

PERSPECTIVAS EN MEDICINA

TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTADA*

LUIS LOMBARDO ‡

Ha surgido un nuevo procedimiento que ha revolucionado el diagnóstico en la medicina, particularmente en el área de las ciencias neurológicas.

Analizados los antecedentes que dieron lugar al descubrimiento de esta nueva técnica, conocida como tomografía axial computada, se explican sus principios técnicos y se describen los componentes y funcionamiento del equipo.

Se presentan ejemplos de los procesos patológicos observados en pacientes en quienes se ha aplicado el procedimiento y de las dificultades diagnósticas que se han encontrado en otros casos. Se analizan las ventajas que representa el procedimiento para los pacientes y para las instituciones, desde el punto de vista de utilidad y costos. Finalmente se explica brevemente la proyección que pueda tener este método en otras áreas de la medicina, y se hace somera descripción de las características técnicas de los nuevos equipos de tomografía axial corporal total.

La visualización del cerebro por medios radiológicos es difícil, debido a que este órgano se encuentra ence-

rrado en una caja ósea. Por más de 60 años se han buscado métodos que permitan superar esta dificultad, mediante la inyección de medios de contraste por diversas vías.

En 1918, Dandy inyectó aire en los ventrículos cerebrales e hizo posible visualizar estas cavidades.¹ Posteriormente, él mismo, en 1919, describe la neuromencefalografía, inyectando aire en el espacio subaracnoideo por vía lumbar.² Más tarde, en 1923, inicia Sicard el empleo de sustancias opacas a los rayos X inyectadas a los ventrículos y describe la yodoventriculografía.³ En julio de 1927, Egaz Moniz comunica los resultados de una nueva técnica para observar los vasos cerebrales mediante la inyección de bromuro de estroncio al 70 por ciento en las arterias carótidas y se inicia así la angiografía cerebral.⁴

Modificaciones a estas técnicas, nuevas sustancias opacas a los rayos X menos nocivas, el uso de catéteres, inyectoras automáticas, equipos radiológicos más modernos y otros avances, hicieron posible la demostración de muchas de las lesiones cerebrales, pero la información que se obtiene de estos procedimientos es generalmente incompleta, ya que en realidad no se observa la masa encefálica, sino el sistema ventricular y espacios subaracnoideos o los vasos cerebrales y se infiere, por el rechazo, la alteración o el desplazamiento de estas estructuras, la presencia de procesos

* Presentado en parte durante las XVIII Jornadas Médicas Nacionales de la Academia Nacional de Medicina, celebradas en San Luis Potosí, del 19 al 22 de enero de 1977.

‡ Académico numerario. Servicio de Neurología y Gabinete de Tomografía Axial Computada. Hospital General. Centro Médico Nacional. Instituto Mexicano del Seguro Social.

patológicos. Además, esta información se obtiene a un costo elevado, ya que estos procedimientos son molestos para el paciente y, en ocasiones, no exentos de peligros.

Fue por esto que se realizaron nuevas investigaciones con objeto de visualizar con mayor claridad las características morfológicas del encéfalo. En 1947, los hermanos Dussik, de Bad Ischl, Austria, intentaron delimitar las diversas estructuras del encéfalo con la ayuda de técnicas de transmisión ultrasónicas.³ Desgraciadamente el método llamado "hiperfonografía" no tuvo éxito, ya que el cráneo representa una barrera infranqueable por la importante atenuación que sufren las ondas ultrasónicas en el hueso, y por la baja densidad del encéfalo. Posteriormente, Leksell introdujo el método de ecopulso para la detección de masas ocupativas intracraneales y fue el iniciador de la ecoencefalografía.^{6,7} Este procedimiento se utiliza a la fecha en los servicios neuroquirúrgicos de emergencia para determinar la posición de la línea media, pero la información que se obtiene de él es bastante limitada.

En 1948 Moore describe una técnica que permite visualizar lesiones cerebrales con el uso de radioisótopos, con ello se inicia una nueva etapa, no usando ya métodos de transmisión de ondas, sino de emisión de las mismas, es decir, en lugar de utilizar una energía transmitida que atraviesa el cráneo, se administra una sustancia radiactiva, la cual se acumula en las estructuras cerebrales y genera una energía que se detecta en el exterior.⁸ Este autor utilizó la diiodofluoresceína marcada con ¹³¹I inyectada por vía endovenosa y para medir la radiación gamma, usó como detectores contadores Geiger-Müller. Este método, llamado centelleografía cerebral, abrió un nuevo campo dentro de los procedimientos diagnósticos.

