

# VASCULARIZACIÓN DEL TENDÓN DE AQUILES

**Dr. F. J. Sanz Hospital**

*Departamento de Ciencias Morfológicas. Cátedra de Anatomía. Prof. Puerta Fonolla. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid.*

*Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología I. Hospital 12 de Octubre. Madrid.*

Aunque no esté definido si Aquiles existió realmente, el llamado “tendón de Aquiles” y su inserción en el calcáneo evidencian características biomecánicas especiales, todavía no estudiadas en profundidad. Aunque la bibliografía ofrece numerosos casos de trastornos patológicos de este tendón y de su inserción, casi no se recogen estudios acerca de su vascularización. Aportamos datos acerca de la vascularización del tendón de Aquiles y de su inserción en el hueso calcáneo.

**PALABRAS CLAVE:** *Tendón de Aquiles, vascularización.*

**VASCULARISATION OF THE TENDO ACHILLEUS:** Even though it has not been defined whether Achilles did really exist, the so-called “Achilles’ Tendon”, or *Tendo Achilleus*, and its insertion into the *os calcaneus* do evidence particular biomechanical features, which have not yet been studied in depth. Even though the available literature provides a number of pathological changes of this tendon and of its insertion, there are close to no studies regarding its vascularisation. We here provide data regarding the vascularisation of the *Tendo Achilleus* and of its insertion into the *os calcaneus*.

**KEY WORDS:** *Achilles’ Tendon, vascularisation.*

El tendón de Aquiles y su inserción en el calcáneo presentan unas características biomecánicas especiales. Su pertenencia al sistema funcional aquileo-calcáneo-plantar<sup>(1)</sup> nos hacía suponer una vascularización particular que no ha sido estudiada.

Revisamos la bibliografía al respecto, y nos llamó la atención que, si bien existen numerosos trabajos sobre las tendinopatías y roturas del tendón de Aquiles, son escasos los estudios vasculares del tendón de Aquiles, la mayoría de ellos realizados con técnicas radiológicas. Apenas hemos encontrado algún estudio sobre la vascularización del tendón de Aquiles con técnica de inyección de vasos y posterior disección<sup>(2)</sup>.

Pretendemos ayudar al mejor conocimiento de la anatomía vascular del tendón de Aquiles y de su zona de inserción en el calcáneo, en la creencia de que un mayor conocimiento de la vascularización nos servirá para comprender mejor su función y sus patologías, orientándonos hacia el tratamiento más correcto de las mismas. Nos limitamos a exponer nuestros resultados y conclusiones, sin realizar ninguna correlación entre éstos y la etiología, clínica y tratamiento de las patologías del tendón.

## **Correspondencia:**

*Dr. F. J. Sanz Hospital*

*Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología I Hospital 12 de Octubre. Madrid*

## MATERIAL Y MÉTODO

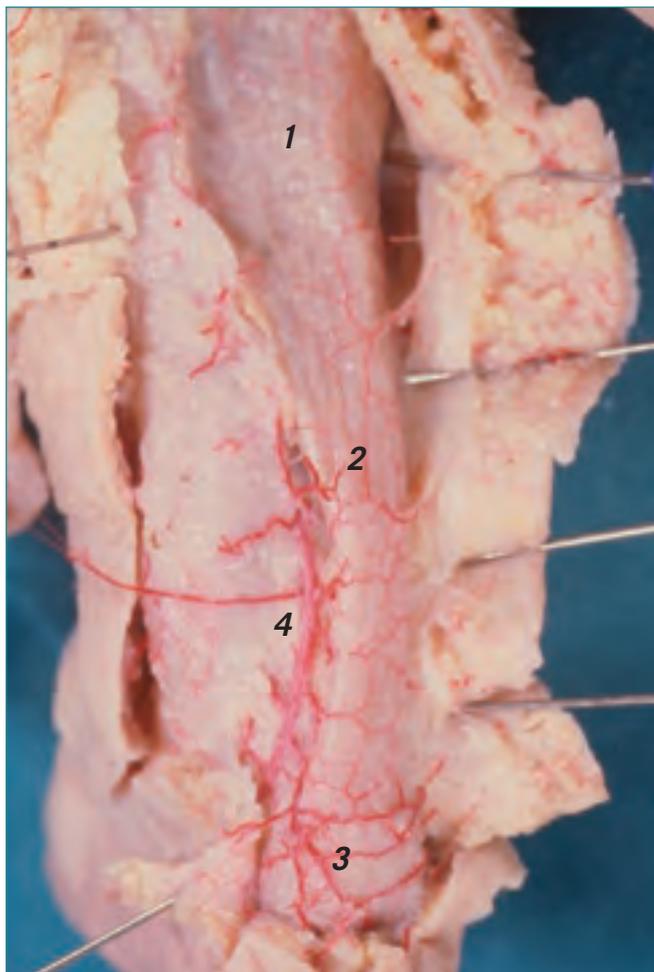
### Material

**1. Especímenes:** Realizamos la investigación en 18 miembros inferiores de fetos humanos a término. Optamos por estos especímenes tras valorar algunas publicaciones en las que se hace referencia a la similitud de la vascularización en la zona que nos atañe, entre estos especímenes y los adultos<sup>(3,4)</sup>.

**2. Instrumental:** Las inyecciones se realizaron con instrumental básico de cirugía, jeringas y angiocatéteres. Para las microdisecciones, nos ayudamos de una lupa Nikon SMZ-2T, a la que se acopló un equipo fotográfico Nikon HFX. Se utilizó instrumental de cirugía, microcirugía y pinzas de joyero. Dos piezas fueron sometidas a corrosión, empleando ácido clorhídrico.

