



REVISIÓN

El modelo angiosoma en la estrategia de revascularización de la isquemia crítica

R. Fernández-Samos Gutiérrez

Servicio de Angiología y Cirugía Vascular, Complejo Asistencial Universitario de León, León, España

Recibido el 13 de marzo de 2012; aceptado el 27 de marzo de 2012

Disponible en Internet el 15 de mayo de 2012

PALABRAS CLAVE

Angioplastia;
Angiosoma;
Endovascular;
Isquemia crítica;
Salvamento de
extremidad

KEYWORDS

Angioplasty;
Angiosome;
Endovascular;
Critical Ischemia;
Limb salvage

Resumen La angioplastia de troncos distales es una intervención segura y eficaz, y puede ser de elección en el tratamiento de la isquemia crítica. La estrategia revascularizadora siguiendo el modelo angiosoma puede demostrar superiores beneficios en la curación de las lesiones y en el rescate de las extremidades isquémicas. Este concepto propone dedicar los esfuerzos para llevar flujo arterial a las áreas específicas del pie que presentan isquemia o pérdida tisular, ya sea de forma directa o indirecta. Pero aún necesitamos estudios amplios, prospectivos y comparativos que permitan validar su real aplicabilidad y utilidad. Junto a la revascularización el control agresivo de los factores de riesgo y los cuidados directos sobre las lesiones representan un papel fundamental en el éxito del tratamiento. Esta revisión analiza las más recientes publicaciones que comparten el modelo angiosoma en el tratamiento de la isquemia crítica.

© 2012 SEACV. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

The angiosome model in the revascularization strategy of critical limb ischemia

Abstract Angioplasty is a feasible, safe, and effective procedure, and can be the procedure of choice for treatment of critical limb ischemia. Targeted primary angioplasty following the angiosome model may prove beneficial in terms of better wound healing and subsequent limb salvage. This concept may allow deliberately focusing arterial flow reconstruction in specific limb ischemia areas that exhibit tissue loss and fluctuating "rescue-vessels" supply. Further technical improvements and large comparative studies and prospective data are also needed to make a proper clinical validation. As well as appropriate revascularization, aggressive control of concurrent risk factors in wound healing also play an important role. The present paper proposes a review of the main contemporary publications that share this theory on the treatment of critical limb ischemia.

© 2012 SEACV. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Correo electrónico: rafasamos@telefonica.net

Introducción

Las recientes publicaciones acerca del tratamiento endovascular (TEV) en la isquemia crítica (IC) de los miembros inferiores aportan resultados óptimos sobre la curación de las lesiones isquémicas, preservación de la extremidad y recuperación funcional comparándolas con la cirugía convencional¹⁻⁴. Pero las lesiones isquémicas del pie que pueden conducir a pérdida de la extremidad tienen pocas posibilidades de curación, a pesar de revascularizaciones quirúrgicas o endovasculares exitosas, si las arterias que irrigan las «zonas-diana» donde asientan las lesiones no se revascularizan⁵.

Taylor y Palmer⁶ desarrollaron en 1987 un modelo de división anatómica del cuerpo en territorios vasculares tridimensionales que denominaron «angiosomas», concepto aplicado inicialmente al estudio de la vascularización de la piel y de los colgajos cutáneos.

Su incorporación al lenguaje de los cirujanos vasculares y de otras especialidades que trabajan en el territorio de las arterias distales (angiorradiólogos y cardiólogos hemodinamistas) ha sido paulatina desde hace una década, a partir de los trabajos de Attinger⁷.

La IC está causada por arteriopatía en múltiples niveles, pero invariablemente afecta a las arterias más distales de la extremidad. Aunque la angioplastia distal ofrezca una tasa de permeabilidad moderada a medio plazo, la baja tasa de complicaciones y de morbilidad, el poderla ofrecer a pacientes añosos o de alto riesgo y la posibilidad de repetir los procedimientos parecen razones de peso para indicar como primera opción el TEV^{8,9}.

La tendencia actual es el aumento exponencial de las técnicas de TEV en detrimento de las técnicas de derivación arterial^{10,11}. El TEV puede ser la primera indicación, sobre todo si la expectativa de vida del paciente es baja o convive con severa comorbilidad, si hay severa arteriopatía distal o si no hay vena safena adecuada para injerto¹². La angioplastia distal ofrece la posibilidad de recanalizar múltiples arterias (lo que no consigue la cirugía) con tasas de rescate de extremidad comparables o mejores a la revascularización quirúrgica, pero siendo menos «invasiva» y con estancias hospitalarias más cortas¹³⁻¹⁶. Otros autores siguen defendiendo la superior respuesta a la revascularización directa de arterias distales si es anatómicamente posible^{17,18}.

En la IC los objetivos de la revascularización (tabla 1) pretenden aumentar el flujo arterial global a la extremidad, evitar el dolor de reposo, mejorar la curación de las lesiones,

Tabla 1 Objetivos del tratamiento endovascular en isquemia crítica

Aumentar el flujo arterial al miembro isquémico
Conseguir al menos un flujo pulsátil
Mejorar la curación de la úlcera isquémica
Mejoría o desaparición del dolor en reposo
Evitar o reducir el nivel de amputación
Reducir la duración y el número de hospitalizaciones
Mejorar la movilidad
Mejorar la calidad de vida
Mejorar la supervivencia

Tabla 2 Publicaciones que relacionan el modelo angiosoma con la revascularización en isquemia crítica

Autor	Publicación
Alexandrescu ²⁶	J Endovasc Ther 2008;15: 580-593
Neville ⁴⁴	Ann Vasc Surg 2009;3: 367-373
lida ⁴⁵	Catheter Cardiovasc Interv 2010;75:830-836
Bazan ⁶⁹	Catheter Cardiovasc Interv 2010;75:837
Setacci ²⁷	J Cardiovasc Surg 2010;51:223-231
Varela ⁴⁹	Vasc Endovascular Surg 2010;44:654-60
Clemens ⁷²	Foot Ankle Clin N Am 2010;15:439-464
Terashi ⁵⁹	Plast Reconstr Surg. 2010;126:215e-218e
Manzi ²⁸	Radiographics 2011;31:1623-36
Alexandrescu ⁴³	Diabetes Metab Syndr Obes 2011;4:327-336
lida ⁴⁷	JACC 2011;57:14
Alexandrescu ⁵¹	J Endovasc Ther 2011;18:376-387
Alexandrescu ⁵²	Cardiovascular Revascularization Medicine 2011,12:10-19
Utsunomiya ⁵⁶	J Vasc Surg. 2012;55:113-21
lida ⁴⁶	J Vasc Surg 2012;55:363-370
Alexandrescu ⁷⁰	J Cardiovasc Surg 2012;53:3-12
Autor	Revista Angiología
Vaquero-Lorenzo ⁵⁸	Angiología 2009;61:21-7
Fernández-Samos ²¹	Angiología 2009;61:247-57
Genovés-Gascó ⁴⁸	Angiología 2011;63(Esp Cong):1-17
Blanes-Ortí ⁵⁰	Angiología 2011;63:11-17

reducir el nivel de amputación, disminuir la duración y el número de hospitalizaciones y mejorar la movilidad, la calidad de vida y la supervivencia¹⁹. Es más importante el salvamiento de la extremidad que demostrar una mayor o menor duración de la permeabilidad a largo plazo. Como se precisa menos flujo arterial para mantener la integridad tisular que para curar una herida, la reestenosis no siempre provocará nuevos episodios de IC, salvo que reaparezca una lesión en el pie.

