CONCEPTO DE ANGIOSOMA Y SU IMPLICANCIA EN EL PIE DIABÉTICO

THE ANGIOSOME CONCEPT AND ITS IMPLICATIONS IN DIABETIC FOOT

José Daniel Braver¹, Silvina Bilicich², Mariano Ferreyra³, Andrea Gnocchi⁴, Ricardo Lamura⁵, Eliana Núñez⁶, Luján Zoco⁷, Gabriela Carro⁸

INTRODUCCIÓN

Si bien el concepto de angiosoma se introdujo a partir de los estudios de Taylor y Palmer en 1987 para prolongar la sobrevida de los injertos en cirugía plástica, no fue hasta 2001 que se describieron los seis angiosomas del pie y comenzaron a utilizarse en estudios de reperfusión de úlceras en pie diabético. Actualmente se pone mayor énfasis en la posible utilidad de la revascularización directa del angiosoma correspondiente al territorio de la úlcera en pacientes con pie diabético con el fin de aumentar la velocidad y las tasas de curación de las mismas. El objetivo de esta revisión es definir el concepto de angiosoma, describir las características de los angiosomas en el pie y revisar los estudios que se han realizado hasta el momento acerca de la revascularización directa y su utilidad en el pie diabético.

ÍNDICE

1. Anatomía vascular de miembros inferiores.
2. Características de las lesiones vasculares en pacientes diabéticos.
3. Definición y concepto de angiosoma. Aplicaciones.
4. Análisis de los estudios realizados sobre revascularización en base a los territorios de los angiosomas.
5. Conclusiones.

1. ANATOMÍA VASCULAR DE MIEMBROS INFERIORES¹

La circulación de los miembros inferiores se produce en la arteria ilíaca externa, que origina la arteria femoral. Ésta se convierte en la arteria poplítea por debajo del anillo del tercer aductor. La arteria poplítea se extiende por debajo del arco del sóleo, donde se divide en la arteria tibial anterior y el tronco tibioperoneo.

– *Arteria tibial anterior*. Desde su origen, atraviesa el orificio comprendido entre la tibia y el peroné, y desciende hasta el borde inferior del ligamento frondiforme donde adquiere el nombre de pedia.

– *Tronco tibio-peroneo*. Luego de un trayecto de 3 ó 4 cm se divide en dos ramas, la arteria tibial posterior y la peronea.

– *Arteria tibial posterior*. Desciende hacia la entrada del calcáneo interno y en éste se divide en arterias plantar interna y externa.

– *Arteria peronea*. Se extiende hasta la extremidad inferior del ligamento interóseo, donde se divide en dos ramas terminales: arteria peronea anterior y arteria peronea posterior.

– *Arteria tibial posterior y plantares*. La arteria tibial posterior origina las arterias plantares externa e interna. A nivel de la extremidad posterior del quinto metatarsiano, la arteria plantar externa se dirige hacia adentro y adelante para originar el arco plantar y termina en la extremidad posterior del primer espacio interóseo anastomosándose con la pedia. A través de sus ramas colaterales perforantes, se anastomosa con las interóseas dorsales y con la pedia.

¹ Coordinador Unidad de Pie Diabético, Cirugía Vascular, Hospital de Clínicas José de San Martín y Coordinador Grupo Multidisciplinario Pie Diabético, Clínica Médica, Htal. de Clínicas

³ Médico de Planta, Servicio de Cirugía Vascular, Htal. de Clínicas

⁵ Jefe de Servicio de Cirugía Vascular, Htal. de Clínicas

⁸ Servicio de Clínica Médica, Hospital Nacional Profesor Alejandro Posadas

^{2, 4, 6 y 7} Diplomatura Pie Diabético, 2013, UCES

Figura 1: Arterias de la pierna. Atlas de Anatomía Humana. W. Spalteholz. Ed. Labor SA. Tomo 2. Pág. 538.

La arteria plantar interna es más pequeña que la externa. Se dirige hacia el hallux y forma la colateral interna del dedo gordo. Se anastomosa con la plantar externa a través de las interóseas.

– *Arteria pedia*. La arteria pedia proporciona flujo

al dorso del pie. Hay muchas variaciones anatómicas en su curso. Está ausente o muy acentuada en el 12% de los casos. Esta arteria tiene tres ramas laterales: las arterias del tarso proximal y distal, la arteria arqueada y dos ramas mediales (las arterias tarsales mediales).

Después de dar la arteria arqueada, la arteria pedia da la primera metatarsiana dorsal que suministra sangre al hallux y al segundo dedo. Las arterias metatarsianas que abastecen los dedos de los pies se originan de la arteria arqueada y reciben suministro de sangre adicional desde el sistema plantar profundo.

Las arterias metatarsianas dorsales se dividen en dos arterias digitales dorsales que envían perforantes al sistema plantar. De esta manera, el espacio interdigital recibe sangre del sistema dorsal y plantar.

Figura 2: Arterias del pie. Planta. Atlas de Anatomía Humana. W. Spalteholz. Ed. Labor SA. Tomo 2. Pág. 541.

