

TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA EXPERIMENTAL EN EL CERDO^aDANTE GONZALEZ S.^bJESUS RODRIGUEZ C.^cALINE S. DE ALUJA^dANA FLISSER^e

RESUMEN

Se describe una técnica original para la obtención de imágenes tomográficas simples y contrastadas de encéfalo de cerdos parasitados con la fase larvaria de la *Taenia solium*. Se utilizaron once cerdos jóvenes con cisticercosis adquirida en forma natural. Los animales fueron inmovilizados durante el proceso de la tomografía. Se efectuaron cortes tomográficos coronales cada 4 mm, que abarcaron todo el encéfalo y después se efectuaron en el mismo sitio los cortes tomográficos contrastados, como medio de contraste se utilizó yodo al 30% en diatrizoato de meglumina. Las imágenes obtenidas resultaron semejantes en las tomografías simples y contrastadas con calidad y nitidez equiparable a las obtenidas por este procedimiento en seres humanos, por lo cual se propone el uso de esta técnica en cerdos, utilizados como modelo de algunas enfermedades del sistema nervioso central.

El diagnóstico radiológico del sistema nervioso central (SNC) es de gran importancia en neurología clínica y quirúrgica. Los procedimientos incluyen desde una placa craneal simple de rayos X, hasta neumoencefalografías,

diferentes formas de ventriculografía, angiografías cerebrales, mielografías y tomografías computarizadas¹².

Dorfsman^{4,5} enfatizó la importancia de la neuro-radiología con sus diferentes técnicas para la determinación de las distintas formas de cisticercosis en el SNC de seres humanos. Por su parte, Santin y Vargas¹⁴ dieron una descripción completa sobre el uso de procedimientos radiológicos simples y contrastados en el diagnóstico de la neurocisticercosis humana. En la actualidad existe un gran número de estudios publicados, relacionados con los avances y evolución de métodos neuro-radiológicos y sus aplicaciones en medicina humana, para el diagnóstico de la neurocisticercosis¹³.

Con la introducción de la tomografía computarizada (TC) por Hounsfield⁸ y Abrose¹ la metodología asociada con la exploración neuro-radiológica del SNC ha cambiado de manera radical y se hace posible por primera vez, estudiar algunas propiedades físicas del tejido cerebral normal y una variedad muy amplia de lesiones que afectan al encéfalo y estructuras vecinas. Esto ha beneficiado a los pacientes al reducir el uso de procedimientos neuro-radiológicos invasivos tales como la angiografía cerebral, la neumoencefalografía y ventriculografía¹².

Existen varios estudios que demuestran la utilidad de la TC en el

a Recibido para su publicación el 15 de Octubre de 1987.

b Proyecto, Sistema de Referencia en Diagnóstico Veterinario. CENID-Microbiología. INIFAP, SARH, Km. 15.5 de la Carr. México-Toluca, México, D.F., C.P. 05110.

c Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, S.S.

d Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

e Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM.

diagnóstico de la neurocisticercosis humana, producida por el metacestodo de *Taenia solium*². Sin embargo, existen cambios no bien entendidos durante la evolución de la neurocisticercosis, que se observan en las imágenes tomográficas tomadas antes y después de la administración de fármacos cestocidas¹⁰.

Por considerar necesario el contar con un modelo animal y al tomar en cuenta que el cerdo es huésped intermediario de la fase larvaria de *Taenia solium* se seleccionó a esta especie para realizar un estudio tomográfico detallado del encéfalo, que asentara las bases necesarias para su aplicación en medicina humana, con la ventaja, de que estos animales pueden ser sacrificados después del estudio, y en el futuro realizarse estudios anatomopatológicos comparativos, lo cual aportará una mayor información sobre las imágenes tomográficas tomadas antes y después de la administración de fármacos que se utilizan para el tratamiento de la neurocisticercosis humana.

Para este estudio se utilizó un cerdo sano de alrededor de cinco meses de edad, con un peso de 40 kg, obtenido de una granja porcina libre de cisticercosis, para el control de imágenes tomográficas, establecer la rutina de exploración con la TC y el tiempo requerido de anestesia, para familiarizarse con la anatomía topográfica de la cabeza del cerdo y así poder estudiar al resto de los animales. Se emplearon once cerdos jóvenes criollos, con un peso entre 21 y 52 kg, procedentes de rancherías y poblados cercanos a Toluca, Edo. de México. Todos los cerdos tenían cisticercosis adquirida en forma natural, diagnosticada mediante la observación y palpación del metacestodo en la porción ventral de la lengua.