El modelo angiosoma (MA), a pesar de los pocos años de su vigencia, ha experimentado un interés inusitado, aunque la recopilación de todo lo publicado hasta ahora apenas supera la veintena de trabajos en los últimos 3 años (tabla 2).

Con esta revisión se pretende poner al día este novedoso concepto y su importancia real en la estrategia revascularizadora de la isquemia crítica.

Vascularización, colateralización y angiosomas del pie

A partir de los estudios de Manchot y Salmon²⁰, Taylor y Palmer describieron los angiosomas, concepto que corresponde a cada territorio cutáneo que está irrigado por una arteria principal de aporte, segmentaria o distributiva²¹ (fig. 1A y B). Ese territorio puede expandirse o retraerse a partir de su territorio anatómico, dependiendo de condiciones fisiológicas o patológicas determinadas.

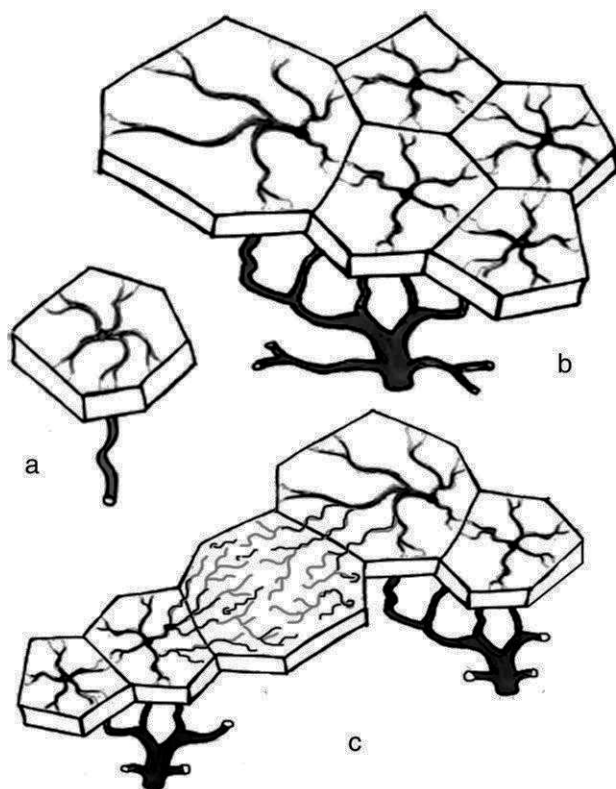


Figura 1 A. Concepto angiosoma. B. Acoplamiento de angiosomas como piezas de puzzle. C. Revascularización de un angiosoma isquémico a través de vasos de choque desde angiosomas adyacentes.

La teoría del angiosoma explica las variaciones que existen en los aportes de sangre arterial a la piel y estructuras adyacentes entre las diferentes regiones del cuerpo, permite mapear los territorios vasculares para planificar las incisiones y los colgajos, y proporciona la base para interpretar muchos procesos fisiológicos y patológicos, incluyendo el retardo de la cicatrización o las necrosis de los *flaps* cutáneos.

El pie tiene como importantes funciones la sustentación del peso corporal, la postura bípeda, el equilibrio y la locomoción, condiciones indispensables para la mayoría de las actividades del ser humano²². La vitalidad de sus estructuras depende de su sistema arterial, cuyo elemento central es el arco plantar profundo, del que se originan las arterias metatarsianas plantares, fundamentales para la irrigación de los dedos y de la región plantar profunda. En el paciente sano el flujo arterial al pie es redundante, pero no es así en el paciente isquémico. Como el pie es un órgano terminal, el sistema arterial establece numerosas anastomosis arterioarteriales que permiten rutas alternativas a la sangre cuando el camino directo está enfermo o comprometido²³.

En 1998 Taylor y Pan²⁴ describieron por primera vez los 5 angiosomas de la pierna, sin mencionar para nada los angiosomas del pie. Fue Attinger, en el 2001, quien dividió el pie en 5 angiosomas con el fin de evaluar su vascularización y colateralización antes de planificar amputaciones o reconstrucciones⁷. El mismo autor, en el 2006, redescubre y divide el pie en 6 angiosomas²⁵, y por primera vez plantea

Tabla 3 Relación anatómica de la topografía lesional y arteria a revascularizar

Topografía lesional	Arteria a revascularizar
Lesiones cara anterior de la pierna	Arterias tibial anterior y pedia
Lesiones dorso de pie	Ramas maleolares medial y/o lateral
Lesiones territorio aquileo	Arteria peronea (rama calcánea)
Lesiones talón	Arteria tibial posterior (rama calcánea)
Lesiones proximales y distales de la planta del pie	Arteria tibial posterior y ramas calcánea, plantar medial y/o lateral
Lesiones distales del antepié	Medial plantar y lateral o conectar anastomosis entre plantar medial y pedia
Lesiones de dedos	Arteria peronea o sus ramas más distales
Lesiones posterolaterales del pie	Arteria peronea o sus ramas más distales

las implicaciones de este concepto con la IC y con el salvamiento de la extremidad.

Pero no es hasta el año 2008 cuando se incorpora el MA en la estrategia de revascularización de los miembros inferiores a partir de la primera publicación de Alexandrescu²⁶.

Los angiosomas del pie son continuación natural y final de los angiosomas de la pierna (tabla 3). Así, la arteria tibial posterior irriga la zona plantar de los dedos, los espacios interdigitales, la planta del pie y la cara interna del tobillo y el talón a través de sus ramas calcánea, plantar medial y plantar lateral. La arteria tibial anterior-pedia irriga el dorso del pie. La arteria peronea irriga la cara anterolateral y externa del tobillo y del talón a través de sus dos ramas, perforante anterior y calcánea (fig. 2 A-C).

Las ramas de la pedia que profundizan forman la principal anastomosis con el sistema plantar. El sistema plantar se forma por la división de la arteria tibial posterior en arterias plantares medial y lateral. Dependiendo de la dominancia del sistema plantar o dorsal, los dedos reciben su aporte arterial principalmente de la arteria plantar lateral o de la arteria pedia.

El talón recibe flujo a partir de dos arterias distributivas: la rama calcánea de la tibial posterior y la rama calcánea de la peronea, respectivamente dirigidas a sus caras medial y lateral. No hay conexiones anatómicas entre estas arterias, y casi siempre una predomina sobre la otra.

