



Tesi presentada pel **Llicenciat Jaume Masià Ayala** per optar al títol
de Doctor en Medicina

Tesi realitzada com a compendi de publicacions, de conformitat
amb el Text Refós de la Normativa de Doctorat aprovat
el 27 de Febrer del 2003 pel Consell de Govern

Director de Tesi: **Prof. Dr. Xavier Rius Cornadó**

XAVIER RIUS i CORNADÓ, Catedràtic de Cirurgia del Departament de Cirurgia de la Universitat Autònoma de Barcelona, manifesta que el treball titulat:

“PLANIFICACIÓN PREOPERATORIA DE LOS COLGAJOS DE PERFORANTES DE LA ARTERIA EPIGÁSTRICA INFERIOR PROFUNDA (DIEP) MEDIANTE EL ESTUDIO CON EL TAC DE MULTIDETECTORES”

i del que en és autor JAUME MASIA AYALA , s’ha fet sota la meva direcció i és adequat per ser presentat per la seva avaluació com a Tesi Doctoral al Tribunal Qualificador i per l’obtenció del grau de doctor.

I perquè en prengueu coneixement i tingui els efectes que correspongui, signo el present document a Barcelona el dia vint-i-tres de juliol de l’any dos mil vuit.



Prof. Xavier Rius Cornadó

*" Learn as if you were to live forever,
Live as if you were to die tomorrow"*

Mahatma Gandhi

Agradecimientos

Hay mucha gente que merece ser nombrada en los agradecimientos de esta Tesis. No solo por su soporte y colaboración en estos últimos 5 años sino porque este trabajo es el fruto de toda una carrera profesional en la que ha participado mucha gente. Si me dejo algún nombre les pido disculpas por antemano.

Primero que todo quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a Juan Angel Clavero, radiólogo y compañero de viaje en el estudio y desarrollo de esta Tesis. Juntos hemos revisado cientos de pacientes descubriendo las posibilidades del TAC de multidetectores. Excelente profesional y colega sin el que este trabajo no podría haberse realizado. Con él no solo he aprendido radiología sino que he experimentado lo que es el verdadero compañerismo y el trabajo interdisciplinario en beneficio de los pacientes.

Una mención especial se merecen otros radiólogos con los que también he tenido la posibilidad de trabajar; gracias a Xavier Alomar, Antonio Salvador y Josep María Monill por su enorme predisposición y generosidad al compartir su tiempo y experiencia.

Toda mi gratitud para aquellos que me han enseñado, con los que he aprendido y crecido, pero sobretodo porque siempre han estado a mi lado. Mis colegas cirujanos plásticos pero sobretodo amigos: Pere Serret, Gemma Pons y Joseph Pons.

A mis residentes, Jose Larrañaga y Lorena Vives, por su entusiasmo y ganas de aprender, y como no por su colaboración siempre en los trabajos más arduos y desagradados de este estudio. Estoy seguro que serán grandes profesionales y excelentes compañeros.

A Phillip Blondeel, uno de los padres y promotores de este tipo de cirugía a nivel mundial, que fue uno de los primeros en conocer nuestros resultados preliminares en Mayo del 2004 y que rápidamente se dio cuenta de la trascendencia que estas técnicas tendrían en los colgajos de perforantes animándonos a seguir adelante y a dar a conocer nuestro trabajo.

A Roger Pla, primer maestro en el largo camino de la cirugía, que logró instaurar en los inicios de mi aprendizaje una sólida base quirúrgica con la que construir mi carrera en cirugía plástica, y transmitir aquellos principios de método, rigor y autocrítica necesarios para ir superando las dificultades y retos profesionales.

A mi Director de Tesis, Profesor Xavier Rius, por su trabajo y colaboración pero sobre todo por alentarme a finalizarla y no dilatarme en el tiempo. Gracias por su enorme paciencia y total disposición.

A toda la gente que forma el Servicio de Cirugía Plástica y Reparadora del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, porque con el trabajo, esfuerzo y entusiasmo de todos estamos construyendo un proyecto muy interesante y prometedor.

A mis padres, Teresa y Jaime, por todo lo que me habéis dado a lo largo de mi vida y por estar siempre a mi lado.

Finalmente, mi más sincero y cariñoso agradecimiento a mi mujer, Elena, y a mis tres hijos, Mireia, Pau i Roger, por todo el soporte, afecto y comprensión sin el cual no podría haber realizado este trabajo ni la mayoría de lo que he hecho en mi vida profesional.

Jaume Masià

Barcelona, 10 Junio 2008

***Planificación preoperatoria de los colgajos
de perforantes de la arteria epigástrica
inferior profunda (DIEP) mediante el estudio
con el TAC de multidetectores***



Publicaciones

Esta Tesis esta basada en los siguientes artículos:

1. Chapter 6: *Multidetector - row CT in the planning of abdominal perforator flaps*. Authors: J. Masia / J.A. Clavero. Del libro **Perforator Flaps: Anatomy, Techniques and Clinical Applications**. Ph. N. Blondeel, S. Morris, P. Neligan and G. Hallock. Editado por Quality Medical Publications, St. Louis, Mi., USA. 2006, 91 - 114
 2. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, et al. *Multidetector row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps*. **J Plast Reconstr Aesthetic Surg 2006;59: 594-599**
 3. Masia J, Clavero JA, Carrera A. *Planificación preoperatoria de los colgajos de perforantes*. **Cir Plas Iberolatinoam 2006;32:237-242**
 4. Masia J, Larrañaga JR, Clavero JA et al. *The Value of the Multidetector Row Computed Tomography for the Preoperative Planning of Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flap. Our Experience in 162 Cases*. **Ann Plast Surg 2008; 60:29-36**
 5. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, et al. *Preoperative planning of the abdominal perforator flaps with the multidetector row computed tomography. Three years of experience*. **Plast Reconstr Surg (in press)**
 6. Clavero JA, Masia J, Larrañaga J. *MDCT in the Preoperative Planning of Abdominal Perforator Surgery for Postmastectomy Breast Reconstruction*. **Am J Roentgenol (in press)**
-

Índice:

Capítulo 1: Introducción

- 1. Colgajos de perforantes pag. 3
- 2. Colgajos de perforantes abdominales pag. 14
 - 2.1 Colgajo DIEP pag. 20
 - 2.2 Colgajo SIEA pag. 23
 - 2.3 Colgajo SCIP pag. 24
- 3. Mapeo de perforantes y planificación preoperatorio pag. 25
 - 3.1 Doppler ultrasonido pag. 27
 - 3.2 Ecografía Duplex Color pag. 31
 - 3.3 TAC multidetectores pag. 34

Capítulo 2: Hipótesis y objetivos

- 1. Hipótesis pag. 39
- 2. Objetivos generales pag. 39

Capítulo 3: Material y Método - Publicaciones

- 1. Publicaciones generadas pag. 43
- 2. Resumen de los trabajos pag. 44
- 3. Publicación número 1 pag. 49
- 4. Publicación número 2 pag. 51
- 5. Publicación número 3 pag. 53
- 6. Publicación número 4 pag. 55
- 7. Publicación número 5 pag. 57
- 8. Publicación número 6 pag. 59

Capítulo 4: Discusión pag. 63

Capítulo 5: Conclusiones pag. 73

Capítulo 6: Bibliografía pag. 77

Anexo: Reuniones Científicas Internacionales pag. 83

Abreviaciones:

ALTF:	Antero-Lateral Thigh Flap
DIEP:	Deep Inferior Epigastric Perforator
DIEA:	Deep Inferior Epigastric Artery
IGAP:	Inferior Gluteal Artery Perforator
MDCT:	Multidetector Computed Tomography
RMN:	Resonancia Magnética Nuclear
SCIP:	Superficial Circumflex Iliac Perforator
SGAP:	Superior Gluteal Artery Perforator
SIEA:	Superficial Inferior Epigastric Artery
TAC:	Tomografía Axial Computerizada
TAP:	Thoraco-dorsal Artery Perforator
TDAP:	Thoraco-dorsal Artery Perforator
TRAM:	Transverse Rectus Abdominis Muscule
TAP:	Trombosis Venosa Profunda



1

Introducción

1

Introducción

1. Colgajos de perforantes

La Cirugía Plástica y Reparadora nació a finales del siglo XIX y se consolidó como especialidad médica con los grandes conflictos bélicos de inicios del siglo XX. La transferencia tisular vascularizada mediante colgajos fue y sigue siendo el mecanismo reconstructivo primordial. Se empezó con los colgajos cutáneos aleatorios (“random flaps”) que se levantaban desconociendo la vascularización subyacente, presuntamente su viabilidad dependía únicamente del diseño, la localización y la geometría de los mismos. La ratio entre longitud y anchura era lo que limitaba la posible medida del colgajo y la probabilidad de un aporte sanguíneo adecuado para su supervivencia. Todo esto provocaba que la fiabilidad de los tejidos transferidos fuera también aleatoria limitando la capacidad reconstructiva de los mismos.

Posteriores estudios anatómicos llevaron al concepto que en algunas áreas del cuerpo era necesario incluir el músculo subyacente o la fascia para garantizar la supervivencia del territorio superficial de la piel¹. De esta manera se llegó a la definición de los colgajos axiales directos de piel, colgajos musculocutáneos y a los colgajos fasciocutáneos (Fig. 1).

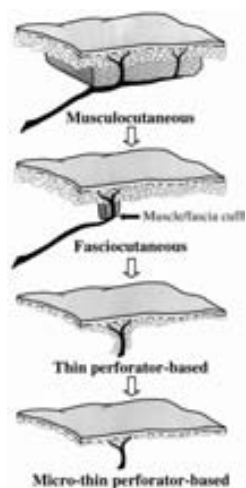


Figura 1: Evolución de los colgajos miocutáneos a los colgajos de perforantes (Fuente: Ilustración original de Geoffrey Hallock, *Plast Reconst Surg* 2002; 109:78-80)

Cormack y Lamberty² describieron una nueva clasificación dividiendo los colgajos en tres tipos:

1. Colgajo cutáneo axial: Incluyen solamente piel y tejido subcutáneo; el aporte sanguíneo se basa en los vasos cutáneos directos que están incluidos en el colgajo en la misma orientación longitudinal, lo cual permite unos ratios longitud y anchura mayores comparados con los colgajos de diseño aleatorios.
2. Colgajo musculocutáneo: Colgajos compuestos esencialmente de piel, tejido subcutáneo, fascia muscular y músculo; la vascularización de la piel del colgajo esta basada en el aporte sanguíneo del músculo subyacente, por los vasos de perforantes musculocutáneos.
3. Colgajo fasciocutáneo: Compuesto por piel, tejido subcutáneo y fascia profunda; el aporte sanguíneo depende del plexo fascial subyacente, por perforantes fasciocutáneas que corren a través del séptum facial intermuscular.

Basándose en estos conceptos, el cuerpo se dividió en diferentes territorios cutáneos con sus correspondientes colgajos de piel que se incluían en una de estas tres clasificaciones. Los diferentes territorios se nombraron con relación a la arteria nutriente que abastecía al tejido superficial a través de sus perforantes. De todas maneras, los primeros trabajos realizados sobre la vascularización cutánea son atribuidos a Manchot³ y Salmon⁴ a finales del siglo XIX y principios del XX respectivamente (Figura 2).

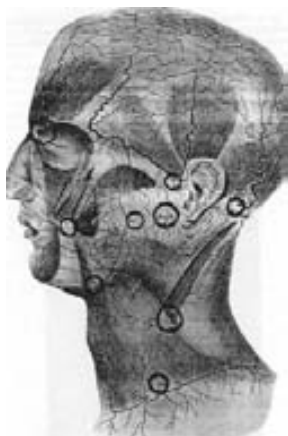


Figura 2: Mapa topográfico de la vascularización cutánea de la región cervico - facial del libro de Manchot (1889).

Ian Taylor⁵, cirujano plástico australiano, después de realizar múltiples estudios anatómicos introdujo el concepto de “angiosoma”, dividiendo la totalidad del cuerpo en diferentes unidades tisulares o angiosomas. Un angiosoma es una porción tridimensional de tejido con vascularización propia y específica, por medio de una arteria nutriente y una vena acompañante determinadas (Fig. 3).

Gran cantidad de colgajos cutáneos, fasciocutáneos, musculares y miocutáneos han sido descritos, tanto pediculados y como libres, aunque no todos ellos con una relevancia significativa⁶. Como resultado de los múltiples estudios anatómicos de Taylor se elaboró un rudimentario mapa topográfico de las perforantes del organismo que puede servir de guía para la planificación de ciertos colgajos cutáneos (Fig. 4).

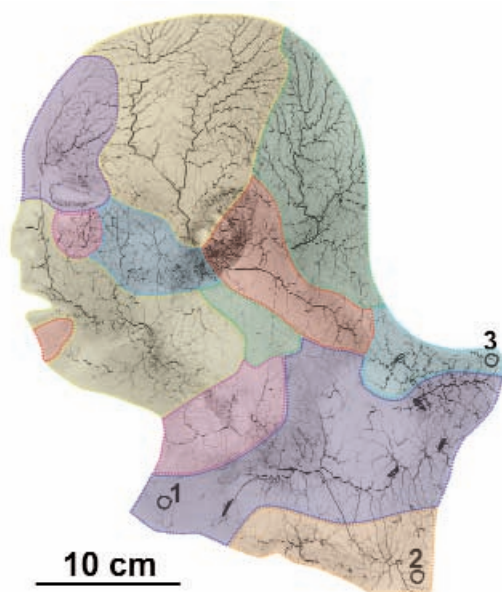


Figura 3: Preparación anatómica de la región cérvico - facial para estudio de las perforantes cutáneas y angiosomas del Prof. Steven F Morris (Dalhousie University, Halifax, Canada).

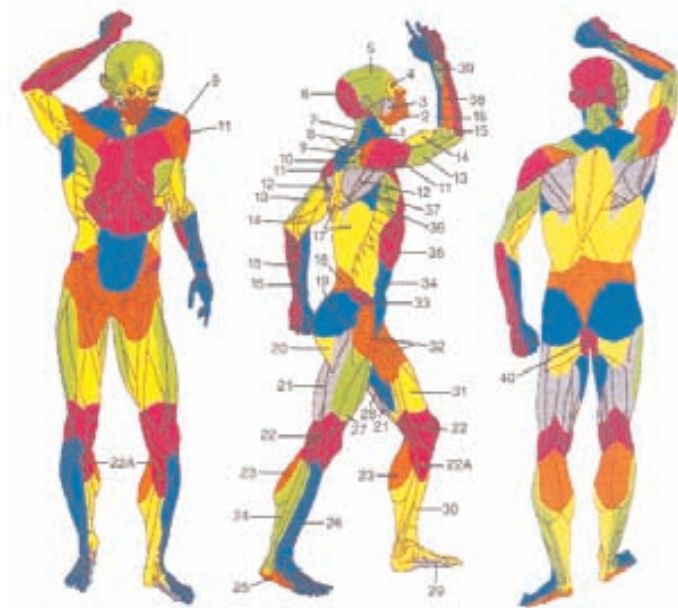


Figura 4: Mapa corporal de los angiosomas publicado por Taylor⁵ en 1987.

Isao Koshima fue el primero que introdujo el término de colgajo de perforantes en la literatura científica. En 1989, su artículo *"Inferior epigastric artery skin flap without rectus abdominis muscle"* publicado en el *British Journal of Plastic Surgery*⁷ describió un colgajo de piel basado en los vasos de perforantes paraumbilicales musculocutáneos a través de la musculatura del recto abdominal. En ese momento nació la era de los colgajos de perforantes aunque no fue hasta mediados de los 90 cuando empezaron a utilizarse de una forma creciente para diversas aplicaciones, como la reconstrucción mamaria, la reconstrucción de extremidad inferior o la de cabeza y cuello. A finales de los 90, Koshima dio un paso adelante describiendo un colgajo de perforantes periumbilicales donde únicamente incluía la perforante suprafascial sin necesidad de diseccionar el pedículo epigástrico inferior profundo subyacente, apareciendo el concepto de supramicrocirugía⁸. Según su definición serían aquellas técnicas que ofrecen la posibilidad de transferir tejidos basados en el aporte sanguíneo a través de vasos de un calibre inferior a 0.7 mm.

La definición de colgajo de perforantes sería la de un colgajo compuesto de piel y/o tejido graso subcutáneo cuyo aporte sanguíneo se realiza a través de una o más perforantes sin incluir el subyacente músculo o fascia. Este concepto nos ofrece un nuevo abanico de posibilidades reconstructivas ya que nos permite transferir múltiples zonas

de la superficie corporal aumentando la especificidad tisular y minimizando la morbilidad de las zonas dadoras ya que no existe sacrificio muscular (Fig. 5).

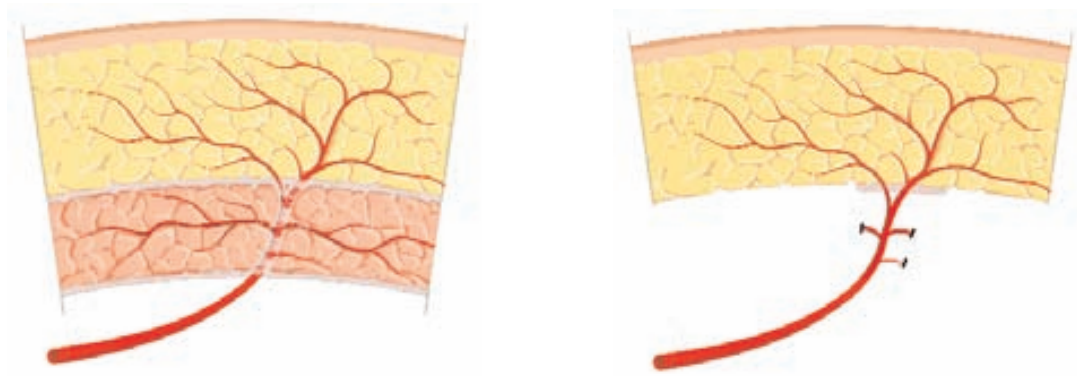


Figura 5: En el dibujo de la izquierda se representa una perforante musculocutánea penetrando el músculo, atravesando la fascia y ramificándose en el tejido subcutáneo para vascularizar esa área cutánea o angiosoma. El dibujo de la derecha representa un colgajo de perforantes una vez disecada la perforante a través del músculo.

Los colgajos de perforantes deberían de haber sido fácilmente aceptados por la mayoría de cirujanos, ya que siguen claramente el axioma principal de esta especialidad: *“reconstruir de la forma más natural y fisiológica con la mínima destrucción posible”*, pero no fue así. Durante los años 90, cuando lentamente iban introduciéndose en los diferentes campos de nuestra especialidad, eran numerosos los grupos que cuestionaban su viabilidad y sus ventajas. Afortunadamente el paso del tiempo y la evidencia clínica de los resultados obtenidos han dejado sin duda alguna el amplio espectro de sus indicaciones y sus significativas ventajas.

Como ejemplo de lo cuestionados que fueron los inicios de los colgajos de perforantes podemos leer este fragmento del libro *“The Arterial Anatomy of Skin Flaps”* de Cormack y Lamberty en su 2ª edición² publicado en 1994:

“some surgeons have managed to dissect the vascular pedicle of a muscle free from its surrounding muscle fibers whilst still preserving the continuity of its perforators to overlying skin. In such a way it is possible to have a musculocutaneous flap without any muscle in it. For example, the deep inferior epigastric artery may be dissected free of rectus abdominis whilst preserving one or two perforators to an island of tissue consisting only of periumbilical skin, fat and patch of anterior rectus sheath.”

Nomenclature for this variant of the musculocutaneous flap has not been universally recognized but examples are very few and are probably to be regarded as more a demonstration of technical skill than a significant advance in flap construction (muscle is spared but is it functional?)”

Parecía que había tres importantes obstáculos para la popularización de los colgajos de perforantes:

- Los cirujanos con larga experiencia fueron enseñados que para que un colgajo no fracasara tenía que estar bien vascularizado y para ello era necesario incluir la fascia o el músculo subyacente. Parecía inconcebible o al menos irrealizable que una porción de tejido de ciertas dimensiones pudiera vivir de una sola y pequeñísima perforante. Además, los trabajos de Mathes y Chang⁹⁻¹⁰ compararon el efecto de cubrir heridas contaminadas con bacterias inoculadas con colgajos cutáneos aleatorios o con colgajos de músculo, quedando patente que el uso de músculo o colgajos musculocutáneos para cubrir hueso parecía ser dogmático. Recientes estudios clínicos demuestran, comparando el resultado de colgajos fasciocutáneos o de perforantes con colgajos musculares en reconstrucción de extremidad inferior, un resultado superior de los primeros en casos concretos¹¹⁻¹⁴. Una distinción debe de ser hecha cuando la herida solo necesita ser cubierta, o cuando queda tejido necrosado. En la primera situación, bien vascularizado (en oposición a los aleatorios) los colgajos de piel irían mejor. En el último, los colgajos con músculo se ajustarían mejor al eliminar el espacio muerto, aunque pensando en una mejor solución se podrían usar los colgajos de perforantes tipo “Quimera”, donde podemos coger una paleta cutánea con una perforante y una pequeña porción de músculo con otra perforante (Fig. 6). De esta manera podemos adaptar mejor la cobertura al defecto y no precisamos sacrificar la totalidad de un músculo, solo con una pequeña porción es más que suficiente.
-

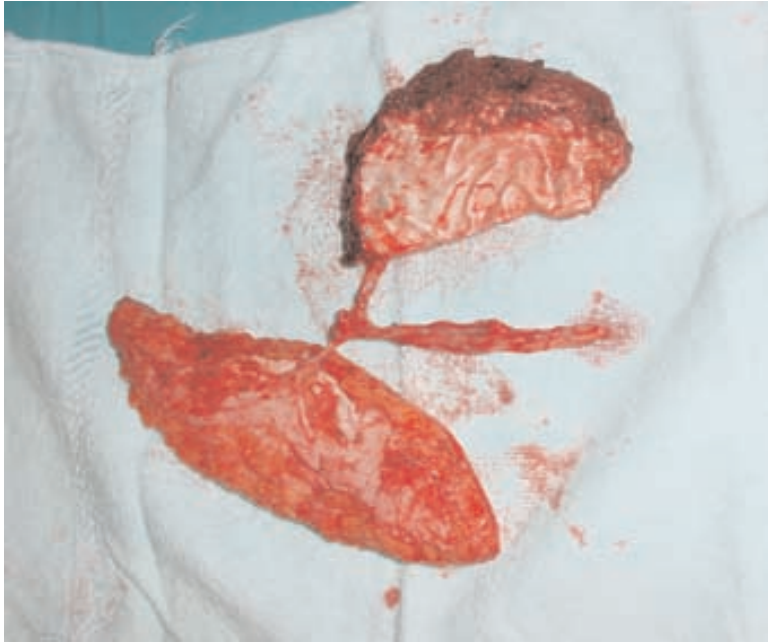


Figura 6: Foto colgajo de perforantes anterolateral del muslo tipo quimera. Vemos el pedículo único de la arteria circunfleja femoral descendente con dos perforantes diferentes, una que va a la paleta cutánea y otra que va a una porción muscular del vasto lateralis.

- La mayoría de los cirujanos plásticos se habían formado en técnicas quirúrgicas que se basaban en estudios anatómicos clásicos desconociendo los nuevos conceptos de vascularización cutánea¹⁵⁻¹⁸. La variabilidad anatómica de las perforantes y por tanto de las fuentes vasculares chocaba con las ideas preconcebidas de pedículos vasculares de localización regular. En cuanto a la técnica de disección de los colgajos de perforantes, de distal a proximal, siguiendo el a menudo tedioso trayecto intramuscular de las perforantes conllevaba un incremento de dificultad y de tiempo intraoperatorio, decreciendo la fiabilidad del resultado final cuando se carecía de experiencia suficiente. Una nueva técnica y filosofía se enfrentaba a la disección clásica y a los colgajos convencionales, pero lo más importante era que la curva de aprendizaje de los colgajos de perforantes requería una dedicación considerable. Las perforantes son intrínsecamente variables, no solo a nivel interindividual sino también a nivel de un mismo individuo con diferencias de un hemicuerpo al otro. Una vez la perforante está identificada, la isla de piel puede ser diseñada alrededor de esta, disecando la misma hasta lograr la longitud y calibre de pedículo vascular necesario. Estos conceptos han evolucionado hasta llegar a la definición de los colgajos de perforantes de estilo libre¹⁹.

- La disección de los colgajos de perforantes requiere una aproximación quirúrgica diferente: disección meticulosa y precisa, instrumentos y habilidades microquirúrgicas, hemostasia obsesiva y un delicado manejo del tejido. Todo esto era comúnmente denominado fastidioso o considerado como una pérdida de tiempo innecesaria por los reacios a creer en ello.

El concepto inicial de perforante se propuso esencialmente solo para las perforantes musculocutáneas²⁰ pero como la técnica de disección y la composición tisular de los colgajos basados en vasos septocutáneos son lo mismo, también estos son considerados como colgajos de perforantes. El valor real de los colgajos de perforantes está en el concepto de poder elevar un colgajo bien vascularizado basado en una sola perforante preservando las estructuras subyacentes y por tanto minimizando las secuelas de su disección (Fig. 7).

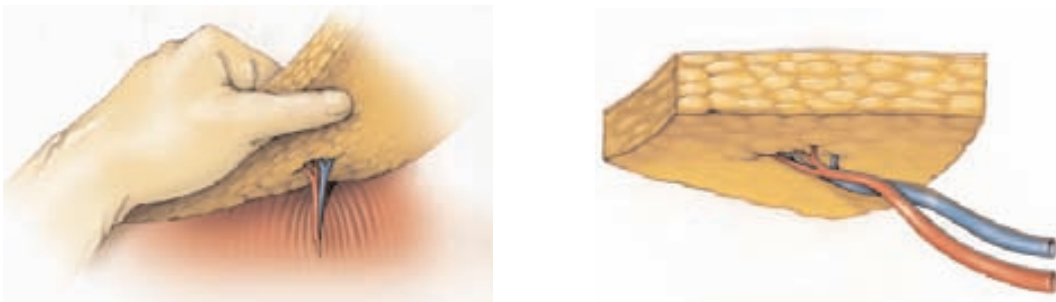


Figura 7: Dibujos de la elevación de un colgajo de perforantes, el de la izquierda muestra la identificación de una perforante a nivel suprafacial. En la derecha tenemos un colgajo de perforantes autonomizado.

La dificultad de este tipo de cirugía radica en varios puntos, uno es la variabilidad anatómica en la localización de los vasos perforantes. No solo a nivel de diferentes individuos sino que en un mismo cuerpo existe una gran diferencia de distribución, número y localización de perforantes entre un hemicuerpo y el otro. Por tanto un punto clave será el saber donde está la mejor perforante que nutre la porción de tejido que queremos transferir. Otro punto que comporta una cierta dificultad es el dimensionar la

isla de tejido de nuestro colgajo. Actualmente no disponemos del suficiente conocimiento para definir de una forma concisa los límites de la vascularización de cada colgajo, las dimensiones del tejido a desplazar son todavía determinadas esencialmente de una forma empírica. A pesar de los numerosos trabajos anatómicos con inyección de perforantes para intentar realizar un mapa corporal de estas y de los angiosomas, no podemos basar el diseño de los colgajos en ideas preconcebidas ya que la vascularización cutánea es un concepto dinámico. Diferentes factores como la distribución vascular del plexo subdérmico, la capacidad de conexión de las venas oscilantes y de las arterias asfixiadas subcutáneas, o la existencia e interconexión de más de un sistema vascular cutáneo van a condicionar la perfusión vascular de un área determinada. Como veremos posteriormente la vascularización del abdomen se basa en un sistema profundo dependiente principalmente del sistema epigástrico inferior profundo y un sistema superficial o axial dependiente de sistema epigástrico inferior superficial, hay pacientes en los que encontramos un equilibrio entre ambos, en otros uno es dominante sobre el otro, y luego tendremos dependencias con otros sistemas auxiliares. Todo esto hace que la vascularización cutánea sea un modelo dinámico complejo que para colgajos de dimensiones grandes como el DIEP comporta una difícil definición de los límites exactos del tejido bien profundido (Fig. 8). Un correcto mapeo preoperatorio de las perforantes, una adecuada observación intraoperatoria de los cambios tisulares durante la elevación del colgajo y una correcta técnica quirúrgica serán los elementos que nos van a permitir definir perfectamente las dimensiones de nuestros colgajos.

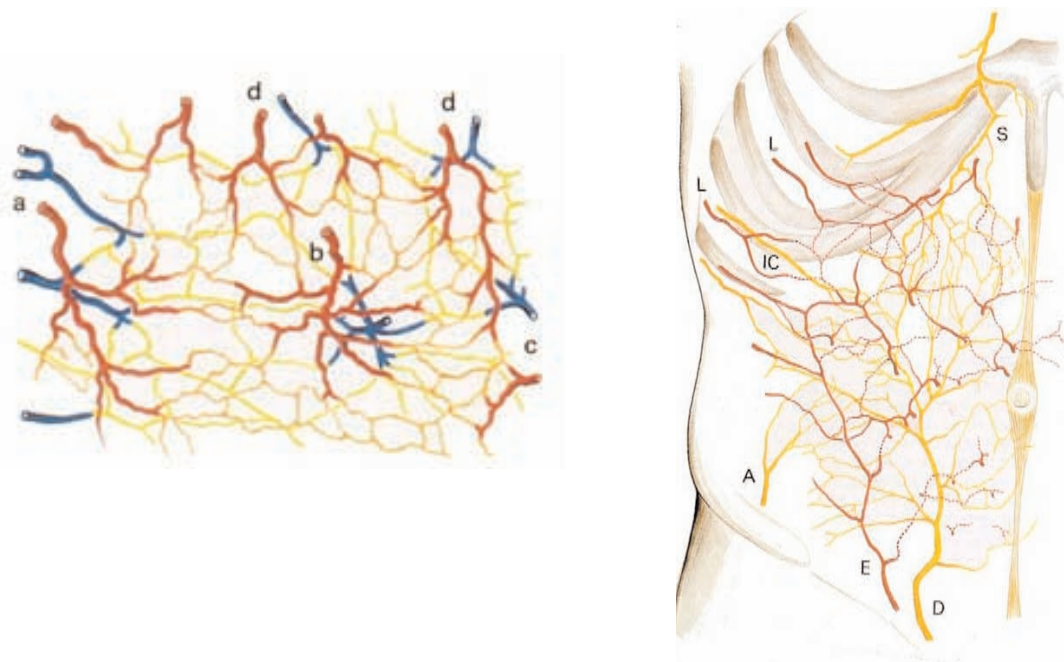


Figura 8: El dibujo de la izquierda representa la red subdérmica de diferentes perforantes (a, b, c y d) con las conexiones entre las diferentes unidades vasculares formadas por venas oscilantes (amarillo) y arterias asfixiadas (naranja). El dibujo de la derecha representa la compleja vascularización del tejido cutáneo abdominal, formado por sistema epigástrico inferior superficial (E), el sistema epigástrico inferior profundo (D), el sistema epigástrico superior (S) y el sistema intercostal (IC).

La cirugía de perforantes ha modificado múltiples conceptos en la planificación y elevación clásica de los colgajos. Cada vez es menos importante saber referencias anatómicas, localizar los troncos vasculares de los vasos principales o seguir diseños predefinidos de colgajos previamente descritos. Actualmente lo más importante es disponer de una técnica de disección obsesivamente pulcra y respetuosa con las diferentes estructuras anatómicas, el conocer donde se localiza una perforante adecuada para el tipo de tejido que se necesita y tener la iniciativa para elevar el colgajo. Resultado de estos nuevos conceptos anatómicos y quirúrgicos, Fu Chan Wei¹⁹ introdujo los colgajos de estilo libre (*“Free style perforator flaps”*) donde lo único importante es identificar una perforante en el área donante elegida y cuidadosamente seguirla hasta el punto en que uno considera que la longitud y calibre del pedículo es el adecuado, y por supuesto transferir el tejido allí donde se necesita.

El mapeo preoperatorio mediante Doppler de Ultrasonidos o mediante Duplex Doppler nos puede ayudar a la localización de la perforante dominante. La comodidad que ofrece la sencillez de uso del Doppler de ultrasonidos contrasta con su escasa fiabilidad ya que presenta un número importante de falsos positivos²¹. El Duplex Doppler es una valiosa investigación que no solo nos da la localización de la perforante sino que incluso cuantifica la cantidad de flujo en ella. De todos modos, requiere una cantidad de tiempo importante y depende de las habilidades del investigador intermedio. La información que conseguimos con estas técnicas es muy limitada, no podemos visualizar el trayecto intramuscular de las perforantes ni conseguir información de la arborización de las perforantes dentro del colgajo.

La falta de un método fiable y fácil de aplicar en el entorno asistencial diario para el estudio preoperatorio de las perforantes fue el motivo que ha llevado a realizar todo el trabajo de investigación que ha dado resultado a esta Tesis Doctoral.

Progresivamente los colgajos de perforantes han ido incorporándose a los diferentes campos de la cirugía plástica. Hoy en día son los colgajos de elección para múltiples técnicas, aportando una mayor especificidad reconstructiva con un mínimo de morbilidad. Basándonos en los trabajos de Taylor⁵ sobre los angiosomas podemos elevar en el cuerpo más de 35 colgajos diferentes de perforantes⁶ aunque para ser considerados como realmente útiles deben cumplir las siguientes premisas:

- Tener un aporte vascular consistente y predecible.
- Contar con una perforante de un cierto calibre (> 0.5 mm).
- Una longitud del pedículo adecuado.
- Cierre primario de la zona donante sin excesiva tensión.

Actualmente los colgajos de perforantes más utilizados con sus indicaciones más habituales son los siguientes:

- **DIEP (Deep Inferior Epigastic Perforator)**²²: Reconstrucción mamaria.
- **ALTF (Anterolateral Thigh Flap)**²³⁻²⁴: Defectos de partes blandas de pequeño y mediano tamaño, sobre todo para cirugía de cabeza y cuello.
- **SGAP / IGAP (Superior and Inferior Gluteal Artery Perforator)**²⁵: Defectos de lumbo-sacros y reconstrucción mamaria.
- **TAP (Thoracodorsal Artery Perforator)**²⁶: Reconstrucción parcial mama y reconstrucción de extremidad inferior.
- **Colgajos de perforantes peroneales o tibiales tipo “Propeller”**²⁷: Reconstrucción de defectos de extremidad inferior.

