

LOS RAYOS X EN EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO: LESIONES HEPÁTICAS



Máster en Física de los Sistemas de Diagnóstico,
Tratamiento y Protección en Ciencias de la Salud

Universidad de Valladolid

Autora:

Lorena Martín Fernández

Tutora:

Pilar Íñiguez de la Torre Bayo

ÍNDICE

- 1. AGRADECIMIENTOS	3
- 2. INTRODUCCIÓN	4
- 3. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	5
- 4. INTRODUCCIÓN GENERAL A LAS UTILIDADES DE LOS RAYOS X...	7
- 5. TC PARA DIAGNÓSTICO DE HCC	9
- 6. GUIADO CON RAYOS X EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA.....	25
- 7. BIBLIOGRAFÍA	35

1. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración desinteresada de la Doctora Elena Villacastín Ruíz, la cuál me ha enseñado a entender el uso médico de las técnicas de tomografía por Rayos X. También agradecer a la Profesora Pilar Íñiguez de la Torre Bayo, tutora de este Trabajo Fin de Máster, por su colaboración, ayuda y asesoramiento sobre el mismo en todo momento.

Las explicaciones sobre el significado de las imágenes diagnósticas, así como mi asistencia a una sesión de tratamiento a la que fui invitada, han contribuido a una mayor comprensión de la relevancia de la física y la tecnología que estudiamos en el máster, en la medicina actual.

2. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los progresos en el diagnóstico por la imagen han sido espectaculares, especialmente en el campo de la **tomografía computerizada (TC)** y la resonancia magnética (RM). Estas técnicas, por no hablar de la ecografía y otras, permiten un diagnóstico muy exacto de algunas lesiones sin necesidad de procedimientos invasivos como la biopsia.

La TC se realiza también durante el transcurso de las cirugías cerradas mínimamente invasivas sin abrir al paciente, y la técnica se conoce como **radiología intervencionista**. En ella, la imagen suministrada sirve de guía para la inserción de objetos tales como agujas, catéteres, balones o stents que se utilizan para obtener muestras de tejidos, vaciar abscesos, controlar hemorragias o eliminar trombos y tumores sustituyendo a la cirugía tradicional o cirugía abierta. Las características de *road mapping* con las que el médico intervencionista puede utilizar imágenes (con contraste y sustracción digital) adquiridas previamente para utilizarlas como camino para introducir catéteres de diámetros inferiores a 1 mm sin utilizar más contraste, han facilitado enormemente los procedimientos angiográficos e intervencionistas

En este trabajo nos centramos en el papel de los rayos X (RX) en el diagnóstico y tratamiento de lesiones hepáticas. La TC prácticamente se ha reinventado a sí misma con la aparición de la tecnología helicoidal. La capacidad de combinar una rápida adquisición de las imágenes junto con la optimización de la administración de contraste y la utilización de colimación más fina han hecho que ésta se haya convertido en la piedra angular del diagnóstico de los procesos tumorales del hígado. Así mismo, el desarrollo de la tecnología de los sensores de rayos X y de las técnicas de contraste intravenoso ha permitido avanzar en los procedimientos de imagen guiada en radiología intervencionista. Este campo también va a formar parte de este trabajo, en concreto la cirugía TIPS (derivación portosistémica intrahepática transyugular).

3. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es entender, al menos en parte dada su complejidad, la manera en la que la medicina interpreta la información obtenida por algunos de los aparatos de rayos X estudiados en este Máster. Con ello se pretende adquirir una base que pudiera servir para encaminarse a la mejora de estos aparatos técnicamente hablando.

Se ha elegido el contexto de las lesiones hepáticas y se van a considerar dos casos bien diferenciados. Así, entre las enfermedades malignas hepáticas más comunes se encuentran los **hepatocarcinomas (HCC)**, que constituyen un cáncer que elegimos como ejemplo para el uso del radiodiagnóstico con Rayos X usando agentes de contraste. El hepatocarcinoma es un tumor relativamente frecuente en el área mediterránea, con una incidencia en pacientes mayores de 35 años de 20-25 por cada 100.000 habitantes. En segundo lugar se ha elegido un tipo de cirugía cerrada (sin abrir al paciente) en la cual se soluciona/trata el aumento de la presión de la vena porta a su paso por el hígado guiándose la intervención por las imágenes suministradas por los rayos X.

Para ello, he tenido que hacer un gran esfuerzo para aprender algunos aspectos de fisiología y también para conocer in situ el empleo de estas técnicas y entender el lenguaje de la medicina. Esto ha sido posible gracias al estudio de varios casos reales y a la asistencia a una cirugía de radiología intervencionista en la sala de vascular del Hospital Río Hortega, en Valladolid, acompañando a la Doctora M^a Elena Villacastín que me fue dando las explicaciones necesarias en cada momento.

Como estudiante del Máster, éste me ha proporcionado los conocimientos científicos y técnicos para, en caso de utilizarlos en un futuro, poder aportar algo en la mejora de los sistemas de diagnóstico y tratamiento. A mí concretamente, tras la visita a las instalaciones del Hospital Río Hortega para ver la TAC (Tomografía Axial Computerizada), me llamó la atención cómo al aumentar la

rapidez de los TAC se podía obtener la imagen del funcionamiento del corazón. Fue esto lo que me llevó a la elección de éste Trabajo Fin de Máster.

4. INTRODUCCIÓN GENERAL A LAS UTILIDADES DE LOS RAYOS X

Desde el primitivo equipo de rayos X de Röntgen hasta nuestros días, la evolución de la tecnología radiológica ha sido imparable. En la actualidad, el parque radiológico de un hospital moderno está constituido por una gran variedad de equipos con diseños muy distintos (ver *figura 1*) y con aplicaciones específicas para cada uno de ellos:

a) Los **equipos convencionales** usados para proyecciones simples tanto de huesos como de partes blandas (tórax, abdomen, columnas, extremidades, etc.).

b) Los **equipos telemandados** utilizados en estudios más complejos del aparato digestivo o del sistema urinario. Permiten obtener imágenes guía en tiempo real sobre un monitor de TV. Estas imágenes dinámicas se usan como referencia para la adquisición de imágenes “fijas” usadas para el diagnóstico.

c) Los equipos de tipo **arco intervencionista** se usan en estudios del sistema circulatorio, tanto coronario, como neurológico, como periférico, con inyección de contraste; también se utilizan en otro tipo de pruebas intervencionistas.

d) Los **equipos de mamografía**, específicos para la adquisición de imágenes de mama, tan importantes para el diagnóstico y prevención del cáncer de mama.

e) Los **equipos de tipo radioquirúrgicos**, equipos móviles que, a modo de pequeños arcos intervencionistas suelen usarse como apoyo y guía en muchas cirugías, endoscopias, artroscopias, etc.

f) El **TC (Tomógrafo Computarizado) o Scanner**, en nuestros tiempos mal denominado TAC, por cuanto que en la actualidad la gran mayoría de TC ofrecen la posibilidad de reconstruir digitalmente planos no solo axiales, sino también

coronales, sagitales y en cualquier otra dirección. El TC está ligado al desarrollo informático de la última parte del siglo pasado. La imagen no se obtiene de forma directa sino que se trata de una reconstrucción matemática a partir de ingentes cantidades de información que una o varias filas de detectores han registrado para muy diversas proyecciones. Para dicho cálculo es imprescindible el concurso de potentes ordenadores.

g) Los **equipos portátiles** son equipos convencionales móviles para la realización de radiografías. Permiten llegar hasta aquellos pacientes hospitalizados que no pueden ser desplazados a los servicios de rayos X.

h) Los **equipos dentales y podológicos**, especialmente diseñados para la obtención de imágenes de piezas dentales y zonas del pie respectivamente.