Los angiosomas²⁷ están delimitados y a la vez unidos a otros angiosomas adyacentes por anastomosis verdaderas (vasos del mismo calibre que las arterias principales) y por «vasos de choque», anastomosis de reducido calibre que conectan angiosomas entre sí en el seno de los tejidos, sobre todo musculares, formando una red continua compensatoria entre diferentes territorios del pie. Las anastomosis al nivel del tobillo y del pie son complejas, con frecuentes variaciones anatómicas, y deben tenerse en cuenta para conocer en cada caso qué vías están enfermas y las vías de compensación, si existen. Esto permitiría planificar la revascularización quirúrgica o endovascular a la arteria que esté irrigando predominantemente una zona lesional (angiosoma)

o tallar los colgajos correctos en caso de amputaciones del antepié.

Un conocimiento detallado de la anatomía vascular del pie ayuda al cirujano vascular a tomar decisiones²⁸. Por ejemplo, antes de indicar una cirugía revascularizadora o endovascular es imprescindible conocer si el flujo al dorso del pie procede de la arteria tibial anterior, tibial posterior

o peronea; si el flujo al talón procede directamente de la rama calcánea de la tibial posterior o de la rama calcánea de la peronea, o indirectamente desde la arteria tibial anterior a través de ramas maleolares.

La conexiones más importantes a evaluar son las que tienen lugar entre la circulación plantar y dorsal (fig. 2 D). Si el flujo al pie depende de una sola arteria, entonces el

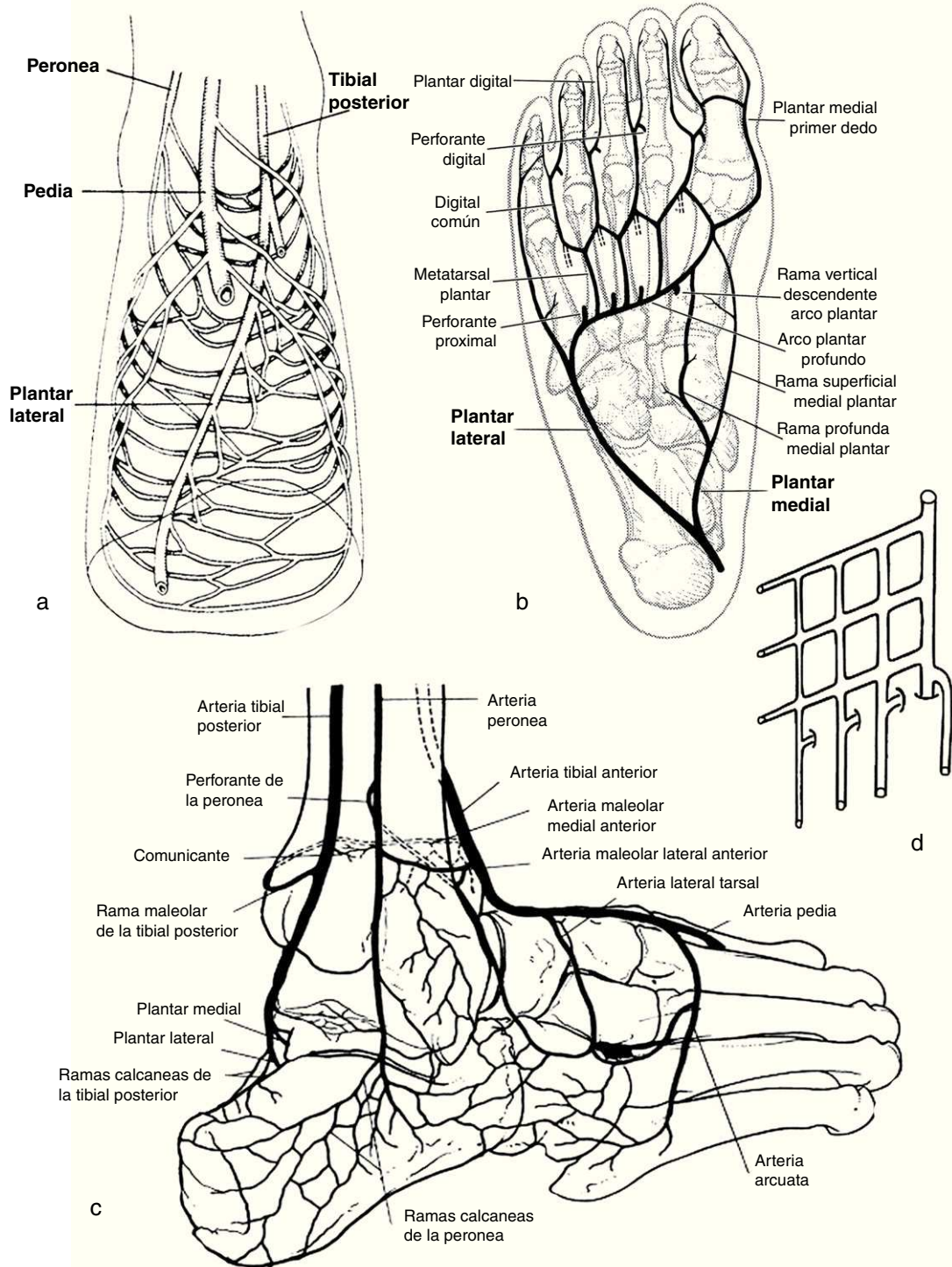


Figura 2 A, B y C. Arterias del pie, con sus colaterales. D. Red y cascada que forman las conexiones transversales y longitudinales en varios niveles entre el sistema dorsal y plantar.

flujo global a la planta o al dorso del pie dependerá de la permeabilidad y calidad de las interconexiones. La interconexión final está formada por un delicado plexo subdérmico arteriolar, que une la arteria pedia con las arterias plantares, medial y lateral, arropando circunferencialmente a toda la planta del pie. Este plexo formado por arterias de fino calibre desempeña un papel importante permitiendo la recuperación de esta zona de los traumas diarios al caminar, o si hay una alteración del aporte arterial.

Los vasos de choque permanecen «dormidos» o colapsados cuando las arterias están sanas, pero se «despiertan» paulatinamente en situaciones de isquemia crónica y compensan notablemente la clínica, evitan la aparición de lesiones isquémicas y favorecen su cicatrización cuando aparecen. Estos vasos de choque son importantes circuitos de seguridad. Cuando un angiosoma adyacente alcanza condiciones de isquemia, el gradiente de presión provoca que el flujo, a través de los vasos de choque, se derive hacia el territorio isquémico. Con el paso del tiempo esos vasos de choque se convierten en auténticas colaterales (fig. 1 C).

Los límites y número de los angiosomas del pie, aunque quizá no sea lo fundamental, no están aún claramente definidos en la literatura que aborda el MA. Es una primera dificultad para intentar ponernos de acuerdo. De hecho, se han descrito diversos modelos, con diferencias territoriales en zonas críticas, como son el talón, los maléolos y los dedos. En este contexto, familiarizarse con la técnica angiográfica, con la anatomía vascular normal del pie, con las variantes anatómicas más frecuentes y con la distribución angiosómica es esencial para obtener resultados clínicos óptimos²⁸.