La agilización en las técnicas de detección con el uso de gammagrafos rectilíneos y posteriormente con la cámara de tipo Anger y la aparición de nuevos radiofármacos con mayor energía y de vida media más corta, permitieron localizar lesiones del encéfalo sin mayores molestias o peligros para el enfermo. Sin embargo, debido a que la gammagrafía cerebral carece de precisión, ya que no son poco frecuentes las falsas positivas o negativas, nunca reemplazó a los métodos radiológicos convencionales angiográficos o neumoventriculográficos y siempre se consideró como un método diagnóstico complementario. Esto es válido, desde luego, para los estudios estáticos, ya que con la nueva instrumentación que se tiene para el procesamiento de datos, es posible obtener información dinámica de la circulación cerebral y del líquido cefalorraquídeo mediante las técnicas de perfusión sanguínea cerebral o con el procedimiento conocido como gamma cisternoventriculografía.

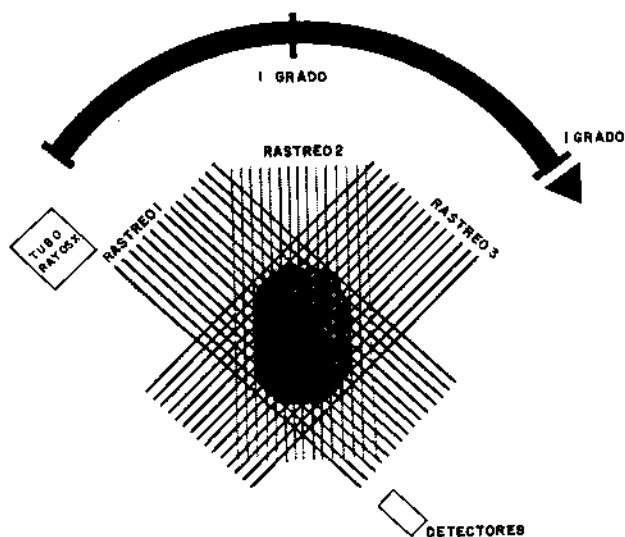
Independientemente, en otros campos del conocimiento, se desarrollaron técnicas de reconstrucción matemática que fueron descritas desde 1917 por Radon en Austria, quien demostró que es posible reconstruir un objeto bi o tridimensional si se tiene un número infinito de todas sus posibles proyecciones.⁹ Posteriormente se describieron otros métodos, como son: las técnicas de sumación, los algoritmos algebraicos de reconstrucción (ART), la técnica convolucional, el método de Fourier, y otros. En astronomía, Bracewell usó estos métodos de reconstrucción con objeto de identificar regiones solares emisoras de radiación de microondas.¹⁰ Problemas similares fueron resueltos con las técnicas reconstructivas aplicadas a la microscopía electrónica en el estudio de biomoléculas complejas.¹⁰

En medicina se hicieron intentos para usar estas técnicas y Cormack, en 1957, construyó un aparato usando como fuente de energía ⁶⁰Co, utilizando como detector un contador Geiger.¹¹ Más tarde, en 1961, Oldendorf construyó un burdo aparato de transmisión de rayos gamma utilizando como fuente radiante ¹³¹I.¹² Otros autores hicieron numerosos intentos con la misma finalidad.^{13,14} La culminación de estos estudios llegó cuando se dio a conocer el procedimiento de tomografía transversa axial computada, aplicada al cráneo.¹⁵

La tomografía craneal auxiliada por computadoras (TCC) es el producto de los estudios realizados por el investigador Godfrey N. Hounsfield, de 1969 a 1972, en los laboratorios centrales de investigación de la Compañía EMI-Ltd. en Hayes, Middlesex, Inglaterra.¹⁶ El primer equipo fue instalado en el Hospital Saint George para estudios experimentales y luego en el Hospital Atkinson Morley de Londres; su utilidad en la clínica fue confirmada por los estudios que realizó en ese sitio el neurorradiólogo Ambrose en 1972.¹⁷

Con este instrumento las diferentes estructuras del encéfalo se hacen visibles, gracias a la idea de detectar los rayos X con cristales, en lugar de utilizar las placas convencionales. Casi desde el descubrimiento de los rayos X era conocido que ciertos cristales emiten luz visible cuando se exponen a los rayos X, y aunque esta propiedad había sido utilizada en medicina nuclear para medir la radiación gamma, en radiología no había sido explotada.

