

EL GAMAGRAMA PERFUSORIO DEL CEREBRO¹

DR. ROBERTO MAASS²

Se describe una técnica que permite definir la distribución del flujo sanguíneo en el cerebro. A pesar de las objeciones hechas al método en esta aplicación, parece haber ausencia de efectos inmediatos y mediatos en animales de laboratorio. La inocuidad del procedimiento en humanos queda confirmada. Se considera importante obtener mayor experiencia con este método, para establecer criterios adecuados de interpretación de resultados. (GAC. MÉD. MÉX. 98: 253, 1968.)

ES INDUDABLE que son muchos los pacientes neurológicos en los que se presentan primaria o secundariamente, alteraciones circulatorias del sistema nervioso central. Esto es debido en gran parte a que, si bien todo el organismo es dependiente en mayor o menor grado de la eficacia de su irrigación sanguínea, el tejido nervioso comparte sólo con pocos órganos su extrema sensibilidad a la anoxia. Es tan crítica esta situación que la misma estructura del sistema vascular neurológico muestra peculiaridades que lo habilitan para cumplir esta función con un máximo de eficacia: las leptomeninges contienen los vasos gruesos, los que están conectados entre sí por una rica red de arteriolas anastomóticas. Desde ellas se proyectan hacia el interior de la substan-

cia nerviosa los finos capilares nutrientes, los cuales no están conectados entre sí, sino que constituyen vasos terminales.

Estas características anatómicas y por otro lado la existencia de un sensible sistema de autoregulación concurren a establecer una desvinculación entre la presión arterial y el flujo sanguíneo capilar. Efectivamente, como fue demostrado por Lassen¹ en 1959, para valores de presión arterial media arriba de 60 mm de mercurio, el flujo sanguíneo permanece constante aún a pesar de variaciones inducidas de gran magnitud. Esto no quiere decir, sin embargo, que la perfusión sea homogénea en todas las regiones del sistema nervioso central. Landau² en 1955, utilizando trifluoroyodometano radiactivo y Hansen,³ con el uso de antipirina, han podido demostrar los valores del flujo en diferentes regiones del cerebro.

¹ Trabajo por invitación, presentado en la sesión ordinaria del 9 de agosto de 1967.

² Centro Hospitalario "20 de Noviembre". I.S.S.S.T.E.

Así las cortezas motoras, sensitiva, auditiva y visual tienen gastos del orden de 1.3 ml/g/ min., en tanto que en la materia blanca los valores son de alrededor de .20 y en los ganglios basales oscilan entre .61 y .84.

Pese a la importancia de este género de información existen al presente pocos métodos clínicos de exploración que permitan conocer el flujo o cantidad de sangre que perfunde por minuto al cerebro o a una región de él. La arteriografía y la cineangiografiografía son muy valiosas en este aspecto, pero su información se limita principalmente a los vasos de mayor calibre. Otros procedimientos han sido orientados a determinar el flujo total o, a lo más en cada hemisferio por separado. Con este propósito se han utilizado el óxido nitroso, colorantes y algunos trazadores radiactivos como el Kriptón-85, el Xenón-133 y los eritrocitos marcados con Cromo-51. Uno de los más recientes enfoques a este problema lo constituye el llamado cerebrograma en el que se registra simultáneamente con dos detectores, el paso por cada hemisferio de una dosis de hipurán marcado con Yodo-131. El análisis ulterior de la forma y tamaño de las curvas da una idea, aunque poco precisa del órgano o región por explorar del flujo en los dos hemisferios.

Recientemente ha sido introducida por Taplin⁴ una técnica que ha permitido por primera vez definir la distribución del flujo en el seno de diversos órganos y tejidos. Diseñado originalmente para la exploración del flujo pulmonar, su uso se ha extendido a otros órganos y

regiones del cuerpo. El método consiste en obtener un gamagrama después de la administración por el vaso aferente de partículas de albúmina radioactiva a las que se han dado el nombre de macroagregados. Estas partículas tienen un tamaño que oscila entre 15 y 50 micrones y por lo tanto, se verán mecánicamente detenidas al llegar al lecho capilar.

El aspecto valioso de este método está en que la distribución de estas partículas es función del flujo relativo de sangre ya que, suspendidas homogéneamente en el plasma, se detendrán en mayor número en los sitios en los que haya un mayor gasto circulatorio y por tanto, el gamagrama las registrará como zonas de mayor radioactividad. Es por tanto comprensible que en aquellas regiones en las que la perfusión esté disminuida o suspendida aparezcan en el estudio gamagráfico zonas más claras contrastando con aquéllas en que el flujo de sangre es normal.

