

Bases para la clínica**COLGAJO DE HEMISÓLEO A PEDÍCULO DISTAL: CORRELACIÓN ENTRE ESTUDIOS VASCULARES CADAVERÍCOS E "IN VIVO"****Daniel A. Wolff^{1,2,*}, Gustavo J. Armand Ugón¹, Jesús R. Manzani³**¹ Departamento y Cátedra de Anatomía Humana. Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay² Servicio de Cirugía Plástica y Microcirugía, Hospital Pasteur. Ministerio de Salud Pública, Montevideo, Uruguay³ Centro Asistencial del Sindicato Médico del Uruguay, Montevideo, Uruguay**RESUMEN**

Introducción: El éxito de éste colgajo depende de la anatomía vascular de su pedículo y de la existencia de anastomosis con pedículos proximales. Los estudios vasculares anatómicos en cadáveres fundan las bases para la realización de colgajos musculares. El cirujano debe conocer cuales de los resultados de un estudio cadavérico son aplicables al paciente. Objetivos: Estudiar en cadáveres el número de pedículos distales, su topografía y la existencia de anastomosis con vasos proximales. Luego comparar estos datos con los hallados en pacientes. Material y Métodos: En 9 piernas cadavéricas se estudió la anatomía de los pedículos distales. En 5 pacientes se realizó colgajo de hemisóleo a pedículo distal y se verificó la correspondencia de los datos cadavéricos con los hallados en el vivo. Resultados: En el grupo cadavérico los pedículos distales para el músculo sóleo se originaron tanto de la arteria tibial posterior como de la peronea. El vaso mas distal se encontró en promedio a 6,32 cm de la línea intermaleolar y su origen mas frecuente fue la arteria tibial posterior. La presencia de anastomosis no fue demostrable en las disecciones cadavéricas pero si en el vivo. Conclusiones: Los resultados cadavéricos fueron comparables con los hallazgos del modelo vivo, salvo en la identificación de anastomosis, sólo evidenciables en éstos últimos. Esta información es útil para el abordaje y localización del pedículo distal que nutre el colgajo, pero no para definir el territorio anatómico del vaso. Por lo tanto, debe conocerse que datos originados de estudios cadavéricos pueden aplicarse al vivo.

Palabras claves: Reconstrucción miembro inferior. Colgajo muscular. Músculo sóleo. Cirugía plástica. Anatomía clínica

ABSTRACT

Introduction: The success of this flap depends on the vascular anatomy of its pedicle and on the existence of anastomosis with proximal pedicles. The anatomic cadaveric vascular studies set the foundation for muscle flap designs. Surgeons should know which results of cadaveric studies are applicable to the patient. Our objective was to study, in cadavers, the number and situation of distal pedicles to the soleus muscle and the existence of anastomosis between them and proximal dominant vessels for this muscle, and to compare this data with those found in patients. Material and Methods: The anatomy of distal pedicles was studied in nine cadaveric legs. Distally based hemisoleus flap was performed in five patients. The correspondence between cadaveric and patients data was verified. Results: Cadaveric group distal pedicles for soleus muscle were originated from the posterior tibial artery and also from the fibular artery. The most distal vessel was found at an average of 6.32 cm from the intermaleolar line. Its most frequent origin was the posterior tibial artery. The presence of anastomosis was demonstrated in patients but not in cadaveric dissections. Conclusions: Cadaveric results were comparable with those found in patients, except for the identification of the anastomosis. This information is useful for the localization and surgical approach of the distal pedicle that nourish the flap, but not to define the anatomical territory of the vessel. Therefore, it should be known which cadaveric data can be applied to the patients.

Key words: Lower limb reconstruction. Muscular flap. Soleus muscle. Plastic Surgery. Clinical anatomy.

* Correspondencia a: Dr. Daniel Wolff. 18 de julio 2142. Montevideo-Uruguay. waniel@hotmail.com

Recibido: 16 de febrero de 2010. Revisado: 24 de febrero de 2010. Aceptado: 7 de marzo de 2010.

