

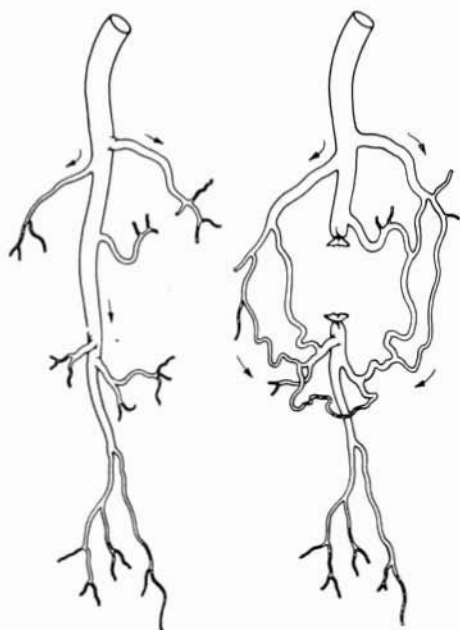
# Clasificación nosológica de los vasos colaterales arteriales en relación con las progresivas modificaciones de la tectónica parietal inducida por la nueva hemodinámica. Estudio de arteriografía clínica comparada (\*)

R. DOMINI y M. D'ADDATO

Scuola di Perfezionamento in Angiologia (Direttore: Prof. P. Tagariello). Istituto di Patologia Speciale Chirurgica e Propedeutica Clínica dell'Università di Bologna (Italia)

El árbol arterial está constituido en conjunto por una subsecuencia de ramas de calibre decreciente, que se distinguen en terminales y laterales (fig. 1).

Las primeras son las situadas en el lugar de postrera división de la arteria. Las segundas son, en cambio, las que emergen del vaso en tanto que el tronco principal conserva todavía su continuidad axial. Dado que por lo habitual las últimas se anastomosan ampliamente entre sí, de ahí que puedan entrar a formar parte del desarrollo de la llamada circulación colateral arterial (figura 1).



Circulación lateral      Circulación colateral

FIG. 1. Esquema paradigmático del desarrollo de la circulación colateral arterial en un miembro ligado.

La circulación colateral se forma, pues cuando por oclusión de un vaso principal las ramas laterales situadas por debajo del punto obstruido reciben sangre en sentido inverso a los vasos situados por encima de la obstrucción, convirtiéndose así en colaterales y permitiendo por tanto la llamada rehabilitación de la arteria, es decir el restablecimiento circulatorio distal.

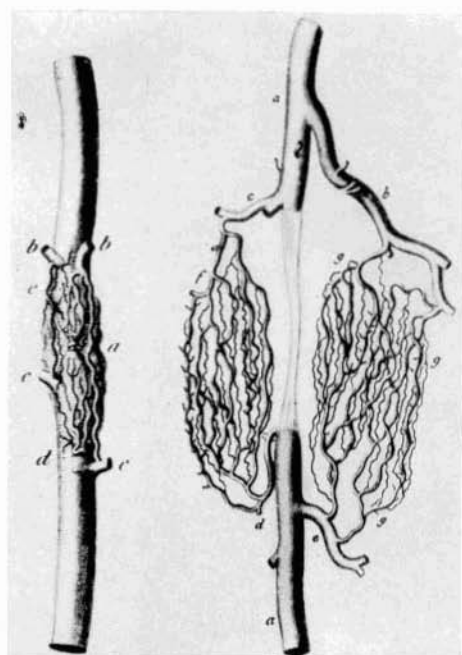
La intensidad y momento de esta rehabilitación varían de un caso a otro y se hallan en estrecha conexión tanto con factores morfológicos relativos al número, calibre, longitud, configuración y situación de las vías anastomóticas, como con factores hemodinámicos que, además de depender de los precedentes, se hallan a su vez bajo el influjo de la tensión arterial y de las variaciones neuro-hormonales locales inducidas por la actividad del miembro y por la terapéutica.

(\*) Traducido del original en italiano por la Redacción.

## VARIACIONES MORFOTECTONICAS DE LOS VASOS COLATERALES

Las bases morfológicas de formación de la circulación colateral arterial quedaron establecidas de modo irrefutable por **Porta** (1845), a quien corresponde el mérito de haber reconocido por primera vez la existencia de dos tipos fundamentales de anastomosis: la directa y la indirecta (figura 2).

Las **colaterales directas** están constituidas por «vasa vasorum» cercanos al punto tromboso, los cuales por dilatación e hiperplasia acaban por reunir directamente los dos extremos sanos de la arteria. Se trata, pues, de anastomosis pequeñísimas, en parte



Circulación colateral directa      Circulación colateral indirecta

FIG. 2. Repartición de la circulación colateral arterial según PORTA (1845).

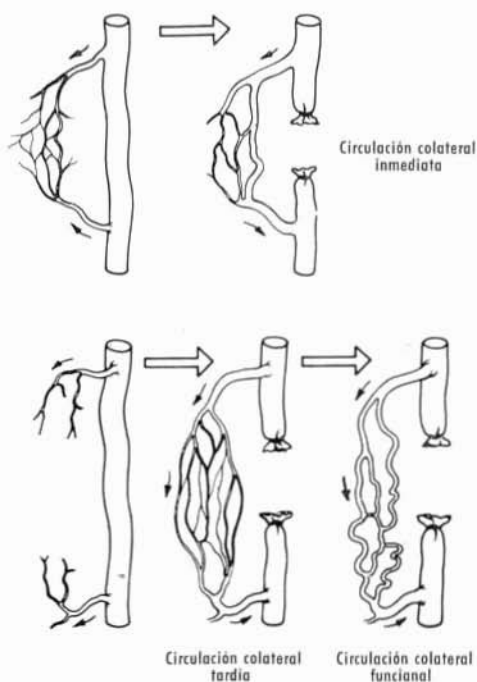


FIG. 3. Repartición de la circulación colateral arterial en tres tipos según TAGARIELLO (1951).

preformadas y en parte neoformadas, cuya importancia se limita a la recanalización del trombo.

Las **colaterales indirectas** son, en cambio, las colaterales por excelencia. Resultan formadas por vasos intramusculares, intermusculares, intranerviosos, periósticos, subcutáneos, que anastomosan las ramas laterales situadas por encima y por debajo de la arteria obstruida. Se trata de anastomosis siempre preformadas y de variado calibre, de tal manera que la morfología de la circulación colateral arterial nunca es unívoca sino diferente en cada caso.

Insistimos en esta variedad de la circulación colateral arterial por dos motivos:

1.º Porque ello ha inducido a muchos autores a errores de interpretación de los hallazgos arteriográficos.

