UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

EXPERIENCIAS EN EL USO DEL ULTRASONIDO INTRAOPERATORIO EN NEUROCIRUGÍA.

PROTOCOLO DE APLICACIÓN

Departamento de Neurocirugía, Hospital General San Juan de Dios, Ciudad de Guatemala, junio de 2,002.

Erwin Humberto Calgua Guerra

MEDICO Y CIRUJANO

Guatemala Agosto del año 2002.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

EXPERIENCIAS EN EL USO DEL ULTRASONIDO INTRAOPERATORIO EN NEUROCIRUGÍA.

PROTOCOLO DE APLICACIÓN

Departamento de Neurocirugía, Hospital General San Juan de Dios, Ciudad de Guatemala, junio de 2,002.

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
De la Facultad de Ciencias Médicas
De la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

Erwin Humberto Calgua Guerra

En el acto de investidura de:

MEDICO Y CIRUJANO

Guatemala Agosto del año 2002

I. INTRODUCCION

La especialidad de la cirugía neurológica experimentó en la última década el incremento de sistemas que auxilian al cirujano en procedimientos como obtención de biopsias, extirpaciones tumorales a nivel cerebral o medular y cirugía esterotáxica. Para este propósito se desarrollaron equipos sumamente sofisticados y costosos de Neuronavegación que usan imágenes generadas por Resonancia Magnética (IRM) y Tomografía Computarizada (TC). La información producida por estos equipos ayudó a generar modelos bidimensionales o tridimensionales de la lesión, para su uso como referencia intraoperatoria y localización exacta del tejido patológico en el cerebro o médula (11,21,22,23).

Sin embargo, dentro de los equipos desarrollados hay uno que posee particular importancia por su simplicidad, bajo costo y calidad de imagen siendo este el Ultrasonido Intraoperatorio (IOUS por sus siglas en inglés). Fue en la década de los 60 cuando se obtuvieron por primera vez imágenes generadas con el modo A, pero no fueron aceptadas debido a la dificultad para interpretar las mismas. En los 70 el IOUS fue un tema importante dentro de las comunidad quirúrgica al introducirse el ultrasonido de alta frecuencia, tiempo real del modo B. En los 80 se empezó a aplicar en la cirugía hepatobiliar-pancreática, cardiovascular y neurocirugía. En los 90 fueron incorporados el Doppler y el ultrasonido laparoscópico (3).

El IOUS auxilió al neurocirujano en la localización de la patología relevante, en la decisión intraoperativa y como guía durante el procedimiento quirúrgico. El IOUS incluso permitió monitorizar la extirpación de un linfoma maligno a pesar de ser ésta una lesión hipoecogénica. Además comprobó ser superior al sistema esterotáxico convencional. Encontró su mayor utilidad durante operaciones que involucran gliomas, hematomas, abscesos e inclusive aneurismas. Diversos artículos de la literatura médica compararon la efectividad del neuronavegador convencional con el ultrasonido para realizar biopsias cerebrales y se encontró que el último superó al primero en aspectos como costo, ahorro de tiempo en la generación de la imagen, manejo sencillo, exactitud y guía por medio de imágenes en tiempo real (3,4,5,6,8,16).

En Guatemala, y a nivel latinoamericano, el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios fue uno de los pocos hospitales que adquirió un equipo de ultrasonido específicamente para su aplicación en procedimientos neuroquirúrgicos, por consiguiente es un pionero en esta técnica. Este estudio determinó que el 70% de los médicos jefes y residentes cuentan con el fundamento teórico para su uso. Además se estableció un Protocolo de Aplicación que tomó como base las experiencias documentadas en la literatura médica actual. Queda entonces preparado el camino para iniciar las experiencias clínicas con el ultrasonido, evento que revolucionará la imagenología intraoperatoria en neurocirugía tal como la conocemos ahora en Guatemala.

II. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El Ultrasonido es una herramienta que en los últimos años cobró mayor interés en la comunidad de neurocirujanos debido a las aplicaciones que tiene durante el acto operatorio (3,14,15). Artículos dispersos en la literatura médica reportaron las ventajas de esta tecnología. Estas ventajas no son ajenas para los neurocirujanos del Hospital General San Juan de Dios así como el Hospital Roosevelt, lo que llevó a que en ambos departamentos se adquirieran equipos de ultrasonido destinados para el uso exclusivo en sala de operaciones.

Sin embargo, en Guatemala, las experiencias con el ultrasonido intraoperatorio se limitaron a unas pocas, debido que para su uso se requirió del entrenamiento y conocimiento especializado sobre sus aplicaciones. Aunado a esto, otro problema que se presentó es la escasa literatura sobre el tema, siendo en su mayoría estudios provenientes de Europa cuyas revistas fueron de difícil acceso en nuestro medio.

En tal sentido el tema estudiado giró en torno al conocimiento actual que sobre el ultrasonido intraoperatorio poseían los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios.

Las situaciones descritas anteriormente fueron factores limitantes para el médico jefe y residente que usa el ultrasonido intraoperatorio en Neurocirugía.

Este estudio ayudó a establecer la base teórica del ultrasonido intraoperatorio, para lo cual se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las aplicaciones que reportó la literatura médica. Además se estableció el Protocolo de Aplicación que servirá de guía para el uso de este valioso recurso en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios.

III. JUSTIFICACIÓN

Uno de los mayores retos del neurocirujano fue monitorizar sus finos movimientos en sitios tan limitados como los espacios intervertebrales, trepanaciones y craneotomías(4).

Usando el ejemplo de la extracción de un tumor de localización cerebral o medular, se hace necesaria la verificación de la resección total durante el acto operatorio previo a cerrar la herida quirúrgica. Esto por la frecuencia con que restos del tumor provocan recidivas a corto plazo y por consiguiente sea necesario la reintervención del paciente (1).

Lo anterior conlleva a la exposición del paciente a noxas provocadas por su estancia intrahospitalaria, a un mayor gasto por parte del hospital y del paciente, debido a los estudios control que se realizarán como lo son la Tomografía Cerebral, Resonancia Magnética, además del tiempo que deberá permanecer en el servicio de cuidados intensivos y finalmente en el departamento.

Contar con un método que disminuya o evite, estos problemas se vuelve una necesidad.

En centros hospitalarios como el Kopfklinikum en Heidelberg, Alemania, así como en el Brigham and Women`s Hospital en Boston, Estados Unidos, se trabajó el concepto de Resonancia Magnética Intraoperatoria (21,22). Este tuvo como finalidad, utilizar las imágenes obtenidas por la Resonancia Magnética durante el curso de la operación para monitorizar la extracción del tumor. Sin embargo este procedimiento presentó un costo elevado para nuestros países.

Debido a esta situación se propuso que en países en vías de desarrollo se cuente con un sistema de menor costo, que además proporcione imágenes de alta calidad que ayuden al neurocirujano durante el curso de la extracción del tumor durante un procedimiento quirúrgico. Es aquí de donde tomaron su importancia las imágenes generadas por el ultrasonido intraoperatorio.

Este no fue un concepto nuevo ni extraño, pues por años se conocieron las ventajas de las imágenes generadas por ultrasonido

para la observación del tejido cerebral en recién nacidos y fetos. Lo que se propuso fue su uso para la visualización de tejido cerebral o medular, sano o patológico, en el niño y el adulto durante el acto operatorio (13,15,21,25).

Esta idea fue bien acogida a tal punto que los neurocirujanos del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios adquirieron un equipo de ultrasonido para su uso en sala de operaciones.