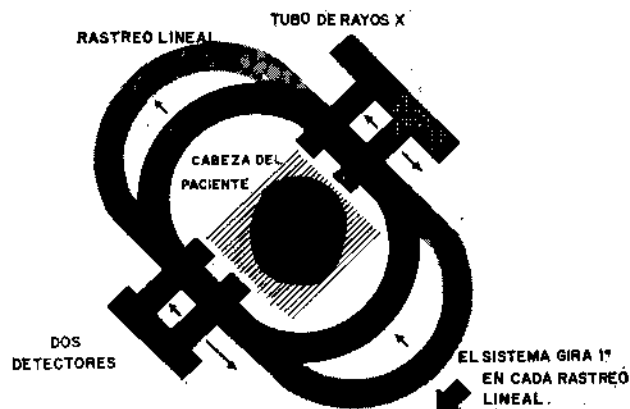
Hounsfield postuló que haciendo un rastreo o barrido con un haz muy delgado de rayos X, y tomando mediciones con un fotomultiplicador de la luz emitida por un cristal detector se podrían almacenar estos datos para que una computadora pudiera extraer el máximo de información de las lecturas del detector y así, reconstruir una imagen, aproximadamente cien



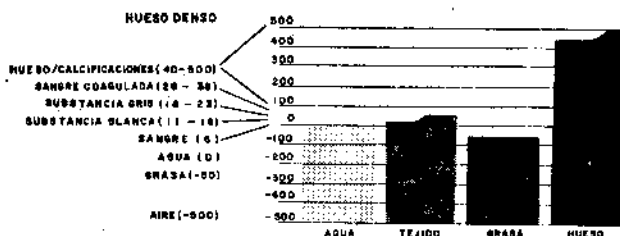
1

veces más precisa, que la que se obtiene con los procedimientos radiológicos habituales. Utilizando este principio, y con el empleo de dos cristales detectores y dos haces de rayos X paralelos, fue capaz de hacer dos cortes adyacentes simultáneamente.

En el equipo original marca EMI modelo Mark I, el tubo de rayos X hace un rastreo lineal horizontal y perpendicular al eje principal del cuerpo, a través de la cabeza del paciente. Los cristales detectores permanecen siempre alineados al movimiento del haz de rayos (fig. 1). En este rastreo lineal se hacen 240 mediciones de la transmisión de fotones que han atravesado la cabeza. Al terminar el barrido, la unidad rota un grado alrededor de la cabeza y el procedimiento se repite (fig. 2). Después de 180 barridos iterativos el cabezal ha recorrido medio círculo alrededor del paciente y de esta forma cada detector ha hecho 43 200 lecturas (240×180). Esta información es almacenada en una unidad de memoria y posteriormente enviada a una computadora, la cual se alimenta



