

Hallazgos de perfusión cerebral con tomografía por emisión de fotón único, SPECT de cerebro. Experiencia del Hospital Central Militar

Dr. Carlos Armando Sosa Luna,* Dr. Enrique Turrubiates Cruz,**
Dr. Luis Enrique Sosa Guerra,*** Armando Martín Torres Tenorio****

* Escuela Militar de Graduados de Sanidad, Graduado del Curso de Especialización y Residencia en Medicina Integral y de Urgencias. Universidad del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos (UDEFA), Secretaría de la Defensa Nacional (SDN). Ciudad de México.

** Especialista en Medicina Nuclear, Jefe de la Subsección de Medicina Nuclear, Sección de Radiología e Imagen del Hospital Central Militar, Dirección General de Sanidad, SDN. Ciudad de México.

*** Especialista en Psiquiatría y Geriátrica, Presidente de la Sociedad Mexicana de Salud Mental, S.C., de la Asociación Mexicana de Amigos de Pacientes Esquizofrénicos, A.C. (AMAPE). Vocal de la Asociación Mexicana para el Envejecimiento Exitoso, A.C., Profesor y Miembro del Grupo Multidisciplinario en la Investigación "Influencia de los antioxidantes en la enfermedad de Alzheimer" Escuela Militar de Graduados de Sanidad. UDEFA, SDN. Ciudad de México.

**** Técnico Especialista en Radiología y Medicina Nuclear, Adjunto de la Subsección de Medicina Nuclear, Sección de Radiología e Imagen del Hospital Central Militar, Dirección General de Sanidad, SDN. Ciudad de México.

RESUMEN

Objetivo. Se describe la prueba de imagen de cerebro conocida como tomografía por emisión de fotón único (SPECT de cerebro).

Método. Se realizó un estudio transversal del año 1992 al 2000, descriptivo, para estudiar la experiencia acumulada por la Subsección de Medicina Nuclear del Hospital Central Militar, utilizando una muestra aleatoria de 261 casos, dividido en dos grupos por sexo: 152 masculinos y 109 femeninos. Observadores independientes revisaron las lecturas clínicas en escala ortocromática en arco iris, calificándolas en: uno (negro) o dos (azul) como aperfusión, tres (verde) o cuatro (amarillo) como hipoperfusión, siete (violeta) u ocho (blanco) como hiperperfusión, considerándoseles patrones anormales y cinco (naranja) como perfusión basal o seis (rojo) como perfusión de activación, con el carácter de normales. Se evaluaron imágenes en los tres cortes: axial, coronal y sagital, divididas en hemisferio derecho y hemisferio izquierdo. Evaluándose las medias aritméticas en sitios específicos del cerebro que incluyeron: lóbulos frontales, lóbulos temporales, lóbulos parietales, lóbulos occipitales, cerebelo, tálamo, tallo cerebral y sistema límbico.

Resultados. Doscientos seis casos con patrones de anomalía en la perfusión siendo negativos 18 a la prueba de SPECT cerebral y 37 excluidos por fallas técnicas. Los diagnósticos correspondieron: Epilepsia (idiopática: 10 hombres y cuatro mujeres. Motora: siete hombres y cinco mujeres. Epilepsia: ocho hombres y seis mujeres). Neurocisticercosis: cinco hombres y tres muje-

Discoveries of cerebral perfusion with tomography by emission of unique photon, SPECT of brain. Experience at the Military Central Hospital

ABSTRACT

Objective. The known brain image test as tomography by emission of photon unique SPECT of brain.

Method. A transversal study was carrier out to evaluate the experience accumulated by the subsection of Nuclear Medicine of the Mexican Military Central Hospital (HCM) since the year 1992 to the 2000, in a group of 261 cases, originating from the population of patient that they remitted for their evaluation. Finding where 152 male and 109 female. Independent physicians revised the clinical readings. They used a eight colors rainbow scale. Qualifying them in: Black or blue as without perfusion, green or yellow as hipoperfusion, violet or white as hiperperfusion; consider abnormal bosses and orange as perfusion basal or red as perfusion of activation; with the character of normal. The SPECT brain images in the three cuts were evaluated in axial, coronal and sagital projections divided into right brain hemisphere and left brain hemisphere, in specific anatomic brain places. Frontal lobes, temporal lobes, parietal lobes, occipital lobes, cerebellums, ventricles, thalamus, brain steam and limbic system were included.

Results. Two hundred and six cases with bosses of abnormality in the perfusion, 18 were negative to the test of SPECT cerebral and 37 excluded because technical faults. The diagnoses corresponded: Epilepsy (idiopathic;

res. Tumores cerebrales: tres hombres y una mujer. Eventos vasculares cerebrales: seis hombres y seis mujeres. Traumatismo craneoencefálico: nueve hombres y siete mujeres. Enfermedad de Alzheimer: un hombre y tres mujeres. Sin diagnóstico clínico: 44 hombres y 36 mujeres. Sanos: 10 hombres y ocho mujeres. La mejoría clínica de los pacientes es directamente proporcional a la mejoría en la perfusión de las regiones previamente afectadas posteriores al tratamiento. El hemisferio izquierdo se observó más afectado en uno y otro sexos.

Conclusión. La técnica SPECT de cerebro marcado es un estudio seguro con alta sensibilidad que permite detectar alteraciones de la perfusión cerebral. Su empleo se justifica en pacientes con diagnósticos probables o seguros de patología neurológica o psiquiátrica, a pesar de contar con estudios normales o no concluyentes de tomografía axial computada, resonancia magnética nuclear o electroencefalograma, permite definir la existencia y localización de alteraciones en el cerebro en pacientes con y sin sintomatología, en quienes se sospecha de alteración orgánica no demostrada por otros auxiliares diagnósticos, incrementando la certeza clínica en aquellos en los que la evaluación inicial resulta irrelevante.

Palabras clave: Alzheimer, bicisato (ECD), cerebelo, cerebro, diasquisis, epilepsia, esquizofrenia, medicina nuclear, perfusión cerebral, SPECT, tecnecio-99.

INTRODUCCIÓN

A partir del año 1970 a 1980, la tomografía axial computarizada (TC)¹⁻³ y la radiología con placas simples fueron los principales estudios de apoyo diagnóstico en el Hospital Central Militar (HCM) para valorar enfermedades del sistema nervioso central (SNC), pero en la actualidad las arteriografías cerebrales, las técnicas de imagen con resonancia magnética nuclear (RM)⁴ y la tomografía por emisión de fotón único (*SPECT)⁵⁻⁸ y la tomografía por emisión de positrones (PET)⁹ han venido a ganarse un lugar cada vez más preponderante.

Para realizar la SPECT de cerebro se necesita un radiofármaco con una tasa de extracción de primer paso por tejido cerebral, que sea proporcional al flujo sanguíneo cerebral y que permanezca dentro de la neurona por largo tiempo. Los radiofármacos para estudios de SPECT de cerebro no se quedan en el espacio intercelular, sino que pasan hasta el intracelular debido a las propiedades de la molécula que los transporta. Las neuronas con alteraciones en su es-

10 male and 4 female. Motor: 7 males and 5 females. Epilepsy: 8 males and 6 females). Brain cysticercosis: 5 male and 3 females. Brain tumors: 3 male and 1 female. Stroke: 6 males and 6 females. Cranial trauma: 9 male and 7 female. One male and 3 female with Alzheimer disease. With not including diagnostic were 44 males and 36 females. Ten male and 8 female were healthy. We find differentiates significant among the two sexes in the perfusion of both cerebral hemispheres and among the different cerebral regions. It found the find of diasquisis of cerebellum and the increase of perfusion compensatory of the lobules of the other hemisphere. The righting clinical of the patient is directly proportional to the best perfusion of the region priory affected after of the processing. The left hemisphere observed more affected in both sexes.

Conclusion. *The technical one SPECT of brain marked with Bicisate of tecnecio-99 metaestable (99mTc-ECD) as a sure study and of high sensibility that permits to detect alterations of the cerebral perfusion. Its employment is justifying in patient with probable or sure diagnoses of neurological diseases or psychiatric disorders, in spite of normal or not conclusive studies of axial computed tomography, nuclear magnetic resonance or electroencephalography. SPECT of brain permits to define the existence and location of brain alteration in patients with unknown symptomatology.*

Key words: *Alzheimer, bicisato (ECD), cerebellum, brain, diasquisis, epilepsy, schizophrenia, nuclear medicine, cerebral perfusion, technetium, SPECT, tecnecio-99.*

tado molecular, impiden la entrada o salida de los radiofármacos y proporcionan una imagen estable.¹⁰ A veces los radiofármacos forman parte de las moléculas parecidas a los neurotransmisores y siguen el camino metabólico de éstas, por ello, en un momento dado a través de las emisiones de fotones emitidas por los radiotrazadores unidos a los radiofármacos es posible examinar la liberación de los constituyentes del cuerpo con el flujo sanguíneo regional,¹⁸ el abastecimiento de energía y la comunicación intracelular, involucrando receptores que incluyen mecanismos de transporte, enzimas, comunicación intracelular; que conectan unas células con otras y el líquido extracelular. También se pueden demostrar reacciones químicas anormalmente rápidas o lentas en el cerebro.¹¹

Fuera de las instalaciones de nuestro HCM el principal radiofármaco utilizado es el isopropil-p-anfetamina (IMP) marcada con yodo radiactivo ciento veintitrés¹²³I, el Spectamine® (¹²³I-IMP), de fabricación norteamericana (Medi-Physics Inc, Emeryville, California), fue el primer radiofármaco creado, pero no se encuentra muy disponible para aplicaciones en México. El ¹²³I es utilizado en el ámbito internacional para realizar estudios marcando receptores gabaérgi-

* TPFU, † TPEP. Se utilizaron sus abreviaturas por sus siglas en inglés por nomenclatura internacional.

cos,¹² muscarínicos¹³ y dopaminérgicos.^{14,15} Posteriormente se desarrollaron dos fármacos susceptibles de marcar con pertecnetato, que es solución salina de tecnecio noventa y nueve metaestable (^{99m}Tc) obtenida por elusión (a través de un generador sólido de molibdeno/tecnecio radiactivo noventa y nueve metaestable), como son: el diesteroisómero llamado exametazima (d-1-hexametilpropilenoaminaoxima), cuya abreviatura internacional es la de HMPAO y el dímero conocido como bicisato (N,N-1,2-etilen-I-cisteína-dietiléster) cuya abreviatura internacional es la de ECD. El Servicio de Medicina Nuclear del HCM inicia su experiencia de SPECT con el equipo para SPECT Apex SP Elscint® con una cámara gammagráfica de un solo cabezal con eje rotatorio de 360 grados y colimadores intercambiables desde 1992, con la aplicación del ^{99m}Tc marcando los radiotrazadores para perfusión cerebral Ceretec® (^{99m}Tc-HMPAO) de fabricación inglesa (Amersham Ltd, Amersham, United Kingdom) y Neurolite® (^{99m}Tc-ECD) de fabricación estadounidense (DuPont Biomedical Products, North Billerica, Mass).*

El ^{99m}Tc-HMPAO es un compuesto inestable *in vitro*, ya que sólo puede usarse en el transcurso de los 30 minutos posteriores a su preparación. Además, el tecnecio no debe tener más de dos horas de eluido y ha de estar contenido en un volumen de cinco mililitros y la radiactividad no debe sobrepasar los 100 milicurios (mCi), el ^{99m}Tc-HMPAO se comporta estable *in vivo* porque proporciona una buena imagen, pues permanece hasta 24 horas en el interior de la neurona y proporciona una imagen estable y sin cambios a los cinco minutos de ser inyectado. El ^{99m}Tc-ECD es un compuesto estable *in vitro* que, en comparación con el ^{99m}Tc-HMPAO, presenta menor radiactividad remanente en tejidos blandos y brinda imágenes casi similares en cuanto a resolución y sensibilidad. El ¹³¹I-IMP y algunos derivados de las anfetaminas, al parecer, proporcionan imágenes similares a las de los compuestos marcados con ^{99m}Tc, con la desventaja de no permitir valorar el área de isquemia con más precisión, así como no puede diferenciarla de un infarto, además de ser más costoso y de difícil adquisición.

La técnica de la SPECT produce imágenes tridimensionales y se considera como la más avanzada dentro de la Medicina Nuclear para obtener imágenes del funcionamiento y morfología cerebral, sólo siendo superada por la sensibilidad y especificidad del PET, debido a las características de los radio-

trazadores que emplean y la mejor calidad en imágenes que se obtienen; sin embargo, la aplicación de la técnica de PET requiere de un ciclotrón† para la fabricación de isótopos radiactivos generadores de positrones, la importación de los radiofármacos emisores de positrones como: el carbono radiactivo once (¹¹C), el nitrógeno radiactivo trece (¹³N), oxígeno radiactivo quince (¹⁵O) y flúor radiactivo dieciocho (¹⁸F), es sumamente difícil. El HCM no ha podido aplicar estas técnicas debido a que estos isótopos cuentan con un periodo muy reducido para su aplicación en el paciente, por su gran inestabilidad *in vitro*, deben ser producidos en el mismo centro donde se realizan los estudios. El radiofármaco más empleado para PET es la deoxiglucosa marcada con flúor dieciocho radiactivo (¹⁸FDG), que permite realizar estudios de metabolismo y para la detección de tumores malignos como los melanomas es de utilidad la metionina marcada con ¹¹C.^{9,16-18}

El estudio de SPECT de cerebro¹⁹ se divide en dos: una primera fase dinámica con técnica para el análisis de flujos cerebrales en dos dimensiones y en una segunda fase estática con tres técnicas de análisis: la gammagrafía plana, en dos dimensiones, la tomografía de tres dimensiones en cortes axiales, coronales y sagitales y la reconstrucción tridimensional (topografía de la perfusión sanguínea cortical cerebral en perspectiva de tres dimensiones).