Sin embargo esto planteó consigo nuevas necesidades como lo fue establecer el fundamento teórico que a su vez permitió conocer las aplicaciones del ultrasonido en base a la literatura médica reciente, algo un tanto complicado de lograr debido a que la literatura fue escasa y en su mayoría se encontró en revistas europeas de difícil acceso. Por otro lado, no se contaba con un Protocolo de Aplicación alguno, en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios, algo de extrema importancia para el neurocirujano que deseó disponer del ultrasonido para el procedimiento.

Esta tesis estableció el fundamento teórico que auxilió en el conocimiento y optimización del ultrasonido intraoperatorio ya adquirido para este fin, así como se estableció un protocolo de aplicación para su uso por los médicos jefes y residentes en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

1. Documentar la técnica y aplicaciones del Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía.

2. Establecer un protocolo de Aplicación que pueda ser útil en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios.

B. Específicos

1. Recopilar material bibliográfico de reciente publicación sobre la técnica y aplicaciones del Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía.

2. Describir la técnica y aplicaciones del Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía.

3. Identificar el conocimiento actual en los jefes y médicos residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios sobre Ultrasonido Intraoperatorio.

4. Elaborar un protocolo de aplicación sobre Ultrasonido Intraoperatorio para el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios.

V. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

A. PRINCIPIOS GENERALES DEL ULTRASONIDO

El ultrasonido permite visualizar estructuras corporales de diferentes densidades al crear oscilaciones, con una frecuencia mayor a la capacidad auditiva humana, por medio de un efecto piezoeléctrico invertido.

Su utilidad diagnóstica y terapéutica ha sido ampliamente documentada en diversos campos de la medicina.

Para la generación de imágenes ultrasonográficos existen dos procedimientos que deben ser entendidos: el primero donde las ondas sonoras actúan como impulsos ecogénicos y el segundo que utiliza la duración del sonido.

1. Procedimientos en el impulso y eco (modo A, modo B y modo M).

Dentro de los componentes del ultrasonido se encuentra el transductor. Este posee un cristal piezoeléctrico que tiene la capacidad de producir ondas de sonido que impulsa y a su vez sirve de receptor de las ondas reflejadas, lo que definimos como eco, productos del choque del impulso con la superficie de una estructura dentro del cuerpo.

La diferencia de tiempo entre el impulso de salida y la recepción del eco es proporcional a la profundidad de la superficie que reflejó la onda sonora. El eco es transformado en impulsos eléctricos que son aumentados y proyectados en una pantalla. Es aquí donde se diferencian las dos modalidades principales para la creación de la imagen ultrasonográfica: El modo A que es unidimensional y el modo B que es bidimensional.

En el *modo A* (Escaneo de Amplitud) las ondas sonoras reflejadas son visualizadas como una oscilación, tal como se observa en un osciloscopio. Las imágenes producidas

pueden ser interpretadas entendiendo que de la distancia de la amplitud se puede determinar la profundidad de la superficie reflectora.

En el *modo B* (Escaneo de Brillantez) se inicia con un proceso de composición de la imagen donde la onda sonora se mueve en diferentes direcciones sobre una línea de forma automática o manual predeterminada. Luego inicia el método de imagen por corte que es cuando se reproduce la superficie de un corte en la pantalla, esto debido a que los ecos que corresponden al sitio escaneado se evidencian como puntos de luz en el monitor. Estos puntos de luz serán tan claros como fuertes sean los ecos que los produzcan. La diversidad de claridad de los puntos crea una escala de valores de grises que es una forma de determinar la densidad de la estructura sujeta a estudio.

Con la estimulación periódica sobre la superficie del ojo haciendo uso de una frecuencia alta pueden visualizarse movimientos, esto se conoce como imagen B rápida.

La generación de imágenes con estas modalidades tiene su aplicación en el campo Obstétrico al permitir monitorizar los movimientos fetales y el tamaño fetal entre otros. En la Ginecología encuentra su uso en la diferenciación de tumores sólidos de los quísticos; así también en Gastroenterología permite el diagnóstico de tumores y enfermedades orgánicas. En Neurología puede llegarse a demostrar la presencia de procesos intracraneales.

Ahora, existe una forma unidimensional del modo B y esta es conocida como *modo M*. Esta utiliza un transductor estacionario que registra los ecos producidos en superficies que poseen movimientos en el cuerpo y proyecta estos ecos en un monitor utilizando la escala de valores de grises. Esta modalidad es la que se utiliza para evaluar el movimiento de las válvulas cardíacas.

2. Procedimientos de duración de sonido (Doppler)

En esta forma de generación de imágenes básicamente un cristal piezoeléctrico envía continuamente ondas ultrasonográficas de frecuencias constantes, estas se encuentran con ondas de sonido producidas por un cuerpo en movimiento de tal forma que una parte de las ondas son reflejadas con una frecuencia disminuida. Esta interferencia de frecuencias disminuidas y de las frecuencias reflejadas producen un tono de baja frecuencia. Este tono es reforzado con el fin de hacerlo audible. Esto es lo que se conoce como efecto Doppler (7,12,24).

B. ULTRASONIDO CEREBRAL INTRAOPERATORIO

El cerebro es quizá la más compleja de todas las estructuras del cuerpo. Para el neurocirujano esta complejidad se traduce en un elevado grado de dificultad para abordarlo quirúrgicamente. Aunque se conocen muchas de las funciones y su localización en este órgano, existen aún muchos aspectos por descubrir.

Desde el comienzo de la especialidad de Neurocirugía el cirujano ha necesitado de diferentes métodos para monitorizar sus movimientos en el cerebro, sin embargo esto no había sido logrado debido a la dificultad que representaba crear imágenes del tejido blando que compone el cerebro. Bastaba con imágenes preoperatorias como las generadas con rayos X convencionales, los pneumoencefalogramas y por último, pero no por eso menos importante, el arteriograma cerebral con el cual se observan los principales vasos sanguíneos que alimentan la patología intracraneal.

Sin embargo la tecnología ha recorrido un largo camino en corto tiempo. Es así que desde hace aproximadamente 20 años, se viene desarrollando las imágenes generadas por ultrasonido en tiempo real para su utilización durante los procedimientos neuroquirúrgicos cerebrales, probando su extrema utilidad en múltiples ocasiones. El alcance tecnológico actual es tal que en

los principales centros neuroquirúrgicos europeos es utilizado de forma rutinaria en sala de operaciones (3,5,14) .

Todo neurocirujano debe saber que los principales objetivos del ultrasonido intraoperatorio son: Localizar con exactitud la lesión intracraneal, su diferenciación y caracterización, guiar durante el procedimiento y finalmente la evaluación de cambios logrados con el acto quirúrgico (19).

1. Anatomía

El operador o los operadores del ultrasonido debe tener un conocimiento amplio sobre la localización de las estructuras anatómicas de referencia que existen en el cerebro para hacer uso eficiente y eficaz del mismo.

La anatomía del cerebro es sumamente compleja al momento de extraer cualquier tumor sin importar su localización. Aunado a esto se encuentra la distorsión que sufre el tejido cerebral normal al ser invadido por neoplasias.

Existen algunos estudios que se encuentran en marcha que aportarán una mejor descripción de los hallazgos ultrasonográficos en el cerebro, estos aun no concluyen, excepto algunos pocas excepciones que se tratan adelante.

2. Técnica

El primer paso consiste en adquirir el consentimiento informado del paciente para hacer uso del ultrasonido durante su procedimiento. El neurocirujano debe determinar que el paciente llena cada uno de los requisitos que establece la hoja de Protocolo de Aplicación (ver Anexo 2), se le explicará claramente sobre las funciones del ultrasonido durante el acto operatorio y la técnica. Luego de resolver las dudas del paciente, si está de acuerdo, firmará la hoja de Protocolo de Aplicación lo que permitirá al neurocirujano hacer uso del ultrasonido intraoperatorio.