INTRODUCCIÓN

Los principales estudios anatómicos referidos a vascularización cutánea y muscular se desarrollaron entre fines del siglo XIX y mediados del siglo XX con los trabajos de Manchot en 1889, Salmon en la década del '30 y Spalteholz en 1950. Estas obras, que marcan un hito en el estudio de la irrigación cutánea y muscular fueron re-editadas en las décadas del '70, '80 y '90 (Manchot, 1983; Spalteholz, 1978; Taylor y Razaboni, 1994)

Entre otras, esta fue una de las causas de su introducción tardía al mundo anglo parlante, en la década de los '80. Hasta ese entonces la cirugía reconstructiva se desarrolló prácticamente sin tener en cuenta estudios anatómicos previos como base. Fue en ese momento cuando anatomistas y cirujanos trabajaron en conjunto para el desarrollo de colgajos para la cobertura de defectos cutáneos.

El trabajo en conjunto entre anatomistas y cirujanos, es de gran importancia para el desarrollo de nuevas técnicas, pero debemos considerar que no todos los resultados obtenidos en cadáveres son comparables o extrapolables al comportamiento dinámico del tejido vivo. Este es el caso de los estudios vasculares anatómicos en cadáveres donde puede estudiarse por ejemplo la topografía de un vaso pero tiene limitantes al momento de definir el territorio de irrigación de éste.

El colgajo de músculo sóleo para cobertura de defectos de miembro inferior ha sido ampliamente estudiado (Townsend, 1978; Stark, 1946; Vasconez et al, 1974) y tiene indicación para cobertura de defectos de pierna: defectos de 2/3 proximales utilizando el sóleo a pedículo proximal principal y defectos de 1/3 distal a pedículo accesorio distal.

Puede ser utilizado en forma completa, un cuarto (Márquez et al., 2008), hemisóleo transversal o hemisóleo seccionado longitudinal. Este último tipo de colgajo es el estudiado en el siguiente trabajo.

El sóleo es un músculo ancho penniforme que forma la porción profunda del tríceps sural. Se origina en el peroné, en la superficie posterior de la cabeza y cuarto superior del hueso, en la línea oblicua y tercio medio del borde medial de la tibia y en el arco fibroso que une estas inserciones, denominado arco tendinoso del sóleo (Latarjet y Ruiz Liard, 1998; Rouviere, y Delmas, 2005).

Su irrigación es variable. El patrón típico consta de 2 arterias principales proximales (superior e inferior) y múltiples arterias accesorias.

Es un músculo tipo II de la clasificación de Mathes y Nahai (1982), o sea que presenta

pedículos vasculares dominantes y pedículos menores.

La arteria principal superior se origina tanto desde el sector distal de la arteria poplítea o del tronco tibio peroneo algo distal al arco del sóleo, tiene un trayecto lateral y luego de un recorrido de 4 a 5 cm. penetra en la superficie profunda del músculo (Taylor y Razaboni, 1994). Luego descende dentro del músculo próximo a su superficie anterior. Su territorio principal son las fibras musculares profundas a la aponeurosis intramuscular.

La arteria principal inferior, habitualmente se origina de la arteria peronea (65%), del tronco tibio peroneo (15%) o de la arteria tibial posterior (20%) (Taylor y Razaboni, 1994). En el 1/3 proximal penetra en el músculo, atraviesa la aponeurosis intramuscular e irriga principalmente las fibras superficiales a la aponeurosis intramuscular.