Figura 3: Arterias del pie. Dorso. Atlas de Anatomía Humana. W. Spalteholz. Ed. Labor SA. Tomo 2. Pág. 540.

Figura 4: Conexiones arterio-arteriales en la vasculatura del pie. Atlas de Anatomía Humana. W. Spalteholz. Ed. Labor SA. Tomo 2. Adaptado por autores.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS LESIONES VASCULARES EN PACIENTES DIABÉTICOS

La diabetes confiere a los pacientes una alteración en el metabolismo que favorece la aterosclerosis del árbol arterial en su totalidad².

Las alteraciones metabólicas producen alteraciones en las células endoteliales e inflamación a nivel vascular; también a nivel de leucocitos y plaquetas, así como trastornos reológicos que incluyen alteraciones en el balance entre trombosis y fibrinólisis. Además estas alteraciones comienzan en forma temprana, incluso antes del diagnóstico de diabetes.

La disfunción endotelial en los pacientes diabéticos

cos altera la homeostasis y ocasiona cambios inflamatorios a nivel del endotelio. Las células del músculo liso vascular también se tornan disfuncionales. Hay defectos a nivel del sistema nervioso autónomo que producen alteración de la respuesta inflamatoria e hiperémica, aumento de los *shunts* arterio-venosos, alteración en la difusión de oxígeno y en la migración de los leucocitos, mecanismos esenciales para la curación de las heridas. La disfunción microvascular no es, por lo tanto, un fenómeno oclusivo².

La enfermedad vascular en pacientes diabéticos (a diferencia de los no diabéticos) comienza en aquellos más jóvenes, con una tasa similar en hombres

que en mujeres, y avanza más rápidamente. Es un factor agravante en el 60% de las lesiones de pie en diabéticos. La distribución de la enfermedad arterial periférica difiere en pacientes diabéticos de los no diabéticos. Los estudios complementarios, en algunos casos, pueden resultar difíciles de interpretar.

La enfermedad vascular en el paciente con diabetes tiene predilección por las arterias tibiales más pequeñas por debajo de la rodilla. Generalmente las arterias de los pies se encuentran respetadas. De hecho, como suele creerse, los pacientes diabéticos no tienen enfermedad oclusiva microvascular. Se asocia con calcificación de la íntima y la media (esclerosis de Monckeberg), alterando la interpretación de los estudios complementarios. La enfermedad aterogénica suele ser más difusa con circulación colateral pobre. Estas características dificultan el tratamiento, tanto endovascular como quirúrgico.

También la forma de presentación difiere en los pacientes diabéticos de los no diabéticos. En los primeros, la ausencia de dolor secundaria a neuropatía hace que la presentación no sea el clásico dolor de la claudicación intermitente, sino que puede manifestarse directamente con una úlcera o infección en el pie sin síntomas previos².

3. DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE ANGIOSOMA. APLICACIONES

La palabra angiosoma deriva de la terminología griega *angeion*=vaso sanguíneo y *somita*=segmento o sector. Angiosoma es un concepto anatómico, no fisiológico que se refiere al suministro de sangre de una arteria principal, secundaria o distributiva a un área definida de tejidos^{3,4}.

Cada angiosoma incluye piel, músculo, tendón, nervio y/o hueso y está limitado, unido y entrecruzado a la vez por dos o más angiosomas por anastomosis verdaderas y por vasos de choque que se producen en el interior de los músculos. La musculatura profunda es el lugar de unión entre angiosomas proporcionando canales anastomóticos si la arteria y/o vena principal se obstruye⁴.

En 1987 Taylor y Palmer acuñaron el término angiosoma y describieron 40 de ellos, pero varios pueden subdividirse en diferentes segmentos para cada hemicuerpo^{4,5}. En 1998, Taylor y Pan describieron por primera vez cinco angiosomas de la pierna. Attinger, en 2001 dividió el pie en cinco angiosomas con el fin de evaluar su vascularización y colateralización. En 2006, el mismo autor redescubrió y dividió el pie en seis angiosomas⁴. En el año 2008,

se incorporó el Modelo Angiosoma en la estrategia de revascularización de los miembros inferiores a partir de la primera publicación de Alexandrescu^{3,6,7}.

Modelo angiosoma

El modelo angiosoma explica las variaciones anatómicas que existen entre los vasos de diferentes regiones del cuerpo y su aporte de sangre a la piel y a las estructuras adyacentes, permitiendo mapear los territorios vasculares tridimensionales para planificar incisiones y colgajos, proporcionando la base para interpretar diversos procesos fisiológicos y patológicos que incluyen el retardo de la cicatrización o las necrosis de los colgajos⁴.

Hay aplicaciones del modelo angiosoma en varios campos de la medicina, como revascularizaciones miocárdicas, embolizaciones viscerales selectivas y planificación de colgajos, incisiones o amputaciones. En la última década, un pequeño número de estudios analizó la validez del modelo angiosoma en la estrategia revascularizadora en isquemia crítica con lesiones tisulares en miembros inferiores demostrando superiores beneficios en la curación de las lesiones y en el rescate de las extremidades isquémicas^{3,8}.

