

La angiografía por sustracción digital en el estudio de la enfermedad vasculoencefálica

ANSELMO BORDONAVA*, ALFREDO D'ORTENCIO, MARIO LUGONES, MANUEL FERNANDEZ PARDAL, LUIS M. DE LA FUENTE, Técnicos CARLOS RABINOVICH, MARCELO GUBERT

Praxis Médica, Buenos Aires.

* Para optar a Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología.

Trabajo recibido para su publicación: 7/1984. Aceptado: 9/1984.

Dirección para separatas: Praxis Médica, Viamonte 1871, (1056) Buenos Aires, Argentina.

Este estudio muestra que la angiografía por sustracción digital (ASD) realizada con inyección endovenosa brinda información diagnóstica en un 85% de los estudios extracraneales (66 de 74 estudios) y en 61% de los estudios intracraneales (19 de 31 estudios). El menor tiempo requerido, las menores molestias ocasionadas y el menor riesgo, hacen que esta técnica vaya, probablemente, a reemplazar a muchos de los otros métodos de diagnóstico por imagen en el estudio de las enfermedades cerebrovasculares. Para la obtención de 100% de información diagnóstica de los vasos intracraneales es aconsejable realizar el estudio por inyección arterial selectiva o no selectiva.

Desde el descubrimiento de los rayos X y su empleo en la exploración radiológica hacia fines del siglo pasado, la técnica se enriqueció con la utilización de sustancias de contraste, primero para las vísceras y luego por inyección intravascular (Egal Moniz, 1927).

La técnica angiográfica a cielo abierto y luego la percutánea (1936) fueron enriquecidas más tarde por el desarrollo del cateterismo arterial.

La inyección de material de contraste por vía intravenosa para la obtención de imágenes vasculares utilizando el registro fílmico fue publicada en 1939 por Robb y Steinberg. Este método fue dejado de lado por la escasa resolución y las complicaciones inducidas por los grandes volúmenes de contraste.

El desarrollo de técnicas de sustracción digital de imágenes, llevado a cabo principalmente en la Universidad de Arizona, la Universidad de Wisconsin y la Cleveland Clinic, ha permitido obtener imágenes de calidad en distintos territorios arteriales, reduciendo significativamente la cantidad de sustancia de contraste utilizada merced al realce

de la misma por sustracción de tejidos. Este mismo procedimiento, combinado con cateterismo arterial, introduce notables beneficios para el estudio selectivo de las arterias cerebrales.

Nuestro objetivo es comunicar los resultados obtenidos en nuestra experiencia, junto con las limitaciones, alcances y las distintas modalidades que ofrece, intentando contribuir a la mejor comprensión y sucesivo desarrollo de la angiografía por sustracción digital (ASD) en nuestro medio.

MATERIAL

Desde octubre de 1983 a la fecha fueron estudiados en nuestro laboratorio 122 pacientes con ASD.

A 91 pacientes se les realizó estudio de los vasos del cuello. Sus edades fueron de 7 a 77 años (\bar{X} 55,3); 62 de sexo masculino (67%) y 29 de sexo femenino (33%).

A 74 pacientes (81%) se les realizó estudio angiográfico por vía endovenosa del sistema vascular extracerebral. A 31 pacientes (34%) se les realizó estudio de los vasos intracraneales por vía endovenosa. A 23 pacientes (25%) se les realizó arteriografía de los vasos de cuello por cateterismo arterial con inyección arterial selectiva en todos los casos. En 10 pacientes se realizaron además inyecciones no selectivas en aorta para evaluar las arterias carótida y subclavias para evaluar las arterias vertebrales.

A 22 pacientes (24%) se les realizó arteriografía por cateterismo arterial e inyección arterial selectiva para visualización de los vasos intracraneales y a 9 de ellos también se les realizaron algunas inyecciones no selectivas en raíz de aorta para evaluar los sistemas carotídeos y subclavias para evaluar el territorio vertebrobasilar.

El equipamiento utilizado por ASD se compone de un generador de rayos de 1.250 mAmp, un tubo

de rayos X con foco 0,6 y potencia normal de 100 kW con un intensificador de imágenes de yoduro de cesio (Thompson SF) montados en un brazo en C.

La cámara de TV utilizada fue ADAC, modelo DTU 4110 con vidicón de óxido de plomo.

La señal de la cámara fue digitalizada para ser computarizada, acumulada y analizada con una matriz de 512 x 512 elementos, por un sistema de procesamiento de imágenes de radiología digital marca ADAC modelo DPS 4060, fabricado por ADAC Laboratories (Estados Unidos).

METODOLOGIA

Para los estudios por vía endovenosa se utilizó un catéter angiográfico de alto flujo de 30 cm y 5,3 French de diámetro que fue introducido en forma percutánea sin vaina introductora en la vena basílica del brazo derecho en la mayoría de los casos, empleándose en algunos casos la vía percutánea femoral.

Los estudios por cateterismo arterial fueron realizados en un 80% por disección de la arteria humeral y el 20% restante por punción arterial femoral. Los catéteres utilizados fueron angiográficos preformados de 6 ó 7 F, de 80 cm de longitud.

En los estudios por vía venosa se utilizó Triyoson® C con inyecciones de 20 a 25 cm por segundo durante dos segundos (40 a 50 cc en total). Para estudios selectivos intracraneanos se utilizó en algunos casos Triyoson diluido al 50% en solución salina, y en otros casos Hexabrix®, también diluido al 50%. El volumen de esa dilución utilizado en cada inyección fue de 3 a 8 cc.

El volumen total de sustancia de contraste para estudios venosos no superó en ningún caso los 250 cc y para los estudios arteriales los 80 cc.

Para el estudio extracraneano por vía venosa se utilizaron al menos dos inyecciones, máximo seis. Una inyección en 70° de oblicua posterior izquierda y otra en 70° de oblicua posterior derecha, para evitar sobreposiciones vasculares (Fig. 1).

Si las características anatómicas del paciente lo exigían, se realizaron inyecciones en distintos grados de oblicuidad o en posición anteroposterior a fin de definir las estructuras vasculares.

Para el estudio intracraneano por inyección venosa se utilizaron generalmente las posiciones de frente y perfil, y eventualmente una oblicua de 30° para visualizar los sifones carotídeos (Fig. 2).