Existen numerosas arterias accesorias:

En la mitad proximal del músculo se encuentran: la arteria sural lateral que penetra en el sóleo por su superficie, algo distal al arco del sóleo. La arteria poplítea brinda pequeños ramos al músculo, la más importante irriga la porción central superior, próximo a su inserción. En el 1/3 medio de pierna existe una arteria que puede originarse tanto de la arteria tibial posterior como de la arteria peronea (Masquelet y Gilbert, 2001). Estas arterias accesorias proximales son inconstantes, en contraste, los ramos accesorios que provienen de las arterias tibial posterior y peronea son más constantes. La mayor concentración de arterias accesorias se encuentra entre 6 a 12cm proximales a la línea intermaleolar (Townsend, 1978).

En el 1/3 distal de pierna, la arteria tibial posterior da 3 a 5 ramas colaterales que irriga el sector medial. Las últimas 2 se encuentran a 5 y 7cm por encima del maléolo medial (Vasconez y Pérez-González, 1982).

La arteria peronea en el 1/3 distal brinda 2 a 3 ramos con calibre algo mayor que los ramos de la arteria tibial posterior. Estos irrigan el sector lateral del músculo.

Por lo tanto, al menos el sector distal de cada hemisóleo está irrigado por colaterales de la arteria peronea en su sector lateral y por colaterales de la arteria tibial posterior en su sector medial.

El tendón calcáneo es pobremente vascularizado. Su irrigación proviene de un ramo recurrente originado de la arteria tibial posterior en el cuello del pie.

Para lograr la elevación exitosa de un hemisóleo longitudinal a pedículo distal accesorio, se requiere de la existencia de anastomosis de este pedículo con los vasos principales proximales, de otro modo el sector proximal del músculo, dependiente del pedículo principal proximal sufriría necrosis.

Según Salmon (Taylor y Razaboni, 1994), la irrigación del músculo sóleo es de tipo terminal, no existiendo anastomosis intramusculares. Este concepto basado en disecciones anatómicas (Manchot, 1983) y estudios radiográficos (Taylor y Razaboni, 1994), invalidaría la elevación de todo un hemisóleo longitudinal a pedículo distal accesorio.

Este tipo de territorio definido según disecciones cadavéricas es denominado "territorio anatómico", diferente de los territorios dinámico y potencial (Cormack y Lamberty, 1989). El territorio dinámico de un vaso, es más extenso

que el territorio anatómico y toma en cuenta fenómenos hemodinámicos a nivel micro-circulatorio, sólo demostrables en el vivo, como es el caso del colgajo de hemisóleo a pedículo distal que hemos utilizado como modelo experimental.

Los objetivos generales de este trabajo son: conocer qué datos de un estudio anatómico, en este caso sobre la irrigación distal del músculo sóleo, pueden ser válidos para la planificación y ejecución del colgajo de hemisóleo a pedículo distal para cobertura de defectos talocrurales.

Los objetivos específicos son estudiar en cadáveres, la anatomía de los pedículos accesorios distales del músculo sóleo en cuanto a número, topografía y origen así como las posibles anastomosis intramusculares, y comparar estos resultados con los obtenidos en pacientes al realizar el colgajo de hemisóleo a pedículo distal accesorio.