Cada cerdo fue tranquilizado con azaperona^a en dosis de 1 mg/kg de peso, este neuroléptico de la serie de a Stresnil-Janssen, Lab. Chinoin.

las butirofenonas produce una sedación psicomotora sin efectos narcóticos, después de la administración intramuscular profunda. A los 15 min, se indujo la anestesia general con la aplicación intravenosa en la cava anterior, del hipnótico clorhidrato de metomidato^b, 2.5 mg/kg de peso. La anestesia se sostuvo con inyecciones adicionales de acuerdo a las necesidades del caso, para lograr la inmovilidad deseada durante el proceso de la TC.

Con el fin de administrar el medio de contraste a cada cerdo, una vez anestesiado, se le practicó una disección en la vena yugular, se colocó en decúbito dorsal y se realizó la asepsia de la región con una solución de cloruro de benzalconio al 4%. Con un bisturí se realizó una incisión sobre la piel, en el canal de la vena yugular, izquierda, de alrededor de 5 cm de longitud, los músculos y fascias fueron separados en forma manual hasta localizar la vena y disecarla por completo, se pasó un hilo por debajo de cada extremo de la vena y ambos fueron jalados hacia arriba para impedir la circulación, cuando estuvo repleta con tijeras se efectuó una pequeña incisión y se introdujo un catéter estéril de polietileno de 3 mm de diámetro y de alrededor de 15 cm de longitud, con dirección al corazón, que fue sujetado con una sutura. El catéter se mantuvo permeable con el paso de una solución salina isotónica a goteo lento. La herida fue suturada con hilo fino de seda del número cero.

Los cerdos anestesiados y canulizados fueron colocados en la mesa del tomógrafo en decúbito dorsal, con la cabeza en hiperextensión, sostenida con un soporte especial y sujeta con tela adhesiva. Para realizar las tomografías se usó un equipo Somatón 2 (Siemens), tomógrafo computarizado de 4a. generación, de alta resolución, con los siguientes factores: cortes tomográficos contiguos de 4 mm de espesor, por 4 mm de desplazamiento b Hypnodil-Janssen, Lab. Chinoin.

de la mesa del tomógrafo, 120 Kv, 450 Mas, y 10 seg como tiempo de barrido, fue empleada una matriz de 256 por 256 puntos. Como punto de referencia externa de la cabeza, se usó el ángulo de la mandíbula, que corresponde con el borde posterior del agujero occipital (**Foramen magnum**), en este sitio se iniciaron los cortes tomográficos y se terminaron en los polos frontales del encéfalo.

Al principio de cada estudio se tomó un topograma inicial, que consiste en una radiografía digital en proyección lateral, con una línea que pasa por el borde posterior del agujero occipital del cráneo. A continuación se procedió con la toma de los cortes contiguos cada 4 mm, se tomaron 16 cortes como promedio, que abarcaron desde el cerebelo hasta los polos frontales del encéfalo; terminado el último corte, se llevó a cabo la toma del topograma final de evaluación, que también consiste en una radiografía digital del cráneo en proyección lateral, donde se marcan 16 líneas contiguas que corresponden a los 16 cortes tomográficos realizados, con la finalidad de tener un registro de los sitios donde se tomaron las imágenes de la TC.

En un principio el estudio fue simple, es decir, sin la inyección de medio de contraste. Una vez terminado éste, se administró por vía intravenosa una sustancia radiopaca hidrosoluble, a través del catéter insertado en la vena yugular, con el fin de hacer evidente, la posible extravasación en las estructuras vasculares por las lesiones de cisticercos parenquimatosos. El material radiopaco consistió en una solución hidrosoluble de yodo al 30% en diatrizoato de meglumina^a. Se aplicaron de 250 a 300 ml en goteo rápido, hasta conseguir un flujo continuo en casi 5 min; en esta forma se consiguió una concentración adecuada en sangre. Durante el paso de la solución yodada, se procedió a la toma del mismo número de cortes tomográficos

a Plenigraf. Lab. Senosian.

y en los mismos sitios que indican los topogramas inicial y final de evaluación de las tomografías simples.

Terminadas las tomografías simples y contrastadas se procedió a fotografiar las imágenes obtenidas en los diferentes planos antes mencionados, en una placa radiográfica de 11 x 14 pulgadas, con una cámara multiformato anexa al tomógrafo.