2.º Porque ha dado lugar al inicio de una serie de investigaciones para modificar la visión estática de la circulación colateral arterial, tenida por **Porta**, hacia una visión dinámica que considere las distintas etapas de aquel proceso de transformación que con el tiempo presenta la vía anastomótica desde su nacimiento hasta el momento de su máximo desarrollo.

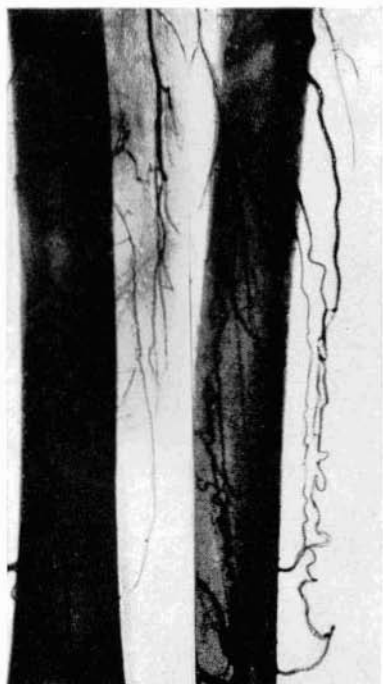


FIG. 4. Arteriografías en tiempos distintos en un paciente arteriopático. Se observa en (b) el progresivo desarrollo de la circulación arterial colateral después de la simpatectomía lumbar y de la deambulación.

Si hemos hablado de errores de interpretación es porque, basados en la idea de **Le-riche** relativa a la respuesta vascular a estímulos intinales o adventiciales, durante mucho tiempo quedó establecido en la literatura el concepto de que la falta de inyección de los vasos colaterales o del sector distal de una arteria ocluida dependía de un espasmo arterial circunscrito.

Estudios experimentales efectuados por **Tagariello** (1951) en el perro y en el cadáver, mediante ligadura de la arteria subclavia unas veces por encima y otras por debajo de sus ramas laterales, han demostrado por contra con certeza que la eventual reducción del calibre distal a la ligadura no se debe a un espasmo sino sólo al hecho de que en tal caso la arteria no recibe de las colaterales una suficiente cantidad de sangre dado que el lecho anastomótico no se halla en condiciones de resultar activo inmediatamente después de la ligadura.

Estas consideraciones han llevado a **Tagariello** (1951) a dividir la circulación colateral arterial en tres tipos principales (figura 3).

- 1) circulación colateral inmediata (o de socorro),
- 2) circulación colateral tardía o de refuerzo) y
- 3) circulación colateral funcional.

1) **La circulación colateral inmediata** se observa cuando la arteriografía vital consigue visualizar el tronco axial distal inmediatamente después de la obstrucción, gracias a la preexistencia de gruesos vasos anastomóticos indirectos que relacionan con amplitud el árbol arterial situado por encima con el situado por debajo.

2) La **circulación colateral tardía** se observa cuando la arteriografía vital visualiza el tronco axial distal sólo días después del momento de la obstrucción. Ello sucede cuando ésta se produce en un sector circulatorio donde existen pequeñas anastomosis intramusculares las cuales representan un obstáculo a la rehabilitación inmediata en tanto que la permiten en un segundo tiempo, es decir cuando se dilatan.

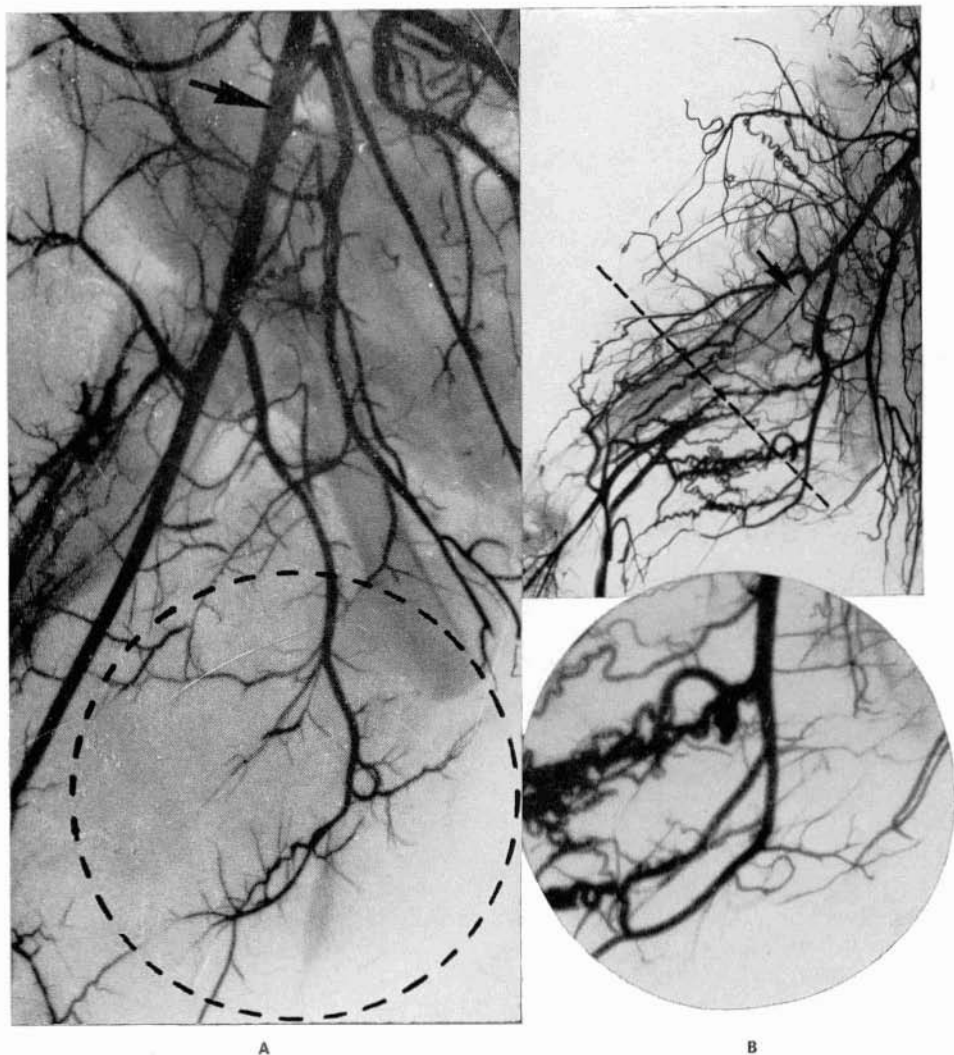


FIG. 5. Estudio de la circulación colateral arterial en un conejo ligado (b). Obsérvese la diferencia con la arteriografía de un miembro normal (a).