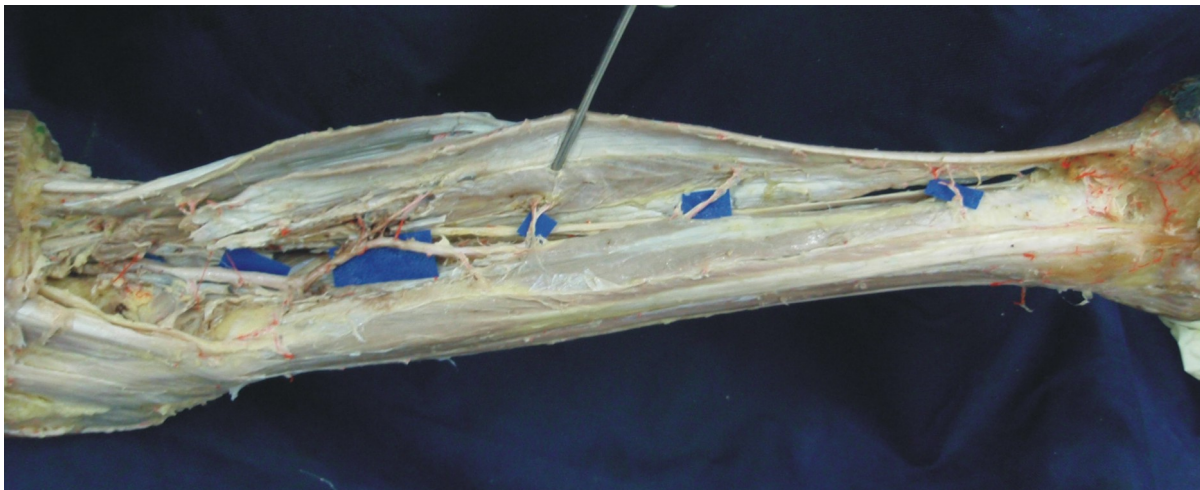


Figura 1: Preparado cadavérico de pierna izquierda, vista panorámica lateral. Se coloca mini campo de contraste azul detrás de algunos de los vasos que penetran en el músculo sóleo por su cara profunda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 5 cadáveres conservados en formol, de entre 32 y 68 años. Se abordó la arteria femoral y luego de lavado vascular con peróxido de hidrógeno, se aplicó la técnica de repleción vascular con látex color rojo (Fig. 1). Se consideró como criterio de inclusión aquellos cadáveres que lograron un buen relleno vascular de látex a nivel de las arterias colaterales del V dedo.

Respecto a la técnica, se disecó la pierna a partir de un abordaje mediano longitudinal posterior. Se identificó el complejo muscular del tríceps sural y por vía medial y lateral se lo separó mediante disección roma del grupo muscular profundo de la logia posterior de pierna, con especial cuidado de no lesionar los vasos que penetran en el sóleo por su cara profunda. Las propiedades elásticas del látex permitieron la



Figura 2. Misma pierna que figura 1, magnificación a nivel de tercio distal de pierna donde se aprecia los pedículos para músculo sóleo entrando por su cara profunda. Arteria peronea sostenida por hook. Flechas señalan pedículos accesorios.

mejor visualización y conservación de los ramos arteriales de menor calibre. Se identificaron los vasos accesorios que penetran en el músculo en los 10cm proximales a la línea intermaleolar (Fig. 2). Se registró el número de vasos accesorios, su origen y la topografía del vaso distal. A continuación diseccionamos la arteria poplítea, seccionamos la arteria tibial anterior y separamos del cadáver una pieza que contenía los 2 ejes posteriores de pierna y el músculo tríceps sural.

Bajo magnificación con lupa binocular 3,5x, diseccionamos el trayecto intramuscular de los vasos accesorios y principales en busca de anastomosis intramuscular. Por otro lado, se realizó colgajo de hemisóleo a pedículo distal accesorio (Townsend, 1978) en 5 pacientes entre 22 y 64 años, 4 de sexo masculino, 1 de sexo femenino que presentaron fracturas expuestas talocrurales con pérdida de cobertura de órganos nobles como articulación talo crural, vasos y nervios. El colgajo se diseñó a partir de la identificación preoperatoria de los pedículos distales con ecodoppler. Según el defecto sea medial o lateral, se diseña el colgajo basado en

estos pedículos distales de la arteria tibial posterior o arteria peronea respectivamente. En este caso fueron 4 hemisóleos laterales y 1 medial. Se identifica el vaso pivote y se divide el sóleo longitudinalmente ligando en forma escalonada los vasos que lo irrigan desde proximal a distal (Fig. 3). Luego se rota el colgajo sobre el defecto (Fig. 4) y se cubre con autoinjerto de piel parcial. Se valoró vitalidad del colgajo en el intra operatorio y en la evolución.