(Figura 1: distintas configuraciones de equipos de rayos X)

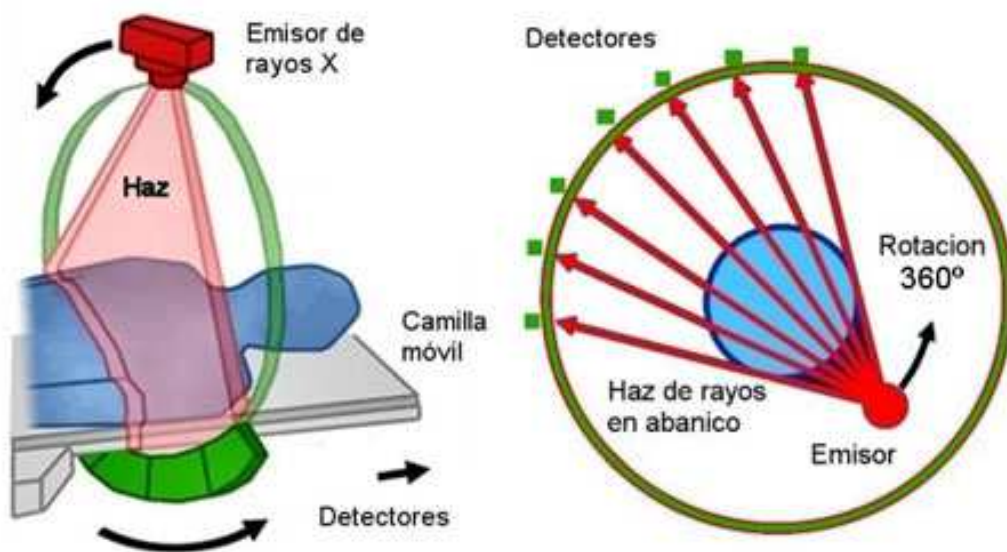
En este trabajo vamos a centrarnos en las aplicaciones de los TC y equipos de tipo radioquirúrgicos para dos casos concretos de lesiones hepáticas, los **hepatocarcinomas** y la **hipertensión portal**.

5. TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA PARA DIAGNÓSTICO DE HCC

En este apartado se tratará la aplicación de los rayos X en el diagnóstico de HCC. En primer lugar se describe el tomógrafo para enlazar luego con la descripción de los conceptos médicos más relevantes.

5.1. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

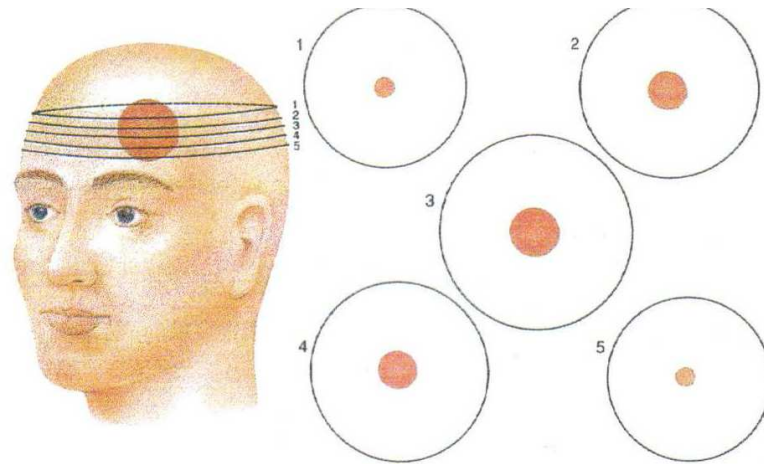
La **tomografía axial computarizada (TAC)** mide la atenuación de un haz de rayos X muy fino cuando pasa a través de secciones del cuerpo desde muchos ángulos diferentes. Como puede apreciarse en la *figura 2*, el tubo de rayos X y los detectores rotan en un plano axial alrededor del paciente.



(Figura 2)

Con esta información, se realiza una imagen 2D del tomo o corte axial correspondiente. Trasladando después al paciente paralelamente al eje de giro se repite el proceso para sucesivos cortes. Los detectores envían sus señales al ordenador y éste, utilizando algoritmos matemáticos reconstruye la imagen 3D a partir de las imágenes 2D de todos los cortes.

En la *figura 3* puede apreciarse cómo se realizan los cortes para poder llegar a la obtención de la imagen 3D.

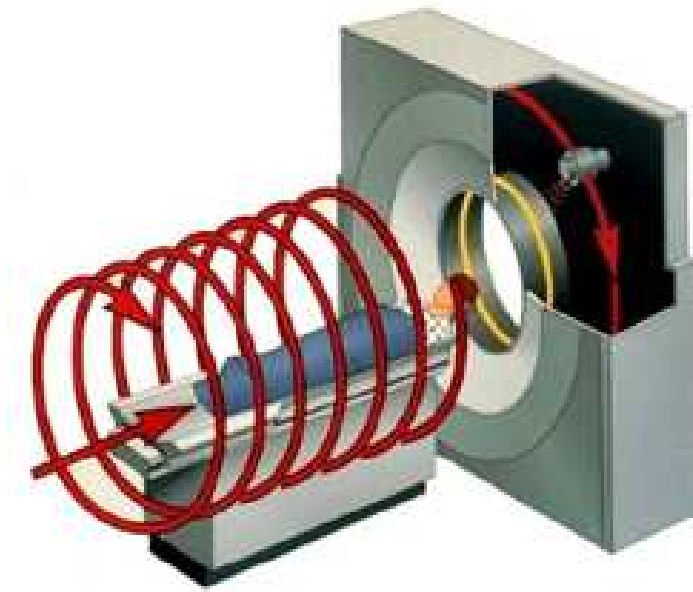


(Figura 3)

Los fundamentos matemáticos del TAC, se habían establecido en el año 1917 por J. Radon, quien probó que era posible reconstruir un objeto tridimensional, a partir de un conjunto de proyecciones. Pero la tecnología no estuvo disponible hasta la década de los 70 ganando Hounsfield y Cormack el premio Nobel por su desarrollo. Las imágenes diagnósticas obtenidas en modo transmisión con radiación externa al paciente son esencialmente anatómicas y permiten visualizar tumores, generalmente de forma indirecta tras la administración de contraste intravenoso.

En la **tecnología helicoidal** el haz de rayos X, junto con los detectores, rota continuamente a la vez que se va desplazando la camilla, lo cual permite obtener datos volumétricos de todo el territorio anatómico y no secciones tomo a tomo como en el caso de la TC convencional.