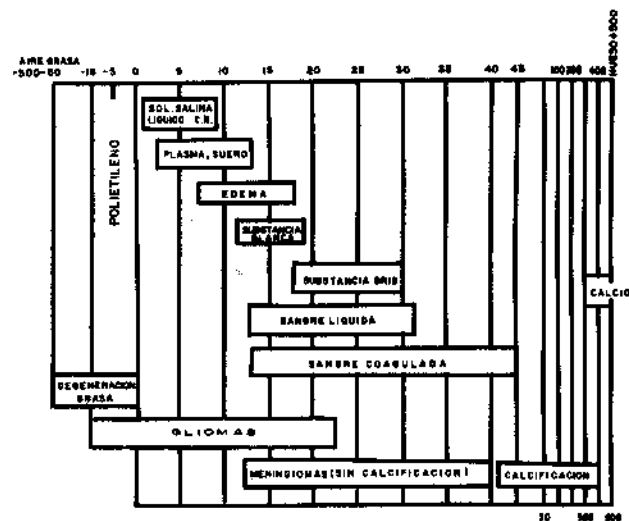
2



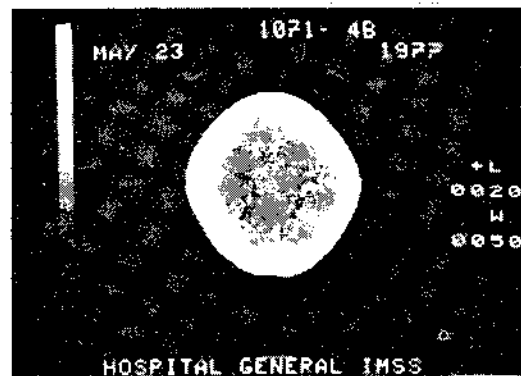
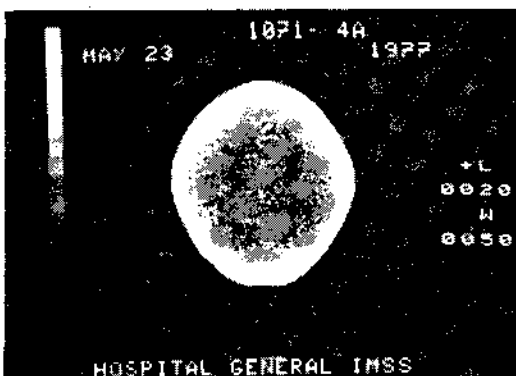
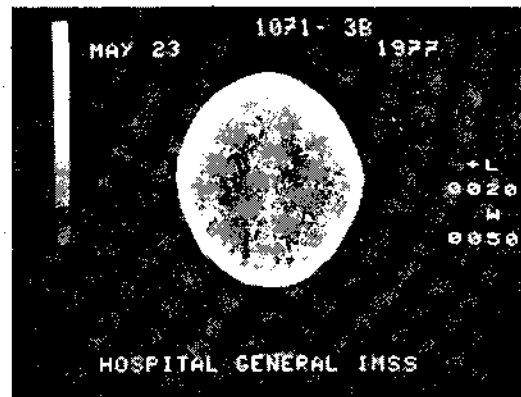
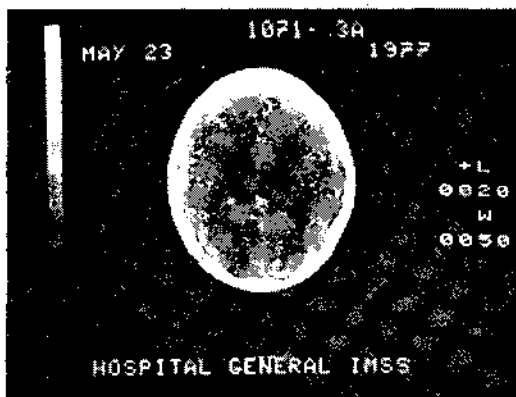
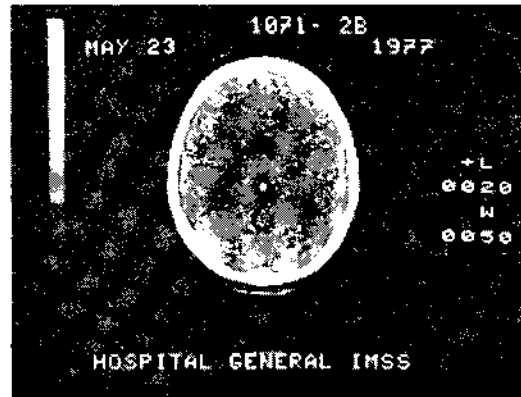
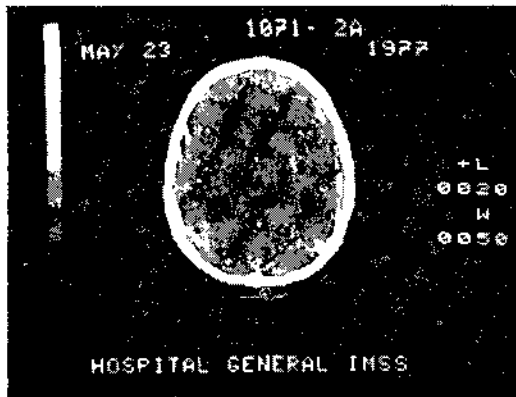
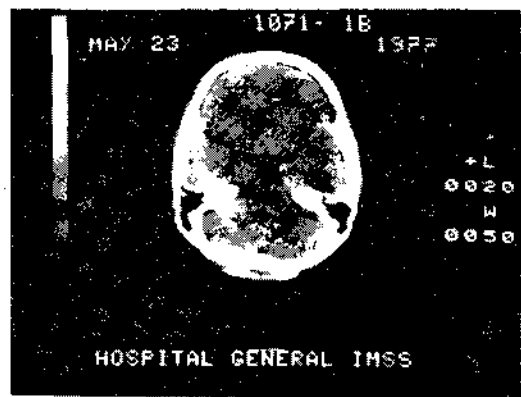
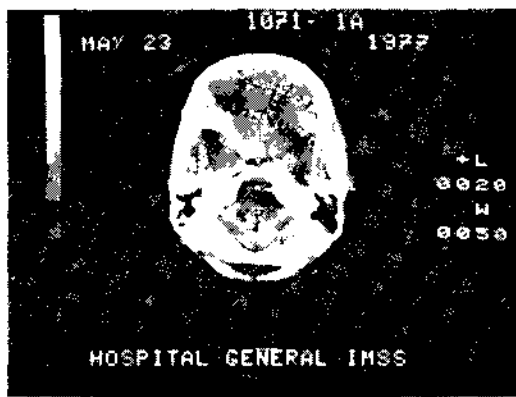
3 Coeficientes de absorción de tejidos anatómicos.