Para el estudio extracraneano por vía arterial selectivo se utilizaron ambas proyecciones oblicuas descriptas, corrigiendo la posición para obtener mejor visualización de la bifurcación con los tests

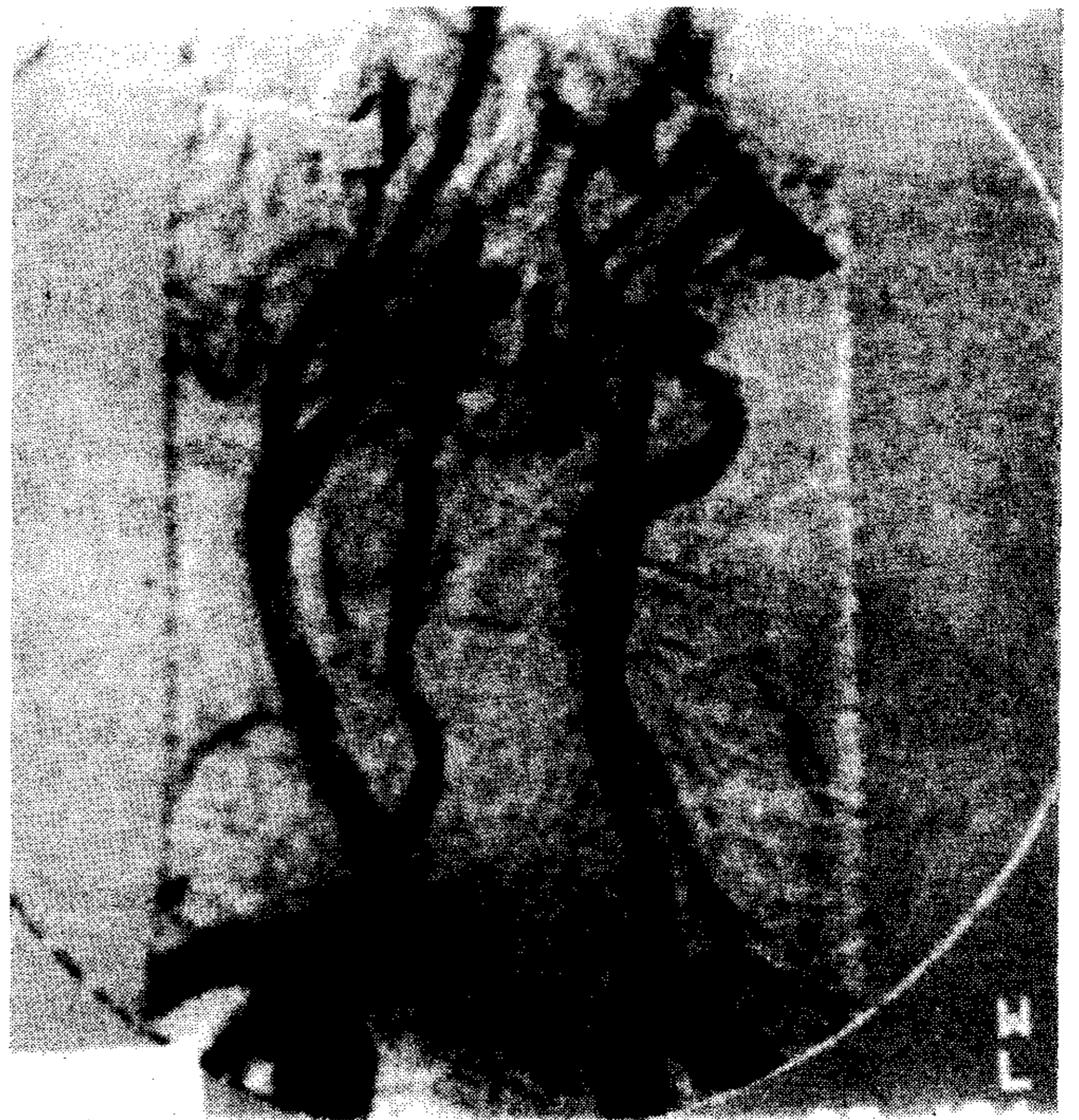


Fig. 1. Oblicua posterior derecha a 70°. En ocasiones se definen con precisión ambas bifurcaciones carotídeas con inyección venosa.

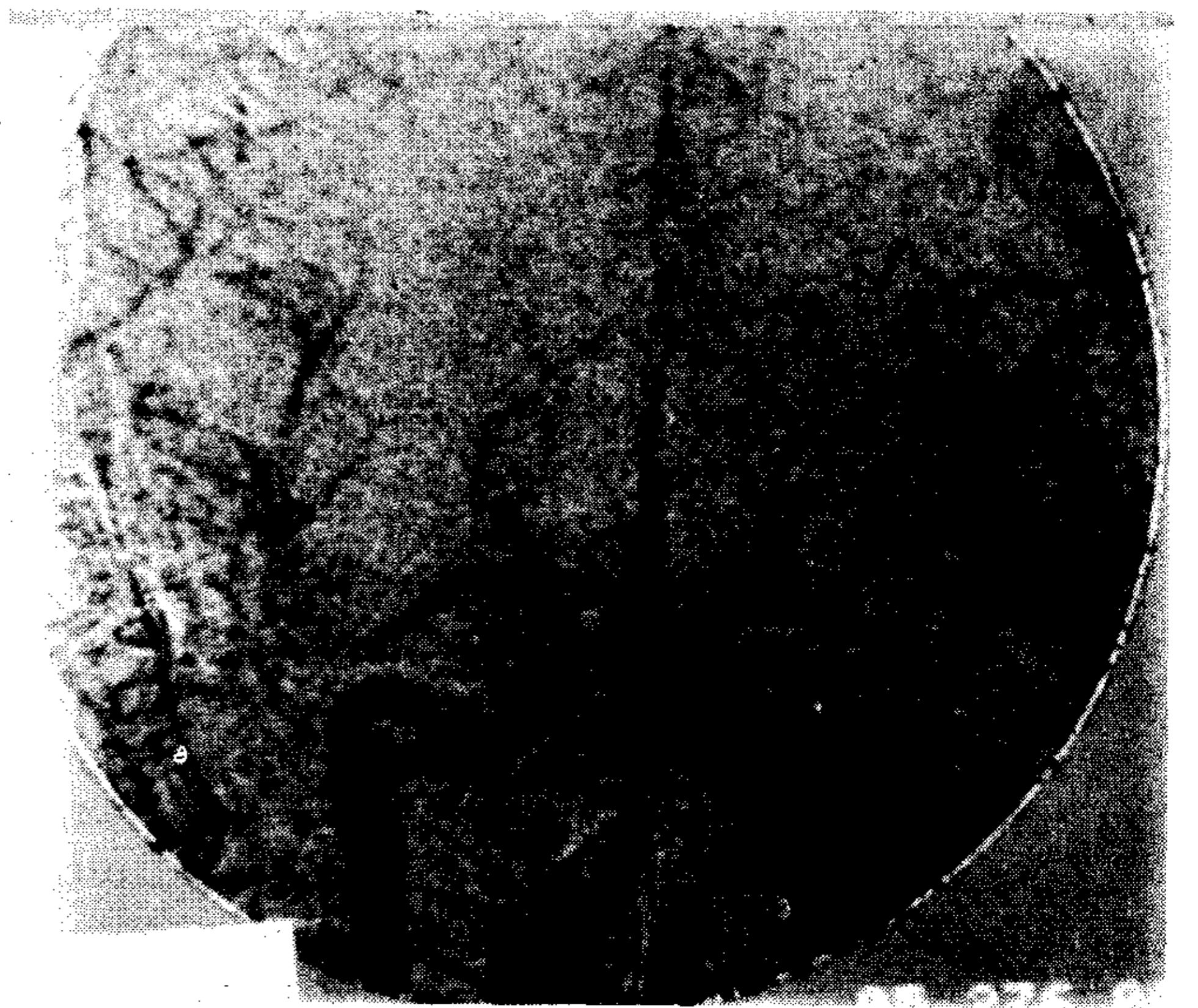


Fig. 2. Angiografía por vía venosa de los vasos intracraneanos (frente).

que permiten, con manipulación de la cámara, obtener una imagen persistente del recorrido arterial. Ambas arterias vertebrales también fueron opacificadas directa o indirectamente (Fig. 3).

