no fue estadísticamente significativa. Mortalidad a los 6 meses: 10.2% (DR) vs. 20% (IR).

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA	OBJETIVOS	RESULTADOS
Azuma et al. (2012) ⁽¹⁷⁾	ECR	n=228 (249 extremidades)	Determinar los factores que afectan a la cicatrización de heridas isquémicas y el papel del concepto de angiosoma en la cirugía de bypass.	Curación completa de heridas isquémicas: 84.7%. Factores predictores negativos: Enfermedad Renal Terminal (ESRD), diabetes, Rutherford 6, albúmina baja. Tasa de curación: Grupo IR más lenta que DR, pero similares después de ajustes.
Hou et al. (2022) ⁽¹⁸⁾	EOR	n=11 (112 extremidades)	Evaluar el efecto de la revascularización basada en el concepto de angiosoma en la úlcera de pie diabético.	Tasa de curación de úlceras: Grupo DR (70.4%) vs. Grupo IR (34.1%). Tiempo medio hasta la curación de úlceras: Grupo DR (7.01 ± 4.26 meses) vs. Grupo IR (10.09 ± 3.24 meses). Tasa de supervivencia: Grupo DR (90.1%) vs. Grupo IR (53.7%). Tasa de supervivencia libre de amputación mayor: Grupo DR (81.7%) vs. Grupo IR (48.8%).
Blanes Ortí et al. (2011) ⁽¹⁹⁾	EOR	n=32 (34 extremidades)	Analizar si la adquisición de flujo directo al angiosoma isquémico del pie influye en la cicatrización y en el salvamento de la extremidad ante isquemia crítica tratada mediante terapia endovascular.	Cicatrización completa de heridas: 76.5%. Tiempo total de curación: Grupo RD (157.8 días) vs. Grupo RI (124.5 días). Éxito de cicatrización completa: RD (77.8%) vs. RI (73.7%). Tasa de salvamento de extremidad al año: RD (89%) vs. RI (84%).
Kret et al. (2014) ⁽²⁰⁾	EOR	n=106	Comparar las puntuaciones de escorrentía de la DR vs. IR y runoff en pacientes con ICMI sometidos a derivación infrapoplítea por heridas en el pie.	Tasa de cicatrización completa de heridas: Grupo DR (78%) vs. Grupo IR (46%). Tiempo hasta completar la curación: Grupo DR (99 días) vs. Grupo IR (195 días). Supervivencia media libre de amputación: Grupo RD (75 meses) vs. Grupo RI (71 meses).

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA	OBJETIVOS	RESULTADOS
Špillerová et al. (2017) ⁽²¹⁾	PCE	n=658	Comparar las 2 definiciones de DR en pacientes con lesiones del pie que involucran más de un angiosoma y evaluar qué definición predice mejor el resultado clínico.	Amputación mayor: 9 de 49 pacientes (18.4%). Salvación de la extremidad: 40 de 49 pacientes (81.6%). Curación de úlceras a 1 mes: 7.9% (DR) vs. 5% (IR). Curación de úlceras a 3 meses: 57.6% (DR) vs. 12.5% (IR). Curación de úlceras a 6 meses: 96.4% (DR) vs. 83.3% (IR). La salvación de la extremidad en el grupo DR (84%) y el grupo IR (75%) no fue estadísticamente significativa. Mortalidad a los 6 meses: 10.2% (DR) vs. 20% (IR).
Iida et al. (2012) ⁽²²⁾	EOR	n=329 (369 extremidades)	Comparar los resultados clínicos entre extremidades con y sin logro del flujo arterial de alimentación mediante TEV basada en el concepto de angiosoma en pacientes con ICMI con lesiones aisladas debajo de la rodilla y evaluar los factores que influyen en la amputación mayor.	Durante un seguimiento de 16-18 meses, la tasa de salvación de la extremidad fue del 81%, la mortalidad del 36% y la tasa de reintervención del 31%. El grupo directo mostró mejores resultados en supervivencia libre de amputación y menor incidencia de amputaciones mayores hasta 4 años después del procedimiento inicial, comparado con el grupo indirecto. Factores asociados con amputación mayor incluyeron niveles de hemoglobina A1c y administración de cilostazol en el grupo directo, y nivel de proteína C reactiva en el grupo indirecto.
Kobayashi et al. (2014) ⁽²³⁾	EOR	n=138 (166 extremidades)	Evaluar la curación de cada herida según su ubicación en pacientes con ICMI después de la TEV.	Tasas de cicatrización de heridas a los 3, 6, 9 y 12 meses: Grupo T (51%, 64%, 75%, 75%), Grupo H (12%, 36%, 36%, 52%), Grupo E (0%, 5%, 8%, 13%). Mediana del tiempo hasta la curación: Grupo T (64 días), Grupo H (168 días), Grupo E (267 días), p = 0.038.