### **3. Material de inyección:**

**3.1. Látex natural**, obtenido de la sangría del árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*); es un líquido blanco opaco, de una densidad de 0,973 y una viscosidad de 40-120 centipoises. Las partículas de caucho (cis 1-4, polisopreno) tienen un tamaño medio de 1-2 micrómetros, lo que las hace altamente difusibles<sup>(5)</sup>. El látex solidificado es moderadamente fuerte y extremadamente elástico. En vasos finos y linfáticos solidifica en menos de 20 minutos<sup>(6,7)</sup>.



**Figura 1.** Cara posterior del tendón de Aquiles. 1: tercio proximal. 2: tercio medio. 3: red aquíleo-calcánea. 4: arteria tibial posterior.

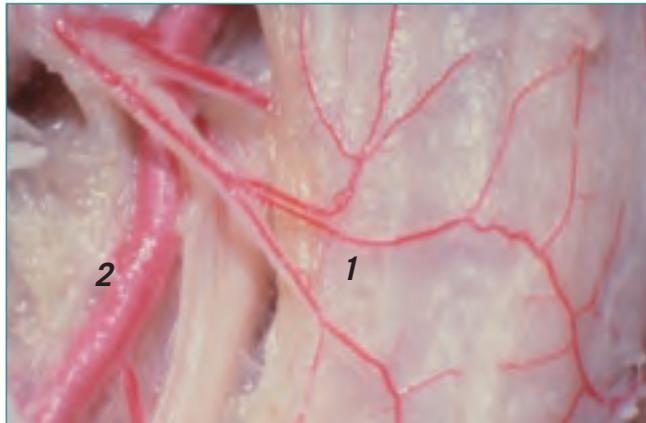
**Figure 1.** Posterior aspect of the Tendo Achilleus. 1: proximal third. 2: medial third. 3: achilleo-calcaneal network. 4: posterior tibial artery.

**3.2. Los colorantes** que hemos utilizado son de la gama Unispers (Ciba-Geigy, S.A.). Rojo Unispers RNE y rojo Unispers 3RS-E2.

**4. Protocolos:** Para facilitar la recogida de datos y sistematizar el estudio, confeccionamos una hoja protocolo y otra hoja para recoger imágenes.

## Método

**1. Preparación de especímenes:** Los especímenes se conservaron en cámara frigorífica a baja temperatura, hasta el momento de su utilización. Generalmente entre 24 y 72 horas *post mortem*. La perfusión de los tejidos es mejor cuando la rigidez *post mortem* ha cedido<sup>(8)</sup>.



**Figura 2.** Cara posterior del tendón de Aquiles. 1: peritenon o "membrana portavasos". 2: arteria tibial posterior.

**Figure 2.** Posterior aspect of the Tendo Achilleus. 1: peritenon or "vessel-carrying membrane". 2: posterior tibial artery.

**2. Inyección:** Dependiendo de las características previas de cada espécimen, la inyección se realizó a nivel de las arterias: femoral, ilíacas o umbilical.

**3. Fijación:** En todos los casos, se colocó el espécimen inmerso dentro de una solución de formaldehído diluida al 15% en agua, durante un tiempo mínimo de 21 días.

**4. Microdisecciones:** Las iniciamos con una incisión media posterior, desde unos milímetros distales al hueso poplíteo hasta el talón. A continuación, se practican incisiones transversales en dirección anterior por ambos lados. En la parte distal se sigue la línea de la planta del pie. Dejamos un pequeño pedículo anterior para que no se desprenda completamente la piel y nos sirva para cubrir y conservar las zonas expuestas. Abordamos así el tendón de Aquiles, con los vasos que llegan a él y que diseamos cuidadosamente, descubriendo sus anastomosis y siguiéndoles hasta los troncos principales de origen.

## RESULTADOS

### Tendón de Aquiles

La irrigación del tendón de Aquiles la suministran las arterias peronea y tibial posterior, presentes en todos los especímenes. El lado externo (peroneo) habitualmente se encuentra mejor vascularizado. Presenta claras diferencias vasculares en cuanto a su calidad y distribución en las caras anterior y posterior. La cara posterior está, en general, peor irrigada que la anterior.

#### Cara posterior (Figura 1):

- Ocho tendones están muy bien irrigados.
- Cinco aceptablemente, diferenciándose tres tercios con características distintas.
- Tres prácticamente avasculares, excepto la red calcánea y algún vaso proximal.



**Figura 3. Cara anterior del tendón de Aquiles. 1: tercio medio del tendón de Aquiles. 2: arteria que desciende por la cara anterior. 3: mesotendón.**

**Figure 3. Anterior aspect of the Tendo Achilleus. 1: medial third of the T. Achilleus. 2: artery descending over its anterior aspect. 3: mesotendon.**

1. Los tendones bien vascularizados, muestran una red o malla posterior, auténtica **membrana portavasos** o peritenon (Figura 2). A partir de la unión músculo-tendinosa, vasos dirigidos a la cara anterior o a ambas emergen a la cara posterior y se extienden por su superficie, en un entramado de finas arterias albergadas en una también finísima y transparente membrana portavasos. Predominan los trayectos descendentes verticales en el tercio proximal y horizontales en el tercio medio. Hay abundantes anastomosis transversales. Observamos cómo los vasos atraviesan la membrana y penetran en el espesor tendinoso o se anastomosan sobre el propio tendón con otros que afloran a la superficie.

**No hallamos zona avascular posterior en este grupo**, si bien podemos diferenciar en la mayoría: un tercio proximal bien vascularizado, con densidad de anastomosis entre las

ramas; un tercio medio donde disminuyen las anastomosis en el lado tibial o están más separadas dejando mayores espacios libres. En la misma zona, pero en el lado peroneo, se encuentran vasos en todo momento; por ello, consideramos que no hay zona avascular posterior; un tercio distal y red aquileo-calcánea excelentemente vascularizada.