En el estudio por cateterismo arterial para visualización intracraneana se utilizaron las proyecciones de frente, perfil y transorbitaria, para territorio carotídeo, y de frente y perfil para territorio verte-

brobasilar (eventualmente se utilizaron otras proyecciones) (Fig. 4).

Las obstrucciones fueron evaluadas en leves (hasta el 49%), moderadas (del 50% al 74%), severas (de 75% a 99%) y total (de 100%).

Los estudios fueron catalogados como: *excelentes*, aquellos que ofrecían información comparable a las angiografías tradicionales; *buenos*, aquellos de menor calidad para la cuantificación de las obstrucciones, y *no diagnósticos* aquellos que no permitían obtener conclusiones.

CONSIDERACIONES TECNICAS

La adquisición de imágenes se realizó generalmente en tres segmentos.

El primero, de una imagen por segundo, permite obtener imágenes antes de la llegada del material de contraste, para ser utilizada como máscara que luego será sustraída, eliminando la inútil información del fondo tisular, realzando las zonas con material de contraste. Este segmento es más largo si se trata de estudios por vía venosa, para incluir el tiempo circulatorio.

El segundo segmento es habitualmente de 15 a 20 segundos, adquiriéndose de tres a cinco imágenes por segundo.

El tercero, de una imagen por segundo, durante 15 a 20 segundos, para incluir el tiempo venoso.

Manualmente puede pasarse de un segmento a otro, de acuerdo con la visualización de la secuencia de opacificación de las estructuras; asimismo, puede terminarse la adquisición en cualquier momento. Este esquema se modificó en estudios de malformaciones o cuando se precisa más detalle de la secuencia circulatoria, estableciendo segmentos con adquisición de más imágenes.

Las mayores limitaciones de la ASD se relacionan con la resolución espacial (2,2 pares de líneas por milímetro con una matriz de 512 x 512) con opacificación ideal. La resolución disminuye al disminuir la concentración de material de contraste. Por esa causa, si se requiere el máximo de resolución (por ejemplo para ver pequeños vasos intracranianos), es necesario aumentar la concentración de material de contraste, requiriendo inyección arterial selectiva. De este modo, aunque no se llegue a la resolución de cinco pares de líneas por milímetro del film, alcanza para definir la mayoría de las situaciones diagnósticas^{3,4} (Fig. 5).

El catéter, introducido por vía venosa, se coloca en la vena cava superior o en la vena cava inferior; de este modo se pueden obtener mayores velocidades de inyección sin el riesgo de extravasación que se corre utilizando zonas periféricas.

Debe tenerse en cuenta que, en algunos casos, si

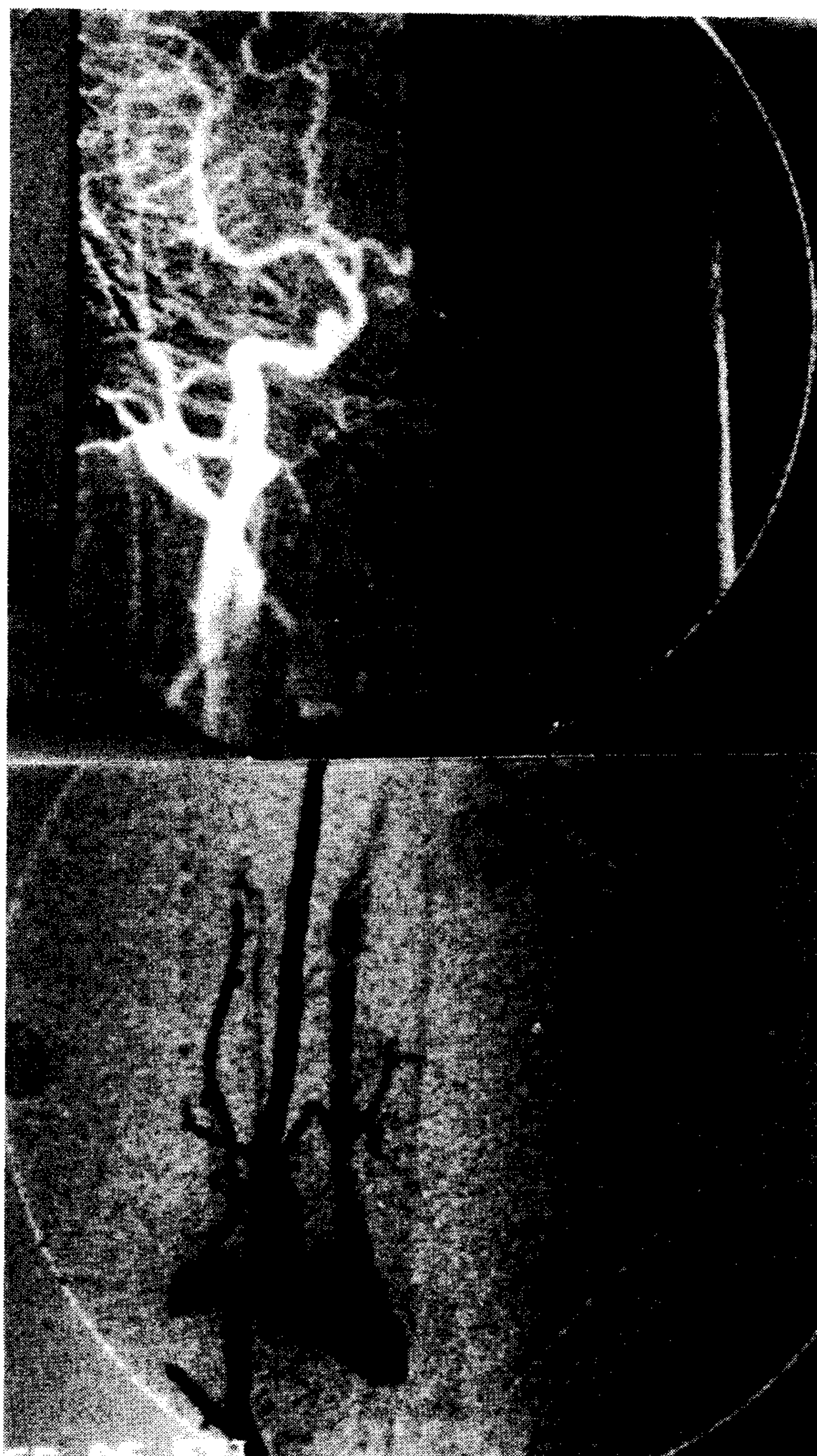


Fig. 3. ASD arterial no selectiva. Arriba: vertebral y carótida derechas intracraniana (frente). Abajo: subclavia y vertebral derechas.

el catéter está muy próximo a la desembocadura de la vena yugular interna, en la vena cava superior puede producirse el lleno retrógrado de ésta durante la inyección, dificultándose la obtención de buenas imágenes de máscara.^{6,7}

Otra dificultad que puede hacer no diagnóstico a un estudio es la *superposición de vasos*. Afortunadamente, la posibilidad de reaver las imágenes luego de cada inyección permite realizar nuevas inyecciones para corregir el defecto (Fig. 6).