RESULTADOS

De las 10 piernas inyectadas, una no completó la repleción de látex en la arteria colateral del 5to dedo y fue excluida del trabajo.

En los 10cm proximales a la línea intermaleolar se registraron los vasos para el músculo sóleo (tabla 1): de 2 a 5 se originaron de la arteria tibial posterior, de 2 a 4 se originaron de la arteria peronea, en total fueron de 5 a 7 por pierna. El último vaso se encontró entre 5 a 7cm (promedio 6,32 cm) y fue en 6 ocasiones originario de la

arteria tibial posterior y en 3 de la arteria peronea.

En la disección intramuscular bajo magnificación no se encontraron anastomosis entre los vasos principales y accesorios.

Respecto a los pacientes en los que se realizó el colgajo de hemisóleo a pedículo distal, en todos los casos se encontró un pedículo promedialmente a 6cm de la línea intermaleolar.

Luego de elevado y rotado el colgajo muscular, se valoró su perfusión según criterios clínicos como coloración y tipo de sangrado.

En el postoperatorio, no se presentó sufrimiento isquémico mayor en ningún caso. En un caso (paciente sexo femenino de 64 años) hubo necrosis parcial superficial del músculo, que luego de necrectomía tangencial e injerto de piel, tuvo una buena evolución.

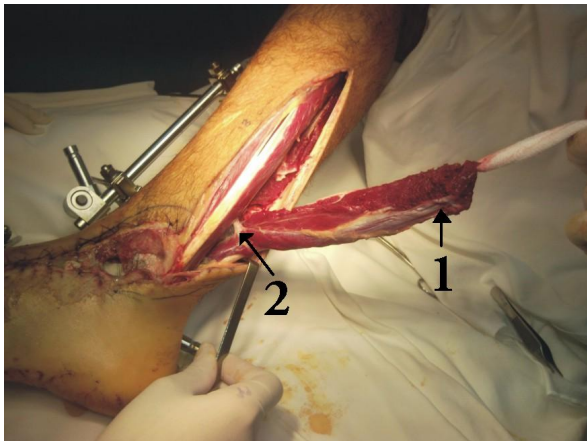


Figura 3. Elevarción de hemisóleo a pedículo distal accesorio basado en pedículo originado en la arteria peronea. 1, hemisóleo lateral, 2 pedículo vascular distal que oficia de pivot.

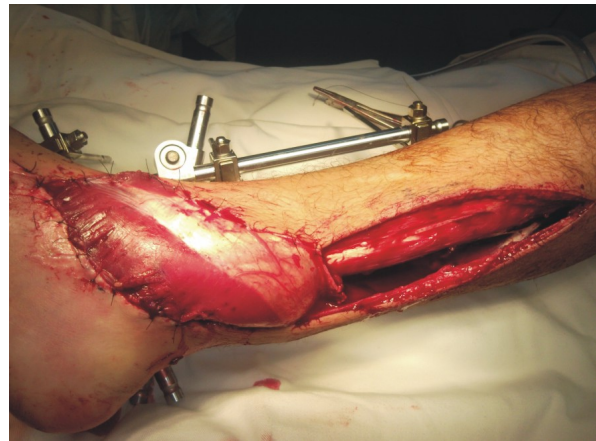


Figura 4. Rotación y colocación de músculo sóleo sobre defecto. El área dadora cierra en forma directa.

N de pierna	Origen en aTP	Origen en aP	Num Total	Ultima perforante LIM
1	3	2	5	aTP 7
2	3	3	6	aP 5
3	4	2	6	aTP 5
4	2	4	6	aP 7
5	4	2	6	aTP 7
6	5	2	7	aTP 6
7	4	2	6	aTP 8
8	3	2	5	aTP 6
9	2	3	5	aP 7

Tabla 1. Registro de pedículo distal sobre disección cadavérica. aTP: Arteria tibial posterior. aP: Arteria peronea. LIM: Línea intermaleolar

DISCUSIÓN

La conjunción de estudios anatómicos y clínicos es fundamental para el desarrollo de nuevas técnicas, pero hay que conocer cuales son los datos de estudios cadavéricos que pueden ser aplicables al vivo y cuales no.