**2.** Tendones aceptablemente vascularizados, en su cara posterior. Vascularización típica y similar en todos ellos: unión músculo-tendinosa y tercio proximal bien irrigados, con un vaso constante a cada lado, procedentes de las arterias tibial posterior y peronea, preferentemente a la cara anterior, pero con ramas que alcanzan la cara posterior y se extienden por ella, llegando a anastomosarse; tercio medio pobremente vascularizado. En tres de los casos aparecen por los bordes tendinosos algunos vasos, pero no penetran en la superficie posterior, que es casi avascular; tercio distal y red aquileo-calcánea muy bien vascularizada en los cinco casos.

**3.** Tendones avasculares en la cara posterior. En uno de ellos no se ha rellenado bien la zona tributaria de la arteria peronea; observamos con la lupa arterias sin látex que deberían continuar con otras existentes en el lado tibial. A pesar de su pobre vascularización posterior, podemos distinguir, como en el grupo anterior, tres tercios diferentes: vasos a la unión músculo-tendinosa con ramas posteriores poco desarrolladas; tercio medio avascular; red calcánea aceptablemente formada.

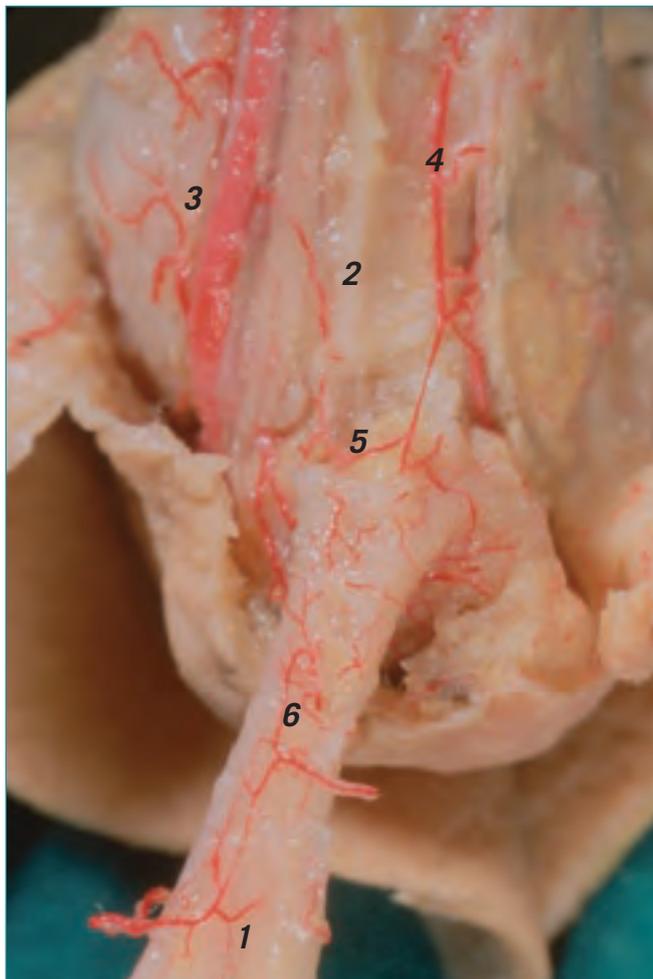
**Cara anterior:** Bien vascularizada en todos nuestros casos, excepto en el que ya mencionamos que no se había rellenado bien la arteria peronea; lo que nos hace pensar en la importancia de este vaso en la irrigación del tendón de Aquiles. Aun así, tiene vasos en la unión músculo-tendinosa y en la unión de los tercios proximal y medio, es avascular el tercio medio, y distalmente observamos una arteria comunicante peronea fina.

En los 15 casos restantes no se evidencian zonas avasculares anteriores, estando correctamente irrigado el tercio medio. Se pueden distinguir dos patrones diferentes con igual incidencia, ya que 7 presentan un tipo y 8 otro.

- En un grupo se aprecia una **arteria descendente** por el centro o por el lado externo, que envía ramificaciones a ambos lados y recibe los aportes de nuevos vasos que se suman a ella en su recorrido, desde ambos lados. En ocasiones, se forma una auténtica red que ocupa toda la cara anterior de los tercios medio y distal (Figura 3).

- En el otro grupo no es tan marcado el vaso principal, sino que diferentes arterias alcanzan la cara anterior desde ambos lados y se ramifican en el meso uniendo sus ramas. Habitualmente se forma también una red, pero más irregular que en el grupo precedente. Los tercios medio y distal se encuentran igualmente muy bien irrigados (Figura 4).

El tercio proximal parece estar peor vascularizado en la cara anterior, pero no es así. Como veremos más adelante, son prácticamente constantes un vaso a cada lado de esta zona, que se abren en varias ramas hacia el interior del tendón y desde los que se inicia el vaso descendente.



**Figura 4.** Cara anterior del tendón de Aquiles. 1: tendón de Aquiles. 2: zona posterior de la pierna. 3: arteria tibial posterior. 4: arteria peronea. 5: arteria comunicante peronea. 6: vascularización de la cara anterior del tendón de Aquiles.