2. Colgajos de perforantes abdominales

En el abdomen podemos elevar diferentes colgajos de perforantes basados en ramas que provienen de los diversos ejes vasculares que nutren esta área anatómica. Los más importantes por sus amplias indicaciones y la fiabilidad de su vascularización son:

- **Colgajo DIEP**^{7,22}: Basado en las perforantes del sistema epigástrico inferior profundo. Con su diseño en isla cutánea transversa infraumbilical o en su diseño paraumbilical supero-lateral siguiendo la extensión descrita por Taylor²⁸.
 - **Colgajo SIEA**²⁹⁻³⁰: Basado en el sistema epigástrico inferior superficial.
 - **Colgajo SCIP**³¹: Basado en la arteria circunfleja iliaca superficial.
-

La vascularización de la pared abdominal (Fig. 9 y 10) se basa en un sistema profundo procedente de la arteria epigástrica superior e inferior y de un sistema superficial, basado en la arteria epigástrica superficial, circunfleja iliaca superficial y ramas cutáneas de las arterias intercostales.

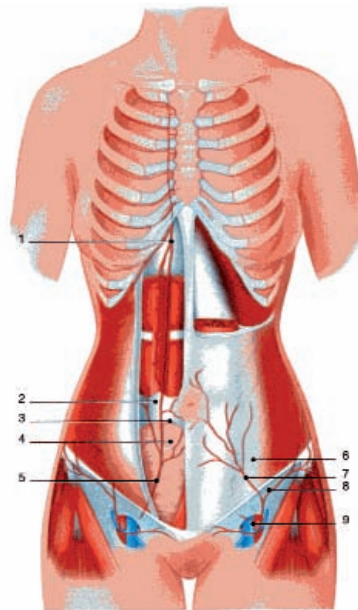


Figura 9: Arterias de la pared abdominal anterior. 1. arteria epigástrica superior; 2. hoja posterior de la aponeurosis del músculo recto; 3. arcada de Douglas; 4. fascia transversalis; 5. arteria epigástrica inferior profunda; 6. músculo oblicuo externo; 7. arteria epigástrica inferior superficial; 8. arteria circunfleja iliaca superficial; 9. arteria y vena iliaca externa. (Fuente: Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Elsevier 2006)

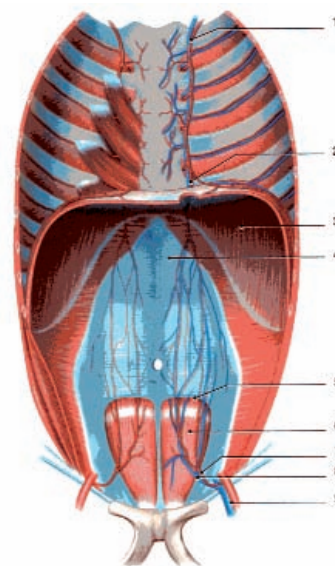


Figura 10: Asa vascular epigástrica (imagen posterior). 1. arteria mamaria interna; 2. arteria epigástrica superior; 3. diafragma; 4. fascia posterior de la aponeurosis del músculo recto; 5. arcada de Douglas; 6. músculo recto; 7. arteria epigástrica inferior profunda; 8. vena epigástrica inferior profunda; 9. arteria y vena iliaca externa. (Fuente: Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Elsevier 2006)

Existen múltiples trabajos en la literatura que demuestran la enorme variabilidad anatómica e intentan sistematizar la vascularización de esta región del cuerpo. Según Milloy et al³², la arteria epigástrica inferior profunda asciende anteriormente en la cara posterior del músculo recto y entra en el tercio medio (78%), tercio inferior (17%) o tercio superior (5%) del músculo.

Según Moon y Taylor³³, existen tres variaciones anatómicas de la arteria epigástrica inferior profunda a nivel de la arcada del Douglas:

- Tipo 1 (29%): una sola arteria epigástrica inferior profunda intramuscular.
- Tipo 2 (57%): la arteria epigástrica inferior profunda se divide en dos ramas intramusculares generando una rama medial y una lateral.
- Tipo 3 (14%): la arteria epigástrica inferior profunda se divide en tres ramas intramusculares.

Itoh y Arai³⁴ han realizado un estudio de disección anatómica sobre 34 músculos rectos abdominales de 17 cadáveres. En el 82.4 % de los casos la DIEA se bifurcaba en dos ramas de la cual, la dominante resultaba ser la lateral en el 88.2%, que presentaba un calibre mayor y perforantes más numerosas y grandes. En el resto de los casos, no se han encontrado dominancias.

De un estudio de Blondeel et al.³⁵ realizado sobre 50 pacientes estudiadas con Color Duplex, ha resultado que en el 72 % la arteria se divide en dos ramas, de las cuales, la lateral resulta ser más frecuentemente la dominante (54%) respecto a la medial (18%). En el 28%, la arteria no se dividía, presentándose como único vaso central. En este mismo trabajo, se localizaron de dos a ocho perforantes de buen calibre (> 0,5 mm) por cada hemiabdomen. Pacientes obesas presentaban perforantes de calibre y flujo mayores. La mayor densidad de estas perforantes se encontró en un área rectangular paramediana situada 2 cm cranealmente y 6 cm caudalmente respecto al ombligo, y entre 2 y 6 cm lateralmente al ombligo.

De un estudio de disección sobre cadáver efectuado por Heitmann et al.³⁶ sobre cuarenta casos, ha resultado que, hay por lo menos una perforante musculocutánea de

calibre superior a 1 mm por cada hemiabdomen. En el 68% se han encontrado dos perforantes musculocutáneas, en el 22% una perforante musculocutánea y en el 10% tres perforantes musculocutáneas. Todas las perforantes (n = 75) han sido localizadas en un radio de 8 cm alrededor del ombligo:

- En 34 casos (45%) en un radio de 2 cm del ombligo.
- En 20 casos (27%) en un radio comprendido entre 2 y 4 cm.
- En 16 casos (21%) en un radio comprendido entre 4 y 6 cm.
- En 5 casos (7%) en un radio comprendido entre 6 y 8 cm.

El-Mrakby et al.³⁷ han realizado un estudio de microdissección anatómica sobre 20 cadáveres. La división lateral de la DIEA ha resultado como dominante en el 80% de los casos respecto a la medial. Las perforantes de la rama lateral han resultado de número y calibre mayores, respecto a las perforantes de la rama medial en el 72% de los casos. Han sido disecadas una media de 5,4 perforantes (de 4 a 7) de buen calibre (> 0,5 mm de diámetro) por cada caso. La mayor parte han sido individualizadas en un área localizada inferiormente y lateralmente al ombligo con una distancia media de 4 cm de éste (rango de 2,5 a 6 cm).

Itoh y Arahi³⁴ han individualizado una media de 6,5 perforantes de calibre mayor de 0,5 mm a nivel suprafascial del músculo recto. Las perforantes presentaban mayor densidad en un área infraumbilical en la zona centro lateral del músculo recto y pertenecían a la rama lateral de la DIEA.

Kikuchi et al.³⁸ han estudiado 329 perforantes en 33 cadáveres. El 16,1% de los vasos (media 0 - 2 por muestra) han resultado ser de calibre mayor a 1mm. El 32,5% de los vasos (media 1- 4 por muestra) presentaba curso perimuscular paralelo a las fibras del músculo recto, sin dar ramas musculares importantes. El 10,6% de las perforantes (media 0 - 2 por muestra) definidas como "ideales" en cuanto a que presentaban las dos características. Estas perforantes ideales, han sido individualizadas primordialmente en la parte inferior del área periumbilical de 1 a 3 cm respecto al ombligo.

Vandevoort et al.³⁹ han estudiado la anatomía topográfica de las perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda en 100 casos de colgajos DIEP para reconstrucción mamaria:

- En el 65% de los casos se ha encontrado una perforante con curso intramuscular breve (< 4cm) (SIM= Short Intra-Muscular Perforator).
- En el 9% la perforante con calibre mayor presentaba un curso intramuscular largo (>4 cm, hasta 12 cm) (LIM= Long Intra-Muscular Perforator).
- En el 16% de los casos se ha encontrado una perforante a nivel de las inserciones tendinosas (TI= Tendinous Intersection Perforator).
- En el 5% se ha encontrado una perforante de curso subfascial (SF= Sub-Fascial Perforator).
- En el 5% se ha encontrado una perforante de curso paramediano (PM= Para-Median Perforator).

Recientemente, Tregaskiss AP et al.⁴⁰ han estudiado la anatomía vascular de la pared abdominal de 10 cadáveres inyectados con medios de contraste y escaneados con TC multislice de 16 coronas (Fig.11).

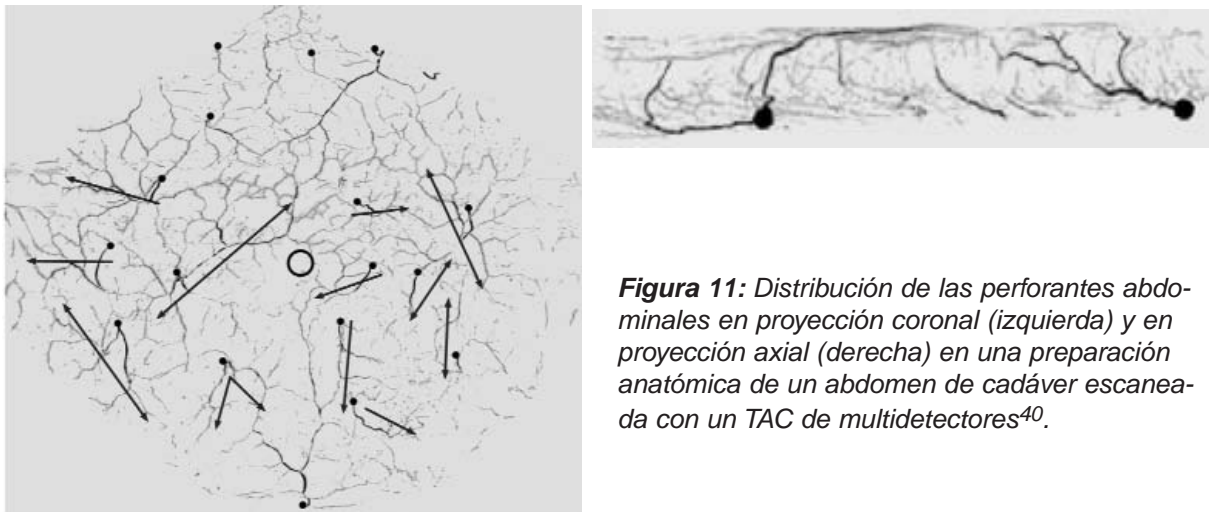


Figura 11: Distribución de las perforantes abdominales en proyección coronal (izquierda) y en proyección axial (derecha) en una preparación anatómica de un abdomen de cadáver escaneada con un TAC de multidetectores⁴⁰.

Los autores han descrito que las perforantes a nivel subcutáneo se distribuyen de manera extremadamente variable no siendo posible individualizar ninguna norma o predicción en el ángulo y en el tipo de patrón de ramificación de los vasos. También la dirección es extremadamente irregular como se indica en la figura 11 (izquierda),

donde los puntos corresponden a la salida de las perforantes y las flechas su distribución subcutánea. La figura 11 (derecha) muestra la compleja y difusa red de conexiones presentes entre las perforantes a nivel del plexo subdérmico.

El número de ramas colaterales que la perforante emite a nivel del tejido subcutáneo, se correlaciona con el grosor de la capa tejido adipo-cutáneo que existe en el abdomen. Es decir a mayor cantidad de tejido adipo-cutáneo, más densa y compleja es la red subdérmica de vascularización.

El abdomen es un territorio vascular basado en un doble sistema que esta interconectado y que se adapta a las diferentes situaciones de aporte sanguíneo. Las perforantes del sistema profundo se anastomosan con las arterias cutáneas directas o ramas superficiales. Las principales arterias cutáneas directas que forman el sistema vascular superficial son: la arteria epigástrica inferior superficial, la arteria circunfleja iliaca superficial, las arterias pudendas superficial externa (inferiormente), la arteria epigástrica superior superficial (superiormente) y las rama cutáneos de las arterias intercostales y subcostales (lateralmente).

Como podemos ver en los numerosos y recientes trabajos que encontramos en la literatura la variabilidad anatómica en las perforantes y la complejidad de la red vascular es muy elevada. A pesar de los esfuerzos en sistematizar un posible mapa de localización de las mejores perforantes, la diferencia en cuanto a localización y número de las mismas, variando de un individuo a otro e incluso a nivel intra-individual de un hemicuerpo a otro, hace necesario un estudio preoperatorio específico para cada paciente.

La superficie cutánea del abdomen es expandida fácilmente por el acúmulo de grasa subcutánea con el sobrepeso. Su extensión, calidad tisular, riqueza en perforantes y la disposición de diferentes sistemas vasculares la convierten en una de las regiones anatómicas más importantes como fuente de colgajos adipo-cutáneos.

Tal como nombramos al principio de este capítulo los colgajos de perforantes del abdomen más utilizados son el colgajo de perforantes del sistema epigástrico inferior profundo (DIEP) y los colgajos basados en el sistema superficial (SIEA y SCIP).

Colgajo DIEP:

Descrito por Koshima⁷ en 1989 para una cobertura de una extremidad inferior, popularizado por Allen²² y Blondeel⁴¹ al aplicarlo en la reconstrucción mamaria, continua siendo la piedra angular y el máximo exponente de los colgajos de perforantes (Fig.12).

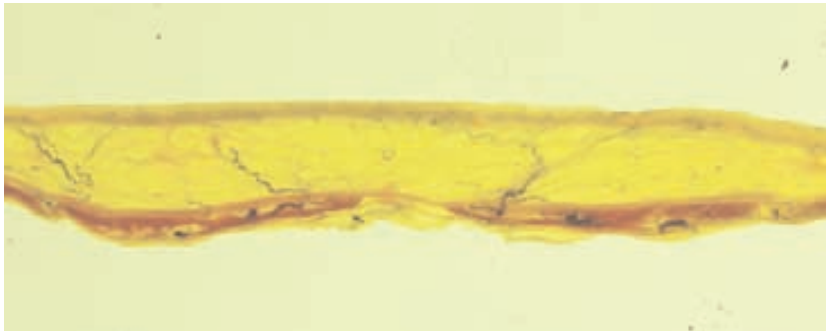


Figura 12: *Transparentación de la pared anterior del abdomen de una preparación cadáver, evidenciando la ramificación de las perforantes dentro de la grasa en un corte axial.*

Es el colgajo de perforantes de mayor dimensión que podemos elevar en todo el cuerpo y que permite un cierre primario, ofrece uno de los pedículos vasculares más largos si llegamos en la disección hasta el origen del sistema epigástrico profundo (Fig. 13). Dependiendo del grosor del panículo adiposo abdominal podemos conseguir volúmenes considerables que permiten por ejemplo una reconstrucción mamaria bilateral.



Figura 13: *Colgajo DIEP autonomizado antes de ser transferido al tórax. Se identifican la perforante disecada y las venas epigástricas superficiales contralaterales.*

Según la disposición y localización de las perforantes podremos disponer de diferentes diseños de colgajo según nuestras necesidades reconstructivas (Fig. 14). A su vez la pliability y las características propias de la piel infraumbilical (escaso grosor dérmico) junto con la facilidad de remodelación final con procedimientos tan sencillos como la liposucción hacen que este colgajo sea uno de los más versátiles.

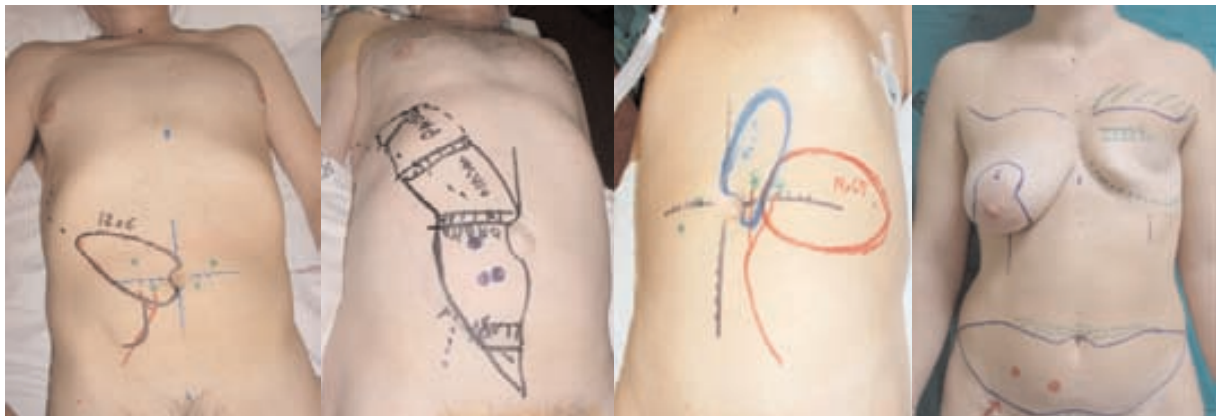


Figura 14: Diferentes diseños de colgajo DIEP. Diseño en extensión de Taylor, en boomerang, en dos islas y infraumbilical transversa (fotos de izquierda a derecha).

El diseño más utilizado es en isla transversa infraumbilical el que aprovechamos todo el exceso de piel y panículo adiposo abdominal. Su indicación más conocida es la reconstrucción mamaria con tejido autólogo⁴² que por su similitud con la piel y grasa de la mama ofrece unos resultados extraordinarios (Fig. 15 y 16). Otras indicaciones menos frecuentes son grandes defectos donde se necesite extensión y volumen tisular como las reconstrucciones vulvo-perineales, defectos de tronco o defectos de extremidad inferior⁴³.

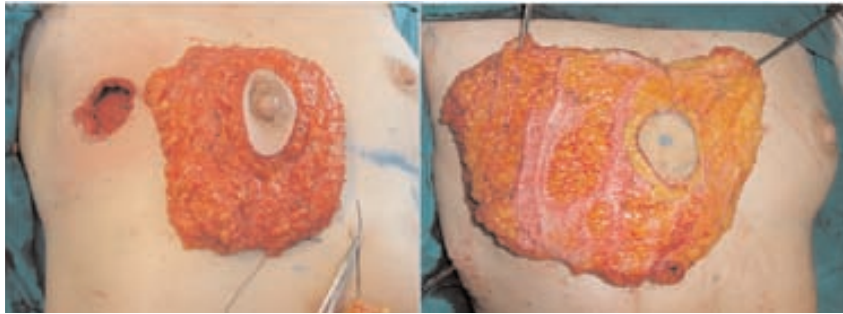


Fig.15: Comparación entre una pieza de mastectomía simple (izquierda) y un DIEP desepitelizado parcialmente (derecha) para reconstrucción inmediata.

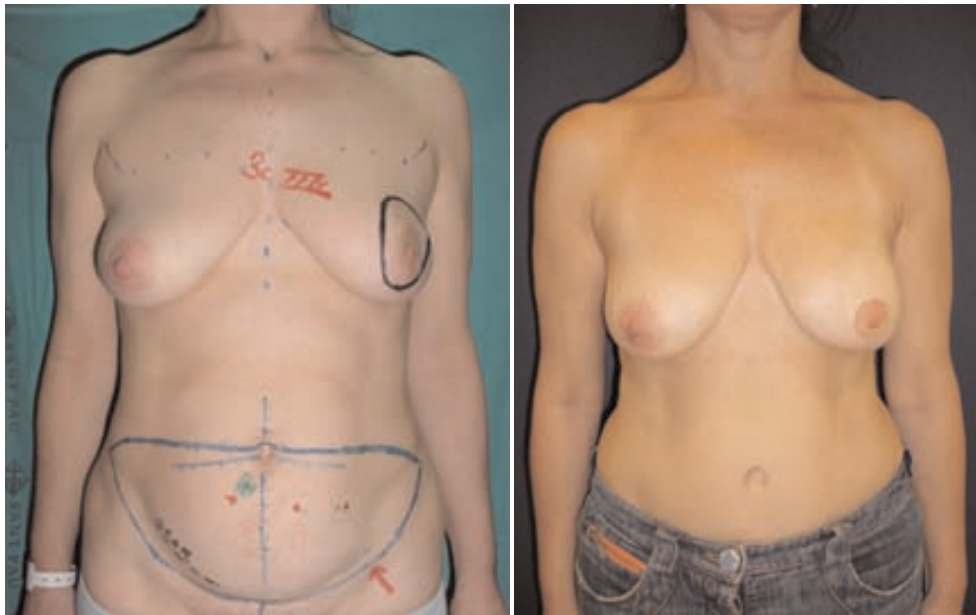


Figura 16: Reconstrucción mamaria inmediata con un DIEP tras una mastectomía ahorradora de piel.

Otro diseño muy utilizado en la cirugía de cabeza y cuello es la isla periumbilical supero-lateral (Fig. 17). Adaptación del trabajo de Taylor²⁸ que describe una isla cutánea basada en las perforantes periumbilicales del sistema epigástrico inferior profundo y sus comunicantes con las perforantes intercostales. Se suele elevar un colgajo diseñado en un eje que va del ombligo a la punta de la escápula. Al tener una base más gruesa basada en el tejido adiposo periumbilical y una parte distal de menor grosor que corresponde al tejido de la zona costal es especialmente útil en reconstrucciones de cavidad oral (Fig. 18).



Figura 17: Dibujos que representan el diseño y la elevación de un colgajo DIEP con extensión de Taylor.



Figura 18: Reconstrucción glossectomía total con un colgajo DIEP extensión de Taylor. Foto izquierda con diseño preoperatorio. Foto central con zona dadora al año de la intervención. Foto derecha con resultado de la reconstrucción después de 1 año.

Colgajo SIEA:

Colgajo adipo-cutáneo de tipo axial basado en el eje vascular de la arteria epigástrica inferior superficial⁴⁴⁻⁴⁵, por el tipo de disección y de colgajo cutáneo lo podemos considerar como un colgajo de perforantes. Su principal indicación es la reconstrucción mamaria aunque presenta unas limitaciones que vienen definidas por el calibre de su arteria. La variabilidad anatómica del sistema epigástrico superficial es muy elevada, solo en un 30% de la población el calibre de la arteria es mayor de 1.4 mm, en el resto podemos encontrarnos arterias filiformes e incluso inexistentes⁴⁴.

Cuando el calibre es adecuado, es el colgajo de primera elección en reconstrucción mamaria⁴⁶ ya ofrece la misma especificidad reconstructiva que el DIEP pero con menor morbilidad ya que no hace falta ni abrir la fascia muscular de los rectos abdominales ni la disección intramuscular de la perforante (Fig. 19). Como limitación deberíamos destacar una menor longitud del pedículo que puede dificultar la adaptación del colgajo en el pecho y su posterior remodelación.

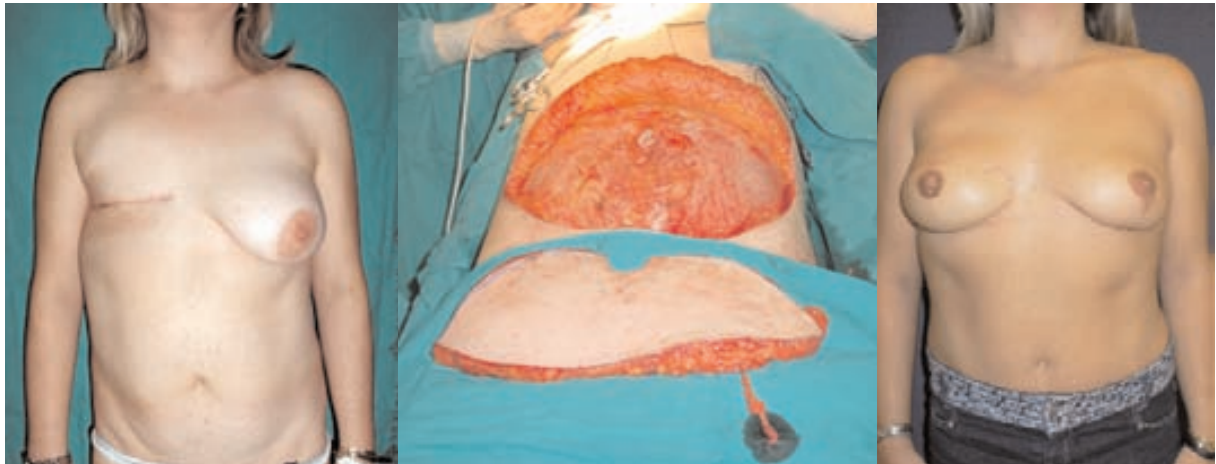


Figura 19: Reconstrucción mamaria diferida con un colgajo SIEA.

Colgajo SCIP:

Este es otro colgajo axial, basado en el sistema de la arteria circunfleja iliaca superficial³¹ y que tiene como principal dificultad la variabilidad del diámetro de su arteria. Sus principales características son que nos permite elevar un colgajo de dimensiones considerables con un espesor de tejido subcutáneo menor al SIEA y DIEP ya que su diseño va del tubérculo púbico a la espina iliaca anterosuperior (Fig. 20). Es especialmente útil cuando precisamos coberturas de escaso grosor como en la extremidad inferior o en cirugía de cabeza y cuello. Basado en el mismo eje vascular podemos transferir tejido linfático aparte del tejido dermo-graso, esta técnica de transferencia ganglionar permite el tratamiento del lfedema⁴⁷.

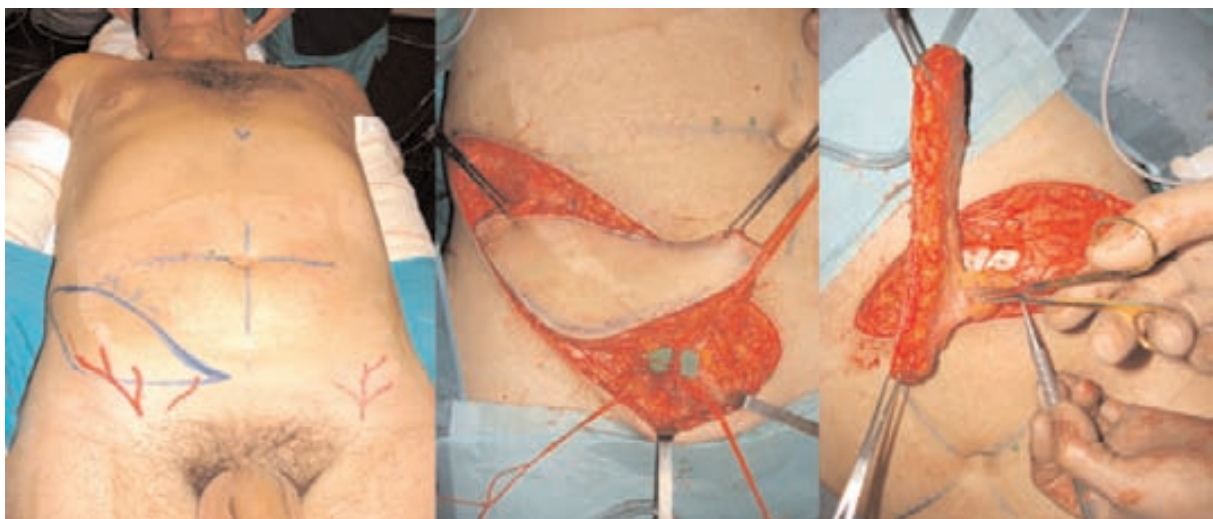


Figura 20: Colgajo SCIP para una contractura cervical.

3. Mapeo de perforantes y planificación preoperatoria

En cualquier procedimiento quirúrgico es fundamental una adecuada planificación preoperatoria para poder conseguir con éxito el objetivo final.

Tras una correcta valoración del objetivo o defecto a reconstruir, del estado general del paciente y de las posibles zonas donantes disponibles; en la cirugía de perforantes deberíamos intentar localizar la perforante adecuada para elevar nuestro colgajo de la forma más segura posible.

Como hemos descrito en la primera parte de este capítulo, el embrión que nació a finales de los años 80 con Koshima⁷ y que se fue consolidando en los años 90, es hoy en día el verdadero motor de la cirugía reconstructiva del siglo XIX. Sólo hay que revisar el incremento exponencial del número de publicaciones sobre estos colgajos en la literatura científica. En la actualidad, no podemos prescindir en nuestro “armamentarium” reconstructivo de los colgajos de perforantes; si queremos ofrecer una cirugía plástica avanzada debemos entender y poder aplicar este tipo de colgajos en nuestro quehacer diario.

El conocimiento adecuado de la vascularización y perfusión tisular de los territorios cutáneos, junto a un mejor dominio de las técnicas de disección microquirúrgica proporcionan la posibilidad de mejorar la elección de nuestros colgajos para realizar las reconstrucciones idóneas que solucionen los problemas de nuestros pacientes. De esta manera basándonos en los principios básicos de la especificidad reconstructiva y de minimización de la morbilidad, podemos elegir los colgajos óptimos para cada defecto y mejorar nuestros resultados finales.

Desafortunadamente, a pesar de los avances en el conocimiento anatómico de los territorios cutáneos, no es posible realizar un mapeo sistemático de la localización precisa de las perforantes dominante extrapolable o generalizable a todos los cuerpos humanos^{21,35,48}. La enorme variabilidad anatómica de las perforantes a nivel inter-individual e intra-individual, hace que el disponer de un sistema fiable de localización preoperatoria de los vasos en que vamos a basar la transferencia de nuestros colgajos sea de una enorme utilidad.

Por tanto para realizar una correcta valoración preoperatoria de los colgajos de perforantes destacamos los siguientes puntos clave:

- Definir, de la forma más precisa posible, la anatomía de nuestra perforante (localización, trayecto intramuscular, ramificación intratisular, etc).
- Realizar el mapeo de las perforantes en la misma posición en que el paciente va a estar en la mesa operatoria.
- Valorar posibles alteraciones anatómicas provocadas por cirugías previas o secuelas cicatriciales, así como variaciones anatómicas de la normalidad.
- Valorar la existencia de otras alternativas vasculares, como venas superficiales u otras perforantes, para poder resolver complicaciones intra o postoperatorias.

La selección de la perforante más adecuada la haremos en función de los siguientes criterios que nos ayudarán a elegir la perforante ideal para cada colgajo:

- Calibre y pulsabilidad de la perforante. Es importante poder analizar estos aspectos antes de iniciar la disección, ya que a veces la manipulación de la misma puede ocasionar un vasoespasmo y dificultar una correcta valoración (Fig. 21).
 - Adecuada localización de la perforante en el contexto del tejido a transferir. Es recomendable que esté lo más centrada posible para poder profundir correctamente todo el tejido.
 - Elegiremos la perforante con el menor trayecto intramuscular posible, para lesionar lo menos posible el músculo con nuestra manipulación y para que la disección sea lo menos tediosa posible.
-

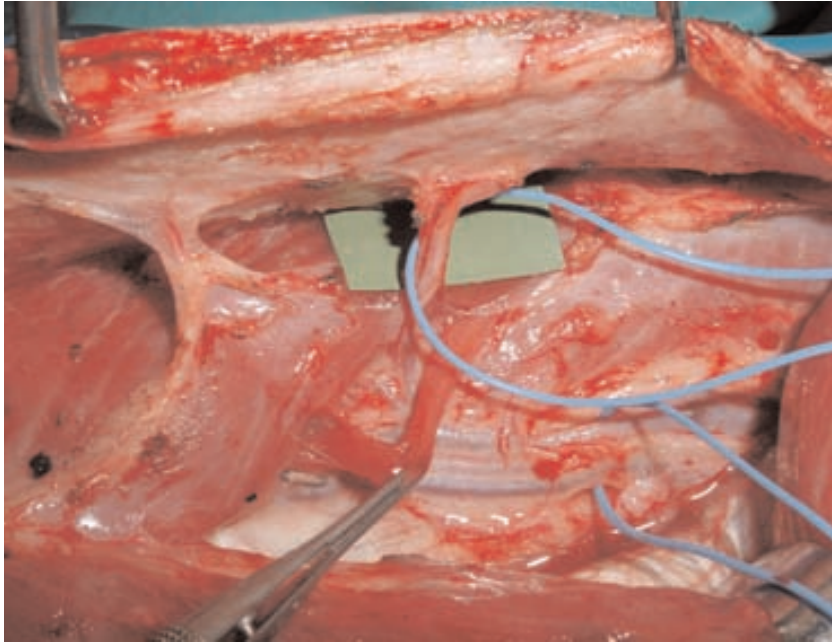


Figura 21: Perforantes de un colgajo anterolateral del muslo en la valoración clínica intraoperatoria para decidir la elección de la más adecuada para garantizar una perfusión adecuada.

Una vez que sabemos lo que queremos estudiar de las perforantes y como debería ser la perforante ideal, debemos conocer los diferentes métodos para realizar el mapeo de las perforantes y que nos pueden ofrecer. Actualmente disponemos de 3 métodos que tienen una aplicación práctica y que dependiendo de los centros tienen mayor o menos uso:

- Doppler ultrasonido.
- Doppler duplex color.
- TAC de multidetectores o angio-TAC.

Existen otros métodos con escasa aplicación, limitaciones importantes y dudosos resultados como la arteriografía, el láser Doppler, la termografía y la resonancia magnética.

DOPPLER DE ULTRASONIDO

El Doppler acústico unidireccional es ampliamente conocido. Su facilidad de uso y su disponibilidad en cualquier medio hospitalario, hacen que sea aún el sistema más universal en el estudio de perforantes. Su portabilidad, bajo coste y relativa sencillez en la interpretación de las señales acústicas, han hecho que se incorporara a la práctica de la microcirugía desde sus inicios en los años 70 (Fig. 22).



Figura 22: Doppler de ultrasonidos con una sonda de 8 MHz, es la más utilizada para la localización de las perforantes.

Se trata de un instrumento extremadamente manejable y práctico (hand held doppler), generalmente de reducidas dimensiones y por lo tanto fácilmente transportable. Según Hallock²¹ y Taylor⁴⁹ representa el método más conveniente, rápido y sencillo para la localización de las perforantes. La frecuencia de la sonda ecográfica que se utiliza varía de 5 a 10 MHz. La absorción de los ultrasonidos por los tejidos es directamente proporcional a la frecuencia de emisión: cuanto más alta sea la frecuencia, más baja es la penetración. La elección de la frecuencia a emplear depende por tanto del vaso a examinar. Por lo tanto, panículos adiposos más gruesos, requieren una frecuencia más baja (5 MHz) y panículos más finos (o vasos más superficiales) requieren una frecuencia más alta (8-10MHz). La exploración puede ser realizada en cualquier lugar, de forma ambulatoria o durante el ingreso, generalmente dura pocos minutos (<20 min).