Durante la fase dinámica, se puede realizar la técnica denominada: curvas para el análisis del flujo cerebral hemisférico; por lo general se coloca al paciente en proyección anterior, correctamente alineado y centrado. También se puede colocar al sujeto de estudio en la proyección que exponga la lesión con más claridad, si se conoce su localización previamente. El radiofármaco se administra en un bolo y la imagen empieza a formarse cuando la actividad aparece en el osciloscopio de persistencia. Las imágenes se obtienen con intervalos de tiempo de cero punto cinco a un segundo, durante tres minutos. En la proyección anterior, el patrón normal de la imagen se presenta en tres etapas: arterial, capilar y venosa. Para realizar esta fase en la mayoría de los servicios de medicina nuclear se utiliza ^{99m}Tc-DTPA‡, sin embargo, en el HCM se utiliza el ^{99m}Tc-ECD o el ^{99m}Tc-HMPAO.

En los estudios del HCM con curvas para el análisis del flujo cerebral hemisférico, en una primera etapa se muestran ambas carótidas, en la segunda etapa las dos arterias cerebrales medias y en la ter-

* Spectamine®, Ceretec® y Neurolite® son nombres comerciales de marcas registradas internacionalmente.

† La Universidad Nacional Autónoma de México, en su Instituto de Física se encuentra instalando el primer centro PET de México.

‡ El ^{99m}Tc-Pentetato (^{99m}Tc-DTPA) es un radiofármaco que se difunde en sangre por administración intravenosa (de 5 a 20 mCi) para medición de flujo cerebral, ya que sólo una pequeña fracción de la dosis se une a proteínas plasmáticas y células sanguíneas, eliminándose por filtración glomerular de 90% de la dosis en 24 horas en forma de quelato. Sin embargo, no sirve para SPECT de cerebro, ya que no atraviesa la barrera hematoencefálica.

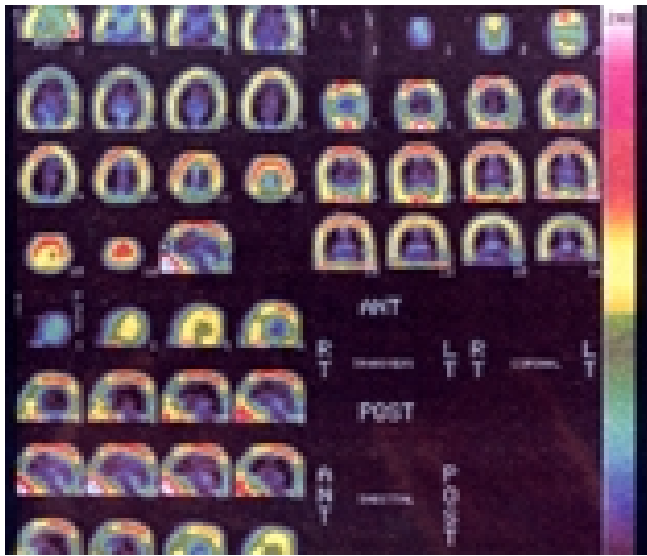


Figura 1. SPECT de cerebro con ^{99m}Tc -HMPAO, imágenes de tomografías con fallas técnicas. Paciente masculino de 45 años de edad, referido por cefalea frontal crónica agudizada. Se observa hallazgo de hiperperusión en el seno frontal en el corte sagital, con hiperperusión en músculos craneales, sin perfusión dentro de la cavidad craneal, similar al que se obtiene en los estudios con ^{99m}Tc -DTPA.

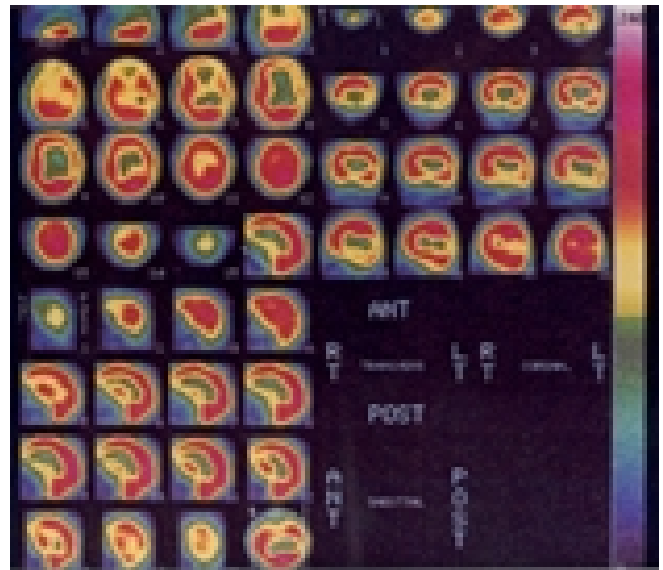


Figura 2. SPECT de cerebro con ^{99m}Tc -ECD, tomografía, en el cuadrante superior derecho (RT) se observan 15 imágenes en cortes axiales, en el cuadrante superior izquierdo (LT) junto a la banda ortocromática vertical, 16 imágenes en cortes coronales. En el cuadrante inferior derecho 16 imágenes en cortes sagitales. El estudio corresponde a una paciente femenina con esquizofrenia paranoide, de 40 años de edad, obsérvese la hiperperusión frontal izquierda con hiperperusión compensatoria (diasquisis) en el cerebelo izquierdo y el aumento de la perfusión en el hemisferio derecho (diasquisis "interhemisférica").

cera etapa aparece la suma de las arterias cerebrales anteriores, en su totalidad esta fase dinámica tiene una duración de 10 a 12 segundos, la cuarta etapa de la fase dinámica es capilar, se inicia cuando la distribución del radiofármaco es difusa y tiene una duración de dos a cuatro segundos. Por último, la quinta etapa es venosa y muestra los senos venosos: longitudinal, superior y transversos.

Durante la fase estática se realiza el análisis por gammagrafía cerebral plana, ésta se inicia en una a dos horas después de haber administrado el radiofármaco en las proyecciones: anterior, posterior, lateral derecha, lateral izquierda y vértice. Si se utiliza el ^{99m}Tc -DTPA* se visualizan los senos venosos, y el flujo sanguíneo del cuero cabelludo y los músculos temporales (Figura 1). Además de observarse actividad circundante, no debe apreciarse concentración en el tejido del cerebro porque este radiofármaco no se concentra en las células nerviosas (neuronas), en el HCM no se utiliza el ^{99m}Tc -DTPA, para llevar a cabo la fase dinámica de los estudios para la SPECT de cerebro, sino que empleamos ^{99m}Tc -ECD o el ^{99m}Tc -HMPAO con un bolo intravenoso de 20 mCi.

Después de 45 minutos a dos horas y nunca pasando más de seis horas, el ^{99m}Tc -ECD o el ^{99m}Tc -

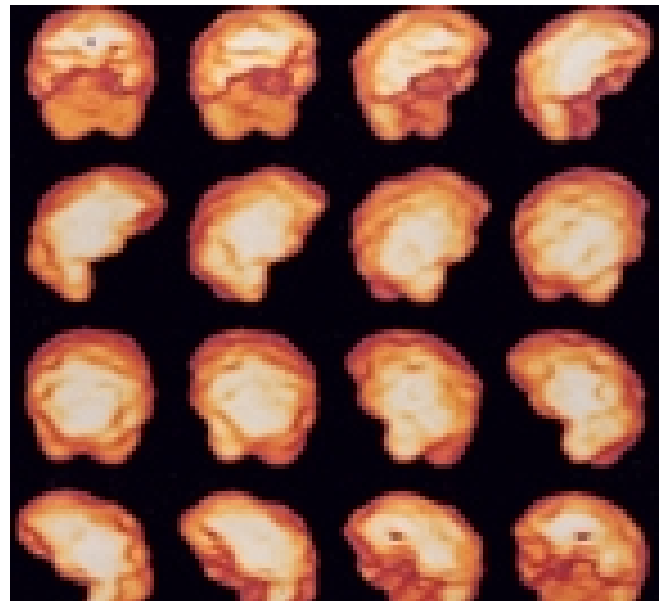


Figura 3. SPECT de cerebro con ^{99m}Tc -ECD, topografía, obsérvese la perspectiva del volumen en tercera dimensión, rotando una figura funcional del cerebro, en dirección de derecha a izquierda. Se observan hallazgos de irregularidad cortical, compatibles con aperfusión e hiperperusión en lóbulos frontales y temporales.

* El ^{99m}Tc -Pentetato (^{99m}Tc -DTPA) es un radiofármaco que se difunde en sangre por administración intravenosa (de 5 a 20 mCi) para medición de flujo cerebral, ya que sólo una pequeña fracción de la dosis se une a proteínas plasmáticas y células sanguíneas, eliminándose por filtración glomerular de 90% de la dosis en 24 horas en forma de quelato. Sin embargo, no sirve para SPECT de cerebro, ya que no atraviesa la barrera hematoencefálica.

HMPAO éstos ya se encuentran en el parénquima cerebral. Éste es el tiempo necesario para iniciar la fase estática para la SPECT de cerebro, que se re-

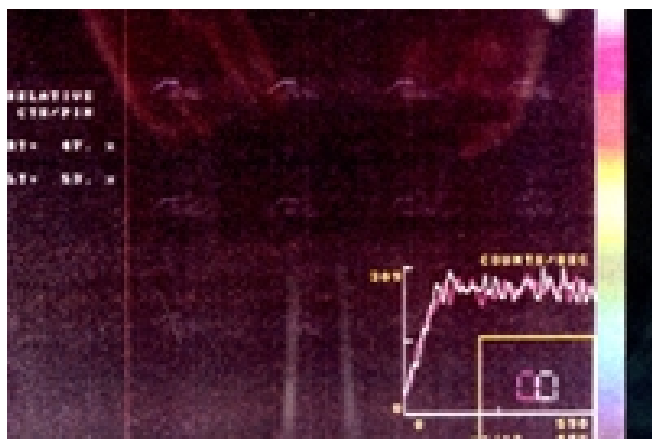


Figura 4. Detalle de SPECT de cerebro con ^{99m}Tc -HMPAO, un corte coronal superior y un corte sagital inferior, paciente sano de 30 años, sin alteraciones de la perfusión cerebral, se observa coloración naranja uniforme (perfusión normal basal), con coloración roja en lóbulos frontal y occipital (perfusión normal de activación).

porta en dos formas de análisis: tomográfico (Figura 2) y topográfico (Figura 3). Pueden hacerse en condiciones basales o con estímulos,²⁰ a los que se les conoce como estudios de SPECT de cerebro con activaciones, esto se realiza mediante fármacos y procedimientos similares a los empleados en neurofisiología para potenciales evocados.

En la fase estática sin activaciones o con ellas (pero en su etapa basal), el paciente debe estar tranquilo y recostado o sentado, sin escuchar ruidos, de ser posible en semipenumbra con ojos y orejas cubiertos por lo menos durante cinco a diez minutos antes de inyectar el radiofármaco (20 mCi de ^{99m}Tc -HMPAO o ^{99m}Tc -ECD), esto se realiza mediante una venoclisis con aguja fina, ya sea de mariposa con un catéter número 20 o 22. Este método permite pasar el radiofármaco en bolo y sin contaminación de sangre para proporcionar los menores estímulos externos que puedan modificar la perfusión cerebral. El paciente debe permanecer por lo menos cinco minutos más en las condiciones mencionadas. El estudio se inicia 30 minutos hasta cinco horas después de la administración del radiofármaco en una gammacámara rotatoria de uno o dos cabezales con colimadores de alta resolución y baja energía. Las imágenes se toman en una matriz de 64 x 64 bites o 128 x 128 bites, en un número de 64 a 128 bites con 360 grados y una duración de 20 a 30 segundos por imagen. Durante el estudio, el paciente debe estar en decúbito dorsal sobre la mesa de tomografía y el detector sobre la cabeza, ésta, a su vez, ha de estar fija para evitar movimientos y su línea orbitomeatal debe ser perpendicular al plano de la habitación. Los resultados del estudio se procesan y se obtienen los cortes: axiales, coronales y sagitales.

El estudio también puede hacerse en condiciones especiales, ya sea con estimulación cognoscitiva,

sensorial, farmacológica o en otras circunstancias. Entonces se desarrollan las medidas descritas para el estudio basal y se aplica el estímulo necesario. Para valorar las imágenes es indispensable tomar en cuenta que el cerebelo casi siempre tiene la máxima captación y ésta sirve como punto de normalización habitual de las estructuras craneales restantes (Figura 4).

En condiciones normales, el flujo sanguíneo cerebral es homogéneo, se considera un hallazgo clínicamente significativo el encontrar diferencias de más de 3% entre los dos hemisferios. En individuos sanos la SPECT de cerebro en los análisis tomográfico y topográfico no se deben observar defectos de la perfusión de forma regional o difusa, pudiéndose clasificar en cuatro hallazgos cualitativos ordinales de perfusión cerebral: aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal. Estos cambios pueden correlacionarse con los hallazgos de neuroimagen mediante TC y RM, o bien por videoencefalografía (Video-EEG) y mapeo cerebral electroencefalográfico digital (Mapeo-EEG), la localización y etiología por alteraciones tumorales, dilatación ventricular, metabólicas (evaluadas con ^{18}F FDG-PET), electrofisiológicas (Video-EEG, Mapeo-EEG, Mapeo-EEG) con técnica de dipolo y potenciales evocados⁵⁶⁻⁵⁸ o de neurotransmisores (evaluadas con ^{123}I IMP-SPECT).