Podríamos definir dos tipos de MA: el defendido por Alexandrescu de 5 angiosomas (fig. 3 A), el de Attinger e lida de 6 angiosomas (fig. 3 B) y otros también de 6 angiosomas, pero con diferencias notables entre ellos (fig. 3 C).

Revascularización directa e indirecta del angiosoma. Datos publicados

Mientras se desarrollaban paulatinamente las teorías de revascularización basadas en el MA, los «virtuosos» de la angioplastia distal y ultradistal han seguido evolucionando y publicando numerosos trabajos con excelentes resultados²⁹: la angioplastia puede ser realizada incluso en lesiones esteno-obstructivas largas, o en lesiones a múltiples niveles, o en arterias calcificadas, ya que obtener un flujo directo al pie a través de un vaso tibial o peroneo es imprescindible si deseamos curar una lesión isquémica. Paradójicamente, las características de la arteriopatía diabética distal permiten conseguir resultados angiográficos iniciales muy buenos³⁰⁻³³.

La recurrencia clínica después de una revascularización exitosa es infrecuente, y el procedimiento endovascular puede ser repetido varias veces. En los pacientes diabéticos que se benefician de la recanalización distal la amputación por encima del tobillo es muy rara. Por eso, la angioplastia de troncos distales podría ser tenida en cuenta como la primera indicación de revascularización en pacientes diabéticos con IC³⁴.

La angioplastia permite la revascularización de múltiples arterias y llegar a zonas muy distales del pie, donde la cirugía arterial directa no llega, recanalizando territorios que

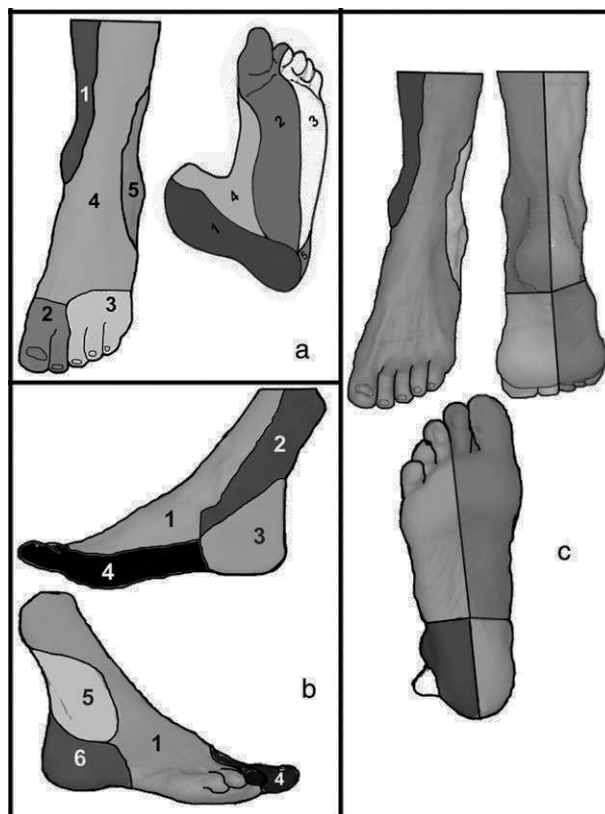


Figura 3 Modelos de angiosomas. A. Cinco angiosomas de Alexandrescu. Tibial posterior: (1) zona medial y plantar de tobillo y talón; (2) arco plantar medial, dedos primero y segundo; (3) arco plantar lateral, dedos tercero, cuarto y quinto. Tibial anterior: (4) dorso del pie; peronea (5) cara anterolateral de tobillo y planta lateral del talón. B. Seis angiosomas de Attinger-Lida. Tibial anterior: (1) dorso de pie. Tibial posterior: (2) zona medial de tobillo; (3) zona medial de talón. Peronea: (5) cara anterolateral de tobillo (6) planta lateral del talón. C. Otros modelos de 6 angiosomas.

dependen directamente de arterias tronculares o abriendo colaterales. Como a este nivel son muy frecuentes las variables anatómicas³⁵, el tratamiento endovascular debería ir orientado, siempre, a recanalizar el vaso dominante donde asiente la lesión³⁶ o conectar las anastomosis entre las arterias plantar medial y pedia, basándose en la prevalencia angiográfica del flujo arterial hacia el dorso o la planta del pie³⁷.

Hay pacientes en los que, a pesar de revascularizaciones exitosas, ya sean derivaciones a vasos tibiales o revascularizaciones distales extensas, incluso con pulsos palpables, determinadas lesiones isquémicas del pie no cicatrizan y conducen a la amputación, porque la colateralización del pie es pobre.

Es decir, una revascularización satisfactoria puede ser más compleja que restaurar solo la circulación de una arteria específica³⁸⁻⁴⁰. La revascularización podría ser más eficaz si la arteria que se repermeabiliza endovascularmente nutre directamente el área donde asienta la lesión isquémica, pues si no podría conducir a la amputación mayor de la extremidad.

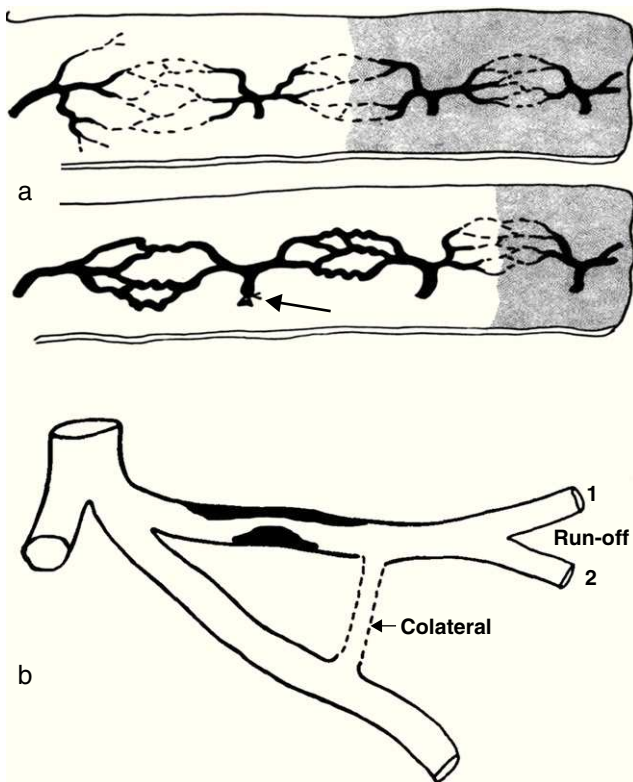


Figura 4 A. A través de los «vasos de choque», que se convierten en auténticas colaterales, se pueden revascularizar angiosomas isquémicos. B. Representación esquemática de la teoría de la «arteria terminal».