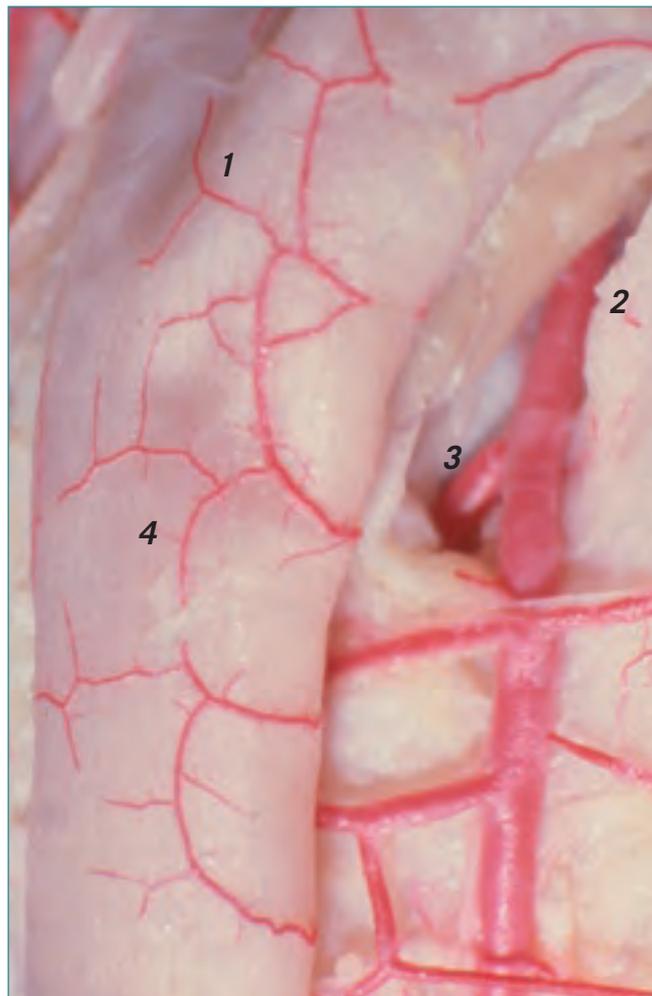
**Figure 4.** Anterior aspect of the Tendo Achilleus. 1: Tendo Achilleus. 2: posterior aspect of the leg. 3: posterior tibial artery. 4: peroneal artery. 5: peroneal communicating artery. 6: vascularisation of the anterior aspect of the T. Achilleus.

Por otro lado, en la superficie de sección del tendón a nivel de la unión músculo-tendinosa (corte para rebatirlo y estudiar la cara anterior), observamos cómo los vasos musculares penetran hacia el espesor del tendón, y son más abundantes en el centro y lado externo.

Las **arterias anteriores** son de mayor calibre que las posteriores, siendo habitual que las dorsales sean ramas de las ventrales. En la cara anterior se ramifican en 5 o 6 ramas, formando el **mesotendón**.

Describiremos a continuación las arterias tendinosas más constantes y su origen.

La **arteria peronea** desciende por la región posterior de la pierna en un plano más profundo al del tendón, se hace más



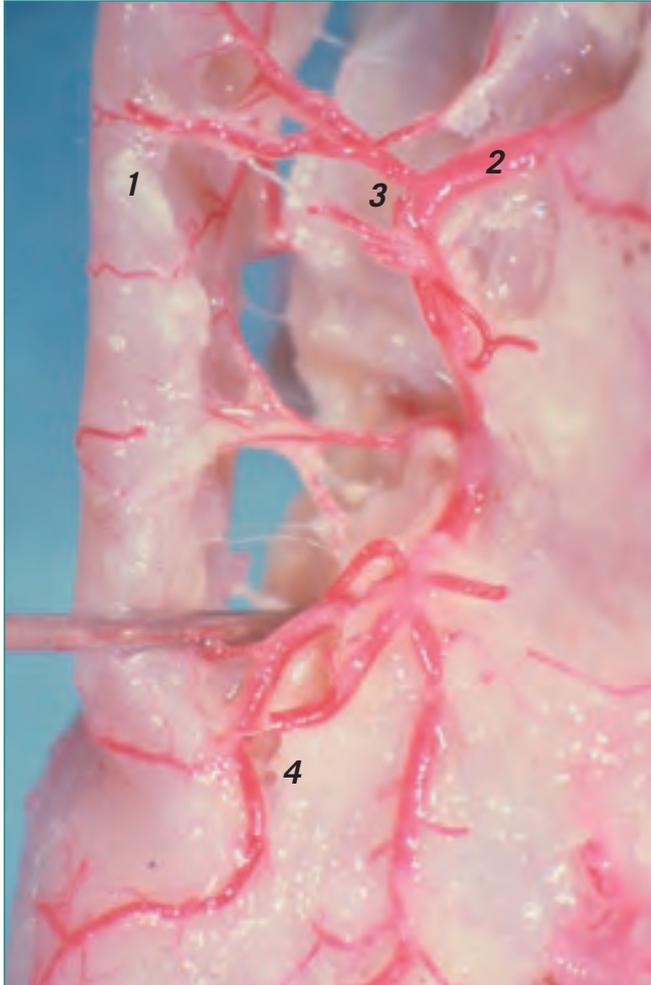
**Figura 5.** 1: cara posterior del tendón de Aquiles. 2: arteria peronea. 3: arteria perforante peronea. 4: vascularización de la cara posterior del tendón.

**Figure 5.** 1: posterior aspect of the T. Achilleus. 2: peroneal artery. 3: perforating peroneal artery. 4: vascularisation of the posterior aspect of the T. Achilleus.

superficial a nivel del tercio proximal del mismo, emitiendo en este punto la arteria perforante peronea en dirección anterior y un vaso en el mismo plano del tendón y paralelo a él en dirección dorsal (**Figura 5**).

La propia arteria peronea o el vaso paralelo envían una serie de ramas al tendón; las más constantes son:

- Una rama presente en todos los miembros, hasta el lado externo de la unión músculo-tendinosa, que se ramifica en el borde tendinoso o con más frecuencia en la cara anterior, abriéndose en varios ramos como en un meso (mesotendón). Emite ramos para el espesor del tendón y para las caras anterior y posterior. Contribuye a la formación de la membrana portavasos e inicia el vaso descendente anterior en otros casos.



**Figura 6.** 1: tendón de Aquiles. 2: arteria peronea. 3: ramos arteriales a la cara anterior. 4: ramos a la red aquileo-calcánea.

**Figure 6.** 1: Tendo Achilleus. 2: peroneal artery. 3: arterial rami to the anterior aspect. 4: rami to the achilleo-calcaneal network.

- Una rama para la cara anterior en la unión de los tercios proximal y medio, que habitualmente se une al anterior o a las redes formadas y envía ramas finas a la cara posterior.

- Unas ramas variables en número, para los tercios medio y distal. Desde 7 ramas hasta 1; lo más frecuente son 3 ramas. Se ramifican con mayor intensidad por la cara anterior, pero envían ramos que alcanzan la cara dorsal rodeando el borde tendinoso.