Las gammacámaras con múltiples cabezales con dos detectores* o más permiten realizar estudios con mayor precisión para SPECT cerebral, los más modernos para PET tienen forma de anillo, permiten obtener imágenes de cerebro en cortes de sólo seis milímetros de espesor, por lo que se pueden distinguir con más precisión las lesiones, sobre todo las contiguas a estructuras óseas, ya sea las situadas cerca de la base del cráneo o las de la fosa posterior dentro de la cavidad craneal.

En la actualidad, la aplicación de los tres radiofármacos de perfusión cerebral mencionados anteriormente permite obtener imágenes para SPECT de cerebro con gran versatilidad, como poderoso auxiliar diagnóstico, mejorando la sensibilidad y especificidad en el estudio de enfermedades con patología de tipo funcional, en las especialidades de Neurología²¹ y Psiquiatría,²² como es el caso de las enfermedades cerebrovasculares,²³⁻³⁰ el traumatismo craneoencefálico,^{31,32} las cefaleas,³³⁻³⁶ epilepsias,^{37,38} demencias,³⁹⁻⁴⁵ esquizofrenia.⁴⁶⁻⁴⁹ Sin menospreciar su gran valor como auxiliar diagnóstico en los tumores⁵⁰⁻⁵⁴ y los procesos infecciosos en el cerebro.⁵⁵

* En el HCM en el 2002 se terminó de instalar una nueva gammacámara rotatoria de dos cabezales para técnica de SPECT de más alta resolución, con lo que se pueden realizar estudios de cerebro en la mitad del tiempo y en un futuro se podría investigar la aplicación de algunas técnicas para PET.

MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizó el equipo para SPECT Elscint Apex SP-6 de la Subsección de Medicina Nuclear del Hospital Central Militar, todas las imágenes almacenadas de la SPECT de cerebro, en los discos ópticos para la Apex SP-6.

Radiotrazador y radiofármacos en cantidad suficiente, según disponibilidad para aplicar los estudios. Cada caja de Neurolite® contiene los siguientes componentes: un vial A con bicisato bihidroclorido (ECD-2HCl) 0.9 miligramos, cloruro estañoso bihidratado ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 72 microgramos, edetato de disodio dihidratado 0.3 miligramos, manitol 24 miligramos, bihidrato estañoso y estáñico ($\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 83 microgramos y un vial B con fosfato de sodio bibásico heptahidratado 4.1 miligramos, fosfato monobásico de sodio monohidratado 0.46 miligramos, agua inyectable por cada mililitro de fórmula farmacéutica. Siendo sus indicaciones clínicas particulares del $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD la gammagrafía planar y la SPECT para la evaluación de anomalías de la perfusión cerebral de pacientes adultos con enfermedades y padecimientos del SNC. Sus contraindicaciones son la sensibilidad a alguno de los componentes de la fórmula. Las precauciones especiales para su uso son que sólo pueden ser utilizados por personal calificado con entrenamiento y experiencia en el manejo de radiotrazadores y radiofármacos. El contenido de los viales sólo debe emplearse para preparar $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD y no debe administrarse directamente a los adultos sin haber realizado el procedimiento de elusión con las medidas de seguridad apropiadas. Las interacciones con otros medicamentos y otras formas de interacción no se conocen. En el embarazo y la lactancia sólo se han realizado estudios de reproducción animal que no han demostrado efectos teratogénicos y no se cuenta con estudios de reproducción en mujeres. La lactancia debe interrumpirse durante 12 horas. No se han observado efectos que disminuyan las habilidades para conducir o manejar maquinaria. La dosis recomendada para un paciente de 70 kilogramos de peso de 20 mCi para tomar el estudio antes de seis horas. Este fármaco se administra mediante inyección intravenosa con fines diagnósticos después de haberse reconstituido con una inyección de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ en forma de pertecnetato de sodio estéril, no pirogénica, exenta de oxidante. El potencial de hidrogeniones (pH) de la preparación reconstituida es de 5.5 (5.0 a 6.0). Exento de preservativo bacteriostático. Características físicas: el tecnecio se desintegra por transición isomérica con una vida media de 6.02 horas. La radiación externa: la constante específica de rayos gamma para el $^{99\text{m}}\text{Tc}$ es 5.4 microcoulombios entre kilogramos-milibequerelios por hora (0.78

Rads/mCi-hora) a 1 cm. La primera capa para su semi-atenuación debe ser 0.017 centímetros de plomo.

Método para la adquisición de imágenes para SPECT de cerebro en el HCM

Por las bondades y bajo riesgo de reacciones adversas secundarias de los fármacos para la SPECT de cerebro, no se requiere de preparación, tampoco requiere de hoja de autorización de consentimiento informado, al paciente se le explica que el estudio consiste en la aplicación intravenosa de un fármaco que no es un medio de contraste, que contiene un elemento radiactivo, el cual, por su baja concentración, no implica un riesgo para su salud. En caso de estar embarazada se encuentra contraindicado. Los pacientes acuden a su cita o bien se llama a su respectiva sala para que los bajen, si el paciente se encuentra en estado crítico y hemodinámicamente estable, se requiere de un médico, tanque de oxígeno y monitor portátil. No se requiere de ayuno ni preparación previa, el paciente puede continuar sus actividades después del estudio, como conducir automóvil o cualquier actividad que requiera de su atención, la única advertencia posterior al estudio se refiere a evitar por el término de 48 horas contacto estrecho con personas embarazadas en primer trimestre de gestación.

A todos los pacientes se les colocó en decúbito dorsal en una habitación con estímulos controlados (sonido e iluminación), relajados sin aplicación de sedantes ni anestésicos. Se administró el radiofármaco por vía endovenosa a razón de 15 a 25 mCi, en forma de bolo compacto aproximadamente de 0.5 a 3 mililitros. Se mantiene al paciente en condiciones de reposo durante tres minutos, mientras se obtienen imágenes secuenciales dinámicas cada dos segundos del flujo sanguíneo carotídeo (fase dinámica). Se retira al paciente en un área de reposo por 30 minutos (fase de estabilización). Se vuelve a recolocar en decúbito dorsal sujetando la cabeza suavemente con un vendaje, se realiza obtención de la SPECT en 64 imágenes con una duración de captación de 15 segundos cada 6 grados, hasta completar los 360 grados, en un tiempo aproximado de 45 minutos (fase estática). Para la fase dinámica con curvas de flujo cerebral, se obtuvieron 32 imágenes secuenciales dinámicas cada una de dos segundos en matriz de 128 x 128 con un zoom de dos y en un modo word de la región superior del tórax, cuello y cabeza.

Para la SPECT de cerebro en su fase estática (análisis tomográfico) se obtuvieron 64 steps con una matriz de 64 x 64 en órbita circular. Zoom de 1.2 modo byte y en CW (clock-wise), es decir, en dirección de las manecillas del reloj de izquierda a derecha. Para el topográfico la reconstrucción se obtie-

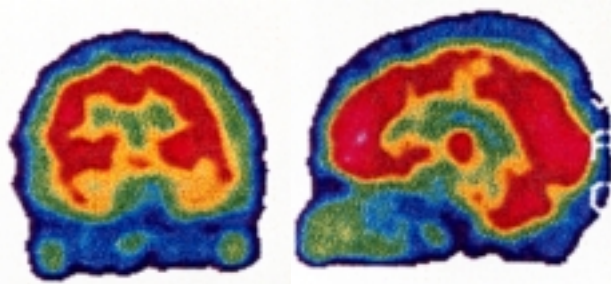


Figura 5. Curvas para el análisis hemisférico de la perfusión cerebral, caso femenino 58 años con pequeño evento vascular cerebral del lóbulo frontal derecho, el estudio dentro de límites normales mostrando predominio de la perfusión en el hemisferio izquierdo, a expensas de una reducción de 3% del hemisferio derecho.

ne a partir del proceso anterior. Para los estudios de flujo cerebral se obtienen dos curvas con dos fases por curva, una, la primera, con pendiente importante (flujo vascular) y la segunda de estabilización, donde, además, se calcula un valor numérico en porcentaje que expresa la proporción de captación hemisférica con valor de 50% para cada hemisferio que aparece referido como RT = al hemisferio derecho y LT = al hemisferio izquierdo (Figura 5). En el análisis tomográfico el estudio adquirido es normalizado (proceso de Software del equipo) previo al procesamiento. Se inicia procesamiento con protocolo establecido para ^{99m}Tc (HMPAO y ECD) o para ^{131}I IMP, se aplican filtros de "BUTTERWORTH" para la obtención del corte axial, a partir de este corte se obtienen los cortes coronales y sagitales. Se presentan en la pantalla para interpretación en secuencias de 11 a 16 imágenes, dependiendo del tamaño de la silueta cerebral. Se evaluó la situación de cada corte en relación con parámetros dados por el software para localización de cada corte y precisar la ubicación de cada segmento cerebral: anterior (ANT), posterior (POST), derecho (RT) e izquierdo (LT). En el análisis topográfico se reconstruyen a partir de las imágenes axiales, obteniéndose 16 imágenes en secuencia de ambos hemisferios cerebrales y del cerebelo. En secuencia de cine se obtiene imagen única rotatoria tridimensional (3-D).

Crterios de interpretación

En el caso de las curvas para análisis del flujo cerebral hemisférico, se trata de una medición cuantitativa discreta, donde el flujo de ascenso por carótidas muestra la llegada hacia ambos hemisferios cerebrales en forma simétrica y sincrónica del radiofármaco administrado, se obtienen dos curvas, una por cada hemisferio, que deben ser simétricas, no deben mostrar diferencia en amplitud entre ambas, la altura de la pendiente debe ser similar. Los valores de RT y LT son, aproximadamente, de 50%

$\pm 3\%$ como valor normal; un valor menor de 47% equivale a una disminución significativa para considerar como positiva la disminución de flujo en la prueba en relación con la perfusión de un hemisferio cerebral.

En el análisis tomográfico se realiza una observación cualitativa ordinal de ocho colores, para tomar como positiva la prueba de SPECT de cerebro se deberá observar el mismo hallazgo o color diferente al que corresponde a la perfusión normal, éste debe aparecer en dos imágenes y en más de dos cortes o en diferentes planos (axial, sagital y coronal).

En el análisis topográfico se evalúa la integridad de la corteza cerebral y en ocasiones el grado de perfusión cerebral mediante la observación cualitativa ordinal de la escala de ocho colores, a través de una evaluación subjetiva relacionada con una escala de colores que representan grados de perfusión, en relación con la región anatómica cortical funcional.

Universo

Todos los estudios de pacientes registrados en los discos ópticos de memoria de la sección de Medicina Nuclear del Hospital Central Militar. **a) Crterios de inclusión:** Todos los pacientes con estudios con la etiqueta CEREBRO con protocolo para SPECT de cerebro con ^{99m}Tc -ECD o ^{99m}Tc -HMPAO, realizados por la Subsección de Medicina Nuclear del Hospital Central Militar en el periodo comprendido del 1 de enero del año 1990 al 1 de enero del 2000. **b) Crterios de exclusión:** Todos los pacientes que no cuenten con imágenes reproducibles de los discos ópticos. **c) Crterios de eliminación:** Todos aquellos estudios que no cuenten con expediente clínico para su revisión o por algún motivo no se tenga contacto con los mismos para realizar anamnesia y recolectar la información clínica requerida.

Obtención de los datos

Se realiza un estudio transversal descriptivo sobre los estudios que se han realizado en el Hospital Central Militar por SPECT cerebral desde el día 1 de enero 1990 al día 1 de enero del 2000 a partir de los estudios registrados en 16 discos ópticos de 5/14 de la Subsección de Medicina Nuclear del Hospital Central Militar. Mediante la apertura de las listas en el Elscint Apex SP-6, y el registro de las imágenes mediante una cámara digital Mávica® en disquete de computadora, a partir de la toma de las imágenes de un monitor de la Apex SP-6, el cual se transfiere a una PC Compaq® Presario para su impresión en un CD-ROM con un CD-Writer Hewlett Packard®, que permite su lectura en cualquier computadora personal para su revisión y posterior al llenado en los instrumentos de recolección de datos (Figuras 6 y 7),

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS (CON ESCALA DE INTERPRETACIÓN CLÍNICA PARA SPECT DE CEREBRO)
 Autor: Dr. Carlos A. Sosa Luna
 ESCUELA MILITAR DE GRANaderos DE SANIDAD
 HOSPITAL CENTRAL MILITAR

NOMBRE DEL PACIENTE: _____ No. CAMO: _____
 EDAD: _____ SEXO: _____ MATRÍCULA: _____
 DIAGNÓSTICO CLÍNICO: _____
 FECHA DEL ESTUDIO: _____ CLAVE DISCO OPTICO APEN SP4: _____

IMAGENES DE REFERENCIA	CÓDIGO	PUNTO ANATOMICO	CELDA DE CALIFICACION CON LA ESCALA ORTOCROMATICA			
I. CORTES TRANSAXIALES:						
CORTE A						
		Hemisferio CEREBRAL DE DERECHO				
		IZQUIERDO				
	A1	LÓBULO TEMPORAL				
	A2	TALLO CEREBRAL				
	A3	CEREBELO				
CORTE B						
	B1	CÍNGULO				
	B2	LÓBULO FRONTAL				
	B3	GANGLIOS BASALES				
	B4	LÓBULO TEMPORAL				
	B5	TÁLAMO				
	B6	VENTRÍCULO LAT.				
	B7	CORTEZA VISUAL				
CORTE C						
	C1	LÓBULO FRONTAL				
	C2	LÓBULO PARIETAL				

Figura 6. Instrumento de recolección de datos página anterior, cuestionario rápido con formulario para la identificación del caso y características clínicas, está integrado por tres cortes axiales. Las celdas para calificación de cada hemisferio cerebral se encuentran del lado más distal a las imágenes. Ubique los sitios anatómicos.

junto con los expedientes clínicos, de acuerdo con los criterios de inclusión, los cuales eran posteriormente capturados en hoja de cálculo Excel Microsoft® para su análisis matemático y estadístico.