La selección de cerdos con base en la observación y palpación de cisticercos en lengua fue adecuada, ya que todos presentaron las formas larvarias del parásito en el encéfalo. El tamaño y peso de los animales fue el apropiado, lo que facilitó su manejo y acomodo en la mesa del tomógrafo.

La venodisección de la vena yugular resultó un método práctico y eficiente, que permitió la aplicación intravenosa, a través de un catéter, de la sustancia de contraste. Este procedimiento fue necesario ya que en los cerdos existe una gruesa capa de tejido adiposo, lo que impide que las venas se puedan visualizar, excepto las auriculares que tienen el inconveniente de que son muy delgadas y frágiles, motivo por el cual no hubiera sido posible introducir en ellas un volumen de 200 a 300 ml, rápido y continuo de la sustancia radiopaca, sin riesgo de extravasación, en el punto de aplicación.

La anestesia utilizada presentó un amplio margen de seguridad, ya que aún en dosis repetidas, que variaron según las necesidades del caso, en ningún animal se presentaron complicaciones por sobredosis, aún cuando fue necesario mantenerlos por completo inmóviles durante alrededor de 40 min, para llevar a cabo el estudio de las tomografías simples contrastadas.

La técnica usada de TC permitió obtener imágenes similares a las encontradas en seres humanos que padecen neurocisticercosis¹². En diez de los once encéfalos estudiados se detectaron múltiples lesiones cisticercosas, que sumaron un total de 494. Se

encontraron pocos quistes muy superficiales en los espacios meningeos. Las lesiones observadas en parénquima y meninges fueron sobre todo de aspecto quístico, caracterizadas por áreas hipodensas de color negro, ovals o redondas, de 5 a 10 mm de diámetro, que con frecuencia contenían un punto hiperdenso de color blanco, en posición excéntrica (Figura 1). En dos animales se sospechó la presencia de un quiste, localizado en el III y en el IV ventrículo en forma respectiva, debido a que se observaron más manifiestas estas áreas como zonas hipodensas un tanto irregulares, sin encontrar una hidrocefalia avanzada. En seres humanos, la dilatación ventricular es diagnosticada como hidrocefalia obstructiva o comunicante, causada por bloqueo en la absor-

ción del líquido cefalorraquídeo, inducido por parásitos que se localizan en los ventrículos o cuando estos provocan aracnoiditis adhesiva cerca de la base del cráneo^{6, 7}, la mayoría de las veces cursan con hipertensión intracraneal^{9, 12}, y se manifiestan con diferentes cuadros neurológicos; al contrario en estos dos animales y en los demás no se apreciaron signos de enfermedad neurológica, sin embargo, debe enfatizarse que no existen estudios minuciosos dirigidos a detectar alteraciones nerviosas en cerdos con cisticercosis cerebral.

En los encéfalos estudiados no se logró reforzamiento de la imagen con el medio de contraste. Este hecho puede ser debido a que tal vez las larvas aún no presentaban cambios degenerativos avanzados, como los que suelen obser-



Fig. 1 Imagen tomográfica del encéfalo de un cerdo parasitado con la fase larvaria de *Taenia solium*, donde se observan las áreas hipodensas conteniendo un punto hiperdenso (flecha).

vase en pacientes humanos con neurocisticercosis⁶ en los que la reacción inflamatoria granulomatosa es severa e involucra a la red vascular en mayor grado. En seres humanos el reforzamiento se explica por una reacción inflamatoria perifocal importante, con alteración de la barrera hematoencefálica y la extravasación del medio de contraste, el cual se acumula en el tejido inflamado alrededor de las lesiones,^{3, 15}.

A pesar del alto grado de infección no se encontraron imágenes que hicieran sospechar de la presencia de cisticercos racemosos, tan frecuentes en medicina humana¹¹ lo que está de acuerdo con la literatura consultada. Las formas racemosas en apariencia tardan más tiempo en presentarse, ya que se ha sugerido que son estados degenerados de la forma celulosa¹¹ lo que apoyaría la hipótesis de una infección reciente en los cerdos, en los que durante el corto período de vida económica la forma racemosa no se alcanza a desarrollar.

Por lo antes expuesto, se concluye que con la metodología empleada, se pueden obtener imágenes similares a las encontradas en seres humanos con neurocisticercosis, en cerdos parasitados con la fase larvaria de **Taenia solium**, por lo que se sugiere considerar a esta especie como un buen modelo para llevar a cabo estudios secuenciales que ayuden a aclarar muchas dudas que se presenten en pacientes humanos con neurocisticercosis, durante la evolución natural de esta enfermedad, así como también, cuando estén bajo tratamiento de drogas cestocidas; con la ventaja de que es posible sacrificar a estos animales y realizar estudios comparativos entre tomografía computarizada y hallazgos anatomopatológicos.