Hay que tener en cuenta además que la capacidad de colateralización de las anastomosis arterioarteriales a nivel distal tiene tanta o más importancia que el simple abordaje endovascular mediante el MA para predecir si una lesión va a curar o no. Si el cirujano vascular no puede recanalizar la arteria que nutre el angiosoma afectado debe contemplar que su revascularización podría no recuperar el tejido isquémico, a menos que se demuestren conexiones arterioarteriales entre la arteria revascularizada y la arteria que nutre ese angiosoma (fig. 4 A).

El pie diabético es un caso específico y de especial interés en la aplicación del concepto de revascularización topográfica siguiendo el modelo angiosoma. En el pie diabético la microangiopatía que afecta a las arterias distales y el desequilibrio microcirculatorio provocado por la neuropatía y la infección local inducen múltiples oclusiones vasculares de arterias de diferentes calibres al nivel del pie, convirtiendo a cada pequeña porción de pie en un territorio que depende de una sola arteria terminal, sin posibilidades de colateralización (teoría de la arteria terminal de O'Neal)⁴¹ (fig. 4 B). Esa red compensatoria —los vasos de choque— está severamente dañada en la diabetes de larga duración.

La teoría de la arteria terminal⁴², ya descrita por Hyman en 1965, probablemente explique mejor la razón por la que la irrigación de pequeñas porciones de piel depende de vasos nutricios específicos: arteriosclerosis parcheada. Por tanto, en estos pacientes cuanto más distal y específica sea la revascularización, mayor será la posibilidad de restable-

cer un adecuado flujo arterial a una cantidad específica de tejido comprometido⁴³.

Cuando un angiosoma se revasculariza indirectamente, y va a recibir sangre a través de vasos colaterales, las posibilidades de curación de una lesión pueden disminuir. Neville⁴⁴ fue el primer autor que publicó tasas de curación del 91% con tasas de amputación solo del 9% cuando se revasculariza directamente el angiosoma donde asienta la lesión, frente a tasas de curación del 62% y de amputación del 38% cuando la revascularización es indirecta.

lida⁴⁵ definió claramente la superioridad de la revascularización directa del angiosoma sobre los porcentajes de curación de lesiones isquémicas, salvamiento de extremidad (86 frente a 69%), aparición de eventos isquémicos adversos y supervivencia libre de amputación, tanto a medio como a largo plazo^{46,47}. En nuestro país Genovés⁴⁸ ha comunicado similares resultados.

Sin embargo, Varela⁴⁹ afirma que se pueden obtener los mismos resultados con la revascularización del angiosoma a través de vasos colaterales, es decir, indirectamente. Blanes⁵⁰ también ha publicado que los buenos y malos resultados sobre la curación de las lesiones isquémicas son iguales, tanto si se revasculariza el angiosoma de forma directa como de forma indirecta.

Muy recientemente Alexandrescu⁵¹ ha publicado sus resultados respecto a curación de lesiones (85, 81 y 73% a 12, 24 y 36 meses) y salvamiento de extremidad (91, 88, y 84% en los mismos intervalos), si la angioplastia distal sigue el MA, siendo evidente y estadísticamente significativa la diferencia a favor del éxito para ambos criterios si se siguió el MA.

Alexandrescu⁵², una vez más, ha rescatado una vieja idea histórica de la cirugía vascular: la arterialización selectiva de venas profundas de la pantorrilla basada en el MA de revascularización como alternativa complementaria en situaciones extremas de IC inoperables o con nulas arterias distales recanalizables.

Limitaciones del modelo angiosoma

El MA, como idea teórica, está bien planteado, pero choca frontalmente con la tozuda realidad de la arteriopatía distal (tabla 4), sobre todo en los pacientes diabéticos⁵³.

Tabla 4 Limitaciones del modelo angiosoma

Variabilidad en distribución arterial infrapoplítea
Diferencias entre extensión y fronteras de angiosomas
Dificultades para identificar angiosoma afectado
Muchas lesiones dependen de varios angiosomas
Patrón angiográfico diagnóstico objetivo no descrito
No se conoce <i>end-point</i> angiográfico óptimo post-TEV
Diferencias en la colateralización
Segmentos arteriales muy largos
Lesiones difusas, calcificadas y múltiples
Calibre arterial pequeño
Flujo lento de lechos distales
<i>Run-off</i> deficiente
Manejo de instrumental
Dificultades técnicas

A nivel infrapoplíteo existe una enorme variabilidad en la distribución arterial, haciendo muy difícil en ocasiones identificar el angiosoma afectado. Muchas lesiones dependen de varios angiosomas, y a nivel distal se encuentran densas calcificaciones en la zona retromaleolar (al nivel del retináculo flexor del pie) y en la zona dorsal dependiente de la arteria pedia (al nivel del retináculo extensor).

Los territorios isquémicos distales dependen de segmentos arteriales muy largos, que están crónicamente calcificados y que los convierten en segmentos rígidos difícilmente recanalizables y de muy pequeño calibre^{54,55}.

Desconocemos cómo definir un patrón angiográfico diagnóstico objetivo, y tampoco conocemos el *end-point* angiográfico óptimo postangioplastia. Las diferencias en la colateralización a nivel del pie, junto a las lesiones difusas, calcificadas, múltiples, los calibres arteriales límite, el flujo lento de los lechos distales y el *run-off* deficiente plantean tremendas dificultades técnicas, que no todos los que tratamos a estos pacientes somos capaces de superar.

La revascularización de zonas lesionales basada en el MA puede ser literalmente imposible debido a barreras técnicas o lesiones severas de las arterias distales. Por eso, antes de planificar cualquier tipo de TEV de los troncos distales el primer paso es conseguir una excelente imagen de la vascularización arterial del pie. La no visualización de arterias que están permeables a nivel distal es un hecho habitual, sobre todo en arteriografías preoperatorias que pueden estar mal seriadas y cuando la enfermedad arterial afecta a múltiples niveles. El hallazgo de permeabilidad distal se puede demostrar en arteriografías intraoperatorias, pero ya se puede vaticinar con una buena exploración con doppler de ultrasonidos o ecodoppler.

Las fronteras entre los angiosomas del pie son difíciles de delimitar, y es bien sabido que las posibilidades de curación o cicatrización de las amputaciones menores dependen en gran medida de la colateralización arterial. El flujo colateral puede mantener un angiosoma isquémico hasta una cierta extensión a partir de un angiosoma adyacente mejor profundido (fig. 1 C). Pero la red capilar compensatoria (*choke vessels*) está muy determinada por la duración de la diabetes y la inflamación vascular crónica, indicando la necesidad de tratar regiones del pie cada vez más distales y específicas.

Una reciente publicación destaca que es necesario conseguir un *wound blush* en la zona lesional tras la angioplastia. Esto garantiza un aumento de la presión de perfusión a la piel y mejora la tasa de salvamiento de la extremidad y la cicatrización. En otras palabras, independientemente del MA es necesario demostrar relleno o «rubor» angiográfico en la zona isquémica del pie donde se localiza la lesión como *end point* óptimo postangioplastia⁵⁶.