3) La **circulación colateral funcional** se caracteriza por numerosos y gruesos vasos anastomóticos sinuosos y helicoidales que abundan sobre todo en la parte distal de la circulación colateral y que aparecen de modo tardío, en especial en miembros de pacientes sometidos a movimiento a pesar de la eventual presencia de una disbasia intermitente.

La realidad de este último tipo de circulación colateral, establecido sobre bases clínicas por **Tagariello** (1951), viene confirmada experimentalmente por **Dòmini** (1957), como puede observarse en las figuras 4, 5-b, 7, y 13.

La figura 7 demuestra la exigüidad lineal de los vasos de circulación colateral de un arteriopático que siempre ha permanecido en cama; la figura 13 atestigua la abundancia tortuosa de los vasos de un paciente que siempre ha deambulado a pesar de su claudicación intermitente.

La figura 4 se refiere a dos arteriografías obtenidas en un mismo paciente a breve (a) y larga distancia de tiempo (b) de la oclusión de la arteria femoral superficial: el enfermo ha sido invitado a caminar con frecuencia a pesar de los síntomas de meiotropía circulatoria, por consiguiente se ha conseguido el desarrollo de una circulación colateral de tipo funcional, como se aprecia en (b), con relativa mejoría de las condiciones tróficas del miembro.

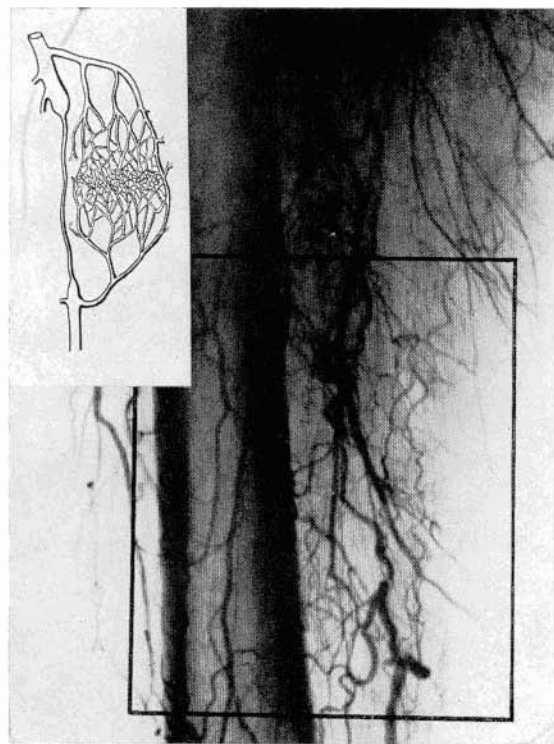


FIG. 6. "Red anastomótica de pequeños vasos entrelazados". Arteriografía humana vital.

La figura 5-b representa la arteriografía «postmortem» obtenida a los siete meses de la sección de la arteria femoral superficial izquierda en un conejo. Se observa la aparición de una óptima circulación colateral de tipo funcional, cuyas arterias en espiral abundan en especial en la zona distal del mismo, es decir por debajo de la línea a trazos a-b que divide la circulación colateral en dos mitades.

Todo ello demuestra que la cinética del miembro es condición indispensable para la aparición de anastomosis amplias, tortuosas, helicoidales, destinadas a

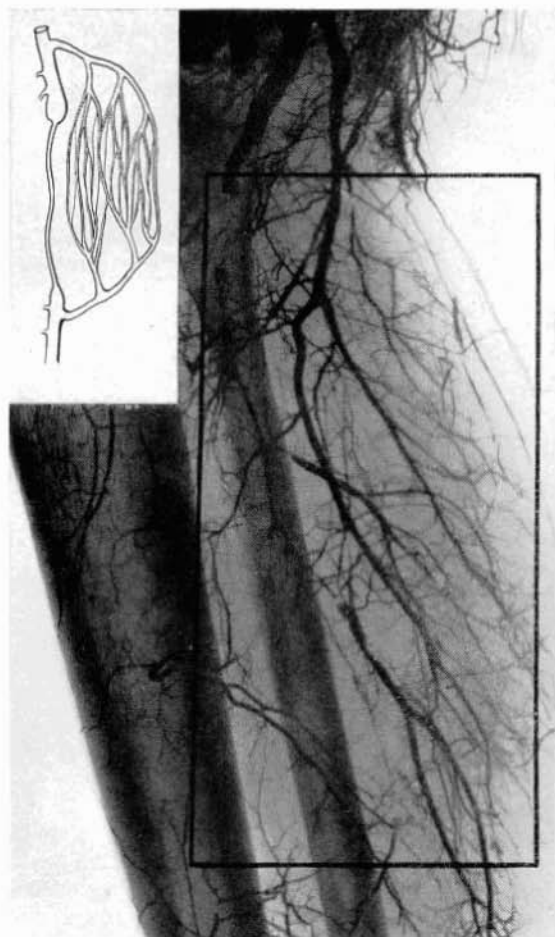


FIG. 7. "Red anastomótica de pequeños vasos paralelos lineales". Arteriografía humana postmortem.

estructural impuesta por la sangre a las vías anastomóticas con aparición, según **Dòmini** (1956), de las siguientes variedades morfológicas que se suceden unas a otras cronológicamente (figs. 6-13).

#### I. Circulación colateral arterial por red anastomótica:

- a) Red anastomótica de pequeños vasos entrelazados (fig. 6).
- b) Red anastomótica de pequeños vasos paralelos lineales (fig. 7).

satisfacer la mayor demanda de sangre por parte de los tejidos sometidos a intenso trabajo.

Tiene particular interés la interpretación del mecanismo genético de estos vasos porque la opinión preferida por los investigadores de considerarlos como neoformados contrasta no sólo con el clásico concepto de **Porta**, que definió las colaterales indirectas siempre como preformadas, sino también con las investigaciones efectuadas a propósito por nosotros (**Dòmini**, 1957; **Tagariello-Dòmini**, 1958), de las cuales se deduce que toda colateral en espiral (fig. 12) representa la evolución de una colateral lineal (fig. 10) que se ha diferenciado por un proceso de hipertrofia de un glomérulo de pequeñas múltiples anastomosis onduladas (fig. 9), anatómicamente preexistentes, aunque por la exigüidad de su calibre puedan quizá no ser aparentes en la arteriografía vital.