Como se ha descrito, la resolución espacial disminuye mucho al disminuir la concentración de material de contraste, obteniéndose imágenes con mucho grano, que no permiten sacar conclusiones.

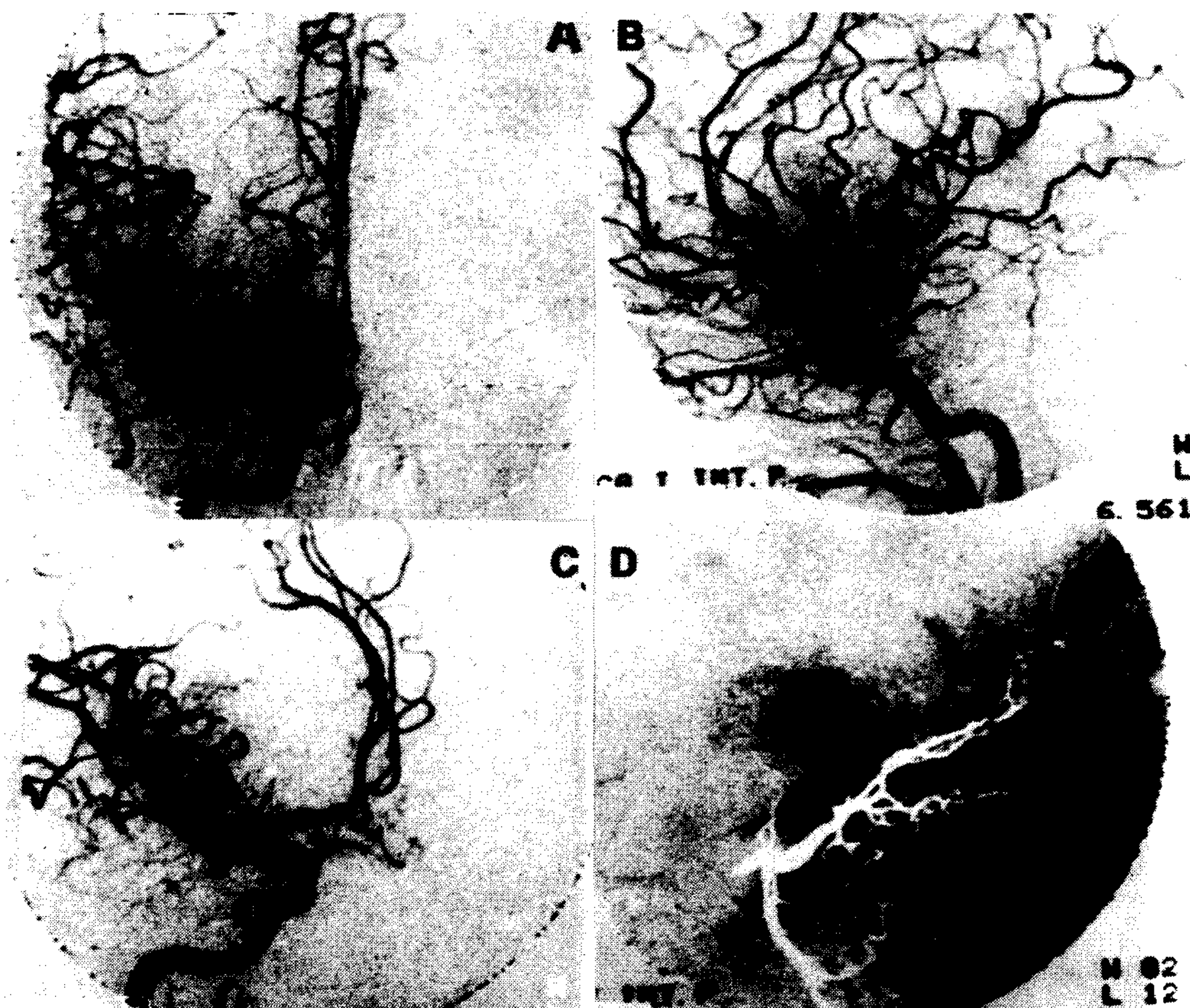


Fig. 4. Estudio carotídeo intracraneano por vía arterial selectiva. Proyecciones habituales. A: frente. B: perfil. C: transorbitario. D: perfil intracraneano de la arteria vertebral. Mediante la manipulación de la máscara se pueden superponer la fase arterial y la fase capilar.

Las causas de baja concentración de material de contraste se relacionan con el volumen inyectado, con la velocidad de inyección del bolo, con el sitio de la inyección y con la velocidad circulatoria.

Es por eso que en los pacientes con bajo volumen minuto es preferible utilizar la vía arterial, pudiendo mantenerse la baja morbilidad utilizando catéteres de relativo bajo diámetro (6 F) para realizar inyecciones no selectivas con material de contraste diluido.

Los artefactos de movimiento son una de las principales causas por las cuales puede invalidarse una inyección.

La deglución en estudios extracraneanos no produjo dificultades, sobre todo en los primeros tiempos. Parece relacionarse este reflejo con la llegada del material de contraste a los vasos del cuello. Tal vez la mejor preparación de los pacientes, junto a una mejor técnica actual en la realización de los estudios, producto de la experiencia, han disminuido esta dificultad.

En los pocos casos en los que se utilizó Hexabrix no se observó esta reacción.

La heterogeneidad de la densidad de las estructuras del cuello obliga a utilizar filtros especiales para corregir la presencia de puntos brillantes en los sitios de menor densidad de tejidos. De no hacerlo, se produce saturación, con la consiguiente pérdida de información en este sector.^{4, 8-11} (Fig. 7).

RESULTADOS

De los 91 pacientes estudiados, a 74 (81%) se les realizó angiografía extracraneana por vía venosa. A 28 de ellos (38%) con estudios diagnósticos se les detectaron obstrucciones (Tabla 1).

Tabla 1
Angiografía por sustracción digital (ASD) por vía endovenosa de vasos extracraneanos
— 74 estudios - Patológicos: 28 (38%) —

Obstrucción de la carótida primitiva o de la carótida interna	Unilateral	Bilateral	Total
Leve	4	2	6
Moderada	5	1	6
Severa	2	3	5
Total	5	1	6
Obstrucción total subclavia	—	1	1
Obstrucción vertebral severa	1	—	1
Kinking o flexuosidades carotídeas	2	1	1

En 49 pacientes (66,2%) se obtuvo excelente visualización de la bifurcación carotídea bilateral (Tabla 2). En 15 pacientes (20,2%) se obtuvo excelente visualización de un lado y buena del otro.