Definición de variables

Se utilizó un instrumento de recolección de datos, por cada caso, para el registro de los hallazgos de perfusión cerebral obtenidos en la revisión de los estudios de SPECT y la información clínica respetando los siguientes criterios y definiciones.

Positividad de la SPECT de cerebro

Se definió con los siguientes criterios de inclusión: encontrar más de dos cambios en el patrón de perfusión normal, es decir, cualquier cambio de color diferente al naranja o rojo, de acuerdo con los tonos observados en escala ortocromática de arco iris (negro uno, azul dos, verde tres, amarillo cuatro, naranja cinco, rojo seis, violeta siete, blanco ocho), que aparece del lado derecho en la imagen del estudio de SPECT de cerebro en los análisis tomográficos y topográficos con una variable cuantitativa discreta or-

(CONTINUA SIGUIENTE)

IMAGENES DE REFERENCIA	CÓDIGO	PUNTO ANATOMICO	CELDA DE CALIFICACION CON LA ESCALA ORTOCROMATICA			
II. CORTES CORONALES						
CORTE D						
	D1	LÓBULO FRONTAL				
	D2	LÓBULO FRONTAL				
CORTE E						
	E1	LÓBULO FRONTAL				
	E2	CÍNGULO				
	E3	TÁLAMO				
	E4	LÓBULO TEMPORAL				
CORTE F						
	F1	LÓBULO PARIETAL				
	F2	CEREBELO				
III. CORTE SAGITAL:						
CORTE G						
	G1	LÓBULO FRONTAL				
	G2	LÓBULO TEMPORAL				
	G3	CEREBELO				
CORTE H						
	H1	CÍNGULO				
	H2	TÁLAMO				
	H3	LÓBULO FRONTAL				

Figura 7. Instrumento de recolección de datos página posterior con tres cortes coronales y dos cortes sagitales. Ubique los sitios anatómicos.

dinal (del 1 al 8) que va de menor (colores fríos negro al amarillo) a mayor perfusión (colores cálidos del naranja al blanco), respectivamente. Estos colores deben observarse en dos o más imágenes en cualquiera de los tres diferentes cortes anatómicos axial, coronal y sagital, divididas en hemisferio derecho y hemisferio izquierdo. En cualquiera de los sitios específicos de los lóbulos frontales, lóbulos temporales, lóbulos parietales, lóbulos occipitales, cerebelo, tálamo, tallo cerebral y sistema límbico.

Medición, instrumento de recolección de datos y puntos de referencia anatómica del cerebro

Para la medición se utilizaron por cada caso un instrumento de recolección de datos con escala de interpretación clínica para SPECT de cerebro, diseñado por el autor principal constituidos en una hoja con dos páginas:

En la primera página (Figura 6) se muestran tres imágenes en la proyección axiales (I), el primer corte A, integrado por tres puntos anatómicos: A1, A2 y A3; el segundo corte B, por siete puntos anatómi-

cos: B1, B2, B3, B4, B5, B6 y B7. El tercer corte C, con dos puntos anatómicos: C1 y C2.

En la segunda página (Figura 7) se muestran cinco imágenes, tres de la proyección coronal (II), el cuarto corte D, con dos puntos anatómicos: D1 y D2; el quinto corte E, con cuatro puntos anatómicos: E1, E2, E3 y E4. El sexto corte F, con dos puntos anatómicos: F1 y F2. La proyección sagital con dos imágenes, el séptimo corte G, con tres puntos anatómicos: G1, G2 y G3; y el octavo corte H, con tres puntos anatómicos: H1, H2 y H3.

Cada una de las páginas con sus celdas de calificación para cada hemisferio cerebral, las cuales fueron llenadas por médicos independientes al equipo de investigación utilizando la calificación numérica relacionada con el color (hallazgo de perfusión) del punto anatómico comparándola con las imágenes correspondientes. Color negro o azul como aperfusión (calificación numérica de 1 o 2). Color verde o amarillo de hipoperfusión (calificación numérica de 3 o 4), colores violeta y blanco de hiperperfusión (calificación numérica de 7 u 8). Los colores naranja y rojo como perfusión normal (calificación numérica de 5 o 6).

Se realizó un muestreo aleatorio con los instrumentos de recolección de datos, los cuales fueron capturados en la computadora por un técnico procesador de datos, independiente al equipo de investigación en una hoja de cálculo de Excel.

La muestra (n) fue separada en dos grupos de acuerdo con su sexo en: masculinos: $\{n_M\}$ y femeninos $\{n_F\}$. Para el análisis descriptivo final que se presentan en los resultados se utilizó la media aritmética de las frecuencias observadas en cada uno de los puntos anatómicos anteriormente señalados en cuatro hallazgos de perfusión (perfusión normal, aperfusión, hipoperfusión e hiperperfusión), en cada hemisferio cerebral (derecho e izquierdo) para cada grupo $\{n_M\}$ y $\{n_F\}$ con las siguientes referencias de localización:

Lóbulo frontal: Se extiende desde la frente hasta los surcos central y lateral. Participa en las actividades mentales más altas como planeación, juicio y personalidad. La circunvolución "prerrolándica", está involucrada en la función motriz y el lenguaje. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los tres cortes axiales, coronales y sagitales: B2, C1, D1, E1, G1, D2 y H3, las calificaciones de los instrumentos de recolección de datos para SPECT de cerebro fueron convertidas en una variable dicotómica de (presente o ausente) en las cuatro posibilidades de hallazgo de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión hiperperfusión y perfusión normal).

Lóbulo temporal: Se localiza bajo el surco lateral y se extiende hacia atrás a los lados del cerebro. Par-

ticipa en la función auditiva, el lenguaje, la memoria y el aprendizaje. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los tres cortes axiales, coronales y sagitales: A1, B4, E4 y G2 con variable dicotómica clasificadas en cuatro clases ordinales de hallazgos de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión hiperperfusión y perfusión normal).

Lóbulo parietal: Está separado del lóbulo frontal por el surco central, y del lóbulo temporal por el surco lateral. La región postrolándica participa en la función sensorial. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los cortes axiales y coronales: C2 y F1 con variable dicotómica clasificadas en cuatro clases ordinales de hallazgos de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal).

Lóbulo occipital: Se localiza en posición posterior y está involucrado en la visión. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los cortes axiales: B7 las calificaciones de los instrumentos de recolección de datos para SPECT de cerebro fueron convertidas en una variable dicotómica de presente o ausente en las cuatro posibilidades de hallazgo de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal).

Cíngulo (lóbulo límbico): Es el anillo de las circunvoluciones e incluye: el área subcallosa, las circunvoluciones del cíngulo, el parahipocampo, el hipocampo, el núcleo dentado del hipocampo y el uncus. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los tres cortes axiales, coronales y sagitales: B1, E2 y H1. Las calificaciones de los instrumentos de recolección de datos para SPECT de cerebro fueron convertidas en una variable dicotómica de presente o ausente en las cuatro posibilidades de hallazgo de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal).

Tálamo: Está formado por dos masas ovoides de materia gris en el centro del cerebro, ayuda en la sensación de dolor y temperatura. El hipotálamo se compone de materia gris, está situado bajo el tálamo y participa en la regulación de la temperatura, el equilibrio de agua, la función de la hipófisis, el hambre y la expresión emocional. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los tres cortes axiales, coronales y sagitales: B5, E3 y H2. Las calificaciones de los instrumentos de recolección de datos para SPECT de cerebro fueron convertidas en una variable dicotómica de presente o ausente en las cuatro posibilidades de hallazgo de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal).

Cerebelo: Se encuentra en la porción inferior y posterior de la cavidad craneal bajo los lóbulos occipitales; participa en la coordinación del movimiento y la propiocepción. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los tres cortes axiales, coronales y sagitales: A3, F2 y G3. Las calificaciones de los instrumentos de recolección de datos para SPECT de cerebro fueron convertidas en una variable dicotómica de presente o ausente en las cuatro posibilidades de hallazgo de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal).

Tallo cerebral: La médula oblongada (en donde se encuentran los centros respiratorio y cardiaco), el puente y el mesencéfalo son caminos que unen el cerebro, el cerebelo y el cordón espinal. Se continúa con la médula espinal, es una estructura cilíndrica que se extiende desde la médula oblongada hasta la segunda vértebra lumbar y está formada por materia gris y blanca; lleva impulsos sensoriales hacia el cerebro e impulsos motores del cerebelo hacia la periferia, e interviene en el acto reflejo. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los cortes axiales: A4. Las calificaciones de los instrumentos de recolección de datos para SPECT de cerebro fueron convertidas en una variable dicotómica de presente o ausente en las cuatro posibilidades de hallazgo de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal).

Ventrículos: Están integrados por una serie de cavidades ventriculares en el cerebro, las cuales se localizan en los hemisferios cerebrales (ventrículos laterales), el diencéfalo (tercer ventrículo), el acueducto de Silvio en el mesencéfalo y el cuarto ventrículo en el puente y bulbo raquídeo. En los plexos coroideos de cada ventrículo se forma un trasudado de la sangre llamado líquido cefalorraquídeo, éste protege al cerebro de los golpes, transporta sustancias nutritivas y recoge los desechos. Para cuantificarla se utilizaron las medias aritméticas de los puntos anatómicos en los cortes axiales: B6. Las calificaciones de los instrumentos de recolección de datos para SPECT de cerebro fueron convertidas en una variable dicotómica de presente o ausente en las cuatro posibilidades de hallazgo de perfusión cerebral (aperfusión, hipoperfusión, hiperperfusión y perfusión normal).

Definición de variables de correlación clínica

Masculinos y femeninos: Se definió como sexo, utilizando una variable dicotómica cualitativa. Criterios de inclusión de acuerdo con la diferenciación fenotípica y por dimorfismo sexual por observación de genitales externos y paridad referida en el expediente. Criterios de no-inclusión: todos aquellos que no

cumplieran con los criterios anteriores. Criterios de eliminación: lo que no se obtuviera de la información correspondiente.

Edad: Variable continua refiriéndose a la cumplida en años a la fecha que se realizó el estudio. Criterios de inclusión: se tomó mediante el interrogatorio y por la constancia del expediente clínico. Criterios de no-inclusión: todos aquellos que no cumplieran con los criterios anteriores. Criterios de eliminación: lo que no se obtuviera de la información correspondiente.

Esquizofrenia: Variable cualitativa de diagnóstico clínico. Criterios de inclusión: pacientes que contaran con los criterios diagnósticos utilizando los criterios de DSM-IV⁵⁹ valorados por un médico psiquiatra. Expediente clínico y aplicación de escala PANSS. Criterios de no-inclusión: todos aquellos que no cumplieran con los criterios anteriores. Criterios de eliminación: lo que no se obtuviera de la información correspondiente.

Epilepsia: Variable cualitativa de diagnóstico clínico. Criterios de inclusión: la presencia de convulsiones motoras evidenciadas por estudio de video electroencefalograma (EEG-VIDEO) o presenciadas por personal de enfermería o médico referidas en el expediente clínico. EEG con alteraciones de frecuencia lenta delta o theta en cualquiera de las derivaciones. Criterios diagnósticos de ICD-10. Criterios de no-inclusión: todos aquellos que no cumplieran con los criterios anteriores. Criterios de eliminación: lo que no se obtuviera de la información correspondiente.

Evento vascular cerebral: Variable cualitativa de diagnóstico clínico. Referida en el expediente clínico. Criterios de inclusión: evidencia de déficit neurológico agudo, con TC de cráneo que demuestre el evento de tipo hemorrágico o isquémico, con signos neurológicos en relación con la lesión evidenciada por TC. Criterios de no-inclusión: todos aquellos que no cumplieran con los criterios anteriores. Criterios de eliminación: lo que no se obtuviera de la información correspondiente.

Traumatismo craneoencefálico: Variable cualitativa de diagnóstico clínico. Criterios de inclusión: la presencia del antecedente de traumatismo craneal con déficit neurológico referido en el expediente clínico o en el interrogatorio por el paciente o familiares. Criterios de no inclusión: todos aquellos que no cumplieran con los criterios anteriores. Criterios de eliminación: lo que no se obtuviera de la información correspondiente.

Hipótesis y análisis estadístico⁶⁰⁻⁶²

Se obtuvo una muestra aleatoria, la cual fue separada en dos grupos según su sexo: $\{n_M\}$ grupo masculino y $\{n_F\}$ grupo femenino, para la variable cuantitativa edad, así como para el resto de varia-

bles cualitativas utilizando los valores de frecuencias encontradas. Para todos éstos se utilizaron las medidas estadísticas de resumen, conocidas como media aritmética y la desviación estándar.

El diseño de la investigación permitió realizar un análisis para lo cual se propusieron las siguientes hipótesis alternativas (H_A), con sus correspondientes hipótesis nulas (H_0):

H_{A1} : Existen diferencias estadísticamente significativas entre las frecuencias observadas de los hallazgos de perfusión cerebral de la SPECT de cerebro al comparar el hemisferio izquierdo y el hemisferio derecho, en la muestra de estudio.

H_{01} : Las frecuencias observadas en los hallazgos de perfusión cerebral de la SPECT de cerebro, al comparar el hemisferio izquierdo y el hemisferio derecho, son homogéneas.