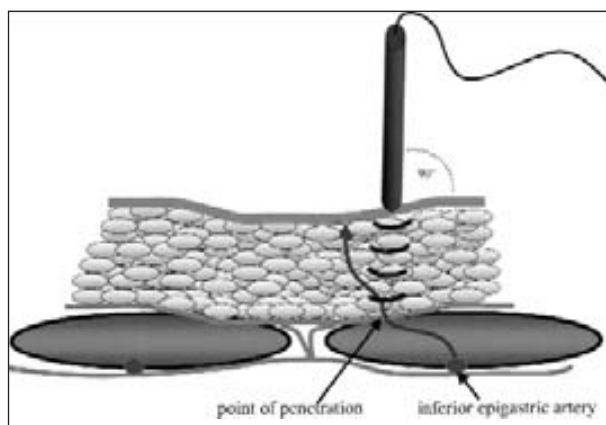


Figura 23: Esquema de funcionamiento de exploración de perforantes abdominales con un Doppler de ultrasonidos.

Durante la exploración la sonda se mantiene perpendicular respecto a la piel porque la inclinación de la sonda a 90 grados permite el registro de la máxima intensidad de flujo. Una vez localizada la señal Doppler, la posición de la sonda se modifica hasta encontrar la señal de máxima intensidad (Figura 23).

La interpretación del examen se basa esencialmente en los hallazgos acústicos, también podemos tener un registro gráfico dependiendo del modelo utilizado. Depende de la expresión de la velocidad de los hematíes que discurren en el interior del vaso explorado. Las características del sonido varían entonces en relación a la velocidad hemática, al tipo de flujo presente (continuo o discontinuo) y a la presencia de eventuales turbulencias. El hallazgo gráfico, expresión de la elaboración analógica de la señal Doppler, se basa en la valoración de los caracteres morfológicos de la curva (altura máxima, fase de aceleración y de deceleración, etc).

Con este instrumento por lo tanto, es posible valorar si el vaso localizado es de tipo arterial (hallazgo sonoro y gráfico pulsátil) o venoso (hallazgo sonoro y gráfico continuo) e incluso si existen posibles obstrucciones del vaso. No es posible obtener información directa del calibre del vaso, pero se pueden obtener indicaciones semicuantitativas basándose en la intensidad del hallazgo sonoro y en el análisis de la curva. Tampoco es posible obtener información sobre el curso del vaso, sobre todo cuando cambia de nivel, si se hace más profundo o más superficial.

Es un método de alta sensibilidad pero de baja especificidad, ya que solo permite una valoración subjetiva de los flujos mediante el sonido⁵⁰⁻⁵². Esto hace que a menudo la clasificación de las perforantes según la dominancia sonora no corresponda con el tamaño real, y vasos con una pulsabilidad sonora aceptable, no sean lo suficiente vigorosos como para profundir todo un colgajo. De la misma manera, pequeños vasos axiales pueden ser confundidos con perforantes, produciendo un número no despreciable de falsos positivos²¹. Además se pueden también registrar casos de falsos negativos que pueden ser debidos a una ejecución imprecisa (por ejemplo si se hace de manera rápida la exploración), a la utilización de una sonda de frecuencia no correcta para encontrar el plano de las perforantes (la más utilizada es la de 8mHz), a la aplicación de una presión excesiva sobre la perforante (importante sobre todo en la exploración venosa) o a factores de reducción temporal del flujo (por ejemplo vasoconstricción o baja presión).

Giunta et al.⁵⁰ han evaluado la fiabilidad del Doppler unidireccional en la localización de las perforantes de cuarenta pacientes intervenidas de reconstrucción mamaria con colgajo libre DIEP y S-GAP. Han sido localizadas y marcadas con un sistema de ejes cartesianos un total de 286 perforantes (media 7,3 por cada caso DIEP y 6,5 por cada caso S-GAP). De estos, 162 han sido identificados en el quirófano. En particular, en el caso de los colgajos DIEP se ha observado una incidencia de falsos positivos del 48,4% y de falsos negativos del 11%, demostrando que la técnica es más sensible que específica.

Resumiendo, las ventajas principales de este método son:

- Método no invasivo.
- Sencillo (manejable), rápido e universal.
- Aparentemente fácil de interpretar.
- Alta sensibilidad.
- Bajo coste

Las desventajas principales son:

- Baja especificidad -> Falsos positivos.
- Precisa de una curva de aprendizaje para su correcta interpretación.
- Técnica operador dependiente -> Evaluación cualitativa subjetiva.
- No valoración anatómica.
- No reproducibilidad.

Por todos estos motivos, a nuestro parecer, el Doppler de ultrasonidos es un método que debido a su sencillez y a pesar de sus inconvenientes, puede servir para una primera aproximación en la localización de las perforantes, es decir, únicamente como orientación.

Por tanto siempre que no dispongamos de otros medios más fiables deberemos esperar a la confirmación intraoperatoria para realizar el diseño final de nuestro colgajo.

ECOGRAFIA DUPLEX COLOR

Durante la última década, los avances tecnológicos en este tipo de Doppler han permitido escanear vasos de diámetro de hasta 0.2 mm desde la superficie cutánea hasta los planos más profundos. Por tanto podemos afirmar que la información que podemos obtener con este método es altamente fiable. Su alta sensibilidad permite una detallada evaluación del calibre, flujo y relaciones anatómicas de las perforantes (Fig. 24).

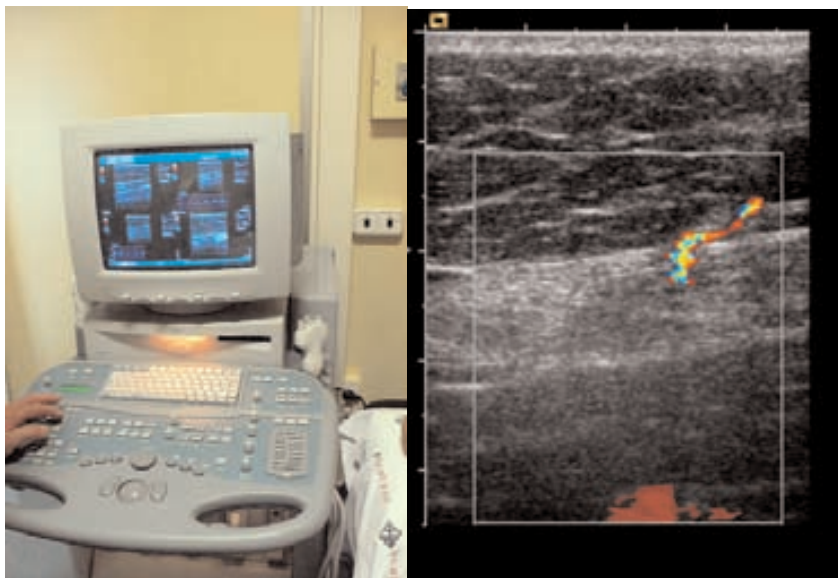


Figura 24: Doppler Duplex Color y una imagen de una perforante abdominal atravesando la fascia y penetrando en el espesor de la grasa abdominal.

No obstante, pueden existir casos de falsos negativos, en cuanto a que las perforantes pueden discurrir con un trayecto oblicuo o también paralelo a la fascia y entonces, la señal doppler, resultará más débil y la perforante más difícilmente localizable. Por este motivo se deben estudiar las perforantes desde distintos ángulos para obtener mayor garantía sobre la intensidad de la señal. Se debe tener en consideración que la especificidad y sobre todo la sensibilidad del método, son extremadamente operador-dependientes, el cual, interpreta subjetivamente las señales del doppler. Por lo tanto, la optimización de la técnica, necesita una curva de aprendizaje de un operador altamente cualificado que, debe poseer conocimiento específicos del cuadro anatómico vascular abdominal.

La valoración doppler puede ser alterada por artefactos colorimétricos debido a la peristalsis intestinal. El tiempo necesario para un estudio completo y exhaustivo es aproximadamente de una hora. Esto no siempre se tolera bien por parte del paciente, y se debe tener en cuenta, ya que condiciones de estrés pueden alterar el patrón vascular.

Esta técnica permite un estudio morfológico y hemodinámico del patrón vascular examinado. De hecho, permite evaluar la localización, el diámetro y el curso de los vasos, la velocidad del flujo, número de ramas colaterales y la dominancia del sistema superficial sobre el profundo o viceversa. Con esta técnica se puede localizar el punto de emergencia de la perforante a nivel de la fascia de los rectos con bastante exactitud, dato de suma importancia para este tipo de cirugía.

Además, es posible localizar alteraciones del patrón vascular (consecuencia de cirugías previas abdominales o pélvicas, liposucciones, cicatrices quirúrgicas, traumas, TVP de los arcos inferiores o de la pelvis) y también la existencia de diástasis de los rectos, que implicaría la búsqueda de las perforantes más lateralmente.

Voet y Petrovic⁵³ han estudiado los vasos mamarios internos y los vasos epigástricos inferiores profundos de 152 pacientes a través del Color Doppler. Para los vasos mamarios internos y DIEA, han generado datos sobre el calibre medio y la velocidad de flujo medio. Además han localizado el punto de salida fascial de las perforantes y las inserciones tendinosas. Los autores se han encontrado con dificultad para el cálculo exacto en el diámetro de la perforante a nivel del punto de salida facial, también la velocidad de flujo a este nivel es poco fiable, porque se produce una constricción de las fibras de colágeno de la fascia anterior y una angulación del vaso. También para las venas de pequeño calibre, se ha encontrado dificultad en la medición por la propia presión que se ejerce con la sonda.

Hay que considerar, que debido a la presión ejercida durante la exploración, podemos tener distorsiones anatómicas considerables sobre todo en panículos adiposos muy gruesos o laxos. Blondeel et al³⁵ han utilizado la técnica del Color Doppler para el mapeo preoperatorio de 50 DIEPs, 30 SGAPs y 11 TDAPs. Se ha podido efectuar una valoración precisa del calibre y del curso, incluido el trayecto intramuscular de los vasos principales y de las perforantes. Los autores han considerado el método válido para el estudio de los colgajos DIEP y TDAP que presentan una variabilidad anatómica

vascular elevada. Para los colgajos SGAP, que presentan una anatomía más constante, se ha preferido un estudio con Doppler unidireccional. En el caso del colgajo DIEP no se han podido localizar preoperatoriamente la presencia de 14 perforantes situadas a más de 7 cm de la línea media y de 3 perforantes paramedianas (falsos negativos). Se ha observado una especificidad del 100% y una sensibilidad del 96,2%.

La técnica permite una valoración bidimensional con opción de reconstrucción 3D. Se trata de una técnica relativamente poco costosa desde el punto de vista tecnológico, pero con el inconveniente de un elevado consumo de tiempo en cada exploración que en el entorno de la sanidad pública hace difícil la disposición de estas técnicas de una forma rutinaria.

Resumiendo las ventajas principales de esta técnica son:

- Alta especificidad y sensibilidad.
- Suministra información hemodinámica.
- Posibilidad de valorar el calibre y trayecto de las perforantes, así como las posibles variaciones anatómicas de la zona quirúrgica.
- No exposición radiológica.

Las desventajas principales son:

- Técnica operador dependiente, se necesita una curva de aprendizaje y la valoración puede variar en función de factores individuales.
- No reproducibilidad.
- Tiempo de ejecución largo (cerca de una hora).
- Imágenes no fáciles de interpretar por el cirujano plástico.

A pesar de su valor predictivo del 100%, ha tenido una escasa implantación debido al elevado consumo de tiempo y a cierta dificultad para la coordinación de los estudios preoperatorios. Requiere casi una hora por exploración lo que lo hace prácticamente inviable para la mayoría de hospitales con la presión asistencial actual. Aparte de la incomodidad que significa este tipo de pruebas para los pacientes, se requiere personal muy especializado para realmente poder estudiar y localizar los vasos con fiabilidad, siendo su valoración muy técnico-dependiente.

Otro de los inconvenientes que presenta es su dificultad de interpretación por parte de los cirujanos plásticos, ya que al obtener imágenes ecográficas es muy difícil una valoración de todo el contexto anatómico.

Todos estos argumentos han hecho que este tipo de estudios solo se realicen de una forma puntual y que incluso los grupos que más los defendían, como el de Gante³⁵, los hayan sustituido por el scanner de multidetectores.

TAC MULTIDETECTORES

La tomografía computerizada es un método basado en la medida de la densidad de volúmenes que constituyen una sección corporal. La técnica se basa en la emisión de un haz colimado de radiaciones X que después de ser atenuadas por una sección anatómica, inciden sobre un detector (o grupo de detectores) y se envían a una estación de trabajo donde se procesa a través de unos algoritmos específicos, transformado la información en imágenes visualizables en un monitor.

La más avanzada expresión de esta tecnología es el TAC de Multidetectores⁵⁴⁻⁵⁸ ("Multidetector-row Helical Computer Tomography" o "CT Multislice") caracterizado por la presencia de detectores de pequeñas dimensiones dispuestos en estratos contiguos, para que así, se pueda obtener más barrido por cada rotación del tubo de rayos X. El movimiento simultáneo longitudinal de la camilla del paciente confiere al haz de radiación, una trayectoria espiral y permite la adquisición continuada de datos relativos a un volumen corpóreo más o menos ancho. A partir del volumen obtenido, el ordenador puede reconstruir imágenes multiplanares (coronal, axial, sagital, oblicua) y efectuar reconstrucciones de tipo tridimensional.

Desde 1993, año en el cual se introdujo el TAC de dos coronas, las filas de detectores han aumentado progresivamente año a año. Actualmente, los más difundidos son los de 16-32 filas de detectores y los de última generación son de 64-128 coronas. El sistema de detectores funciona de tal manera que el operador puede elegir los límites anatómicos del estudio, el grosor de los cortes y el número de estratos por cada rotación (Fig. 25).



Figura 25: TAC de multidetectores de 16 coronas.

Las ventajas del TC multidetectores son muchas. Permite obtener cortes muy finos de volúmenes extensos con una elevada resolución espacial en un corto espacio de tiempo. A través de la aplicación de un software específico y la optimización de los parámetros técnicos, se puede obtener una resolución espacial de hasta 0,2 - 0,3 mm. La técnica, es altamente específica y sensible y no es objeto de interpretación subjetiva por parte del operador (no operador dependiente). Permite manejar imágenes anatómicas que son fácilmente interpretables tanto por parte del radiólogo como del cirujano plástico sin necesidad de una curva de aprendizaje extensa. Los datos se pueden registrar en un soporte digital con un programa auto-ejecutable de manejo de las imágenes que permite su uso y visualización en cualquier ordenador personal en el momento en que se precisa (antes de la intervención o a nivel intraoperatorio).

El tiempo de escaneo es extremadamente breve (10-12 seg. por una dimensión corporal de un abdomen usando un TAC de 16 coronas). Esto permite analizar un gran volumen corporal en el curso de una sola apnea logrando una reducción muy importante del artefactación del movimiento. En los aparatos de última generación (64 estratos) el tiempo de escaneo es tan rápido que órganos con movimiento como el corazón pueden ser estudiados con exactitud. Se sincroniza la adquisición de imágenes en el mismo momento del ciclo cardíaco o se adquiere varias veces el corazón y se reconstruye todo en la misma fase del ciclo. Se suelen administrar fármacos bradycardizantes puesto que cuanto mas lento sea el ritmo cardiaco mejor será la capacidad de reconstrucción tridimensional.

El estudio completo generalmente no precisa más de unos diez minutos, por lo tanto minimiza la incomodidad para los pacientes y permite realizar un gran número de estudios durante una jornada de trabajo. También es especialmente útil en pacientes que no pueden colaborar y necesitan estudios de una máxima brevedad como niños, ancianos o politraumatizados.

El estudio vascular requiere en la mayoría de casos suministrar al paciente un medio de contraste yodado endovenoso mediante inyectores específicos capaces de sincronizarse, y por tanto, optimizar las fases del estudio. Por este motivo se habla también de angiografía CT o angio-CT. Los efectos colaterales que se pueden derivar del medio de contraste son bien conocidos y no despreciables: insuficiencia renal, rash cutáneos, extravasación venosa, anafilaxia etc. En los casos donde esta contraindicado su uso (alergias, intolerancia o pacientes de riesgo como embarazadas o con neoplasias hematológicas) si realizamos el TAC para estudio vascular la información obtenida será muy pobre, no distinguiremos los vasos de pequeño calibre en ciertas densidades como el músculo.

El principal inconveniente de esta tecnología es la irradiación. Son pruebas diagnósticas que deben indicarse correctamente ya que no son inocuas para el paciente. Es cierto que para un estudio vascular de un área anatómica concreta podemos optimizar la exposición al máximo para reducirla al mínimo.

En el año 2003, tuvimos la oportunidad de empezar a trabajar con uno de los primeros TAC de multidetectores de 16 coronas que se instaló en el Estado Español. Tras conocer algunas de las aplicaciones de esta tecnología en el estudio de las coronarias⁵⁹ decidimos iniciar un estudio para comprobar las posibilidades del TAC de multidetectores en la valoración preoperatoria de las perforantes. El objetivo final del trabajo era buscar un nuevo método fiable para el mapeo y la planificación de la cirugía de los colgajos de perforantes.

El trabajo realizado durante estos años ha dado como resultado esta tesis doctoral que ha generado diversas publicaciones y numerosas comunicaciones científicas. No solo hemos conseguido realizar un interesante trabajo de investigación clínico-radio-lógica sino que hemos aportado a la comunidad científica un nuevo método de mapeo de perforantes que actualmente se está utilizando en numerosas Unidades de Cirugía Plástica del mundo por el importante ahorro de tiempo operatorio y reducción de las complicaciones en la cirugía de perforantes.

2

Hipótesis y objetivos

2

Hipótesis y objetivos

Hipótesis:

El TAC de multidetectores es un método de mapeo fiable para el estudio preoperatorio de las perforantes abdominales, permitiendo localizar correctamente la perforante más adecuada para la vascularización del colgajo dermo-graso abdominal que vamos a transferir.

Objetivos generales:

Para poder aceptar la hipótesis como válida se han realizado los estudios necesarios con los siguientes objetivos:

- Demostrar el valor de tomografía axial computerizada de multidetectores (MDCT – *Multidetector Computerised Tomography*) para la localización y el análisis cualitativo de las perforantes en los colgajos dermo-grasos de la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP – *Deep Inferior Epigastric Perforator*).
- Comparar los resultados obtenidos con el mapeo mediante MDCT y los que teníamos con los métodos de mapeo de perforantes empleados hasta el momento.
- Valorar la reducción del tiempo quirúrgico y del número de complicaciones postoperatorias en función de la calidad del estudio preoperatorio de las perforantes y de la elección de la perforante dominante.
- Proponer un protocolo para la planificación preoperatoria de los colgajos abdominales de perforantes.

3

Material y Método - Publicaciones

3

Material y Método - Publicaciones

Publicaciones generadas:

1. Chapter 6: Multidetector - row CT in the planning of abdominal perforator flaps. Authors: J. Masia / J.A. Clavero. Del libro **Perforator Flaps: Anatomy, Techniques and Clinical Applications**. Ph. N. Blondeel, S. Morris, P. Neligan and G. Hallock. Editado por Quality Medical Publications, St. Louis, Mi., USA. 2006, 91 -114
2. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, et al. Multidetector row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. **J Plast Reconstr Aesthetic Surg 2006;59: 594-599**
3. Masia J, Clavero JA, Carrera A. Planificación preoperatoria de los colgajos de perforantes. **Cir Plas Iberolatinoam 2006;32:237-242**
4. Masia J, Larrañaga JR, Clavero JA et al. The Value of the Multidetector Row Computed Tomography for the Preoperative Planning of Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flap. Our Experience in 162 Cases. **Ann Plast Surg 2008; 60:29-36**
5. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, et al. Preoperative planning of the abdominal perforator flaps with the multidetector row computed tomography. Three years of experience. **Plast Reconstr Surg (in press)**
6. Clavero JA, Masia J, Larrañaga J. MDCT in the Preoperative Planning of Abdominal Perforator Surgery for Postmastectomy Breast Reconstruction. **Am J Roentgenol (In press)**

Resumen de los trabajos:

Trabajo 1: Chapter 6: Multidetector - row CT in the planning of abdominal perforator flaps. Authors: J. Masia / J.A. Clavero. Del libro **Perforator Flaps: Anatomy, Techniques and Clinical Applications. Ph. N. Blondeel, S. Morris, P. Neligan and G. Hallock**. Editado por Quality Medical Publications, St. Louis, Mi., USA. 2006, 91 -114

El capítulo 6 del libro “Perforator Flaps: Anatomy, Techniques and Clinical Applications” publicado en Octubre del 2005 pero con fecha impresa del 2006, obra de referencia para la cirugía de los colgajos de perforantes, trata sobre la planificación preoperatorio. En octubre del año 2004, después de haber presentado los primeros resultados sobre el estudio de las perforantes con el MDCT en el 8th Internacional Course on Perforator Flaps (Sao Paulo, Septiembre 2004), los editores de la obra solicitaron al autor que escribiera una de las dos partes de este capítulo sobre las posibilidades del MDCT en la planificación de los colgajos de perforantes abdominales.

En el se describe el protocolo inicial de estudio y los resultados hallados en una serie de 47 pacientes, de los cuales se destaca un falso negativo debido a una omisión o mala interpretación de la información obtenida con el scanner de multidetectores. Se acompaña de una breve discusión comparando los resultados obtenidos con los publicados en otros trabajos con los métodos existentes hasta el momento. Como conclusión se destaca la fiabilidad de la prueba con una elevada sensibilidad y especificidad, facilidad de interpretación y transmisión de la información, excelente valoración cualitativa de las perforantes y buena tolerancia para los pacientes.

Trabajo 2: Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR et al. Multidetector row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. **J Plast Reconstr Aesthetic Surg 2006;59: 594-599**

En Marzo del 2005, se remite un trabajo al British Journal of Plastic Surgery, revista que posteriormente pasa a denominarse Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery, aceptado para publicación el 8 de Octubre del 2005, no se publica hasta Mayo 2006 ya que se esperaba ha tener completado un número monográfico sobre colgajos de perforantes. Es la segunda revista en cuanto a importancia en publicaciones en el mundo de la cirugía plástica, con un factor de impacto de 1.182 en el año 2006.

En este artículo se describe un estudio prospectivo entre Octubre 2003 y Diciembre 2004 sobre el mapeo preoperatorio con un TAC de multidetectores de 16 coronas en una población de 66 pacientes mujeres donde se realiza reconstrucción mamaria mediante colgajos de perforantes abdominales. Tras explicar los parámetros radiológicos de adquisición de imagen, se describe el protocolo de estudio y localización de las perforantes así como la forma de poder transmitir y utilizar toda la información a nivel operatorio. La información adquirida con MDCT se compara con la conseguida mediante el Doppler de ultrasonidos el día previo a la cirugía y los hallazgos intraoperatorios.

La población se divide en 2 grupos, una muestra inicial de 36 casos que forman la fase de validación de la prueba donde se identifican y valoran todas las perforantes existentes durante la disección supra-fascial. El segundo grupo está formado por los últimos 30 pacientes donde se disecciona directamente la perforante dominante que ha sido seleccionada preoperatoriamente mediante el MDCT. Los resultados obtenidos en este segundo grupo son comparados con los de los 30 últimos pacientes operados antes de empezar a aplicar la técnica del mapeo con MDCT. El único parámetro variado entre los grupos comparados ha sido la introducción de esta prueba de mapeo preoperatorio, la técnica quirúrgica utilizada se puede considerar totalmente consolidada ya que todos los casos han sido realizados por el mismo cirujano con el equipo quirúrgico habitual después de un periodo de más de 3 años de experiencia con esta técnica y un total de 130 casos realizados.

No se encontraron falsos positivos ni negativos, únicamente en un caso inicial hubo una mala interpretación de una imagen radiológica no identificando una perforante de un calibre aceptable. Posteriormente a la cirugía cuando se revisó por segunda vez el MDCT se la identificó perfectamente. Cuando se comparan el grupo pre-MDCT con los últimos 30 casos realizados con esta técnica observamos una importante reducción del tiempo intraoperatorio, de alrededor de 1 hora y 40 minutos. También evidenciamos una importante reducción de las complicaciones en el segundo grupo, pasando a un 0 % de necrosis total y de un 6.6% a un 3.3% de necrosis parcial.

Como conclusión se destaca el 100% de valor predictivo positivo del MDCT para el mapeo de perforantes, que junto a la sencillez de interpretación y a las considerables mejorías de los resultados quirúrgicos hacen que esta técnica sea considerada como altamente prometedora.

Trabajo 3: Masia J, Clavero JA, Carrera A. Planificación preoperatoria de los colgajos de perforantes. **Cir Plas Iberolatinoam 2006;32:237-242**

Este trabajo fue publicado en la revista Iberolatinoamericana de Cirugía Plástica en Octubre del 2006. Es la revista oficial de la Sociedad Española de Cirugía Plástica, Reparadora y Estética, y de la Federación de Iberoamericana de Sociedades de Cirugía Plástica.

En este artículo se definen los criterios de selección de una perforante ideal en el contexto de los colgajos de perforantes. También se revisan los diferentes métodos de planificación preoperatoria, haciendo énfasis en las ventajas y limitaciones de cada uno. Se describe detalladamente el protocolo de estudio para el mapeo de las perforantes mediante el TAC de multidetectores destacando la importancia de la valoración mediante imagen para este tipo de cirugía.

Trabajo 4: Masia J, Larrañaga JR, Clavero JA et al. The Value of the Multidetector Row Computed Tomography for the Preoperative Planning of Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flap. *Our Experience in 162 Cases*. **Ann Plast Surg 2008; 60:29-36**

En Enero del 2007, se remitió un trabajo a la revista Annals of Plastic Surgery con el objetivo de presentar los resultados obtenidos con un nuevo TAC de 64 coronas que habíamos introducido en los últimos meses y mostrar los hallazgos radiológicos de la distribución anatómica de las perforantes abdominales en una serie de 162 pacientes.

La revista Annals of Plastic Surgery es la tercera en factor de impacto en el mundo de la cirugía plástica (Factor impacto 2006: 1.027). Finalmente el trabajo fue publicado en Enero 2008.

El artículo evalúa los resultados obtenidos en 3 años de mapeo de perforantes abdominales en 162 pacientes que han sido reconstruidas con colgajos DIEP o SIEA. También se efectúa un estudio comparativo entre los últimos 100 colgajos DIEP realizados antes del inicio de la aplicación del MDCT con los últimos 100 DIEPs operados con el mapeo actual.

Se definen muy bien los criterios para elegir las perforantes más adecuadas para los colgajos:

- El mayor calibre de la perforante a nivel suprafascial (oscilan entre 0.6 y 3.2 mm).
- La perforante mejor centrada en el tejido a transferir pero que permita un buen cierre abdominal, con una cicatriz lo más baja posible.
- La perforante con la disección más sencilla y menos traumática para el músculo recto abdominal. Es decir con el trayecto más intramuscular más corto, con menos ramificaciones posibles y con el menor número de ramas musculares. Si el punto de emergencia es a través de una banda tendinosa es mucho mejor ya que suelen tener un trayecto retromuscular.

En cuanto a los hallazgos radiológicos encontramos una correlación anatómica del 100% con la observación intraoperatoria destacando:

- La media de perforantes adecuadas para elevar un colgajo en cada hemiabdomen eran de 2.3.
- En un 4.9% de los abdómenes solo había una perforante adecuada en que permitiera elevar un DIEP.
- La perforante elegida como más adecuada emergía a través de la banda tendinosa en un 52.9% en el hemiabdomen derecho y en un 67.6% en el izquierdo.
- Encontramos arteria epigástrica inferior superficial en un 62%, pero con un calibre adecuado para realizar un SIEA en solo un 24%.

Cuando comparábamos el tiempo operatorio entre los 100 DIEPs antes del MDCT y los 100 últimos, pasábamos de un tiempo de elevación de colgajo de 3h 20' a 1h 40'. En cuanto a la reducción de complicaciones pasábamos de una necrosis parcial (de <20%) del 6% al 2%, la de >20% de un 6% al 0% y la necrosis total de 4% al 1%.

Trabajo 5: Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR et al. Preoperative planning of the abdominal perforator flaps with the multidetector row computed tomography. Three years of experience. **Plast Reconstr Surg (in press)**

En Septiembre del 2006 mandamos a la revista americana de cirugía plástica, Plastic and Reconstructive Surgery, un artículo sobre los primeros 3 años de aplicación del mapeo de perforantes con MDCT. Esta es de todas las revistas de cirugía plástica la que tiene mayor relevancia, con el factor de impacto más elevado (Impact Factor 2006: 1.864). Nos respondieron rápidamente que estaban interesados pero que debido a las limitaciones de espacio debíamos adaptar nuestro artículo a un formato de Viewpoint Article con un máximo de 500 palabras sin las referencias.

El artículo que se publicará en Agosto del 2008 describe de forma clara y concisa los criterios de selección de la perforante más adecuada, así como el protocolo de estudio de las perforantes abdominales mediante el TAC de multidetectores.

Trabajo 6: Clavero JA, Masia J, Larrañaga J. MDCT in the Preoperative Planning of Abdominal Perforator Surgery for Postmastectomy Breast Reconstruction. **Am J Roentgenol (In press)**

En Septiembre del 2007 enviamos un artículo a la revista American Journal of Roentgenology con el objetivo de presentar el TAC de multidetectores como instrumento de mapeo de perforantes explicando a los radiólogos en que consiste este tipo de cirugía. A pesar de que ellos conocen muy bien esta tecnología desconocen la aplicación en la cirugía plástica porque no saben lo que precisamos visualizar. Por este motivo el enfoque del artículo es muy diferente y explicamos los conceptos más básicos de la microcirugía de perforantes.

Esta revista es de la segunda más importante en el mundo de la radiología con un factor de impacto en el año 2006 de 2.117. En el artículo se describen los resultados obtenidos en 126 casos consecutivos de reconstrucción mamaria con colgajos DIEP. A parte de una descripción detallada del protocolo de mapeo de las perforantes se presenta la técnica quirúrgica de manera comprensiva para el colectivo de radiólogos. También se destacan hallazgos radiológicos que no se habían considerado en otras publicaciones, como que encontramos un 9% casos con perforantes pararectales sin trayecto intramuscular y que precisamente son consideradas como las perforantes ideales ya que facilitan mucho la elevación del colgajo y minimizan al máximo el traumatismo muscular. Este artículo saldrá publicado en Septiembre de este año.

Trabajo 1: Chapter 6: Multidetector - row CT in the planning of abdominal perforator flaps. Authors: J. Masia / J.A. Clavero. Del libro **Perforator Flaps: Anatomy, Techniques and Clinical Applications. Ph. N. Blondeel, S. Morris, P. Neligan and G. Hallock**. Editado por Quality Medical Publications, St. Louis, Mi., USA. 2006, 91 - 114

PERFORATOR FLAPS

Anatomy, Technique, & Clinical Applications

EDITED BY

Phillip N. Blondeel, MD, PhD, FCCP

Professor in Plastic Surgery, Department of Plastic and Reconstructive Surgery,
University Hospital Gent, Gent, Belgium

Steven F. Morris, MD, MSc, FRCSC

Professor of Surgery, Professor of Anatomy and Neurobiology, Department of Surgery,
Anatomy and Neurobiology, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia; Attending Plastic Surgeon,
Division of Plastic Surgery, Queen Elizabeth II Health Sciences Centre and Isaak Walton
Killam Hospital for Children, Halifax, Nova Scotia, Canada

Geoffrey G. Hallock, MD, FACS

Consultant, Plastic and Reconstructive Surgery, The Lehigh Valley Hospital,
Allentown, Pennsylvania; Sacred Heart Hospital, Allentown, Pennsylvania;
and St. Luke's Hospital, Bethlehem, Pennsylvania

Peter C. Neligan, MB, FRCS(I), FRCSC, FACS

Wharton Chair in Reconstructive Plastic Surgery, Professor and Chair, Division of
Plastic Surgery, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada

WITH ILLUSTRATIONS BY
Amanda Y. Behr, MA, CMI



Quality Medical Publishing, Inc.

ST. LOUIS, MISSOURI

2006

Copyright © 2006 by Quality Medical Publishing, Inc.

All rights reserved. Reproduction of the material herein in any form requires the written permission of the publisher.

Printed in the United States of America

This book presents current scientific information and opinion pertinent to medical professionals. It does not provide advice concerning specific diagnosis and treatment of individual cases and is not intended for use by the layperson. The author and publisher have made every attempt to check dosages and medical content for accuracy. Because the science of pharmacology is continually advancing, our knowledge base continues to expand. Therefore we recommend that the reader always check product information for changes in dosage or administration before administering any medication. This is particularly important with new or rarely used drugs. If you have any questions about the information contained in the book, contact the manufacturer of specific drugs for clarification before making a final decision. The authors and publisher will not be responsible for any errors or liable for actions taken as a result of information or opinions expressed in this book.

PUBLISHER Karen Berger

EDITOR Michelle Berger

PROJECT MANAGER Rebecca Sweeney

DIRECTOR OF EDITING Suzanne Seeley Wakefield

DIRECTOR OF PRODUCTION AND MANUFACTURING Carolyn Garrison Reich

DIRECTOR OF ART AND DESIGN Amanda Y. Behr

GRAPHICS TECHNICIAN Brett C. Stone

ILLUSTRATORS Amanda Y. Behr, Briar Lee Mitchell, Jennifer Gentry, Helen A. Macfarlane,

Joan M.K. Tycko, Vicki Friedman, Jennifer C. Darcy, William Scavone, Jennifer Parsons Brumbaugh

LAYOUT ARTISTS/COMPOSITORS Elaine Kitsis, Susan Trail

Quality Medical Publishing, Inc.

2248 Welsh Industrial Court

St. Louis, Missouri 63146

Telephone: 800-348-7808; 314-878-7808

Website: <http://www.qmp.com>

LIBRARY OF CONGRESS CATALOGING-IN-PUBLICATION DATA

QM/WW/WW

5 4 3 2 1

6

Preoperative Planning

Dirk V.A.M. Voet

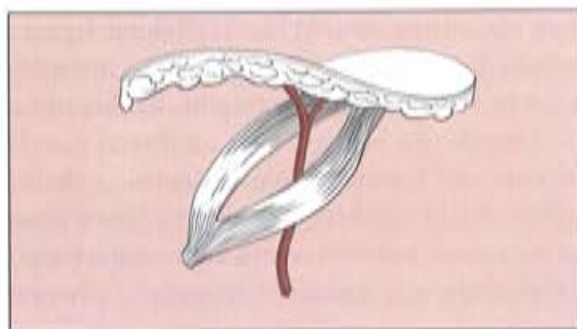
Mirko Petrovic

Juame Masia

Juan A. Clavero

Phillip N. Blondeel

Rozina Shahzady Ali



Multidetector-Row CT in the Planning of Abdominal Perforator Flaps

Juame Masia, Juan A. Clavero

A new technology of computed tomography (CT) known as *multidetector-row helical CT* (MDCT) has been developed over the last 5 years. This technology allows rapid scanning of large areas of interest (for example, an entire abdomen) and produces excellent image quality with very thin sections and a low artifact rating. Images obtained using MDCT have extremely good resolution, which facilitates visualization of perforators. This emerging technology has greatly enhanced our ability to study the lower abdominal wall.