La formación de las colaterales en espiral se incluye, por tanto, en el ámbito de una progresiva metamorfosis es-

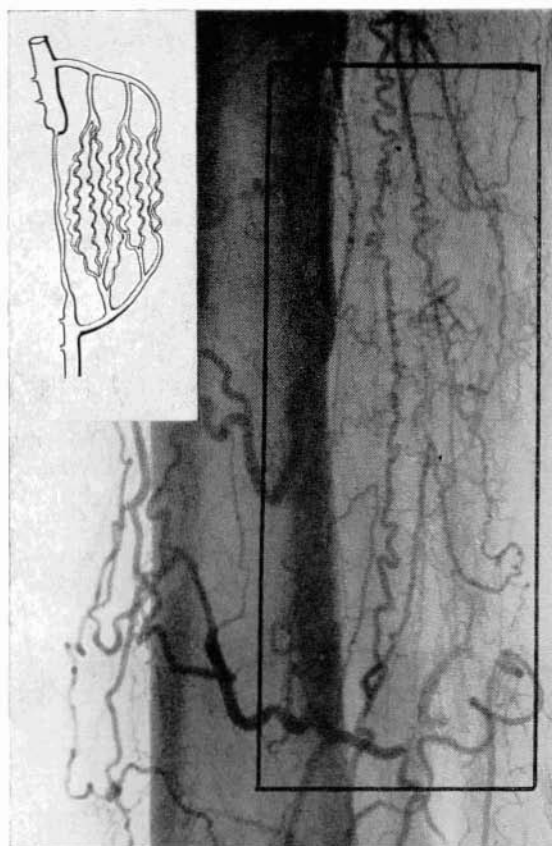


FIG. 8. "Red anastomótica de pequeños vasos paralelos ondulados". Arteriografía humana vital.

c) Red anastomótica de pequeños vasos paralelos ondulados (fig. 8).

d) Glomérulo de pequeñas anastomosis múltiples onduladas (fig. 9).

## II. Circulación colateral arterial por grandes anastomosis en puente:

a) Grandes anastomosis en puente lineal (fig. 10).

b) Grandes anastomosis en puente ondulado (fig. 11).

c) Grandes anastomosis en puente en espiral (figura 12).

d) Ovillo de múltiples grandes anastomosis en puente ondulado y en espiral (figura 13).

Cada una de estas formas expresa una particular fisonomía evolutiva de la circulación colateral arterial, que varía con el tiempo y con la actividad cinética del miembro. La correspondencia clínica de las precedentes observaciones experimentales, demostrada

ya por **Steger-Cresti** (1960) y **Cresti-Steger** (1962), ha sido también comprobada por nosotros en extenso, basándonos en un vasto y cuidadoso estudio interpretativo del material arteriográfico de nuestro Instituto.

### a) Red anastomótica de pequeños vasos entrelazados (fig. 6).

Está constituida por pequeños vasos intramusculares y subcutáneos que aparecen, inmediatamente de la oclusión de la arteria axial, en los sectores vasculares carentes de colaterales preformadas de amplia inosculación. Esta red tiene el aspecto de un denso entrelazamiento y en ella la circulación es de momento difícil, tanto que se observa casi en exclusiva en la arteriografía «postmortem» efectuada a gran presión. Tal aspecto vascular es transitorio, en el sentido de que sólo se revela en los primeros tiempos consecutivos a la interrupción de la corriente axial; sucesivamente los vasos modifican la propia disposición y calibre. Este cuadro, que algunos autores interpretan en la arteriografía vital



como consecuencia de un angiospasmó difuso, se basa por tanto en condiciones anatómicas: representa una circulación colateral anatómicamente existente si bien todavía funcionalmente incapaz.

**b) Red anastomótica de pequeños vasos paralelos lineales (fig. 7).**

Está constituida por arteriolas intramusculares y subcutáneas dispuestas paralelamente al eje del vaso ocluido. Este aspecto es una consecuencia de la dinámica circulatoria local. En otros términos, tras la oclusión vascular la corriente sanguínea busca recorrer las vías anastomóticas más breves, es decir las rectilíneas, de manera que éstas incluso conservando de momento un pequeño calibre al mismo tiempo son seleccionadas funcionalmente entre las pequeñas ramas laterales. Se trata por tanto de una circulación colateral que constituye una etapa evolutiva de la descrita antes y que es visualizable en la arteriografía vital.

entre las pequeñas ramas laterales. Se trata por tanto de una circulación colateral que constituye una etapa evolutiva de la descrita antes y que es visualizable en la arteriografía vital.

**c) Red anastomótica de pequeños vasos paralelos ondulados (fig. 8).**

Representa la tercera etapa evolutiva de la circulación colateral y, como expresa la definición, está caracterizada por pequeños vasos de curso más o menos ondulado. Tal fisonomía tiene relación con modificaciones de la histomecánica parietal de los vasos como consecuencia del progresivo aumento del aporte a través de la circulación colateral.

**d) Glomérulos de pequeñas múltiples anastomosis onduladas (fig. 9).**

Vienen representados por el desflecamiento arteriolar de dos colaterales intramusculares, una proximal, otra distal, que se anastomosan íntimamente entre sí componiendo un aglomerado único muy entrelazado, de forma ovoidal o esférica. Cada uno de estos glomérulos se inicia

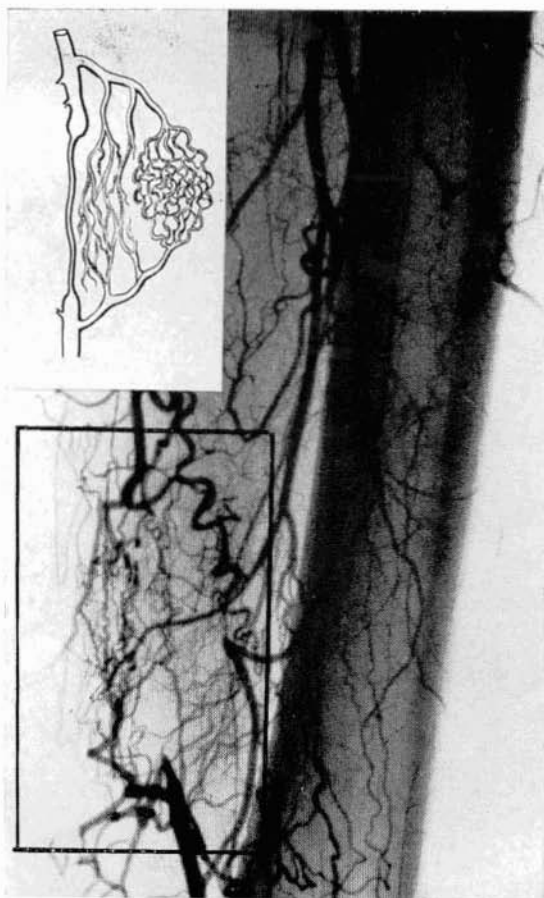


FIG. 9. "Glomérulo de pequeñas anastomosis múltiples onduladas". Arteriografía humana vital.