El éxito del modelo angiosoma para planificar revascularizaciones que intentan llevar flujo arterial directo al pie sugiere no sólo recanalizar las arterias del pie, sino aquellas que irrigan directamente la zona lesional, ya que el flujo principal a una zona del pie puede restaurarse a partir de arterias que no son de su angiosoma original. Pero en pacientes con inflamación vascular crónica y diabéticos de larga duración, la red capilar compensatoria está comprometida e indica la necesidad de revascularización más distal y específica. De este modo, la probabilidad de restablecer un adecuado aporte arterial a la zona de tejido afectado será mayor^{3,9}. Los mejores resultados respecto de la curación de las úlceras isquémicas o rescate de la extremidad no sólo dependen de las revascularizaciones más o menos exitosas, sino también del tratamiento directo y adecuado que reciban esas mismas lesiones, optimizando los cuidados clínicos que son la clave del pronóstico de los pacientes con isquemia crítica.

En la práctica, el modelo angiosoma presenta varias limitaciones particulares; por ejemplo a nivel infrapoplíteo existe una variabilidad en la distribución arterial que dificulta identificar el angiosoma afectado. Muchas lesiones dependen de varios angiosomas, y a nivel distal se encuentran

densas calcificaciones en la zona retromaleolar y dorsal. Los territorios isquémicos distales dependen de segmentos arteriales muy largos que están crónicamente calcificados y que los convierten en segmentos rígidos difícilmente recanalizables⁴.

Angiosomas del tobillo y pie

Los angiosomas del tobillo y pie son una continuación natural y final de los angiosomas de la pierna. Se componen de seis angiosomas a partir de las tres arterias principales de la pierna y sus ramas⁶:

1. Arteria tibial anterior.
2. Arteria calcánea lateral (rama de arteria peronea).
3. Arteria calcánea medial (rama de arteria tibial posterior).
4. Arteria plantar medial (rama de arteria tibial posterior).
5. Arteria plantar lateral (rama de arteria tibial posterior).
6. Ramo perforante de la arteria peronea (es pequeño y no se observa en la Figura 5).

a) La arteria peronea surge del tronco tibioperoneo. Se divide en dos ramas y suministra flujo a la región posterolateral de la pierna.

En la pierna: está limitado por el centro del rafe que cubre el tendón de Aquiles y por el borde anterior del compartimiento lateral.

En el tobillo y pie: al emerger a la altura del maléolo lateral, se bifurca en la rama perforante anterior y la rama lateral del calcáneo.

1. Angiosoma de la arteria perforante anterior: irriga la cara anterolateral del tobillo.
2. Angiosoma de la arteria calcánea lateral: irriga la parte lateral y plantar del tobillo, y posterolateral del pie. Termina en la tuberosidad del quinto metatarsiano, donde se conecta con la arteria tarsal medial.

b) La arteria tibial posterior.

En la pierna: comprende la pierna medial a partir del borde medial anterior de la tibia, y se extiende posteriormente a la línea media de la pantorrilla sobre el rafe central del tendón de Aquiles. Hay múltiples pequeñas perforantes a lo largo del curso de la arteria tibial posterior.

Tobillo y pie: se divide en tres ramas que irrigan las distintas porciones de la planta del pie (zona plantar de los dedos, los espacios interdigitales, la planta del pie y la cara interna del tobillo y el talón).

3. Angiosoma de la arteria calcánea medial: irriga el tobillo y el talón medial y plantar.
4. Angiosoma de la arteria plantar medial: irriga la cara interna de la planta del pie.
5. Angiosoma de la arteria plantar lateral: irriga parte media lateral y delantera plantar del pie.

c) La arteria tibial anterior se origina en la arteria poplítea.

En la pierna: coincide con el compartimiento muscular anterior de la pierna. El peroné actúa como límite lateral y la tibia como límite medial. En el tobillo y pie: es único y abarca el dorso del pie. Suministra sangre al tobillo anterior. 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 y arteria tibial posterior respectivamente.

6. Angiosoma de la arteria dorsal: irriga el dorso del pie. Suministra sangre al hallux y segundo dedo. En el pie las ramas distales de la tibial posterior se anastomosan directamente con ramas distales de la tibial anterior. Los dedos reciben 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. Esto asegura el suministro de sangre por duplicado a una zona que se traumatiza con la deambulación.

De este modo, se encuentra que si:

- La lesión se presenta en la cara anterior de la pierna, se correlaciona con la arteria tibial anterior y pedia.
- La lesión se ubica en el dorso del pie, se correlaciona con las ramas maleolares medial y/o lateral.
- Las lesiones en territorio aquíleo o lesión del talón, con la arteria perónea (rama calcánea).
- Las lesiones proximales y distales de la planta del pie, con la arteria tibial posterior y ramas calcáneas, plantar medial y/o lateral.
- Las lesiones distales del antepié, con arterias medial plantar y lateral o anastomosis entre plantar medial y pedia.
- Las lesiones posterolaterales del pie, con la arteria perónea o sus ramas más distales.

Figura 5: Angiosomas. ATP: arteria tibial posterior. ATA: arteria tibial anterior. AP: arteria peronea. Journal of vascular surgery. Vol. 57. N° 2. Adaptado por autores.

4. ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE REVASCULARIZACIÓN EN BASE A LOS TERRITORIOS DE LOS ANGIOSOMAS

Elección de los trabajos. Estrategia de búsqueda.

Se realizó en Pubmed.

Palabras clave: angiosomas, pie diabético.

Key words: angiosomes, diabetic foot.

Se encontraron nueve publicaciones con esas palabras clave. Los artículos fueron analizados y de ellos se desprendieron otras citas bibliográficas que también se analizaron.

En un trabajo realizado en Finlandia¹⁰ se estudió un total de 250 miembros inferiores en 226 pacientes en forma retrospectiva, en quienes se efectuó revascularización por vía endovascular de al menos una de las arterias infrapoplíteas (TP: tibial posterior, TA: tibial anterior o P: peronea), durante un período de tres años (2007 a 2010), excluyendo los pacientes con intervenciones infrainguinales previas. Los datos fueron recolectados de una base de datos. El objetivo fue determinar si la revascularización directa (RD) tenía algún efecto sobre el tiempo de curación

de las úlceras localizadas en el pie en comparación con la revascularización indirecta (RI). Se compararon 121 pacientes en quienes se logró revascularización directa (48%) vs. 129 pacientes en quienes se realizó revascularización indirecta (52%) basada en el principio de los angiosomas. Las tasas de curación fueron de 46% a seis meses y 72% a 12 meses en el grupo de RD, y de 26 y 46% respectivamente para el grupo de RI con una $p < 0,001$, siendo la RD el único predictor independiente para la curación de la úlcera. A un año, la tasa de preservación del miembro fue del 86% para el grupo RD vs. 77% para el de RI, pero con una diferencia no significativa. Tampoco hubo diferencias en la sobrevida a un año en ambos grupos. El estudio concluyó que el logro de una revascularización directa basada en el principio de los angiosomas tuvo un efecto favorable en el tiempo de curación de las heridas y debe preferirse a la RI. Las limitaciones de este estudio se relacionaron con su carácter retrospectivo, características diferentes en ambos grupos que fueron ajustadas durante el análisis estadístico, falta de caracterización de las lesiones tratadas, ausencia de la descripción del tamaño de las úlceras y del tratamiento local, y falta de datos de control glucémico.

En 2009 se realizó un trabajo retrospectivo sobre 52 lesiones isquémicas que requirieron revascularización¹¹. Estos pacientes tenían un índice tobillo brazo (ITB) $< 0,3$, ondas de pulso monofásicas, tensión transcutánea de oxígeno (TCO₂) < 25 mmHg o un índice TCO₂ $< 0,4$. El tratamiento local de las úlceras se concretó a elección del centro de tratamiento en forma semanal. Los datos de angiografía y revascularización se revisaron en forma ciega con respecto a la localización de la úlcera. La prevalencia de diabetes fue del 87% en el total de la muestra. No hubo diferencias en los pacientes asignados al grupo de RI o RD. No hubo diferencia significativa en el tiempo de curación completa en el grupo de RD con el de RI. Sin embargo, sí hubo diferencia significativa en la tasa de curación completa en ambos grupos: 91% RD vs. 62% RI a 100 días. Además, la tasa de amputaciones mayores (sobre el tobillo) fue cuatro veces mayor en el grupo de RI. El estudio concluyó que el cirujano debe preferir revascularizar la arteria que irriga el angiosoma en el cual se localiza la úlcera, si tiene la opción.

En un estudio japonés desarrollado en 2012 se compararon pacientes con isquemia crítica y lesiones vasculares aisladas por debajo de la rodilla en 369 miembros de 329 pacientes consecutivos¹².

Es un estudio retrospectivo, cuyos datos se tomaron de la base de datos que incluía 1.068 miembros de 900 pacientes registrados entre 2004 y 2010. Los pacientes enrolados fueron revascularizados en forma exitosa; es decir, habiéndose logrado flujo distal al arco del pie a través de por lo menos un vaso. Durante el seguimiento a 18 meses, el 36% de los pacientes (119) murió. A un año del seguimiento, la supervivencia libre de amputación fue del 71% en el grupo de RD vs. el 50% en el grupo de RI y 49% vs. 29% a cuatro años respectivamente ($p=0,02$). La supervivencia libre de eventos mayores en el miembro (MALE), que incluye amputación mayor o reintervención, fue del 65% en el grupo RD vs. 55% en el grupo RI a un año, y 51% vs. 28% a cuatro años respectivamente ($p=0,008$).

También en 2012 se realizó un estudio en 106 miembros inferiores con lesiones de 85 pacientes exitosamente revascularizados¹³. Tampoco se aclaró detalladamente cuál fue el método de tratamiento local de las úlceras. De la muestra, el 78% de los pacientes era diabético. En el 75% de los pacientes se realizó RI, mientras que la RD se efectuó en el 25% restante. Tampoco se aclaró correctamente si es un estudio prospectivo o retrospectivo. Los pacientes consultaron entre 2002 y 2009; el 10% sufrió una amputación mayor y el 40% una amputación menor. La tasa de salvataje del miembro no estuvo influenciada en este estudio por el tipo de revascularización que se realizó, aunque la presencia de diabetes, enfermedad renal terminal e infección de la herida fueron predictores significativos de efectos adversos. El único predictor de curación de la herida fue el estado del arco pedio luego de la revascularización.