Tabla 3. Características generales de los estudios seleccionados. Estudio Clínico Retrospectivo (**ECR**); Estudio Observacional Clínico (**EOC**); Estudio Observacional Retrospectivo (**EOR**); Estudio Prospectivo de Cohortes (**PCE**). Fuente: elaboración propia.

7. DISCUSIÓN

La realización de este TFG sobre el concepto anatómico de los angiosomas del tobillo y pie es interesante porque mejora la comprensión de la vascularización específica en estas regiones críticas del miembro inferior. Este conocimiento es esencial para realizar diagnósticos precisos y tratamientos eficaces de afecciones como la ICMI. Además, puede influir en la planificación de los procedimientos quirúrgicos, la revascularización o la cicatrización de heridas, especialmente en pacientes con DM. Por tanto, anticipamos que este trabajo podría beneficiar considerablemente tanto a los pacientes como a la práctica clínica podológica.

Ahondando más en este ámbito, descubrimos que la mayoría de los estudios consideran el MA como un factor significativo en la revascularización. En líneas generales, cada estudio ofrece una perspectiva única sobre la efectividad de la DR frente a la IR y analiza la influencia de factores como la aplicación del concepto de angiosoma, la clasificación de heridas, la curación de úlceras, la tasa de salvación de extremidades y otros parámetros clínicos.

Por un lado, varios autores resaltan que la DR conduce a mejores tasas de curación de úlceras comparado con la IR. Por ejemplo, el estudio de Iida et al.⁽¹⁴⁾ subraya que lograr un flujo directo al sitio de ulceración es crucial para la curación y la salvación de las extremidades. De manera similar, Hendawy et al.⁽¹⁵⁾ y Aadarsh et al.⁽¹⁶⁾ observaron que la libertad de eventos adversos mayores y la salvación de extremidades fueron superiores en el grupo DR. Sin embargo, otros estudios como el de Blanes Ortí et al.⁽¹⁹⁾ argumentan que la IR puede ser igualmente eficaz si se utilizan las conexiones arteriales adecuadas. Špillerová et al.⁽²¹⁾ demostraron que la mayoría de los pacientes con ICMI tienen heridas que afectan a múltiples angiosomas, sugiriendo que apuntar a cualquier arteria angiosomal involucrada puede ser una estrategia efectiva.

Es importante destacar asimismo que tanto Kret et al.⁽²⁰⁾ como Hou et al.⁽¹⁸⁾ concluyen que, aunque la DR no tiene un impacto significativo en la supervivencia libre de amputaciones mayores, sí reduce el tiempo de cicatrización de heridas, lo que puede mejorar la calidad de vida de los pacientes y reducir los costos asociados al cuidado de heridas.

Por otro lado, Kobayashi et al.⁽²³⁾ presentan un análisis detallado sobre cómo la ubicación y extensión de la herida afectan a la tasa de curación. Su estudio revela que las heridas extensas en el pie tienen las tasas de curación más bajas, independientemente de la técnica de revascularización utilizada, y sugiere que otros factores como la compresión durante el movimiento y la tasa de infección también juegan un papel crucial. Asimismo, Azuma et

al.⁽¹⁷⁾ señalan también la importancia de la ubicación y extensión de las heridas isquémicas, destacando que pueden ser más relevantes que el angiosoma en términos de cicatrización de heridas. Cabe destacar que estos autores utilizaron métodos de puntuación de propensión para minimizar las diferencias de fondo entre los grupos DR e IR, concluyendo que no existen diferencias significativas en la tasa de salvación de extremidades o de curación de heridas una vez que se controlan estas variables. Este enfoque estadístico avanzado no se observa en otros estudios, poniendo de manifiesto una diferencia en la rigurosidad y complejidad del análisis de datos.

Al hilo de lo anterior, Iida et al.⁽²²⁾ hacen hincapié en la importancia del control glucémico para garantizar el éxito de la revascularización, sugiriendo que un control deficiente puede aumentar el riesgo de amputación mayor, independientemente de la técnica de revascularización utilizada. Este factor no es destacado en otros estudios, lo que indica una diferencia notable en las variables consideradas cruciales para los resultados.