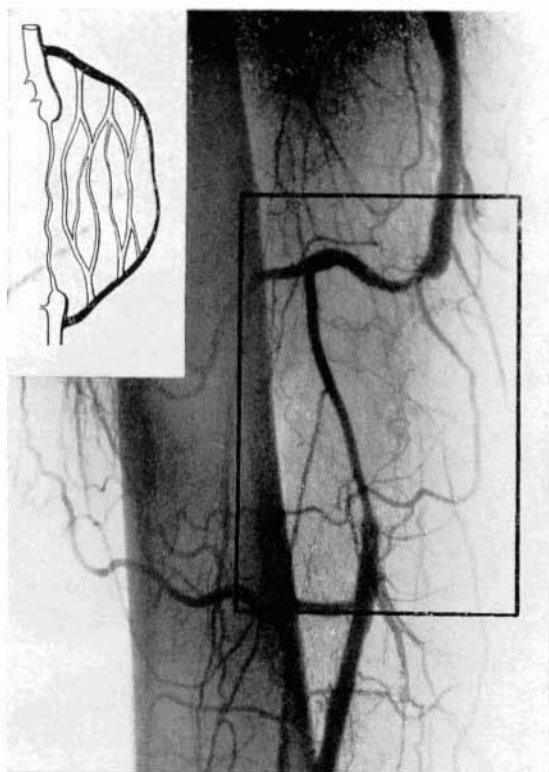


FIG. 10. "Grandes anastomosis en puente lineales". Arteriografía humana vital.

por un vaso aferente, que proviene de una colateral por arriba, y termina con un vaso eferente, que comunica con una colateral por abajo.

Se encuentran con frecuencia en la conexión de una circulación colateral, pero es difícil apreciarlos en la arteriografía vital, visualizándose con claridad sólo en la efectuada «postmortem» puesto que para ponerlos bien en evidencia es necesaria una completa repleción de las más finas ramificaciones vasculares.

Desde el punto de vista fisiopatológico estos glomérulos son muy interesantes dado que en el complejo anudamiento de las anastomosis en red representan la primera verdadera y propia entidad anastomótica funcionalmente más evolucionada. Constituyen formas de tránsito zonal de una circulación colateral y preceden la aparición de las «grandes anastomosis en puente» que de forma sucesiva se establecen por el aumento de calibre de un vaso principal y por la exclusión funcional de los demás. Por estas razones, su aparición puede ser indicación del grado de evolución de una circulación colateral.

#### e) Grandes anastomosis en puente (figs. 10, 11 y 12).

Están constituidas por grandes vasos colaterales, ya preexistentes, ya representativos de la última metamorfosis evolutiva de las formaciones en glomérulo. En el primer caso, las anastomosis en puente son inmediatamente activas desde el momento de la oclusión arterial axial y, por tanto, son bien visibles en la arteriografía vital (circulación colateral inmediata). El aspecto de tales vasos es en general lineal o bien algo ondulado, pero jamás espiral dado que la amplitud de su luz no les lleva a que se resientan de aquellas modificaciones hemodinámicas que tienen lugar en los pequeños vasos.

Cuando, por contra, las grandes anastomosis en puente representan la evolución de un «glomérulo de pequeñas anastomosis múltiples onduladas» pueden asumir en orden sucesivo de desarrollo los tres siguientes aspectos morfológicos: 1) grandes anastomosis en puente lineal (fig. 10); grandes anastomosis en puente onduladas (fig. 11); y grandes anastomosis en puente en espiral (fig. 11).

La metamorfosis de un tipo de colaterales en otro se produce de modo progresivo con el tiempo, paralelamente a las variaciones de las condiciones hemodinámicas.

El aspecto en espiral representa la última evolución de una anastomosis en puente ondulada y aparece cuando aumenta el aporte a través de la circulación colateral. Estos vasos, según **Tagariello** (1951), caracterizan el tipo «funcional» de la «circulación colateral tardía». Por lo habitual dos o tres de estas amplias anastomosis en puente bastan para reintegrar la circulación por debajo, incluso en raros casos con reaparición de la onda esfígmica. En general, el número de anastomosis en puente es tal que la suma de sus secciones vasculares supera con mucho el calibre del vaso principal ocluido.

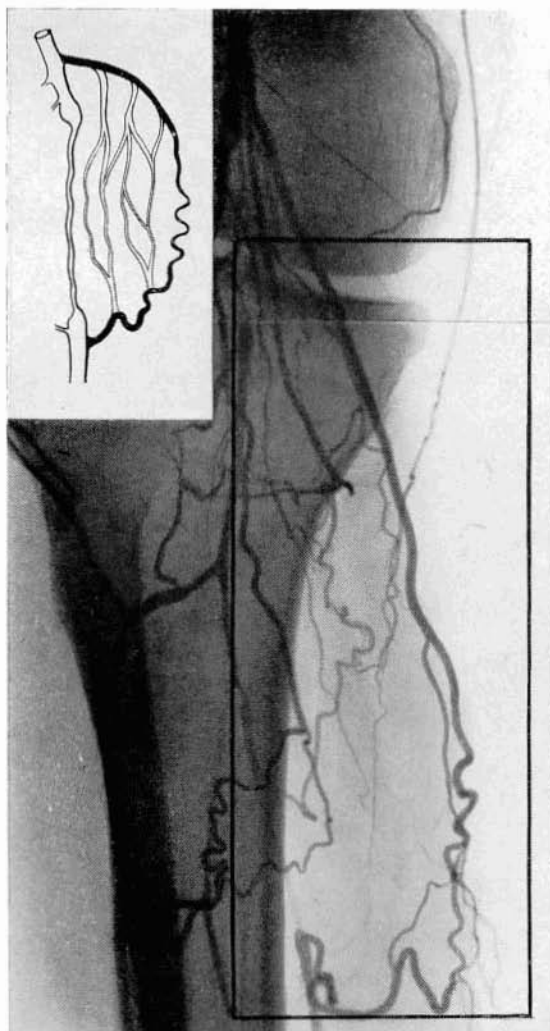


FIG. 11. "Grandes anastomosis en puente onduladas".  
Arteriografía humana vital.

f) **Ovillo de múltiples grandes anastomosis en puente onduladas o en espiral** (fig. 13).