La experiencia publicada por un hospital en Bélgica también parte de un estudio retrospectivo realizado en 2008¹⁴. Se registraron 98 pacientes diabéticos (124 miembros inferiores) en un período de tres años con isquemia crítica de miembros inferiores. Las úlceras se catalogaron según la clasificación de Wagner 1-4. Se favoreció el tratamiento endoluminal cuando las estenosis eran focalizadas de <70% y de <3cm de longitud, angioplastia subintimal o endoluminal. Se excluyeron los pacientes con Wagner 0 (sin lesión abierta) y los pacientes con Wagner 5 (gangrena extensa). Se describieron mejor los métodos de tratamiento local de las úlceras. El 22% de los pacientes tenía insuficiencia renal terminal. El 71% de las lesiones estaba localizada en el pie, mientras que el resto se ubicó por debajo de la rodilla, pierna o tobillo. La revascularización exitosa se

definió como el flujo continuo desde la aorta hasta el pie con una estenosis residual de menos del 20% y con un incremento en el ITB mayor a 0,10. El éxito en el procedimiento se logró en el 82% de los casos y el 21% de los pacientes requirió colocación de stent. Durante el seguimiento a 18 meses, se perdieron 25 pacientes del seguimiento (cinco abandonaron y 20 murieron) y el 20% sufrió una reestenosis. No se realizó comparación entre pacientes revascularizados en forma directa o indirecta, pero de los 85 pacientes que se revascularizaron de acuerdo a la arteria principal del angiosoma, el 79% tuvo curación completa de las úlceras y el resto persistió con la úlcera a pesar de la revascularización. A un año, tuvieron una tasa del 91% de conservación del miembro y a tres años, del 84%.

Azuma et al. realizaron una descripción de 249 miembros con isquemia crítica en 228 pacientes que consultaron entre 2003 y 2009 en quienes se efectuó *by pass* como tratamiento de las estenosis¹⁵. El 81% de los pacientes era diabético y el 49% tenía insuficiencia renal terminal. Se evaluó si el concepto de angiosoma mejoraba los resultados y la eficacia de la terapéutica orientada a la revascularización de los angiosomas. No se describieron detalladamente las características de las úlceras y los tratamientos locales, pero mencionaron que a muchos pacientes se les aplicó tratamiento con VAC (Vacuum Assisted Closure, Terapia de Presión Negativa). Como resultado, se describió que los pacientes en quienes se realizó RD sus úlceras se curaron de forma más rápida que en quienes se realizó RI, aunque luego de ajustar por tamaño de úlcera e infección, la diferencia entre ambos grupos no fue significativa. La tasa de curación de ambos grupos a un año, excluyendo los pacientes con insuficiencia renal terminal, fue del 100%. El porcentaje de miembros salvados a un año fue de 97,8% para el grupo de RD y de 92,3% para el grupo de RI, diferencia estadísticamente no significativa. Este estudio concluyó que no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la velocidad de curación o tasa de preservación del miembro en grupos con RD o RI.

En un trabajo desarrollado en un hospital universitario en España¹⁶, se efectuó un análisis retrospectivo de 34 extremidades en 32 pacientes con lesiones tróficas isquémicas con el objetivo de determinar si la adquisición de flujo directo al angiosoma isquémico del pie influía en la cicatrización y en el salvamento de la extremidad ante isquemia crítica tratada mediante terapia endovascular. El tratamiento local constó de lavados con solución salina estéril, desbri-

damiento y, en algunos casos, cámara hiperbárica. La cicatrización completa se logró en el 76% de las extremidades estudiadas. La tasa de curación completa en el grupo de RD fue de 77,8%, mientras que en el grupo de RI fue de 73,7%, sin diferencia estadísticamente significativa. Al comparar la media del tiempo transcurrido hasta la cicatrización completa, tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las extremidades sometidas a RD frente a las sometidas a RI (RD 157,8 días frente a RI 124,5 días; $p=0,97$). Este estudio retrospectivo sobre la base del concepto del angiosoma concluyó que no se sugiere que sea más probable que la revascularización directa del angiosoma isquémico sea satisfactoria al momento de cicatrizar la herida y salvar la extremidad que la revascularización indirecta.

En un artículo donde se describían los reparos anatómicos de los angiosomas del pie en base a inyección de distintas sustancias y disecciones, se detalló una experiencia en 52 miembros realizada en forma retrospectiva⁶. Se indicó que los pacientes revascularizados en forma indirecta tuvieron un 38% de fracasos para la curación de las heridas en comparación con el 9% en los pacientes revascularizados en forma directa ($p=0,03$). La tasa de amputación fue cuatro veces mayor en los pacientes con RI que en aquellos en quienes se realizó RD.