The Sixteen Multidetector-Row Helical CT is a special CT system equipped with a multiple-row detector array that has improved the volume coverage speed of the scanner. It has been shown to be very useful in evaluating the coronary vessels for luminal size, patency, and sites of occlusions.¹⁻⁵ From this application emerged the idea of studying perforator vessels with MDCT to find a more reliable method for precise localization of the most suitable perforating vessels.

In recent studies we used the Sixteen Multidetector-Row Helical CT Aquilion 16 (Toshiba Medical, Tokyo, Japan) (Fig. 6-2) set to the following parameters: 120 kVp, 80 to 120 mAs (0.4 second gantry rotation period), 1 mm slice thickness, 15 mm table travel per rotation, 512 by 512 matrix, and a 180- to 240-degree field of view. All scanning was performed during intravenous administration of 100 ml of nonionic iodinated contrast medium with a concentration of 300 mg/ml of Xenetix 300 (Iobitridol; Guerbet LLC, Bloomington, IN). The contrast material was mechanically injected using a TC Missouri XD 2001 (Ulrich Alber GmbH & Co., Ulm, Germany) at a rate of 4 ml/sec through an 18-gauge intravenous catheter placed in the patient's antecubital vein.



Fig. 6-2 Multidetector-Row Helical CT Aquilion 16 (Toshiba Medical).

Sections were obtained from 5 cm above the umbilicus to the lesser trochanter while the patient held his or her breath for approximately 10 to 12 seconds. The whole procedure took less than 10 minutes for each patient and was therefore very well tolerated. The volumetric data acquired were used to reconstruct images with a slice width of 1 mm and a reconstruction interval of 0.8 mm. The complete set of reconstructed images was automatically transferred to a computer workstation (Vitre version 3.0.1, Vital Images, Plymouth, MN), which generated three-dimensional volume-rendered images that were reformatted in multiple planes (coronal, axial, sagittal, and oblique).

ASSESSMENT PROTOCOL

The same radiologist and plastic surgeon assessed all images using the following protocol:

- **Step 1.** In the axial view we studied the course of the deep inferior epigastric artery from its origin, through the muscle, to 5 cm cranial to the umbilicus. We identified the three best perforators, marked them with an arrow (Fig. 6-3), and classified them into three categories according to their external caliber (large, medium, and small). We assessed the intramuscular course of the deep inferior epigastric artery, defining its relationship to the tendinous intersections and the number of branches. We also studied the superficial epigastric system, defining the caliber of the artery at its origin. Vessels greater than 1.6 mm in diameter can potentially be used for raising a superficial inferior epigastric artery (SIEA) flap.



Fig. 6-3 Axial view with the dominant perforator emerging from the fascia (*arrow*).

During the operation, we looked for the superficial epigastric system. If the deep system was dominant, a deep inferior epigastric artery perforator (DIEAP) flap was dissected and the best perforator that we localized using MDCT was selected. We compared the intraoperative findings with the MDCT data and with the results of a standard preoperative Doppler sonogram. In a series of 47 patients, no false-positive results were found. Only one false-negative result was detected in an earlier case in which we misinterpreted the MDCT information.

DISCUSSION

In perforator flap surgery, a reliable method for precise identification of the position, course, and caliber of the dominant perforator is extremely valuable. Doppler sonography is the most commonly used modality for preoperative localization of individual vessels; however, it offers a limited amount of information. This method does not distinguish perforating vessels from main axial vessels and can create false-positive localization of perforators if the axial vessels run superficially. The specificity of this investigation is generally low. Alternatively, Doppler sonography may be too sensitive because even minuscule vessels that are not vigorous enough to support a perforator flap can often be detected.

Color duplex imaging offers much more information than Doppler sonography,^{6,7} including a good evaluation of the main axial vessels, their branches, and perforators. Caliber and hemodynamic characteristics of the perforators can be observed directly. The high sensitivity, and especially the 100% positive predictive value of this investigation, have made it an excellent diagnostic tool to use to plan DIEAP flaps.⁶ Unfortunately, this technique has some disadvantages: it is time consuming, expensive, and requires the expertise of highly skilled personnel with detailed knowledge of perforator flap surgery.

Multidetector-row helical CT allows an anatomic study of the donor area and is very easy for radiologists and plastic surgeons to perform and interpret. Using this technique, a virtual anatomic dissection of the patient could be performed, because the pictures obtained are three-dimensional anatomic reconstructions. Patients tolerate this procedure very well, because it is simple and fast. The main disadvantages of MDCT are the cost and the patient's exposure to radiation. Fortunately, the dose is quite low, less than in a conventional liver CT scan.

By deciding preoperatively which perforators are most suitable, the surgeon can proceed directly to the chosen perforator with confidence and ligate other perforators safely and quickly. Time saved in the operating room should be balanced with the extra cost of the investigation. With the help of MDCT, flap size, shape, and the specific piece of tissue to be harvested can be determined with more precision. This preoperative investigation reduces the rate of fat necrosis and partial flap loss because it allows the surgeon to choose the best vascularized region of abdominal tissue supplied by the dominant perforator. This information may be more critical preoperatively if the patient has had previous abdominal surgery.

In conclusion, MDCT is a useful tool that provides a reliable method for studying the inferior epigastric artery perforators of the lower abdomen. Compared with standard Doppler ultrasound probes and the color duplex system of perforator location, MDCT offers the following advantages:

- High sensitivity and high specificity
- Good three-dimensional evaluation of the quality, course, and location of the perforators
- Easy interpretation and good reproducibility by the radiologist and plastic surgeon
- The data is stored on a compact disk that incorporates the software and therefore can easily be handled by any standard computer
- Well tolerated by patients because the investigation lasts less than 10 minutes

References

1. Herzog C, Dogan S, Diebold T, et al. Multi-detector row CT versus coronary angiography: Preoperative evaluation before totally endoscopic coronary artery bypass grafting. *Radiology* 229:200-208, 2003.

This article assesses multidetector-row spiral computed tomography (CT) for preoperative evaluation of patients undergoing totally endoscopic coronary artery bypass grafting and correlates the data with coronary angiographic and intraoperative findings.

2. Lawler LP, Fishman EK. Multidetector-row computed tomography of the aorta and peripheral arteries. *Cardiol Clin* 21:607-629, 2003.

Multidetector-row computed tomography (MDCT) represents a significant advance on single detector computed tomography (SDCT), and the advantages it brings are particularly clear in CTA applications. It allows cost-effective assessment of longer segments of vascular territories to be imaged with higher spatial, contrast, and temporal resolution. It has replaced SDCT as the new CT standard and its technical abilities are rapidly approaching the temporal resolution of electron beam computed tomography (EBCT).

3. Nikolaou K, Becker CR, Muders M, et al. Multidetector-row computed tomography and magnetic resonance imaging of atherosclerotic lesions in human ex vivo coronary arteries. *Atherosclerosis* 174:243-252, 2004.

In the present study, the authors tested the ability of MDCT and MRI to identify and retrospectively characterize atherosclerotic lesions in human ex vivo coronary arteries. Thirteen ex vivo hearts were studied with MDCT and MRI. Images were obtained using MDCT with an isotropic voxel size of 0.6 mm. Magnetic resonance images were obtained with an in-plane resolution of 195 μm and 3 mm slice thickness. All images were matched with histopathology sections. For both modalities, the sensitivity for the detection of any atherosclerotic lesion was evaluated, and a retrospective analysis of plaque morphology according to criteria defined by the American Heart Association (AHA) was performed. At histopathology, 28 atherosclerotic lesions were found. Twenty-one and 23 of these lesions were identified by MDCT and MRI, respectively. Both modalities detected a small number of false-positive lesions. After retrospective matching with histopathology, MDCT as well as MRI were able to differentiate typical morphologic features for fatty, fibrous, or calcified plaque components. Using the information presented in this study, in vivo coronary artery wall imaging using MDCT as well as MRI could be facilitated and supported for future investigations on this subject.

4. Ropers D, Baum U, Pohle K, et al. Detection of coronary artery stenoses with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation* 107:664-666, 2003.

The authors analyzed the accuracy of MDCT using a 16-slice CT scanner with improved spatial and temporal resolution, as well as routine premedication with beta-blockers for detection of coronary stenoses. They concluded that MDCT coronary angiography with improved spatial resolution and premedication with oral beta-blockade permits detection of coronary artery stenoses with high accuracy and a low rate of unevaluable arteries.

5. Wintersperger BJ, Nikolaou K, Becker CR, et al. Multidetector-row CT angiography of the aorta and visceral arteries. *Semin Ultrasound CT MR* 25:25-40, 2004.

Within recent years, technical developments of MDCT have dramatically changed the application of CT angiography in the assessment of abdominal vascular pathologies. The simultaneous acquisition of multiple thin collimated slices in combination with enhanced gantry rotation speed offers thin slice coverage of extended volumes without any loss in spatial resolution. Using four detector-row CT scanners, the scan volume still has to be restricted and focused on dedicated abdominal vessel territories to provide high spatial resolution (1 to 2 mm), whereas 16 detector-row technology now enables full abdominal coverage from the diaphragm to the groin with full spatial resolution. Therefore comprehensive CT angiography of the abdomen can be performed without the necessity of focusing on any vascular territory. This technique enables the evaluation of the whole arterial visceral vasculature (e.g., hepatic vessels, mesenteric vessels, renal arteries) and the aortic-iliac axis in a single data acquisition.

6. Blondeel PN, Beyens G, Verhaeghe R, et al. Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps. *Br J Plast Surg* 51:202-209, 1998.

Perforator flaps have become the first choice of these authors in free flap reconstruction of contour defects or skin and fat replacement. The DIEAP, SGAP, and TDAP flaps are now routinely used. By evaluating the vascular anatomy of these flaps preoperatively, the authors intended to improve their surgical strategy so that these operative procedures can proceed in a faster and safer way. In this study, the results of the color duplex scanning in 50 consecutive DIEAP flap patients were reviewed and evaluated for their sensitivity and positive predictive value. Also the preoperative information from unidirectional Doppler flowmetry in 30 SGAP flaps and 11 TDAP flaps was evaluated for its reliability. Because of the variable vascular anatomy of the lower abdominal wall and the dorsolateral thoracic wall, the authors now prefer using color duplex scanning for planning the DIEAP and TDAP flaps. The more constant course of the branches of the superior gluteal artery allows easier and less expensive unidirectional Doppler flowmetry for planning the SGAP flap.

7. Hallock GG. Doppler sonography and color duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plast Surg* 30:347-357, 2003.

The most critical factor to predict viability for any muscle perforator flap is an adequate circulation. Therefore it is advantageous during preoperative planning to have the capability to localize the requisite cutaneous perforator. Color duplex imaging fulfills this requirement and permits the identification of additional characteristics, including caliber, course, and flow velocity of essential perforators and any source vessel. Nevertheless, with the current state of technology, Doppler sonography remains a more rapid, convenient, and simpler method for perforator localization.

Trabajo 2: Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR et al. Multidetector row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. **J Plast Reconstr Aesthetic Surg 2006;59: 594-599**



Multidetector-row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps[☆]

J. Masia^{a,*}, J.A. Clavero^b, J.R. Larrañaga^a, X. Alomar^b,
G. Pons^a, P. Serret^a

^aPlastic Surgery Department, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Universitat Autònoma Barcelona, Sant Antoni M. Claret 167, 08025 Barcelona, Spain

^bRadiology Department, Clínica Creu Blanca, Reina Elisenda Moncada 17, 08034 Barcelona, Spain

Received 16 March 2005; accepted 8 October 2005

KEYWORDS

Multidetector CT scan;
Microangiography CT;
Perforator flaps;
DIEP;
SIEA

Summary An accurate preoperative evaluation of the vascular anatomy of the abdominal wall is extremely valuable in improving the surgical strategy in abdominal perforator flaps. The multidetector-row computer tomography offers thin slice coverage of extended volumes with an extremely high spatial resolution. From October 2003 to December 2004, 66 female patients had breast reconstruction surgery in our department using the deep inferior epigastric artery perforator flap. Our multidetector-row computer tomography studies were performed using a 16-detector-row computer tomography scanner. The image assessment was carried out using the following protocol: we first identified the best three perforators from each side of the abdomen. Then we conducted a three-dimensional reconstruction of the abdomen by identifying exactly where the three best perforators emerged from the rectus abdominis fascia. We then transferred the data obtained from the image to the patient using a coordinate system. In addition, we also placed the dominant perforators in the patient by using a conventional hand-held Doppler. During the operation we compared intra-operative findings, Doppler results and computer tomography outcomes. Neither false positive nor false negative results were found in the computer tomography outcome. Multidetector-row computer tomography provides us with an easy method of interpreting the virtual anatomic dissection in three dimensions. It has high sensitivity and specificity and provides a good quality evaluation of the perforator vessels. This information allows reduction of operating time and safer performance of surgery. The multidetector-row computer tomography is a highly effective tool in the preoperative study of abdominal perforator flaps. © 2006 The British Association of Plastic Surgeons. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

[☆] This paper was presented during the 8th International Course of Perforator Flaps in Sao Paulo, Brasil on 7th September 2004.

* Corresponding author. Tel.: +34 629709146.
E-mail address: jmasia@santpau.es (J. Masia).

Over the last 5 years, abdominal perforator flaps have become the first choice in breast reconstruction in our department. The DIEP flap (deep inferior epigastric artery) and the SIEA flap (superficial

inferior epigastric artery) are now routinely used. A systematic knowledge of the dominant perforating vessels is not possible because there is high variability of the vascular plexus between individuals and even between hemi-abdomens of the same person. Therefore, it is not easy to predict how many perforators are present, their calibre, where they exit the overlying fascia or what their course through the muscle may be. In addition, without a preoperative investigation, the surgeon may not be aware of previous surgical damage, scar formation or anatomical variants. An accurate preoperative evaluation of the vascular anatomy of the abdominal wall is extremely valuable in improving our surgery strategy and performing safer and faster procedures.

In recent years, technical developments of MDCT (multidetector-row computed tomography) have dramatically changed the use of CT angiography in the assessment of vascular pathologies.^{1,2} The simultaneous acquisition of multiple thin collimated slices in combination with enhanced gantry rotation speed offers thin slice coverage of extended volumes with extremely high spatial resolution. It has been shown to be very useful, not only in evaluating aorta and peripheral arteries,^{3,4} but also as a promising noninvasive technique for the detection, visualisation and characterisation of stenotic coronary artery disease.^{5,6} The idea of studying the vascular anatomy of the lower abdominal wall by focusing on the visualisation of the perforators arose from this.

Material and methods

Our multidetector computed tomography studies were performed using a 16-detector-row CT scanner (Aquilion 16; Toshiba Medical, Tokyo, Japan) with the following parameters: 120 kVp, 80-120 mA (0.4 s gantry rotation period), detector configuration 16×1 mm, 23-mm table travel per rotation, 512×512 matrix, and a 180-240 field of view. All scanning was performed during IV administration of 100 ml of nonionic iodinated contrast medium with a concentration of 300 mg I/ml (Xenetix 300 [Iobitridol]; laboratories Guerbet, Paris, France). The contrast material was mechanically injected (injector TC missori XD 2001; Ulrich GmbH and Co. K, Ulm, Germany) at a rate of 4 ml/s. through an 18-gauge IV catheter inserted into an antecubital vein.

The patient is placed in a supine position on a CT table in the exact manner that will be used on the



Figure 1 Patient is placed in a supine position on a CT table in the exact manner that will be used on the day of surgery.

day of surgery (Fig. 1). Sections are obtained from 5 cm above the umbilicus to the lesser trochanter of the hip during a single breath-hold. The approximate time of acquisition is 10-12 s. The entire procedure takes less than 10 min and is, therefore, very well tolerated by the patient. The volumetric data acquired is then used to reconstruct images with a slice width of 1-mm and a reconstruction interval of 0.8-mm. The resulting complete set of reconstructed images is automatically transferred to a computer workstation (Vitrea version 3.0.1, Vital Images, Plymouth, MN, USA), which generates the reformatted images in multiple planes (coronal, axial, sagittal and oblique) and in three-dimensional volume rendered images. This system allows measurements to be taken so that different planes of space can be automatically correlated. Data are store in a interactive compact disc (e-Film Medical Inc., Toronto, Canada) which can easily be used and managed using a standard computer.

In this study, image assessment was done by the same radiologist and the same plastic surgeon (who performed all study flaps) using the following protocol:

Step 1: In the axial view we studied the deep inferior epigastric artery course from its origin, through the muscle, to 5 cm cranial



Figure 2 Axial view: The precise location of the emerging perforator from the rectus abdominis fascia is marked with an arrow.

to the umbilicus. We identified the three best perforators on each side of the abdomen, marking them with an arrow (Fig. 2) and classifying them according to their external calibre into three categories (small, medium, large). We also studied the superficial epigastric system, defining the calibre of the artery at its origin. Vessel size greater than 1.6 mm can potentially be used for raising a SIEA flap (Fig. 3(A) and (B)).

Step 2: We reviewed the sagittal (Fig. 4) and coronal views in order to double check the quality of the chosen perforators and to place them in three planes.

Step 3: Then we performed a 3D reconstruction of the abdomen in order to locate precisely the points on the skin surface where the three best perforators emerged from the fascia of the rectus abdominis muscle. Then we used a virtual coordinate system with the umbilicus at the centre. Following that, all the information was transferred to a data form sheet (Fig. 5(A) and (B)) so that the perforators were mapped in a format that allowed us to transpose their position preoperatively onto the abdominal skin of the patient.

On the day before surgery, the patient is first assessed for dominant perforators using the conventional method of the hand-held Doppler ultrasound with a 8 MHz probe to obtain unidirectional Doppler signals (Huntleigh diagnostics Dopplex II Model SD2 VP8). The perforators identified by the

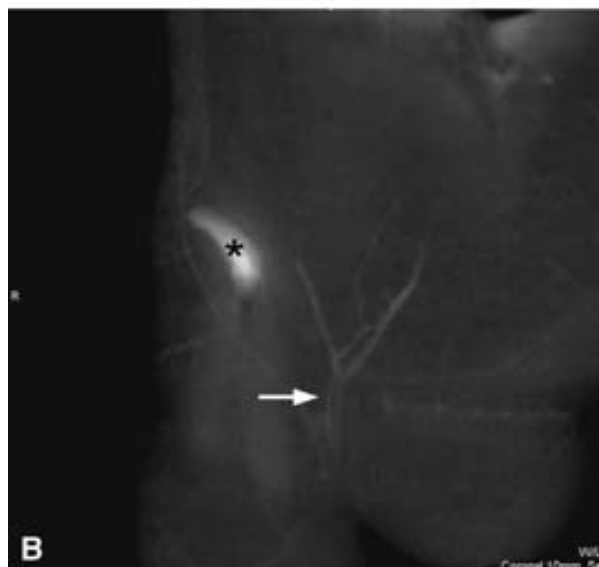
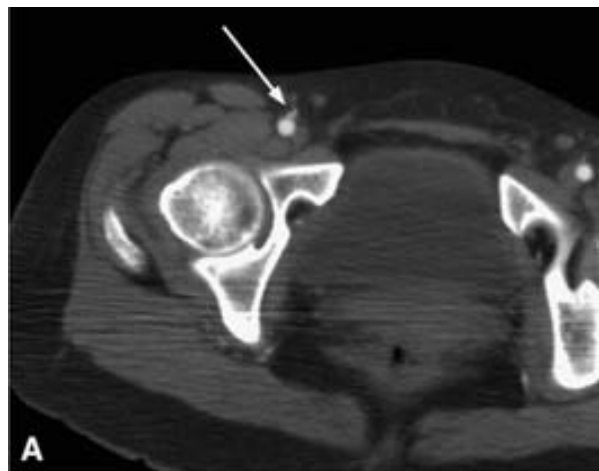


Figure 3 Superficial inferior epigastric artery. (A) Axial MDCT scan shows the right superficial inferior epigastric artery arising from the external iliac artery. (B) Coronal superficial multiplanar reformation from MDCT images shows the superficial epigastric artery (arrow) course across the subcutaneous fat, parallel to the vein. (*: antero-superior iliac spine).

Doppler are then marked in red on the patient's abdominal skin where a coordinate map has been drawn using the umbilicus as the centre point.

Then the data obtained from the MDCT investigation is transposed on to the map in green. The result is then recorded by taking a digital image with a standard digital camera (Fig. 6).

We always begin the operation by looking for the superficial epigastric system for two reasons. Firstly, if the calibre of the superficial epigastric artery is big enough (known in advance from the MDCT) we routinely decide to do a SIEA flap. Secondly, if the calibre proves to be too small, we also dissect the superficial system in order to have



Figure 4 Sagittal view: A perforator emerging from the rectus fascia is marked with an arrow.

an alternative venous drainage system to solve complications. Then, if we decide to do a DIEP flap, we look for the best perforator that we located with the MDCT. We always compare the results from the intra-operative findings, the MDCT and the Doppler sonography. Specifically, we analyse the false positive and false negative results of the MDCT and Doppler methods to help us determine which method is more accurate and effective.

Results

In our department, over the last 5 years, the total number of breast reconstruction cases by DIEP flap was 196. Of these cases, the last 66 cases were done using the MDCT. From these 66 cases, the first 36 were done by removing the entire flap region while simultaneously identifying and inspecting all the perforators, in order to compare the intra-operative findings with previous MDCT results to study the validity of the anatomic information from MDCT. The last 30 cases from the aforementioned 66 cases, were conducted by using the anatomic information generated from the MDCT which allowed us to go to the dominant perforator directly while not having to spend time on the tedious task of identifying and inspecting all perforators, as had been done in previous cases. These last 30 cases were compared to the last 30 cases that were

performed by our department before the application of the MDCT technique.

In all cases, the flap side with the dominant perforator chosen preoperatively was raised by the same surgeon, while, the contralateral side was raised by the trainee under the supervision of the surgeon following the same criteria. Immediately after finishing surgery, notes were made regarding the false positive or false negative presence of perforators on both sides of the abdomen. Post-operatively, an additional review of the recorded MDCT data was conducted by both the radiologist and the surgeon to cross-check the results.

The 66 DIEP flap cases completed using MDCT were performed from October 2003 to December 2004. On average, from these 66 cases, three acceptable perforators were found on each side of the abdomen (range of 1-5). The degree of variability in localisation of perforators is often the same on either side of the abdomen. In 18% (12/66) of cases only one side of the abdomen presented an ideal perforator in terms of calibre and placement. In 88% (58/66) of cases the chosen perforator was found to emerge through tendinous intersections. In addition, the chosen perforator had its origin in the medial branch of the deep inferior epigastric artery in 61% (40/66) of cases. The highest concentration of good perforators was found in an area between 2 cm cranially and 5 cm caudally of the umbilicus, and between 0.5 and 4.0 cm laterally of the linea alba. Comparing the

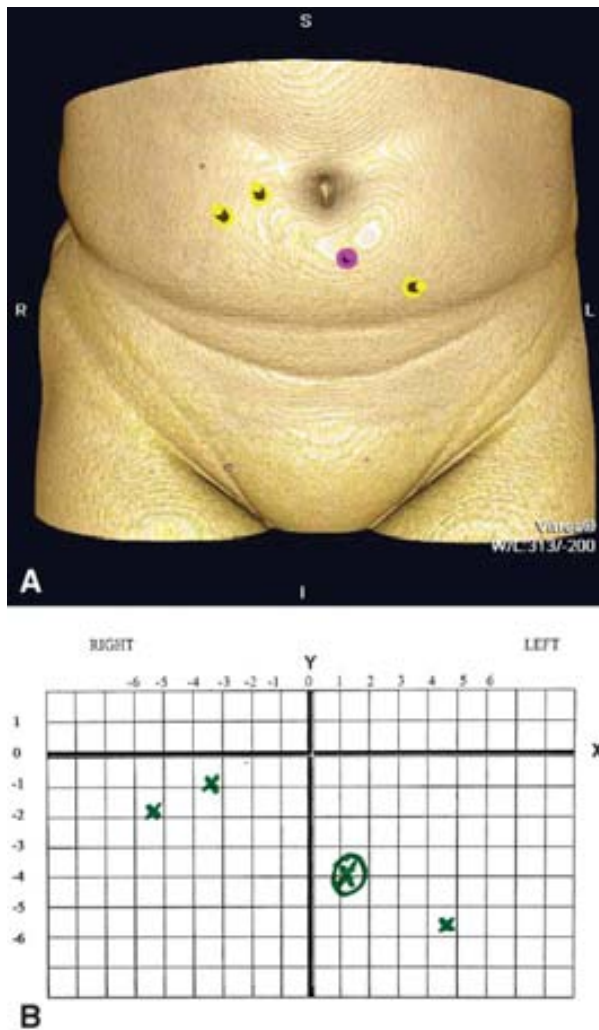


Figure 5 Multiplanar and 3D superficial volume rendering reformation (A) and the data form sheet (B) where the perforator information is transferred.

MDCT with the intra-operative findings, neither false positive and nor false negative results were found. Only in one early case, while interpreting the MDCT, a good perforator was missed.



Figure 6 Preoperative MDCT data transposition to the abdominal skin using a coordinate system where the umbilicus is the centre.

During our comparison of the last 30 cases without MDCT and the last 30 cases with MDCT (in which we went directly to the dominant perforator), the average operating time saved per patient was 1 h and 40 min. Moreover, in the last 30 cases without MDCT, one total failure and two partial necrotic cases resulted while in the last 30 cases with MDCT no total failures and one partial necrotic case resulted.

Discussion

In perforator surgery, a reliable method for the precise identification of the dominant perforator with regard to its position, course and calibre would be extremely valuable.

Improving our preoperative planning by identifying the three-dimensional position of the largest perforator included in the flap allows us to reduce both operating time and surgeon stress concerning the intra-operative decision of selecting the best perforator with regard to its calibre and position. As a result, valuable time is saved during surgery as it is no longer necessary to perform an extensive overview of all the perforators. In addition, preoperative planning ensures that any highest-flow perforators that may be on the midline of the abdomen are not missed. Previously, the surgeon might have been reluctant to cut further and would have settled for an inferior perforator or might take the surgical decision to perform a TRAM conversion. It also allows us to plan our operating strategy in order to preserve the contra-lateral side of the abdomen until the dominant perforator has been selected and completely dissected. It is clearly useful for the surgeon to be assured that the flap always contains the abdominal perforator with the highest-flow.

Unidirectional Doppler sonography is the most common instrument for preoperative location of individual vessels. It is a handy and inexpensive tool to investigate the position and flow of the perforator. However, it only offers a limited amount of information and cannot distinguish perforating vessels from main axial vessels. Furthermore, false positive localisation of perforators can appear if the axial vessels run superficially—which results in low-specificity for this technique. In addition, Doppler sonography may be too sensitive because even minuscule vessels that are not vigorous enough to support a perforator flap can often be detected. If the perforator course from the exit point of the muscle fascia to the surface of the skin (through the subcutaneous fat) is not

roughly perpendicular to the skin, the Doppler localisation of the perforator will be incorrect.

Colour Duplex imaging offers much more information.^{7,8} This imaging system provides good evaluation of the main axial vessels, their branches and perforators. Moreover, the calibre and haemodynamic characteristics of the perforators can be observed directly. The high sensitivity and the 100% predictive value of this technique have made it an excellent diagnostic tool in the planning of DIEP flaps.⁷ Unfortunately, this technique also has some drawbacks. It is time consuming for the hospital staff and the patient is often uncomfortable as they have to remain in the same position for nearly an hour.^{7,8} It also requires the presence of highly-skilled scanning personnel who have knowledge of perforator flap surgery. In addition, the information cannot be reproduced so that the procedure must be repeated by the radiologist.

MDCT allows a study of the donor area, which is very easy to interpret, not only by the radiologist but also by the plastic surgeon as it provides anatomical images. It also permits the option of doing a virtual anatomy dissection of the patient on the computer because the pictures obtained are three-dimensional anatomy reconstructions. The data is stored in a CD which can easily be used and managed with a standard computer and can be reviewed as often as necessary. This technique is also well tolerated by patients because is simple and speedy.⁹ The main disadvantages are the cost and the radiation. However, the effective dose of radiation used in this study is 5.6 mSv which is less than that which is used for an opaque enema or a conventional abdominal CT scan. Also, the average dose of radiation during exposure is 321 mGy cm—which is less than reference doses used for exploration in the pelvis and the abdomen (570 and 780 mGy cm, respectively) approved by European Union in the document: 'European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography'.

By deciding preoperatively which perforators are most suitable, we can reduce the amount of stress for the surgeon who can now go straight to the

chosen perforator with confidence and can ligate the other perforators safely without wasting time. The amount of time saved in the operating room can be balanced against the extra cost of the investigation. This technique also allows us to plan the flap size and shape using the best vascularised tissue supplied by the dominant perforator. As a result, fat necrosis and partial flap loss has been shown to be reduced in our studies. This information is also extremely valuable if a patient has had previous surgery in the abdominal area such as liposuction or a hysterectomy.

The high sensitivity, specificity and the 100% positive predictive value of this noninvasive and easy-to-interpret preoperative mapping technique have made it a highly-promising diagnostic tool in the planning of DIEP flaps.

References

1. Hu H, He D, Foley D, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology* 2000;**215**:55.
2. Schoepf UJ, Becker CR, Bruening RD, et al. Multislice CT angiography. *Imaging* 2001;**13**:357.
3. Lawler LP, Fishman EK. Multidetector row computed tomography of the aorta and peripheral arteries. *Cardiol Clin* 2003;**21**:607.
4. Jacobs TF, Wintersperger BJ, Becker CR. MDCT imaging of peripheral arterial disease. *Semin Ultrasound CT MR* 2004;**25**:145.
5. Ropers D, Baum U, Pohle K, et al. Detection of coronary artery stenoses with thin-slice-multidetector-row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation* 2003;**107**:664.
6. Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM, Yucel EK. CT of coronary artery disease. *Radiology* 2004;**232**:18.
7. Blondeel PN, Beyens G, Verghaeghe R, et al. Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps. *Br J Plast Surg* 1998;**51**:202.
8. Hallock GG. Doppler sonography and colour duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plast Surg* 2003;**30**:347-57.
9. Voet DVAM, Petrovic M, Masia J, et al. Preoperative planning. In: Blondeel PN, Morris SF, Hallock GG, Neligan PC, editors. *Perforator flaps. Anatomy, technique and clinical applications*. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006.

Trabajo 3: Masia J, Clavero JA, Carrera A. Planificación preoperatoria de los colgajos de perforantes. **Cir Plas Iberolatinoam 2006;32:237-242**

Planificación preoperatoria de los colgajos de perforantes

Preoperative planning on perforator flaps



Masià, J.

Masià, J.*, Clavero, J. A.**, Carrera, A.***

Resumen

La valoración preoperatoria precisa de la anatomía vascular es altamente valiosa para conseguir la mejor planificación quirúrgica y poder realizar colgajos de perforantes de una forma más rápida y segura. La localización de la mejor perforante y la valoración de su trayecto hasta el vaso origen es esencial para definir la perforante ideal para nuestro colgajo. Por tanto, después de estudiar el tipo de defecto a reconstruir, el punto clave será el encontrar una perforante con un flujo sanguíneo adecuado, una localización apropiada y una disección sencilla.

Abstract

An accurate preoperative evaluation of the vascular anatomy is extremely valuable in improving the surgical strategy in perforator flaps and performing safer and faster procedures. The placement of the best perforators and the assessment of their course to the source vessel is essential to define the ideal perforator for our chosen flap. Therefore, after assessing the quality and the dimensions of the soft tissue requirements, the key step in the surgical planning is to find a perforator with a good blood supply, a suitable location inside our flap and an easy dissection route.

Palabras clave Colgajos perforantes, Planificación preoperatoria

Código numérico 158336

Key words Perforator flaps, Preoperative evaluation

Código numérico 158336

* Director del Servicio de Cirugía Plástica y Reparadora, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Universidad Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.

** Servicio de Radiología, Diagnòsis Mèdica. Clínica Creu Blanca, Barcelona, España.

*** Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Barcelona, Barcelona, España.

Introducción

En cualquier procedimiento quirúrgico es fundamental una adecuada planificación preoperatoria para poder conseguir con éxito el resultado final. Tras una correcta valoración del objetivo o defecto a reconstruir, del estado general del paciente y de las posibles zonas donantes disponibles, en la cirugía de perforantes deberíamos intentar localizar la perforante adecuada para elevar nuestro colgajo.

En 1987, Ian Taylor, con su trabajo sobre los territorios cutáneos y los angiosomas (1), puso la primera piedra para el desarrollo de los colgajos de perforantes. A los 10 años de publicados sus estudios se consolidaban algunas de las aplicaciones clínicas de estos colgajos; cirujanos como Koshima (2), Allen (3), Wei (4) y Blondeel (5) han sido los verdaderos promotores de este tipo de cirugía. En la actualidad, no podemos prescindir en nuestro “armamentarium” reconstructivo de los colgajos de perforantes; si queremos ofrecer una Cirugía Plástica propia del siglo XXI debemos entender y poder aplicar este tipo de colgajos.

El conocimiento adecuado de la vascularización y perfusión tisular de los territorios cutáneos junto a un mejor dominio de las técnicas de disección microquirúrgica proporcionan la posibilidad de realizar reconstrucciones cada vez más apropiadas para solucionar los problemas de nuestros pacientes. De esta manera basándonos en los principios básicos de la especificidad reconstructiva y de minimización de la morbilidad, podemos elegir los colgajos óptimos para cada defecto y mejorar nuestros resultados.

Desafortunadamente, a pesar de los avances en el conocimiento anatómico de los territorios cutáneos, no es posible realizar un mapeo sistemático de la localización precisa de las perforantes dominantes (6). La enorme variabilidad anatómica de las perforantes a nivel inter-individual e intra-individual, hace que el disponer de un sistema fiable de localización preoperatoria de los vasos en que vamos a basar la transferencia de nuestros colgajos sea de una enorme utilidad (Fig. 1).

Por tanto podemos definir como puntos clave para la correcta ejecución de los colgajos de perforantes los siguientes:

- Definir, de la forma más precisa posible, la anatomía de nuestra perforante (localización, trayecto intramuscular, ramificación intratisular, etc).
- Realizar el mapeo de las perforantes en la misma posición del paciente sobre la mesa operatoria.
- Valorar posibles alteraciones anatómicas provocadas por cirugías previas o secuelas cicatriciales, así como variaciones anatómicas de la normalidad.