Generalmente, una de ellas es más gruesa que el resto, cruza toda la cara y se une a un ramo procedente del lado tibial, emitiendo colaterales distales y proximales.

La **arteria comunicante peronea**, constante en los miembros de nuestro estudio. Cruza, ventral al tendón, la zona más distal del mismo, próxima a su inserción. Da ramos anteriores al tercio distal. Une las arterias peronea y tibial posterior (las ramas de éstas).

- **Un ramo peroneo a la red aquileo-calcánea**, del que habitualmente emerge la arteria comunicante y que describiremos con la red calcánea (**Figura 6**).

La **arteria tibial posterior** también contribuye a la vascularización del tendón de Aquiles:

- De modo constante, envía una rama a la unión músculo-tendinosa, con mayor calibre que la procedente de la arteria peronea. Suele dirigirse al centro de la cara anterior, en donde se expande. Algunas ramas emergen por el borde interno a la cara dorsal, ramificándose por la superficie posterior en un entramado de finísimos vasos.

- Una rama a la unión del tercio proximal y medio, con bifurcaciones ventrales y dorsales.

- Una rama al tercio medio anterior, que se une a otra de la arteria peronea, y juntas cruzan la cara ventral. Forman una auténtica red ventral o se expanden por la zona. Por lo general, en este tercio las ramas no alcanzan la cara dorsal, quedando menos vascularizado el lado tibial del tercio medio dorsal.

- Una arteria que se origina a nivel del tercio medio tendinoso, pasa por encima del nervio tibial posterior y desciende oblicuamente hasta alcanzar el borde interno del tendón. Adosada a él, continúa su recorrido descendente y se une a la rama ascendente del ramo calcáneo. En su trayecto, da ramas anteriores y posteriores al tercio distal y a la red calcánea.

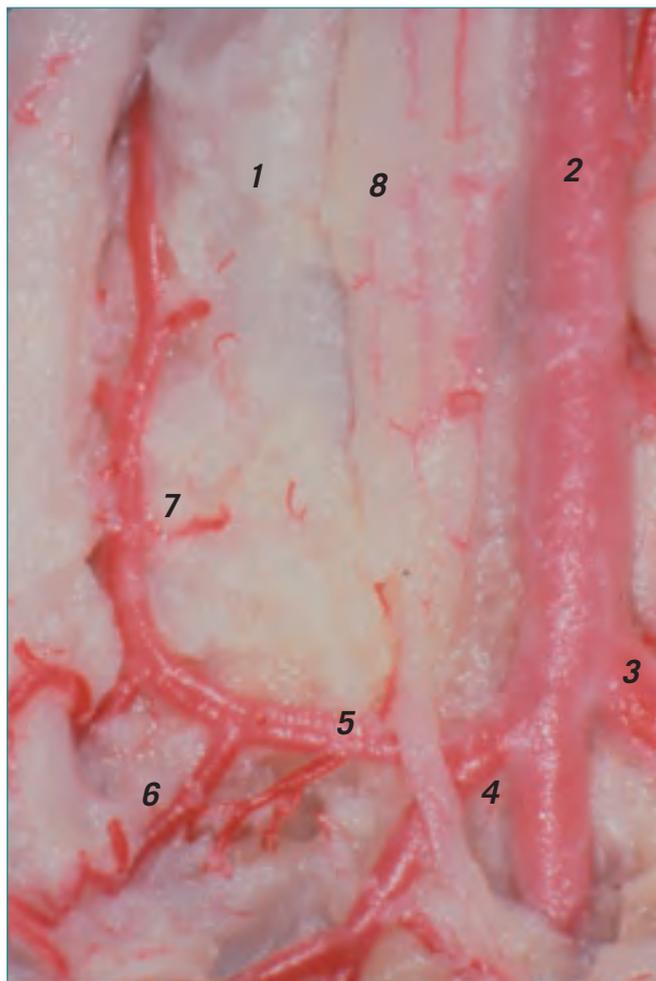
- En nueve especímenes, el **ramo calcáneo**, que describiremos con la red, de la que es el principal contribuyente.

### Red aquileo-calcánea

En la zona más distal del tendón de Aquiles y su inserción en el calcáneo, todos los especímenes presentaron una auténtica red vascular. Cada uno con sus características propias (no hemos hallado dos casos iguales), pero con una distribución anatómica que muestra ciertas similitudes y nos permite hacer un patrón general de red aquileo-calcánea. Siempre bien vascularizada, recibe ramas por el lado externo desde la arteria peronea, y por el lado interno desde el ramo calcáneo (arteria tibial posterior y/o arteria plantar externa). Los vasos son más gruesos en el lado tibial, con múltiples ramificaciones en el lado peroneo y un centro con semejanzas geométricas.

**Ramo calcáneo (Figura 7):** Se origina en la arteria tibial posterior en 10 casos, y en la arteria plantar externa en 6. En 4 especímenes de los que nacen de la arteria tibial posterior, existe un ramo paralelo pero más distal, con nacimiento en la arteria plantar externa. A poco de nacer, se divide en dos ramas:

1. Una rama con dirección **ascendente**, cuyo tronco principal se dirige a la parte anterior de la zona de inserción del tendón de Aquiles, continuándose directamente con la arteria comunicante peronea. Emite 3 ramas: una rama distal que irá a unirse a la rama descendente; una rama proximal, que asciende pegada al borde medial del tendón hasta anastomosarse con un ramo que descendía por el mismo lugar procedente de la arteria tibial posterior; una rama media