Alexandrescu presentó un trabajo retrospectivo en 232 miembros en 208 pacientes diabéticos con úlceras neuroisquémicas tratados del año 2001 a 2010¹⁸. Se caracterizaron las úlceras por la escala de Wagner y de la Universidad de Texas. Se compararon miembros tratados con angioplastia por balón, 134 de ellos en forma directa (grupo 2) y 98 en forma indirecta (grupo 1). El 80% de los pacientes tenía enfermedad coronaria y el 20% insuficiencia renal terminal. Las características de las úlceras fueron similares en ambos grupos en cuanto a la clasificación de Wagner. El grupo 1 fue temporalmente primero (hasta 2005) que el grupo 2 (desde 2005). Se realizó una descripción más amplia acerca de los tratamientos locales y la descarga. El éxito clínico se definió como el incremento del ITB $>0,10$ y mejoría en las lesiones en dos categorías en la escala Rutherford. La media de seguimiento para el grupo 1 fue de 35 meses y para el grupo 2 de 54 meses. No hubo diferencias en la sobrevida de ambos grupos a 12, 24 y 36 meses. Las tasas de éxito clínico fueron 76, 68 y 68% para el grupo 1 a 12, 24 y 36 meses respectivamente, y de 85, 79, y 79% para el grupo 2 en los mismos plazos de tiempo ($p=0,025$). La sobrevida

libre de amputación a uno, dos y tres años fue de 84, 79 y 79% respectivamente en el grupo 1, y de 90, 89 y 89% en el grupo 2 ($p=0,035$). El porcentaje de úlceras que mostró recuperación fue del 69% en el grupo 1, y de 73% en el grupo 2, con una tasa de recaídas del 30%.

En el siguiente trabajo analizado de Osamu et al. publicado en el año 2010¹⁹ se efectuó un análisis retrospectivo de 177 pacientes, 203 miembros en quienes se realizó tratamiento endovascular entre 2003 y 2008, con úlceras o gangrena. Se incluyeron los pacientes con revascularización exitosa (obtención de flujo a través de más de una arteria hacia el arco del pie). Se efectuó una amplia descripción de la técnica de revascularización y los angiosomas considerados. El 50% de los pacientes se encontraba en diálisis. Se compararon dos grupos: RD 107 pacientes y RI 70 pacientes, sin diferencias significativas entre ambos. La tasa de salvataje del miembro en el grupo de RD y RI fue de 86% vs. 69% a un año, 82% vs. 64% a dos años ($p=0,029$), 82% vs. 64% a tres años ($p=0,029$) y 82% vs. 64% a cuatro años ($p=0,029$), evidenciándose una diferencia significativa en favor del grupo de RD.

Con el objetivo de analizar la influencia de las colaterales distales en la curación de las úlceras isquémicas luego de la revascularización exitosa según el modelo de angiosomas, se desarrolló un estudio retrospectivo en 76 pacientes²⁰, 41 revascularizados en forma quirúrgica y 35 en forma endovascular. Cuarenta y cinco se clasificaron de acuerdo a los angiosomas como revascularización directa y 31 como revascularización indirecta. A 12 meses, la tasa de curación fue mayor en el grupo de RD 92% vs. 73% en el de RI. También se clasificaron 18 pacientes como revascularización a través de colaterales (RIc), con una tasa de curación similar a la de RD (83%). También el porcentaje de "miembros salvados" a 24 meses fue mayor en el grupo de RD y similar al grupo de RIc: 92% vs. 72% vs. 88% y se concluyó que el restablecimiento del flujo sanguíneo a la úlcera a través de colaterales brinda similares resultados a aquellos obtenidos por RD.

En un estudio publicado en 2013²¹ se efectuó un análisis prospectivo de 64 pacientes con isquemia crítica de miembros desde 2007 hasta 2008. La RD se realizó en 39 pacientes (61%) mientras que en el resto (25 pacientes, 39% de la muestra) se aplicó RI. Los objetivos del estudio fueron evaluar a uno, tres y seis meses muerte, amputación mayor, salvataje del miembro y epitelización de la

úlceras. A los seis meses, la tasa de epitelización de la úlcera en el grupo de RD fue de 96% vs. 83% en el de RI ($p=0,021$). La tasa de salvataje del miembro fue del 84% en el grupo de RD vs. 75% en el de RI ($p=0,06$). La tasa de mortalidad fue de 10% para RD y 20% para RI. Se concluyó que lograr una revascularización directa al angiosoma isquémico debe considerarse cuando sea posible.

En un estudio realizado en México²² se desarrolló un análisis entre enero de 2011 y marzo de 2012 para verificar si la revascularización directa era determinante en la cicatrización de la herida y el alivio del dolor, y comparar la media del tiempo transcurrido hasta la cicatrización completa de la herida y detectar un porcentaje de amputación mayor o menor en ambos tipos de revascularización en un estudio observacional, transversal, correlacional, descriptivo y prospectivo. Se evaluaron 32 pacientes. En 23 de ellos (72%) se llevó a cabo una revascularización directa (RD) y los restantes nueve (28%) se sometieron a revascularización indirecta (RI). Todas las heridas se basaron en tratamiento con VAC (Terapia de Presión Negativa). La tasa de cicatrización en los pacientes en quienes se realizó RD fue del 100% vs. RI 44% ($p<0,01$). La media del tiempo transcurrido hasta la cicatrización completa RD fue de 21 días frente a RI de 131 días. El 5% de los pacientes era diabético (el cálculo se realizó mediante la prueba ANOVA). No se especificaron las características de las lesión.