La última forma de circulación colateral es una compleja entidad vascular en cuyo determinismo tienen en verdad mucha importancia las necesidades nutricias de los tejidos periféricos, ya que aparece en miembros desde tiempo ligados experimentalmente o clínicamente ocluidos sometidos a una continua actividad. Por tanto, el gran ovillo puede considerarse en la práctica como la última fase de una circulación colateral tardía funcional. Por otra parte, dado el notable número de vasos que lo componen ofrece la mejor garantía de un buen restablecimiento circulatorio periférico. En sentido teológico se puede decir que la génesis del gran ovillo se produce por un proceso invertido al del pequeño glomérulo. Este es, en efecto, una forma pasajera de rápida evolución que tiende a transformarse en una «gran anastomosis en puente», en tanto que el primero es una forma estable que por sumación de otras «grandes anastomosis en puente» aparece gradualmente con el tiempo.

Basándonos en los conceptos expresados, la repartición clínica de la circulación co-

lateral arterial en, según **Tagariello** (1951), «inmediata», «tardía de refuerzo», «tardía funcional», halla en los cuadros morfológicos que hace poco hemos descrito adecuadas bases anatómicas. La clasificación ecléctica resultante y que nosotros proponemos es la que sigue:

Circulación colateral inmediata	por grandes anastomosis en puente.	{ Lineales Onduladas
Circulación colateral tardía de refuerzo	{ Por red anastomótica de pequeños vasos entrelazados Por red anastomótica de pequeños vasos lineales Por red anastomótica de pequeños vasos paralelos ondulados Por glomérulos de pequeñas anastomosis múltiples onduladas Por grandes anastomosis en puente lineal y ondulado	
Circulación colateral tardía funcional	{ Por grandes anastomosis en puente ondulado y en espiral Por ovillo de múltiples grandes anastomosis en puente onduladas y en espiral.	

Veamos ahora por qué factores hemodinámicos y por qué modalidades se verifican las antedichas modificaciones de los vasos colaterales.

#### Variaciones hemodinámicas en el lugar de la circulación colateral arterial:

Consisten en modificaciones presoras, sobre las que se ha discutido mucho. Intentamos aclararlas a la luz de la representación esquemática de la circulación colateral arterial en tres zonas: proximal, intermedia y distal (fig. 14).

Numerosos autores sustentaban y sustentan todavía la idea de que inmediatamente a la oclusión se instaura en la zona proximal un estado hipertensivo, factor fundamental en la génesis de la circulación colateral arterial. Ahora, aparte de que en el ámbito del sistema arterial no se conocen aumentos circunscritos de presión, en nuestra opinión el factor dinámico más importante en el determinismo de la circulación colateral arterial es la instantánea caída de la presión sanguínea por debajo de la oclusión.

La hipotensión que se establece en los vasos de la zona distal actúa de fácil reclamo para la sangre de la zona proximal, en régimen de presión normal, llevando a la inversión del sentido de la corriente en las colaterales situadas por debajo. Se produce, pues, una situación que repite a escala reducida aquella que tiene lugar en una fístula arteriovenosa, donde la notable velocidad de la sangre viene condicionada por el gradiente presor entre los dos lechos circulatorios. En

el caso específico de la circulación colateral arterial tal situación es útil porque, según la Ley de Poiseuille, existen todos los elementos para dar lugar a un buen aporte. En efecto, es evidente que tanto la caída de la presión por debajo de la oclusión como el progresivo desarrollo de la superficie de sección transversal de los vasos anastomóticos bajo el nuevo aflujo de sangre aumentan el volumen-minuto local.

En tal sentido tiene mucha importancia la «actividad motora del miembro». Esta actividad determina la fácil instauración en los tejidos inferiores de un estado de isquemia relativa. Bajo la influencia del metabolismo celular alterado por la oclusión arterial se acumulan sustancias de acción vasodilatadora ( $\text{CO}_2$ , ácido láctico, adenilpírofosfato, compuestos histamino-similares) cuyo efecto se hace sentir naturalmente sobre las arterias de la circulación colateral, contribuyendo así a aumentar el aporte por un incremento de la velocidad.

Las paredes vasculares sujetas a la continua succión de la masa líquida son así estimuladas, primero a la hipertrofia, luego a la dilatación y alargamiento. Esto tiene mucha importancia en dar a tales vasos un curso helicoidal, porque hallándose entre tejidos bastante compactos no pueden distenderse y por ello se incurvan lateral y progresivamente, se pliegan sobre sí mismos formando en algunos puntos algunas asas u ovillos arteriales que, en ciertos aspectos, pueden parangonarse a los que se observan en las varices venosas. Si tenemos presente que, en efecto, el curso tortuoso aparece sobre todo en la zona distal de la circulación colateral, es decir donde la corriente invierte su sentido propio, puesto que los ramos «eferentes» se vuelven «aferentes» respecto a la arteria principal, cabe establecer interesantes elementos de parangón con las condiciones hemodinámicas que constituyen la base de formación de las venas varicosas: en efecto,

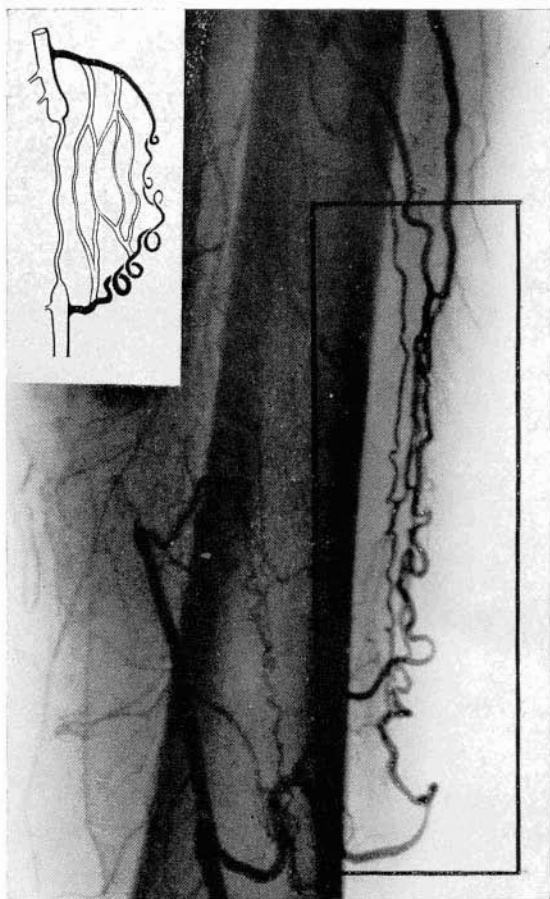


FIG. 12. "Grandes anastomosis en puente en espiral".  
Arteriografía humana vital.

también éstas se deforman lo mismo cuando la insuficiencia de las válvulas da lugar a un flujo retrógrado de sangre.