En nuestro trabajo, los registros sobre la anatomía vascular de los pedículos accesorios distales para el músculo sóleo en cuanto a topografía, origen, número y relación con la línea intermaleolar, son comparables a los de otros autores. (Taylor y Razaboni, 1994; Townsend, 1978; Vasconez y Pérez-González, 1982).

Como vimos, la presencia de los pedículos accesorios en el tercio distal de pierna es constante, tanto en número como en el vaso de origen. Esto permite planificar el colgajo de hemisóleo tanto lateral a pedículo peroneo como medial a pedículo tibial posterior. El último pedículo se encuentra promedialmente a 6.32cm de la línea intermaleolar y este es el potencial punto pivot para la rotación del colgajo.

Estos datos son de suma importancia para el cirujano plástico a la hora de la planificación, vía de abordaje y ejecución del colgajo de hemisóleo a pedículo distal.

La indicación habitual de este colgajo es la cobertura de tercio medio de pierna, pero recientemente se a popularizado su uso para cobertura de tercio distal, exigiendo mas al pedículo. Las mayores series publicadas de colgajo de hemisóleo para cubrir defectos de tercio distal de pierna son las de Schierle et al (2009) con 17 casos y la de Pu (2006) con 14 casos. No hemos hallado publicaciones que utilicen este colgajo para cobertura de cuello de pie como en éstos 5 pacientes.

Con el éxito de vitalidad de los 5 colgajos de hemisóleo a pedículo distal quedó demostrada la existencia de anastomosis intramusculares entre vasos principales y accesorios. De todos modos nosotros no las pudimos comprobar en el cadáver.

Esto concuerda con las descripciones de Salmon (Taylor y Razaboni, 1994) quién estudió en forma detallada la irrigación de todos los músculos con la técnica de repleción vascular con plomo, y luego sometió las piezas aisladas a estudio radiográfico, describiendo la anatomía arterial del músculo sóleo como de tipo terminal.

En nuestro caso, la no evidencia de anastomosis seguramente este dada por el sesgo de utilizar cadáveres conservados en formol, técnica que deja los vasos menos flexibles que en el cadáver

fresco y se realizó repleción con látex, que por el tamaño del polímero quizás no halla alcanzado la microcirculación. Otros métodos para estudiar el territorio de un vaso son la inyección de colorantes que difundan, como la tinta china, pero tampoco reproducen la situación real de la perfusión en el vivo. De todos modos, el sesgo mas importante que impide la visualización de este tipo de anastomosis en el cadáver, es la falta de los factores hemodinámicos que se ponen en juego en el modelo vivo y la diferencia entre territorio anatómico y dinámico.

Este concepto de anastomosis intramuscular tiene una base embriológica ya que a nivel de los músculos esqueléticos existe una integración de somites, que es anatómica y funcional, tanto en el ensamblaje de sus fibras, como en lo vascular y nervioso (Gilbert, 1997). Esta teoría es desarrollada por Taylor y Palmer (1987) quién describe el concepto de angiosomas y muestra que a cada vaso fuente le corresponde un territorio determinado (angiosoma) que se anastomosa al menos con el angiosoma vecino.

Schierle et al (2009) utilizaron el concepto de angiosoma para el diseño "seguro" del colgajo de hemisóleo a pedículo distal para cobertura de pequeños defectos de tercio distal de pierna. En este caso identificó el pedículo más distal y el inmediatamente proximal a éste, y diseñó el colgajo capturando el territorio completo del angiosoma distal y solo una parte del proximal. Este caso ejemplifica un modo diferente de definir el territorio de un vaso.