Autor y fecha	Tipo estudio/ptes.	Endpoint	Resultado	Puntos débiles
Soderstrom, Alback 2013 ¹⁰	Retrospectivo. 250 pacientes. Revas. endovascular	Curación úlceras a un año	72% RD 46% RI	Retrospect. Tamaño úlc. y tto. local, control gluc, tipo de lesiones vasc.
Neville et al. 2009 ¹¹	Retrospectivo. 52 pacientes	Tiempo de curación Tasa de curación 100 días	Ns 91% RD 62% RI	Retrospect. Tamaño muestral, tamaño úlc. ¿Tto. local?
Osamu et al. 2012 ¹²	Retrospectivo. 369 miembros. 329 pac.	Sobrevida libre de amputación un año Sobrevida libre de eventos mayores (MALE)	71% RD vs. 50% RI ($p=0,02$) a un año 65% vs. 55% a 1 año	Pérdida del 36% de la muestra. Retrospectivo. 73% de pacientes diabéticos. ¿Tratamiento local? ¿Tamaño de las úlceras?
Kawarada et al. 2012 ¹³	Retrospectivo. 106 miembros. 85 pacientes	Curación de herida Muerte	Ns	Alta tasa de amput. ¿Tto. local? Diferencia en el N° de pacientes de los grupos. (75% RI vs. 25% RD). RD vs. RI no es el endpoint principal

Autor y fecha	Tipo estudio/ptes.	Endpoint	Resultado	Puntos débiles
Alexandrescu et al. 2008 ¹⁴	Retrospectivo. 98 pacientes. 124 MMII	Tasa de preservación del miembro Curación de úlceras	Un año: 91%, tres años, 82% 79% a 18 meses	No hay grupos de comparación. Pérdida de gran parte de la muestra
Azuma et al. 2012 ¹⁵	Retrospectivo. 249 MMII en 228 pacientes	Tasa de preservación del miembro Velocidad de curación	97% RD vs. 92% RI (NS) Mayor velocidad RD, NS	81% DBT. Escasa descripción del tratamiento local
Blanes Ortí et al. 2011 ¹⁶	Retrospectivo. 34 MMII en 32 pacientes	Curación de úlceras y dolor Tiempo hasta la curación	78% RD vs. 74% RI (Ns) 157 días RI vs. 124 días RD (Ns)	Tamaño muestral ¿Tratamiento local?
Attinger et al. 2006 ⁶	Retrospectivo. 52 miembros	Fallo en la curación de úlceras Amputaciones	9% RD vs. 38% RI ($p=0,03$) 4 veces mayor RI	Tamaño muestral. No se describieron los detalles del estudio
Alexandrescu et al. 2011 ¹⁸	Retrospectivo. 208 miembros	Curación de úlcera Salvataje del miembro Sobrevida	RD>RI p significativa RD>RI p significativa Ns	Tamaño muestral. Retrospectivo. Grupos en diferente espacio temporal (cambio de técnicas y profesionales)
Osamu et al. 2010 ¹⁹	Retrospectivo. 177 pacientes. 203 miembros	Salvataje de miembro	RD 86% vs. RI 69% (1 año) RD 82% vs. RI 64% (dos años, tres y cuatro años)	Retrospectivo. No se evaluó evolución de las úlceras
Varela et al. 2011 ²⁰	Retrospectivo. 77 pacientes	Curación a 12 meses Salvataje de miembro 24 meses	RD 92% vs. RI 73% Ps RD 92% vs. RI 72% Ps	Retrospectivo
Kabra et al. 2013 ²¹	Prospectivo. 64 pacientes	Muerte Amputación mayor Salvataje miembro Epitelización úlcera	10% RD vs. 20% RI RD 84% vs. 75% RI ns RD 96% vs. 83% RI Ps	Diferencia de número en los grupos. Pérdida de la muestra. 15% falleció. 10% se perdió del seguimiento
Ferrufino 2012 ²²	Prospectivo. 32 pacientes	Cicatrización completa Tiempo hasta la cicatrización	RD 100% vs. RI 44% Ps RD 21 días vs. RI 131 días Ps	Diferencia entre el tamaño de ambos grupos. Tamaño muestral. Alta tasa de cicatrización en corto tiempo. ¿Caract. de lesiones?

Tabla 1: Comparación de estudios. Ns: diferencia estadística no significativa. Ps: diferencia estadística significativa. RD: revascularización directa. RI: revascularización indirecta.