con ella y calcula mediante una combinación de técnicas de reconstrucción de algoritmos matemáticos y convolucionales, 25 600 coeficientes de absorción de los tejidos. Las dimensiones de cada unidad medida son de $1.5 \times 1.5 \times 13$ mm. de espesor. La información numérica que proporciona la computadora se transmite a una impresora lineal en la cual se registran los coeficientes de absorción de cada uno de los pequeños bloques de tejido, o bien, se envían a un oscilógrafo de rayos catódicos, en donde se puede observar una imagen en la cual la luminosidad de cada bloque es proporcional al coeficiente de absorción de rayos X; o expresado en otros términos, a la atenuación que sufre el rayo como consecuencia de la electrodensidad del tejido que atraviesa (especialmente para átomos pesados o de número atómico elevado). La imagen puede entonces observarse para su interpretación o fotografiarse con una cámara. Todo este proceso de rastreo de dos cortes simultáneos, captación de la información, reconstrucción matemática por la computadora y registro impreso o visual de la imagen se realiza aproximadamente en cuatro minutos.

El procedimiento no requiere de mucho tiempo, ya que en 20 minutos es posible hacer un estudio completo con ocho cortes que van desde la base del cráneo al vértex.



4 Coeficientes de absorción (unidades EMI).



Las dosis de radiación que recibe el paciente en un estudio completo son mínimas e inferiores a las que se acumulan en un estudio radiológico de cráneo simple y las dosis a gónadas en el hombre sin protección, son inferiores a 0.1 mrad.

El equipo tiene una escala arbitraria que permite medir coeficientes de absorción en unidades EMI que varían de más 500 a menos 500, considerando que el agua representa un valor de 0, el aire de menos 500 y el hueso denso de más 500 (fig. 3). El líquido cefalorraquídeo tiene densidades muy similares o próximas a las del agua, o sea de 4 a 7 unidades; la sustancia blanca, un promedio de 18 a 20 y la gris, 22 ó 24 unidades EMI (fig. 4).

La imagen que se obtiene permite observar la morfología del cráneo, forma, tamaño y posición de las cavidades ventriculares y las características de la masa encefálica en cuanto a sus densidades o coeficientes de absorción (fig. 5). En condiciones patológicas, si el tejido cerebral está edematoso o necrótico, sus densidades estarán disminuidas; si contiene tejidos o sustancias extrañas, como son sangre, tumores o calcificaciones, su densidad estará aumentada. Por tanto, las alteraciones que se puedan observar en este estudio en condiciones normales o patológicas son: deformación de tamaño o distorsión de las cavidades ventriculares y espacios subaracnoideos y aumento o disminución de la densidad del parénquima cerebral. Si se conoce la patología del sistema nervioso, es fácil poder hacer un diagnóstico topográfico e inferir la posible etiología de los padecimientos que lo alteran.

Un equipo similar marca EMI modelo Mark 1 y casi idéntico al que se usó por primera vez, se instaló en junio de 1976 en el Servicio de Neurología del Hospital General del Centro Médico Nacional. Este equipo lleva trabajando 11 meses y se han realizado a la fecha 1 500 estudios en 1 100 pacientes. Esto

Cuadro 1 Diagnósticos establecidos en los primeros 1 000 pacientes estudiados con tomografía craneal computada

1. Normales	516
2. Tumores	117
3. Enfermedades vasculares del encéfalo	95
4. Atrofias	119
5. Infecciones	115
6. Hidrocefalias	111
7. Traumatismos	55
8. Malformaciones	2
9. Órbita	15
10. Secuelas quirúrgicas	42

ha permitido acumular suficiente experiencia como para reconocer la bondad del procedimiento, así como sus limitaciones.

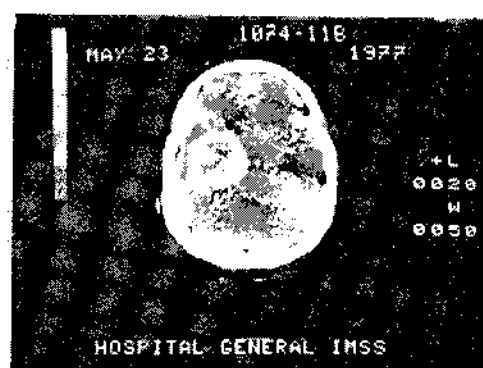
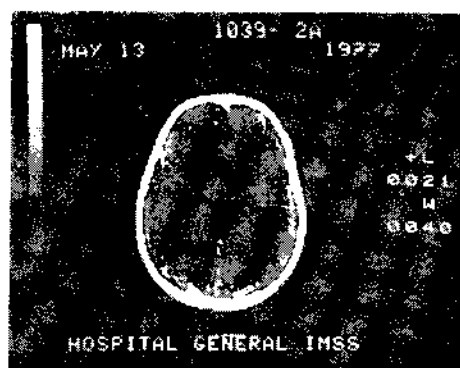
En abril de 1977 se completaron los primeros 1 000 pacientes estudiados. En el cuadro 1 se indica el diagnóstico establecido en ellos y en las figuras 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran ejemplos de algunos casos.