H_{A2} : Existen diferencias estadísticamente significativas entre las frecuencias observadas de los hallazgos de perfusión cerebral de la SPECT de cerebro, al comparar el grupo $\{n_M\}$ contra el grupo $\{n_F\}$.

H_{02} : Las frecuencias observadas en los hallazgos de perfusión cerebral de la SPECT de cerebro, al comparar el grupo masculino con el grupo femenino, son homogéneas.

RESULTADOS

Se obtuvo una muestra aleatoria con un valor de $n = 261$ casos a partir de un universo de $N = 508$ estudios de SPECT de cerebro. La distribución en el tiempo observada con media aritmética uno y desviación estándar dos; estudios por mes, el cual se

ha venido incrementando hasta alcanzar el valor máximo siete y desviación estándar dos; estudios por mes de la SPECT de cerebro. Este efecto se observa más notoriamente a partir del año de 1995, realizándose en el año de 1999 un total de 94 estudios de SPECT de cerebro (Figura 8).

Se consideraron eliminados 36 casos de la muestra por presentar imágenes con fallas técnicas del SPECT (13.79%) que distribuido durante ocho años equivale aproximadamente a dos fallas técnicas por año.

La distribución de la edad fue calculada separadamente para cada grupos de la muestra clasificándolos por sexo: para el grupo masculino ($\{n_M\}$) correspondieron 152 casos, con un valor mínimo para la edad de 17 años, y un valor máximo de 71 años, la media aritmética fue de 53 años y una desviación estándar de 11.7; en el grupo femenino ($\{n_F\}$) co-

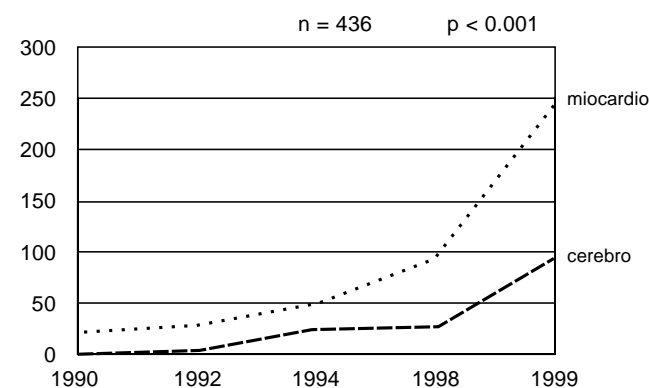


Figura 8. Gráfica comparativa de distribución de los estudios de SPECT, para miocardio y cerebro, realizados desde 1992 hasta 1999. Obsérvese cómo los estudios de Cardiología duplican a los de cerebro y a partir de 1998 se observa un crecimiento exponencial.

Cuadro 1. Frecuencias de los diagnósticos clínicos y conclusión del estudio de un universo de $n = 508$ de casos de tomografías por emisión de fotón único de cerebro del Hospital Central Militar a partir de enero de 1992 hasta enero del año 2000

Se obtuvo una muestra de $n = 261$, $\{n_M\} = 152$ (casos masculinos), $\{n_F\} = 109$ (casos femeninos).

Con alteraciones de la perfusión cerebral positivos a SPECT:

Diagnóstico clínico	n_M	%	n_F	%
Epilepsia idiopática	10	6.5	4	3.6
Epilepsia motora	7	4.6	5	4.5
Epilepsia	8	5.2	6	5.5
Neurocisticercosis	5	3.2	3	2.7
Tumor cerebral	3	1.9	1	0.9
Evento vascular cerebral	6	3.9	6	5.5
Traumatismo	9	5.9	7	6.4
Esquizofrenia	12	7.8	9	8.2
Afasia	5	3.2	4	3.6
Cefalea	5	3.2	7	6.4
Alzheimer	1	0.6	3	2.7
Sin diagnóstico:	71	46.7	46	42.2

Sin alteraciones de la perfusión cerebral **negativos** a SPECT:

Sanos:	10	6.5	8	7.3
---------------	----	-----	---	-----

Fuente: Archivo Clínico y de Imágenes del Apex SP Elscint en discos ópticos. Hospital Central Militar, México, D.F. del año 1992 al 2000.

respondieron 109 casos, con un valor mínimo para la edad de 20 años y un valor máximo de 87 años, la media aritmética de 56 años y la desviación estándar de 12.1.

En el cuadro 1 se muestran las frecuencias en el diagnóstico y la conclusión del estudio de SPECT de cerebro. Se observa una mayor frecuencia en el sexo masculino: 58.24% con respecto al femenino: 41.76%, asimismo, en 30.65% de los casos no se contaba con un diagnóstico bien definido por otros estudios, en los que se incluyen: TC, RM, EEG y laboratorio clínico, sin embargo, si fueron positivos a la SPECT de cerebro. Las observaciones por diagnóstico clínico fueron: 15.32% presentó algún tipo de epilepsia, 12.64% presentó esquizofrenia, 6.13% presentaron traumatismo craneoencefálico, 4.59% eventos vasculares cerebrales, 4.59% cefalea, 3.06% neurocisticercosis, 3.44% afasia, 1.53% tumor cerebral y 1.53% Alzheimer. Pacientes sanos que fueron sometidos al SPECT de cerebro y resultaron positivos: 3.44% y pacientes sanos con resultado negativo a la prueba de SPECT de cerebro resultaron 6.89%.

En el cuadro 2 se muestran las observaciones de las frecuencias por hallazgo de perfusión, hemisferio cerebral y sitio anatómico en los casos masculinos y en el cuadro 3 los resultados equivalentes, pero en los casos femeninos. Los cuadros 4 y 5 muestran los mismos resultados, pero en por ciento para que se puedan hacer comparaciones entre los grupos de masculinos y femeninos.

Al realizar un análisis con la prueba χ^2 de homogeneidad, con el objetivo de comparar las frecuen-

cias observadas entre los dos hemisferios cerebrales dentro de cada grupo, constituyó el método para probar que: las frecuencias observadas para cada uno de los hallazgos de perfusión de la SPECT de cerebro entre los dos hemisferios son homogéneas. Se observó que en las distintas variables estudiadas para cada uno de los sitios anatómicos y ser comparadas entre los hemisferios cerebrales en cada uno de los dos grupos de $\{n_M\}$ y $\{n_F\}$ se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para:

Positividad al SPECT de cerebro: Se acepta H_{A1} ($p < 0.05$) en: lóbulos frontales con predominio del hemisferio cerebral derecho en el grupo femenino. Y en los cerebelos con predominio derecho en el grupo masculino.

Hallazgos de perfusión normal: Se acepta H_{A1} ($p < 0.05$) en: lóbulos parietales y los ventrículos predominó el hemisferio izquierdo para el grupo masculino. Los cerebelos y tallo cerebral predominaron en el hemisferio izquierdo para el grupo femenino.

Hallazgos de hipoperfusión: Se acepta H_{A1} ($p < 0.05$) en: el tallo cerebral con predominio del hemisferio derecho en el grupo femenino.

Hallazgos de hiperperfusión: Se acepta H_{01} ($p < 0.05$), ya que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos hemisferios cerebrales en ambos grupos en los distintos sitios anatómicos estudiados.

Hallazgos de aperfusión, Se acepta H_{01} ($p < 0.05$), ya que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos hemisferios cerebrales en ambos grupos en los distintos sitios

Cuadro 2. Frecuencia de los hallazgos de la SPECT en los sitios anatómicos. Grupo masculino $\{n_M\} = 152$

Sitios anatómicos	Aperfusión	Hipo-perfusión	Hiper-perfusión	Perfusión normal	Desviación estándar	Media aritmética	Positivos SPECT
Frontales izquierdos	19	46	23	70	23.55	39.5	88
Frontales derechos	14	37	29	77	26.91	39.25	80
Temporales izquierdos	17	49	24	68	23.44	39.5	90
Temporales derechos	12	42	36	70	23.83	40	90
Parietales izquierdos	16	28	27	85	31.14	39	71
Parietales derechos	14	46	21	102	39.93	45.75	81
Occipitales izquierdos	5	24	26	107	45.33	40.5	55
Occipitales derechos	1	20	27	113	49.72	40.25	48
Cerebelos izquierdos	8	8	34	71	29.80	30.25	50
Cerebelos derechos	11	22	42	86	33.08	40.25	75
Ventrículos izquierdos	5	64	17	72	33.43	39.5	86
Ventrículos derechos	5	45	21	93	38.36	41	71
Cíngulo izquierdo	18	34	25	88	31.84	41.25	77
Cíngulos derechos	17	36	22	86	31.54	40.25	75
Tallo cerb. izquierdos	8	59	18	82	34.74	41.75	85
Tallo cerb. derechos	8	61	17	87	37.24	43.25	86
Tálamos izquierdos	2	66	16	84	39.22	42	84
Tálamos derechos	2	71	16	80	38.99	42.25	89
Desviación estándar:	5.99	17.69	7.26	12.91	7.29	3.01	13.36
Media aritmética:	10.11	42.11	24.5	84.5	34.00	40.30	76.72
Suma total:	182	758	441	1521	612.09	725.5	1381

Fuente: Sosa Luna, et al. Observaciones de las imágenes de SPECT de cerebro de la Subsección de Medicina Nuclear, Hospital Central Militar, del 1 de enero de 1992 al 1 de enero del 2000.

Cuadro 3. Frecuencia de los hallazgos de la SPECT en los sitios anatómicos. Grupo femenino $\{n_F\} = 109$

Sitios anatómicos	Aperfusión	Hipo-perfusión	Hiper-perfusión	Perfusión normal	Desviación estándar	Media aritmética	Positivos SPECT
Frontales izquierdos	8	20	16	41	14.08	21.25	44
Frontales derechos	4	27	33	49	18.64	28.25	64
Temporales izquierdos	10	36	17	39	14.20	25.5	63
Temporales derechos	9	20	29	40	13.17	24.5	58
Parietales izquierdos	17	24	18	40	10.62	24.75	59
Parietales derechos	11	24	18	47	15.59	25	53
Occipitales izquierdos	0	21	6	72	32.71	24.75	27
Occipitales derechos	0	18	6	70	31.89	23.5	24
Cerebelos izquierdos	4	4	16	34	14.17	14.5	24
Cerebelos derechos	6	9	23	58	23.84	24	38
Ventrículos izquierdos	9	39	9	42	18.22	24.75	57
Ventrículos derechos	0	45	12	45	23.04	25.5	57
Cíngulos izquierdos	3	23	16	53	21.18	23.75	42
Cíngulos derechos	5	18	19	57	22.42	24.75	42
Tallo cerb. izquierdos	0	51	12	54	27.31	29.25	63
Tallo cerb. derechos	0	33	18	70	29.73	30.25	51
Tálamos izquierdos	1	30	8	60	26.55	24.75	39
Tálamos derechos	0	28	8	64	28.54	25	36
Desviación estándar	4.96	11.73	7.42	11.89	6.95	3.29	13.50
Media aritmética	4.83	26.11	15.77	51.94	21.43	24.66	46.72
Suma total	87	470	284	935	385.9	444	841

Fuente: Sosa Luna, et al. Observaciones de las imágenes de SPECT de cerebro de la Subsección de Medicina Nuclear, Hospital Central Militar, del 1 de enero de 1992 al 1 de enero del 2000.

Cuadro 4. Proporción en porcentaje de las frecuencias en los hallazgos de la SPECT. Grupo masculino $\{n_M\} = 152$

Sitios anatómicos	Aperfusión %	Hipo-perfusión %	Hiper-perfusión %	Perfusión normal %	Coefficiente de variación	Media geométrica	Positivos SPECT %
Frontales izquierdos	12.5	30.26	15.13	46.05	59.64	22.65	57.89
Frontales derechos	9.21	24.34	19.07	50.65	68.56	21.57	52.62
Temporales izquierdos	11.18	32.23	15.78	44.73	59.35	22.46	59.19
Temporales derechos	7.89	27.63	23.68	46.05	59.58	22.08	59.2
Parietales izquierdos	10.52	18.42	17.76	55.92	79.85	20.94	46.7
Parietales derechos	9.21	30.26	13.81	67.10	87.29	22.54	53.28
Occipitales izquierdos	3.28	15.78	17.10	70.39	111.93	15.81	36.16
Occipitales derechos	0.65	13.15	17.76	74.34	123.54	10.34	31.56
Cerebelos izquierdos	5.26	5.26	22.36	46.71	98.52	13.04	32.88
Cerebelos derechos	7.23	14.47	27.63	56.57	82.21	20.11	49.33
Ventrículos izquierdos	3.28	42.10	11.18	47.36	84.63	16.45	56.56
Ventrículos derechos	3.28	29.60	13.81	61.18	93.57	16.93	46.69
Cíngulo izquierdo	11.84	22.36	16.44	57.89	77.20	22.41	50.64
Cíngulos derechos	11.18	23.68	14.47	56.57	78.36	21.58	49.33
Tallo cerb. izquierdos	5.26	38.81	11.84	53.94	83.21	19.00	55.91
Tallo cerb. derechos	5.26	40.13	11.18	57.23	86.10	19.17	56.57
Tálamos izquierdos	1.31	43.42	10.52	55.26	93.39	13.50	55.25
Tálamos derechos	1.31	46.71	10.52	52.63	92.28	13.58	58.54
Coefficiente de variación	59.32	42.03	29.64	15.28	20.21	21.26	7.47
Media geométrica	5.10	24.74	15.50	55.00	85.67	18.11	45.34
Suma total	119.73	498.68	290.13	1000.65	79.98	334.25	908.54

Fuente: Sosa Luna, et al. Observaciones de las imágenes de SPECT de cerebro de la Subsección de Medicina Nuclear Hospital Central Militar del 1 de enero de 1992 al 1 de enero del 2000.

anatómicos estudiados.