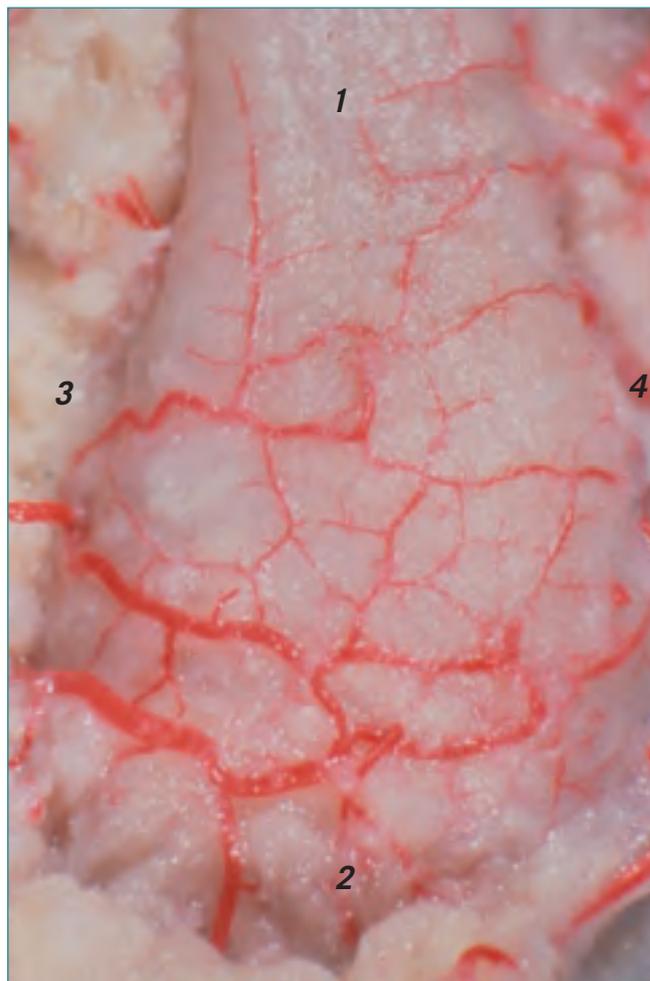


**Figura 7.** Ramo calcáneo. 1: tendón de Aquiles. 2: arteria tibial posterior. 3: arteria plantar interna. 4: arteria plantar externa. 5: ramo calcáneo a la red aquileo-calcánea. 6: ramos a la red. 7: ramos al tendón de Aquiles. 8: nervio tibial posterior con sus vasa nervorum.

**Figure 7.** Calcaneal ramus. 1: Tendo Achilleus. 2: posterior tibial artery. 3: internal plantar artery. 4: external plantar artery. 5: calcaneal ramus to the achilleo-calcaneal network. 6: rami to the network. 7: rami to the T. Achilleus. 8: nervus tibialis posterior with its vasa nervorum.

para la red calcánea, que rodea en sentido ventrodorsal el borde medial del tendón de Aquiles en su zona de inserción, y alcanza la cara dorsal. Se bifurca en dos ramas divergentes en dirección lateral, proximal y distal.

En el centro del área de inserción tendinosa, se anastomosan con las ramas externas provenientes de la arteria peronea. Estas dos ramas divergentes emiten múltiples ramitas en dirección proximal y distal, predominando la dirección lateral sobre la medial (como si la red viniera de interna a externa). Las ramitas proximales se dirigen al tercio distal del tendón y las distales, que son verticales, a la rama descendente.



**Figura 8.** Red aquileo-calcánea. 1: tendón de Aquiles. 2: ramas verticales hacia el talón. 3: lado medial. 4: lado externo.

**Figure 8.** Achilleo-calcaneal network. 1: Tendo Achilleus. 2: vertical rami to the heel. 3: medial aspect. 4: external aspect.

2. Una rama con dirección **descendente**, que recibe a la rama transversal de la anterior y se bifurca en dos: una rama que discurre por la parte más distal de la red y realiza anastomosis con las ramas verticales distales de la misma, emitiendo a su vez ramos al tejido graso del talón; una rama que continúa en sentido descendente al tejido celular subcutáneo y almohadilla grasa del talón. La **arteria peronea posterior** envía a la red un ramo equivalente al ramo calcáneo, que se bifurca, como aquél, en 2 ramas: una que sigue en dirección distal y medial, para reunirse con la que desde el lado contrario recorre la zona más inferior de la red; otra que sigue un trayecto ascendente, se adapta a la forma del tendón en la zona distal y se ramifica a su vez en 4 ramos: un ramo hasta la arteria comunicante peronea; 3 ramos en sentido medial, a la red aquileo-calcánea.

Hemos descrito un **patrón de red aquileo-calcánea (Figura 8)**, que coincide en líneas generales con los objetivos en

nuestro estudio; pueden variar el número de ramas o la forma de alguna de ellas, pero la disposición general es la enunciada. Las ramas principales forman figuras geométricas, predominando las formas triangulares, especialmente un triángulo de base proximal y vértice distal.

## DISCUSIÓN

### El látex como material de inyección

El látex natural es el material ideal para relleno de arterias, venas o linfáticos que van a ser disecados. Comienza a utilizarse a principios de los años 70 en animales<sup>(6,9,10)</sup>. En la década de los 80, son múltiples los estudios vasculares del sistema músculo-esquelético, en los que se emplea el látex teñido como material de inyección, realizando posteriores microdisecciones<sup>(5,11-13)</sup>.

Respecto a la zona analizada en nuestro estudio, con material y método similares se describen colgajos cutáneos irrigados por la **arteria calcánea lateral**<sup>(14)</sup> y por una **rama de la arteria peronea**; para cubrir pérdidas de la zona distal de la extremidad<sup>(15,16)</sup> presenta un *flap* supra-maleolar dependiente de la **rama perforante de la arteria peronea**, y Haro estudia la vascularización del tendón de Aquiles<sup>(2)</sup>.

### Tendón de Aquiles

Desde que Wollenberg demostró que los tendones son estructuras vascularizadas, algunos autores han investigado la vascularización tendinosa, en concreto del tendón de Aquiles<sup>(17)</sup>.