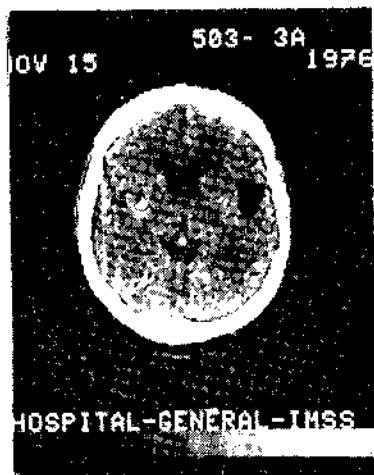
Como se puede observar, la claridad, la nitidez y la precisión que se obtienen permiten afirmar que este novedoso método ha revolucionado la neurología y la oftalmología y le ha dado una nueva dimensión a la investigación en estos campos.

¿Cuáles son las ventajas de la TCC? El procedimiento es totalmente inocuo, indoloro, se realiza en muy corto tiempo, se puede hacer tanto en enfermos hospitalizados como en los de consulta externa. No requiere ninguna preparación, salvo en aquellos casos con falta de cooperación o agitados, los cuales requieren simplemente sedación. Los resultados del estudio se pueden interpretar de inmediato.

En cuanto a su precisión diagnóstica, cuando el estudio está bien indicado, se calcula que varía de 100 por ciento en algunos procesos a 97 por ciento en otros, con un margen de error de 3 por ciento.¹⁵ Estas características permiten acelerar el manejo de los enfermos y por tanto evita la hospitalización innecesaria de algunos o agiliza el internamiento de otros con

6. *Izquierda.* Hidrocefalia interna. Obsérvese la dilatación simétrica del sistema ventricular. 7. *Derecha.* Glioblastoma multiforme de la región temporal izquierda.





8 Cisticercosis cerebral. Obsérvense las múltiples calcificaciones y el quiste de cisticerco en el valle silviano derecho.

alguna patología que lo amerite. Acorta la estancia hospitalaria, ya que los pacientes ingresan con un diagnóstico establecido. No altera el estado de algunos pacientes como lo hacen otros procedimientos diagnósticos más agresivos. El estudio se puede repetir en varias ocasiones, con objeto de observar la evolución de una lesión, sin producir efectos deletéreos al paciente.

¿Cuáles son sus costos? Está en proceso calcular la utilidad económica en cuanto a la indicación o no de la hospitalización del enfermo, su estancia hospitalaria, así como el número de estudios angiográficos, neuromiográficos o de otro tipo que fueron innecesarios.

Estudios de esta naturaleza han sido realizados en otros sitios. Wortzman y col., en el Hospital General de Toronto en Canadá, revisaron los pacientes que asistieron durante un año al servicio de neurología de ese hospital y encontraron que de 440 pacientes estudiados con TCC, el internamiento al servicio no fue necesario en 58 por ciento de los casos; que se evitaron 171 estudios angiográficos y 170 neuromiográficos y otros 203 procedimientos como eco o gamma-

grafía cerebral, y que además se había acortado la estancia hospitalaria en 1.6 día-cama de los enfermos internados. Ellos calculan que el ahorro neto para la institución representó, no obstante el costo original del equipo y de los gastos que derivan de su operación, más de dos millones de dólares. No se calcula aquí el sufrimiento humano que producen otros estudios, lo cual no tiene precio.¹⁶

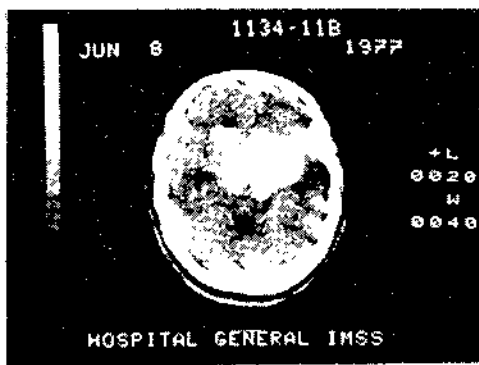
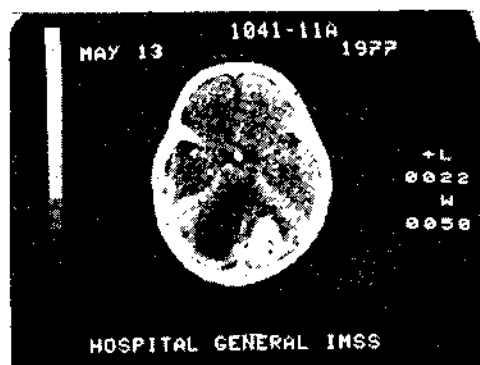
Todo lo dicho hasta este momento perdería importancia si no se hablara también de las limitaciones que tiene el procedimiento. No obstante la magnífica información que el estudio brinda al clínico, su valor ha sido sobreestimado y esto se debe a ignorancia, por parte de quienes lo indican, de lo que cabe esperar de él.