El mismo análisis con la prueba χ^2 de homogeneidad constituyó el método para probar que: las frecuencias de los hallazgos de perfusión de la SPECT de cerebro encontradas en los diferentes sitios anatómicos comparadas entre el grupo masculino y el femenino son homogéneas. Se observó que en las distintas variables estudiadas para cada uno de los sitios anatómicos y ser comparadas entre $\{n_M\}$ y

$\{n_F\}$; se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para:

Positividad al SPECT de cerebro: se acepta H_{A2} ($p < 0.05$) en: los lóbulos frontales del hemisferio cerebral izquierdo con mayor proporción de la afectación de este sitio por el grupo masculino y en los tálamos de ambos hemisferios encontrándose en mayor proporción de afectación en el grupo masculino.

Cuadro 5. Proporción en porcentaje de las frecuencias en los hallazgos de la SPECT. Grupo femenino $\{n_F\} = 109$

Sitios anatómicos	Aperfusión %	Hipo-perfusión %	Hiper-perfusión %	Perfusión normal %	Coefficiente de variación	Media geométrica	Positivos SPECT %
Frontales izquierdos	7.33	18.34	14.67	37.61	66.25	16.51	40.36
Frontales derechos	3.66	24.77	30.27	44.95	65.99	18.75	58.71
Temporales izquierdos	9.17	33.02	15.59	35.77	55.68	20.27	57.79
Temporales derechos	8.25	18.34	26.60	36.69	53.78	19.61	53.21
Parietales izquierdos	15.59	22.01	16.51	36.69	42.93	21.35	54.12
Parietales derechos	10.09	22.01	16.51	43.11	62.39	19.94	48.62
Occipitales izquierdos	0	19.26	5.50	66.05	104.84	19.13	25.77
Occipitales derechos	0	16.51	5.50	64.22	108.57	18.00	23.01
Cerebelos izquierdos	3.66	3.66	14.67	31.19	97.77	8.86	22.01
Cerebelos derechos	5.50	8.25	21.10	53.21	99.36	15.03	34.86
Ventrículos izquierdos	8.25	35.77	8.25	38.53	73.64	17.50	52.29
Ventrículos derechos	0	41.28	11.00	41.28	56.03	26.57	53.29
Cíngulos izquierdos	2.75	21.10	14.67	48.62	89.21	14.26	38.53
Cíngulos derechos	4.58	16.51	17.43	52.29	90.60	16.21	38.53
Tallo cerb. izquierdos	0	46.78	11.00	49.54	60.07	29.44	58.79
Tallo cerb. derechos	0	30.27	16.51	64.22	66.35	31.78	47.78
Tálamos izquierdos	0.91	27.52	7.33	55.04	107.27	10.04	35.77
Tálamos derechos	0	25.68	7.33	58.71	85.13	22.28	34.02
Coefficiente de variación	61.91	46.27	48.40	23.87	28.31	31.75	30.02
Media geométrica	5.40	21.05	12.96	46.48	74.25	18.32	40.93
Suma total	79.81	431.19	260.55	857.79	1385.96	345.61	771.55

Fuente: Sosa Luna, et al. Observaciones de las imágenes de SPECT de cerebro de la Subsección de Medicina Nuclear Hospital Central Militar, del 1 de enero de 1992 al 1 de enero del 2000.

Hallazgos de perfusión normal: Se acepta H_{A2} ($p < 0.05$) en: los lóbulos parietales de ambos hemisferios cerebrales con predominio del grupo masculino y en los ventrículos del hemisferio cerebral derecho con mayor proporción para el grupo masculino.

Hallazgos de hipoperfusión: Se acepta H_{A2} ($p < 0.05$) en: los tálamos del hemisferio cerebral derecho con mayor proporción para el grupo masculino.

Hallazgos de hiperperfusión: Se acepta H_{02} ($p < 0.05$), ya que no se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en los distintos sitios anatómicos estudiados.

Hallazgos de aperfusión: Se acepta H_{02} ($p < 0.05$), ya que no se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en los distintos sitios anatómicos estudiados.

A nivel de perfusión cerebral interhemisférica se define con significación clínica, cuando está aumentada o disminuida la perfusión en más de 3%. Aplicando la función para correlación (Pearson) en la hoja de cálculo de Excel, a los valores de las medias aritméticas de las frecuencias en los hallazgos de perfusión, entre los dos hemisferios cerebrales de un mismo grupo, se observa: para $\{n_M\}$ la menor correlación para los ventrículos laterales con predominancia en el hemisferio izquierdo, y en $\{n_F\}$ la menor correlación para los lóbulos temporales con predominancia del mismo hemisferio (Figura 9). Estos sitios son los que presentan mayor número de va-

riaciones en los hallazgos de perfusión interhemisférica. Los sitios con correlación muy alta son: para $\{n_M\}$ el tallo cerebral y para $\{n_F\}$ el lóbulo occipital. La correlación más próxima al valor de uno indica los sitios con menor variabilidad, es decir, menor número de alteraciones en los hallazgos de perfusión, al comparar un hemisferio cerebral con el otro.

A nivel individual, los estudios de SPECT de cerebro clasificados por diagnóstico clínico por las siguientes observaciones en los hallazgos de perfusión:

En la enfermedad cerebrovascular: se observan hallazgos de aperfusión e hipoperfusión y en ocasiones hiperperfusión compensatoria, conocida como diasquisis, que se observa generalmente en los cerebelos en forma de hiperperfusión (Figura 10), cuando existe una hipoperfusión o aperfusión en el lóbulo frontal ipsilateral al hemisferio cerebral. En nuestra muestra de estudio observamos un fenómeno semejante al que denominamos "diasquisis interhemisférica", que consistió en observar: hiperperfusión en el lóbulo temporal o frontal o parietal compensando los hallazgos de hipoperfusión y aperfusión en los lóbulos frontales, temporales y parietales del hemisferio contralateral (Figura 11). Los estudios de SPECT de cerebro permiten definir la localización de infartos (Figura 12). En el caso de hematomas antiguos, aunque ya hubieran desaparecido por reabsorción, que en muchas ocasiones no

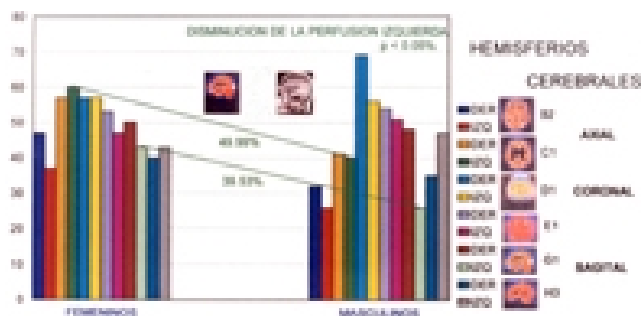


Figura 9. Gráfica donde se observa la tendencia a la disminución de la perfusión cerebral en el hemisferio izquierdo.



Figura 10. Diasquisis en ambos cerebelos por los hallazgos de hipoperfusión de los lóbulos temporales, paciente masculino.

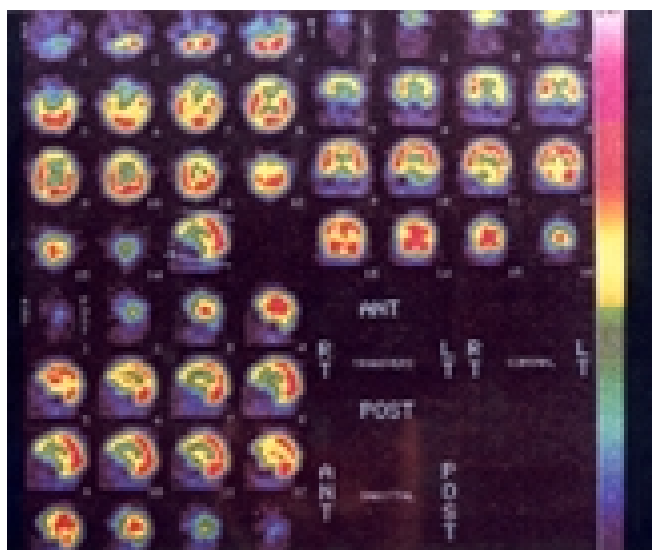


Figura 11. Diasquisis interhemisférica en paciente femenina, ligero aumento de la perfusión de tipo compensatorio del hemisferio derecho, en comparación con hallazgos de aperfusión frontal e hipoperfusión temporal del hemisferio izquierdo.

son detectados con la TC o la RMN, pero sí fueron evidenciados por la SPECT de cerebro (Figura 13). La SPECT de cerebro también puede ser utilizada como estudio de control y seguimiento en la evolución, observándose mejoría clínica directamente proporcional al aumento de la perfusión cerebral en regiones anteriormente aperfundidas e hipoperfundidas en la SPECT (Figura 14).

En la epilepsia: Permite orientar el sitio de alteración (foco epileptógeno) que se ratifica con EEG por mapeo cerebral y RM. La alteración puede ser estudiada en momentos ictales y la mayoría de las veces en periodos interictales, observándose áreas de hiperperfusión (Figura 15), hipoperfusión (Figura 16) y aperfusión (Figura 17).

En la demencia: Pueden distinguirse tres patrones de hallazgos de perfusión cerebral: en la demencia tipo enfermedad de Alzheimer, las imágenes del análisis topográfico de 3-D muestran hipoperfusión cortical generalizada con defectos de la perfusión en las regiones parietales (Figura 18). En la demencia tipo multiinfarto las imágenes del SPECT de cerebro en estos pacientes muestran pequeños defectos de la aperfusión e hipoperfusión "como agujeros tipo queso gruyere" distribuidos de manera generalizada en toda la corteza cerebral. Los pacientes con demencia tipo enfermedad de Pick muestran una disminución difusa o con defectos de aperfusión e hiperperfusión en la región cortical, específicamente en los lóbulos frontales.

En la esquizofrenia: Las imágenes de los pacientes pueden clasificarse con dos patrones de perfusión: los pacientes con imágenes que muestran alteraciones en los lóbulos frontales, temporales y parietales con hallazgos de hiperperfusión (Figura 19). Y las alteraciones en los lóbulos frontales, tem-

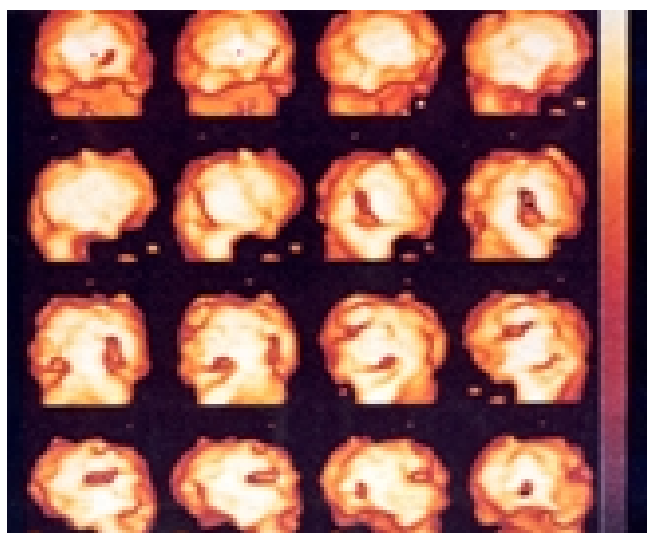


Figura 12. Femenino con evento vascular cerebral isquémico.

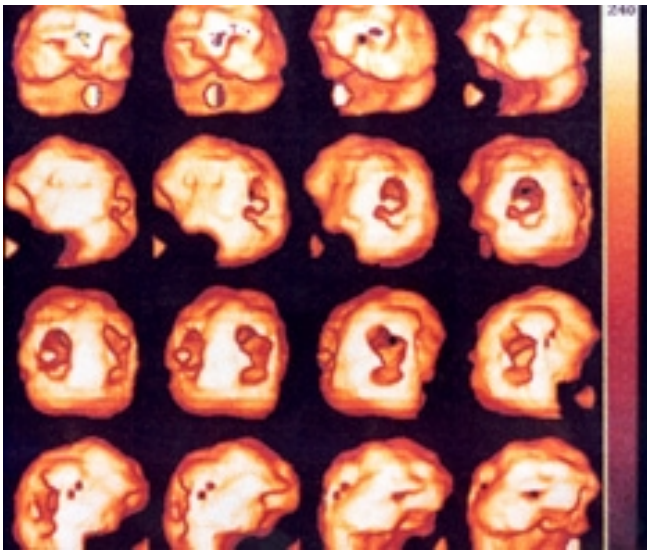


Figura 13. Defecto de perfusión, hallazgos de aperfusión en lóbulos parietales en masculino de 38 años, fue paciente por hematomas antiguos referidos cuando tenía cuatro años de edad. TC y RMN sin alteraciones.

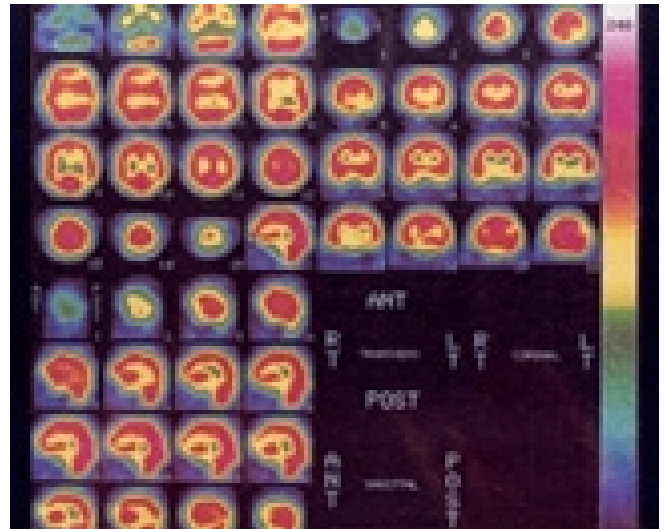


Figura 15. Femenino con epilepsia con hiperperfusión.