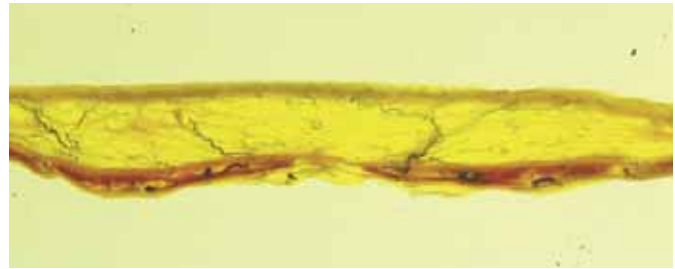


Fig. 1. Transparencia de una pieza anatómica abdominal (sección transversal), donde se observan diferentes perforantes periumbilicales con su ramificación intratisular.

- Preservar otras alternativas vasculares para poder afrontar complicaciones, como venas superficiales u otras perforantes, hasta el final de la cirugía.

La selección de la perforante más adecuada la haremos en función de los siguientes criterios que nos ayudarán a elegir la perforante ideal para cada colgajo:

- Calibre y pulsabilidad de la perforante. Es importante poder analizar estos aspectos antes de iniciar la disección, ya que a veces la manipulación de la misma puede ocasionar vasoespasmo y dificultar una correcta valoración (Fig. 2).
- Adecuada localización de la perforante en el contexto del tejido a transferir. Es recomendable que esté lo más centrada posible para poder profundizar correctamente todo el tejido.
- Elegiremos la perforante con el menor trayecto intramuscular posible, para lesionar lo menos posible el músculo con nuestra manipulación y para que la disección sea lo menos tediosa posible.

Una vez que sabemos lo que necesitamos para nuestro colgajo, debemos conocer los diferentes métodos para realizar el estudio o mapeo de las perforantes; actualmente disponemos del Doppler de

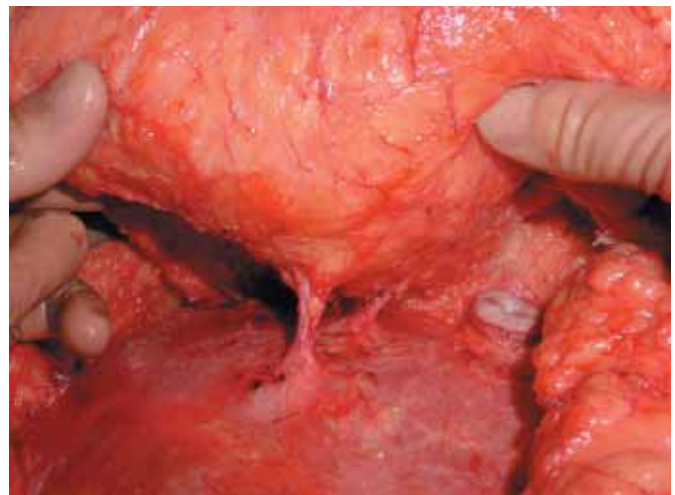


Fig. 2. Disección suprafascial y valoración de una perforante de un DIEP.



Fig. 3. Mapeo de las perforantes de la tibial posterior mediante un Doppler de ultrasonidos.

ultrasonido, el Doppler duplex color y del escáner de multidetectores (6-9).

DOPPLER DE ULTRASONIDO

El Doppler acústico unidireccional es ampliamente conocido. Su facilidad de uso y su disponibilidad al poderlo encontrar en cualquier medio hospitalario, hacen que sea el sistema más universal en el estudio de perforantes. Su portabilidad, bajo coste y relativa sencillez en la interpretación de las señales acústicas, han hecho que se incorporara a la práctica de la microcirugía desde sus inicios en los años 70 (Fig. 3).

Las sondas más utilizadas son las de 8mHz, aunque hay quién prefiere las de 5 mHz. Con ellas podemos detectar el flujo de los vasos más superficiales, pudiendo diferenciar entre flujos arteriales y venosos. Es un método de alta sensibilidad pero de baja especificidad, ya que solo permite una valoración subjetiva de los flujos mediante el sonido (6,7). Esto hace que a menudo la clasificación de las perforantes según la dominancia sonora no corresponda con el tamaño real, y vasos con una pulsabilidad sonora aceptable, no sean lo suficiente vigorosos como para perfundir todo un colgajo. De la misma manera, pequeños vasos axiales pueden ser confundidos con perforantes, produciendo un número no despreciable de falsos positivos (6).

Por todos estos motivos, a nuestro parecer, el Doppler de ultrasonidos es un método que debido a su sencillez y a pesar de sus inconvenientes, puede servir para una primera aproximación en la localización de las perforantes, es decir, únicamente como orientación. Por tanto siempre que no dispongamos de otros medios más fiables deberemos esperar a la confirmación intraoperatoria para realizar el diseño final de nuestro colgajo.

COLOR DUPLEX DOPPLER

Durante la última década, los avances tecnológicos en este tipo de Doppler han permitido escanear vasos



Fig. 4. Imagen de una perforante abdominal mediante Color Duplex Doppler.

de diámetro de hasta 0.2 mm desde la superficie cutánea hasta los planos más profundos. Por tanto podemos afirmar que la información que podemos obtener con este método es totalmente fiable.

Su alta sensibilidad permite una detallada evaluación del calibre, flujo y relaciones anatómicas de las perforantes (Fig. 4). A pesar de su valor predictivo del 100%, ha tenido una escasa implantación en los centros debido a que el tiempo por prueba y paciente es muy largo. Requiere casi una hora por exploración y mantener la misma posición durante todo el estudio, lo que lo hace inviable para la mayoría de sistemas sanitarios y hospitales. Aparte de la incomodidad que significan este tipo de pruebas para los pacientes, se requiere personal muy especializado para realmente poder estudiar y localizar los vasos con fiabilidad, siendo su valoración muy técnico-dependiente y conllevando por tanto una baja especificidad. Otro de los inconvenientes que presenta es su dificultad de interpretación por parte de los cirujanos plásticos, ya que al obtener imágenes ecográficas es muy difícil una valoración de todo el contexto anatómico.

Todos estos argumentos han hecho que este tipo de estudios solo se realicen de una forma puntual y que incluso los grupos que más los defendían (7), como el de Gante, los hayan sustituido por el scanner de multidetectores.

ESCANER DE MULTIDECTORES (MDCT)

En los últimos 6 ó 7 años la introducción de la Tomografía Axial Computerizada de Multidetectores (Multidetector Row Computed Tomography MDCT) ha significado un tremendo avance en las aplicaciones de la microangiografía computerizada en el estudio de la patología vascular. En el año 2003, tras conocer el uso del MDCT en el estudio de los vasos coronarios, surgió la idea de aplicar toda esta tecnología para el estudio de las perforantes.

El MDCT aporta, como mejora tecnológica respecto a otro tipo de TACs, la capacidad de estudiar gran-



Fig. 5. Escáner de multidetectores Toshiba de 64 coronas.

des extensiones del cuerpo con un tiempo de adquisición mínimo (por ejemplo un tórax y abdomen en 20 segundos) y con una resolución excelente, ya que permite realizar cortes de un grosor menor a 0.5 mm. Todo esto, junto a un índice muy bajo de artefactos en la captación de imagen y un software de reconstrucción tridimensional muy avanzado, hace que la información radiológica que ofrece solo sea comparable con la disección anatómica. Los primeros MDCT que utilizamos eran de 16 coronas; actualmente estamos trabajando con un escáner de 64 coronas, lo que incrementa aún más las posibilidades del estudio (Fig. 5).

En octubre del año 2003 iniciamos un estudio comparativo para poder evaluar la fiabilidad y efectividad del MDCT en el conocimiento de las perforantes abdominales. Una vez finalizado este trabajo, presentamos los resultados en el 8th Internacional Course on Perforator Flaps en Sao Paulo del año 2004.

Actualmente, tras más de 3 años utilizando nuestro protocolo de estudio de perforantes con el MDCT (9),



Fig. 6. Visión axial de un MDCT donde podemos ver una perforante medial izquierda.

podemos afirmar que su alta sensibilidad y especificidad, así como un valor predictivo del 100%, lo posicionan como el método de elección para el mapeo de perforantes abdominales y de otras áreas del cuerpo donde la extensión del tejido no permita una rápida visualización intraoperatoria de las perforantes.

Resumiendo el protocolo de estudio que utilizamos (9), podemos decir que lo basamos en el análisis de la información adquirida en un plano axial donde valoramos todas las perforantes y su trayecto desde el vaso origen hasta su localización superficial. Una vez localizadas, se efectúa una doble comprobación desde los planos sagitales y coronales. La exacta localización a nivel cutánea se realiza con una reconstrucción tridimensional y una posterior medición mediante unos ejes de coordenadas virtuales en los que utilizamos una referencia anatómica como centro del eje (en los colgajos abdominales es el ombligo). Las coordenadas exactas de cada perforante son recogidas en una hoja de datos para facilitar su correcto marcaje y dibujo en la piel de los pacientes. Todo el estudio es almacenado en un CD interactivo fácilmente reproducible desde cualquier ordenador (Fig. 6-8).

Las ventajas de esta técnica son:

- Permite una excelente evaluación de la calidad (calibre y flujo), del trayecto y localización de las perforantes en una visión tridimensional.
- El tiempo de realización del MDCT es muy breve. El paciente solo precisa de un tiempo de adquisición dentro del scanner de unos 10 a 20 segundos, lo que se traduce en una mínima incomodidad para el paciente y en la posibilidad de realizar muchas exploraciones en un corto periodo de tiempo.

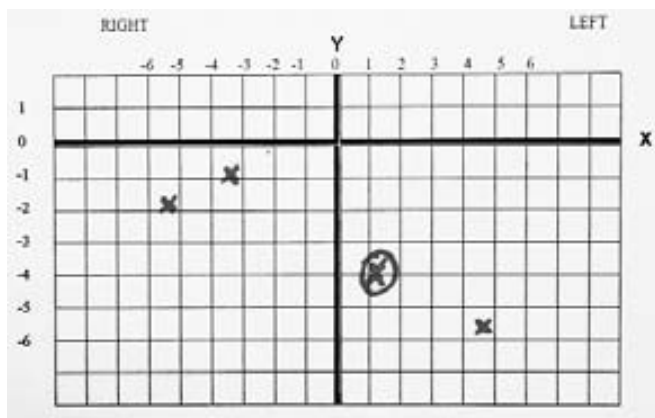


Fig. 7. Hoja de recogida de datos: se ve el eje de coordenadas donde el origen es el ombligo.

- La interpretación por parte del cirujano plástico es muy sencilla, ya que ofrece imágenes anatómicas donde es posible estudiar desde el detalle de la perforante, a una visión global de toda la zona donante.
- Buena reproducibilidad. Toda la información es almacenada en un CD interactivo con un software autoejecutable que permite utilizarlo en cualquier ordenador. Esto nos ofrece la oportunidad de realizar una disección virtual de nuestro paciente antes de la intervención, e incluso si lo creemos conveniente, obtener información en el mismo quirófano.

Como inconvenientes podemos citar la complejidad tecnológica de este tipo de escáner, aunque hoy en día casi todos los grandes centros ya disponen de ellos y la renovación frecuente de este tipo de maquinaria va a hacer que dentro de poco hasta los hospitales pequeños puedan contar con esta tecnología. Otro problema es la radiación a la que sometemos a nuestros pacientes, pero si consideramos que la dosis efectiva de radiación es menor a la de un TAC abdominal convencional y que muchas veces podemos aprovechar un estudio de extensión o de seguimiento que vaya a realizarse para la patología de base por la que vamos a reconstruir al paciente, este punto tampoco debería ser un gran problema en nuestro medio sanitario actual. Por último nombraremos el coste de esta prueba; éste es muy variable de un país a otro, por ejemplo, en los EEUU puede ser de unos 2.000 \$ mientras que en países como Bélgica o Japón es de unos 200 €. En España, el coste va de los 350 a los 500 €. Por tanto, si valoramos lo que aporta esta prueba, solo en reducción de tiempo operatorio es más que rentable en el contexto del coste total de la intervención (9).

Después de más de 3 años utilizando este tipo de tecnología para el mapeo de perforantes, sobre todo

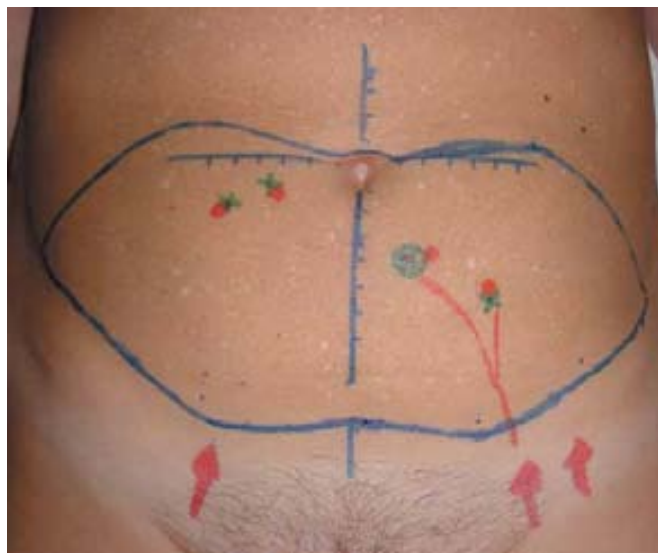


Fig. 8. Diseño preoperatorio de un DIEP con el marcaje de las perforantes a partir de la información obtenida mediante el MDCT.

en colgajos de perforantes abdominales y glúteas, con una casuística de más de 200 pacientes estudiados mediante MDCT, podemos afirmar que para nosotros ha significado una importante reducción del tiempo de disección de las perforantes y una reducción estadísticamente significativa de las complicaciones (10).

Conclusiones

Con un método fiable de mapeo preoperatorio de perforantes podemos saber cuál es la perforante dominante e idónea par nuestro colgajo y por tanto, podemos realizar un diseño preciso del tejido que necesitamos para nuestro defecto. El límite en las posibilidades reconstructivas vendrá dado por la disponibilidad de las zonas donantes de nuestros pacientes y por la habilidad y capacidad de nuestra técnica quirúrgica.

El diagnóstico y estudio por imagen está sometido a un avance tecnológico tan dinámico, que cualquier tipo de estudio rápidamente se ve mejorado por otro que ofrece nuevas posibilidades. Por tanto, esto nos va a obligar a un esfuerzo e inquietud investigadora continuos que abrirán nuevas fronteras en la cirugía de perforantes.

Dirección del autor

Dr. Jaume Masia
 Servicio de Cirugía Plástica y Reparadora
 Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
 Sant Antoni M. Claret 167
 08025 Barcelona
 e-mail: jmasia@santpau.es

Bibliografía

1. **Taylor GI, Palmer JH.:** "The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study: experimental study and clinical applications". *Br J Plast Surg* 1987;40:113.
2. **Koshima I, Soeda S.:** "Inferior epigastric artery skin flaps without rectus abdominis muscle". *Br J Plast Surg* 1989;42(6):645.
3. **Allen RJ, Treece P.:** "Deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction". *Ann Plast Surg* 1994;32(1):32.
4. **Wei, F.C., Jain, V., Celik, N., Chen, H.C., Chuang, D.C., Lin, C.H.:** "Have we found an ideal soft-tissue flap? An experience with 672 anterolateral thigh flaps". *Plast. Reconstr. Surg.* 2002; 09: 2219.
5. **Blondeel PN.:** "One hundred free DIEP flap breast reconstructions: a personal experience". *Br J Plast Surg* 1999 ;52(2):104.
6. **Hallock GG.:** "Doppler sonography and colour duplex imaging for planning a perforator flap". *Clin Plast Surg* 2003;30:347.
7. **Blondeel PN, Beyens G, Verghaeghe R, et al.:** "Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps". *Br J Plast Surg* 1998;51:202.
8. **Voet DVAM, Petrovic M, Masia J, et al.:** "Preoperative planning". In: Blondeel PN, Morris SF, Hallock GG, Neligan PC, editors. *Perforator flaps. Anatomy, technique and clinical applications*. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006.
9. **Masia J., Clavero J.A., Larrañaga J et al.:** "Multidetector-row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps". *J Plast Reconstr Aesth Surg* 2006; 59:594.
10. **Masia J., Clavero JA, Larrañaga J et al.:** "Preoperative planning of the abdominal perforator flaps with the multidetector row computed tomography. Three years of experience". *Plast. Reconstr. Surg.* (In press).

Trabajo 4: Masia J, Larrañaga JR, Clavero JA et al. The Value of the Multidetector Row Computed Tomography for the Preoperative Planning of Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flap. Our Experience in 162 Cases. **Ann Plast Surg 2008; 60:29-36**

The Value of the Multidetector Row Computed Tomography for the Preoperative Planning of Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flap

Our Experience in 162 Cases

Jaume Masia, MD, PhD, Jose Larrañaga, MD,* Juan Angel Clavero, MD,† Lorena Vives, MD,* Gemma Pons, MD,* and Jose Maria Pons, MD**

Abstract: A preoperative abdominal wall study was conducted using a multidetector scanner in 162 women who had undergone breast reconstruction with abdominal perforator flaps. A map of the abdominal perforator vessels dependent on the deep inferior epigastric artery was created. In the first 36 cases, anatomic dissection of all perforators was performed during surgery. The outcome was then compared with the radiologic findings. In the following 126 cases, the perforator vessel chosen preoperatively by the multidetector scanner was located and dissected directly.

In the first 36 cases, an absolute correlation was observed between the radiologic information and intraoperative findings. In the following 126 cases, surgery time and the rate of postoperative complications decreased significantly.

The multidetector scanner provides valuable preoperative information enabling identification of the most suitable perforator in view of its caliber, location, course, and anatomic relationships. Once located, we can proceed directly to its dissection during surgery, making it a faster and safer technique.

Key Words: perforator flap, preoperative planning, multidetector row tomography

(Ann Plast Surg 2008;60: 29–36)

From the *Plastic Surgery Department, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain; and the †Radiology Department, Clínica Creu Blanca, Barcelona, Spain.

Financial Disclosure: The authors report that no funds supported the work; there was no financial interest; there were no commercial associations.

Jaume Masia, MD, PhD, Associate Professor, Chief of Plastic Surgery Department. Member of: Spanish Society of Plastic Reconstructive and Aesthetic Surgery, Spanish Association of Microsurgery, Spanish Society of Breast Surgery, Association pour le Développement de la Chirurgie Réparatrice de la Tête et du Cou.

The preliminary results of this study have been presented at the 10th International Course of Perforator flaps in Ankara on September 6, 2006; III Meeting of the World Society of Reconstructive Microsurgery, Buenos Aires, 2005.

Reprints: Jaume Masia, MD, PhD, Sant Antoni M. Claret 167, 08025 Barcelona, Spain. E-mail: jmasia@santpau.es.

Copyright © 2007 by Lippincott Williams & Wilkins

ISSN: 0148-7043/08/6001-0029

DOI: 10.1097/SAP.0b013e31805003c2

The first option in breast reconstruction with autologous tissue is currently the abdominal perforator flap due to the similarity of this tissue and that of the breast. Vascular anatomy of the abdominal wall varies greatly, especially in the case of the perforator branches of the deep inferior epigastric artery. The location, number, caliber, and intramuscular trajectory of these branches differ not only from one individual to another but also from one hemiabdomen to the other. For this reason, a presurgically established vascular map can facilitate surgical planning in each patient.¹ Due to its ease of use, Doppler ultrasound has been routinely used since the early days of microsurgery to locate the best perforator vessels prior to surgery. However, despite its simplicity, it presents a significant number of false positives. Other techniques, such as Doppler duplex color, have proved effective but also have their drawbacks.^{2,3} Over the last 3 years in our hospital, we have routinely used the multidetector scanner for the preoperative study of DIEP- and SIEA-type abdominal flaps in breast reconstruction. The high spatial resolution of this examination allows multiplanar evaluation of the vessels and provides a tridimensional view, showing anatomic images which are easy to interpret. This information is used in surgery to locate the dominant perforator vessels. To the best of our knowledge, prior to our preliminary study in a small patient sample,⁴ no scientific literature had explained the use of the multidetector scanner in locating and evaluating the deep inferior epigastric artery and its abdominal perforator vessels. The objective of this present study was to evaluate our results after 3 years of using the multidetector scanner and to characterize the anatomic findings. We describe the working method, establish an actuation algorithm, and reach new conclusions which may be of considerable use for breast reconstruction surgery using autologous tissue.

MATERIALS AND METHODS

Between October 2003 and May 2006, we carried out breast reconstructions using DIEP-type abdominal perforator flaps in 162 patients, 26 of whom underwent bilateral reconstruction. Their average age was 51.8 years, and average height and weight were 1.62 m and 62.3 kg, respectively.

All cases involved breast reconstruction after mastectomy in the context of neoplasia. Other than breast pathology, the majority of patients had no medical antecedents that might represent an added risk factor for microsurgery.

In the majority of cases, reconstruction was performed as a delayed primary procedure.

This was a 2-stage study. The goal of the first stage performed in 36 patients was to check the reliability of the multidetector CT-scan (MDCT) by correlating these radiologic results with the intraoperative findings. This correlation was confirmed. In the second stage, in 126 patients, we directly located and dissected the vessel that had been chosen preoperatively using the multidetector scanner.

We also compared the postoperative complications in the last 100 DIEP flap cases performed in our department before the introduction of the MDCT with the last 100 cases performed using this technology.

Radiologic Study Technique

MDCT studies were obtained by means of a 64-detector-row CT scanner (Aquilion 64; Toshiba Medical, Tokyo, Japan). Patients were positioned supine on the CT table exactly as they would be during surgical intervention. CT scans were performed using the following parameters; 0.4-s gantry rotation speed, 0.5-mm slice thickness ($\times 64$), 53-mm table travel per rotation, and pitch, 1.656. X-ray tube voltage was 120 kV and tube current was 250–300 mA. All scanning took place after IV administration of 100 mL of nonionic iodinated contrast medium at a concentration of 300 mg I/mL (Xenetix 300

[Iobitridol]; Guerbet, Paris, France). The contrast material was mechanically injected (injector TC Missouri XD 2001; Ulrich GmbH & co. K, Ulm, Germany) at a rate of 4 mL/s through an 18-gauge IV catheter inserted into an antecubital vein. The scanning delay was set by an automatic triggering system (Sure Star, Toshiba).

Sections were obtained from 5 cm above the umbilicus to the lesser trochanter of the hip in a single breath hold.

Once acquired, the volumetric data were reconstructed with a slice width of 1 mm and a reconstruction interval of 0.8 mm. Multiplanar reformatted images and 3D volume-rendered images were generated on a Vitrea computer workstation (Vitrea version 3.0.1; Vital Images, Plymouth, MN).

Protocol Image Analysis

All cases were evaluated by consensus between the radiologist and plastic surgeon at the workstation using the following protocol:

Step 1

In the axial view, the deep inferior epigastric artery was evaluated along its entire length from its origin in the external iliac artery, paying special attention to its intramuscular course, identifying its main trunk and the existence of divisions, along with their predominance (Fig. 1). Second, we studied the perforator arteries, which are dependent on the deep inferior epigastric artery. Their caliber, course, and anatomic relationships were evaluated, locating the exact point of emergence through the aponeurosis of the abdominal rectus (Fig. 2). The objective was

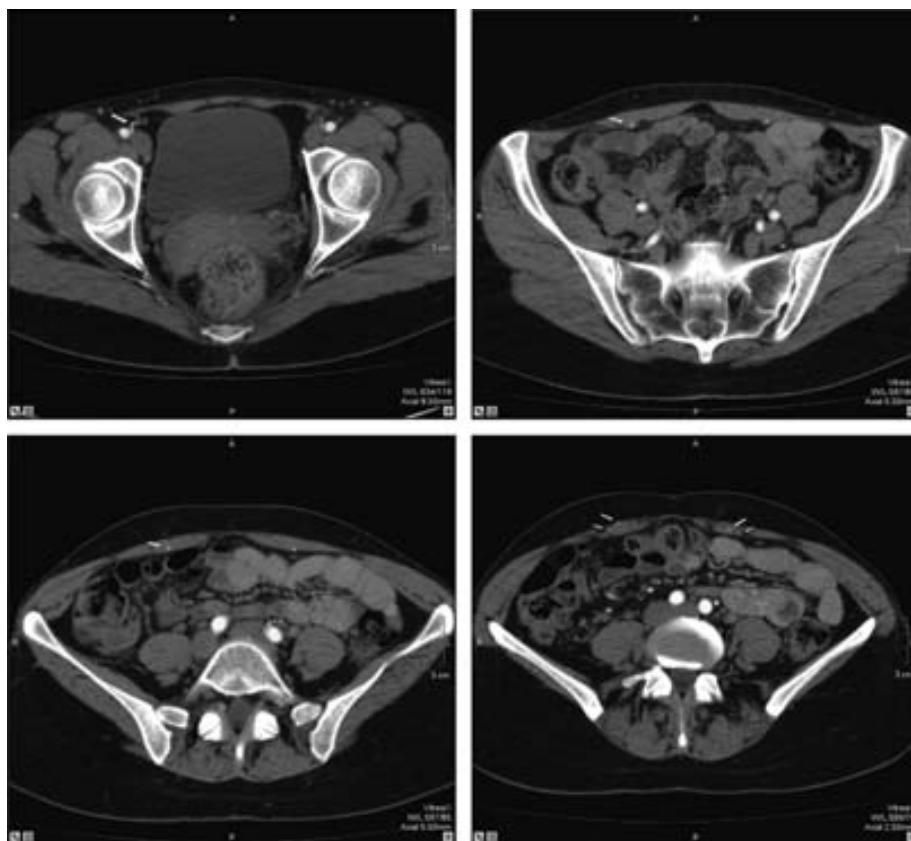


FIGURE 1. Axial view. Deep inferior epigastric artery. Left, Above, Origin. Right, Above, Retromuscular course. Left, Below, Intramuscular course. Right, Below, Intramuscular branching.



FIGURE 2. Axial view. Dominant perforator piercing the fascia is marked with an arrow.

to choose the most appropriate perforator to constitute the flap pedicle and determine its exact location at the level of the fascia of the rectus.

Criteria for Choosing Perforators^{1,4,5}

1. Caliber. The largest caliber, proportional to the blood flow 0.6 to 3.2 mm, was established as the useful range diameter.

2. Location. We chose a perforator that allowed a flap design enabling a direct and esthetic closure. This was preferably centered in the tissue to be transferred, although this was not indispensable.
3. Anatomic relationships. We selected a perforator whose course facilitated dissection. A direct branch from the deep inferior epigastric artery was preferred since it was expected that the intramuscular course would be shorter, with fewer muscular branches. We also took into account whether the perforator vessel emerged from a tendinous band as this kind of perforator usually follows a retromuscular course that makes its dissection easier.

According to these criteria, we identified the best 3 perforators in each hemiabdomen, marked them with an arrow, and chose the most suitable of the 6.

We also studied the superficial epigastric system. We verified the existence of the superficial inferior epigastric artery and studied its course and caliber. In view of this information, we considered the possibility to perform an SIEA flap (Fig. 3).

Step 2

We studied the selected perforator vessels in the sagittal and coronal views, verifying their quality and locating them on the 3 planes (Fig. 4).

Step 3

We performed a 3-dimensional reconstruction of the abdominal skin surface. The arrows were placed at the exact point where the chosen perforator vessels emerged from the rectus abdominis muscle fascia. According to a coordinate



FIGURE 3. Assessment of the superficial epigastric system. Left, Axial view. Origin; caliber assessment. Right, Saggital view. Course from the origin to the subcutaneous abdominal tissue.

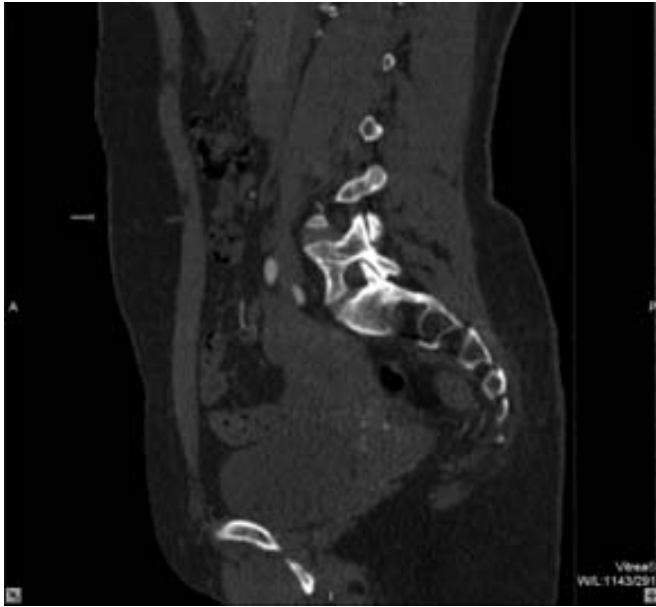


FIGURE 4. Sagittal view. Perforator emerging from the rectus fascia is marked with an arrow.

system whose center is the umbilicus, we associated each perforator with a coordinate point.

Step 4

Using this simple coordinate system, the perforator map was transferred to the data registration sheet before transfer to the patient's skin surface. Perforator location points were marked in green. Simultaneously, during the comparative study, we performed a Doppler ultrasound examination, marking the points where the perforators were located in red. The final map of perforators on the skin surface was recorded by digital photography (Fig. 5).

Surgical Technique

In the first 36 cases, each existing perforator was located and examined during flap elevation. The superficial inferior epigastric system was also studied. The intraoperative findings were compared with the radiologic information given by the MDCT. Any discrepancy was recorded on paper and by digital photography. In these first 36 cases, following the surgical procedure, the same radiologist and plastic surgeon reviewed the radiologic images. In the next 126 patients, we directly identified and dissected the perforator vessel chosen according to the images provided by the MDCT, and the postoperative review of the radiologic images was repeated only when intraoperative findings differed.

RESULTS

During the evaluation of the radiologic image for each of the 162 patients studied, at least 1 appropriate perforator was identified as suitable for surgery. An average of 2.3 perforators on each hemiabdomen was found useful for surgery. In 4.9% of cases, only 1 perforator vessel was found to meet selection criteria because abdominal tissue was scarce;

supraumbilical perforators could not be chosen since abdominal wall closure might be compromised. Only 1 suitable infraumbilical perforator was found in these patients. Its location and study by means of radiologic imaging contributed significantly to the success of the surgical procedure.

In some cases, we found perforators that followed a totally extramuscular course. These vessels initially followed a retromuscular plane and then pierced the muscular fascia right in the abdominal middle line (linea alba). They were therefore paramuscular perforators rather than musculocutaneous perforators. We named these flaps pararectal DIEP flaps. In our criteria, such perforators could be ideal as they have an excellent caliber, an exactly central location, and a course that facilitates dissection (Fig. 6).

It was also important to study whether the perforator vessels selected as appropriate for surgery emerged from the fascia of the rectus through the muscle or through a band of tendon. Analysis of the dominant perforator in each of the 2 hemiabdomens showed it emerged through a band of tendon in more than half the cases (52.9% for the right hemiabdomen and 67.6% for the left). Conversely, the majority of the other perforator vessels emerged directly through the muscle. The chosen perforators had an average caliber of 2.1 mm on the right side and 2.0 mm on the left. Among the selected vessels, the perforator with the largest caliber had a diameter of 3.3 mm as compared with 0.5 mm for the smallest.

Analysis of the distribution of all perforators and all dominant perforators revealed that anatomy varied greatly not only among individuals but also between the 2 hemiabdomens of each individual.

During the first phase of the study, all the data obtained were compared with the evidence from surgery, and neither false negatives nor false positives were found in the identification and location of the dominant perforator, that is, the one considered most suitable for use in surgery. In the analysis of other potentially appropriate perforator vessels, 1 false-negative was found. Postoperative revision of the radiologic images revealed this was due to an error in the interpretation of the image, probably because it was one of the first cases analyzed.

During the second phase of the study, when the dominant perforator was directly located and dissected, we reduced the harvesting time from 3 hours and 20 minutes to 1 hour and 40 minutes (average time from the first skin incision to the autonomization of the flap). In one of the 126 cases, during surgical dissection, we identified a perforator vessel of acceptable caliber which had been overlooked during the preoperative evaluation using the multidetector scanner. This finding was interpreted as a false negative in the identification of potentially useful perforators for surgery. As in the first phase, no false positives or negatives were found in locating and identifying the dominant perforator.

The results of the comparative study between the postoperative complications in the last 100 DIEP flap cases performed before the introduction of the multidetector CT scan and the last 100 cases performed using this technology are shown in Table 1.

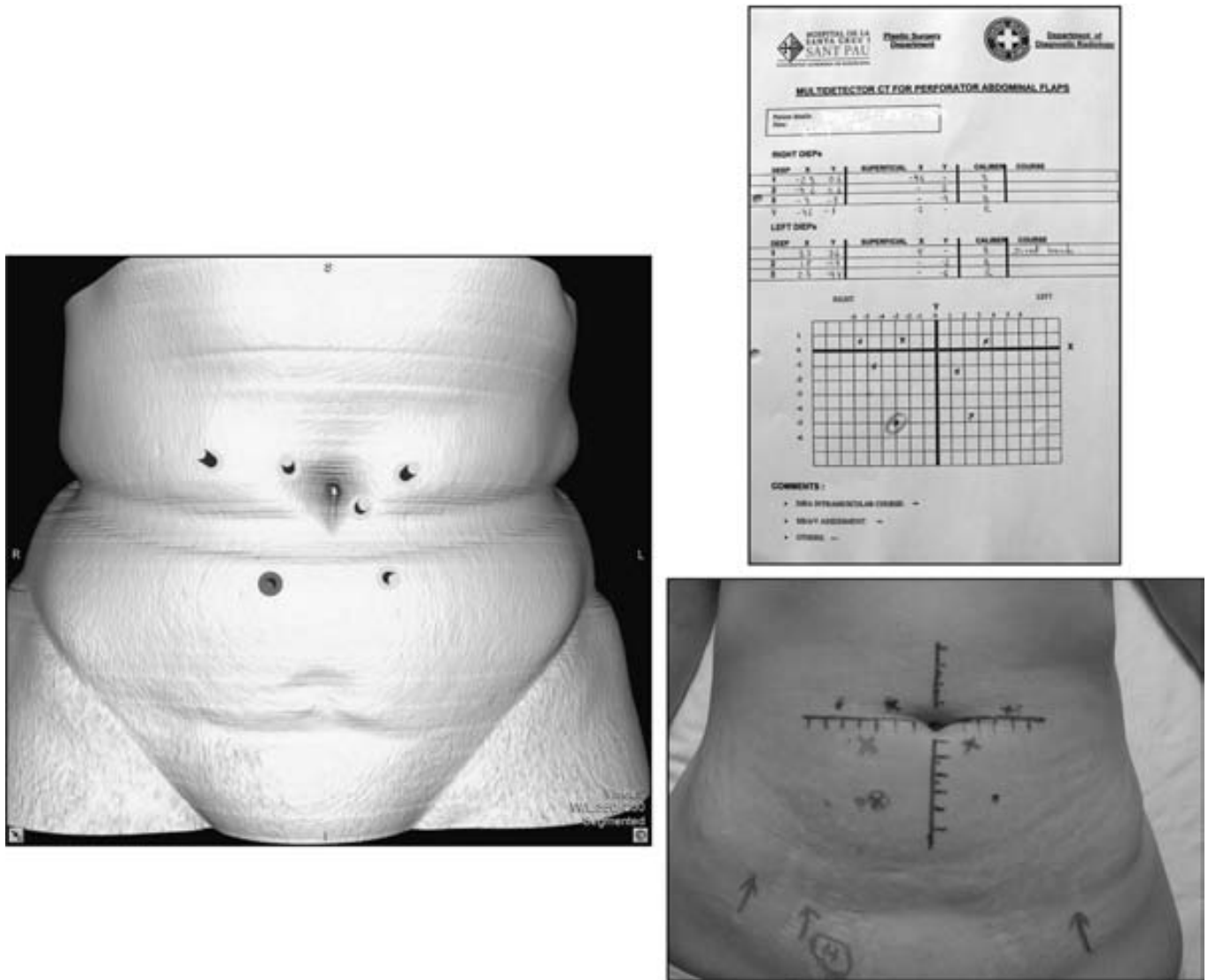


FIGURE 5. Left, Multiplanar 3D superficial volume rendering reformation. Right, Above, Data form. Right, Below, Skin marking.