Aunque se entrevió de inmediato la posibilidad de aplicar esta técnica al estudio de la perfusión cerebral, fueron hechas serias objeciones a la introducción de una substancia que aunque por corto tiempo (2 a 3 horas) produciría la embolia en cierto número de capilares cerebrales. No obstante, cuando Kennady⁵ comunicó los primeros experimentos de este tipo en monos, a los que inyectó por vía intracarotídea cantidades tan altas como 10 miligramos de albúmina en forma de macroagregados, le sorprendió la ausencia de efecto a corto y largo plazo sobre el sistema nervioso central en la mayor parte de

los animales; en aquéllos en los que se pudieron detectar algunas alteraciones del electroencefalograma, éstas fueron leves y fugaces. Rosenthal,⁶ en 1965, realizó estudios de este tipo por primera vez en humanos y en sus 35 casos controlados clínica y electroencefalográficamente no pudieron detectarse efectos nocivos. En nuestro medio, Murphy, Cervantes y Maass,⁷ han realizado un extenso estudio en conejos con cantidades muy altas de macroagregados. La Fig. 1 muestra el estudio radioautográfico.

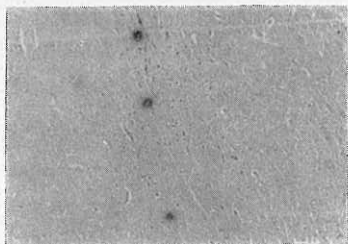


FIG. 1. Autorradiografía de un corte de cerebro dos horas después de la administración de una dosis de macroagregados. Se observan tres partículas atrapadas en los capilares.

fico típico realizado en un animal sacrificado dos horas después de la inyección. En la imagen se pueden ver tres macroagregados atrapados en el seno del tejido nervioso. En la Fig. 2 se aprecia a mayor aumento un capilar en cuya vecindad no se ven signos de necrosis o inflamación: los núcleos están íntegros y no hay evidencia de hemorragia. Debemos señalar que en la totalidad de los 30 animales estudiados no pudo encontrarse un solo caso de necrosis pericapilar.

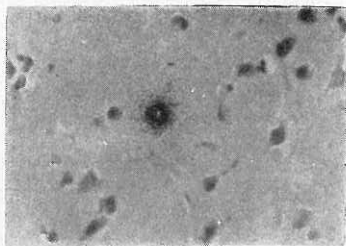


FIG. 2. Imagen autorradiográfica a gran aumento de un macroagregado atrapado en un capilar cerebral. No existen datos de necrosis pericapilar a las dos horas de administrado el trazador.

La explicación de la inocuidad del procedimiento, confirmada por el autor en el Centro Hospitalario "20 de Noviembre", descansa probablemente en el carácter transitorio de la obstrucción por un lado, y por otro en las peculiaridades fisiológicas del tejido nervioso. Los capilares cerebrales tienen un diámetro de 7 a 8 micras. El volumen de tejido nutricionalmente dependiente de cada capilar ha sido calculado por Krogh,⁸ basándose en el número de capilares por centímetro cúbico de tejido y constituye un cilindro alrededor del capilar y a lo largo de él con un diámetro de 30 micras. Considerando los gradientes de presión de oxígeno desde el principio al fin del capilar, el consumo de oxígeno del tejido y por último, el coeficiente de difusión de oxígeno del tejido cerebral, la tensión de O_2 no desciende a más de 20 mm de mercurio aún en el punto más alejado del capilar, lo cual permite suponer una función vicariante efectiva de los vasos adyacentes en el evento de la oclusión de un capilar aislado.

En los últimos seis meses hemos estudiado con este procedimiento un grupo de pacientes con diversas afecciones vasculares del sistema nervioso. Entre ellos se han obtenido algunas imágenes que se muestran por vía de ejemplo. Las Figs. 3 y 4 corresponden a los ga-

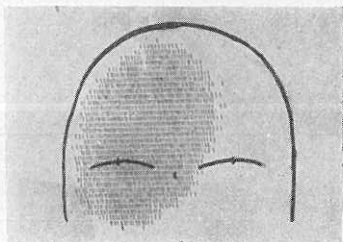


FIG. 3. Gamagrama anteroposterior después de la inyección de 150 mCi de macroagregados administrados en la carótida derecha. Paciente sin lesión vascular cerebral.

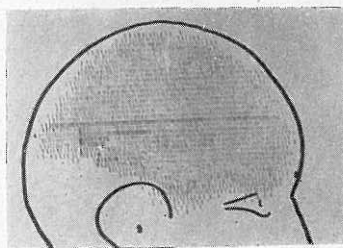


FIG. 4. Imagen gamagráfica lateral derecha del paciente de la Fig. 3.

magramas anterior y lateral derecho obtenidos después de la inyección intracarotídea de 150 microcuries de macroagregados de albúmina, que representan en peso un total de un miligramo del producto marcado. El caso correspondió a un paciente diabético al

que se hizo estudio neurológico completo por haber sufrido una crisis convulsiva. Los estudios realizados y la evolución posterior del caso no mostraron patología neurológica, por lo que las imágenes pueden ser consideradas como las de un sujeto normal.

Es claro que en razón de la vía de introducción del trazador radiactivo, los campos explorados corresponden a las regiones de las arterias cerebrales anterior y media. Sin embargo, con una técnica más elaborada es posible la exploración de las estructuras de la fosa posterior y de la zona irrigada por la cerebral posterior.