En el cerebro la técnica es simple. En principio el equipo debe conocer bien el ultrasonido que se empleará.

La lectura de los manuales del usuario que acompañan estos equipos es mandatario, con el fin de familiarizarse con cada uno de los elementos que lo componen. Esto dará también una idea sobre los alcances y limitantes que posee el equipo.

Luego se debe prestar atención a las características del transductor que se usará.

El diámetro de la cabeza del transductor no tiene mayor importancia cuando se utiliza una craneotomía como ventana acústica, sin embargo es importante cuando es a través de una trepanación (20). Se recomienda comunicarse con el proveedor del equipo para determinar que tipo de transductores posee de tal forma que se pueda contar con uno para cada aplicación.

Luego es importante determinar si el transductor es mayor de 5 MHz, que se considera de alta frecuencia, o menor de 5 MHz que se considera de baja frecuencia. Esto será de utilidad para que podamos establecer la profundidad hasta donde nuestra imagen se considerará confiable. Usualmente se sugiere poseer transductores de 7 MHz y 10 MHz. Estos usualmente permiten un profundidad confiable entre 5 y 8 cms.

El transductor puede ser esterilizado previamente con óxido de etileno, sin embargo esto toma tiempo pues necesita de ventilación. Se recomienda hablar con la unidad de esterilización del hospital para determinar con que métodos se cuentan para esterilizar el equipo. El transductor no debe ser sometido a esterilización por vapor y calor. El cristal piezoeléctrico que se encuentra en la cabeza es lo suficientemente sensible para dañarse durante este procedimiento.

Previo a iniciar el procedimiento quirúrgico se debe verificar que el ultrasonido se encuentra en buenas condiciones. Se

encenderá y se procederá a ingresar en el computador. los datos del paciente que contiene la hoja de Protocolo de Aplicación.

Estando el personal vestido con ropa estéril para sala de operaciones se procederá a conectar el transductor estéril al ultrasonido.

Luego, manteniendo el medio estéril, se tomará un condón, previamente esterilizado con gas y que no contenga químico alguno, por su extremo abierto. Se debe de remangar y en el extremo cerrado se depositará generosamente gel o K-Y para ultrasonido. Una vez hecho esto se introduce el transductor en el condón y poco a poco se cubre todo este, incluyendo la porción de la conexión que alcance. Entonces el condón se fija a la conexión con un hilo de algodón o un hule estéril.

Como paso final, para evitar que la conexión pueda contaminar el campo operatorio se procede a vestir tanto el transductor como el conector con un cobertor de plástico, previamente esterilizado. Si no se cuenta con un cobertor específico para esta conexión, se puede utilizar un cobertor para endoscopio, el cual se deberá esterilizar. Este se fijará de la misma forma que el condón.

Aquí concluyen los pasos preparativos del equipo por lo que pasamos a describir la forma en que debe realizarse la primera imagen del procedimiento quirúrgico.

Una vez realizada la craneotomía o la trepanación podemos colocar la cabeza del transductor, sin ejercer demasiada presión, sobre la superficie externa de la duramadre para localizar la patología. En esta primera imagen no es necesario colocar solución salina para mejorar la conducción, basta con colocar el transductor. Se moverá el transductor a lo largo y ancho de la craneotomía para delimitar la lesión así como también establecer los puntos anatómicos de referencia. Estos últimos deben quedar anotados en la hoja de Protocolo de Aplicación. Luego, si el equipo cuenta con impresora o con video se procederá a hacer de una a tres impresiones o

grabaciones de la imagen inicial. Es importante que el equipo se familiarice con las imágenes perpendiculares de la lesión.

El equipo a cargo del ultrasonido debe considerar que si se realizó la imagen inicial con la duramadre intacta, esperará cierto desplazamiento de sus puntos referencia del cerebro por la salida de líquido cefalorraquídeo al incidirla, fenómeno mejor conocido como *Brain Shift* (2).

Se inicia la remoción de la lesión intracraneal.

El equipo debe determinar el momento en que hará la segunda imagen transoperatoria del tejido cerebral. Se asume que para entonces una considerable cantidad del tejido tumoral ha sido extraído, lo que en su lugar ha dejado un espacio vacío. Es aquí donde debe aplicarse suficiente solución salina isotónica estéril hasta llenar la cavidad formada, previo a colocar el transductor. Luego se introduce la superficie de contacto de la cabeza del transductor dentro de la solución salina y se procede a identificar los puntos de referencia anatómicos. Se procurará seguir el patrón de movimiento que inicialmente se usó para la adquisición de la primera imagen. Una vez hecho esto se procede a grabar o imprimir los hallazgos ultrasonográficos.

El neurocirujano debe determinar cuantas veces utilizará el ultrasonido durante el acto operatorio, pues no existe un consenso aún sobre la cantidad de veces que debe observarse el tejido cerebral. Lo importante es que previo a cerrar la herida operatoria realice nuevamente un escaneo para establecer la presencia de restos del tejido tumoral, siguiendo los pasos previamente descritos (4,5,6,8).

Al finalizar el procedimiento se procederá a quitar los cobertores y el condón del transductor. Este deberá ser limpiado inmediatamente para que no queden restos de gel en su superficie. Luego será enviado para ser esterilizado.

Antes de salir de sala de operaciones el equipo de ultrasonido debe quedar desconectado, cubierto y todos sus

componentes guardados en las cajas protectoras correspondientes.

Estos pasos deben ser seguidos sistemáticamente por todos los miembros del equipo que hagan uso del ultrasonido..

El éxito de la técnica ha derivado en numerosas experiencias reportadas como logros exitosos.

3. Aplicaciones

Las imágenes ultrasonográficas intraoperatorias han sido reportadas útiles para los siguientes tipos de lesiones intracraneales (9,10,11,15,16,17,18):

a. Gliomas
b. Metástasis
c. Linfomas
d. Distinción de edema
e. Cavernomas subcorticales
f. Abscesos
g. Hematomas
h. Aneurismas
i. Malformaciones Arteriovenosas (con uso de Doppler)
j. Tumores de la pituitaria.

Se describe que el equipo médico que haga uso del ultrasonido debe aprender a diferenciar las Pseudomasas de los surcos pues son errores potenciales que disminuyen el éxito en la localización de tumores subcorticales. Estas masas son la confluencia de varios surcos de localización cortical (21,23).

Estudios realizados han ayudado a establecer los hallazgos ultrasonográficos de algunas patologías cerebrales como la cerebritis y edema que se caracterizan por ser hiperecogénicas en relación al tejido cerebral. La sangre coagulada o heparinizada es hipoecogénica y los hematomas suelen ser hiperecogénicos (19).

En ciertos casos de emergencia las imágenes ultrasonográficas intraoperatorias pueden ayudar a la diferenciación de una malformación arteriovenosa y hematoma (24,25).

En traumatología el ultrasonido intraoperatorio es útil para determinar la presencia de fragmentos óseos y cuerpos extraños en el tejido cerebral (19)

C. ULTRASONIDO MEDULAR INTRAOPERATORIO

El neurocirujano debe pensar que la médula espinal es la corteza cerebral en una pequeña área seccionada de forma transversal.

Es en esta área donde se han conducido una mayor cantidad de estudios por lo que es posible tratar con detalle los hallazgos de ciertas patologías medulares (1).

1. Anatomía

Por el abordaje que se utiliza en el caso de la laminectomía la superficie posterior es siempre la más cercana a la cabeza del transductor.