The superficial epigastric system was assessed in both stages of the study. We verified the existence of the superficial inferior epigastric artery in 62% of the cases in the radiologic images. A SIEA flap was considered suitable in 24% during the radiologic analysis (vessel diameter greater than 1.5 mm approximately) and was finally performed in 19% of cases. All SIEA flaps were conducted in the group considered radiologically suitable to undergo this type of flap. In most cases where the superficial inferior epigastric artery did exist, a connection between this artery and the largest-caliber perforator from the deep system was shown (Fig. 7).

DISCUSSION

Doppler ultrasound is routinely used by microsurgeons to locate the perforator arteries prior to perforator flap elevation and is the most commonly used instrument for preoperative localization of individual vessels. However, this tech-

nique can be imprecise at times.^{2,3} Furthermore, it provides only a limited amount of information, it cannot distinguish perforating vessels from main axial vessels, and it can create false-positive localization of perforators if the axial vessels run superficially, resulting in a low specificity. It may also be too sensitive because even minuscule vessels that would be unable to support a perforator flap can be detected.

Color duplex imaging provides a good evaluation of the main axial vessels, their branches, and perforators. Moreover, the caliber and hemodynamic characteristics of the perforators can be observed directly. Its high sensitivity and 100% predictive value have made it an excellent diagnostic tool in the planning of DIEP flaps.² Unfortunately, this technique also has several drawbacks: it is time-consuming for physicians; it is often uncomfortable for the patient, who must remain in the same position for nearly an hour; the images provided do not clearly show the relationship of the perfora-

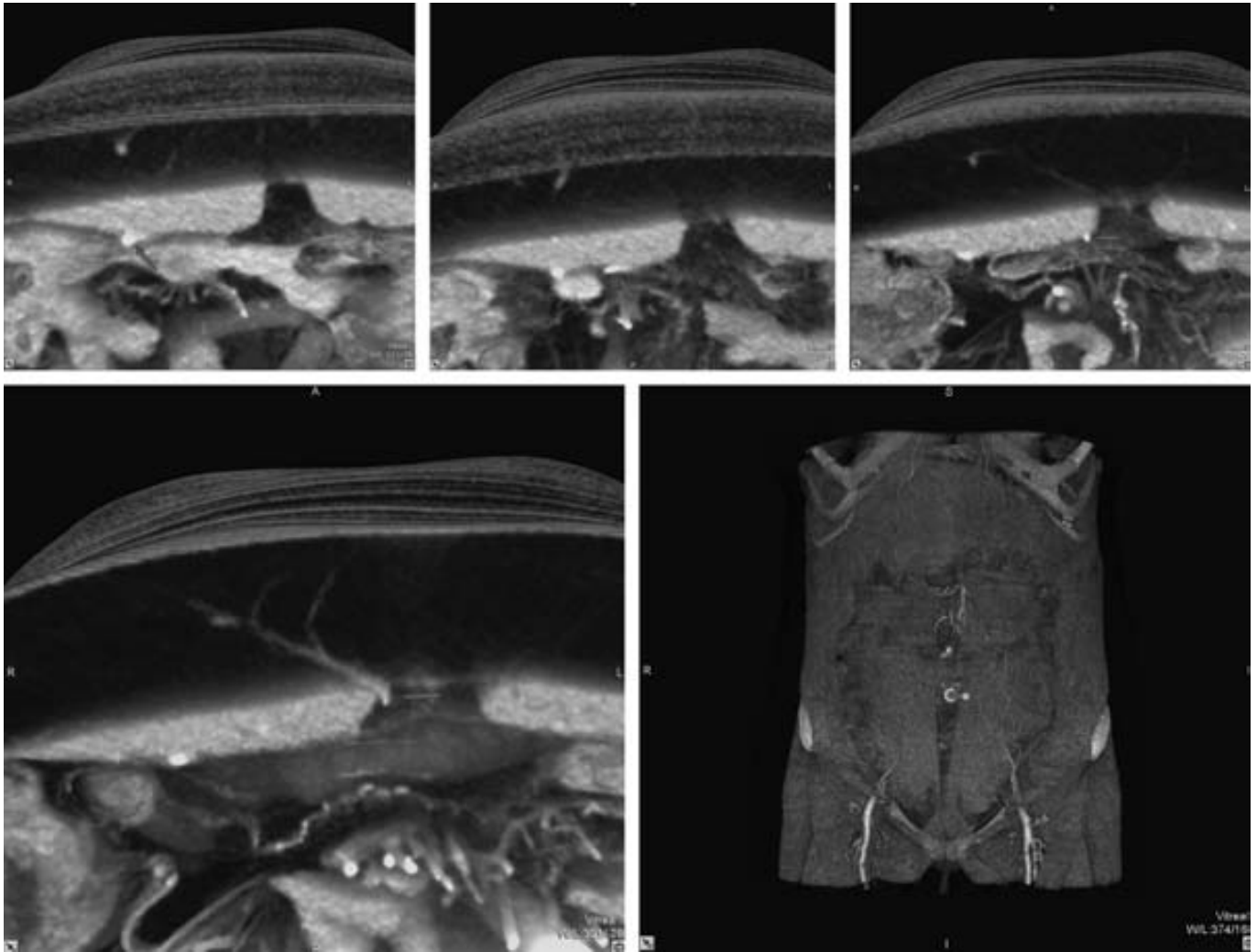


FIGURE 6. 3D Rended image. Left, Above, Retromuscular course of the EPI. Center, Above, Retromuscular course of pararectal perforator. Right, Above, Pararectal perforator reaching linea alba. Left, Below, Pararectal perforator piercing the fascia. Right, Below, 3D Reconstruction at muscular plane, arrow marking the piercing point of the pararectal perforator.

TABLE 1. Postoperative Complications Before and After Using MDCT

	Before MDCT	After MDCT
Partial necrosis (<20%)	6%	2%
Partial necrosis (>20%)	6%	0%
Total necrosis	4%	1%
DIEP to TRAM conversion	1%	0%

tor with the other structures along its course; and, most important, it requires highly skilled scanning personnel who have knowledge of perforator flap surgery, making it a technician-dependent procedure.

MDCT using multiple detectors provides a greater amount of thin-slice data in a shorter period of time, optimizing the use of endovenous contrast and obtaining excellent images of the vascular tree. The increased spatial reso-

lution has provided greater accuracy in multiplanar and 3D reconstruction images.⁶⁻⁹ A further advantage of MDCT is its possible application in the extension study of oncologic patients, allowing simultaneous study of the perforators at the donor site without additional morbidity.

In comparison to Doppler ultrasound and Doppler duplex color, the MDCT presents some disadvantages such as availability, costs, and radiation exposure. This technique is not available in all medical centers. Our center does not dispose of an MDCT scan, and patients are sent to a private hospital for the mapping procedure. This way, the cost of the MDCT is approximately 300 Euros. The effective dose of radiation used in this study is 5.6 mSv, which is less than that used for a conventional abdominal CT scan.

Our present results show the MDCT is a highly reliable tool in identifying and locating the dominant abdominal perforator, with a positive predictive value of 100%. Regarding the evaluation of other perforator vessels considered

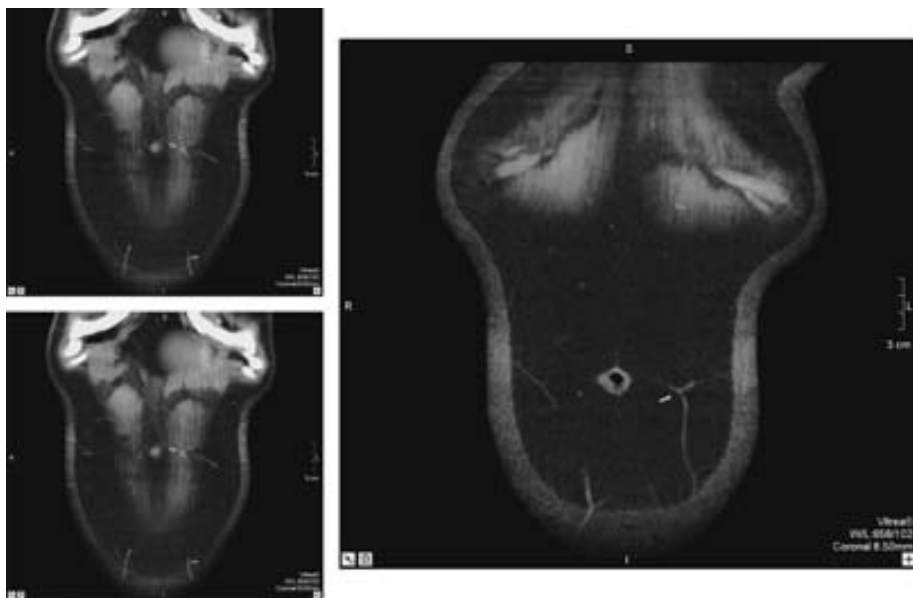


FIGURE 7. Coronal view. Left, Above, Piercing point of the dominant perforator (superior arrow), superficial epigastric system (inferior arrow). Left, Below, Intratissular course of the dominant perforator (superior arrow), intratissular course of the superficial epigastric artery. Right, Connection point between the superficial and the deep system through the dominant perforator.

acceptable for surgery, the power of MDCT diminished very slightly. In 2 cases, an adequate perforator seemed absent during the radiologic analysis. In one of these cases, this was due to the erroneous interpretation of the radiologic image as it occurred at a very early stage of the study. The second case was a real false-negative result.

The ability of MDCT to preoperatively detect the dominant perforator vessel leads to a significant saving in harvesting time, almost halved in our series, and in a reduction in surgeons' stress. Such advantages are well worth bearing in mind in surgery that may last over 4 hours as they not only benefit the patient and the surgical team but also ease the burden on health resources.

Regarding the superficial epigastric study, the difference between cases evaluated by MDCT as suitable for a SIEA flap (24%) and those that were in fact carried out (19%) was mainly due to the fact that in the early phases of our study we had little experience with this type of flap, and we found no consensus in the scientific literature about its reliability. On many occasions, therefore, in spite of positively evaluating a superficial epigastric system, we remained skeptical and opted for a DIEP flap. Little by little, we have been introducing the SIEA flap as it has proven to be a reliable technique when the indication is correct.

Another important finding in our study was a significant drop in postoperative complications, mainly those associated with partial necrosis of the flap and fat necrosis. Since the only new parameter introduced in our working method is the MDCT, this improvement may be the result of choosing, with the help of the MDCT, the best abdominal perforator vessel for each flap.

Information obtained from the MDCT allows development of a dissection strategy and even the possibility to opt for a certain perforator, bearing in mind not only its caliber but also its course and relationships with other anatomic structures, making its dissection safer or swifter.

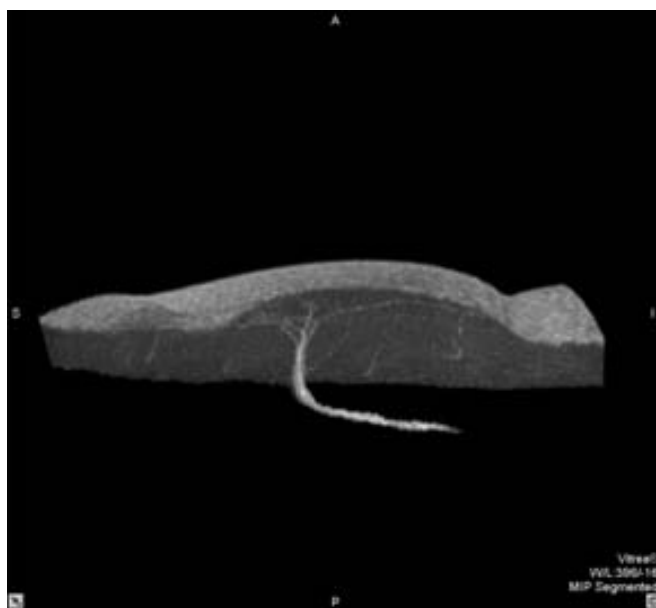


FIGURE 8. Lateral MIP (maximum intensity projection) image. Assessment of the perforator branching inside the DIEP flap.

This ability of MDCT for “virtual dissection” permits us to perform studies that were previously only possible through cadaver dissection. Significant morbidity is negligible, and the implications of parameters such as degrees of pressure or the functional state of the vessels can be evaluated *in vivo*. This technique will therefore enable us to study the intratissue distribution of perforator arteries and help us to understand more about the vascular physiology of this type of flap (Fig. 8).

REFERENCES

1. Giunta RE, Geisweid A, Feller AM. The value of preoperative Doppler sonography for planning free perforator flaps. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105:2381–2386.
2. Blondeel PN, Beyens G, Verghaege R, et al. Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps. *Br J Plast Surg.* 1998;51:202.
3. Hallock GG. Doppler sonography and colour duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plast Surg.* 2003;30:347–357.
4. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, et al. Multidetector-row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg.* 2006;59:594–599.
5. Voet DVAM, Petrovic M, Masia J, et al. Preoperative planning. In: Blondeel PN, Morris SF, Hallock GG, et al, eds. *Perforator Flaps: Anatomy, Technique and Clinical Applications.* St. Louis: Quality Medical Publishing; 2006:91–114.
6. Hu H, He D, Foley D, et al. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology.* 2000;215:55.
7. Schoepf UJ, Becker CR, Bruening RD, et al. Multislice CT angiography. *Imaging.* 2001;13:357.
8. Lawler LP, Fishman EK. Multidetector row computed tomography of the aorta and peripheral arteries. *Cardiol Clin.* 2003;21:607.
9. Jacobs TF, Wintersperger BJ, Becker CR. MDCT imaging of peripheral arterial disease. *Semin Ultrasound CT MR.* 2004;25:145.

Trabajo 5: Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR et al. Preoperative planning of the abdominal perforator flaps with the multidetector row computed tomography. Three years of experience. **Plast Reconstr Surg (in press)**



Mensaje de correo

Cerrar Remitir Respuesta al remitente Responder a todos Mover Suprimir Leer más tarde Propiedades


[Imprimir
presentación](#)

De: "Aaron G. Weinstein" <agw_prs@plasticsurgery.org>

A: Jaume Masia

Fecha: miércoles - 2 abril 2008 21:22

Tema: Congratulations

 Viewpoint [\[Ver\]](#) [\[Guardar como\]](#)
Letter.doc (26112 bytes)
Mime.822 (44745 bytes) [\[Ver\]](#) [\[Guardar como\]](#)

Dear Dr. Masia,

Congratulations on your accepted paper, 06-01774, "Preoperative Planning of the Abdominal Perforator Flaps with the Multidetector Row Computed Tomography. Three Years of Experience" being slated to be published in the August 2008 issue of PRS. Thank you for sending in the appropriate patient consent forms.

All articles are subject to potential shifts in schedule due to publisher-enforced page counts. If your article must be moved to a later issue, we will contact you.

Please see the attached letter from Dr. Rohrich regarding your viewpoint.

If you have any questions, please do not hesitate to call me at 214-645-7790.

Best,

Aaron Weinstein
Coordinator - Supplements/Production
Plastic and Reconstructive Surgery
American Society of Plastic Surgeons
(214) 645-7790 Direct Line

(214) 645-7791 Fax
agw_prs@plasticsurgery.org

P Please consider the environment before printing this e-mail.

Editorial Manager(tm) for Plastic and Reconstructive Surgery
Manuscript Draft

Manuscript Number: PRS-D-06-01774R2

Title: PREOPERATIVE PLANNING OF THE ABDOMINAL PERFORATOR FLAPS
WITH THE MULTIDETECTOR ROW COMPUTED TOMOGRAPHY. THREE
YEARS OF EXPERIENCE.

Article Type: Viewpoint

Section/Category:

Keywords: Multidetector CT scan; Microangiography CT; Perforator flaps; DIEP;
SIEA.

Corresponding Author: Dr Jaume Masia, MD

Corresponding Author's Institution: Hospital de la Santa Creu i Sant Pau

First Author: Jaume Masia, M.D.

Order of Authors: Jaume Masia, M.D.; Juan Angel Clavero, M.D.; Jose Larrañaga,
M.D.; Lorena Vives, M.D.; Gemma Pons, M.D.

Manuscript Region of Origin:

1

PREOPERATIVE PLANNING OF THE ABDOMINAL PERFORATOR FLAPS WITH THE MULTIDETECTOR ROW COMPUTED TOMOGRAPHY. THREE YEARS OF EXPERIENCE.

Jaume Masia MD, Associate Professor, Chief of Plastic Surgery Department. Member of : Spanish Society of Plastic Reconstructive and Aesthetic Surgery, Spanish Association of Microsurgery, Spanish Society of Breast Surgery, Association pour le Développement de la Chirurgie Réparatrice de la Tete et du Cou.

Juan Angel Clavero+, MD

Jose Larrañaga, MD

Lorena Vives, MD

Gemma Pons, MD

Plastic Surgery Department, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Universitat Autònoma de Barcelona, Sant Antoni M. Claret 167, 08025 Barcelona, Spain

+Radiology Department, Clínica Creu Blanca, Reina Elisenda Moncada 17, 08034 Barcelona, Spain

The preliminary results of this study has been presented at:
10th International Course of Perforator flaps in Ankara on 6th September 2006.
III Meeting of the World Society of Reconstructive Microsurgery, Buenos Aires 2005

*** Manuscript (Title Page, Abstract, Text, Acknowledgements, References, Legends)**

2

Corresponding Author

Jaume Masia MD

Sant Antoni M. Claret 167, 08025 Barcelona, Spain

Mobile phone +34 618779119

Email: jmasia@santpau.es

Financial Disclosure:

Jaume Masiá: no funds supporting the work; no financial interest.

Juan Ángel Clavero: no funds supporting the work; no financial interest.

Jose Ramón Larrañaga: no funds supporting the work; no financial interest.

Lorena Vives: no funds supporting the work; no financial interest.

Gemma Pons: no funds supporting the work; no financial interest.

List of products used in the manuscript:

Common doppler ultrasounds;

Multidetector row computed tomography

Jaume Masiá: the autor has not any comercial associations or financial disclosures that might pose or create a conflict of interest with information presented in the manuscript.

Juan Ángel Clavero: the autor has not any comercial associations or financial disclosures that might pose or create a conflict of interest with information presented in the manuscript.

Jose Ramón Larrañaga: the autor has not any comercial associations or financial disclosures that might pose or create a conflict of interest with information presented in the manuscript.

Lorena Vives: the autor has not any comercial associations or financial disclosures that might pose or create a conflict of interest with information presented in the manuscript.

Gemma Pons: the autor has not any comercial associations or financial disclosures that might pose or create a conflict of interest with information presented in the manuscript.

The first option in breast reconstruction with autologous tissue is currently the abdominal perforator flap. Microvascular anatomy of the abdominal wall varies greatly. The location, number, calibre and intra-muscular trajectory of perforator branches of deep inferior epigastric artery differs not only from one individual to another but also from one hemi-abdomen to the other. A pre-surgically established vascular map can facilitate surgical planning in each patient¹. Over the last three years in our hospital we have routinely used the multidetector scanner for the preoperative study of DIEP type abdominal flaps in breast reconstruction.

Protocol image analysis

Step 1: In the axial view the deep inferior epigastric artery was evaluated along its entire length from its origin, paying special attention to its intramuscular or retromuscular course. Secondly, we studied the perforator arteries, which are dependent on the deep inferior epigastric artery. Their calibre, course and anatomic relationships were evaluated, locating the exact point of emergence through the aponeurosis of the abdominal rectus. (Fig. 1)

Criteria for choosing perforators^{1,2,3}:

1. Calibre. The largest calibre, proportional to the blood flow. 0.6 to 3.2 mm was established as the useful range diameter.
2. Location. We chose a perforator that allowed a flap design enabling a direct and aesthetic closure. This was preferably centred in the tissue to be transferred although this was not indispensable.
3. Anatomic relationships. We selected a perforator whose course facilitated dissection. A direct branch from the deep inferior epigastric artery was preferred since it was expected that the intramuscular course would be shorter with fewer muscular branches. We also took into account whether the perforator vessel emerged from a tendinous band as this kind of perforator usually follows a retromuscular course that makes its dissection easier.

Step 2: We performed a three-dimensional reconstruction of the abdominal skin surface. According to a coordinate system whose centre is the umbilicus, we associated each perforator with a coordinate point. Using this simple coordinate system, the perforator map was transferred to the data registration sheet before transfer to the patient's skin surface. (Fig. 2)

Our present results show the MDCT is a highly reliable tool in identifying and locating the dominant abdominal perforator, with a positive predictive value of 100%. The ability of MDCT to preoperatively detect the dominant perforator vessel leads to a significant saving in harvesting time - almost halved in our series – and a

significant drop in postoperative complications, mainly those associated with partial necrosis of the flap and fat necrosis. Since the only new parameter introduced in our working method is the MDCT, it is logical to think that this improvement may be the result of choosing - with the help of the MDCT - the best abdominal perforator vessel for each flap bearing in mind not only its calibre but also its course and anatomical relationships.

Figure legend.

Fig.1

Axial view. Dominant perforator piercing the fascia is marked with an arrow.

Fig.2

On the left: multiplanar 3D superficial volume rendering reformation.

On the right at the top: data form.

On the right at the bottom: Skin marking.

REFERENCES.

1. Giunta RE, Geisweid A, Feller AM. THE value of preoperative doppler sonography for planning free perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 105: 2381-6, 2000.
2. Voet DVAM, Petrovic M, Masia J, et al. Preoperative planning. In Blondeel PN, Morris SF, Hallock GG, Neligan PC, editors. *Perforator flaps. Anatomy, technique and clinical applications*. St Louis: Quality Medical Publishing; 2006.
3. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, et al. Multidetector-row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg* 59: 594-599, 2006.

Figure 1
[Click here to download high resolution image](#)

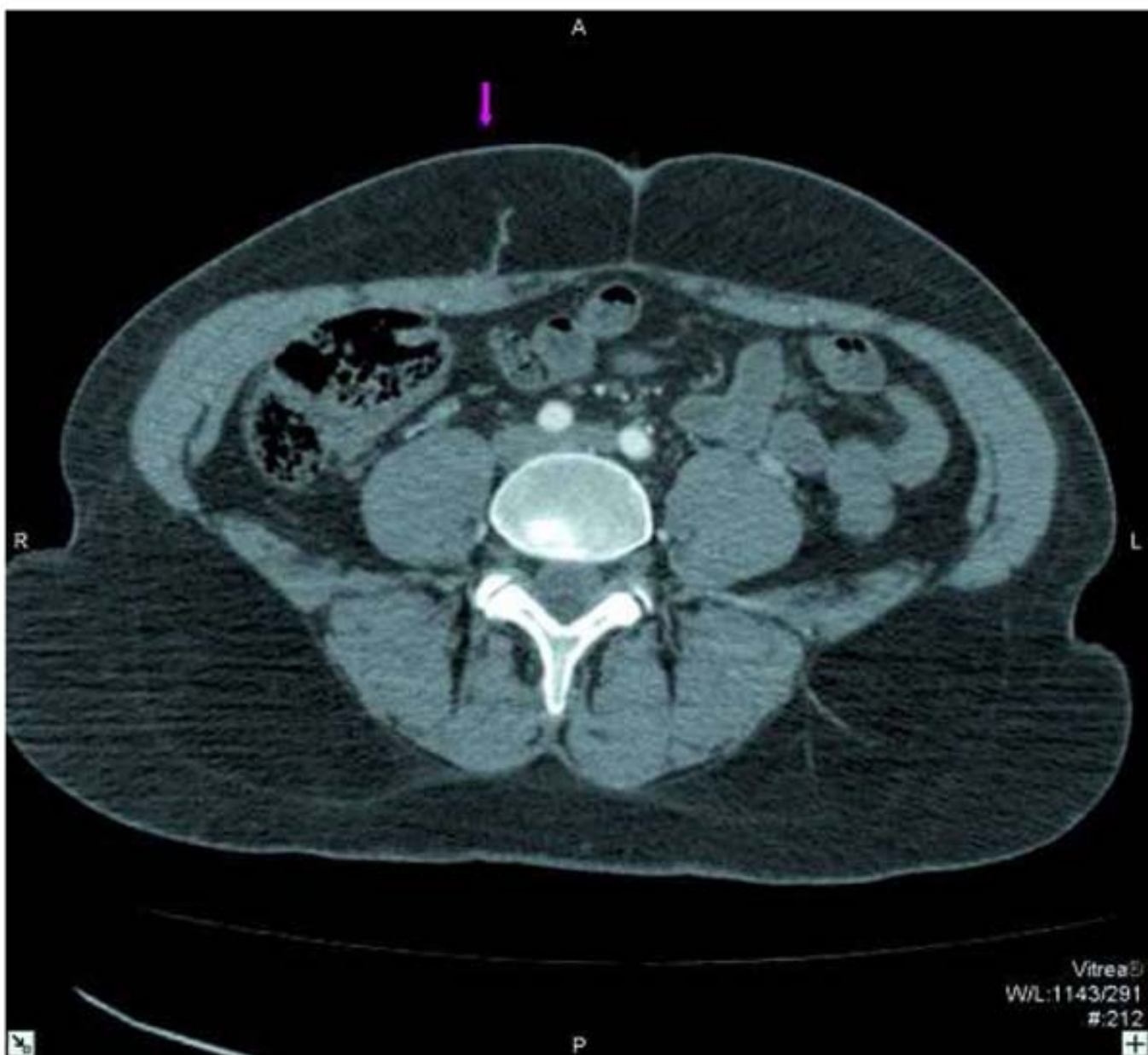
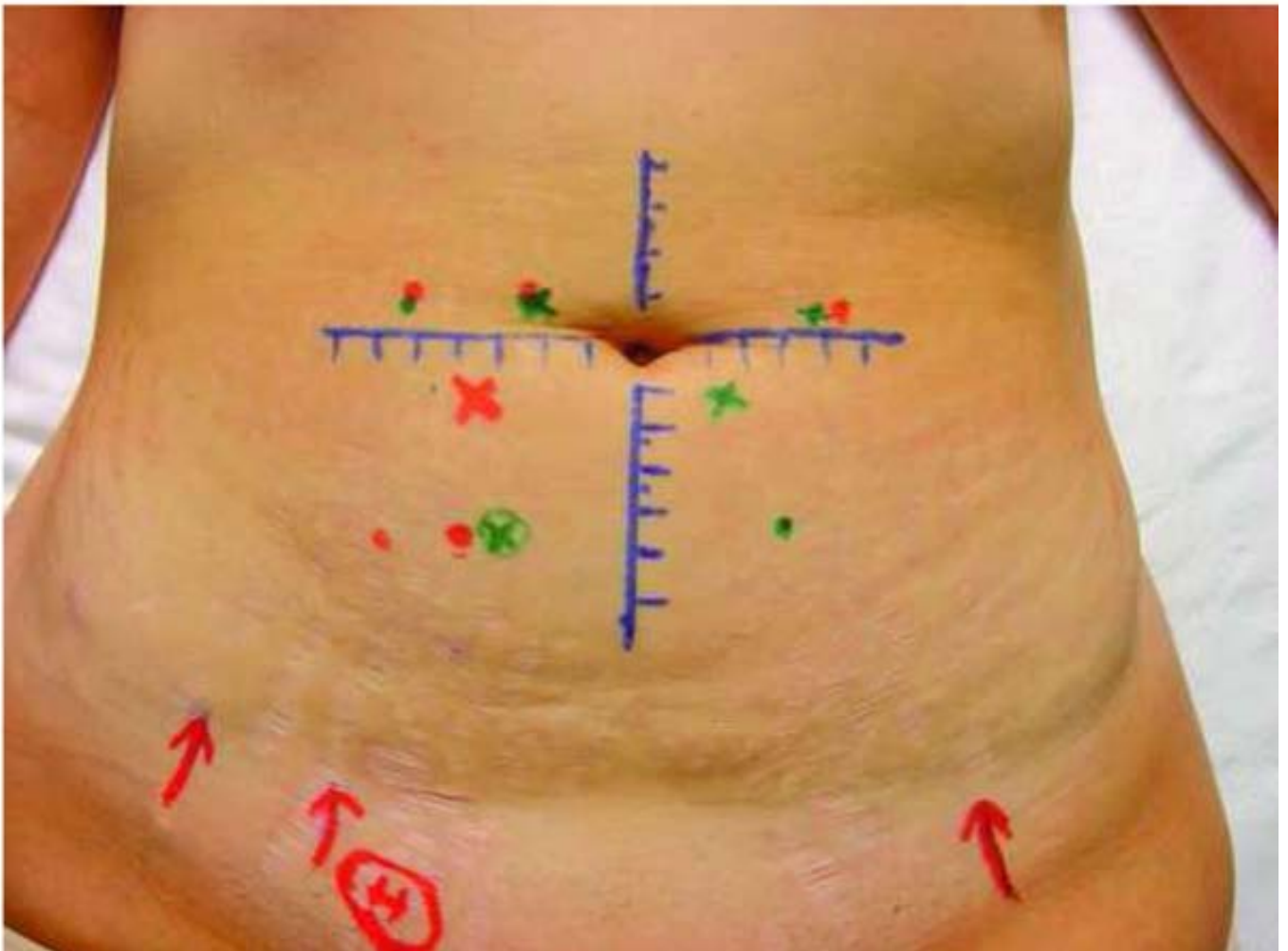


Figure 2
[Click here to download high resolution image](#)



Trabajo 6: Clavero JA, Masia J, Larrañaga J. MDCT in the Preoperative Planning of Abdominal Perforator Surgery for Postmastectomy Breast Reconstruction. **Am J Roentgenol (In press)**

-----Original Message-----

From: "AJR Journal Staff" <ajrsubmit@arrs.org>

To: jaclavero@creu-blanca.es

Date: 17 Mar 2008 10:52:22 -0400

Subject: Decision Letter for AJR MS 07-2515R2

Mar 17, 2008

TO: Juan A. Clavero
Creu-Blanca

RE: AJR MS 07-2515R2

Dear Dr. Clavero,

I am delighted to tell you that your revised manuscript entitled, "MDCT in the Preoperative Planning of Abdominal Perforator Surgery for Postmastectomy Breast Reconstruction.", has been accepted for publication in the American Journal of Roentgenology/AJRONline.org as a Original Research article.

Please be aware that you will not hear from us again until your manuscript is assigned to a specific issue. Once it is assigned, you will receive an email through Editorial Manager informing you of the scheduled publication date and when you can expect the galley proofs to be emailed to you. Please make sure that the contact information for the corresponding author is kept up-to-date in Editorial Manager so that you do not miss this important correspondence.

Thank you for entrusting your work to the AJR. We look forward to seeing your future submissions.

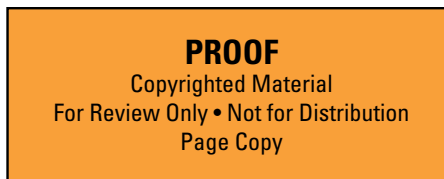
Best Regards.

Sincerely,

Dr. Marcia C Javitt
Associate Editor
American Journal of Roentgenology

Clavero et al.
MDCT to Plan Breast Reconstruction

Women's Imaging
Original Research



MDCT in the Preoperative Planning of Abdominal Perforator Surgery for Postmastectomy Breast Reconstruction

Juan A. Clavero¹
Jaume Masia²
Jose Larrañaga²
Josep M. Monill¹
Gemma Pons²
Sahly Siurana¹
Xavier Alomar¹

Clavero JA, Masia J, Larrañaga J, et al.

OBJECTIVE. This study aimed to evaluate the utility of MDCT in planning abdominal perforator surgery for breast reconstruction in patients who have undergone mastectomy.

SUBJECTS AND METHODS. One hundred twenty-six consecutive patients scheduled for postmastectomy breast reconstruction using deep inferior epigastric perforator flaps underwent MDCT. The images were evaluated to identify, characterize, and map the dominant musculo-cutaneous perforator vessels of the deep inferior epigastric artery. In the first 36 patients, we compared the intraoperative findings with the preoperative MDCT findings. In the latter 90 patients, the dominant perforator vessels were directly selected on the basis of MDCT findings.

RESULTS. We found an exact correlation between the intraoperative and radiologic findings in the first 36 cases. In the following 90 cases, the average operating time saved per patient was 1 hour 40 minutes and there was a significant reduction in postsurgical complications. The preoperative evaluation by MDCT confirmed the wide range of variability in the vascular anatomy of the abdominal wall previously described in anatomic studies.

CONCLUSION. MDCT provides valuable information before surgery about the arterial anatomy of the inferior abdominal wall. It enables accurate identification of the most suitable dominant perforator vessel and makes surgical perforator flap procedures for breast reconstruction faster and safer.

Since its introduction in the 1980s [1, 2], abdominal perforator flap surgery has become the mainstay for complex breast reconstruction procedures. A perforator flap consists of a flap of skin and subcutaneous fat that is dissected from a donor site chosen on the basis of a perforator vessel. The underlying muscle can be completely spared (Fig. 1). These flaps are usually named after the blood vessel that is used. The perforator vessel and, on occasions, a section of the vascular trunk form the pedicle of the flap that is anastomosed to recipient vessels.