En la *figura 4* se puede observar claramente el recorrido helicoidal que se va trazando a medida que se desplaza la camilla con el paciente.

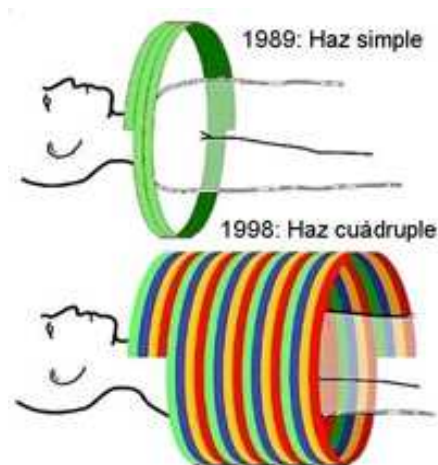


(Figura 4)

Los **TC helicoidales** presentan algunas características relacionadas con su funcionamiento específico. Se pueden resumir en dos aspectos:

- Las *velocidades de avance de la camilla* varían según los modelos entre 1 mm/s (para un equipo monocorte, de rotación a 1 segundo y con espesor de corte de 1 mm) hasta valores superiores a 80 mm/s (para equipos multicorte, de rotación rápida).
- En cuanto al *paso de la hélice “pitch”*, definido para equipos con un anillo único de detectores como la relación entre la longitud de desplazamiento de la camilla en una revolución completa y el espesor de corte, es normal trabajar con valores superiores a 1 y no mayores que 3. Estos valores, contribuyen a reducir los tiempos de barrido y, de acuerdo con la experiencia, han demostrado no producir deterioros inaceptables en la calidad de imagen.

Una revolución tecnológica adicional en tomografía computarizada vino de la mano de los **equipos multicorte**, que consiste en la utilización de varias filas de detectores como se muestra en la *figura 5*:



(Figura 5)

La idea subyacente es aprovechar la emisión de rayos X durante una vuelta en torno al paciente para obtener no un solo conjunto de vistas y proyecciones sino muchos más, siempre con el objetivo de reducir los tiempos de barrido y aumentar la información obtenida en un tiempo dado.

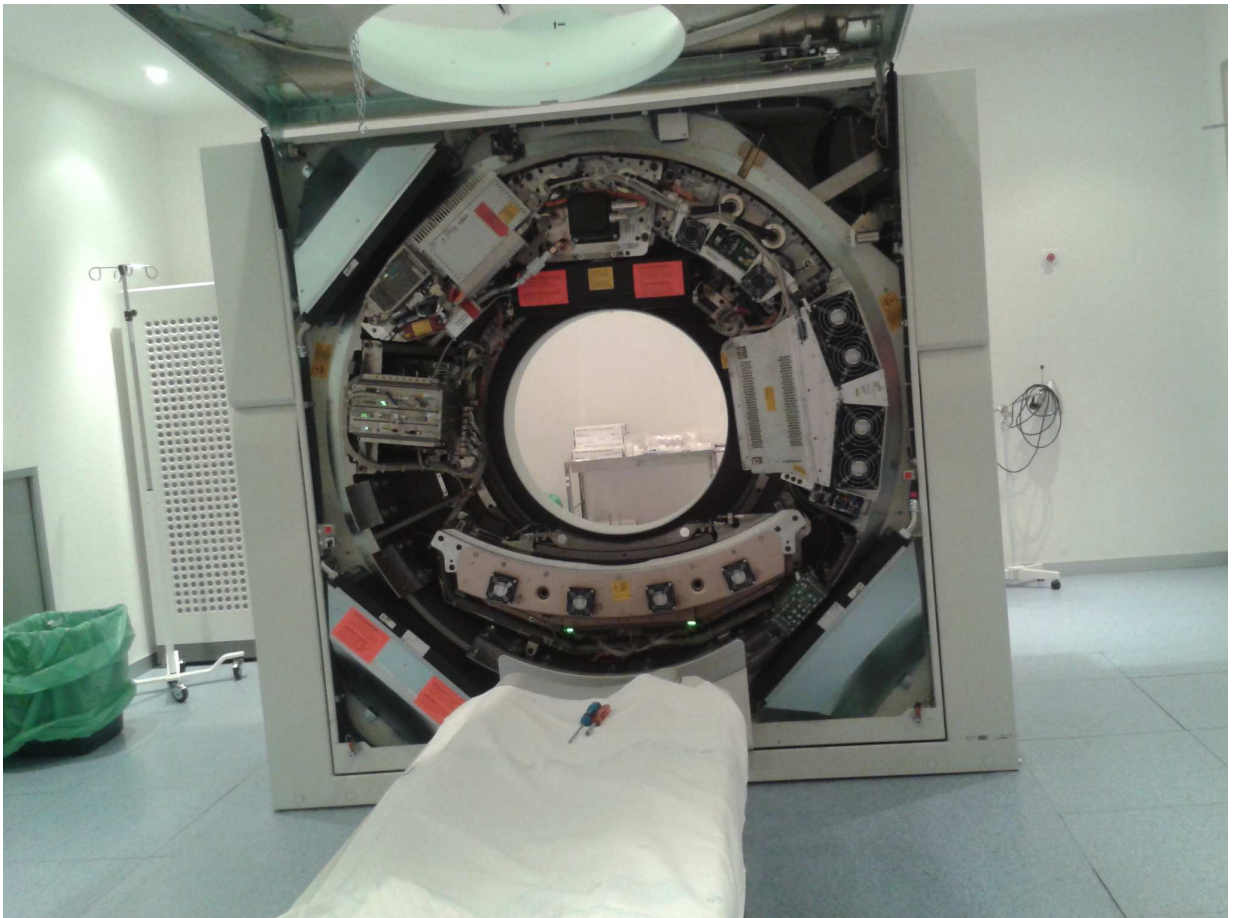
Los equipos más altos de gama, con tiempos de revolución inferiores a 0,5 s, y con resoluciones isotrópicas también inferiores a 0,5 mm, diseñados para la adquisición de más de 64 cortes por vuelta, son capaces de abordar estudios inimaginables hace pocos años, como las aplicaciones cardiológicas.

Con el número de cortes que tienen los equipos actuales (16, 64, 128, 256 o 320) se dispone ya de un procedimiento definitivamente volumétrico para la adquisición de las imágenes mediante tomografía computarizada con una resolución semejante a la de la radiología convencional, al precio, eso sí, de la manipulación, tratamiento y almacenamiento de una cantidad ingente de datos.

- **Scanner utilizado en las imágenes que aparecen en este trabajo.**

En el Hospital Río Hortega disponen de TACs de 16 y 64 cortes. Se trata de tomógrafos **Siemens UFC-Ultra Fast Ceramic** de 180 rpm y 4500 proyecciones por segundo.

Tanto en la figura 6 como en la 7 expuestas a continuación, se muestra el tomógrafo de 64 cortes del Hospital Río Hortega de Valladolid.