El mecanismo fisiopatológico de estas alteraciones parietales cabe interpretarlo sólo teniendo en cuenta que las paredes vasculares representan una verdadera y propia unidad funcional dado que, según las investigaciones de **Strong** (1938) (fig. 15), toda estructura tisular está constituida de acuerdo a una determinada orientación helicoidal del andamiaje conectivo-elástico y muscular respecto a las líneas de fuerza ejercidas por la corriente. Es evidente, por tanto, que una inversión de la misma, en cualquier vaso que sea, tiene que ser siempre causa de un profundo trastorno en la estructura histomecánica y, en el caso específico de la circulación colateral, repercutir al máximo en las colaterales de abajo llevándolas a la dolicoectasia.

En **conclusión**, podemos decir que en el ámbito de las vías anastomóticas el

trayecto lineal es, al principio, el preferido porque tal es la natural disposición de los vasos. No obstante, esta disposición supone un escaso aporte circulatorio ya que se trata en general de vasos que tienen todavía pequeño calibre.

Con el progresivo aumento de la superficie de sección transversal el problema del aporte hemático al sector arterial situado por debajo queda resuelto, si bien la histomecánica parietal resulta alterada, alteración que es máxima en la corriente.

Más tarde aparecen las colaterales en espiral, cuya forma significa que la circulación colateral se halla en la fase de máximo desarrollo anatómico, aún cuando esto no corresponde al máximo rendimiento funcional porque si tales vasos son utilísimos en virtud de su amplio calibre, en cambio, su trayecto helicoidal comporta una relativa pérdida de energía cinética de la sangre a lo largo de las numerosas asas vasculares.

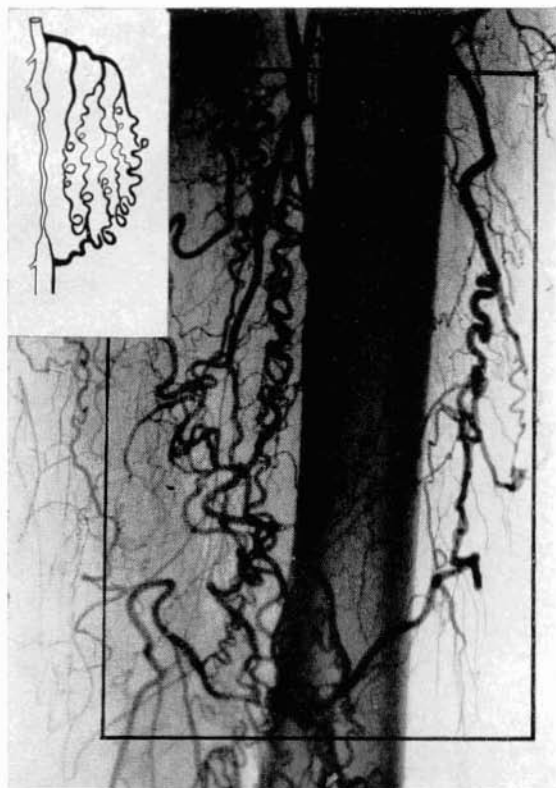


FIG. 13. "Ovillo de múltiples grandes anastomosis en puente onduladas y en espiral". Arteriografía humana vital.

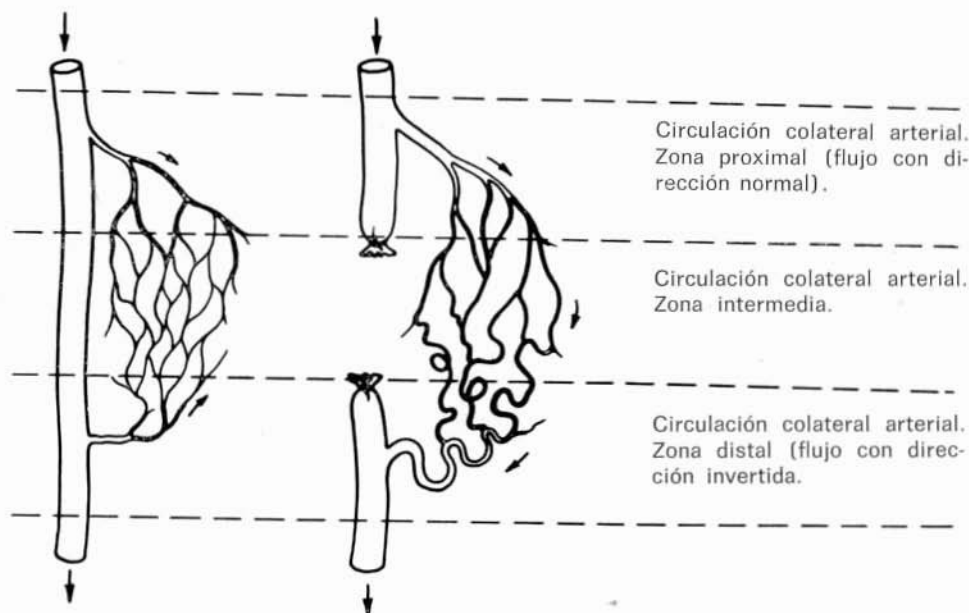


FIG. 14. Modificaciones del sentido de la corriente sanguínea en la circulación colateral arterial: las colaterales en espiral abundan en la "zona distal" donde se invierte el sentido de la corriente sanguínea. Los vasos pasan a ser de "eferentes" en "aferentes".

## RESUMEN

El propósito de este trabajo es alcanzar una clasificación nosológica de los distintos tipos de circulación colateral arterial siguiendo la evolución morfogénica a través de los hallazgos de la arteriografía clínica.

La circulación colateral arterial, según los autores, puede resumirse a dos tipos principales: «inmediata» y «tardía». Cada una de ellas se caracteriza por un tipo particular de vías anastomóticas cuya configuración expresa una especial adaptación de las túnicas parietales a las condiciones hemodinámicas específicas de cada sector o distrito.