The chief advantage of using perforator flaps for breast reconstruction [3–5] is that they spare the muscle at the donor site, drastically reducing patient morbidity and achieving a faster recovery for the patient after surgery without any function loss. Perforator flaps can be harvested from several donor areas [6, 7]. For breast reconstruction, the use of abdominal perforator flaps is presently the technique of choice because the skin and subcutaneous fat tissue of the abdomen are comparable with those of the breast [4, 8, 9]. The main vascular

trunk in abdominal perforator flaps is the deep inferior epigastric artery. From the deep inferior epigastric artery, the perforator vessels that go through the rectus abdominis muscle and its fascia emerge, irrigating the skin and subcutaneous fat of the subumbilical area that constitutes the flap itself. This flap is transferred to the breast reconstructive area and anastomosed by microsurgery (Fig. 2).

Raising a perforator flap requires meticulous dissection of the perforator vessels, sparing the muscular structure with its segmentary motor nerves. Special skill is needed for such surgical dissection, and the intraoperative time is considerable. Because the vascular anatomy of the abdominal wall varies greatly among individuals and even between one hemiabdomen and the other in the same individual, establishing a vascular map of each patient before surgery would facilitate dissection. Because of its simplicity, Doppler sonography has been used routinely since the early days of microsurgery to locate the best perforator vessels before surgery [10]. However, the number of false-positives is high [11]. Color duplex Doppler sonography

Keywords: abdominal perforator surgery, breast cancer, breast reconstruction, mastectomy, MDCT, women's imaging

DOI:10.2214/AJR.07.2515

Received May 2, 2007; accepted after revision March 14, 2008.

¹Department of Radiology, Creu-Blanca, C/Corcega 345, 08037 Barcelona, Spain. Address correspondence to J. A. Clavero (jaclavero@creu-blanca.es).

²Department of Plastic Surgery, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain.

AJR 2008; 191:1–7

0361–803X/08/1913–1

© American Roentgen Ray Society

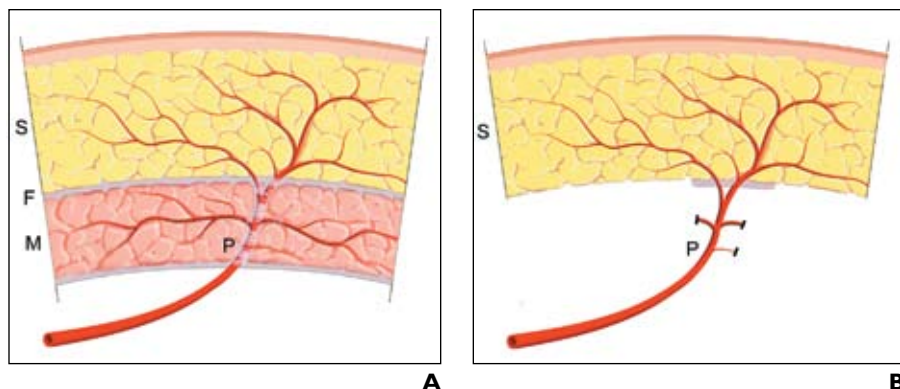


Fig. 1—Blood supply of normal cutaneous tissue of raised perforator flap. F = fascia, M = muscle, P = perforator vessel, S = subcutaneous fat.

A, Drawing shows normal anatomy of perforator artery piercing muscle and fascia to provide blood supply in cutaneous tissue.

B, Drawing shows perforator flap after muscular dissection of vascular pedicle.

has proven effective, although it is not widely accepted for presurgical study [12, 13]. Data regarding MRI are also lacking; we found only one bibliographic reference in the literature [14].

Because a method to assess the perforator vessels before surgery has not yet been established to our knowledge, the aim of our research was to evaluate the use of MDCT toward this end and to analyze its effect on surgical planning and complication rates. To assess the vascular anatomy of the lower anterior abdominal wall, with an emphasis on the deep inferior epigastric artery and its perforator vessels, for the study period we

routinely performed MDCT for the presurgical evaluation of deep inferior epigastric perforator (DIEP) flaps used in breast reconstruction.

Because the high spatial resolution of MDCT allows multiplanar evaluation of vessels and 3D volume rendering, it can be used successfully to create a vascular map. The MDCT data obtained may help to improve surgical strategies and perform safer and faster procedures.

This study discusses the usefulness of MDCT in the evaluation of the vascular anatomy of the inferior abdominal wall before DIEP flap breast reconstruction.

Subjects and Methods

Patient Sample

From October 2003 to March 2006, MDCT studies were prospectively performed in 126 consecutive patients before undergoing abdominal perforator surgery. The only selection criterion was an indication for breast reconstruction surgery using a DIEP flap.

The study was approved by the institutional review board for human studies and informed written consent was obtained from all patients. No patients had any comorbid condition that contraindicated breast reconstruction. Two patients with a history of iodine allergy were excluded.

CT Protocol

MDCT studies were performed using a 16-MDCT scanner (Aquilion 16, Toshiba Medical Systems). The patients were placed on a CT table in the supine position.

Before MDCT exploration, a line was drawn on the patient's abdomen from the xiphoid to the umbilicus and used to orient the longitudinal axis of CT. This orientation was repeated at surgery. For the MDCT examination, the patient's arms were extended alongside the body and the patient's elbows were flexed to avoid artifacts. The MDCT parameters were a 0.4-second gantry rotation speed, 1-mm slice thickness ($\times 16$), 21-mm table travel per rotation, and pitch of 1.4. The x-ray tube voltage was 200–300 mA. All scanning was performed after IV administration of 100 mL of nonionic iodinated contrast medium at a concentration of 350 mg I/mL (iobitridol [Xenetix 350, Guerbet]). The contrast

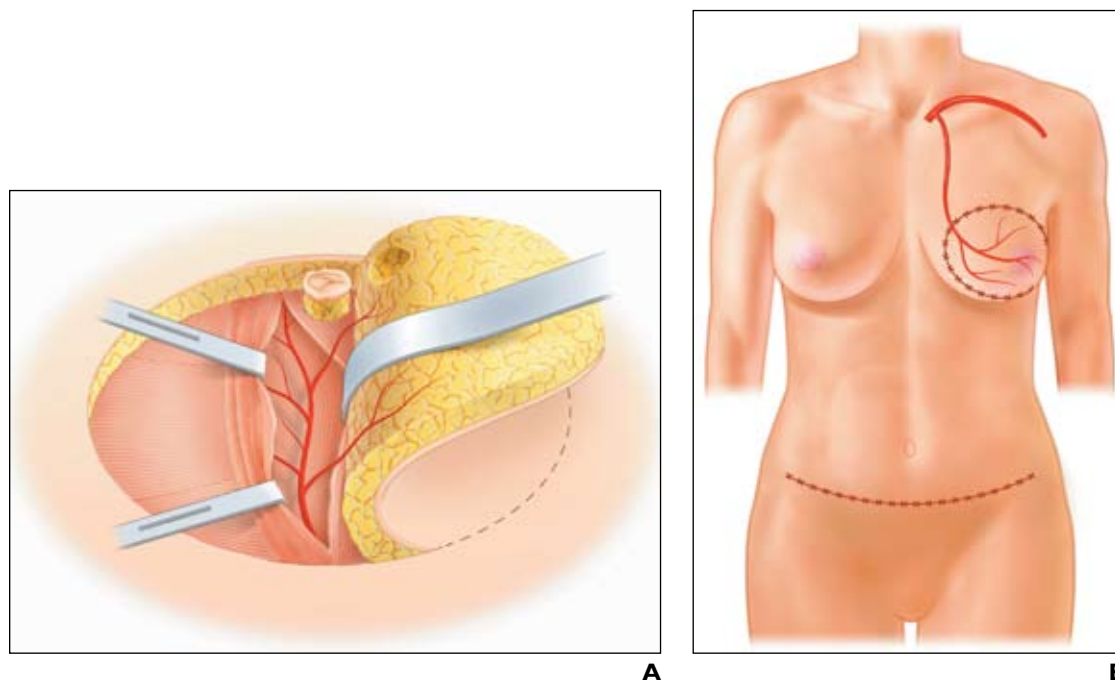


Fig. 2—Deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap for breast reconstruction.

A, Drawing shows DIEP flap being raised.

B, Drawing shows immediate postoperative result after transferring abdominal tissue to chest wall with internal mammary microvascular anastomosis.

MDCT to Plan Breast Reconstruction

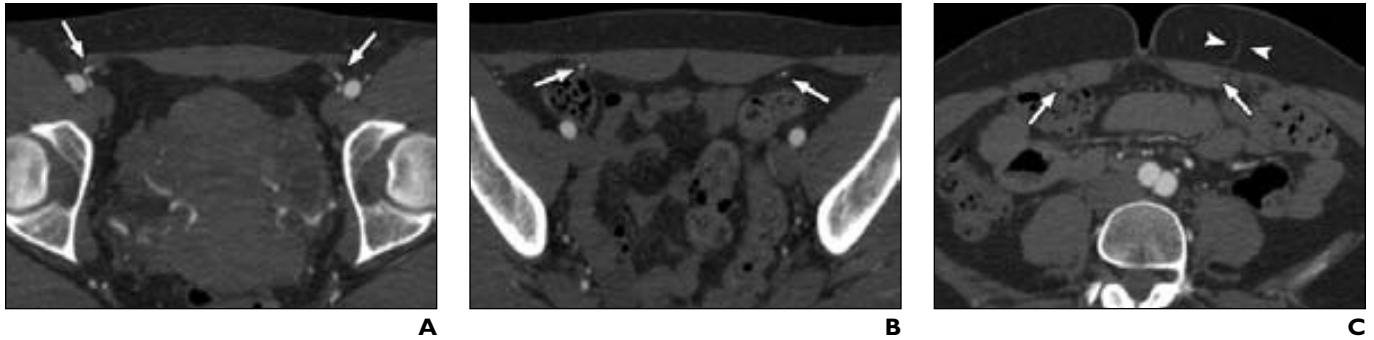


Fig. 3—48-year-old woman undergoing MDCT for preoperative planning of deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap surgery for breast reconstruction. Three axial MDCT images show deep inferior epigastric artery course.

A, Most caudal image shows origin of deep inferior epigastric artery in external iliac artery (*arrows*).

B, More cephalad axial image shows course of deep inferior epigastric artery behind rectus abdominis muscles (*arrows*).

C, Most cephalad image shows intramuscular course of deep inferior epigastric artery (*arrows*). Note perforator vessel (*arrowheads*).

material was mechanically injected (injector TC Missouri XD 2001, Ulrich) at a rate of 4 mL/s through an 18-gauge IV catheter inserted into an antecubital vein. The scanning delay was set by an automatic triggering system (Sure Star, Toshiba Medical Systems). The infrarenal aorta was observed with real-time CT fluoroscopy, and helical acquisition was triggered automatically when the attenuation of the abdominal aorta increased 100 H above the baseline value. Sections were obtained from 5 cm above the umbilicus to the lesser trochanter of the hip in a single breath-hold. Once acquired, the volumetric data were reconstructed with a slice width of 1 mm and a reconstruction interval of 0.9 mm. Multiplanar reformatted images and 3D volume-rendered images were generated on a computer workstation (Vitrea, version 3.0.1, Vital Images).

Image Analysis

The preoperative evaluation was performed at a workstation by a single radiologist experienced in abdominal and musculoskeletal sonography, CT, and MRI. All studies were read prospectively. The results were communicated to the surgeon before surgery.

The course of the deep inferior epigastric artery was studied from its origin at the external iliac artery up to the abdominal subcutaneous fat, with special interest in its muscular course including its principal trunk and branches, to determine the dominant perforator vessel (Fig. 3).

We then studied the different perforating artery branches of the deep inferior epigastric artery and determined the precise exit point through the fascia of the rectus abdominis muscle because this point is part of the dissection plan used to harvest

the flap (Fig. 4). The criteria used to select the dominant perforator vessel were vessel caliber, location, and anatomic relationships with surrounding structures. The vessel with the largest caliber was used. Regarding location, we selected the vessel that allowed a flap design enabling direct, esthetic closure. Regarding anatomic relationships, we selected the perforator vessel with a course that facilitated dissection, such as a short intramuscular course. We also investigated whether the perforator vessel emerged through a tendinous band or through a muscle to select the best surgical dissection technique (Fig. 5).

Assessment of the two veins that accompany the perforating artery was not performed by MDCT because empiric anatomic evidence indicates that the perforator veins are usually found in close contiguity with the arteries [15]. Therefore,

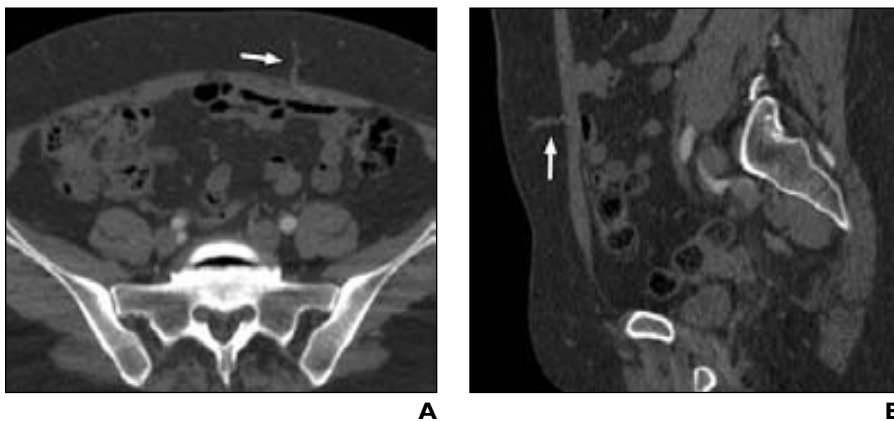


Fig. 4—52-year-old woman undergoing MDCT for preoperative planning of deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap surgery for breast reconstruction.

A and B, Axial (**A**) and sagittal (**B**) reformatted MDCT images show perforator branch (*arrow*) of left deep inferior epigastric artery emerging from rectus sheath.



Fig. 5—59-year-old woman undergoing MDCT for preoperative planning of deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap surgery for breast reconstruction. MDCT image shows perforator vessel emerging through tendinous band (*arrows*).

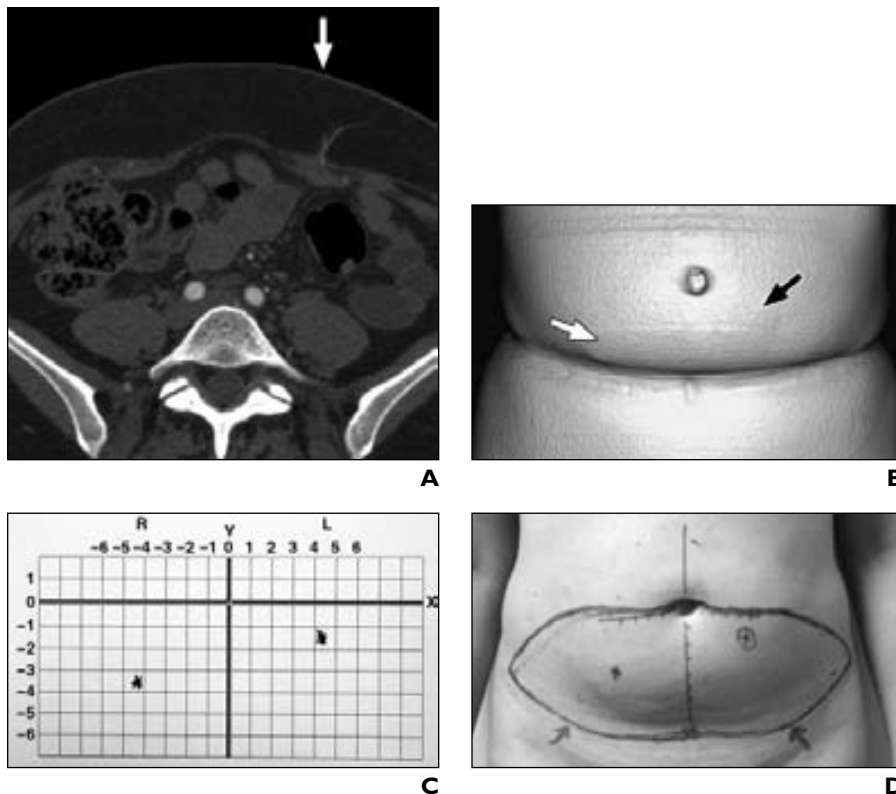


Fig. 6—48-year-old woman undergoing MDCT for preoperative planning of deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap surgery for breast reconstruction.

A and B, Location of largest perforator vessels is shown on axial MDCT image (**A**) and 3D superficial volume-rendered image (**B**). Arrow in **A** indicates cutaneous location of emerging fascial point of largest perforator vessel (*black arrow* in **B**). White arrow in **B** indicates another perforator vessel not seen in **A**.

C, Results of **A** and **B** are reflected in custom-made form.

D, Photograph shows data obtained from MDCT marked on patient's abdominal skin to facilitate intraoperative location.

knowing the artery's position is sufficient to assess the veins' locations. In addition, the radiation dose is reduced by obviating a venous phase.

We performed multiplanar and 3D reconstruction of the abdomen at a workstation to locate the precise point where the perforating arteries emerged from the fascia. Virtual coordinates were placed with the umbilicus as the center to obtain vascular information. The entire abdominal wall was studied, and the three dominant perforator vessels on each hemiabdomen were marked. The day before surgery the flap design was drawn on the patient's skin. Using this simple system of coordinates, the perforator map was transferred to the data registration sheet before transfer to the patient's skin surface (Fig. 6).

In the first 36 patients, the MDCT images obtained before surgery were reviewed after surgery by the same team of a radiologist and a plastic surgeon. In the following 90 patients, a postoperative review was performed only in cases of discrepancies between the radiologic and intraoperative findings.

Surgical Technique

Patients were placed supine with their arms alongside the body. Surgery was performed by two surgical teams: One raised the abdominal flap and the other located and prepared the receptor vessel, which was the internal mammary artery in most cases. One surgeon assessed the surgical findings. Once a perforator vessel was located, it was approached through a natural split on the fascia or by cutting a small buttonhole (3–4 mm) around the vessel. Perforator dissection was performed by isolating the small muscular branches and preserving all motor segmentary nerves. The perforator route was then extended toward the inferior epigastric vessel depending on the length of the pedicle needed. Once the pedicle was totally dissected, the flap was moved to the receptor area where it was anastomosed to the internal mammary vessels under microscopic magnification (Fig. 2).

In the first 36 cases, all perforator vessels were located while the flap was being elevated because these procedures were performed before the use of

preoperative MDCT. The flap was elevated by suprafascial dissection of the entire flap. Once the perforator vessels of a clinically acceptable caliber for microsurgical transfer were dissected, they were located with a ruler in the axes in relation to the umbilicus. Any discrepancy was noted and digital photographs were obtained. The surgical and radiologic results were compared after surgery by the same radiologist and plastic surgeon.

Because the reliability of MDCT to select the dominant perforator vessel was established in the first 36 cases, in the next 90 consecutive cases, the surgeon directly identified and dissected the perforator vessel previously selected using the MDCT images. In this second group of patients, we noted the surgical time and postsurgical complications. The results of this second phase of the study were compared with the results in a prior surgical study of 100 patients without MDCT guidance (Masia J et al., presented at the 2005 III World Society of Reconstructive Microsurgery meeting). The surgical technique was identical for the two groups (90 DIEP flaps from the second phase of our study vs 100 DIEP flaps from the presentation by Masia et al.). In the second group, we were aware of the exact location of the vessel to be dissected. Time keeping was performed in all cases by the same surgical team in an objective fashion.

Surgical complications of the DIEP flaps were measured by observation both during the surgical procedure and clinically in the immediate and midterm (between 24 hours and 6 months) postoperative period. We analyzed the most common intraoperative complication—that is, conversion from DIEP flap to transverse rectus abdominis myocutaneous (TRAM) flap. After

TABLE 1: Complication Rates of Abdominal Perforator Surgery for Postmastectomy Breast Reconstruction Before and After Using MDCT for Preoperative Planning

DIEP Flap Complication	Complication Rate (%)	
	Before MDCT ^a	After MDCT
Partial necrosis (< 20%)	6	2
Partial necrosis (> 20%)	6	0
Total necrosis	4	1
Conversion of DIEP flap to TRAM flap	1	0

Note—DIEP = deep inferior epigastric perforator, TRAM = transverse rectus abdominis myocutaneous.

^aMasia J et al., presented at the 2005 III World Society of Reconstructive Microsurgery meeting).

MDCT to Plan Breast Reconstruction

surgery, fat necrosis of the flap is attributed to a poor vascular supply. In DIEP flaps, if the area of necrosis is larger than 20% of the flap, then there are serious problems in covering the defect or achieving an adequate volume of tissue for breast reconstruction.

Results

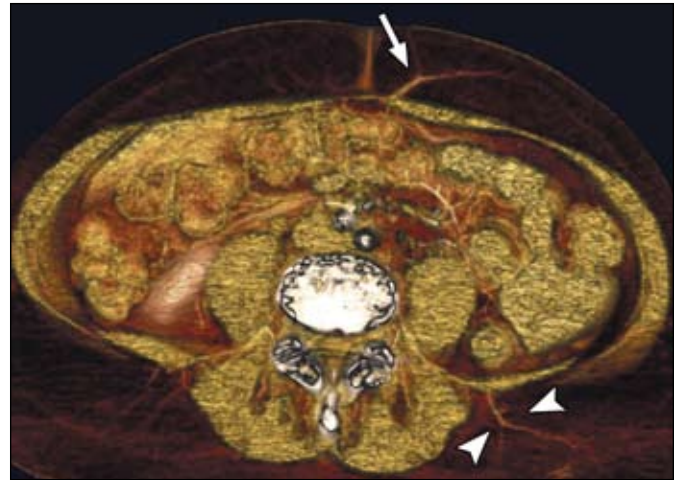
The patients' mean age was 51.8 years. Mean height and weight were 162 cm and 62.3 kg, respectively. All patients underwent breast reconstruction after mastectomy. The majority of patients, 61.9% (78 cases), underwent delayed breast reconstruction, whereas 25.4% (32 cases) of patients had previously undergone conventional breast reconstruction with complications. A third group, 12.7% (16 cases) of patients, underwent breast reconstruction immediately after mastectomy.

The MDCT procedure was technically adequate in all patients and provided the data necessary with optimal arterial opacification to facilitate analysis of the deep inferior epigastric artery and its perforator vessels. In all cases, the deep inferior epigastric artery was correctly visualized from its origins in the external iliac artery. The axial views were of special importance in assessing the artery's route behind and through the rectus abdominis muscle and determining the existence or not of branches within the muscle (Fig. 3).

The axial views and sagittal reconstructions were of great help in the assessment of the perforator vessel (Figs. 4 and 5) to evaluate its dependence on the main trunk or any direct branch of the deep inferior epigastric artery and to delimit its origin on the fascia and its distribution through subcutaneous fat and skin. Rendered reconstructions allow us to mark on the patient's skin the exact point where the perforator vessel emerges through the fascia of the rectus abdominis muscle (Fig. 6).

During the first phase of the study when we aimed to validate the evidence by comparing radiologic data with surgical findings, we did not find any false-positives or false-negatives. In all cases, we compared the radiologic map of the perforator vessels with the intraoperative findings. The predictive value was 100%. By analyzing other potentially suitable perforator vessels, we found one false-negative, which was a misinterpretation of the image probably because the study was performed in an early phase. Regarding localization of the per-

Fig. 7—52-year-old woman with deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap preoperative planning for breast reconstruction. Volume-rendered axial MDCT image shows paramuscular perforator vessel piercing fascia at periumbilical level (arrow). Note left lumbar perforator vessel (arrowheads).



forator vessels, the dominant perforating artery on each hemiabdomen was located in 45 cases (62.5%) in an infraumbilical area from -3 cm in the y-axis and ranging from 5 cm in the left hemiabdomen and -5 cm in the right hemiabdomen.

In the second phase of the study, once we had confirmed that the radiologic and surgical findings matched, we directly located and dissected the dominant perforator vessel. The time elapsed between skin incision and flap elevation decreased significantly. When the surgical time used by the same surgical team for 100 cases before the use of MDCT (Masia J et al., presented at the 2005 III World Society of Reconstructive Microsurgery meeting) was compared with the time taken in the second phase of our study, we found a mean decrease of 1 hour 40 minutes.

Intraoperative conversions of a DIEP flap to a TRAM flap and short- and medium-term postoperative complications (i.e., total or partial necrosis) decreased in comparison with the number of conversions and postoperative complications encountered by the same surgical team before using MDCT (Table 1). The clearest decrease was in postoperative complications, particularly partial necrosis greater than 20%, which was reduced from six cases (6%) before the use of preoperative MDCT to no cases (0%) after the use of MDCT for preoperative planning. As in the first phase, during the second phase we did not find any false-positives or false-negatives for the identification and localization of the dominant perforator vessel.

During the assessment of the MDCT images for each of the 126 studied patients, we located at least one adequate perforator vessel for surgical use. In 93.7% of cases, we

identified two or three potentially suitable perforator vessels on each side of the abdomen. In 6.3%, we found only one suitable perforator vessel in the whole abdomen. Several anatomic findings were particularly relevant to surgeons using this surgical technique. In 9% of the cases, we observed perforator vessels with a totally extramuscular course. These vessels initially followed a retromuscular plane before piercing the muscular fascia in the exact abdominal middle line. They were thus paramuscular perforator vessels rather than musculocutaneous perforator vessels (Fig. 7). We consider these perforator vessels to be ideal because their course facilitates dissection. The mean distance between the umbilicus and the point where the deep inferior epigastric artery became intramuscular was 65 mm for the right hemiabdomen and 82 mm for the left side; both mean distance values had large deviations, supporting the enormous variability of vascular anatomy in this area. The right epigastric artery bifurcated into lateral and medial branches in 58.8% of the patients and remained single in the rest. In the left epigastric artery, the division was observed in 52.8% of the cases. The mean distance between the division point and the umbilicus was 50.45 cm for the right epigastric artery and 50.24 cm for the left. However, the range of values was high, again supporting the high anatomic variability among patients.

We also observed that the selected perforator vessel emerged more often from a tendinous band than from the rectus abdominis muscle fascia—in 52.9% of vessels selected on the right hemiabdomen and in 67.6% on the left hemiabdomen. On the contrary, most of the nonselected perforator vessels emerged directly through the muscle.

Clavero et al.

Our analysis of the distribution of the perforator vessels showed variability not only among individuals but also between the two sides of an individual's abdomen. Symmetric distribution of the perforator vessels on the two sides of the abdomen was seen in only 5.9% of the cases. Symmetry of the dominant perforator vessel on either side of the abdomen was seen in only 14.7% of the patients.

Discussion

As a result of the wider availability of breast screening services, a greater number of breast cancers are diagnosed and a greater number of women undergo mastectomy. Breast reconstruction helps to ease the trauma of cancer, improving psychologic recovery and boosting self-esteem [16]. There are many procedures from which to choose for breast reconstruction after mastectomy. These procedures involve either the use of a breast implant or reconstruction of the breast with autologous tissue. Until recently, synthetic implants were the treatment of choice, but they present considerable limitations. Symmetry is likely affected in the mid- and long-term due to natural changes in the shape and contour of the contralateral breast or changes in body weight. Furthermore, the risk of developing a capsular contracture, a natural reaction to a foreign body, affects 15–25% of patients. This complication not only alters the esthetic outcome but also causes considerable discomfort [17–22]. These consequences can be even greater in patients who have undergone radiation therapy, and cases of prosthetic extrusion have been reported [17]. Finally, prosthetic implants deteriorate over time and may need to be replaced, meaning additional surgery for the patient [18].

Breast reconstruction using the patient's own tissue offers a more natural, softer breast mound, with better symmetry without the need for periodic revisions or additional surgical procedures [22]. The use of autologous tissue is acceptable only if the associated morbidity is low. The first autologous reconstructions used TRAM flaps that included not only skin and subcutaneous fat but also a portion of the rectus abdominis muscle, but this procedure led to functional limitations and an increased risk of abdominal wall hernias. Since Koshima and colleagues [1] and Kroll and Rosenfield [2] reported the results of their studies, new perforator flaps have been developed. These flaps

are based on meticulous dissection of the perforator vessels within the muscle with only skin and subcutaneous fat harvested. In breast reconstruction, the perforator flap that provides similar tissue is known as the "DIEP flap." Because of the anatomic variability of the branches of the deep inferior epigastric artery, having a detailed vascular map of each patient before surgery would be useful.

Doppler sonography is used routinely by surgeons to locate the perforating arteries before perforator flap elevation, and it is the most commonly used technique for the preoperative localization of an individual vessel [10]. There is a good correlation between the audible volume of the signal and the diameter of the perforator vessel; however, Doppler sonography can, at times, be imprecise [11, 12]. It offers only a limited amount of information and cannot distinguish perforator vessels from main axial vessels. The number of false-positives is large, rising to up to 47% in a series [11]. Therefore, the value of Doppler sonography in this setting is questionable. Doppler sonography may also be too sensitive because even minuscule vessels that are not large enough to support a perforator flap can be selected for abdominal perforator surgery.

Color Doppler imaging offers more information than Doppler sonography. It provides a good evaluation of the main axial vessels and their branches and the perforator vessels. Moreover, the caliber and hemodynamic characteristics of the perforator vessels can be observed directly on color Doppler imaging. The high sensitivity and the 100% predictive value of this technique have made it an excellent diagnostic tool in the planning of DIEP flaps [12]. Unfortunately, color Doppler imaging also has some limitations; it is time-consuming for the radiologist to perform and patients are often uncomfortable because they must remain in the same position for nearly 1 hour. It requires the presence of highly skilled sonographers with knowledge of perforator flap surgery. In addition, color Doppler imaging does not provide anatomic images that show the relationship between the perforator vessel and other structures along its route. Regarding MRI, we know of only one reference in the medical literature, and it is a descriptive review of a small number of cases and does not assess the diagnostic value of MRI [14].

With the recent development of MDCT, a considerable number of thin-sliced CT images are obtained in a short time. IV

contrast medium can be injected at high velocities, and excellent images are obtained of the vasculature. The increased spatial resolution offered by MDCT allows highly accurate multiplanar and 3D reconstructed images to be obtained. MDCT has become a valuable diagnostic procedure for assessing abdominal vessels and disorders of the aorta and its major branches [23–26]. Before our preliminary studies [27], the usefulness of MDCT in detecting and evaluating the deep inferior epigastric artery and its abdominal perforator vessels had not been reported. In the present study, we present a considerably larger number of cases, confirm the results from our previous study, and introduce new conclusions that add to the advantages of breast reconstruction surgery using autologous tissues.

Our results confirm that MDCT is a highly suitable test for identifying and locating the dominant abdominal perforator vessel with a 100% positive indicative value and no false-negatives. Specificity was slightly lower for the assessment of other perforator vessels that may be acceptable for surgery; for example, in one case, a suitable perforator vessel was missed on the radiologic study.

From a radiologist's point of view, MDCT is easy to perform and provides unique and valuable information for surgical planning. This technique is easily reproducible and has immediate value for practices in which patients undergoing breast reconstruction are imaged. Radiologists can read these images independently and create standard viewing protocols in cooperation with referring surgeons. The average time needed to read these MDCT studies was 15 minutes, ranging from 10 to 20 minutes.

Before the use of MDCT in the preoperative planning of DIEP flap surgery, the elevation of the flap lasted an average of 4 hours, because this step included dissecting the inferior epigastric vessels, selecting the dominant perforating artery, and dissecting the dominant perforating artery. The ability to detect the dominant perforating artery preoperatively saves considerable time for the surgeon. In our series, the time needed to elevate the flap was halved. The benefits thus extend to the patient and also to reducing costs and conserving resources. In the present series, we also found a clear decrease in the number of postoperative complications, mainly regarding partial necrosis of the flap. Partial necrosis of the flap (larger and smaller than 20%) diminished from 12% in the

MDCT to Plan Breast Reconstruction

previous study of 100 patients to 2% in the 90 patients in the second phase of our study. Therefore, this decrease was due to the preoperative selection of the dominant perforator vessels by MDCT.

If we compare Doppler sonography with MDCT in this setting, we can conclude that the latter has a higher predictive value and is more specific for abdominal perforator mapping. As for color Doppler imaging, despite its higher reliability than Doppler imaging in locating the perforator vessels and assessing their flow, color Doppler imaging does not provide anatomic images that show the surgeon the route and anatomic relationships of the deep inferior epigastric artery and its perforator branches.

Data obtained using MDCT enable surgeons to select a dissection strategy. The dominant perforator vessel can be chosen before surgery on the basis of not only its caliber but also its route and anatomic relationships with surrounding structures. This capability makes the entire procedure safer and faster. In DIEP flap candidates who have undergone previous abdominal surgery, MDCT allows excellent evaluation of postsurgical changes. MDCT also permits anatomic studies, previously feasible only in cadaver dissection, without significant morbidity. Parameters such as differential pressures or the functional state of the vessel can also be well studied without cadaver limitations.

The results of our study confirm the anatomic variability previously reported from cadaver dissections [28, 29] and show that MDCT is a significantly valuable tool for planning of abdominal perforator flap surgery: With the use of preoperative MDCT, operating time can be significantly reduced and surgery can be performed more safely and effectively.