El neurocirujano encuentra al inicio del procedimiento, luego de haber realizado la laminectomía, la superficie de la dura, para luego pasar al espacio subaracnoideo y finalmente llega a la médula espinal. Estas tres son las estructuras anatómicas de referencia más importantes.

También entre las estructuras anatómicas, el canal central es de mucha importancia al momento de la adquisición de la imagen. Cuando este no se observa se debe sospechar de una lesión (intramedular o extramedular) que oblitera u obscurece el cordón espinal. En el adulto, el canal central no contiene de forma usual fluidos, pero su visibilidad es posible debido a la diferencia en la impedancia acústica entre el tejido

neuronal del cordón espinal y el tejido fibroso que se encuentra en el canal.

El cono medular es un sitio de referencia.

Algunos investigadores creen que el eco del cordón central, que refieren algunos autores, es de hecho el reflejo de la fisura medial del cordón espinal

De forma lateral a la espina cordal se encuentra los ligamentos dentados. En ocasiones puede llegar a observarse las raíces nerviosas dentro del espacio subaracnoideo. Si el espacio subaracnoideo no puede ser visualizado, se puede sospechar de una masa en el cordón espinal o que la esté comprimiendo.

Al final del canal espinal, de forma caudal se puede observar el filum terminale.

La arteria espinal anterior es visible, pulsando en la superficie anterior del cordón espinal. Esta arteria es posible identificarla por sus movimientos.

Las imágenes amontonadas correspondientes a un disco herniado es posible observarlas en ciertas ocasiones. Cualquier cambio abrupto en las líneas discales en cuanto a su curvatura son sugerencia de discos protuyentes o masas óseas que protruyen dentro del cana espinal (19)

La cauda equina se distingue como una masa conglomerada de raíces nerviosas.

2. Técnica

La técnica, en lo correspondiente a la preparación del equipo, es la misma que la descrita anteriormente para el cerebro. Presenta ciertas modificaciones al momento de colocar el transductor en la laminectomía.

Un aspecto importante a recordar es que el transductor no debe tener contacto con la duramadre que recubre la médula espinal.

El paciente descansará por lo general en la posición prona. Una vez se incide la piel, el tejido celular subcutáneo, el ligamento y finalmente realizada la laminectomía, tendremos una cavidad de considerable profundidad cuyo límite inferior es la duramadre que recubre la médula espinal. En esta cavidad debe introducirse solución salina isotónica previo a la colocación del transductor.

El transductor se posicionará de forma verticalizada, se evitará ejercer presión sobre la duramadre. El escaneo debe ser realizado con la cabeza del transductor partiendo de la posición cefálica en dirección caudal de la laminectomía.

Con el paciente en prono debe llevarse la cabeza del transductor de la posición izquierda a la derecha.

En ocasiones el neurocirujano utilizara como abordaje una corpectomía anterior por consiguiente el paciente descansará en decúbito supino, por lo que el transductor deberá de llevarse de la posición izquierda a la derecha.

Al igual que en el cerebro, cada escaneo debe quedar registrado en forma impresa o en una grabación. Se sugiere que por lo menos se realice una toma de la patología antes, durante y al finalizar el procedimiento.

Lo más importante es que en cuanto a la técnica siempre se sea sistemático (19).

3. Aplicaciones

Las imágenes ultrasonográficas pueden ser aplicadas tanto en lesiones intramedulares como extramedulares..

a) Lesiones intramedulares.

Los tumores intramedulares han sido más ecogénicos, en casi todos los casos, que el cordón espinal normal. Se debe determinar si la neoplasia no es en realidad edema ya que esta última puede confundirse fácilmente con la primera por sus hallazgos ultrasonográficos.

La mayoría de los criterios usados para interpretar las imágenes generadas por ultrasonido no son específicas para una patología medular . Algunas excepciones existen como por ejemplo el caso del blastoma hemorrágico, donde es posible identificar vaso o vasos intramurales, lo cual es relativamente específico para este tipo de lesiones. En este caso el doppler a color ayuda a confirmar los hallazgos y se puede proceder a realizar una biopsia.

i. Quistes.

En este tipo de lesiones sobresale el ultrasonido de otros métodos de adquisición de imágenes intraoperatorias. El ultrasonido de hecho es la modalidad de preferencia para la caracterización de quistes a nivel cerebral, medular y en otras partes del cuerpo.

En ocasiones la tomografía cerebral ha evidenciado una masa tumoral sólida, pero al momento de realizar la incisión se observan detritos gruesos cremosos saliendo de la incisión. Esto se debe a que los detritos que contienen fluidos puede tener la apariencia sólida, en la tomografía axial computarizada, debido a sus múltiples interfaces procedentes del sonido reflejado en el medio líquido.

ii. Siringomelia.

La siringomelia es una complicación de las malformaciones tipo Chiari. Por años el tratamiento de

esta patología ha sido objeto de estudio del neurólogo y de los neurocirujanos.

El ultrasonido permite observar si hay múltiples septos dividiendo la siringe, confirma la efectividad de la descompresión y finamente se pueden documentar eventos inesperados.

iii. Otras lesiones intramedulares.

Se pueden observar otras masas como lo son:

- Hematomas intramedulares con características ecogénicas.
- Necrosis causada por radiación.
- Malformaciones arteriovenosas.

Sobre estas últimas, la escala de grises permitirá que la malformación se observe como una masa de múltiples espacios quísticos grandes de características ecogénicas (24).

b) Lesiones extramedulares.

Estos tienden a ser más ecogénicos que el cordón espinal normal. La tríada clásica la conforman:

i. Meningiomas.
ii. Schwamomas.
iii. Hematomas.

Las imágenes ultrasonográficas han permitido observar lipomas intradurales.

- Quistes y Misceláneos*.* Los quistes aracnoidales se caracterizan por ser masas que contienen líquido y desplazan el cordón espinal. Cuando su presentación es a nivel extradural se puede pensar en masas granulomatosas.

- Movimiento del Cordón Espinal. Describir el movimiento del cordón espinal es complejo. En los niños se ha observado ultrasonográficamente el movimiento de vaivén normal del cordón espinal a través de elementos posteriores no osificados en los infantes.

  Si se encuentra anteriormente comprimido, el cordón espinal tiende a moverse al ritmo del movimiento cardíaco. Este movimiento es generalmente debido a la compresión de la arteria espinal anterior (13,19).

- Trauma y misceláneos. Los fragmentos óseos en el paciente traumatizado pueden ser hallados desplazando las raíces nerviosas o dentro de las raíces nerviosas.

  Los huesos poseen una alta reflectividad lo que causa una sombra acústica. Se distinguen de las balas por el hecho de que las últimas poseen una superficie curva que causa también una sombra acústica característica.

  Los pequeños fragmentos pueden ser localizados por su sombra en forma de “cola de cometa”. Sin embargo se debe prestar atención a tejido que puede ser de características fibrosas y puede causar la misma imagen.

  Las compresiones pueden ser causadas por aracnoiditis o grasa epidural. Se logrará un mayor beneficio de la imagen si no se retrae el cordón espinal (19).

VI. MATERIAL Y METODOS

A. METODOLOGIA

1. Tipo de estudio.

Descriptivo.

2. Objeto de estudio.

La técnica y aplicaciones del ultrasonido intraoperatorio en Neurocirugía.

3. Población o muestra del estudio

Médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan Dios.

4. Criterios de inclusión y exclusión

a) Inclusión

Ser médico jefe o residente del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios.

b) Exclusión.

No ser médico jefe o residente del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios.

5. Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Clase de Variable	Unidad de Medida
Conocimiento sobre ultrasonido intraoperatorio	Entendimiento obtenido por experiencia actual en ultrasonido intraoperatorio	El puntaje > ó = 60pts en el cuestionario evidencia el conocimiento.	Ordinal	Excelente Bueno Regular Malo
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta una fecha específica.	Años cumplidos al momento de contestar cuestionario	Razón	Edad en años del médico jefe o residente.
Años de ser médico residente o jefe en el Departamento de Neurocirugía	Tiempo transcurrido desde que inició el programa de residencia en Neurocirugía o ser jefe del o en el departamento.	Año en el programa de residencia de Neurocirugía o de ser médico jefe en el departamento	Razón	Año del programa de residencia o de ser médico jefe del departamento de Neurocirugía
Entrenamiento en el uso del ultrasonido intraoperatorio en Neurocirugía	Condición de un individuo en que ha se ha capacitado para una evaluación en ultrasonido intraoperatorio	Adquisición previa de las técnicas y aplicaciones del ultrasonido intraoperatorio	Nominal	Si No
Lugar de entrenamiento en el uso del ultrasonido intraoperatorio en Neurocirugía	Ubicación donde un individuo se ha capacitado en el uso del ultrasonido intraoperatorio	Ubicación del lugar donde se capacitó en el uso del ultrasonido intraoperatorio	Nominal	Nacional Extranjero
Sexo	Una de las divisiones de organismos diferenciados respectivamente como masculino o femenino	Sexo del encuestado	Nominal	Femenino o Masculino

6. Instrumentos de recolección y medición de datos

Se elaboró un cuestionario con 10 preguntas de selección múltiple que abarcaron las bases teóricas sobre los procedimientos y aplicaciones relacionados con el ultrasonido intraoperatorio en Neurocirugía (ver Anexo 1).

7. Presentación de resultados y tipo de tratamiento estadístico

Con el cuestionario se determinó el conocimiento actual sobre las técnicas y aplicaciones del ultrasonido intraoperatorio. Se tabularon los cuestionarios haciendo una sumatoria de los resultados correctos e incorrectos por cada pregunta, luego se procedió a dividir este resultado dentro del total de encuestas presentadas. Con una calificación de 60% o más se consideró que el médico conoce la técnica y con menos del 60% se consideró que no se conoce la técnica.

8. Aspectos éticos

Este estudio no planteó objeto o situación alguna que violó los derechos básicos de la relación médico y paciente enmarcados dentro de las declaraciones de Helsinki.

El único momento que requirió de consentimiento informado fue la resolución del cuestionario por lo que previo a la resolución de las preguntas del mismo se explicó de forma oral al médico jefe o residente que el cuestionario resuelto fue analizado únicamente por el estudiante de tesis, sus asesores, así como el revisor en tesis. No se divulgó el nombre del mismo en forma pública. Lo único que se presentó fueron los resultados obtenidos del análisis del estudio en el examen público.

Se consideró que el médico jefe o residente dio su consentimiento informado al llenar el cuestionario y firmarlo. De lo contrario no se les realizó.

VII. PRESENTACION DE RESULTADOS

En la encuesta realizada a los médicos jefes y residentes del Departamento se determinó lo siguiente:

Tabla 1

Sexo en relación a posición como médicos jefe o residente del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios para el mes de junio del año 2002.

Sexo / Posición	Femenino	Masculino
Jefe	1	6
Residente	0	2
Total	1	8

Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Tabla 2

Edad en relación a sexo en los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios para el mes de junio del año 2002.

Sexo / Edad	Femenino	Masculino
0 – 10 años	0	0
11 – 20 años	0	0
21 – 30 años	0	1
31 – 40 años	0	3
41 – 50 años	0	2
51 – 60 o más años	1	2
Total	1	8

Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Tabla 3

Años como médico jefe en relación a sexo en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios para el mes de junio del año 2002.

Sexo / Años como Jefe	Femenino	Masculino
0 – 5 años	0	2
6 – 10 años	1	0
11 – 15 años	0	1
16- 20 años	0	3
21 – 30 o más años	0	0
Total	1	6

Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002

Tabla 4

Años como médico residente en relación a sexo en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios para el mes de junio del año 2002.

Sexo / Años como Jefe	Femenino	Masculino
1 año	0	1
2 año	0	1
3 año	0	0
4 año	0	0
Total	0	2

Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Tabla 5

Entrenamiento en el uso de ultrasonido intraoperatorio en relación a sexo en los médicos jefes y residentes en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios para el mes de junio del año 2002.

Sexo / Previo Entrenamiento	Femenino	Masculino
Si	0	3
No	1	5
Total	1	8

Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Tabla 6

Lugar de entrenamiento en el uso de ultrasonido intraoperatorio en relación a sexo en los médicos jefes y residentes en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios para el mes de junio del año 2002.

Sexo / Lugar de Entrenamiento	Femenino	Masculino
Extranjero	0	2
Nacional	0	1
Total	0	3

Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Tabla 7

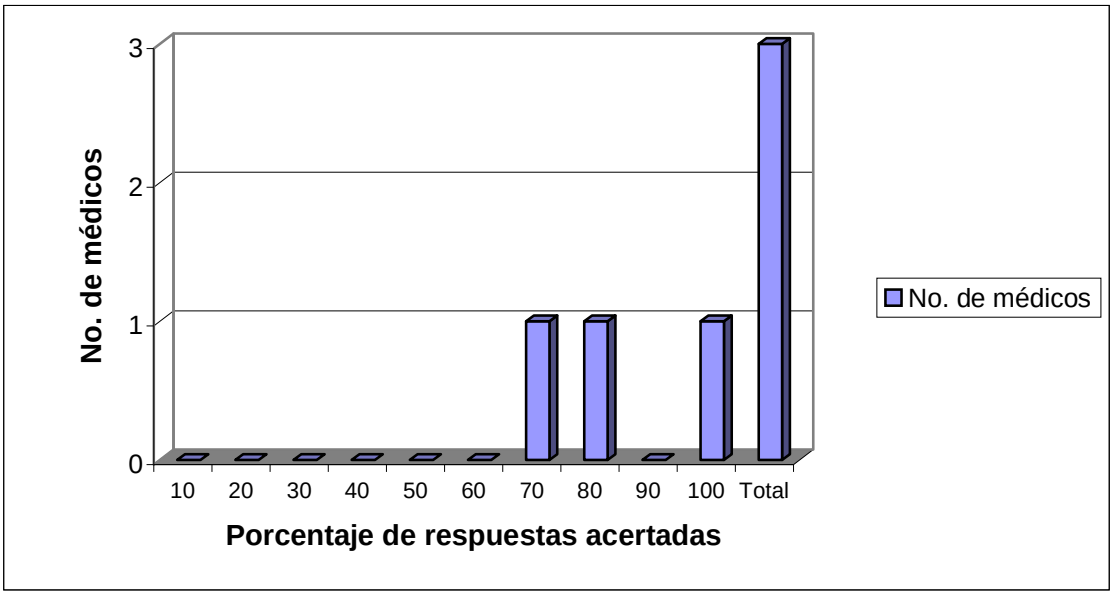
Respuesta de cuestionario en relación a respuesta de si recibieron o no entrenamiento previo en el uso del ultrasonido intraoperatorio en los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios en el mes de junio del año 2002.