La circulación colateral «inmediata» está constituida por «grandes anastomosis en puente, lineales u onduladas». Como desde el principio presenta una luz suficientemente amplia, en tiempos sucesivos no modifica en gran manera su propio aspecto.

La circulación colateral «tardía» resulta, por contra, constituida al principio por una «red anastomótica de pequeños vasos entrelazados» que bajo el estímulo repetido de la corriente sanguínea se transforma de modo sucesivo en una «red anastomótica de pequeños vasos paralelos» que de «lineales» se tornan de manera progresiva en «ondulados».

Después de un período de tiempo, que según las necesidades nutricias del

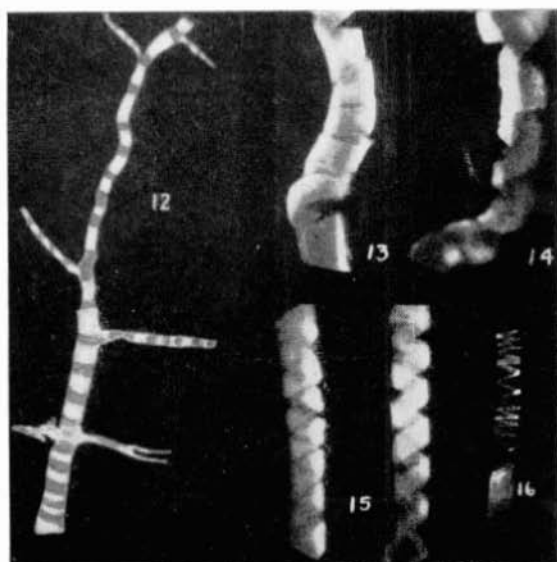


FIG. 15. Microfotografía de paredes arteriales humanas maceradas. Puede observarse la disposición helicoidal, según el sentido de la corriente sanguínea, del sincicio de las fibras musculares lisas parietales. Según STRONG, 1938, 1 c., pág. 161.

miembro varía de unos días a semanas, aparecen en el ámbito de la circulación colateral tardía «glomérulos de pequeñas anastomosis múltiples onduladas». Cada uno de ellos constituye una forma de transición que precede al desarrollo de una «gran anastomosis en puente», en el sentido de colaterales de grueso calibre que enlazan el árbol arterial situado por encima con el situado por debajo. Tales anastomosis, primero lineales o levemente onduladas, toman de modo sucesivo forma en espiral a causa de las modificaciones imprimidas a su estructura histomecánica por el progresivo aumento de la velocidad y de la masa sanguínea. Dado que ello depende en gran parte de la actividad motora del miembro, es preferible definir este hallazgo arteriográfico con el término de circulación colateral «tardía-funcional».

## SUMMARY

The purpose of this paper is to achieve a nosologic classification of the various types of arterial collateral circulation. The morphogenetic evolution has been controlled in this work by means of clinical arteriography.

Two principal types of collateral arterial circulation are considered by different authors: 1) «Immediate» and 2) «Late». Each of them is characterized by a particular type of anastomotic channels related to specific haemodynamic conditions of the parietal layers in every segment of the arterial tree.

«Immediate» collateral circulation is constituted by big by-pass anastomosis, by lineal anastomosis, or by wave shaped anastomosis. In this type the lumen is since the beginning sufficiently wide.

«Late» collateral circulation appears, on the contrary, at the beginning as a «anastomotic net of small parallel vessels». These will change progressively from «lineal» to «wave shaped».

After a period of time, which may vary from few days to few weeks depen-



ding of the nutrition of the limb, «glomerulus of small buckled multiple anastomosis» appear in the collateral circulation. Each of them constitutes a transition form which precedes the development of big «by-pass type anastomosis». These are collaterals of great calibre which unite the arterial tree from the proximal to the distal segment. These anastomosis, first lineal or slightly curled, progressively adopt a «spiral shape». This is due to modifications of the hystomechanic structure as a result of the increase of the blood speed and volume. As this depends in great part of the motion of the limb, it is better to define this arteriographic findings with the term: «Late functional collateral circulation».

### BIBLIOGRAFIA

- Cresti, M. y Steger, C.: The correlation between the effects of morphology and function on the collateral circulation in the obliterative arteriopathy of the lower limbs. «Angiology», 13: 271; 1962.
- Domini, R.: Sull'adattamento anatomico-funzionale dei vasi collaterali dopo la sezione dell'arteria principale di un arto (Studio sperimentale). «Arch. di Fisiol.», 56: 341; 1956.
- Domini, R.: La fisiopatologia delle arterie a spirale del circolo collaterale «tardivo funzionale» degli arti (Ricerche sperimentali). «Arch. di Fisiol.», 57: 1; 1957.
- Domini, R.: Sulle modificazioni morfologiche del circolo collaterale arterioso degli arti in rapporto alla cinetica (Ricerche sperimentali). «Arch. Chir. It.», 13: 127; 1957.
- Domini, R. y Boccuzzi, F.: «Il Circolo Collaterale Arterioso». Premio Ganassini, 1961. Editore Cappelli, Bologna 1962.
- Domini, R. y Boccuzzi, F.: L'iniezione di gomma liquida sintetica per lo studio plastico del circolo collaterale arterioso (Nota di tecnica sperimentale). «Arch. et Atti Soc. It. Chir.», vol. II, 64.º Congr. Roma, ottobre 1962. Pág. 927.
- Porta, L.: Delle alterazioni patologiche delle arterie per la legatura e la torsione. Esperienze ed osservazioni di Luigi Porta, Prof. di Clinica Chirurgica dell'I. R. Università di Pavia. Tip. G. Bernardoni, Milano 1845.
- Steger, C. y Cresti, M.: Anatomische und klinische Betrachtungen über Kollateralkreislauf bei obliterierenden Arterienkrankungen der unteren Extremität. «Helv. Chir. Acta», 27: 525; 1960.
- Strong, K. C.: Study of structure of media of distributing arteries by method of microdissection. «Anat. Rec.», 72: 151, 1938.
- Tagariello, P.: Il circolo collaterale nella legatura dell'arteria succlavia: osservazione clinica e ricerche anatomiche e sperimentali. «La Chir. degli Organi di Mov.», 36: 319; 1951.
- Tagariello, P. y Domini, R.: Le arterie a spirale nella fisiologia e nella patologia del circolo. «Arch. It. Chir.», 83: 361; 1958.
- Tagariello, R. y Domini, R.: Experimentelle Grundlagen der Kollateralentstehung. Verhandlungen des II Internationalen Gesprächs über Angiologie, Darmstadt 1962, Kreislauf-Bücherei. «Angiologie», 21: 8; 1963.