References

1. Koshima I, Soeda S, Yamasaki M, Kyou J. The free or pedicled anteromedial thigh flap. *Ann Plast Surg* 1988; 21:480–485
2. Kroll SS, Rosenfield L. Perforator-based flaps for low posterior midline defects. *Plast Reconstr Surg* 1988; 81:561–566
3. Blondeel N, Vanderstraeten GC, Monstrey SJ, et al. The donor site morbidity of free DIEP flaps and free TRAM flaps for breast reconstruction. *Br J Plast Surg* 1997; 50:322–330
4. Gill PS, Hunt JP, Guerra AB, et al. A 10-year retrospective review of 758 DIEP flaps for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2004; 113:1153–1160
5. Nahabedian MY, Manson PN. Contour abnormalities of the abdomen after breast reconstruction with abdominal flaps: the role of muscle preservation. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109:91–101
6. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1987; 40:113–141
7. Geddes CR, Morris SF, Neligan PC. Perforator flaps: evolution, classification, and applications. *Ann Plast Surg* 2003; 50:90–99
8. Allen RJ, Treece P. Deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 1994; 32:32–38
9. Guerra AB, Metzinger SE, Bidros RS, et al. Bilateral breast reconstruction with deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap. *Ann Plast Surg* 2004; 52:246–252
10. Taylor GI, Doyle M, McCarten G. The Doppler probe for planning flaps: anatomical study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1990; 43:1–16
11. Giunta RE, Geisweid A, Feller M. The value of preoperative Doppler sonography for planning free perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2000; 105:2381–2386
12. Blondeel PN, Beyens G, Verhaeghe R, et al. Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps. *Br J Plast Surg* 1998; 51:202–209
13. Hallock GG. Doppler sonography and colour duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plastic Surg* 2003; 30:347–357
14. Ahn CY, Narayanan K, Shaw WW. In vivo anatomic study of cutaneous perforators in free flaps using magnetic resonance imaging. *J Reconstr Microsurg* 1994; 10:157–163
15. El-Mrakby HH, Milner RH. The vascular anatomy of the lower anterior abdominal wall: a microdissection study on the deep inferior epigastric vessels and the perforator branches. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109:539–547
16. Rosenquist S, Sandelin K, Wickman M. Patients' psychological and cosmetic experience after immediate breast reconstruction. *Eur J Surg Oncol* 1996; 22:262–266
17. Spear SL, Onyewu C. Staged breast reconstruction with saline-filled implants in the irradiated breast: recent trend and therapeutic implications. *Plast Reconstr Surg* 2000; 105:930–942
18. Benediktsson K, Perbeck L. Capsular contracture around saline-filled and textured subcutaneously-placed implants in irradiated and non-irradiated breast cancer patients: five years of monitoring of a prospective trial. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59:27–34
19. Brown MH, Shenker R, Silver SA. Cohesive silicone breast implants in aesthetic and reconstructive breast surgery. *Plast Reconstr Surg* 2005; 116:768–779
20. Cordeiro PG, Pusic AL, Disa JJ, McCormick B, VanZee K. Irradiation after immediate tissue expander/implant breast reconstruction: outcomes, complications, aesthetic results, and satisfaction among 156 patients. *Plast Reconstr Surg* 2004; 113:877–881
21. Clough KB, O'Donoghue JM, Fitoussi AD, Vlastos G, Falcou MC. Prospective evaluation of late cosmetic results following breast reconstruction. II. TRAM flap reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2001; 117:1710–1716
22. Handel N, Jensen JA, Blacq Q, Waisman JR, Silverstein MJ. The fate of breast implants: a critical analysis of complications and outcomes. *Plast Reconstr Surg* 1995; 96:1521–1533
23. Lawler LP, Fishman EK. Multidetector row computed tomography of the aorta and peripheral arteries. *Cardiol Clin* 2003; 21:607–629
24. Horton KM, Fishman EK. Multidetector CT angiography of pancreatic carcinoma. I. Evaluation of arterial involvement. *AJR* 2002; 178:827–831
25. Kamel IR, Kruskal JB, Pomfret EA, Keogan MT, Warmbrand G, Raptopoulos V. Impact of multidetector CT on donor selection and surgical planning before living adult right lobe liver transplantation. *AJR* 2001; 176:193–200
26. Fishman EK. From the RSNA refresher courses: CT angiography—clinical applications in the abdomen. *RadioGraphics* 2001; 21:S3–S16
27. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, Alomar X, Pons G, Serret P. Multidetector-row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59:594–599
28. Kikuchi N, Murakami G, Kashiwa H, Homma K, Sato TJ, Ogino T. Morphometrical study of the arterial perforators of the deep inferior epigastric perforator flap. *Surg Radiol Anat* 2001; 23:375–381
29. Heitmann C, Felmerer G, Durmus C, Matejic B, Ingianni G. Anatomical features of perforators blood vessels in the deep inferior epigastric perforator flap. *Br J Plast Surg* 2000; 53:205–208

4

Discusión

4

Discusión

La introducción de los colgajos de perforantes durante los años 90 ha conllevado un aumento importante de las posibilidades reconstructivas para nuestros pacientes. Hoy en día podemos afirmar sin duda alguna que son de primera elección para la mayoría de las indicaciones de nuestra especialidad, desde la cirugía de cabeza y cuello, pasando por las reconstrucciones de extremidades hasta la consolidada reconstrucción mamaria.

A lo largo de estos últimos años han ido apareciendo numerosos colgajos, a pesar de ello, el territorio abdominal y el eje vascular de la epigástrica inferior profunda siguen siendo una de las áreas donantes más importantes de colgajos de perforantes. El colgajo DIEP representa el colgajo de perforantes por excelencia por sus múltiples indicaciones, versatilidad y características técnicas de su disección.

Como hemos visto en la introducción, la característica principal de estos colgajos es la enorme variabilidad anatómica de las perforantes. No solo por su calibre y tamaño, sino también por la distribución y número en cada uno de los diferentes territorios cutáneos. Estas diferencias anatómicas no solo las tenemos entre diferentes individuos sino que también las evidenciamos a nivel intra-individual, es decir no tenemos las mismas perforantes en el hemicuerpo derecho que en el izquierdo.

En los colgajos de perforantes abdominales los puntos clave de una correcta planificación preoperatoria serían:

- Definir, de la forma más precisa posible, la anatomía de nuestra perforante (localización, trayecto intramuscular, ramificación intratisular, etc). Debe realizarse el estudio de las perforantes con el paciente en la misma posición en que va ser operado, ya que los cambios de posición pueden alterar la localización de estas perforantes.

- Valorar posibles alteraciones anatómicas provocadas por cirugías previas o secuelas cicatriciales, así como variaciones anatómicas de la normalidad.
- Planificar el posible uso y preservación de alternativas vasculares para poder afrontar complicaciones. Mantener venas superficiales u otras perforantes hasta el final de la cirugía.

La selección de la perforante más adecuada la haremos en función de los siguientes criterios:

- Calibre y pulsabilidad de la perforante. Es importante poder analizar estos aspectos antes de iniciar la disección, ya que a veces la manipulación de la misma puede ocasionar vasoespasmo y dificultar una correcta valoración. Si tenemos dudas con la valoración clínica podemos usar un Doppler de ultrasonidos con una sonda intraoperatoria.
- Adecuada localización de la perforante en el contexto del tejido a transferir. Es recomendable que esté lo más centrada posible para poder profundir correctamente todo el tejido.
- Elegiremos la perforante con el menor trayecto intramuscular posible, para lesionar lo menos posible el músculo con nuestra manipulación y para que la disección sea lo menos tediosa posible.

Es sencillo entender que un método fiable para el mapeo y estudio preoperatorio de las perforantes es esencial para este tipo de colgajos ya que son colgajos de unas dimensiones considerables y con una densidad de perforantes muy variables. El abdomen es la zona dadora del cuerpo que nos ofrece el colgajo de mayores dimensiones con un cierre primario. En otro tipo de colgajos de perforantes, como por ejemplo el colgajo anterolateral del muslo²⁴, en el cual las dimensiones son más limitadas (12-18 x 6-8 cm) y el plexo vascular subdérmico es muy rico, no es tan importante seleccionar siempre la mejor perforante ya con cualquier vaso de un tamaño aceptable podemos garantizar una vascularización adecuada (Fig. 27). Por tanto en este otro tipo de colgajos, únicamente con una incisión exploratoria y la valoración intraoperatoria es suficiente.

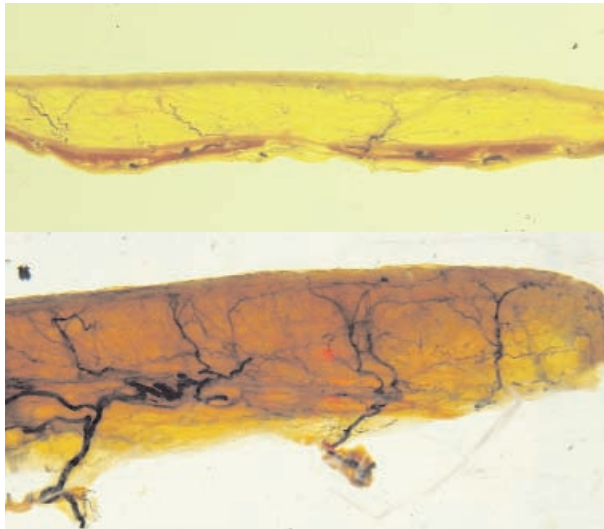


Figura 27: Transparentación de la pared anterior del abdomen (foto superior) y de un colgajo anterolateral de muslo (foto inferior). Nótese la diferencia de densidad de perforantes y de interconexiones subdérmicas.

Como hemos visto en el Capítulo de Introducción, hasta que empezamos a trabajar con el TAC de multidetectores no disponíamos de ningún método de mapeo ideal. La aparente sencillez y universalidad del Doppler de ultrasonidos contrastaba con sus limitaciones y el considerable índice de falsos positivos²¹. En cambio la precisión y valor predictivo del Doppler Duplex estaba limitada por la dependencia del operador y por el tiempo de exploración, a parte del inconveniente que puede presentar para algunos cirujanos la lectura de imágenes ecográficas en vez de imágenes anatómicas.

Tal como ha quedado demostrado en los diversos trabajos publicados y que forman el Capítulo de Material y Método, las ventajas del TAC de multidetectores en el mapeo de perforantes son:

- Valor predictivo del 100%, se detectan todas las perforantes que existen.
- Excelente valoración cualitativa del área quirúrgica. Nos permite no solo estudiar el transcurso intramuscular y las relaciones de la perforante que vamos a disecar sino que también visualizamos perfectamente cualquier posible cambio provocado por una cirugía previa o una variación anatómica. Podemos estudiar con una precisión excelente los vasos epigástricos inferiores superficiales y la circunfleja iliaca superficial, determinando preoperatoriamente si la paciente es o no es tributaria de realizar un colgajo SIEA o SCIP.

- Bajo consumo de tiempo por paciente. El tiempo de adquisición de imágenes es 12", por tanto una exploración completa con la colocación de una vía endovenosa para el contraste no va más allá de los 15'-20'.
- Fácil interpretación. Al utilizar imágenes anatómicas es sencillo para los cirujanos plásticos poder leer la información. A parte de tener el informe del radiólogo con las coordenadas exactas de la localización de las perforantes, se suele entregar un CD autoejecutable (e-Film Medical Inc., Toronto, Canada) para cualquier ordenador donde podemos encontrar toda la exploración axial, sagital y coronal, así como las imágenes más interesantes de la reconstrucción tridimensional. La disponibilidad del CD interactivo permite la revisión de la anatomía quirúrgica del paciente antes y durante la cirugía, ofreciendo al cirujano la posibilidad de realizar una disección casi virtual.
- Reproducibilidad. La exploración completa esta disponible para revisarla en cuanto se necesite, de esta manera es posible comprobar la existencia o no de cualquier variación respecto a los hallazgos intraoperatorios.

A parte de estas ventajas podemos asegurar que el hecho de valorar de forma tan precisa la anatomía de las perforantes así como sus ramificaciones intratisulares en cada paciente ayudan a entender mejor la fisiología de estos colgajos pudiendo anticipar y prevenir complicaciones. Conceptos que antes habían sido estudiados con modelos de cadáver inyectado con una dudosa fiabilidad en cuanto a la reproducción de las condiciones fisiológicas³³⁻³⁴, ahora podemos aceptarlos o modificarlos con rigor ya que los estudios por imagen nos dan la información que antes desconocíamos. Un ejemplo sería el concepto de conexión entre el sistema epigástrico inferior profundo y el superficial a través de la perforante dominante (Fig. 28).



Figura 28: Visión sagital de una pared abdominal donde vemos marcado en una flecha rosa la perforante periumbilical elegida. Las dos flechas amarillas señalan el sistema epigástrico superficial y el profundo, se ve perfectamente como comunican a través de la perforante dominante.

Para casos de complejidad elevada o en pacientes que hayan sufrido muchas cirugías, donde sea necesaria una planificación muy especial del colgajo, podemos solicitar a nuestro radiólogo que nos defina con máxima precisión el tejido a transferir definiendo perfectamente el pedículo con sus ramificaciones dentro del colgajo (Fig. 29).

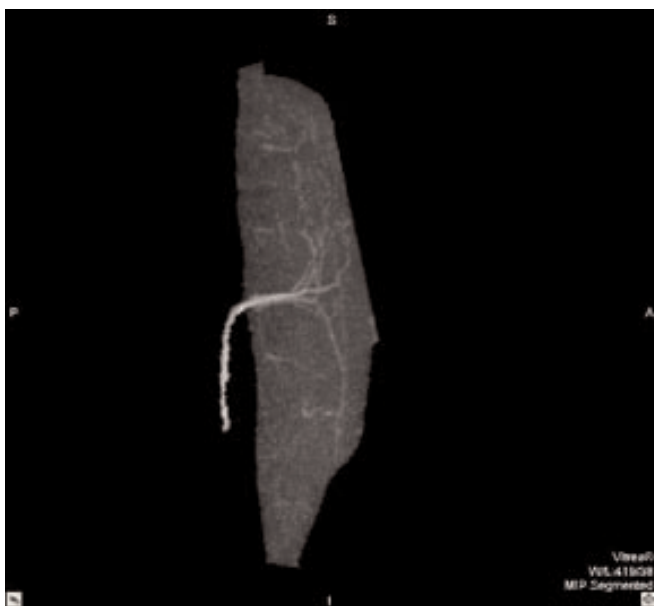


Figura 29: Reconstrucción tridimensional en MIP con extracción del músculo recto abdominal y de la piel. Es decir una reconstrucción 3D de un colgajo DIEP adiposo donde apreciamos toda la ramificación de la perforante.

Los inconvenientes del TAC de multidetectores son derivados exclusivamente de la tecnología, ya que su fiabilidad para el estudio de las perforantes es del 100%. En el año 2003 cuando iniciamos el estudio, este tipo de TAC podía considerarse como sofisticado, por aquel entonces en el Estado Español solo había unos pocos TACs de multidetectores de 16 coronas. Actualmente este tipo de tecnología se encuentra disponible en la mayoría de centros sanitarios, incluso en hospitales de segundo nivel. Para realizar el mapeo de perforantes no necesitamos un TAC de 64 coronas, obtenemos prácticamente las mismas imágenes con uno de 16 o incluso de 4 coronas.

Otro inconveniente técnico es la necesidad de contraste endovenoso, ya que para visualizar correctamente el trayecto intramuscular es imprescindible. En pacientes alérgicas, podemos hacer el estudio sin contraste pero solo podremos localizar las perforantes a nivel suprafascial limitando la información sobre nuestras perforantes. El contraste conlleva el encarecimiento del estudio, la incomodidad de la veno-punción, la posibilidad de efectos secundarios y adversos, así como el riesgo de la extravasación del mismo.

La radiación que provoca el TAC sigue siendo el principal de los inconvenientes. A pesar de que limitemos el campo de irradiación solo a la zona abdominal que vamos a utilizar, es decir, de troncánter mayor a extremo distal de xifoideas, la dosis que recibe el paciente es de 5.6 mSv. Esta dosis es incluso menor que la de un estudio hepático abdominal, pero sería conveniente reducirla o eliminarla. Nosotros intentamos en pacientes que han sufrido un cáncer de mama, aprovechar los TACs abdominales que se solicitan por el seguimiento oncológico para realizar los estudios de extensión o control y así evitar duplicar exploraciones de forma innecesaria.

El último de los inconvenientes, pero no menos importante es el coste de la exploración. En nuestro entorno, el precio aproximado de este tipo de estudio es de unos 300-400 €. Si lo comparamos con el coste insignificante del Doppler de ultrasonidos, el incremento que supone es considerable. Comparándolo con el Doppler Duplex la diferencia es mínima debido a la duración de la misma también supone un coste sanitario considerable.

Cuando analizamos los resultados finales obtenidos con la aplicación de este tipo de mapeo versus los resultados de la cirugía que realizábamos antes de su aplicación, tal como hemos expuesto en los diversos trabajos publicados, evidenciamos una

importante reducción del tiempo quirúrgico (1h 40') y un significativo descenso de las complicaciones. Por tanto el análisis de costes final es más que positivo para el uso de este tipo de tecnología.

Para terminar esta discusión podemos afirmar que ha quedado ampliamente demostrado que el TAC de multidetectores es un método fiable para la localización correcta de la perforante más adecuada para realizar la cirugía de los colgajos de perforantes abdominales. En la literatura encontramos recientes publicaciones de equipos que están utilizando la técnica de mapeo que ha generado esta tesis reiterando la misma afirmación⁶⁰⁻⁶⁶.

A pesar de ello no podemos concluir que es el método ideal ya que deberíamos mejorar sus dos principales inconvenientes, debería no irradiar y poder prescindir de contraste. Por tanto debemos aceptar que, aunque es y ha sido el mejor sistema de mapeo hasta el momento, existe la posibilidad que muy pronto sea superada por una nueva tecnología que no irradie y no precise contraste.

Continuando con esta línea de investigación y con el objetivo de encontrar el método ideal para la planificación preoperatoria de las perforantes, en el año 2005 iniciamos unos trabajos con resonancia nuclear magnética. En 1992, antes del inicio de los colgajos de perforantes, un grupo de la Universidad de California encabezado por C. Ahn⁶⁷ estudió la aplicación de la resonancia magnética nuclear para la planificación de los colgajos miocutáneos microquirúrgicos. La conclusión fue que este tipo de tecnología podía ser útil para mejorar el conocimiento de la localización y distribución de las perforantes cutáneas, y poder optimizar la supervivencia de la isla cutánea en los colgajos libres miocutáneos.

Desde entonces, un solo trabajo ha sido publicado en la literatura, realizado en el año 2007 por E. Fukaya de la Tokyo Women's Medical University⁶⁸, donde analizan las posibilidades de la RMN para el estudio de las perforantes septocutáneas en la disección del colgajo óseo de peroné libre. La conclusión era que la RMN da suficiente información para localizar perfectamente las perforantes septocutáneas. Hasta el momento hemos estado trabajando con RMN de 1.5 Tesla y 3 Tesla, a pesar de que en ciertos aspectos podemos conseguir el mismo tipo de información y un valor predictivo del 100%, podemos afirmar que por ahora los inconvenientes superan las ventajas.

La RMN como método de mapeo de perforantes no se utiliza en ningún centro conocido. Forma parte de una de nuestras líneas actuales de investigación, por tanto por estar aún pendiente la finalización de estos trabajos y al no formar parte del objetivo de esta tesis, creemos apropiado no profundizar en la comparación de ambas técnicas. Esperamos continuar trabajando en esta línea y muy pronto presentar los resultados finales de esta prometedora pero todavía potencial tecnología.

5

Conclusiones

5

Conclusiones

Podemos afirmar que ha quedado demostrada la hipótesis formulada, el TAC de multidetectores es un método de mapeo fiable para el estudio preoperatorio de las perforantes abdominales, permitiendo localizar correctamente la perforante más adecuada para la vascularización del colgajo dermo-graso abdominal que vamos a transferir.

No solo es un procedimiento con un valor predictivo del 100% sino que es aplicable en nuestro entorno asistencial ya que permite estudiar a los pacientes en muy poco tiempo. Después de analizar el coste con las ventajas que aporta el balance es totalmente positivo.

Estas técnicas de imagen han significado un gran avance en la cirugía de perforantes ya que aumentan las posibilidades reconstructivas permitiendo que podamos elegir siempre la mejor perforante para cada caso, reduciendo el tiempo quirúrgico y la posibilidad de complicaciones. En definitiva disminuye la probabilidad de omitir el vaso adecuado que podría ser la solución óptima a nuestro problema reconstructivo.

Esta técnica de mapeo de perforantes convierte la cirugía de perforantes en un procedimiento más rápido, fácil y seguro para los pacientes. Para el cirujano a comportado una reducción del stress quirúrgico, ya que permite disponer de una información que antes no conocíamos.

Conclusión Final:

El TAC de multidetectores es un método fiable y aplicable para la planificación de los colgajos de perforantes abdominales. Permite la localización de la perforante dominante para conseguir la mejor vascularización en el tejido que se va a transferir. Ha significado una contribución muy importante para la optimización de este tipo de cirugía reduciendo el tiempo operatorio y la posibilidad de complicaciones. En definitiva, convirtiendo la cirugía de los colgajos de perforantes en una cirugía más fácil y segura.

6

Bibliografía

6

Bibliografía

1. Mathes SJ, Nahai F. Classification of the Vascular Anatomy of Muscles: Experimental and Clinical Correlation. *Plast Reconstr Surg* 1981; 67: 177-187.
 2. The arterial anatomy of skin flaps. GC Cormack, BH Lamberty. Churchill Livingstone Edinburgh 1st Ed. 1986, 2nd Ed. 1994.
 3. Manhot C. Die Hautartien des menschlichen Körpers. FCW Vogel, Leipzig, 1889.
 4. Salmon M. Artères de la Peau. Masson, Paris, 1936.
 5. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 40: 113-141, 1987.
 6. Geddes CR, Morris SF, Neligan PC. Perforator flaps: evolution, classification, and applications. *Ann Plast Surg* 2003; 50: 90-99.
 7. Koshima I, Soeda S. Inferior epigastric artery skin flap without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg* 42: 645, 1989.
 8. Koshima I, Inagawa K, Urushibara K, et al. Paraumbilical perforator flap without deep inferior epigastric vessels. *Plast Reconstr Surg*. 102: 1052-1057, 1998.
 9. Chang N, Mathes SJ. A comparison of the effect of bacterial inoculation in musculocutaneous and random pattern flaps. *Plast Reconstr Surg* 70: 1-9, 1982.
 10. Mathes S. The muscle flap for management of osteomyelitis. *N Engl J Med* 306: 294-295, 1982.
 11. Verhelle N, Vranckx J, Van den Hof B, et al. Bone exposure in the leg: is a free muscle flap mandatory? *Plast Reconstr Surg* 116: 170-177, 2005.
 12. Duffy F, Brodsky J, Royer C. Preliminary experience with perforator flaps in reconstruction of soft tissue defects of the foot and ankle. *Foot & Ankle Int* 26: 191-197, 2005.
 13. Zweifel-Schlatter M, Haug M, Schaefer DJ, et al. Free fasciocutaneous flaps in the treatment of chronic osteomyelitis of the tibia: a retrospective study. *J Reconstr Microsurg* 22: 41-47, 2006.
 14. Yazar S, Lin C, Lin Y, et al. Outcome comparison between free muscle and free fasciocutaneous flaps for reconstruction of distal third and ankle traumatic open tibial fractures. *Plast Reconstr Surg* 117: 2468-2475, 2006.
 15. Bartlett SP, May JW, Yaremchuck MJ, et al. The latissimus dorsi muscle: a fresh cadaver study of the primary neurovascular pedicle. *Plast Reconstr Surg* 67: 631-636, 1981.
 16. Rowsell AR, Eisenberg N, Davies DM, et al. The anatomy of the thoracodorsal artery within the latissimus dorsi muscle. *Br J Plast Surg* 39: 206-209, 1986.
-

17. Rowsell AR, Davies DM, Eisenberg N., et al. The anatomy of the subscapular-thoracodorsal arterial system: study of 100 cadaver dissections. *Br J Plast Surg* 37: 574-576, 1984.
 18. Heitmann C, Guerra A, Metzinger SW, et al. The thoracodorsal artery perforator flap: anatomic basis and clinical application. *Ann Plast Surg* 51: 23-29, 2003.
 19. Wei FC., Mardini S. Free style free flaps. *Plast Reconstr Surg* 114: 910-916, 2004.
 20. Blondeel PN, Van Landuyt K, Monstrey S, et al. The "Gent" consensus on perforator flap terminology: Preliminary definitions. *Plast Reconstr Surg* 112: 1378, 2003.
 21. Hallock GG. Doppler sonography and color duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plast Surg* 30:347-357, 2003.
 22. Allen RJ, Treece P. Deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 1994;32: 32-38.
 23. Song YG, Chen GZ, Song YL. The free thigh flap: A new free flap concept based on the septocutaneous artery. *Br J Plast Surg* 37: 149, 1984.
 24. Wei F C, Jain V, Celik N et al. Have we found an ideal soft tissue flap? An experience with 672 anterolateral thigh flaps. *Plast Reconstr Surg* 109: 2219, 2002.
 25. Allen RJ, Tucker Jr C. Superior gluteal artery perforator free flap for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1995;95:1207-1212.
 26. Angrigiani C, Grilli D, Siebert J. Latissimus dorsi musculocutaneous flap without muscle. *Plast Reconstr Surg* 1995;96:1608-1614.
 27. Masia J, Moscatiello F et al. Our experience in lower limb reconstruction with perforator flaps. *Ann Plast Surg* 2007;58: 507-512.
 28. Taylor I, Corlett R, Boyd JB. The extended deep inferior epigastric flap: a clinical technique. *Plast Reconstr Surg* 1983;72:751-765.
 29. Grotting JC. The free abdominoplasty flap for immediate breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 27:351-354, 1991.
 30. Volpe AG, Rothkopf DM, Walton RL. The versatile superficial inferior epigastric flap for breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 32:113-117, 1994.
 31. Koshima I, Nanba Y, Tsuisui T et al. Superficial circumflex iliac artery perforator flap for reconstruction of limb defects. *Plast Reconstr Surg* 113(1):233-40, 2004.
 32. Milloy FJ, Anson BJ, McAfee DK et al. The rectus abdominis muscle and the epigastric arteries. *Surg Gynecol Obstet* 1960; 110: 293-302.
 33. Moon HK, Taylor GI. The vascular anatomy of rectus abdominis musculocutaneous flap based on the deep superior epigastric system. *Plast Reconstr Surg* 1988; 82: 815-29.
 34. Itoh Y, Arai K. The deep inferior epigastric artery free skin flap: anatomic study and clinical application. *Plast Reconstr Surg* 1993 Apr; 91(5):853-63; discussion 864.
 35. Blondeel PN, Beyens G, Verhaeghe R, et al. Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps. *Br J Plast Surg* 1998; 51:202-209.
-

36. Heitmann C, Felmerer G, Durmus C et al. Anatomical features of perforator blood vessels in the deep inferior epigastric perforator flap. *Br J Plast Surg* 2000; 53:205-8.
 37. El-Mrakby HH, Milner RH. The vascular anatomy of the lower anterior abdominal wall: a microdissection study on the deep inferior epigastric vessels and the perforator branches. *Plast Reconstr Surg* 2003; 112(1):341-3.
 38. Kikuchi N, Murakami G, Kashiwa H, et al. Morphometrical study of the arterial perforators of the deep inferior epigastric perforator flap. *Surg Radiol Anat* 2001; 23:375-381.
 39. Vandervoort M, Vranckx JJ, Fabre B, et al. Perforator topography of the deep inferior epigastric perforator flap in 100 cases of breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109: 1912-18.
 40. Tregaskiss AP, Goodwin AN, Acland RD. The cutaneous arteries of the anterior abdominal wall: a three-dimensional study. *Plast Reconstr Surg* 2007; 120(2): 442-50.
 41. Blondeel PN, Boeckx WD. Refinements in free flap breast reconstruction: the free bilateral deep inferior epigastric perforator flap anastomosed to the internal mammary artery. *Br J Plast Surg* 1994;47:495-501.
 42. Craigie JE, Allen RJ, DellaCroce FJ, Sullivan SK. Autogenous breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator flap. *Clin Plast Surg* 2003 Jul;30(3):359-69. Review.
 43. Van Landuyt K, Blondeel P, Hamdi M, Tonnard P, Verpaele A, Monstrey S. The versatile DIEP flap: its use in lower extremity reconstruction. *Br J Plast Surg*. 2005 Jan;58(1):2-13.
 44. Arnez ZM, Khan U, Pogorelec D, Planinsek F. Breast reconstruction using the free superficial inferior epigastric artery (SIEA) flap. *Br J Plast Surg*. 1999 Oct;52(7):599.
 45. Arnez ZM, Khan U, Pogorelec D, Planinsek F. Rational selection of flaps from the abdomen in breast reconstruction to reduce donor site morbidity. *Br J Plast Surg*. 1999 Jul;52(5):351-4.
 46. Granzow JW, Levine JL, Chiu ES, Allen RJ. Breast reconstruction using perforator flaps. *J Surg Oncol*. 2006 Nov 1;94(6):441-54. Review.
 47. Becker C, Assouad J, Riquet M, Hidden G. Postmastectomy lymphedema: long-term results following microsurgical lymph node transplantation. *Ann Surg*. 2006 Mar;243(3):313-5.
 48. Blondeel PN. "One hundred free DIEP flap breast reconstructions: a personal experience". *Br J Plast Surg* 1999 ;52(2):104.
 49. Taylor GI, Doyle M, McCarten G. The Doppler probe for planning flaps: anatomical study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1990; 43(1): 1-6.
 50. Giunta RE, Geisweid A, Feller AM. The value of preoperative Doppler sonography for planning free perforator flaps. *Plast Reconstr Surg*. 2000 Jun;105(7):2381-6.
 51. Khan UD, Miller JG. Reliability of handheld Doppler in planning local perforator-based flaps for extremities. *Aesthetic Plast Surg* 2007; 31(5):521-5.
 52. Yu P, Youssef A. Efficacy of handheld Doppler in preoperative identification of the cutaneous perforators in the anterolateral thigh flap. *Plast Reconstr Surg*. 2006; 118(4): 928-33.
-

-
53. Rubin GD, Shiau MC, Schmidt AJ et al. Computed tomographic angiography: historical perspective and new state-of-the-art using multi detector-row helical computed tomography. *J Comput Assist Tomogr.* 1999 Nov;23 Suppl 1:S83-90.
 54. Voet DVAM, Petrovic M. Preoperative planning: Ultrasound evaluation of perforator vessels. In Blondeel PN, Morris SF, Hallock GG, Neligan PC editors. *Perforator flaps. Anatomy, technique and clinical applications.* St Louis: Quality Medical Publishing; 2006: 92-102.
 55. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology.* 2000; 215:55-62.
 56. Rubin GD. Data explosion: the challenge of multidetector-row CT. *Eur J Radiol.* 2000 Nov;36(2):74-80.
 57. Rubin GD. Techniques for performing multidetector-row computed tomographic angiography. *Tech Vasc Interv Radiol* 2001 Mar; 4(1): 2-14.
 58. Rubin GD. 3-D imaging with MDCT. *Eur J Radiol.* 2003 Mar;45 Suppl 1:S37-41.
 59. Vogl TJ, Abolmaali ND, Diebold T et al. Techniques for the detection of coronary atherosclerosis: multi-detector row CT coronary angiography. *Radiology.* 2002 Apr; 223(1): 212-20.
 60. Hamdi M, Van Landuyt K, Hedent EV, et al. Advances in Autogenous Breast Reconstruction. The Role of Preoperative Perforator Mapping. *Ann Plast Surg* 58: 18, 2007.
 61. Rosson GD, Williams CG, Fishman EK, et al. 3D angiography of abdominal wall vascular perforators to plan DIEAP flaps. *Microsurgery* 27: 641, 2007.
 62. Tregaskiss AP, Goodwin AN, Acland R. The Cutaneous Arteries of the Anterior Abdominal Wall: A Three-Dimensional Study. *Plast Reconstr Surg* 120:442, 2007.
 63. Ribuffo D, Atzeni M, Corrias F. Preoperative Angio-CT Preliminary Study of the TRAM Flap After Selective Vascular Delay. *Ann Plast Surg* 59: 611, 2007.
 64. Rozen WM, Phillips TJ, Ashton MW, et al. Preoperative Imaging for DIEA Perforator Flaps: A Comparative Study of Computed Tomographic Angiography and Doppler Ultrasound. *Plast Reconstr Surg* 121:9, 2008.
 65. Uppal RS, Casaer B, Van Landuyt K, Blondeel P. The efficacy of preoperative mapping of perforators in reducing operative times and complications in perforator flap breast reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2008 May 18. [Epub ahead of print].
 66. Rozen WM, Ashton MW, Grinsell D, et al. Establishing the case for CT angiography in the preoperative imaging of abdominal wall perforators. *Microsurgery.* 2008 Jun 6. [Epub ahead of print].
 67. Ahn CY, Narayanan K, Shaw WW. In vivo anatomic study of cutaneous perforators in free flaps using magnetic resonance imaging. *J Reconstr Microsurg.* 1994 May;10(3):157-63.
 68. Fukaya E, Grossman RF, Saloner D, et al. Magnetic resonance angiography for free fibula flap transfer. *J Reconstr Microsurg.* 2007 May;23(4):205-11.
-

Anexo

**Reuniones científicas internacionales
donde se han presentado
los resultados de esta Tesis**

Anexo

Reuniones científicas internacionales donde se han presentado los resultados de esta Tesis

1. Masia J, Clavero JA, Pons G et al. Multidetector-row in the planning of abdominal perforator flaps. Proceedings of the **8th International Course on Perforator Flaps** in Sao Paulo, Brasil. 5-7 September 2004. p. 69
 2. Masia J, Clavero JA, Pons G et al. Multi-detector row CT in the planning of the abdominal perforator flaps. Proceedings of the **16th Annual Meeting of EURAPS (European Association of Plastic Surgeons)** in Marseille, France. 26-27 May 2005. p. 43-44
 3. Masia J, Clavero JA. Workshop on Multi-detector row CT in the planning of the abdominal perforator flaps. **9th International Course on Perforator Flaps**. Barcelona, 4-7 Octubre 2005.
 4. Masia J, Clavero JA. New imaging techniques in the preoperative planning of abdominal perforator flaps. Presented at the **III Congress of the World Society for Reconstructive Microsurgery** in Buenos Aires, Argentina. 23-25 October 2005.
 5. Masia J. Preoperative mapping of perforator Flaps. **10th International Course on Perforator Flaps**. Ankara, Turkey. 4-7 September 2006.
 6. Masia J, Clavero JA. Preoperative Planning of the Abdominal Perforator Flaps with the Multi-Detector CT Scan (MDCT): 3 Years of Experience. Proceedings of the **23rd Annual Meeting of the American Society of Reconstructive Microsurgery** in Rio Grande, Puerto Rico. 13-16 January 2007. p.140.
 7. Masia J. Preoperative mapping of perforator Flaps. **Dansk Mikrokirurgisk Selskab**. Arsmode, Denmark. 29-30 de Marzo 2007.
 8. Masia J. Preoperative perforator mapping: New imaging techniques (Multidetector CT/MR). **Norsk Plastikkirurgisk Forening**. Clarion Hotel Stavanger, Stavanger, Norway. 7-8 de Junio de 2007.
 9. Masia J, Monill J, Clavero JA et al. Imaging Techniques in Preoperative Planning of the Abdominal Perforator Flaps: Our Experience using the MRI. **24th Annual Meeting American Society of Reconstructive Microsurgery**. January 12-15, 2008. Los Angeles, USA.
-

10. Masia J. Perforator Mapping. **9th Congress of EUROMICRO (European Federation of Societies for Microsurgery)**. June 12-14, 2008. Turku, Finland.
 11. Masia J. Preoperative mapping on perforator Flaps. **12th International Course on Perforator Flaps**. Coimbatore, India. 10-12 September 2008.
 12. Masia J. Instructional Course in Preoperative mapping on perforator Flaps. **24th Annual Meeting American Society of Reconstructive Microsurgery**. January 10-13, 2009. Maui, Hawaii, USA.
-