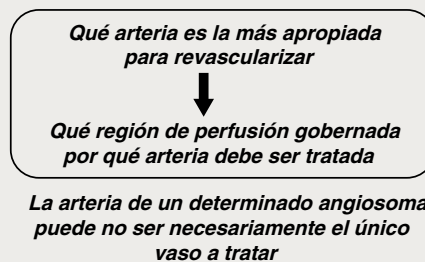
Este «rubor angiográfico» se puede conseguir tanto con revascularización directa como con revascularización colateral a través de los vasos del pie. Cuando el rubor angiográfico es positivo mejora el salvamiento de la extremidad, y mejora más cuando se consigue con revascularización directa.

Evolución del modelo angiosoma

En la actualidad —y han pasado muy pocos años desde la incorporación del MA en la estrategia de revascularización

Tabla 5

EVOLUCION DEL CONCEPTO ANGIOSOMA



de la isquemia crítica— el concepto de revascularización está evolucionando desde el inicial, que se basaba en «qué arteria es más adecuada para revascularizar» hacia una perspectiva diferente: «qué región de perfusión, que dependa de una determinada arteria, debe ser tratada» (tabla 5).

Por tanto, la arteria de la que depende un angiosoma puede no ser necesariamente la que debe ser recanalizada, ya que la cantidad de tejido que depende de una arteria una vez revascularizada puede variar de unos pocos milímetros cuadrados de piel a todo el pie o la pierna.

El MA⁵⁷, necesario para planificar angioplastias que intenten llevar flujo arterial directo al pie, aunque válido, sugiere también que el éxito de la angioplastia no es solo recanalizar arterias del pie, sino aquellas que irrigen directamente la zona lesional⁵⁸. Y esto puede conseguirse con recanalizaciones directas, pero también a través de colaterales: el flujo principal a una zona del pie puede restaurarse a partir de arterias que no son de su angiosoma original⁵⁹.

Este cambio supone plantear intervenciones endovasculares más agresivas para hacer frente a oclusiones arteriales más graves, extensas y distales, incorporando habilidades, técnicas y materiales de última generación^{13,60}.

Es decir, cuanto más distal y específica sea la revascularización, mayor será la probabilidad de restablecer un adecuado aporte arterial a la zona de tejido afectado. Esta evolución hacia revascularizaciones cada vez más desafiantes requiere el uso de abordajes anterógrados, catéteres largos, rígidos y reforzados, balones de angioplastia específicos y adaptados al territorio distal, microdisecciones arteriales, abordajes ultradistales para recanalizaciones retrógradas o combinadas, técnicas de enlace pedio-plantar, técnicas de «safari», etc.⁶¹⁻⁶⁴.

En este punto merece la pena plantear varias interrogantes: ¿quiénes están más preparados, conviven con la IC, reúnen los dispositivos adecuados, manejan las técnicas y habilidades endovasculares y cuentan con los mejores medios radiológicos? Si la contestación es cirujanos endovasculares, radiólogos vasculares o cardiólogos hemodinamistas el tiempo lo dirá. A fecha de hoy las publicaciones se decantan claramente a favor de especialidades que no son la cirugía vascular⁶⁵⁻⁶⁸.

El MA nos hace reflexionar sobre qué zona del pie en la que asienta una lesión debe ser revascularizada, porque ofrecerá mejor pronóstico al TEV. Esta forma de hacer las cosas, este concepto, debería ser incorporado como un

componente más en el tratamiento integral de los pacientes isquémicos y particularmente en los diabéticos⁶⁹⁻⁷¹.

La angioplastia primaria puede representar un método revascularizador eficaz y menos agresivo que la cirugía arterial directa. Sin embargo, los mejores resultados respecto de la curación de las úlceras isquémicas o salvamiento de extremidad no solo dependen de revascularizaciones más o menos exitosas, sino también del tratamiento directo y adecuado que reciban esas mismas lesiones⁷², optimizando los cuidados clínicos que, a la postre, pueden ser la clave del pronóstico de los pacientes con IC, por lo que se requieren equipos entrenados, experimentados y multidisciplinarios^{73,74}.