En resumen, no cabe duda de que la DR generalmente proporciona mejores resultados en términos de tiempo de curación de úlceras y tasas de curación según varios estudios. Sin embargo, la evidencia científica actual sobre la superioridad en la salvación de extremidades no es concluyente. La importancia del control glucémico y las características individuales de las heridas también emergen como variables a tener en cuenta para un tratamiento exitoso. Por tanto, a tenor de todo lo anteriormente expuesto, nos gustaría destacar la necesidad de personalizar las estrategias de revascularización según las características específicas de cada paciente y herida.

7.1. Limitaciones del estudio

El principal inconveniente que hemos tenido durante la realización de este trabajo ha sido la escasa bibliografía disponible sobre el tema principal. Además, hemos encontrado otras limitaciones, como la heterogeneidad y variabilidad en las características y comorbilidades de los pacientes, lo que puede afectar la generalización de los resultados. También observamos diferencias en los períodos de seguimiento entre estudios, lo que puede influir en la comparación directa de los resultados. Otro factor limitante ha sido que algunos de los estudios analizados con la herramienta ROBINS-I⁽¹³⁾ presentaron un riesgo grave de sesgo, lo cual podría alterar los resultados.

7.2. Fortalezas del estudio

La presente revisión bibliográfica sigue los consejos y la normativa de la Declaración PRISMA. A pesar de que no se trata de una revisión sistemática clásica, las conclusiones derivadas de este estudio pueden ser más robustas que las obtenidas de otras revisiones bibliográficas que no sigan este protocolo.

Por otra parte, nos gustaría poner de relieve nuestra novedosa propuesta de modelo angiosómico del tobillo y pie (**Figura 1**), que podría representar una importante contribución a la comunidad científica y constituir un avance significativo para futuros estudios y publicaciones.

7.3. Perspectiva de futuro

La viabilidad de los colgajos cutáneos es fundamental en la cirugía reconstructiva, especialmente en pacientes con ICMI. El MA proporciona una guía para la planificación quirúrgica al identificar las unidades funcionales de perfusión sanguínea en la piel y los tejidos blandos. Sin embargo, todavía se desconoce cómo la estructura vascular de los colgajos, en términos de unipediculados o multipediculados, impacta en su viabilidad en relación con el MA. Por lo tanto, en el futuro sería necesario realizar más investigaciones (exhaustivas) sobre la influencia de la pediculación de los colgajos en su viabilidad y resultados clínicos, considerando la adecuación de la perfusión sanguínea según el MA. Este enfoque podría proporcionar información valiosa para mejorar la selección y el diseño de colgajos cutáneos en la práctica clínica, especialmente en pacientes con ICMI, supliendo en gran medida las falencias encontradas por el personal sanitario capacitado.

Este TFG resalta la complejidad del tratamiento de la ICMI y la necesidad de un enfoque multidisciplinario que vaya más allá de la técnica de revascularización empleada (DR vs. IR). Por ello, creemos firmemente que es fundamental continuar investigando para optimizar las estrategias de tratamiento y mejorar los resultados para los pacientes con ICMI.

Por último, este trabajo debería ser considerado como un punto de partida para investigaciones más exhaustivas sobre el tema en cuestión. Debido a la limitada muestra, su heterogeneidad y la variabilidad de las características de la intervención, no podemos extraer conclusiones robustas ni fidedignas. Por consiguiente, serían necesarios futuros estudios controlados, aleatorizados, prospectivos y comparativos que proporcionen un nivel de evidencia suficiente para demostrar la superioridad de la aplicación del MA en la revascularización del miembro inferior en la isquemia crítica.

8. CONCLUSIONES

Del presente trabajo se desprenden las siguientes conclusiones:

- El concepto anatómico de angiosoma del tobillo y pie juega un papel fundamental en el ámbito médico-quirúrgico al proporcionar una guía precisa para la planificación quirúrgica. Al identificar las áreas específicas de perfusión sanguínea que requieren tratamiento, el angiosoma permite una intervención más dirigida y personalizada. Esta precisión contribuye a reducir las posibles complicaciones postoperatorias al asegurar una cobertura vascular adecuada y una mejor cicatrización de los tejidos afectados, mejorando así la calidad de vida de los pacientes.
- La integración del modelo angiosómico (MA) en la práctica clínica podría mejorar notablemente los resultados quirúrgicos del cirujano podológico, especialmente en contextos como la revascularización del miembro inferior en la isquemia crítica.
- La revascularización directa (DR) suele ofrecer mejores resultados en cuanto al tiempo de cicatrización de heridas y tasas de curación en comparación con la revascularización indirecta (IR). Sin embargo, la IR puede ser igualmente efectiva si se aprovechan adecuadamente las conexiones arterioarteriales disponibles, lo que sugiere que ambas técnicas pueden ser válidas según el contexto clínico y anatómico del paciente. Esta flexibilidad en la elección de la técnica de revascularización subraya la importancia de una evaluación individualizada y meticulosa de cada caso clínico, considerando tanto los factores médicos como los anatómicos para garantizar los mejores resultados posibles para el paciente.
- La implementación práctica del MA en la revascularización de miembros inferiores en pacientes con isquemia crítica de miembros inferiores (ICMI) posee varios desafíos y limitaciones importantes. Estos desafíos incluyen la variabilidad anatómica interindividual, lo que dificulta la identificación precisa de los límites de los angiosomas. Además, la presencia de EAP avanzada puede comprometer múltiples angiosomas, dificultando aún más la aplicación efectiva del MA. Asimismo, la implementación exitosa de este modelo en la práctica clínica de un podólogo requiere grandes habilidades quirúrgicas y una experiencia considerable por parte del equipo médico. Estos obstáculos subrayan la necesidad de una cuidadosa consideración y evaluación de cada caso individual, así como un enfoque multidisciplinario para abordar los desafíos asociados con la aplicación del MA en la atención podológica.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* [Internet]. 1987;40(2):113–41. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0007-1226\(87\)90185-8](http://dx.doi.org/10.1016/0007-1226(87)90185-8)
2. Ferraresi R, Clerici G, Casini A, Ucci A, Caminiti MS, Minnella D, et al. Foot angiosomes: Instructions for use. *Int J Low Extrem Wounds* [Internet]. 2020;19(4):293–304. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/1534734620954745>
3. Sumpio BE, Forsythe RO, Ziegler KR, van Baal JG, Lepantalo MJA, Hinchliffe RJ. Clinical implications of the angiosome model in peripheral vascular disease. *J Vasc Surg* [Internet]. 2013;58(3):814–26. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2013.06.056>
4. Braver J, Bilicich S, Ferreyra M, Gnocchi A, Lamura R, Núñez E, et al. CONCEPTO DE ANGIOSOMA Y SU IMPLICANCIA EN EL PIE DIABÉTICO. *Rev Soc Argent Diabetes* [Internet]. 2014;48(1):39. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.47196/diab.v48i1.183>
5. van den Berg JC. Angiosome perfusion of the foot: An old theory or a new issue? *Semin Vasc Surg* [Internet]. 2018;31(2–4):56–65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2018.12.002>
6. Delmas A, Rouvière H. Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional. Testut, L “Tratado Anat humana. 2005.

7. Fowkes FGR, Rudan D, Rudan I, Aboyans V, Denenberg JO, McDermott MM, et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet* [Internet]. 2013;382(9901):1329–40. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(13\)61249-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(13)61249-0)
8. Singh MV, Dokun AO. Diabetes mellitus in peripheral artery disease: Beyond a risk factor. *Front Cardiovasc Med* [Internet]. 2023;10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2023.1148040>
9. Uccioli L, Meloni M, Izzo V, Giurato L, Merolla S, Gandini R. Critical limb ischemia: current challenges and future prospects. *Vasc Health Risk Manag* [Internet]. 2018;14:63–74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2147/vhrm.s125065>
10. Fox CS, Golden SH, Anderson C, Bray GA, Burke LE, de Boer IH, et al. Update on prevention of cardiovascular disease in adults with type 2 diabetes mellitus in light of recent evidence: A scientific statement from the American heart association and the American diabetes association. *Diabetes Care* [Internet]. 2015;38(9):1777–803. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2337/dci15-0012>
11. Alexandrescu V-A, Hubermont G, Philips Y, Guillaumie B, Ngongang C, Vandebossche P, et al. Selective primary angioplasty following an angiosome model of reperfusion in the treatment of Wagner 1–4 diabetic foot lesions: Practice in a multidisciplinary diabetic limb service. *J Endovasc Ther* [Internet]. 2008;15(5):580–93. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1583/08-2460.1>

12. Redcaspe.org. [citado el 28 de mayo de 2024]. Disponible en: https://redcaspe.org/plantilla_revision.pdf
13. Vista de Herramientas ROBINS para evaluar el riesgo de sesgo de estudios no aleatorizados [Internet]. Org.ar. [citado el 28 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.evidencia.org.ar/index.php/Evidencia/article/view/7024/4719>
14. Iida O, Nanto S, Uematsu M, Ikeoka K, Okamoto S, Dohi T, et al. Importance of the angiosome concept for endovascular therapy in patients with critical limb ischemia. *Catheter Cardiovasc Interv* [Internet]. 2010;75(6):830–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/ccd.22319>
15. Hendawy K, Fatah MA, Ismail OAO, Ismail O, Essawy MG, Kader MA. Revascularization of a specific angiosome for limb salvage: does the target artery matter? *Egypt J Radiol Nucl Med* [Internet]. 2019;50(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s43055-019-0106-8>
16. Aadarsh K, Kalkunte R S, Vivekanand V, Motukuru V, Raj S, Muralikrishna N. Outcomes of angiosome and non-angiosome targeted revascularization in critical lower limb ischemia. *J Vasc Surg* [Internet]. 2013;57(1):44–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2012.07.042>
17. Azuma N, Uchida H, Kokubo T, Koya A, Akasaka N, Sasajima T. Factors influencing wound healing of critical ischaemic foot after bypass surgery: Is the angiosome important in selecting bypass target artery? *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2012;43(3):322–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2011.12.001>