Figura 14. Paciente femenina de 33 años con aperfusión frontal, obsérvese segundo estudio mostrando homogeneidad cortical. Clínicamente la paciente mostraba déficit motor, el cual mejoró notablemente con el tratamiento.

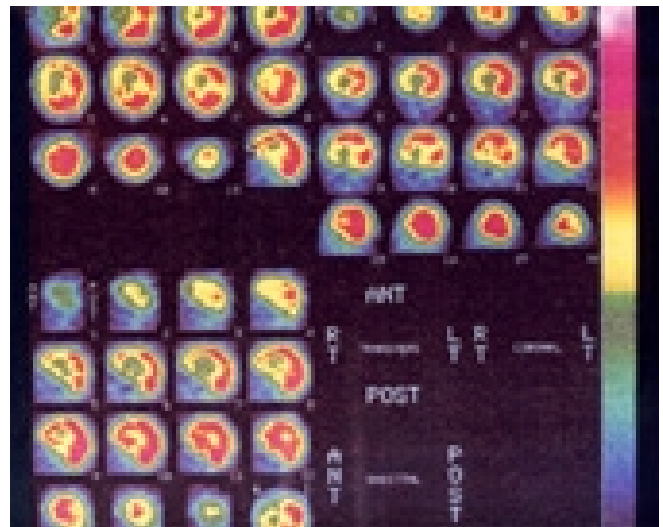


Figura 16. Masculino con epilepsia con hipoperfusión.

porales y parietales con hipoperfusión (Figura 20). Los pacientes con hipoperfusión tienen una pobre respuesta terapéutica al tratamiento neuroléptico.



Figura 17. Femenino con epilepsia con aperfusión.

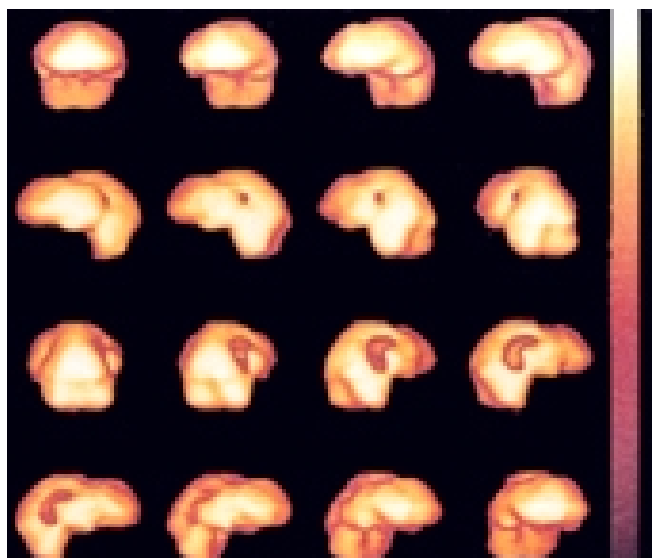


Figura 18. Paciente femenina de 87 años con síndrome de deterioro intelectual, el cual fue diagnosticado como enfermedad de Alzheimer.

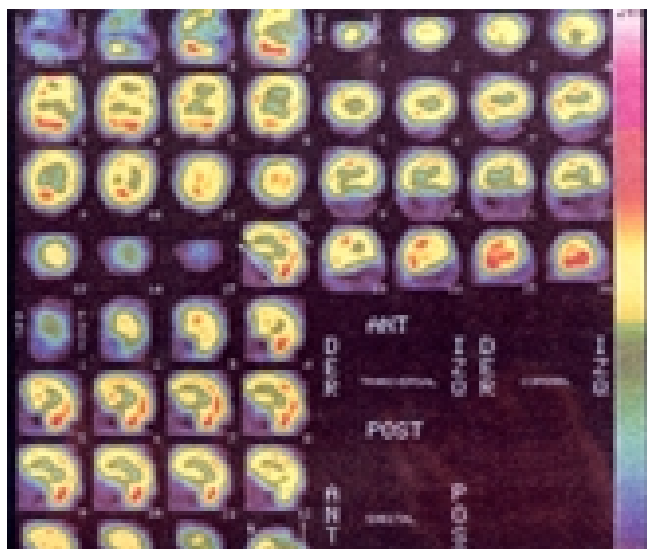


Figura 20. Esquizofrenia masculina con difícil respuesta al tratamiento neuroléptico.

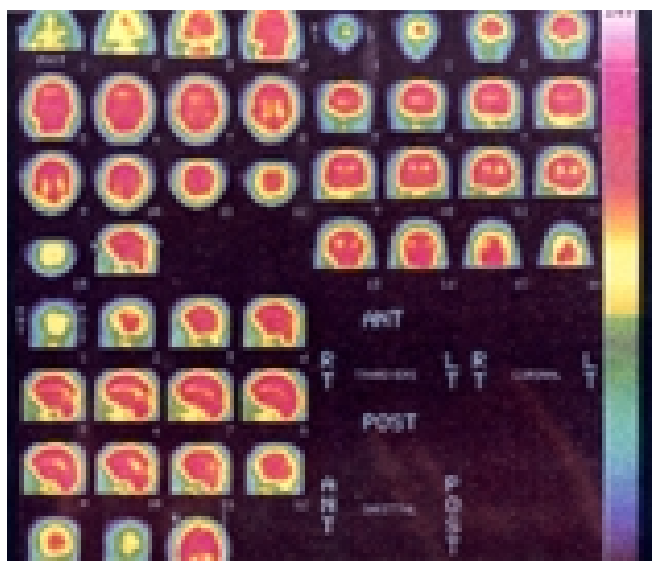


Figura 19. Esquizofrenia femenina con buena respuesta al tratamiento neuroléptico.

El estudio de SPECT de cerebro sirve para aumentar la objetividad en el control terapéutico, aumentando la conciencia de enfermedad (*insight*) en pacientes que niegan estar enfermos, por lo que no cooperan en la administración voluntaria de sus neurolépticos. Se observó que para mejorar el tratamiento neuroléptico, en pacientes que demuestran hallazgos de hipoperfusión e hiperperfusión, se puede combinar el uso de neurolépticos atípicos (olanzapina y risperidona) con antiépilépticos como la carbamazepina y el ácido valproico. Y, sobre todo, cuando la hipoperfusión es predominante, pueden ser útiles algunos fármacos con propiedades vasodilatadoras cerebrales como: la cinarizina, la nimodi-

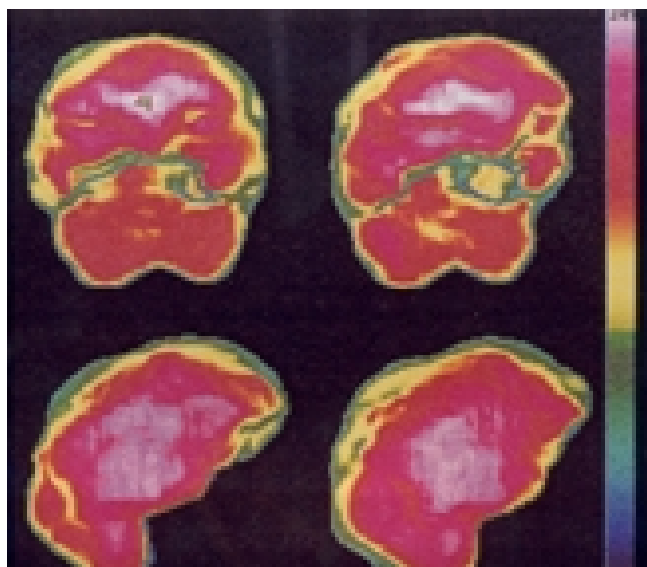


Figura 21. Topografía con escala ortocromática tipo arco iris, de un paciente masculino 27 años, estudiado por presentar sintomatología relacionada con la esquizofrenia, el paciente refiere cefalea frontal de larga evolución, la TC y la RM demostraron la presencia de un tumor quístico en región frontal, obsérvese en el mismo sitio el defecto o hallazgo de aperfusión con hiperperfusión de tipo irritativo debido a la presión que ejerce la masa sobre el parénquima cortical cerebral.

pina y el piracetam, el mejor tratamiento podría ser motivo de investigación.

En la cefalea: Síntoma y diagnóstico referido por algunos sujetos del estudio, la SPECT de cerebro permitió aproximar el diagnóstico por su etiología, por ejemplo: en la migraña se observaron hallazgos de hipoperfusión e hiperperfusión en el hemisferio donde el paciente refiere el dolor. Cuando se sospecha un origen tensional, se observan hallazgos de hiperperfusión fuera del cráneo en los múscu-

los temporales, con perfusión normal en el parénquima del cerebro. Cabe señalar que en nuestra muestra de estudio, una imagen con fallas técnicas permitió diagnosticar una sinusitis frontal, ya que la hipoperfusión se observó dentro de los senos paranasales (Figura 1). También se observaron hallazgos de: hipoperfusión, aperfusión e hiperperfusión, localizados debido a: procesos infecciosos, trastornos vasculares, tumores (Figura 21) e idiopáticos.

DISCUSIÓN

Partiendo de un universo de 508 casos ($N = 508$) y una muestra de 261 casos ($n = 261$) se calculó un error de estimación de 0.37%, una $p < 0.004$, para $\{n_M\} = 152$, se calculó un error de estimación de 0.63% con una $p < 0.006$ y para $\{n_F\} = 109$, correspondió un error de estimación de 0.88% una $p < 0.009$.⁶⁰

Utilizando los datos del cuadro 1 y al aplicar el análisis de eficiencia para una prueba diagnóstica como es el SPECT de cerebro, se ordenaron en una tabla de 2×2 para la prueba de independencia tipo ji-cuadrada⁶¹ aplicada al teorema de Bayes para sensibilidad y especificidad con los siguientes valores: 206 casos en la celda de verdaderos positivos, nueve casos como falsos positivos, 37 casos como falsos negativos y 18 casos como verdaderos negativos. Esto nos permite calcular una sensibilidad de 88.41%, una especificidad de 66.66%, una tasa de falsos positivos de 33.33% y una tasa de falsos negativos de 15.22%. Obteniéndose una eficacia global para la prueba de SPECT de cerebro de 82.96%. La razón de probabilidad negativa que se calcula al restar a uno el valor de la sensibilidad y dividirla entre la especificidad obteniendo el valor de 0.1738, esta magnitud compara la probabilidad que tiene un individuo enfermo de presentar un resultado negativo de la SPECT de cerebro comparado con la probabilidad de que el resultado negativo se presente en un individuo sano y la razón de probabilidad positiva que se calcula dividiendo la sensibilidad entre el resultado de restar a uno la especificidad, obteniéndose 2.65, valor que compara la probabilidad de que una persona enferma presente un resultado positivo de SPECT de cerebro comparado con la probabilidad de que el resultado positivo se presente en un individuo sano.

Al utilizar función estadística para correlación de Pearson en la hoja de cálculo de Excel®,⁶² aplicada en dos columnas, con los valores de las medias aritméticas obtenidas de las frecuencias de los hallazgos de perfusión anormales (aperfusión, hipoperfusión e hiperperfusión) para analizar diferencia entre los dos hemisferios cerebrales en cada una de las estructuras anatómicas sujetas a estudio, encontramos: que en el

sexo masculino se observa una correlación casi perfecta en el tallo cerebral de 0.9997, seguida por los lóbulos occipitales 0.9992, los cíngulos 0.9977 y, por último, en los tálamos 0.9955. La asimetría en la perfusión medida por correlación se inicia en los cerebelos con una correlación muy alta, 0.9895, seguida por una disminución de la correlación mayor a 3% que se considera clínicamente significativa en los lóbulos parietales con 0.9679, los lóbulos frontales con 0.9587, los lóbulos temporales 0.9341. La menor correlación, 0.9043, se encontró en los ventrículos laterales, lo que corresponde a una diferencia en la perfusión interhemisférica de aproximadamente 9%, que en el sexo femenino se observa la correlación más alta en los lóbulos occipitales, 0.9992, seguida por los tálamos, 0.998, los lóbulos parietales, 0.9893, los cerebelos, 0.9938, los cíngulos, 0.984, ventrículos laterales, 0.9749, los lóbulos frontales, 0.8987, el tallo cerebral, 0.8788, y por último los lóbulos temporales, 0.6483. Se observó que el hemisferio cerebral más afectado fue el dominante (izquierdo).

CONCLUSIONES

1. La experiencia del Hospital Central Militar con SPECT de cerebro utilizando ^{99m}Tc ha sido de éxito, ya que se considera como un estudio seguro, en virtud de que no se observó ninguna complicación por reacciones adversas a la aplicación del ^{99m}Tc -ECD o ^{99m}Tc -HMPAO, en los 508 casos durante los ocho años.
2. La SPECT de cerebro utilizando ^{99m}Tc -ECD o ^{99m}Tc -HMPAO es una excelente técnica auxiliar para el diagnóstico, tiene una alta sensibilidad, 84%, con moderada especificidad, 66%.
3. La SPECT de cerebro ^{99m}Tc -ECD o ^{99m}Tc -HMPAO tiene una razón de probabilidad positiva alta: si comparamos una muestra al azar, los pacientes enfermos contra los sujetos sanos y los sometemos al estudio, los enfermos tendrán 2.65 veces más posibilidades de presentar un resultado positivo que los sanos.
4. La SPECT de cerebro permite definir la existencia y localización de alteraciones en pacientes neurológicos o psiquiátricos, con sintomatología, pero que no muestran evidencias por otros métodos auxiliares como: la RM, la TC o la EEG, incrementando la certeza clínica en pacientes estables.
5. En nuestro universo de estudio encontramos que existen algunas diferencias significativas en las frecuencias encontradas en los distintos sitios anatómicos estudiados al compararlos entre masculinos y femeninos. Fenómeno que podría ser motivo de futuras investigaciones.
6. En nuestro universo de estudio encontramos algunas diferencias significativas en las frecuencias

encontradas de los hallazgos de perfusión al comparar los hemisferios cerebrales, con predominio de las alteraciones en el hemisferio izquierdo. Fenómeno que podría ser motivo de futuras investigaciones.