5. CONCLUSIONES

El principio de los angiosomas fue descripto por primera vez en 1987 por Taylor y Palmer, y fue utilizado desde entonces en cirugía plástica para aumentar la sobrevida de los injertos. En 2001, Attinger dividió el pie en seis angiosomas y a partir de 2008 se utilizó como estrategia para la revascularización del pie en pacientes con lesiones isquémicas críticas. El modelo angiosoma brinda la posibilidad de restablecer el flujo sanguíneo al tejido comprometido. Esto permite que, ante una isquemia crítica, si el cirujano tiene más de un vaso para reperfundir, elija aquel que le brinde mejor flujo a la zona de la lesión. En pacientes diabéticos, en quienes la aterosclerosis es más difusa y los vasos de choque (interconexiones entre angiosomas) son más pequeños o tienden a estar dañados, esta teoría es muy promisoría. Los estudios realizados hasta el momento que comparan grupos de revascularización directa con indirecta son, en su mayoría, retrospectivos y carecen en general de una descripción profunda de las úlceras (sitio, tamaño, tratamiento local, etc.), mientras algunos presentan mucha pérdida de muestra y difieren en sus objetivos (*endpoints*). De todas maneras, impresiona una tendencia a favor de la revascularización de las úlceras en forma directa: mayores tasas de curación, mayor velocidad y menor tasa de amputaciones. Así y todo, al ser retrospectivos, es difícil evaluar la factibilidad del tratamiento del vaso comprometido, ya que una vez elegido por la localización de la lesión, debe ser técnicamente posible realizar el tratamiento endovascular o quirúrgico de la arteria afectada. Esto es particularmente complicado en los pacientes diabéticos, dado lo difuso de la enfermedad arterial y la afectación de arterias pequeñas.

Mientras se desarrollan nuevas teorías y promisorios tratamientos, la estrategia más eficaz para prevenir las amputaciones continúa siendo la prevención de las lesiones.

REFERENCIAS

1. Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana. Tomo 3. Miembros, Sistema Nervioso Central. 9° Ed. Masson.
2. Gibbons GW, Shaw PM. Diabetic vascular disease: characteristics of vascular disease unique to the diabetic patient. *Semin. Vasc. Surg.* 25: 89-92. 2012.
3. Fernández R, Gutiérrez S. El modelo angiosoma en la estrategia de revascularización de la isquemia crítica. *Angiología.* 2012; 64: 173-182.
4. Fernández R, Gutiérrez S. Angiosomas y cirugía vascular. *Angiología.* 2009; 61: 247-257.
5. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *British Journal of Plastic Surgery.* 1987;40: 113-141.
6. Attinger C, Kim K y colaboradores. Angiosomes of the foot and ankle and clinical implications for limb salvage: reconstruction, incisions and revascularization. *Plastic and reconstructive surgery.* 2006: 261S-293S.
7. Setacci C, Donato G y colaboradores. Ischemic foot: definition, etiology and angiosome concept. *Journal of Cardiovascular Surgery.* 2010; 51: 223.
8. Alexandrescu V, Söderström y colaboradores. Angiosome theory: fact or fiction? *Scandinavian Journal of Surgery.* 2012; 101: 125-131.
9. Terashi H, Iwayama T y colaboradores. 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.
10. Söderström M, Albäck A. Angiosome-targeted infrapopliteal endovascular revascularization for treatment of diabetic foot ulcers. *Journal of Cardiovascular Surgery.* Vol. 57, N° 2. Feb 2013.
11. Neville RF, Attinger CE, Bulan EJ. Revascularization of a specific angiosome for limb salvage: does the target artery matter? *Annals of Vascular Surgery.* Vol. 23, N° 3, May 2009.
12. Osamu L, Yoshimitsu S. 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. *Journal of Cardiovascular Surgery* 364. Lida et al. February 2012. Vol. 55, N° 2.
13. Kawarada O, Fujihara M. Predictors of adverse clinical outcomes after successful infrapopliteal intervention. *Catheterization and cardiovascular interventions* 80: 861-871. 2012.
14. Alexandrescu VA. 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.* 2008; 15:580-593.
15. Azuma N, Uchida H, Kokubo T. Factors influencing wound healing of critical ischaemic foot after bypass surgery: is the angiosome important in selecting bypass target artery? *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 43, 2012, 322e328.
16. Blanes Ortí P, Riera Vázquez R. Percutaneous revascularisation of specific angiosome in critical limb ischaemia. *Angiología.* Vol. 63. N°1. Enero-febrero 2011.
17. Alexandrescu V, Vincent G. A reliable approach to diabetic neuroischemic foot wounds: below the knee angiosome oriented angioplasty. *J. Endovasc. Ther.* 2011; 18:376-387.
18. Osamu L, Shinsuke N. Importance of the angiosome concept for endovascular therapy in patients with critical limb ischemia. *Catheterization and cardiovascular interventions* 75: 830-836. 2010.
19. Varela C, Acín F, De Haro J. 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. Nov; 44(8): 654-60.
20. Kabra A, Suresh KR, Vivekanand V. Outcomes of angiosome and non-angiosome targeted revascularization in critical lower limb ischemia. *J. Vasc Surg.* 2013 Jan; 57(1): 44-9.
21. Ferrufino Mérida AL, RodríguezTrejo JM. Angioplastia infrapoplitea: correlación entre el vaso tratado y el angiosoma lesionado. *Revista Mexicana de Angiología* Vol. 40, N° 4 Octubre-Diciembre 2012, pp 123-134.