18. Hou X, Guo P, Cai F, Lin Y, Zhang J. Angiosome-guided endovascular revascularization for treatment of diabetic foot ulcers with peripheral artery disease. *Ann Vasc Surg* [Internet]. 2022;86:242–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.avsg.2022.02.012>
19. Blanes Ortí P, Riera Vázquez R, Puigmacià Minguell R, Valverde García S, Manuel-Rimbau Muñoz E, Lozano Vilardell P. Revascularización percutánea de angiosomas específicos en isquemia crítica de la extremidad. *Angiología* [Internet]. 2011;63(1):11–7. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0003-3170\(11\)70063-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0003-3170(11)70063-3)
20. Kret MR, Cheng D, Azarbal AF, Mitchell EL, Liem TK, Moneta GL, et al. Utility of direct angiosome revascularization and runoff scores in predicting outcomes in patients undergoing revascularization for critical limb ischemia. *J Vasc Surg* [Internet]. 2014;59(1):121–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2013.06.075>
21. Špillarová K, Biancari F, Settembre N, Albäck A, Venermo M. The prognostic significance of different definitions for angiosome-targeted lower limb revascularization. *Ann Vasc Surg* [Internet]. 2017;40:183–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.avsg.2016.06.040>
22. Iida O, Soga Y, Hirano K, Kawasaki D, Suzuki K, Miyashita Y, et al. Long-term results of direct and indirect endovascular revascularization based on the angiosome concept in patients with critical limb ischemia presenting with isolated below-the-knee lesions. *J Vasc Surg* [Internet]. 2012;55(2):363-370.e5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2011.08.014>

23. Kobayashi N, Hirano K, Nakano M, Muramatsu T, Tsukahara R, Ito Y, et al. Wound healing and wound location in critical limb ischemia following endovascular treatment. *Circ J* [Internet]. 2014;78(7):1746–53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1253/circj.cj-14-0171>



10. AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sentido agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado durante la realización de este Trabajo Fin de Grado.

Mi agradecimiento es, en primer lugar, para mi tutor del TFG, Nicanor Morales. Su orientación, paciencia y conocimiento en la materia jugaron un papel esencial en el desarrollo de este trabajo. He tenido mucho en cuenta sus consejos y sugerencias.

Por otro lado, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a mis amigos por su apoyo incondicional, motivación y aliento cuando era un mar de dudas. Su presencia hizo que este viaje académico no sólo fuera más llevadero sino también inolvidable.

Además, no puedo pasar por alto el inestimable apoyo de mi familia. A mis padres: por su amor, sacrificio e interminable e incesante flujo de motivación que me ha sostenido a lo largo de mi vida, no sólo la académica.

Este proyecto no hubiera sido posible sin el esfuerzo conjunto de todas estas personas. Gracias por ser parte de este logro.

11. ANEXO I



INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE DE 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)

Elche, a 13/03/2024

Nombre del tutor/a	Nicanor Morales Delgado
Nombre del alumno/a	Verónica Lloret Mínguez
Tipo de actividad	Sin implicaciones ético-legales
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	Efectividad de los colgajos cutáneos basados en angiosomas
Evaluación de riesgos laborales	No solicitado/No procede
Evaluación ética humanos	No solicitado/No procede
Código provisional	240312090731
Código de autorización COIR	TFG.GPO.NMD.VLM.240312
Caducidad	2 años

Se considera que el presente proyecto carece de riesgos laborales significativos para las personas que participan en el mismo, ya sean de la UMH o de otras organizaciones.

La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: **Efectividad de los colgajos cutáneos basados en angiosomas** ha sido realizada en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)", habiéndose determinado que no requiere ninguna evaluación adicional. Es importante destacar que si la información aportada en dicho formulario no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, **se autoriza** la realización de la presente actividad.

Atentamente,

Alberto Pastor Campos
Jefe de la Oficina de Investigación Responsable
Vicerrectorado de Investigación y Transferencia