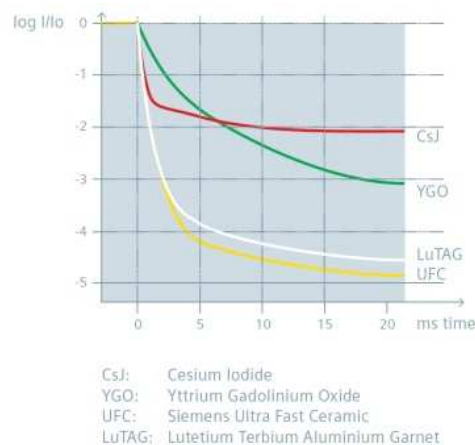
(Figura 6: interior del tomógrafo)



(Figura 7: exterior del tomógrafo)

La **cerámica ultrarrápida UFC** es un material centelleador que transforma eficientemente la radiación de rayos X detectada en señales luminosas. Estas señales en el espectro visible son, a su vez, recogidas por fotodiodos los cuales las transforman en señales eléctricas, que son digitalizadas y procesadas posteriormente para convertirse en imágenes 2D o 3D.

Estos detectores están compuestos de una red cristalina de oxisulfuro de gadolinio (GOS), los cuáles, debido a su comportamiento de decaimiento rápido y extremadamente corto resplandor (en la *figura 8* se aprecia esta característica en comparación con otros tipos de detectores), están recomendados para el uso en los escáneres más rápidos TC con velocidades de rotación de unos 0,4 segundos por vuelta.

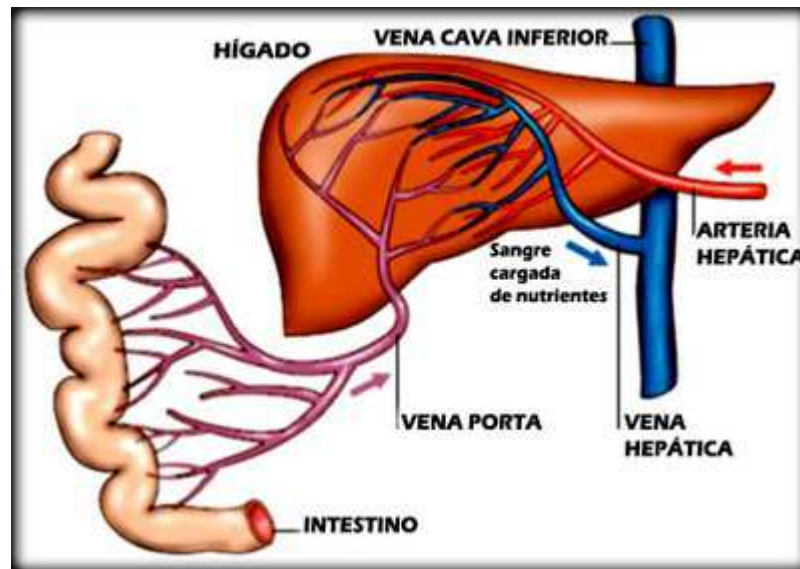


(Figura 8)

5.2. VASCULARIZACIÓN DEL HÍGADO

El hígado tiene un doble aporte sanguíneo: a través de la arteria hepática (proveniente de la arteria aorta), que supone el 25% de su flujo y a través de la vena porta (proveniente del intestino y el bazo), que supone el 75% restante.

La salida de sangre del hígado se produce a través de las venas hepáticas o suprahepáticas que drenan a la vena cava inferior. En la *figura 9* se muestran las venas y arterias mencionadas.



(Figura 9)

Estas características son responsables de los realces transitorios hepáticos que dan información de lesiones. Estos realces o contrastes en la imagen TC consisten en diferencias temporales en la captación de un medio de contraste intravascular en áreas del parénquima hepático. Se ven como áreas de alta atenuación/intensidad en el parénquima hepático en fase arterial, que se atenúa o en ocasiones persiste en fase portal y desaparece en fases más tardías.

5.3. TC HELICOIDAL HEPÁTICA BIFÁSICA

Mediante TC la capacidad de detección de las lesiones focales se basa en las diferencias de densidad entre la lesión focal y el resto del parénquima. En el hígado, la diferencia de densidad intrínseca entre el parénquima hepático y la mayoría de lesiones tumorales es muy pequeña y generalmente es necesario administrar **contraste intravenoso** para aumentar estas diferencias de densidad.

Con las técnicas de TC convencionales sólo se puede administrar el contraste predominantemente al parénquima durante la fase portal, lo que permite una excelente detección de lesiones hipovasculares como las metástasis. En cambio, las lesiones **hipervasculares** (que tienen mucha vascularización) pueden captar de la misma forma que el parénquima normal y muchas veces serán isodensas durante esta fase.

Gracias a su gran velocidad, la TC helicoidal nos permite estudiar el hígado sucesivamente en fase arterial y en fase portal. Esto es lo que se conoce como **TC helicoidal bifásica**.

La **exploración hepática en fase arterial** consiste en estudiar el hígado durante la fase inicial de la administración de contraste (a partir de 20 s después del inicio de la inyección). Durante esta fase llega sangre con contraste por vía arterial, pero también llega una cantidad cuatro veces superior de sangre por vía portal sin contraste y, por ello, el hígado permanece relativamente hipodenso en la fase arterial.

En la fase arterial las lesiones hipervasculares, como el hepatocarcinoma (HCC), captan intensamente el contraste en el contexto de un hígado que persiste relativamente hipodenso porque aún no ha recibido sangre opacificada por vía portal. Ésto puede apreciarse en la *figura 10*, en la cuál, el nódulo de HCC aparece resaltado respecto al resto del parénquima gracias al estudio en fase arterial previa administración de contraste.



(Figura 10)

La **exploración hepática en fase portal** consiste en estudiar el hígado cuando llega suficiente cantidad de sangre opacificada a los sinusoides portales más periféricos y difunde al espacio extravascular.

Esta fase empieza 60-70 s después del inicio de la inyección. Durante esta fase se obtiene la máxima captación parenquimatosa de contraste. Es precisamente durante esta fase cuando se maximiza la detección de lesiones hipovasculares (que tienen poca vascularización). Sin embargo, ésta no es la fase óptima para detectar las lesiones hipervasculares ya que éstas suelen captar de la misma forma que el parénquima y pueden ser isodensas.

5.4. ESCENARIOS CLÍNICOS DEL PACIENTE

Desde el punto de vista de las imágenes obtenidas mediante TC, es importante saber cómo se manifiesta esa enfermedad (HCC) para que pueda ser detectada.

El conjunto de la patología tumoral hepática se suele dividir en dos grandes grupos: **tumores benignos** y **tumores malignos**.

La **patología benigna** incluye la esteatosis focal, los quistes biliares, los hemangiomas, la hiperplasia nodular focal, el adenoma hepático, los nódulos de regeneración, la hiperplasia adenomatosa y el lipoma.

La **patología maligna** incluye las metástasis, el hepatocarcinoma (HCC), el linfoma, el cistadenocarcinoma y el colangiocarcinoma intrahepático.