Hoy en día el estudio anatómico de los territorios vasculares se basa fundamentalmente en estudios imagenológicos en pacientes como la angiogramografía su reconstrucción tridimensional (Nakajima et al., 1998) y la angiogramografía dinámica o 4-D (Saint-Cyr et al., 2008)

Es así que este modelo experimental comparativo entre estudio cadavérico e in vivo sobre la irrigación del músculo sóleo, nos ha ayudado a comprender los importantes aportes que tienen los estudios vasculares cadavéricos, así como sus restricciones.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Carlos Palacio por su invaluable aporte a este trabajo y por la traducción del resumen.

BIBLIOGRAFÍA

- Cormack G, Lamberty B. 1989. The arterial anatomy of skin flaps. Great Britain, Churchill Livingstone, pag: 1-11
- Gilbert S. 1997. Biología del desarrollo. 5ta edición, Mexico. Editorial Médica Panamericana, pag: 341-348
- Latarjet M, Ruiz Liard A. 1998. Anatomía Humana. 3era edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana, pag: 864-872
- Manchot C. 1983. The Cutaneous Arteries of the Human Body. New York. Springer-Verlag, pag: 82-138
- Márquez Zevallos C, Alcócer P, Bermúdez W, Chalén S, Navarrete L. 2008. Colgajo de So en reconstrucción de miembro inferior. *Cir Plást Iberolatinoam* 34(4):287-294
- Masquelet A, Gilbert A. 2001. An Atlas of Flaps of the Musculoskeletal System. Londres. Martin Dunitz, pag: 155-172.
- Mathes S, Nahai F. 1982. Clinical applications for muscle and musculocutaneous flaps. St Louis. Mosby, pag:76-77
- Nakajima H, Minabe T, Imanishi N. 1998. Three-dimensional analysis and classification of arteries in the skin and subcutaneous adipofascial tissue by computer graphics imaging. *Plast Reconstr Surg* 102:748-760.
- Pu LLQ. 2006. The reversed medial hemisoleus flap and its role in reconstruction in an open tibial wound in the distal third of the leg. *Ann Plast Surg*. 56:59-64
- Rouvière H, Delmas A. 2005. Anatomía Humana. Volumen 3. Barcelona 9ª edición. Masson, pag: 444-463
- Saint-Cyr M, Schaverien M. Arbique G, Hatfeg D, Brown S, Rohrich R. 2008. Three- and four-dimensional computed tomographic angiography and venography for the investigation of the vascular anatomy and perfusion of perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 121:772-780.
- Schierle C, Rawlani V, Galiano R, Kim J, Dumanian G. 2009. Improving outcomes of the distally based hemisoleus flap: Principles of angiosomes in flap design. *Plast Reconstr Surg* 123:1748-1754.
- Spalteholz W. 1978. Atlas de anatomía humana Vol III. 11ª edición, Barcelona. Labor, pag: 423-478 .
- Stark WJ. 1946. The use of pedicled muscle flaps in the surgical treatment of compound fractures. *J Bone Joint Surg* 28: 343-350.
- Taylor GI, Palmer JH. 1987. The vascular territories (angiosomes) of the body: Experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 40: 113-141.
- Taylor GI, Razaboni RM (1994): Michael Salmon's Anatomic Studies. Book 1: Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk. Book 2: Arterial Anastomotic Pathways of the Extremities. St Louis Missouri. Quality Medical Publishing, pag: 1-285.
- Townsend PKG. 1978. An inferiorly based soleus muscle flap. *Br J Plast Surg* 31: 210-213
- Vasconez L, Pérez-Gonzalez, F. 1982. Colgajos musculares y musculocutáneos. Barcelona. Editorial Jims, pag: 1-134
- Vasconez L, Bostwick J, McCraw J. 1974. Coverage of exposed bone by muscle transposition and skin grafting. *Plast Reconstr Surg* 53(5):526-530.