SUMMARY

An original technique is described to obtaining simple and contrasted tomographic images from

pigs parasitized with **Taenia solium** larvae. Eleven young pigs with naturally acquired cisticercosis were used. Animals were immobilized during tomography. Coronal tomographic slices were taken 4 mm apart, throughout all encephallus, followed by contrasted tomographic slices using 30% iodine in meglumine diatrizoate. The obtained images were similar in both simple and contrasted tomography, with quality and sharpness identical to those resulting from this procedure in human beings; thus it is proposed the use of this technique in pigs when used as models in some central nervous system diseases.

LITERATURA CITADA

- 1 AMBROSE, J., 1973. Computerized transverse axial scanning (tomography) Clinical applications. *Br. J. Radiol.*, 46:1023.
- 2 BENTSON, J.R., WILSON, G.E., HELMER, E. and WINTER, J., 1977. Computed tomography in intracranial cysticercosis. *J. Comput. Assis. Tomogr.*, 1:464.
- 3 BOTERO, D.R. y CASTAÑO, S. 1981. Cisticercosis: Tratamiento con praziquantel. *Tribuna Med. Colombia*, 63:31.
- 4 DORFSMAN, J., 1963. The radiologic aspects of cerebral cysticercosis. *Acta Radiol.* 1:836.
- 5 DORFSMAN, J., 1966. The radiological aspects of spinal cysticercosis. *Acta Radiol.*, 5:1003.
- 6 ESCOBAR, A., 1983. The pathology of neurocisticercosis. En: *Cysticercosis of the central nervous system*. Edited by Palacios, E., Rodríguez, C.J. and Taveras, J.M., Charles C. Thomas, Springfield, Illinois. pp. 27-54.
- 7 ESCOBEDO, F., GONZALEZ-MARISCAL, G., REVUELTA, R.R. RUBEN, M., 1982. Surgical treatment of Cerebral Cysticercosis. In: *Cysticercosis. Present state or knowledge and perspectives*. Edited by Flisser, A., Williams, K., Lacleite, J.P., Larraldé, C., Ridaura, C. and Beltrán, F. Academic Press, New York. p. 201.
- 8 HOUNSFIELD, G.N., 1973. Computerized transverse axial scanning (tomography) 1. Description of system. *Br. J. Radiol.*, 46:1016.
- 9 JANKOWSKI, R., ZIMMERMAN, R.D., LEEDS, N.E., 1979. A case of cysticercosis presenting as a mass lesion at foramen of Monro. *J. Comput. Assis. Tomogr.*, 3:694.

- 10 LOMBARDO, L., MATEOS, H. y ESTAÑOL, B., 1982. La cisticercosis cerebral en México, **Bac. Med. Méx.**, 118:1.
- 11 RABIELA, C.M., RIVAS, H.A., RODRIGUEZ, I.J., CASTILLO, M.S. and CANCINO, F., 1982. Anatomopatological aspects of human brain cysticercosis. En: Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives. Edited by Flisser, A., Willms, K., Laclette, J.P., Larralde, C., Ridaura, C. and Beltrán, F. **Academic Press**, New York, pp. 179-200.
- 12 RODRIGUEZ, C.J. and BOLEAGA, D.E., 1982. Neuroradiology of human, cysticercosis. In: Cysticercosis, Present state of knowledge and perspectives. Edited by Flisser, A., Willms, K., Laclette, J.P., Larralde, C., Ridaura, C., and Beltrán, F. **Academic Press**, New York, pp. 139-162.
- 13 RODRIGUEZ, C.J., PALACIOS, E. and ZEE, C.S., 1983. Neuroradiology of cysticercosis of the central nervous system. In: Cysticercosis of the central nervous system. Edited by Palacios, E., Rodríguez, C.J. and Taveras, J. **Charles C. Thomas**, Springfield, Illinois, pp. 101-143.
- 14 SANTIN, G. and VARGAS, J., 1966. Roentgen study of cysticercosis of the central nervous system. **Radiology**, 86:520.
- 15 SOTELO, J., ESCOBEDO, F., RODRIGUEZ-CARBAJAL, J., TORRES, B. and RUBIO DONNADIEU, F., 1984. Therapy of parenchymal brain cysticercosis with praziquantel. **New England. J. Med.**, 310:1001.