Para demostrar la superioridad de la aplicación del MA en la revascularización de la IC se necesitan aún estudios amplios, prospectivos y comparativos y muchas mejoras en los materiales de TEV que permitan superar barreras insalvables hoy en día.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Tefera G, Hoch J, Turnipseed WD. MD Limb-salvage angioplasty in vascular surgery practice. *J Vasc Surg.* 2005;41:988-93.
- Eskelinen E, Lepantalo M. Role of infrainguinal angioplasty in the treatment of critical limb ischemia. *Scand J Surg.* 2007;96:11-6.
- Dosluoglu HH, Lall P, Cherr GS, Harris LM, Dryjski ML. Superior limb salvage with endovascular therapy in octogenarians with critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2009;50:305-16.
- Romiti M, Albers M, Brochado-Neto FC, Durazzo AE, Pereira CA, De Lucia N. Meta-analysis of infrapopliteal angioplasty for chronic critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2008;47:975-81.
- Faglia E, Clerici G, Clerissi J, Mantero M, Caminiti M, Quarantiello A, et al. When is a technically successful peripheral angioplasty effective in preventing above-the-ankle amputation in diabetic patients with critical limb ischemia? *Diabet Med.* 2007;24:823-9.
- Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: Experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg.* 1987;40:113-41.
- Attinger C, Cooper P, Blume P, Bulan E. The safest surgical incisions and amputations applying the angiosome principles and using the Doppler to assess the arterial-arterial connections of the foot and ankle. *Foot Ankle Clin N Am.* 2001;6:745-99.
- Faglia E, Mantero M, Caminiti M, Caravaggi C, De Giglio R, Pritelli C, et al. Extensive use of Peripherals angioplasty, particularly infrapopliteal, in the treatment of ischemic diabetic foot ulcers: clinical results of a multicentric study of 221 consecutive diabetic subjects. *J Intern Med.* 2002;252:225-32.
- Lipsitz EC, Ohki T, Veith FJ, Suggs WD, Wain RA, Cynamon J, et al. Does subintimal angioplasty have a role in the treatment of severe lower extremity ischemia? *J Vasc Surg.* 2003;37:386-91.
- Beard J. Which is the best revascularization for critical limb ischemia: Endovascular or open surgery? *J Vasc Surg.* 2008;48:115-65.
- Goodney PP, Beck AW, Nagle J, Gilbert Welch G, Zwolak RM. National trends in lower extremity bypass surgery, endovascular interventions, and major amputations. *J Vasc Surg.* 2009;50:54-60.
- Kudo T, Chandra FA, Kwun WH, Haas BT, Ahn SS. Changing pattern of surgical revascularization for critical limb ischemia over 12 years: Endovascular vs open bypass surgery. *J Vasc Surg.* 2006;44:304-13.
- Blevins WA, Schneider PA. Endovascular Management of critical limb ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010;39:756-61.
- Adam DJ, Beard JD, Cleveland T, Bell J, Bradbury AW, Forbes JF, et al., BASIL trial participants. Bypass versus angioplasty in severe ischemia of the leg (BASIL): multicentre, randomized controlled trial. *Lancet.* 2005;366:1925-34.
- Dick F, Diehm N, Galimanis A, Husmann M, Schmidli J, Baumgartner I. Surgical or endovascular revascularization in patients with critical limb ischemia: influence of diabetes mellitus on clinical outcome. *J Vasc Surg.* 2007;45:751-61.
- Arvela E, Venermo M, Soderstrom M, Korhonen M, Halmesmaki K, Alback A, et al. Infrainguinal percutaneous transluminal angioplasty or bypass surgery in patients aged 80 years and older with critical leg ischaemia. *Br J Surg.* 2011;98:518-26.
- Fernandez N, McEnaney R, Marone LK, Rhee RY, Leers S, Makaroun M, et al. Predictors of failure and success of tibial interventions for critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2010;52:834-42.
- Hughes K, Domenig CM, Hamdan AD, Schermerhorn M, Aulivola B, Blattman S, et al. Bypass to plantar and tarsal arteries: An acceptable approach to limb salvage. *J Vasc Surg.* 2004;40:1149-57.
- Yan BP, Moran D, Hynes BG, Kiernan TJ, Yu CM. Advances in Endovascular Treatment of Critical Limb Ischemia. *Circ J.* 2011;75:756-65.
- Taylor I, Ives A, Dahr S. Vascular territories. Historical Background. En: Mathes S, Hentz VR, editors. *Plastic Surgery.* Mathes, 1, 2ª ed. Philadelphia: Saunders W.B; 2006. p. 317-32.
- Fernández-Samos R. Angiosomas y Cirugía Vascular. *Angiología.* 2009;61:247-57.
- Villeneuve P. El pie humano, órgano de la postura ortostática. *Kinésithér Sci.* 1990;294:1-7.
- Attinger CE, Cooper P, Blume P. Vascular anatomy of the foot and ankle. *Oper Tech Plast Reconstr Surg.* 1997;4:183-98.
- Taylor G, Pan W. Angiosomes of the Leg: Anatomic Study and Clinical Implications. *Plast Reconstr Surg.* 1998;102:599-616.
- Attinger CE, Evans KK, Bulan E, Blume P, Cooper P. Angiosomes of the Foot and Ankle and Clinical Implications for Limb Salvage: Reconstruction, Incisions, and Revascularization. *Plast Reconstr Surg.* 2006;117:2615-93S.
- Alexandrescu VA, Hubermont G, Philips Y, Benoit G, Guillaume B, Ngongang G, et al. 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.* 2008;15:580-93.
- Setacci C, De Donato G, Setacci F, Chisi E. Ischemic foot: definition, etiology and angiosome concept. *J Cardiovasc Surg.* 2010;51:223-31.
- Manzi M, Cester G, Palena LM, Alek J, Candeo A, Ferraresi R. Vascular imaging of the foot: the first step toward endovascular recanalization. *Radiographics.* 2011;31:1623-36.