Entrenamiento previo / Cuestionario	Si	No	Total
Sí contestó	3	4	7
No contestó	0	2	2
Total	3	6	9

Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Gráfica 1

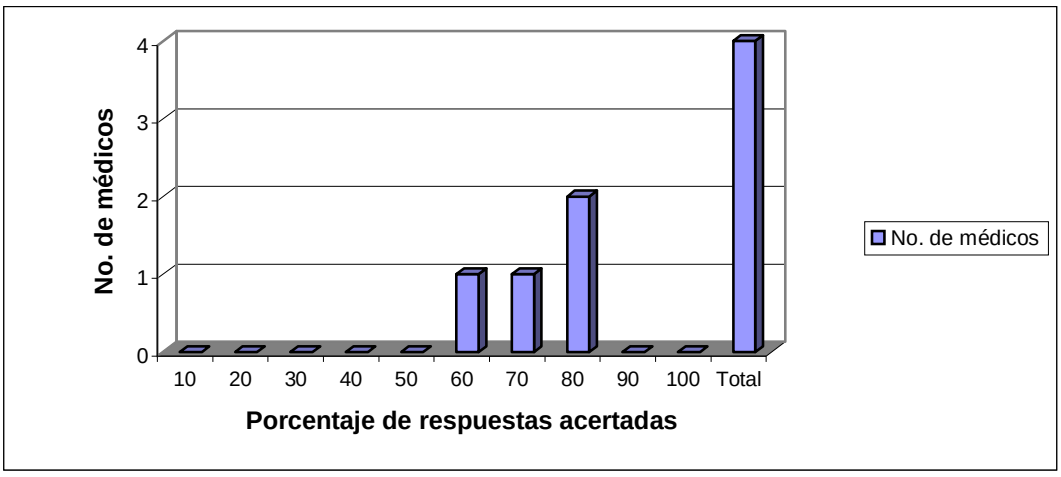
Porcentaje de respuestas acertadas en relación a médicos que contestaron que si recibieron entrenamiento previo del uso del ultrasonido intraoperatorio en los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios en el mes de junio del año 2002.



Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Gráfica 2

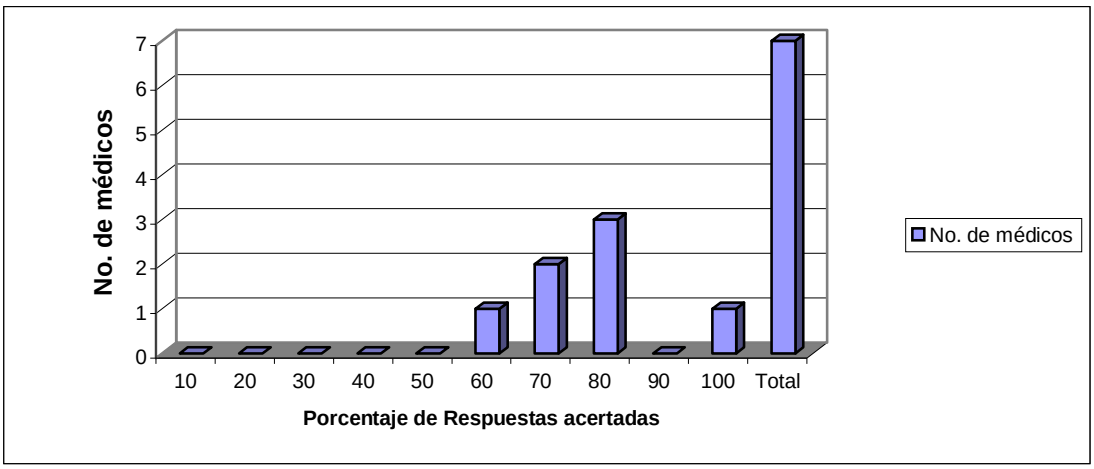
Porcentaje de respuestas acertadas en relación a médicos que contestaron que no recibieron entrenamiento previo del uso del ultrasonido intraoperatorio en los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios en el mes de junio del año 2002.



Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

Gráfica 3

Porcentaje de respuestas acertadas independientemente si recibieron o no entrenamiento previo del uso del ultrasonido intraoperatorio en los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios en el mes de junio del año 2002.



Fuente: Cuestionario sobre ultrasonido intraoperatorio elaborado para la tesis. Junio del 2002.

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios cuenta con seis jefes neurocirujanos acreditados y con tres médicos residentes en el programa de postgrado en Neurocirugía. Además hay un especialista en Ortopedia y Traumatología, también médico jefe, que tiene a su cargo los casos relacionados con las lesiones en la columna vertebral.

De los diez médicos que conforman el staff en el Departamento de Neurocirugía sólo uno no contestó el cuestionario por encontrarse de vacaciones.

El sexo femenino se encuentra representado por la única médico jefe neurocirujano a nivel del Departamento de Neurocirugía, tal como lo vemos en la Tabla 1. Predomina el sexo masculino en el departamento, ocho miembros, tendencia que suele observarse en los profesionales de la medicina ya que el sexo femenino aplica de forma limitada en esta especialidad o en cualquiera relacionada con cirugía, lo cual se confirma al observar en la misma tabla que no hay una médico residente en el programa de postgrado.

Los rangos de edad que predominan en el Departamento de Neurocirugía son los comprendidos entre los 31-40 años de edad y los de 51-60 años o más, con tres médicos en cada rango de edad, tal como se logra observar en la Tabla 2. Por lo que existe en el equipo de neurocirujanos una mezcla de médicos jóvenes formados o en formación y médicos que tienen en su haber la experiencia adquirida con el tiempo en esta difícil especialidad, una combinación que ha sido adecuadamente utilizada produciendo muy buenos resultados. Le sigue el rango comprendido de 41-50 años con dos miembros.

En la Tabla 3 se observa nuevamente la combinación existente entre médicos jóvenes y los experimentados, ahora específicamente como jefes. La mayoría se encuentran en el rango de los 16-20 años de servicio, siguiéndole el rango de 1 a 5 años de servicio como jefe.

El postgrado del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios cuenta con tres médicos residentes, de los cuales dos respondieron el cuestionario por la razón antes descrita.

Observamos en la Tabla 4 que ambos pertenecen al sexo masculino y se encuentran en el primer y segundo año del programa de postgrado. No hay residente en el tercer año y el médico del cuarto año es el Jefe de Residentes.

Al preguntar sobre entrenamiento previo en el uso del ultrasonido intraoperatorio en neurocirugía se observa que tres médicos respondieron que sí habían recibido entrenamiento previo y seis dijeron que no, tal como observamos en la Tabla 5. En este punto el médico que contestó negativamente debía decidir si continuaría contestando el cuestionario o no. Vemos entonces en la Tabla 7 que dos médicos decidieron no continuar con el cuestionario mientras que los cuatro restantes decidieron contestarlo hasta el final.

En la Tabla 6 vemos que de los tres médicos que contestaron que sí recibieron un entrenamiento previo en el uso del ultrasonido intraoperatorio, dos lo hicieron en el extranjero y uno en Guatemala. Sobre el hecho de que se haya realizado un entrenamiento en el extranjero se encuentra establecido que tanto en centros especializados en Europa, Japón y para limitados casos en México, hacen uso del ultrasonido para la monitorización de procedimientos de cirugía neurológica, sin embargo en Guatemala aún no existe un programa de entrenamiento en el ultrasonido para Neurocirugía. Se estableció, al hablar personalmente con el médico que contestó que recibió entrenamiento a nivel nacional, que decidió colocar afirmativamente a la pregunta pues había participado en la actividad de presentación del equipo de ultrasonido que se adquirió para el Departamento de Neurocirugía, por lo cual se consideró la respuesta como correcta.