En las Figs. 5, 6 y 7 se exponen los

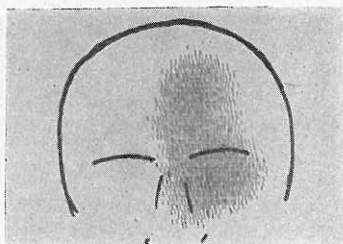


FIG. 5. Gamagrama anterior con macroagregados inyectados en la carótida interna izquierda. Paciente con trombosis de esa arteria en la vecindad del polígono de Willis. El material radiactivo perfundió a través de la arteria oftálmica.

gamagramas perfusorios realizados en un paciente de 31 años de edad con sintomatología sensitiva y motora del lado derecho y en el que la arteriografía puso de manifiesto una obstrucción de la carótida interna. Cuando el material radioactivo fue inyectado, la totalidad de la radioactividad se concentró en la

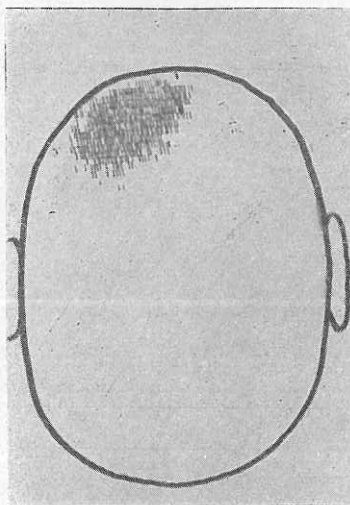


FIG. 6. Gamagrama superior del paciente de la Fig. 5.

órbita izquierda y en la región de la arteria supraorbitaria de ese lado, lo que puso de manifiesto que la obstrucción

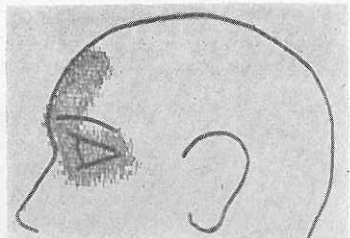


FIG. 7. Imagen gamagráfica lateral iz.quierda del paciente de las Figs 5 y 6. Se puede observar el depósito de material radioactivo en la órbita y en el área irrigada por la arteria supraorbitaria.

se encontraba por encima del sitio de la emergencia de la arteria oftálmica.

En el grupo de pacientes estudiados se realizó una exploración neurológica cuidadosa del paciente inmediatamente después del estudio sin que se hayan podido poner en evidencia datos que sugirieran alteraciones funcionales consecutivas a la administración de la pequeña cantidad de macroagregados de albúmina. Cabe destacar que en nuestros enfermos y particularmente en el caso en el que el material radioactivo se deriva en su totalidad a la arteria oftálmica, los exámenes de fondo de ojo realizados inmediatamente y al día siguiente fueron negativos por lo que respecta a la aparición de lesiones atribuibles a la microembolia de los capilares retinianos. En el grupo de pacientes del Hospital General de Montreal,⁶ los exámenes de fondo de ojo también resultaron negativos.

La experiencia del autor, aunque restringida, orienta a considerar al gamagrama perfusorio cerebral como un procedimiento capaz de dar gran cantidad de información de interés clínico. La imagen pone de manifiesto la distribución regional del flujo capilar y sólo implica la administración por vía intracarotídea, de una pequenísima cantidad de albúmina radioactiva en forma de macroagregados.

Consideramos, sin embargo, que la valoración final del método debe aguardar la observación de un gran número de gamagramas normales y patológicas, de tal modo que al igual que en otros estudios análogos, se establezcan patrones y criterios de interpretación.

SUMMARY

A technique permitting the definition of blood flow distribution in the brain is described. In spite of the objections against the use of this method for this specific use, there are no ill effects in experimental animals. The harmlessness of this method in human beings is confirmed. The author considers that there should be more experience available in order to establish adequate criteria for interpretation of the results.

REFERENCIAS

1. Lassen, N.A.: *Physiol. Rev.* 33: 183, 1959.
2. Landau, W.M., Freygang, W. H., Rowzand, L.P., Sokoloff, L. y Kety, S.S.: *Trans. Amer. Neurol. Ass.* 80: 125, 1955.
3. Hansen, citado por Kety, S.S.: *Selective vulnerability of the brain in hypoxaemia* Philadelphia, Ed. F.A. Davis. Co., 1963, p. 21.
4. Taplin, G.V., Johnson, D.E., Dore, E. K. y Kaplan, H.S.: *Jour. Nucl. Med.* 5: 259, 1964.
5. Kennady, J.C. y Taplin, G.V.: *Jour. Nucl. Med.* 6: 566, 1965.
6. Rosenthal, L.: *Radiology*. 85: 110, 1965.
7. Murphy, E., Cervantes, C. y Maass, R.: *Comunicaciones de la Primera Reunión de la Sociedad Mexicana de Medicina Nuclear*, San José de Vista Hermosa, México. 1967. p. 199.
8. Krogh, A.: *Anatomie und Physiologie der Kapillaren*. Berlin. Ed.: Springer. 1929. p. 224.