En 6 pacientes (8,1%) el estudio fue no diagnós-

Tabla 2
Estudios por vía endovenosa de vasos extracraneanos
(Total: 74)

Excelentes	49 (66,3%)	Diagnósticos
Buenos	15 (20,2%)	66 (85%)
No diagnósticos unilateral	6 (8,1%)	No diagnósticos
No diagnósticos bilaterales	4 (5,4%)	10 (15%)

tico de un lado y en 4 pacientes (5,4%) fue no diagnóstico bilateral.

En los primeros meses se produjo el mayor porcentaje de estudios no interpretables.

Los 6 pacientes a los cuales, además de arteriografía por inyección venosa, también se les realizó ASD por inyección selectiva arterial, mostraron 100% de correlación entre ambos métodos. Los 10 pacientes (20 arterias carótidas) explorados también por arteriografía tradicional (CINE) mostraron discrepancia en tres arterias (una carótida interna y dos carótidas primitivas); en ellas se observaron obstrucciones leves en la arteriografía tradicional, no discriminándose obstrucciones por ASD con inyección venosa.

Esos casos coincidieron con estudios catalogados como de buena calidad.

Si observamos la Tabla 2 veremos que, del total de 74 pacientes, 63 (85%) fueron diagnosticados, contra 11 (15%) no diagnósticos.

De los 31 pacientes a los que se les realizó angiografía de vasos intracraneanos por inyección endovenosa, 11 estudios fueron catalogados como

Tabla 3
Estudios por vía endovenosa de vasos intracraneanos
(31 estudios)

Excelentes	11 (35,3%)	Diagnósticos
Buenos	8 (26%)	19 (61,3%)
No diagnósticos	12 (38,7%)	12 (38,7%)

Tabla 4
ASD por vía endovenosa de vasos intracraneanos
(31 estudios)

Patológicos	9 (31%)
Angiomas	2 (7%)
Circulación colateral	7 (24%)

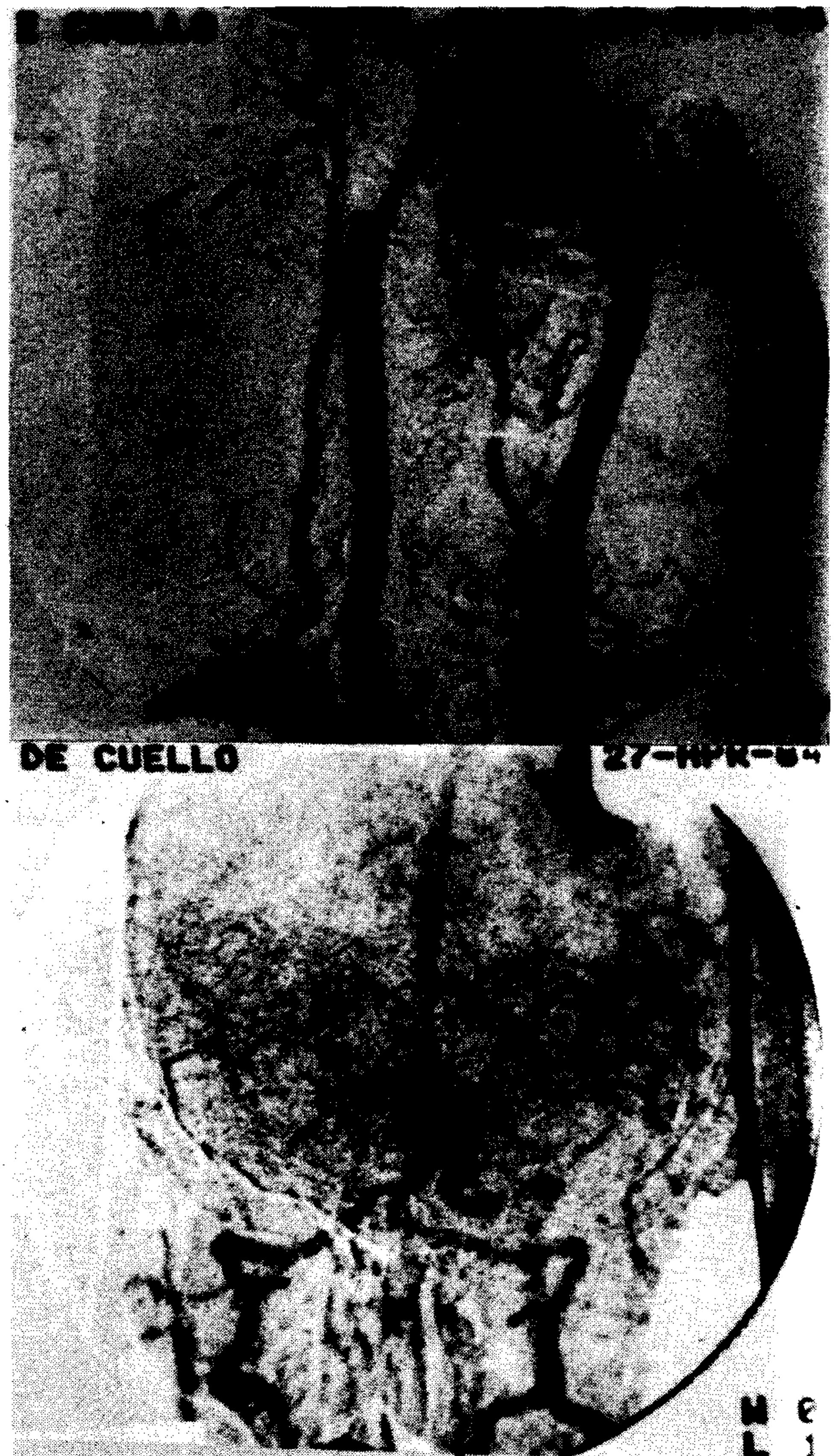


Fig. 5. Las imágenes intracraneanas habitualmente no dan información precisa sobre los vasos pequeños, pero sí aportan datos sobre la circulación colateral.

de excelente calidad (35,4%), 8 (26%) de buena calidad, lo que hace un total de 19 estudios diagnósticos (61,3%), y 12 estudios (38,7%) no fueron diagnósticos (Tabla 3).

De los estudios diagnósticos, 9 fueron anormales (Tabla 4), 2 por la presencia de angiomas y 7 por demostrar circulación colateral. Ninguno mostró obstrucciones intracraneanas.

Del total, 10 pacientes tienen estudio angiográfico tradicional, correspondiendo 4 de ellos a estudios no diagnósticos intracraneanos venosos. Los otros 5 no mostraron obstrucciones, correlacionándose en un 83%.