Largergren y Lindholm encuentran dos zonas de inserción (muscular y calcánea) bien irrigadas y una zona con disminución del número y grosor de los vasos. Los vasos en el peritendon están distribuidos longitudinalmente por todas partes. Reconocen que la serie de 8 tendones es corta y que 4 tendones no se rellenaron correctamente<sup>(18)</sup>. Estamos de acuerdo en que la vascularización es menor en una zona media respecto a la de los dos extremos. Pero todos los especímenes que hemos estudiado presentan en la cara anterior de esta zona una vascularización aceptable, e incluso muy buena en algunos casos.

Fischer y Carret<sup>(4)</sup> realizan un estudio microangiográfico en 14 piezas, y refieren que la irrigación del tendón proviene de las arterias tibial posterior y peronea, distinguiendo:

**1. Unas arterias periféricas** que nacen de las colaterales de las arterias posteriores de la pierna, destinadas al tejido celular subcutáneo; se expanden por una fascia o vaina, que envuelve el tendón. La red arterial así formada predomina sobre la cara anterior del tendón. En general, las arterias toman una dirección vertical, pero existen numerosas anastomosis transversales. La densidad vascular es más importante en el tercio superior que en el tercio medio.

### 2. Unas arterias de las extremidades:

**a)** En la **zona superior** del tendón se expanden las ramas terminales de las arterias del tríceps.

**b)** En la **parte inferior** del tendón, penetran las ramas recurrentes de los ramos calcáneos. Existe una zona prácticamente avascular en el tercio medio, mientras que los tercios superior e inferior están relativamente vascularizados.

**No encuentran diferencias significativas entre los adultos y los fetos a término**<sup>(4)</sup>. Realizamos nuestra investigación, con inyección de distinta sustancia y con distinto método de observación, pero suscribimos casi por completo lo que describen Fischer y Carret. La vascularización del tendón de Aquiles depende de la **arteria tibial posterior y de la arteria peronea**; nos atrevemos a ir más lejos, ya que nos parece que habitualmente aporta mayor irrigación la arteria peronea. Distinguimos y describimos, en nuestros resultados, las arterias que desde los troncos principales alcanzan el tendón por los lados y forman una auténtica **“membrana portavaso”** que envuelve el tendón. No estamos de acuerdo en que este tipo de distribución vascular o de “membrana portavaso” predomine en la cara anterior, sino que, por el contrario, es en la **cara posterior** donde realmente se aprecia. El patrón anterior es bien distinto. Las arterias toman, efectivamente, una dirección vertical, predominando las anastomosis transversales, pero es así en el tercio proximal; después, los vasos más marcados son los horizontales. Asimismo, se distinguen las arterias de las extremidades. En la zona proximal, las que hemos descrito como vasos a la unión músculo-tendinosa y, en la zona distal, las ramificaciones posteriores de la red aquileo-calcánea y las anteriores de la arteria comunicante peronea. Observamos cómo las arterias periféricas alcanzan el tendón y penetran en él. En la cara posterior de la mayoría de los tendones y en la anterior de prácticamente todas las piezas no encontramos zona avascular. Es cierto que en el tercio medio posterior disminuye de manera general el número de vasos, respecto a los tercios superior e inferior. Pero no es menos cierto que en la cara anterior, y a este nivel, la vascularización es aceptable e incluso excelente en algunos casos.

Carr y Norris, señalan la disminución del número de vasos y del área ocupada por ellos en el tercio medio. Observan un paratenon altamente vascularizado. Los vasos están uniformemente dentro del tendón y no segmentariamente, como en los tendones flexores de los dedos<sup>(19-21)</sup>. Ya hemos comentado nuestros hallazgos respecto al paratenon. No hablan de zona avascular, sino de disminución de vasos y del área que cubren; aunque esto se refiere a vasos intratendinosos, concuerda bastante con nuestros resultados.

Haro y Rodríguez refieren que, en una valoración anatómica superficial, el tendón muestra una región media casi avascular, pero, sin embargo, la irrigación que posee en su cara anterior, así como la malla que se observa en los tendones sometidos a diafanización, demuestran que la irrigación del tendón es bastante homogénea<sup>(2)</sup>.

Graf encuentra un considerable número de anastomosis entre los sistemas extra e intratendinosos; da gran importancia al paratenon en la nutrición del Aquiles, y refiere menor vascularización en una zona del tendón. Indica que no se ha demostrado, a día de hoy, la relación entre la frecuencia de rupturas en esa zona y la anatomía vascular de la misma<sup>(22)</sup>. El análisis que hemos realizado concuerda esencialmente con lo manifestado por Graf. Puede que exista una zona media con disminución de la vascularización, pero no en la cara anterior.

No ha sido nuestro objetivo relacionar nuestros hallazgos con la etiología de las roturas del tendón de Aquiles, pero no podemos sustraernos a exponer una modesta opinión, extraída de nuestros resultados y de la literatura revisada. Puede que la disminución vascular sea predisponente para la rotura tendinosa, pero ya ha quedado demostrado por otros autores que en todos los casos de rotura tendinosa existe una degeneración previa, motivada la mayoría de las veces por microtraumatismos repetidos. Mecanismos histoquímicos de las fibras tendinosas y cambios vasculonerviosos conducen a la alteración del colágeno de la fibra y a la degeneración tendinosa. El tendón degenerado se rompe por la zona más débil, detrás de la articulación tibio-tarsiana, donde la anchura es mínima y la fragilidad máxima.

## Red aquileo-calcánea

El tendón de Aquiles forma parte del sistema aquileo-calcáneo-plantar, definido como "la unidad funcional que sirve para colocar el pie en posición de puntillas, básica en la fase de despegue de la marcha normal y necesaria para movimientos tales como la carrera, el salto o la danza". El tríceps sural y el tendón de Aquiles intervienen principalmente en la propulsión. La continuidad del tendón con la aponeurosis plantar y la interposición del calcáneo permiten asegurar un eje de acción permanente y estable del tríceps sural, indispensable para el equilibrio del pie posterior<sup>(1,23)</sup>.