Aunque esta clasificación es útil desde un punto de vista académico y didáctico, no es útil para el diagnóstico diferencial de un paciente en concreto y no refleja en absoluto el procedimiento que se realiza para llegar al diagnóstico de certeza.

Básicamente, se pueden encontrar tres escenarios clínicos en los cuales se identifique una lesión focal hepática:

Escenario 1. Nódulo y hepatopatía crónica

Escenario 2. Neoplasia primaria conocida

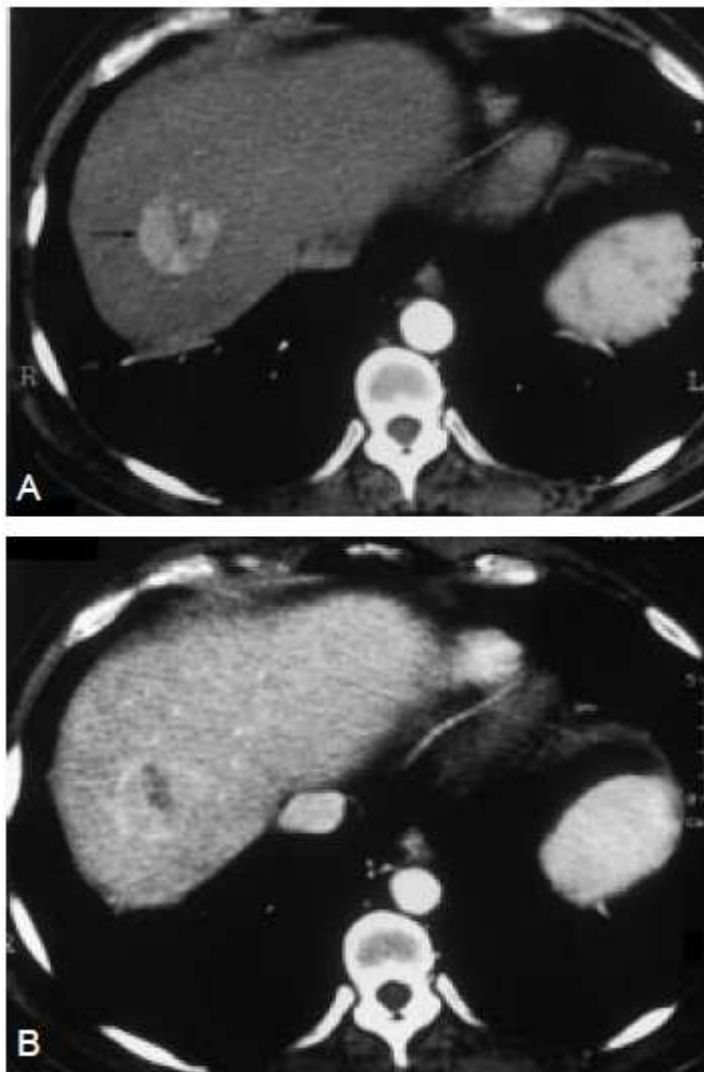
Escenario 3. Lesión incidental

Nosotros nos vamos a centrar en el escenario 1, en concreto en la detección del HCC. Son pacientes con marcadores virales positivos (VHC o VHB), elevación de transaminasas o alfafetoproteína aumentada. El primer diagnóstico a considerar es el hepatocarcinoma, pero también se deben descartar los nódulos de regeneración, los nódulos displásicos, el colangiocarcinoma intrahepático y el hemangioma.

5.5. SIGNOS RADIOLÓGICOS EN EL HCC

1.- La **hipervascularización en fase arterial** es una característica relativamente específica del HCC. Esta característica puede ser demostrada por eco-Doppler cuando es suficientemente prominente, pero tanto la TC helicoidal como la RM son más sensibles para detectar mínimos cambios de hipervascularización.

En la mayoría de los casos el HCC se comporta como una lesión hipervascular en fase arterial, relativamente heterogénea que rápidamente se hace hipo o isodensa en fase portal y de equilibrio.



(Figura 11)

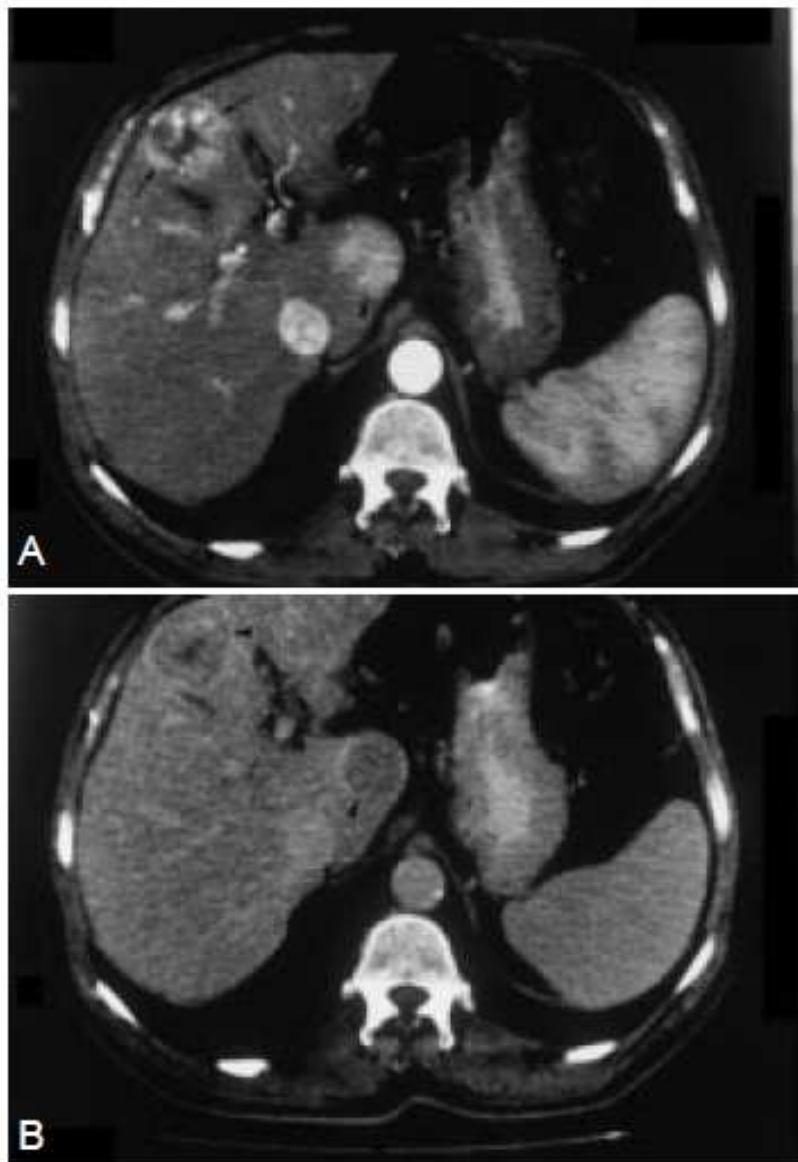
La *figura 11* muestra el resultado obtenido al realizar una TC helicoidal bifásica en el hepatocarcinoma. En la A, la TC en fase arterial demuestra un nódulo tumoral en el segmento VIII hipervascularizado respecto al resto del parénquima hepático (flecha). En la B puede observarse cómo en la fase portal la lesión se hace isodensa con el parénquima y prácticamente se identifica.