En la Gráfica 1 es posible determinar que un médico de los que recibieron entrenamiento previamente contestó el 100% de las preguntas y fue precisamente quien había colocado que su entrenamiento lo había realizado en Guatemala. Le siguen con un 80% y 70% quienes mencionaron que había recibido su entrenamiento en el extranjero..

Al analizar las respuestas de aquellos que decidieron continuar contestando el cuestionario a pesar de no haber recibido un entrenamiento previo nos encontramos con datos en la Gráfica 2 de

sumo interés: En primer lugar dos de los cuatro médicos obtuvieron el 80% de respuestas correctas, y la nota más baja fue de 60%. Esto establece que a pesar de no contar con un entrenamiento formal, los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios, poseen el conocimiento teórico sobre las aplicaciones del ultrasonido intraoperatorio en Neurocirugía adquirido por autoaprendizaje. Segundo poseen un conocimiento teórico bueno e incluso excelente, pues todos los puntajes fueron mayores de 60%, excepto uno que fue igual al 60%.

Finalmente en la Gráfica 3 al observar en conjunto los resultados de los que han tenido entrenamiento con aquellos que no lo han recibido aún los resultados fueron muy buenos pues los siete médicos jefes y residentes, que por cierto representan en 70% de los médicos que conforman el staff médico del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios, contestaron el cuestionario superando el 60%. Esto permite establecer que la base teórica de los médicos jefes y residentes del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios, es la ideal para pasar a la fase de aplicación clínica práctica, en sala de operaciones, con el ultrasonido intraoperatorio en Neurocirugía.

IX. CONCLUSIONES

1. Se documentó en el marco teórico de este estudio, la técnica y aplicaciones del Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía en base a artículos de publicaciones médicas actuales, en su mayoría de autores europeos.

2. El Protocolo de Aplicación establecido en el Anexo 2 es un instrumento de que permitirá hacer uso del Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía de una forma sistemática y ordenada.

3. El Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía es un instrumento que con una técnica apropiada en la esterilización y manipulación del equipo, puede generar imágenes que permiten la monitorización de procedimientos quirúrgicos en tiempo real, que varían desde extracción de linfomas hasta malformaciones arteriovenosas localizadas en Médula Espinal o en el Cerebro.

4. El 70% de los médicos jefes y residentes del Departamento Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios contestaron más del 80% del cuestionario lo que se considera como buena y excelente base teórica para el uso del ultrasonido intraoperatorio, a pesar de que la mayoría no ha recibido entrenamiento formal.

5. La elaboración final del Protocolo de Aplicación se realizó con la conjunción del marco teórico y el Anexo 2, lo que permitió definir, en base a las experiencias documentadas de centros de atención del tercer nivel europeos, los alcances del Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía para su aplicación clínica.

X. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere que los médicos jefes y residentes del Departamento e Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios revisen el Protocolo de Aplicación previo a realizar un procedimiento que involucre el uso del Ultrasonido Intraoperatorio.

2. Se sugiere que el Ultrasonido Intraoperatorio se aplique explícitamente en los procedimientos en los que la información médica actual ha probado ser de utilidad.

3. El programa de residencia de Neurocirugía debe contemplar la enseñanza de las aplicaciones del ultrasonido en Neurocirugía.

4. Promover el uso del ultrasonido intraoperatorio en los centros hospitalarios nacionales donde se realizan procedimientos neuroquirúrgicos de forma rutinaria o de emergencia.

5. Iniciar en el menor tiempo posible las experiencias clínicas del Ultrasonido Intraoperatorio siguiendo el Protocolo de Aplicación establecido.

XI. RESUMEN

El Ultrasonido intraoperatorio (IOUS por sus siglas en inglés) es una herramienta que asiste al neurocirujano durante el acto operatorio en la localización de patología, en la decisión y como guía durante el mismo.

Este estudio establece un Protocolo de Aplicación para el IOUS, en base a una revisión exhaustiva de diversos artículos de la literatura médica de difícil acceso, que comparan y reportan la técnica para obtención de imágenes en el cerebro y médula, así como las diversas aplicaciones que este posee como Neuronavegador durante la obtención de biopsias cerebrales, en la extirpación de gliomas, drenaje de hematomas y resolución de aneurismas cerebrales.

Se determinó además que los 9 médicos jefes y residentes encuestados del Departamento de Neurocirugía, el 100% posee de un buen hasta excelente conocimiento teórico sobre las técnicas y aplicaciones del IOUS en Neurocirugía, a pesar que muchos de ellos no han recibido entrenamiento formal

El IOUS es una herramienta con variadas aplicaciones, de fácil manejo y bajo costo. A la vez es accesible para los cirujanos del Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios que cuenta ya con un equipo de ultrasonido adquirido específicamente para su aplicación en sala de operaciones por lo que es de suma importancia iniciar las experiencias clínicas con el IOUS haciendo uso el Protocolo de Aplicación, además de establecer el entrenamiento en el uso del mismo dentro del programa de postgrado de Neurocirugía.

XII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bains, R.S. et al. The role of acute decompression and restoration of spinal alignment in the prevention of post-traumatic syringomyelia: case report and review of recent literature. Spine Sep 1; 26(17): 399-402.

2. Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 19th.: 1997. Chicago, Illinois. Quantification of brain shift effects by MR-imaging. United States of America. p 491-494. IEEE.

3. Dohrman, G.J. and J.M. Rubin. History of intraoperative ultrasound in neurosurgery. Neurosurg Clin N Am 2001 Jan; 12(1): 155-66.

4. Fujita, K. et al. Image-guided procedures in brain biopsy. Neurol Med Chir 1999 Jul; 39(7): 502-8.

5. Giorgi, C. and D.S. Casolino. Preliminary clinical experience with intraoperative sterotactic ultrasound imaging. Stereotact Funct Neurosurg 1997 Apr; 68 (1): 54-8.

6. Hata, N. et al. Development of a frameless and armless stereotactic neuronavigation system with ultrasonographic registration. Neurosurgery 1997 Sept; 41(3): 608-13.

7. Hildebrant, H. et al. Pschyrembel Medizinisches Wörterbuch. 257 Auflage. Hamburg: Nikol, 1993. 1722p.

8. Hirschberg, H. and G. Unsgaard. Incorporation of ultrasonic imaging in an optically coupled framless stereotactic system. Acta Neurochir Suppl 1997 68: 75-80.

9. Jodicke, A. et al. Intraoperative three-dimensional ultrasonography, an approach to register brain shift using multidimensional image processing. Minim Invasive Neurosurg 1998 Jan; 41(1): 13-9.

10. Latka, D. et al. Efficacy of the newest ultrasonographic techniques in intraoperative neurosurgical diagnosis. Neurol Neurochir Pol 2000 Nov-Dec; 34(6): 1225-33.

11. Lee, J.Y. et al. Brain surgery with image guidance: current recommendations based on a 20 year assessment. Stereotact Funct Neurosurg 2000 Jan; 75(1): 35-48.

12. Lorenz, A. and Delerome S. Physikalische und technische Grundlagen der B-Bild-Sonographie. Im Merz, E. Sonographische Diagnostik und Geburtshilfe. Heidelberg: Krebsforschungszentrum, 1999. B.I.(pp 624-642).

13. Maiuri, F. et al. Intraoperative sonography for spinal tumors. Correlations with MR findings and surgery. J Neurosurg Sci 2000 Sep; 44(3): 115-22.

14. Makuuchi, M. et al. History of intraoperative ultrasound. Ultrasound Med Biol 1998 Nov; 24(9): 1229-42.

15. Melada, A. et al. Use of intraoperative ultrasound in neurosurgery. Lijec Vjesn 1997 Oct; 119(11-12): 331-6.

16. Melada, A. et al. The difference between ultrasound-guided and stereotactic-guided neurosurgical procedures. Minim Invasive Neurosurg 2000 Sep; 43(3): 149-52.