Un estudio catalogado como bueno no permitió



Fig. 6. Ejemplifica que cuando la opacificación no es ideal la superposición de vasos puede no permitir la valoración de obstrucciones.

visualizar un by-pass temporosilviano, que sí fue visualizado por arteriografía. Este hecho es atribuible, más que a mala resolución del estudio, a la mala selección de las proyecciones radiológicas utilizadas. A 6 pacientes se les realizó arteriografía selectiva por ASD, y los mismos correspondían a estudios no diagnósticos por vía venosa.

ASD por cateterismo arterial de los vasos extracraneanos

De los estudios realizados a 23 pacientes, 22 fueron considerados excelentes (95,6%), y el restante (4,4%) fue considerado bueno unilateral, lo que hace un total de estudios diagnósticos de 23

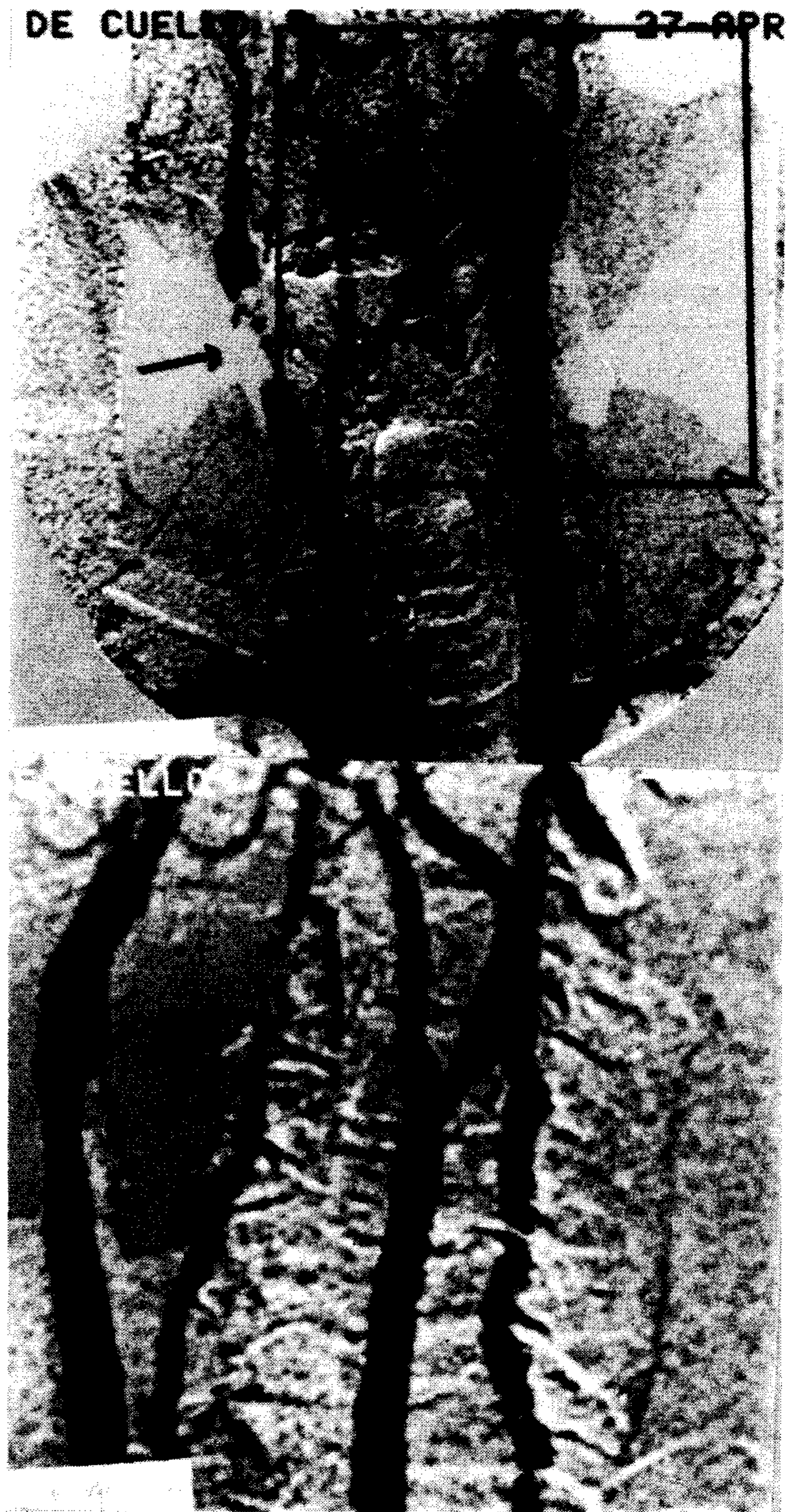


Fig. 7. En ambas imágenes (flecha) se observa pérdida de la información por saturación de rayos (defecto de filtrado).

(100%) (Tabla 5). Fueron patológicos el 48% (Tabla 6).

En 10 pacientes se realizaron, además, inyecciones no selectivas en raíz de aorta para el estudio de las arterias carótidas extracraneanas y para el estudio específico de las arterias vertebrales extracraneanas con inyección en ambas arterias subclavas.

La comparación de la calidad de la información aportada por las imágenes obtenidas por inyección selectiva y no selectiva no fueron interpretadas como significativas por los observadores.

Tabla 5
ASD vía arterial de vasos extracraneos selectivos y no selectivos
(23 estudios)

Excelentes bilaterales	22 (95,6%)	Diagnósticos
Buenos unilaterales	1 (4,4%)	100%
ASD vía arterial de vasos intracraneos selectivos y no selectivos		
Excelentes bilaterales	22 (100%)	Diagnósticos 100%

Tabla 6
ASD vía arterial de vasos extracraneos

Selectivos y no selectivos	23 estudios		
Patológicos	11 (48%)		
<i>Obstrucción de carótida primitiva o carótida interna</i>	<i>Unilateral</i>	<i>Bilateral</i>	<i>Total</i>
Leve	1	1	2
Severa	3		3
Total	2		2
Obstrucción severa carotídea y vertebral	1		1
Angioma facial	1		1
Elongación y flexuosidades carotídeas	1		1
Obstrucción vertebral total		1	1

Tabla 7
ASD por vía arterial selectiva y no selectiva intracraneana
(22 estudios)

Patológicos	9 (41 %)
Circulación colateral	7 (32 %)
Angioma	1 (4,5 %)
Obstrucción severa de cerebrales post.	1 (4,5 %)

ASD por vía arterial selectiva de los vasos intracraneos

De los 22 pacientes estudiados, el 100% fue catalogado como excelente; en 7 las imágenes obtenidas permitieron evaluar (Tabla 5) circulación colateral. Un paciente presentó un angioma intracerebral y una obstrucción severa de las cerebrales posteriores y cerebral media izquierda.

En 9 pacientes en los que, además de realizarse inyección selectiva, se les opacificó el territorio vertebrobasilar y carotídeo en forma no selectiva, se obtuvo excelente calidad de imágenes. Nueve es-

tudios del total de ASD por vía arterial selectiva mostraron patología (Tabla 7).

COMPLICACIONES

En los 74 estudios por vía endovenosa no se registraron complicaciones en el sitio de punción. Dos pacientes (2,7%) presentaron rush cutáneo como reacción al material de contraste.