En todos los especímenes que hemos examinado, se demuestra la existencia de una irrigación excelente y especial en esta zona. Cada uno de ellos con una forma propia, pero con una distribución anatómica similar, permitiéndonos definir un patrón general de red aquileo-calcánea. En los tratados de anatomía y en todos los trabajos sobre la vascularización del tendón de Aquiles, se hace referencia a la existencia de esta red, y se nombran algunas arterias que se dirigen hacia ella, pero en ninguno se hace una descripción de la misma.

## CONCLUSIONES

### Conclusiones derivadas del método

El látex teñido es un material ideal para el relleno de vasos que posteriormente van a ser estudiados por disección. No es el material más adecuado para el relleno de vasos que van a ser estudiados por corrosión.

## Conclusiones derivadas de los resultados

**Tendón de Aquiles (Figuras 1, 3 y 6):** La cara anterior está mejor irrigada que la posterior. El peritenon actúa como auténtica membrana portavasos. En el tercio proximal son constantes unas ramas de la arteria peronea y de la arteria tibial posterior. En el tercio medio de la cara posterior, encontramos una disminución del número de vasos y de sus anastomosis. En el tercio medio de la cara anterior y en el 50% de los casos en la cara posterior, no hallamos zona avascular.

**Red aquileo-calcánea (Figuras 7 y 8):** La zona de inserción del tendón de Aquiles en el calcáneo presenta una distribución vascular especial y abundante, probablemente como reflejo de un área sometida a grandes exigencias mecánicas. Siendo posible describir una red vascular con un patrón definido, formada por ramas de las arterias tibial posterior, peronea y plantar externa. El ramo calcáneo alcanza la cara posterior y se divide en dos ramas divergentes, que en la parte central se unen con las ramas laterales procedentes de la arteria peronea posterior. De la red aquileo-calcánea parten ramas proximales hacia el tercio distal del tendón de Aquiles, y ramas distales verticales descendentes hacia la zona plantar del talón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Viladot A, et al. Quince lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Ediciones Toray, S.A., 1989.
- Haro Cervantes, Rodríguez Baeza A. La vascularización del tendón de Aquiles: su importancia en las tendinopatías agudas y crónicas. Arch Medic Depor 1989; VI (24): 339-344.
- Carret JP, Schnepf J, Fournet-Fayard J. Vascularisation arterielle du tendon d'Achille (Tendo calcaneus) chez l'homme. Med Chir Pied 1985; 2 (4): 83-85.
- Fischer LP, Carret JP, Gonon GP, Sayfi Y, Clermont A. Vascularisation arterielle du ligament rotulien et du tendon d'Achille. Bull Ass Anat 1976; 60: 323-334.
- Rodríguez Baeza A. Estudio del origen trayecto y distribución de las arterias de la médula espinal humana. Departamento de Ciencias Morfológicas. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Medicina. 1987.
- Tompsett DH. Anatomical Techniques. Edimburgo/Londres: E & S Livingstone 1970.
- Tompsett DH. Improvements and additions to anatomical techniques. A cast of the blood vessels of the adult human leg. Ann R Coll Surg 1967; 4: 376-382.
- Taylor GI, Miller GDH, Ham FJ. The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques. Plast Reconst Surg 1975; 55: 533-544.
- Chatelain E. The arterial and venous vascularisation of the abdominal digestive organs in the pig. Ann Rech Vet 1973; 4/3: 437-455.
- Habermehl KH. The topography of the blood vessels of the canine brain. Zentr BI Veterin Medreihe 1973; 2 (4): 327-353.

11. Gelberman RH, Mortensen WW. The arterial anatomy of the talus. *Foot-Ankle* 1983; 4/2: 64-72.
12. Ohara JP, Dommissse GF. Extraosseous blood supply to the neonatal femoral head. *Clin Orthop* 1983; 174: 293-297.
13. Restrepo J, Katz D, Gilbert A. Arterial vascularization of the proximal epiphysis and the diaphysis of the fibula. *Int J Microsurg* 1980; 2 (1): 49-54.
14. Jacob Y, Wack B, Grosdidier G. Lambeau calcaneen lateral. (Lateral calcaneal flaps). *Bull Assoc Anat (Nancy)* 1983; 67 (196): 105-109.
15. Masquelet AC, Beveridge J, Romana C, Gerber C. The Lateral Supramalleolar Flap. *Plast Reconstr Surg* 1988; 81: 74-81.
16. Yoshimura M, Shimada T, Imura S, Shimamura K, Yamauchi S. Peroneal island flap for skin defects in the lower extremity. *J Bone and Joint Surg* 1985; 67-A (6).
17. Wollenberg GA. Die Arterienversorgung von Muskeln und Sehnen. *Z Orthop* 1905; 14: 312-331.
18. Lagergren C, Lindholm A. Vascular distribution in the Achille tendon and angiographic and microangiographic study. *Acta Chir Scand* 1958-1959; 116: 491-495.
19. Caplan HS, Hunter JM, Merkin RJ. Intrinsic vascularization of flexor tendons. *AAOS Symposium on tendon surgery in the hand*. Filadelfia 1974. St. Louis: CV Mosby Co. 1975.
20. Carr AJ, Norris SH. Microvascular anatomy of calcaneal tendon. *J Bone and Joint Surg* 1987; 69-B: 679.
21. Carr AJ, Norris SH. The blood supply of the calcaneal tendon. *J Bone and Joint Surg* 1989; 71-B (1).
22. Graf J, Schneider U, Niethard FU. Microcirculation of the Achilles tendon and significance of the paratenon. *Hand Mikrochir Plast Chir* 1990; 22 (3): 163-166.
23. Arandes-Adan R, Viladot Perice A. Biomecánica del calcáneo. *Clin (Barcelona)* 1953: 21-25.