Así mismo, por limitaciones del estudio, algunas lesiones no son detectadas. Especial dificultad existe para reconocer hematomas subdurales en su fase subaguda (entre 30 y 90 días en el que la colección sanguínea se hace isodensa) y lo único que se ve es el desplazamiento ventricular.

Lesiones pequeñas con coeficientes de absorción similares a las del tejido que los rodea (pequeñas lesiones vasculares o desmielinizantes como microembolias o esclerosis en placas) no se ven. Lesiones relativamente más grandes pero próximas a zonas de densidades muy altas que oscurecen su presencia, como microadenomas hipofisarios, neurinomas del acústico o tumores del glomus yugular, no se reconocen.

En otras ocasiones, la información que da el estudio es útil pero incompleta, como por ejemplo cuando existe una hidrocefalia interna obstructiva y no se ve bien la fosa posterior por limitación del equipo o por falta de cooperación del paciente. En general, lesiones en la fosa posterior y en la punta de los lóbulos temporales son difíciles de ver, a menos que sean muy grandes o de densidades extremas.

Otras veces se sobreinterpreta la información; por ejemplo, la imagen que se obtiene de un estudio con infusión intravenosa de medio de contraste indica que hay "efecto de anillo"; esto ha sido interpretado como



9 Astrocitoma quístico del cerebro. Nódulo mural en el lado derecho con cavitación quística en el lado izquierdo.

10 Gran adenoma cromófobo de la hipófisis.

absceso o necrosis central de un tumor, pero debe recordarse que cualquier lesión del sistema nervioso central con el contraste puede dar esta imagen, sea vascular, tumoral o infecciosa.¹⁷

La realidad es que el margen de error que se tiene desde el punto de vista diagnóstico es mínimo en cuanto a la topografía de las lesiones, pero mucho más amplio desde el punto de vista etiológico. En esencia, se sabe que hay una lesión, pero no se puede decir con exactitud su naturaleza.

Sin embargo, muchos más errores cometen el clínico, el médico general, el internista o el especialista en otras disciplinas que indican estudios sin saber qué es lo que se va a buscar, sino simplemente con objeto de ver qué es lo que van a encontrar. Así, se ordenan estudios en pacientes que padecen dolores de cabeza, "mareos", "ataques", dolores faciales, pérdida de la visión o neurosis de ansiedad; la lista podría ser interminable.

El tiempo ha permitido ubicar en su verdadero lugar el valor del procedimiento. Es opinión de quienes trabajan la neurorradiología moderna y el mío propio, que este método ha revolucionado la metodología diagnóstica de los pacientes con enfermedades del encéfalo y de la órbita y le ha dado una nueva dimensión en estas disciplinas; que ha disminuido en forma notable las demandas de otros procedimientos neurorradiológicos que son laboriosos, costosos, molestos y no exentos de riesgo; que ha desplazado a varios, sobre todo a la neumocencefalografía en casi todas sus indicaciones, a la angiografía cerebral le ha dado su verdadero lugar, o sea como un procedimiento que permite ver con claridad la patología de los vasos del encéfalo y otros procedimientos complementarios, como la ecoencefalografía y la gammagrafía cerebral estática que para el encéfalo casi no tienen utilidad.¹⁸

El extrapolar el valor que tiene el procedimiento a otras áreas de la medicina, no obstante su utilidad, creo que es peligroso en este momento. Es el caso que una vez que diversos investigadores se dieron cuenta del tremendo impacto que esta novedosa técnica significaba, trataron de utilizarla con objeto de visualizar el resto del cuerpo. El problema fundamental radica en que en el resto del cuerpo los órganos se mueven. El corazón late, los pulmones se expanden, el intestino se mueve y el cerebro no; por eso el procedimiento era aplicable únicamente para estudios de cráneo. Pero para el resto del organismo era necesario agilizar el proceso de rastreo.

Varias empresas han logrado equipos que producen resultados satisfactorios para obtener imágenes del cuerpo entero. La mayoría de ellas imita la técnica de la Compañía EMI Ltd.; otras han tratado de superarla.