Además de este patrón de hipervascularización, existen otros signos descritos en la bibliografía que pueden ser útiles en el diagnóstico del HCC.

Estos patrones semiológicos y de vascularización arterial pueden ser demostrados tanto por TC como por RM, aunque generalmente, por razones de asequibilidad, coste y rapidez, la TC es la técnica inicial en la mayoría de casos. La RM debe reservarse para los pacientes con antecedentes de reacciones adversas graves al contraste yodado, esteatosis hepáticas graves y para resolver dudas diagnósticas no resueltas mediante TC.

2.- La **cápsula del HCC** es también un signo radiológico del mismo. Se trata de una zona fibrosa formada por la condensación y la colagenización de las fibras de reticulina al desaparecer los hepatocitos normales por el crecimiento expansivo del tumor. Por TC la cápsula tumoral se define como un fino halo tisular de contornos nítidos que rodea totalmente o parcialmente el nódulo tumoral. Las características de captación de las cápsulas son variables, pero suelen ser hipodensas en fase arterial e hiperdensas en fase portal.

La *figura 12* muestra la cápsula tumoral en el HCC. A) El estudio helicoidal en fase arterial demuestra una lesión hipervascular en el segmento IV con una cápsula periférica hipervascular (flecha). Obsérvese también un nódulo hipervascular en el lóbulo caudado (punta de flecha). B) En fase de equilibrio ambas lesiones se hacen hipodensas y se delimita mejor la cápsula hiperdensa (puntas de flecha).



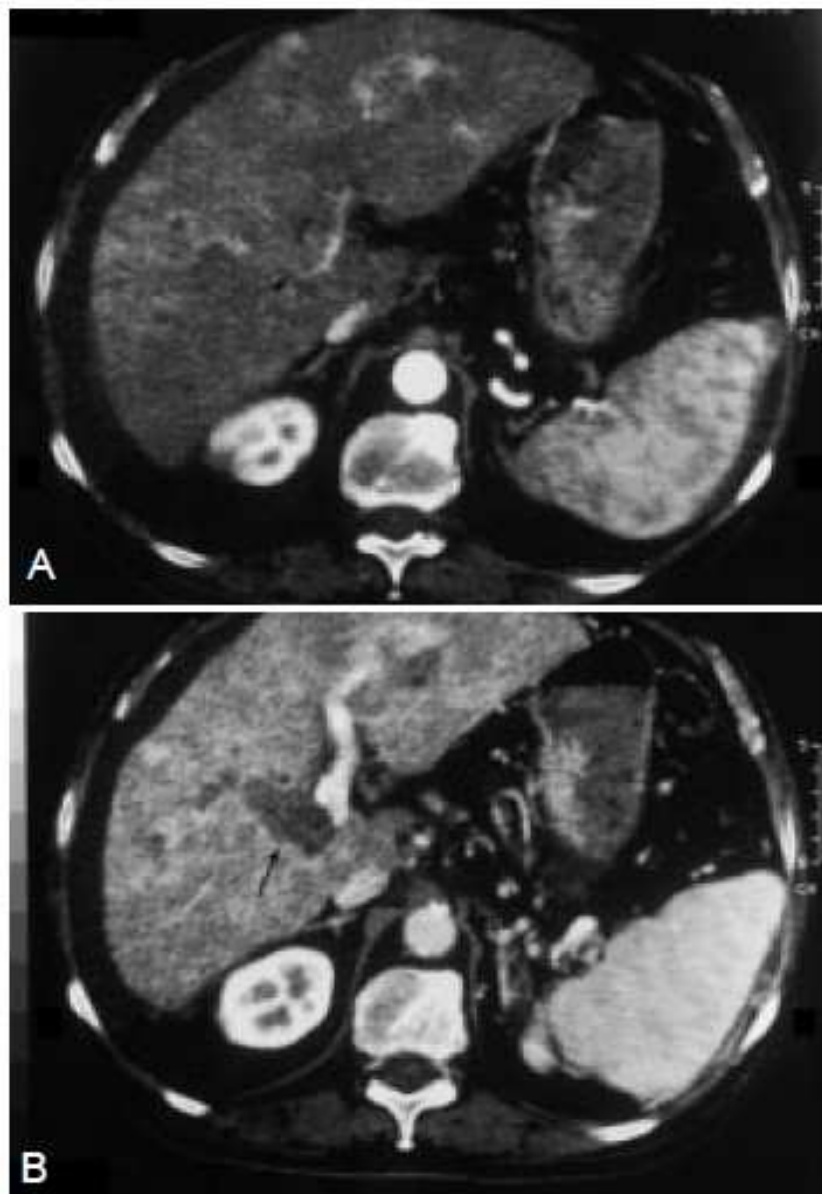
(Figura 12)

3.- El **patrón en mosaico** es otro signo radiológico del HCC. Histológicamente, el patrón en mosaico del HCC corresponde a una heterogeneidad macroscópica del tumor. Por TC el patrón en mosaico se define como una estructura tumoral interna heterogénea con nódulos y septos de diferente atenuación.

4.- La **invasión vascular portal** es un signo radiológico altamente indicativo de HCC, aunque excepcionalmente se puede apreciar en otros tumores. Semiológicamente, se observa un aumento de calibre del vaso y la presencia de

material intraluminal hipodenso. Si la trombosis portal capta contraste en fase arterial, se puede realizar el diagnóstico de trombosis tumoral.

En la *figura 13* se muestra una trombosis tumoral en un caso de hepatocarcinoma multicéntrico. A) El estudio en fase arterial demuestra un molde hipervascular (punta de flecha) en la rama portal derecha compatible con un trombo tumoral. B) En la fase portal el trombo se hace claramente hipodenso (flecha).