7. Se observó que la perfusión compensatoria (diasquisis) del cerebelo es más común en los masculinos y que la compensación en el lóbulo temporal del hemisferio contralateral (diasquisis interhemisférica) predomina en los femeninos. Fenómeno que podría ser motivo de futuras investigaciones.

REFERENCIAS

- Abdei-Dayem HM, Sadek SA, Kouris K, et al. Changes in cerebral perfusion after acute head injury: Comparison of CT with Tc-99m-HMPAO SPECT. *Radiology* 1987; 165: 221-6.
- Sosa-Luna CA, Méndez G, Gutiérrez O. Análisis del índice ventrículo cerebral en tomografías axiales computadas de pacientes esquizofrénicos y su correlación con la escala de síntomas positivos y negativos para la esquizofrenia. *Rev Sanid Milit Mex* 1999; 53(2): 123-8.
- Gray BG, Ichise M, Chung DG, et al. Technetium-99m-HMPAO SPECT in the evaluation of patients with a remote history of traumatic brain injury: A comparison with X-ray computed tomography. *J Nucl Med* 1992; 33: 52-8.
- Seiderler M, Krappel W, Moser E, et al. Detection and quantification of chronic cerebrovascular disease: Comparison of MR imaging, SPECT, and CT. *Radiology* 1989; 170: 545-8.
- Fayad PB, Lawrence MB. Single photon emission computed tomography in cerebrovascular disease. *Stroke* 1991; 22: 950-4.
- Davis S, Lichtenstein M, Kaye A, et al. A Single photon emission computed study of hypoperfusion after subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 1990; 21: 252-9.
- Carvalho PA, Schwart RB, Alexander III E, et al. Extracranial metastatic glioblastoma: Appearance on thallium-201-chloride /technetium -99m-HMPAO SPECT images. *J Nucl Med* 1991; 32: 322-4.
- Hollman BL, Sabah S, Tumei. Single-Photon Emission Computed Tomography (SPECT) applications and potential. *JAMA* 1990; 263: 561-4.
- Wagner HN Jr, Burns HD, Dannals RF. Imaging dopamine receptors in the human brain by positron tomography. *Science* 1983; 226: 1264-6.
- Neirinckx RD, Burke FJ, Harrison RC, et al. The retention mechanism of technetium-99m-HMPAO: Intracellular reaction with glutathione. *J Cereb Blood Flow Metab* 1988; 8(suppl 1): S4-S12.
- Islas-Marroquín J. Hacia las neurociencias moleculares. *Rev Sanid Milit Mex* 2000; 54(1): 41-3.
- Schwarz J, Tatsch K, Arnold G, et al. 123I-iodobenzamide-SPECT in 83 patients with *de novo* parkinsonism. *Neurology* 1993; 43(6): S17-S20.
- Lenders KL, P Tyrrel P, et al. The nigrostriatal dopamine system assessed *in vivo* by positron emission tomography in healthy volunteers subject and patients with Parkinson's disease. *Arch Neurol* 1990; 47: 1290-8.
- Kung H, Alavi A, Chang W, et al. *In vivo* SPECT imaging of CNS D2 dopamine receptors: Initial studies with iodine-123 IBZM in humans. *J Nucl Med* 1990; 31: 573-9.
- Laulumaa V, Kuikka JT, Soininen H, et al. Imaging of D2 dopamine receptors of patients with Parkinson's disease using single photon emission computed tomography and iodobenzamide I-123. *Arch Neurol* 1993; 50: 509-16.
- Positron emission tomography-a new approach to brain chemistry. Council of scientific affairs: Report of the positron emission tomography panel. *JAMA* 1988; 260: 2704-10.
- Baron JC, Lebrun-Grandie, Crouzel C, Mestelan G, Bousser MG. Noninvasive measurement of blood flow, oxygen consumption, and glucose utilization in the same brains regions in man by positron emission tomography: Concise communication. *J Nucl Med* 1982; 23: 391-9.
- Sachs H, Russell JAG, Christman DR, et al. Positron emission tomographic studies on induced migraine. *Lancet* 1984; 465.
- Fogelman, et al. An atlas of clinical nuclear medicine. Second edition. Editorial Mosby; 1996, UK.
- Oku N, Matsumoto M, Hashikawa K, et al. Carbon dioxide reactivity by consecutive technetium-99m-HMPAO SPECT in patients with a chronically obstructed major cerebral artery. *J Nucl Med* 1994; 35: 32-40.
- Ell PJ, Costa DC. The role of nuclear medicine in neurology and psychiatry. *Curr Opin Neurol Neurosurg* 1992; 5: 863-9.
- Andreasen NC. Brain imaging: Applications in psychiatry. *Science* 1988; 239: 1381-8.
- Batjer HH, Devous MD Sr, Meyer YJ, et al. Cerebrovascular hemodynamics in arteriovenous malformation complicated by normal perfusion pressure breakthrough. *Neurosurgery* 1988; 22: 503-9.
- Batjer HH, Devous MD Sr, Seibert GB, et al. Intracranial arteriovenous malformation: Relationships between clinical and radiographic factors and ipsilateral steal severity. *Neurosurgery* 1988; 23: 322-8.
- Haan J, van Kroonenburgh MJ, Algra PR, et al. Hereditary cerebral hemorrhage with amyloidosis-dutch type. Tc-99m HMPAO single photon emission computed tomography. *Neuroradiology* 1990; 32: 142-5.
- Perani D, Vallar G, Cappa SF, et al. Aphasia and neglect after subcortical stroke. A clinical/cerebral perfusion correlation study. *Brain* 1987; 110: 1211-29.
- Provenzale J. The current role of SPECT in imaging subdural hematoma. *J Nucl Med* 1992; 33: 248-50.
- Rees JE, du Boulay GN, Bull JWD, et al. Regional cerebral blood flow in transient ischemic attacks. *Lancet* 1970; 2: 1210-3.
- Maurer AH, Siegel JA, Comerota AJ, et al. SPECT quantification of cerebral ischemia before and after carotid endarterectomy. *J Nucl Med* 1990; 31: 1412-20.
- Mountz JM, Modell JG, Foster NL, et al. Prognostication of recovery following stroke using the comparison of CT and technetium 99m HMPAO. *J Nucl Med* 1990; 31: 61-6.
- Oder W, Goldenberg G, Prodeka 1, Deecke L. HM-PAO-SPECT in persistent vegetative state after head injury: Prognostic indicator of the likelihood of recovery? *Intensive Care Med* 1991; 17: 149-53.
- Roper SN, Mena I, King WA, et al. An analysis of cerebral blood flow in acute closed-head injury using technetium-99m-HMPAO SPECT and computed tomography. *J Nucl Med* 1991; 32: 1684-7.
- Brazil P, Friedman A. Craniovascular studies in headache. A report and analysis of pulse volume tracings. *Neurology* 1956; 6: 96-102.
- Simard D, Paulson OB. Cerebral vasomotor paralysis during migraine attack. *Arch Neurol* 1973; 29: 207-9.
- Lauritzen M y Olesen J. Regional cerebral blood flow during migraine attacks by Xenon-133 inhalation and emission tomography. *Brain* 1984; 107: 447-61.
- Lagrèze HL, Dettmers C, Hartmann A. Abnormalities of interictal cerebral perfusion in classic but not common migraine. *Stroke* 1988; 19: 1108-11.
- Rowe CC, Berkovic SF, Austin MC, et al. Visual and quantitative analysis of interictal SPECT with Technetium-99m-HMPAO in temporal lobe epilepsy. *J Nucl Med* 1991; 32: 1688-94.
- Newton MR, Austin MC, Chan JG, et al. Ictal SPECT using technetium-99m-HMPAO: Methods of rapid preparation and optimal deployment of tracer during spontaneous seizures. *J Nucl Med* 1993; 34: 666-70.
- Boller F, Lopez OC, Moosy J. Diagnosis of dementia: Clinicopathologic correlation. *Neurology* 1989; 39: 76.
- Bonte FJ, Tintner R, Weiner MF, et al. Brain blood flow in the dementias: SPECT with histopathologic correlation. *Radiology* 1993; 186: 361-5.
- Cohen MB, Grahain LS, Lake R, et al. Diagnosis of Alzheimer's disease and multiinfarct dementia by tomographic imaging of iodine-123 IMP. *J Nucl Med* 1986; 27: 769-74.

42. Friedland RP. Alzheimer's disease. Clinical features and differential diagnosis. *Neurology* 1993; 51(4): 545-51.
- 42a. Mendelow AD. Head injury: Pathology and pathophysiology. In: Swash M, Oxbury J, eds. *Clinical neurology*. London: Churchill Livingstone; 1991, p. 671-80.
43. Gemmell HG, Shaip PF, Evans NTS et al. Single photon emission tomography with 123-isopropyl-amphetamine in Alzheimer's disease and multiinfarct dementia. *Lancet* 1984; 2: 1348.
44. Holman BL, Gibson RE, Hill TC, Eckelman WC, Albert M, Reba RC. Muscarinic acetylcholine receptors in Alzheimer's disease: in vivo imaging with iodine 123-labeled 3-quinuclidinyl-4-iodobenzilate and emission tomography. *JAMA* 1985; 254: 3063-6.
45. McKhann G, Drachman D, Folstein M, et al. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: Report of the NINCDS-ADRDA group under the auspices of the Dept. of Health and Human Task Force in Alzheimer's disease. *Neurology* 1984; 34: 939-44.
46. Johnstone EC, Crow TJ, Frith CD, Husband J, Kreel L. Cerebral ventricular size and cognitive impairment in chronic schizophrenia. *Lancet* 1976; ii: 924-6.
47. Kung H, Pan S, Kung MP, et al. *In vitro* and *in vivo* evaluation of (1231)IBZM: A potential CNS D2 dopamine receptor imaging agent. *J Nucl Med* 1989; 30: 88-92.
48. Nasrallah HA, Mitchel Aj, Gur RC, Turetsky B, Cannon TD, Moseley PD. Brain and CSF volume differences in schizophrenic subjects. *Am J Psychiatry*, 1995; 152: 817-8.
49. Rossi A, Stratta O, Gallucci, M, Passariello R, Casaecchia M. Quantification of corpus callosum and ventricles in schizophrenia with nuclear magnetic resonance imaging: A priori study. *Am J Psychiatry* 1989; 146: 99-101.
50. Biersack HJ, Coenen HH, Stocklin G, et al. Imaging of brain tumors with L-3-123I-Iodo-(x-methyl) tyrosine and SPECT. *J Nucl Med* 1989; 30: 110-2.
51. Oriuchi N, Tanura M, Shibakazy T, et al. Clinical evaluation of thallium-201 SPECT in supratentorial gliomas: Relationship to histologic grade, prognosis and proliferative activities. *J Nucl Med* 1993; 34(20): 85-2089.
52. Johnson KA, Holman BL, Rosen J, et al. Iodoamphetamine 123I single photon emission computed tomography is accurate in the diagnosis of Alzheimer's disease. *Arch Int Med* 1990; 150: 752-6.
53. Langen KJ, Coenen HH, Roosen N, et al. SPECT studies of brain tumors with L-3-(123I)iodo-x-methyl tyrosine: Comparison with PET, 124IMT and first clinical results. *J Nucl Med* 1990; 31: 281-6.
54. Nakano S, Kinoshita K, Jinnauchi S, et al. Dynamic SPECT with technetium-99m HMPAO in meningiomas. A comparison with iodine-123I IMP. *J Nucl Med* 1989; 30: 1101-5.
55. Holman BL, Garada B, Johnson KA, et al. A comparison of brain perfusion SPECT in cocaine abuse and AIDS dementia complex. *J Nucl Med* 1992; 33: 1312-5.
56. Pohl P, Vogl G, Fill H, et al. Single photon emission computed tomography in AIDS dementia complex. *J Nucl Med* 1988; 29: 1382-6.
57. Contreras C, Garnica R, Torres-Ruiz A, Arenas C, Marván ML, Lara H, Vázquez M. Visual evoked potentials in a sample of schizophrenic patients. *Bol Estud Med Biol Mex* 1990; 38: 22-8.
58. Sosa-Luna CA, Santiago VJ, De la Rosa V, Ninomiya A. Límites normales de latencias y amplitudes de los potenciales evocados en una población de adultos jóvenes mexicanos. *Gaceta Médica de México* 1995; 131(1): 109-11.
59. López-Ibor JA, Valdez MM, Pichot P. DSM-IV, Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. Primera Edición, Barcelona. Ed. Masson, S.A.; 2000, p. 139-62 y 279-322.
60. Münch L, Ángeles E. Métodos y técnicas de investigación. Segunda Ed. México: Ed. Trillas; 2000.
61. Wayne WD. Bioestadística. Tercera y cuarta ediciones. México: Uteha Noriega Editores; 1991, p. 287-93 y 639-96.
62. Predaza L. Informática médica. Primera edición. México: Ed. Mc Graw-Hill Interamericana; 1998, p. 163-207.

Recibido: Junio 7, 2002.
Aceptado: Agosto 10, 2002.