29. Giles K, Pomposelli FB, Hamdan AD, Blattman SB, Panossian H, Schermerhorn ML. Infrapopliteal angioplasty for critical limb ischemia: Relation of TransAtlantic InterSociety Consensus class to outcome in 176 limbs. *J Vasc Surg.* 2008;48:128–36.
30. Graziani L, Silvestro A, Monge L, Boffano GM, Kokaly F, Casadidio I, et al. Percutaneous transluminal angioplasty is feasible and effective in patients on chronic dialysis with severe peripheral artery disease. *Nephrol Dial Trans.* 2007;22:1144–9.
31. Tsetis D, Belli AM. The role of infrapopliteal angioplasty. *Br J Rad.* 2004;77:1007–15.
32. Abularrage CJ, Conrad MF, Hackney LA, Paruchuri V, Crawford RS, Kwolek CJ, et al. Long-term outcomes of diabetic patients undergoing endovascular infrainguinal interventions. *J Vasc Surg.* 2010;52:314–22.
33. Graziani L, Piaggese A. Indications and Clinical Outcomes for Below Knee Endovascular. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;75:433–43.
34. Faglia E, Dalla L, Clerici G, Clerissi J, Graziani L, Fusaro M, et al. Peripheral Angioplasty as the First-choice Revascularization Procedure in Diabetic Patients with Critical Limb Ischemia: Prospective Study of 993 Consecutive Patients Hospitalized and Followed Between 1999 and 2003. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2005;29:620–7.
35. Yamada T, Gloviczki P, Bower TC, Naessens JM, Carmichael SW. Variations of the arterial anatomy of the foot. *Am J Surg.* 1993;166:130–5.
36. Dosluoglu HH, Cherr GS, Lall P, Harris LM, Dryjski ML. Peroneal artery-only runoff following endovascular revascularizations is effective for limb salvage in patients with tissue loss. *J Vasc Surg.* 2008;48:137–43.
37. Conrad MF, Kang J, Cambria RP, Brewster DC, Watkins MT, Kwolek CJ, et al. Infrapopliteal balloon angioplasty for the treatment of chronic occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2009;50:799–805.
38. Pomposelli FB, Kansal N, Hamdan AD, Belfield A, Sheahan M, Campbell DR, et al. A decade of experience with dorsalis pedis artery bypass: analysis of outcome in more than 1000 cases. *J Vasc Surg.* 2003;37:307–15.
39. Aulivola B, Pomposelli FB. Dorsalis pedis, tarsal and plantar artery bypass. *J Cardiovasc Surg.* 2004;45:203–12.
40. Albers M, Romiti M, Cardoso F, De Luccia N, Bragança CA. Meta-analysis of popliteal-to-distal vein bypass grafts for critical ischemia. *J Vasc Surg.* 2006;43:498–503.
41. O'Neal LW. Surgical pathology of the foot and clinicopathologic correlations. Levin and O'Neal's. En: Bowker JH, Pfeifer MA, editores. *The Diabetic Foot.* St. Louis: CV Mosby; 2001. p. 483–512.
42. Hyman C. The concept of end arteries and diversion of blood flow. *Invest Ophthalmol.* 1965;4:1000–3.
43. Alexandrescu V, Hubermont G. Primary infragenicular angioplasty for diabetic neuroischemic foot ulcers following the angiosome distribution: a new paradigm for the vascular interventionist. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2011;4:327–36.
44. Neville RF, Attinger CE, Bulan EJ, Ducic I, Thomassen M, Sidawy AN. Revascularization of a Specific Angiosome for Limb Salvage: Does the Target Artery Matter? *Ann Vasc Surg.* 2009;3:367–73.
45. 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.* 2010;75:830–6.
46. 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.* 2012;55:363–70.
47. Iida O, Uematsu M, Soga Y, Suzuki K, Yokoi H, Nobuyoshi M, et al. Impact of angiosome in endovascular therapy on the limb salvage for the patients with Critical limb ischemia presenting with isolated infrapopliteal lesions. *JACC.* 2011;57:14.
48. Genovés-Gascó B, Plaza-Martínez A, Sala-Almonacil V, Olmos-Sánchez D, Morales-Gisbert S, Ortiz-Monzón E. Efecto de la revascularización del Angiosoma específico en la isquemia crítica de miembros inferiores. *Angiología.* 2011;63:1–17.
49. Varela C, Acín F, de Haro J, Bleda S, Esparza L, March JR. The role of foot collateral vessels on ulcer healing and limb salvage after successful endovascular and surgical distal procedures according to an angiosome model. *Vasc Endovascular Surg.* 2010;44:654–60.
50. Blanes Ortí P, Riera Vázquez R, Puigmacià Minguell R, Valverde García S, Manuel-Rimbau E, Lozano Vilardell P. Revascularización percutánea de angiosomas específicos en isquemia crítica de la extremidad. *Angiología.* 2011;63:11–7.
51. Alexandrescu V, Vincent G, Azdad K, Hubermont G, Ledent G, Ngongang C, et al. A Reliable Approach to Diabetic Neuroischemic Foot Wounds: Below-the-Knee Angiosome-Oriented Angioplasty. *J Endovasc Ther.* 2011;18:376–87.
52. Alexandrescu V, Ngongang C, Vincent G, Ledent G, Hubermont G. Deep calf veins arterialization for inferior limb preservation in diabetic patients with extended ischaemic wounds, unfit for direct arterial reconstruction: preliminary results according to an angiosome model of perfusion. *Cardiovasc Revasc Med.* 2011;12:10–9.
53. Manzi M, Palena L, Cester G. Endovascular techniques for limb salvage in diabetics with crural and pedal disease. *J Cardiovasc Surg.* 2011;52:485–92.
54. Alexandrescu V. Below-the-Ankle Subintimal Angioplasty: How Far Can We Push This Application for Lower Limb Preservation in Diabetic Patients? *J Endovasc Ther.* 2009;16:617–8.
55. Conte MS. Challenges of distal bypass surgery in patients with diabetes: Patient selection, techniques, and outcomes. *J Vasc Surg.* 2010;52:96S–103S.
56. Utsunomiya M, Nakamura M, Nakanishi M, Takagi T, Hara H, Onishi K, et al. Impact of wound blush as an angiographic end point of endovascular therapy for patients with critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2012;55:113–21.
57. Agnew SP, Dumanian GA. Angiosomes of the calf, ankle and foot. Anatomy, physiology and implications. En: Kelikian AS, editor. *Sarrafián's Anatomy of the Foot and Ankle. Descriptive, Topographic, Functional.* Philadelphia: Lippincott; 2011. p. 668–77.
58. Vaquero-Lorenzo F, Álvarez-Salgado A, Vicente-Santiago M, Ramos-Gallo MJ, Vallina-Vázquez MJ, Álvarez-Fernández LJ. Tratamiento endovascular en lesiones complejas de troncos distales: experiencia inicial. *Angiología.* 2009;61:21–7.
59. Terashi H, Iwayama T, Iida O, Kitano I, Tsuji Y. Dynamic Skin Perfusion Pressure: A New Measure of Assessment for Wound Healing Capacity and Alternative Angiosome in Critical Limb Ischemia. *Plast Reconstr Surg.* 2010;126:215e–8e.
60. Zhu YQ, Zhao JG, Liu F, Wang JB, Cheng YS, Li MH, et al. Subintimal angioplasty for below-the-ankle arterial occlusions in diabetic patients with chronic critical limb ischemia. *J Endovasc Ther.* 2009;16:604–12.
61. Dattilo PB, Casserly IP. Critical Limb Ischemia: Endovascular Strategies for Limb Salvage. *Prog Cardiovasc Dis.* 2011;54:47–60.
62. Montero-Baker M, Schmidt A, Braunlich S, Ulrich M, Thieme M, Biamino G, et al. Retrograde approach for complex popliteal and tibioperoneal occlusions. *J Endovasc Ther.* 2008;15:594–604.
63. Rogers RK, Dattilo PB, Garcia JA, Tsai T, Casserly IP. Retrograde approach to recanalization of complex tibial disease. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010.
64. Manzi M, Fusaro M, Ceccacci T, Erente G, Dalla Paola L, Brocco E. Clinical results of below-the knee intervention using

- pedal-plantar loop technique for the revascularization of foot arteries. *J Cardiovasc Surg.* 2009;50:331–7.
65. Graziani L, Morelli G. Combined Retrograde–Antegrade Arterial Recanalization Through Collateral Vessels: Redefinition of the Technique for Below-the-Knee. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2011;34:S78–82.
 66. Schmidt A, Ulrich M, Winkler B, Klaeffling C, Bausback Y, Bräunlich S, et al. Angiographic Patency and Clinical Outcome After Balloon-Angioplasty for Extensive Infrapopliteal Arterial Disease. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76:1047–54.
 67. Marzelle J, Kobetier H, Desgranges P, Ricco JB. Chirurgie endovasculaire des membres inférieurs. *Techniques chirurgicales, Chirurgie Vasculaire*, Paris: EMC Elsevier Masson SAS; 2009. p. 43-029-J.
 68. Alexandrescu V, Hubermont G, Philips Y, Guillaumie B, Ngongang CH, Coessens V, et al. Combined primary subintimal and endoluminal angioplasty for ischaemic inferior-limb ulcers in diabetic patients: 5-year practice in a multidisciplinary «diabetic-foot» service. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2009;37:448–56.
 69. Bazan HA. Think of the Angiosome Concept When Revascularizing the Patient With Critical Limb Ischemia. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;75:837.
 70. Alexandrescu V, Hubermont G. The challenging topic of diabetic foot revascularization: does the angiosome-guided angioplasty may improve outcome. *J Cardiovasc Surg.* 2012;53:3–12.
 71. Nagase T, Sanada H, Takehara K, Oe M, Iizaka S, Ohashi Y, et al. Variations of plantar thermographic patterns in normal controls and non-ulcer diabetic patients: novel classification using angiosome concept. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2011;64:860–6.
 72. Clemens MW, Attinger CE. Angiosomes and Wound Care in the Diabetic Foot. *Foot Ankle Clin N Am.* 2010;15:439–64.
 73. Apelqvist J, Elgzyri T, Larsson J, Löndahl M, Nyberg P, Thörne J. Factors related to outcome of neuroischemic/ischemic foot ulcer in diabetic patients. *J Vasc Surg.* 2011;53:1582–8.
 74. Taylor SM, Johnson BL, Samies NL, Rawlinson RD, Williamson LE, Davis SA, et al. Contemporary Management of Diabetic Neuropathic Foot Ulceration: A Study of 917 Consecutively Treated Limbs. *J Am Coll Surg.* 2011;212:532–48.