17. Ram, Z. et al. Ultrasound in pituitary tumor surgery. Pituitary 1999 Aug; 2(2): 133-8.

18. Roberts, D.W. et al. Intraoperatively updated neuroimaging using brain modeling and sparse data. Neurosurgery 1999 May; 45(5): 1199-206.

19. Rubin, J. and W. Chandler. Ultrasound in Neurosurgery. New York: Raven Press, 1990. 85p.

20. Suhm, N. et al. Limitations for three-dimensional ultrasound imaging through a bore-hole trepanation. Ultrasound Med Biol 1998 Jul; 24(5): 664-71.

21. Weinberg, S. et al. Surgical management of brain metastases. Curr Oncol Rep 2001 Nov; 3(6): 476-83.

22. Wirtz, C.R. et al. Intraoperative magnetic resonance imaging to update interactive navigation in neurosurgery: method and preliminary experience. Comput Aided Surg 1997 Feb; 2(3-4): 172-9.

23. Wirtz, C.R. et al. Neuronavigation. Methods and prospects. Nervenarzt 1998 Dec; 69(12):1029-36.

24. Yamasaki, T. et al. Microvascular Doppler ultrasound-assisted neuroendoscopic surgery. Br J Neurosurgery 2000 Oct; 14(5): 464-7.

25. Zakhary; R. et al. Intraoperative imaging techniques in the treatment of brain tumors. Curr Opin Oncol 1999 Mar; 11(3): 152-6.

XIII. ANEXOS

Anexo 1

CUESTIONARIO SOBRE EXPERIENCIAS EN ULTRASONIDO INTRAOPERATORIO EN NEUROCIRUGIA. Mayo-Junio del año 2002

A continuación le presentamos un cuestionario cuyo único objetivo es establecer el conocimiento actual en médicos jefes y residentes sobre las técnicas y aplicaciones sobre el ultrasonido intraoperatorio en el Departamento de Neurocirugía del Hospital General San Juan de Dios..

Las preguntas son de selección múltiple y las mismas deben ser contestadas con lapicero.

Los resultados de esta prueba son confidenciales y serán utilizados solamente para fines de análisis después de tabular los resultados. Ni el nombre ni resultado de este cuestionario en particular será divulgado en ninguna forma en la tesis.

Al finalizar la prueba debe firmar el cuestionario como prueba de aceptación de las condiciones del mismo.

Agradeciendo de antemano su colaboración.

Erwin Humberto Calgua Guerra
Estudiante de la Facultad de Ciencias Médicas
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sexo: F ó M Edad: _____
¿Años de ser jefe en el Departamento?_____ ó ¿Año de Residencia? _____
¿Entrenamiento previo en el uso del ultrasonido intraoperatorio? S____ N_____ ¿Dónde? Extranjero ___ Nacional _____

Pregunta 1.

¿ Indique de cuál o cuáles son los principales objetivos del ultrasonido intraoperatorio para el neurocirujano ?

a. Localización de patología
b. Diferenciación y caracterización de patología
c. Guía durante el procedimiento
d. Todas las anteriores

Pregunta 2

El concepto siguiente: Desplazamiento que sufre la masa cerebral debido a la salida de líquido cefalorraquídeo de la bóveda craneal al realizar un procedimiento quirúrgico, corresponde a:

a. Brain Shift
b. Brain Skip
c. Brain Shallow
d. Ninguna de las anteriores

Pregunta 3

De las siguientes patologías cerebrales, ¿cuál o cuáles corresponden a lesiones que han sido monitorizadas exitosamente haciendo uso del ultrasonido intraoperatorio?

a. Gliomas
b. Metástasis
c. a y b son correctas
d. Ninguna es correcta

Pregunta 4

¿Qué tipo de frecuencia se considera que posee un transductor que es menor a 5 MHz?

a. Alta Frecuencia

b. Baja Frecuencia
c. Frecuencia Intermedia
d. Ninguna es correcta

Pregunta 5

¿ Qué tipo de frecuencia se considera que posee un transductor que es mayor a 5 MHz?

a. Alta Frecuencia
b. Baja Frecuencia
c. Frecuencia Intermedia
d. Ninguna es correcta

Pregunta 6

De los siguientes componentes del ultrasonido intraoperatorio ¿cual o cuáles deben ser esterilizados ?

a. Monitor y consola
b. Transductor
c. Ninguno de los anteriores
d. a y b son correctas

Pregunta 7

¿Cuál o cuáles son los sitios para colocar el transductor a nivel cerebral?

a. Superficie externa de la bóveda craneal
b. Craneotomía
c. Cuero cabelludo
d. Ninguna de las anteriores

Pregunta 8

Según el conocimiento actual ¿ En que región o regiones está documentado el uso del ultrasonido intraoperatorio por el neurocirujano?

a. Cerebro
b. Médula
c. Cerebelo
d. a y b son correctas

Pregunta 9

¿Qué tipo de solución se utiliza para llenar la cavidad en donde se colocará el transductor para obtener la imagen intraoperatoria?

a. Solución Hartmann
b. Solución Salina al 0.9%
c. Solución Dextrosa al 5%
d. Solución Mixta

Pregunta 10

¿Quién o quiénes conforman el equipo al momento de utilizar el ultrasonido intraoperatorio en sala de operaciones de neurocirugía?

a. Neurocirujano y residentes de neurocirugía
b. Neurorradiólogo
c. Físico diplomado
d. Todos los anteriores.

Firma de aceptación a realizar cuestionario _____

Anexo 2

Propuesta de Hoja de Protocolo de Aplicación del Ultrasonido Intraoperatorio
Departamento de Neurocirugía. Hospital General San Juan de Dios

Instrucciones:

Antes de proceder a llenar esta hoja debe de tomarse todo el tiempo necesario para informar y aclarar las dudas que el paciente tenga sobre el procedimiento que está por realizarse y principalmente sobre el uso del ultrasonido para obtener imágenes de la patología, sea cerebral o medular, durante el acto operatorio. Acto seguido dará su consentimiento informado, si así lo desea, plasmando su firma en esta hoja.

Fecha de procedimiento: ___/___/___
Registro Clínico No. _____
Nombre Completo del paciente: _____
Edad del paciente: _____
Sexo: M o F

Diagnóstico pre- operatorio:

Diagnóstico post operatorio:

Procedimiento realizado:

_____
_____

Transductor a usar: ____ MHz

Localización de la lesión: intracraneal o medular

En el caso de ser lesión intracraneal la ventana acústica elegida fue: Craneotomía o Trepanación

Posicionamiento del paciente usada: _____

Describa a continuación las características ultrasonográficas que se observaron durante el procedimiento:

De haberse presentado dificultad para usar el equipo describa la causa que se determinó:

Debe recordar que el ultrasonido posee aplicaciones ya comprobadas con la literatura médica actual. El neurocirujano se debe remitir a la revisión bibliográfica del protocolo para establecer si la patología en la que se usará el ultrasonido esta reportada y autorizada por el mismo.

Nombre y firma del paciente: _____

Nota: Si el paciente no está en capacidad de tomar una decisión por si mismo, se procederá a dar la explicación al familiar o persona que tenga la responsabilidad legal del cuidado del paciente. Esta persona será la encargada de autorizar o no el uso del ultrasonido en el paciente. Para verificar los datos del paciente y con fines de registro se solicitará una copia de la cédula del familiar o persona legal encargada, que se adjuntará a esta hoja.