La forma de agilizar el rastreo se ha hecho incrementando el número de detectores y acelerando el movimiento. En esta forma se habla de equipos de primera, segunda, tercera y cuarta generación.

¿Qué significa esto? Los equipos de primera generación usan un rayo muy delgado que es captado por un cristal detector; éste es el sistema del equipo original (4 minutos por corte). Los de segunda generación son equipos que tienen varios detectores y que usan un haz de rayos en forma de abanico, que hacen un rastreo lineal más rápido y un movimiento circular más ágil, ya que los incrementos de rotación, en lugar de ser de un grado, son de diez grados (20 segundos por corte). Otros, los de la tercera generación usan 320 detectores con un haz de rayos pulsátil en abanico que gira 360° y que elimina el rastreo lineal (5 segundos por corte). Finalmente, los de la cuarta generación son equipos en los cuales los detectores son múltiples (600), estacionarios y lo único que gira es el tubo pulsátil de rayos X (2 segundos por corte).

Indudablemente estos nuevos instrumentos, aparentemente, son mucho mejores que los que están en uso; sin embargo, deberán hacerse las siguientes consideraciones:

1. Al incrementarse la velocidad del equipo, el número de detectores aumenta, así como sus posibles fallas.
2. La información matemática que se procesa es mayor, por lo cual se requieren computadoras más grandes.
3. La resolución espacial de estos equipos no es superior a la que se obtiene con los convencionales.
4. La complejidad del equipo incrementa su mantenimiento y sus costos.
5. Al aumentarse la velocidad de rastreo la fuente de energía de rayos X tiene que ser más potente, por lo que la radiación que recibe el paciente es mucho mayor y en ocasiones peligrosa.
6. Finalmente, ninguno de los equipos de tercera generación se ha probado clínicamente en forma adecuada y los de la cuarta están todavía en la fase experimental.

Hay actualmente por lo menos doce compañías que producen equipos que aparentemente funcionan bien y cada una de ellas, naturalmente, dice tener lo mejor. No obstante ello, la experiencia en la clínica, su utilidad diagnóstica y la seguridad de su funcionamiento a largo plazo están aún por probarse.

REFERENCIAS

1. Dandy, W. E.: *Ventriculography following the injection of cerebral ventricles*. Ann. Surg. 68:5, 1918.

2. Dandy, W. E.: *Roentgenography of the brain after the injection of air into the spinal canal*. Ann. Surg. 70:397, 1919.
3. Sicard, J. y Forestier, J.: *Roentgenologic exploration of the central nervous system*. Arch. Neurol. Psiq. 16:420, 1926.
4. Moniz, E.: *Diagnostic des tumeurs cérébrales et épreuve de l'encephalographie artérielle*. Paris, Masson et Cie. 1931.
5. Dussik, K. T.; Dussik, F. y Wyt, L.: *Auf dem Wege zur Hyperphonographie des Gehirns*. Wien. med. Wschr. 97: 425, 1947.
6. Leksell, L.: *Kirurgisk behandling av skullskador*. Nord. Med. 54:1444, 1955.
7. Leksell, L.: *Echoencephalography. Midline echo from the pineal body as an index of pineal displacement*. Acta Chir. Scand. 115:255, 1958.
8. Moore, G. E.: *Use of radioactive diiodofluorescein in the diagnosis and localization of brain tumors*. Science 107:569, 1948.
9. Radon, J.: *On the determination of functions from their integrals along certain manifolds*. Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-Physische Klasse 69:262, 1917.
10. Bracewell, R. N.: *Strip integration in radioastronomy*. Aust. J. Phys. 9:198, 1956.
11. Cormack, A. M.: *Representation of a function by its line integrals, with some radiological applications*. J. Appl. Phys. 34:2722, 1963.
12. Oldendorf, W. H.: *Isolated flying spot detection of radio-density discontinuities displaying the internal structural pattern of a complex object*. I.R.E. Transactions on Bio-medical Electronics 8:68, 1961.
13. Brooks, P. y Di Chiro, G.: *Theory of image reconstruction in computed tomography*. Radiology 117:561, 1975.
14. Brooks, P. y Di Chito, G.: *Principles of computer asisted tomography (CAT) in radiographic and radioisotopic imaging*. Phys. Med. Biol. 21:689, 1976.
15. Technology Review: *X-ray diagnosis peers inside the brain*. New Scientist 54:207, 1972.
16. Hounsfield, G. N.: *Computerized transverse axial scanning (tomography): Part I. Description of system*. Brit. J. Radiol. 46:1016, 1973.
17. Ambrose, J.: *Computerized transverse axial scanning (tomography): Part II. Clinical application*. Brit. J. Radiol. 46:1023, 1973.