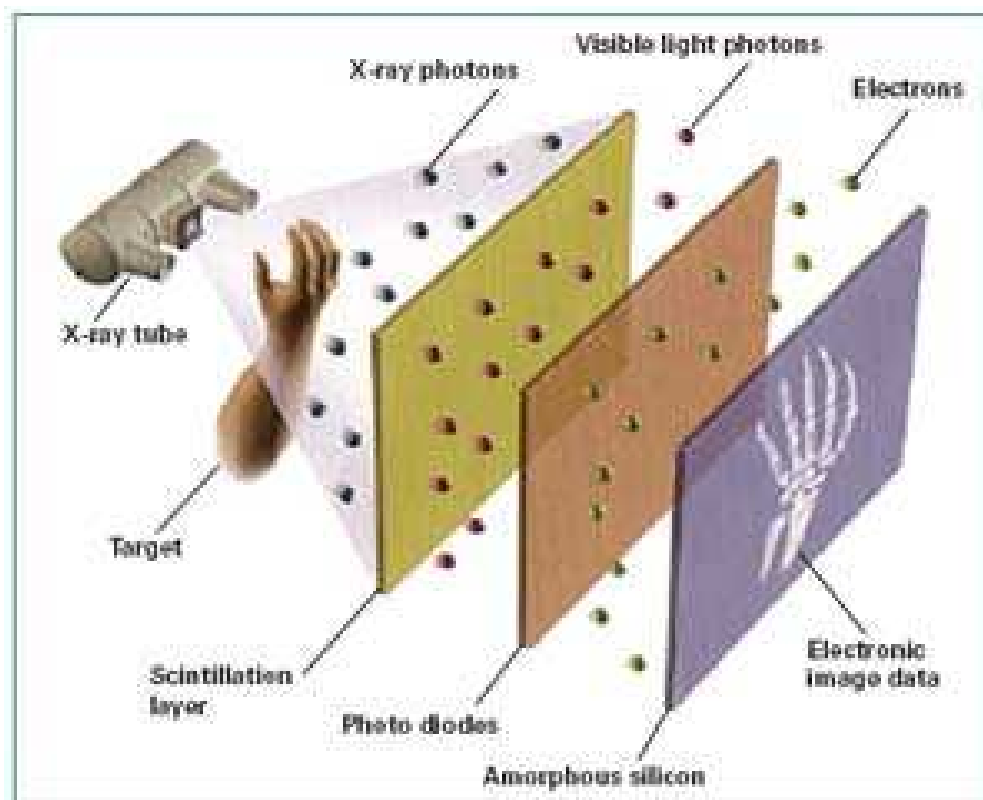
(Figura 13)

5.- La presencia de una **fístula arterioportal** es un signo radiológico muy típico de HCC. La fístula arterioportal permite que la sangre que llega por vía arterial entre precozmente en el sistema venoso portal durante la fase arterial. Por TC se observa una hiperdensidad de distribución segmentaria en fase arterial (FA) y captación precoz de las ramas portales distales, con ramas proximales no opacificadas.

6.- La **degeneración grasa** es otro signo radiológico del HCC, que se corresponden con áreas intratumorales de densidad grasa.

6. GUIADO CON RAYOS X EN RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA

El guiado por imagen se basa en la **fluoroscopia**, la cual obtiene imágenes en tiempo real. La pantalla fluorescente de hace años se sustituyó por una pantalla seguida de un intensificador de imagen y una cámara de video CCD disminuyéndose así la exposición del paciente a los rayos X. Una sensibilidad mayor a los rayos X se consigue actualmente con el uso de los detectores de panel plano comercializados a finales de los 90 por Varian.



(Figura 14)

La *figura 14* muestra los pasos que sigue la señal en un detector de pantalla plana. Los rayos X pasan a través del paciente que está siendo intervenido y golpean una capa de centelleo de oxisulfuro de gadolinio o yoduro de cesio que convierte los rayos X en luz. Directamente detrás de la capa de centelleo se sitúa un conjunto de detectores de silicio amorfo con aproximadamente 0,2 millones de píxeles cada uno con un transistor de película delgada. Cada píxel también contiene un fotodiodo que genera una señal eléctrica en proporción a la luz

producida por la porción de la capa de centelleo en frente del píxel. Las señales procedentes de los fotodiodos son amplificadas y codificadas por la electrónica con el fin de producir una representación digital precisa y sensible de la imagen de rayos X.

- Angiógrafo utilizado en las imágenes que aparecen en este trabajo

El Hospital Río Hortega cuenta con un sistema de radiología intervencionista **Siemens** montado en el suelo **Artis zee** como el de la *figura 15* o *16*:



(Figura 15)



(Figura 16)

Este equipo consta de un arco en C anclado al suelo que incorpora el tubo de rayos X y el sistema receptor de imagen. Dicho arco puede moverse en casi todas las direcciones para permitir la mayor cantidad posible de proyecciones del paciente. Éste se coloca sobre una mesa elevable, con un tablero plano, flotante y deslizante que permite el acceso fácil al paciente. Un carro con dos o más monitores de TV permite al especialista seguir la imagen en tiempo real mientras realiza la exploración visual de las series dinámicas obtenidas previamente.

La técnica radiológica y su gestión por parte del operador son sensiblemente distintas si se pretende adquirir imágenes o se trata de imagen de escopia en monitor de TV:

a) **Adquisición de imágenes**, en cuyo caso se requiere una selección previa de datos para una exposición intensa y breve (ms) que permita adquirir una imagen del paciente “fija” y de buena calidad.

b) **Escopia** (visualización de imágenes dinámicas en tiempo real). En este caso se usan los rayos X para obtener imágenes dinámicas en tiempo real que se visualizan en un monitor de TV y que suelen usarse como guía para prácticas intervencionistas, quirúrgicas, etc. Las imágenes no se adquieren, no suelen

usarse para el diagnóstico y no requieren de gran calidad. Suelen generarse con haces menos intensos pero que pueden durar periodos de tiempo largos.

En el caso concreto de TIPS que se explica a continuación, lo que se hace es escopia y no adquisición de imágenes (TAC), ya que lo que nos interesa es guiarnos y radiar al paciente lo menos posible. Así mismo, aunque se trata de escopia, es muy importante el tema de la protección radiológica.

Con el incremento en la complejidad de los procedimientos que la tecnología actual ha permitido no es infrecuente que determinadas exploraciones duren varias horas, con el correspondiente aumento en la dosis recibida por los pacientes. Por ello y sobre todo para mantener una calidad de imagen alta, se utiliza fluoroscopia pulsada en lugar de continua.

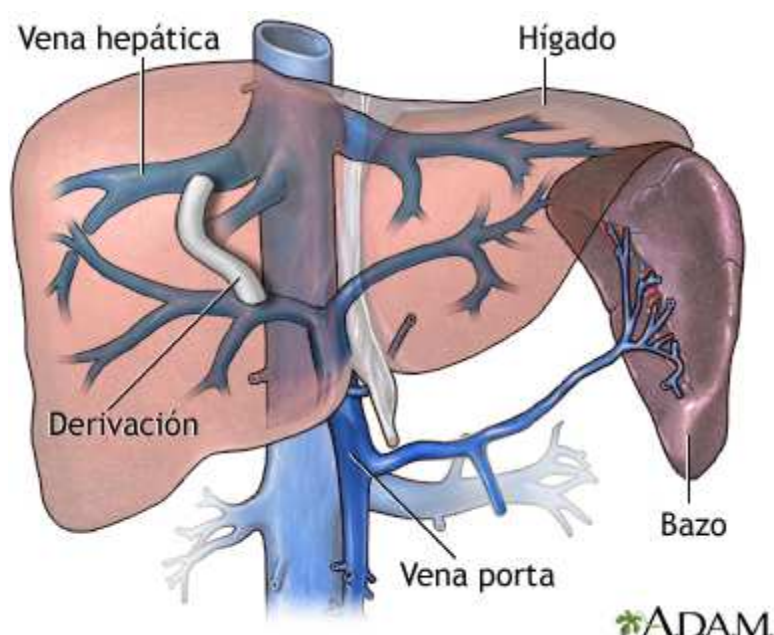
6.1.- CASO PARTICULAR: TIPS

La **derivación portosistémica intrahepática transyugular** “TIPS” es un procedimiento que consiste en insertar una endoprótesis vascular o *stent* (sonda) para conectar las venas portas a los vasos sanguíneos adyacentes que tienen presión más baja. Esto alivia la presión de la sangre que fluye a través del hígado enfermo y puede ayudar a detener el sangrado y la acumulación de líquido.