Los pacientes refirieron sensación leve a moderada de calor, bien tolerada en todos los casos.

De los 23 estudios realizados por vía arterial, dos pacientes (8,6%) presentaron trastornos neurológicos focales transitorios coincidentes con territorios explorados por inyección selectiva. En ningún caso de inyección selectiva se registraron complicaciones. Ningún paciente presentó trastornos locales en el sitio de entrada del catéter.

Las molestias referidas por los pacientes estudiados selectivamente fueron mayores en los realizados con Triyoson diluido que en los estudiados con Hexabrix diluido.

DISCUSION

ASD por vía venosa y exploración de vasos extracraneos

La correlación de la angiografía tradicional con los estudios con ASD por vía venosa para territorio extracraneano muestra, en varios trabajos publicados, una sensibilidad del 87% al 93%, con una especificidad del 86% al 94% y una precisión del 87% al 97%. La sensibilidad y especificidad aumentan en relación a la magnitud de la obstrucción. Vale decir que la capacidad de discriminación disminuye a medida que es más sutil la obstrucción. De este modo, en las obstrucciones menores del 50% es donde se producen generalmente las fallas de ASD para localizarlas o su infravaloración.¹²⁻¹⁵

En general, el porcentaje de estudios de excelente calidad obtenidos está por encima del 80%. En nuestros resultados puede verse que ese porcentaje es algo menor que el de otras publicaciones, encontrándose el mayor porcentaje de estudios no diagnósticos en los comienzos de aplicación de esta técnica, debido fundamentalmente a artefactos de movimiento.

A pesar de contar aún con pocos pacientes con angiografía convencional y ASD venosa, la buena correlación obtenida, concordante con las publicaciones hasta el presente, junto con la progresiva obtención de mayor porcentaje de estudios catalogados como excelentes por la experiencia adquirida, nos permiten concluir que, dado el menor costo, la mayor rapidez, la alta especificidad, sensibilidad y precisión para obstrucciones hemodinámi-

camente significativas en estudios de excelente calidad, y la prácticamente inexistente morbilidad, la ASD venosa puede considerarse en este momento el método más aconsejable para el diagnóstico de la enfermedad obstructiva extracraneana de los vasos del cuello pues, en caso de demostrarse patología con claridad, no son necesarios a veces otros estudios para decidir la conducta terapéutica.¹⁶⁻²³

En los casos dudosos, y aun en los negativos, si existe signosintomatología atribuible a embolias plaquetarias o de colesterol, que puede generarse en placas ulceradas o en obstrucciones menores que no producen reducción de flujo por su significación hemodinámica, será necesario realizar angiografía selectiva con ASD, que provee mayor resolución espacial.²⁴⁻²⁸

ASD por vía venosa y exploración de vasos intracraneanos

Los trabajos publicados coinciden en que la calidad de información es menor que para el territorio extracraneano; de cualquier modo, obtienen mayor porcentaje de estudios de buena calidad que el obtenido en nuestra experiencia. Analizando los resultados se advierte que hubo un alto porcentaje de estudios no diagnósticos. Actualmente, utilizando mayor cantidad de material de contraste (25 cc por segundo durante dos segundos —50 cc en total—) y corrigiendo las técnicas radiológicas hemos mejorado esos porcentajes. De cualquier modo, pensamos que esta modalidad es útil para evaluar los sifones carotídeos y la circulación colateral intracraneana, y para detectar la presencia de malformaciones vasculares de mediano y gran tamaño, pero no para cuantificar con precisión obstrucciones ni para aportar datos anatómicos suficientes para la cirugía de malformaciones, requiriéndose en esos casos ASD selectiva.²⁹⁻³²

ASD arterial selectiva y no selectiva

Dado que se utiliza la misma vía que en la angiografía tradicional, la ASD por vía arterial no parecería ofrecer ventajas con respecto a ella. Sin embargo, existen ciertos hechos a destacar: 1) la concentración de material de contraste necesaria para obtener buenas imágenes en función de la sustracción requiere menor volumen de material de contraste diluido, con lo cual se disminuye el riesgo de complicaciones atribuibles al mismo; 2) las imágenes adquiridas por una matriz de 512 por 512 tienen una resolución espacial de 2,2 pares de líneas por milímetro, contra 5 pares de líneas por milímetro de la angiografía tradicional, que si bien mejora la evaluación de los vasos finos, no

establece diferencias para fines diagnósticos; 3) en función del menor volumen a inyectar se utilizan catéteres de menor diámetro, disminuyendo las complicaciones locales en el sitio de punción; 4) se obtiene mejor resolución de contraste que en la angiografía tradicional, pudiendo evaluarse con precisión la fase capilar y también el drenaje venoso; 5) probablemente el futuro de la utilización de la ASD por vía arterial esté dado por la posibilidad de obtener imágenes de calidad similar a la angiografía tradicional, realizando inyecciones no selectivas de material de contraste diluido, con lo que se evita: a) la morbilidad atribuible al material de contraste puro; b) el tiempo y riesgo que significa la manipulación del catéter para ser colocado en forma selectiva; c) el riesgo de desprender material de las placas ateromatosas al introducir el catéter en el vaso a explorar; d) el riesgo de generar espasmo por el catéter, sobre todo en las arterias vertebrales; e) comparado con la punción selectiva carotídea, además de evitar el riesgo inherente a las punciones e inyecciones de material de contraste, nos permite la evaluación, en una misma sesión, de todos los vasos del cuello.³³⁻³⁸

En el futuro inmediato, con el aumento de la resolución espacial, utilizando matrices de 1.024 x 1.024 (resolución comparable a la de la angiografía tradicional), con el aumento de la cantidad de imágenes que pueden adquirirse y acumularse por segundo y con la incorporación del análisis videodensitométrico (que aporta información sobre la dinámica del flujo sanguíneo), adelantos todos que pueden adaptarse a los equipos en uso, la ASD ofrecerá aún mayores ventajas en el estudio de las enfermedades vasculoencefálicas.³⁹

SUMMARY

This study shows that digital subtraction angiography (DSA) with intravenous injection provides diagnostic information in 85% of extracranial (66 of 74 studies) and 61% of intracranial studies (19 of 31 studies). Less time, less discomfort and mainly less risk are some of the reasons that this technique is going to replace probably many of the current imaging techniques in the diagnostic of cerebrovascular disease. To obtain 100% of diagnostic information of intracranial vessels is advisable to perform the study by selective or not selective arterial injection.

BIBLIOGRAFIA

1. Robb GP, Steinberg I: Visualization of the chambers of the heart, the pulmonary circulation and the vessels in man: a practical method. *AJR* 41: 1, 1939.

2. Ansell G: Complications in diagnostic radiology, p 44. Blackwell Scientific Publications. Oxford-London-Edimburg-Melbourne, 1976.
3. Weinstein MA, Modic MT, Buonocore F, Meany TF: Digital subtraction angiography. *Applied Radiology* 29: 53-69, 1981.
4. Little JR, Furlan AJ, Modic MT, Weinstein MA: Digital subtraction angiography in cerebrovascular disease. *Stroke* 13 (5): 557-565, 1982.
5. Modic MT, Weinstein MA, Buonocore E, Pavlicek W, Meany TF: Intravenous digital angiography of the head and neck: a clinical update. *Proc Soc Photo-optical Instrumentation Engineers (SPIE Proc)* 233: 272-278, 1980.
6. Saddekni S, Sos TA, Sniderman KW, Srus M et al: Optimal injection technique for intravenous digital subtraction angiography. *Radiology* 150 (3): 655-659, 1984.
7. Wood GW, Lukin RR, Tomsick TA, Chambers AD: Modified venous catheter technique for digital angiography. *Radiology* 147: 272, 1983.
8. Price RR, Rollo FD, Monahan WG, James AE Jr: Digital radiography. A focus on clinical utility. Grune & Stratton, 1982.
9. Kruger R, Mistretta CA, Houk T et al: Computerized fluoroscopy in real time for non invasive visualization of the cardiovascular sistem. *Radiology* 130: 49-57, 1979.
10. Kruger R, Mistretta CA, Houk T et al: Computerized flurosopy techniques for intravenous study of cardiac chamber dynamics. *Invest Radiol* 14 (4): 279-287, 1979.
11. Kruger R, Nelson JA, Baron SN: Patient motion and detection and compensation in digital intravenous subtraction angiography. Presented at the 67th Radiological Society of North America Scientific Assembly and Annual Meeting. Chicago, Illinois, November 15-20, 1982.
12. Chilcote WA, Modic MT, Pavlicek WA et al: Digital subtraction angiography of the carotid arteries: a comparative study in 100 patients.
13. Modic MT, Weinstein MA, Chilcote WA et al: Digital subtraction angiography of the intracranial vascular system: comparative study in 55 patients. *AJR* 138: 299-306, 1982.
14. Russell JB, Watson TM, Modi JR, Lamberth A, Sumner DS: Digital subtraction angiography for evaluation of extracranial carotid occlusive disease: comparison with conventional arteriography surgery, 94 (4): 604-610.
15. Christenson PC, Ovitt TW, Fisher HD III, Nudelman S, Roehrig H: Intravenous angiography using digital vide subtraction. Intravenous cervicocerebrovascular angiography. *AJNR* 1: 379-386, 1980.
16. Sumner DS: Non invasive methods for preoperative assessment of carotid occlusive disease. Statistical interpretation of test results. *Vasc Diag Thes* 2: 41-56, 1981.
17. Cheistenson PC, Ovitt TW, Fisher HD et al: Intravenous angiography using digital subtraction: intravenous cervicocerebrovascular angiography. *AJR* 135: 1145, 1980.
18. Little JR, Furlan AJ, Modic MT, Bryerton B, Weinstein MA: Intravenous digital subtraction angiography: application to cerebrovascular surgery. *Neurosurgery* 9: 129-136, 1981.
19. Sumner DS, Russell JB, Miles RD: Are noninvasive tests sufficiently accurate to identify patients in need of carotid arteriography? *Surgery* 91: 700-706, 1982.
20. Ducos de La Hitte M, MarcVergnes JP, Rascol A, Guiraud B, Manelfe: Intravenous angiography of the extracranial cerebral arteries. *Radiology* 137: 705-711, 1980.
21. Brody WR, Enzmann DR, Deutsch LS, Hall A, Pelc N: Intravenous carotid arteriography using line-scanned digital radiography. *Radiology* 139: 297-300, 1981.
22. Baert, Marchal G, Wilms G, Haendel J, Maass W, Wolf HD: Computer angiography intravenous arteriography. *Election Medica* 2: 122-132, 1981.
23. Lusby RJ, Eherenfeld WK: Carotid artery surgery based on digital subtraction angiography. *AJ Surg* 144: 211-214.
24. Lusby RJ, Woodcock JP, Machleder HI et al: Transient ischemic attacks: the static and dynamic morphology of the carotid artery bifurcation. *BJ Surg (Suppl)*, 1982.
25. Little JR, Furlan AJ, Modic MT, Bryerton B, Weinstein MA: Intravenous digital subtraction angiography in brain ischemia. *JAMA* 247: 3213-3216, 1982.
26. Strotter CM, Sackett JF, Crummy AB et al: Clinical applications of computerized fluoroscopy. The extracranial carotid arteries. *Radiology* 136: 781-783, 1980.
27. Thiele BL, Young JV, Chikos PM, Hirach JH, Strandness DF: Correlation of arteriographic findings and symptoms in cerebrovascular disease. *Neurology (NY)* 30: 1041-1046, 1980.
28. Wood GW, Lukin RR, Tomsik TA, Chambers AA: Digital subtraction angiography with intravenous injection: assessment of 1000 carotid bifurcations. *ANJR*, March-April: 855-859, 1983.
29. Seeger JF, Weinstein PR, Carmody RF, Ovitt TW, Fisher HD III, Capp MP: Digital vide subtraction angiography of the cervical and cerebral vasculature. *J Neurosurg* 56: 173-179, 1982.
30. Modic MT, Weinstein MA, Starnes DL, Kinney SL, Duchesneau PM: Intravenous digital subtraction angiography of the intracranial veins and dural sinuses. *Radiology* 146: 383-384, 1983.
31. Carmody RF, Smith JRL, Seeger JF, Ovitt TW, Capp MP: Intracranial applications of digital intravenous subtraction angiography. *Radiology* 144: 529-534, 1982.
32. Awod I, Little JR, Furlan AJ, Modic MT: Intravenous digital subtraction angiography as an index of collateral cerebral blood flow in internal carotid artery occlusion. *Stroke* 13, July-Aug 1982.
33. Crummy AB, Stieghorst MF, Turski PA, Strother CM, Liberman Sackett JF, Turnipseed WD, Detmer DE, Mistretta CA: Digital subtraction angiography current status and use of intra-arterial injection. *Radiology* 145: 303-307, 1982.
34. Shehadi WH, Toniolo G: Adverse reactions to contrast media: a report from the comitee on safety of contrast media of the International Society of Radiology. *Radiology* 137: 297-312, 1980.
35. Baert AC, Wilms F, Smith J: Digital intraarterial subtraction technique of the extracerebral vascular system. *Cardiovasc Intervent Radiol* 6: 197-200, 1983.
36. Seldinger SI: Catheter placement of the needle in percutaneous arteriography. Seldinger technique. *Radiology* 81: 257-263, 1953.
37. Lang EK: A survey of complications of percutaneous retrograde arteriography. Seldinger technique. *Radiology* 81: 257-263, 1963.
38. Hessel SJ, Adams DF, Abrams HL: Complications of angiography. *Radiology* 138: 273-281, 1981.
39. Crummy AB: Digital subtraction arteriography: now and the future. *Proc Appl Opt Instrum Med X*. New Orleans, Louisiana, May 9-12, 1982. *SPIE* 347: 2-6.