En líneas generales puede describirse como el procedimiento para crear conexiones nuevas entre dos vasos sanguíneos del hígado:

- **Transyugular** – a través de la vena yugular.
- **Intrahepática** – dentro del hígado.
- **Portosistémica** – desde una vena portal hacia la vena hepática. (La vena portal transporta la sangre dentro del hígado. La vena hepática drena la sangre desde el hígado).
- **Derivación** – un tubo metálico cubierto con tejido que permite el flujo desde un sistema hasta otro.

En la *figura 17* se puede apreciar la conexión de la vena hepática con la porta mediante un stent.



(Figura 17)

Este procedimiento se realiza en varios casos:

- **Indicaciones:**

Hemorragia por varices esofago-gástricas que no se controla con tratamiento médico y/o endoscópico.

Esta circunstancia se presenta en el 10-20% de los casos, especialmente en los casos de varices gástricas. La principal desventaja del TIPS con respecto a la cirugía es la necesidad de vigilancia y el mantenimiento de su permeabilidad.

Prevención de la recidiva hemorrágica por varices

El TIPS es un procedimiento deseable en pacientes con sangrado recurrente después de un manejo endoscópico y farmacológico adecuado.

Otras indicaciones son: otras complicaciones hemorrágicas de la HTP, en la HTP postsinusoidal (Budd-Chiari), ascitis refractaria, hidrotórax refractario, síndrome hepato-renal.

Así mismo, para realizarlo, se llevan a cabo una serie de pasos:

- **Procedimiento**

- El radiólogo introduce un catéter (sonda flexible) a través de la vena yugular (a la altura del cuello) hasta encontrar la vena hepática dentro del hígado. El angiógrafo permite al cirujano en todo momento ver dónde está alojado el catéter gracias a la inyección de contraste a través del mismo.
- Se crea un pasaje a través del tejido hepático hacia la vena portal mediante una “espada”.
- Se introduce un catéter centimetrado para calcular la longitud ideal de la endoprótesis.

- Calculada la longitud necesaria de endoprótesis, se introduce un catéter en cuyo extremo hay un globo que nos ayuda a dilatar el vaso con el fin de poder alojar posteriormente el stent.
- Se aloja un stent (tubo como el que se muestra en la *figura 18*) de malla metálica y se le infla ayudados por un globo nuevamente para ubicarlo y fijarlo. Éste, va a conectar la vena porta a una de las venas hepáticas.

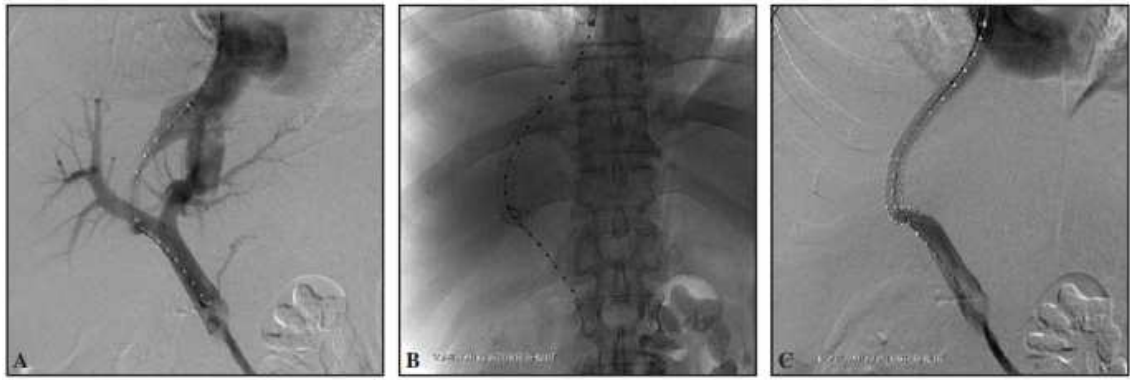


(Figura 18)

- Al final del procedimiento, se mide la presión de la vena porta para constatar su disminución.
- Después del procedimiento, se coloca un vendaje pequeño sobre el área del cuello. No hay puntos de sutura.
- El procedimiento requiere de 60 a 90 minutos para completarse.

Esta nueva ruta permitirá que la sangre fluya mejor y aliviará la presión en las venas del estómago, el esófago, los intestinos y el hígado.

En la *figura 19* se aprecian algunos de estos pasos. A) Portografía directa por sustracción digital realizada con catéter centimetrado. La posición ideal del stent incluye colocar la parte no cubierta del stent en la vena porta y el extremo central en la vena hepática, en la unión con la vena cava. B) Radiografía después de la colocación de la endoprótesis. C) Radiografía final que muestra la correcta posición de la endoprótesis y derivación total del flujo portal hacia el stent.



(Figura 19)

6.2.- PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Entre los radiólogos, los cirujanos intervencionistas son los que mayor dosis reciben a lo largo de su vida profesional. Cuando se producen rayos X, estos son emitidos en todas direcciones.

Dado que nuestra intención es aprovechar únicamente la parte del haz que se dirige hacia el paciente y hacia el receptor de imagen (haz útil), debemos confinar el resto del haz, lo que suele hacerse mediante corazas plomadas como la que se muestra en la *figura 20*.



(Figura 20)

Aún así, parte de la radiación ajena al haz útil, escapa de la coraza, constituyendo la **radiación de fuga**. Las corazas deben estar diseñadas al efecto de reducir el nivel de fuga a menos de 1 mGy/h, de kerma en aire, medido a 1 m del foco y con el equipo operando a máxima potencia.

Como blindaje de dicha radiación de fuga, el especialista va equipado con mandiles de plomo, protector de tiroides, pulseras, anillos, y otros accesorios que

protegen y registran el nivel de radiación adsorbido. Algunos de éstos son los presentes en la *figura 21*.



(Figura 21)

Por otra parte, la dosis que recibe el paciente en estas intervenciones es la mayor de entre todos los usos de las radiaciones excluyendo la radioterapia, pero aproximándose, en algunos casos, a esos valores.

Se pueden verificar experimentalmente estas dosis con maniquíes en los que se disponen de chips termoluminiscentes para la determinación de la dosis absorbida en diferentes órganos. Es éste un campo abierto de investigación puesto que cuanto más complejas y largas sean las intervenciones mayor será la demanda de la disminución de la exposición de los pacientes.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Fundamentos de Física Médica; Vol. 2 Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad; Editor de la colección y el volumen: Antonio Brosed; Edición Servicios Editoriales.
- https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/healthcare/imagen_terapia/TAC/Pages/CT.aspx
- <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/training-material-es/Radiology-es.htm>
- es.wikipedia.org
- <http://healthcare.siemens.com/computed-tomography/technologies>
- <http://healthcare.siemens.com/interventional-radiology>