

República Dominicana
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina
Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa
Residencia de Radiología

**HALLAZGOS TOMOGRÁFICOS DE PÁNCREAS EN PACIENTES DEL
CENTRO DE EDUCACIÓN MÉDICA DE AMISTAD DOMÍNICO-JAPONESA
EN EL PERIODO AGOSTO 2016-MARZO 2017**

Tesis para optar por el título de especialista en:
Imagenología



Sustentante:

Fernanda Encarnación Estévez

Asesores:

Dra. Claridania Rodríguez (metodológico)

Dra. Judith Hernández (clínico)

Los conceptos emitidos en el presente anteproyecto de tesis de pos grado son de la exclusiva responsabilidad del sustentante del mismo.

Distrito Nacional: 2017

ÍNDICE

I. Introducción	4
I.1. Antecedentes	4
I.2. Justificación	9
II. Planteamiento del problema	11
III. Objetivos	13
III.1 General	13
III.2 Específicos	13
IV. Marco teórico	14
IV.1. Anatomía del páncreas	14
IV.2. Conductos pancreáticos	15
IV.3. Desarrollo embrionario del páncreas	15
IV.4. Variaciones anatómicas del páncreas	16
IV.5. Irrigación arterial del páncreas	16
IV.6. Semiología radiológica del páncreas estudiado por tomografía	17
IV.7. Pancreatitis aguda	18
IV.8. Etiología y patogenia	18
IV.9. Activación de enzimas pancreáticas en la patogenia de la pancreatitis aguda	19
IV.10. Cuadro clínico	20
IV.11. Datos de laboratorio	21
IV.12. Diagnóstico	24
IV.13. Evolución de la enfermedad y complicaciones	25
IV.14. Cáncer de páncreas	26
IV.15. Manifestaciones clínicas	28
IV.16. Procedimientos diagnósticos	29
IV. 17. La técnica de tomografía computarizada	31
V. Operacionalización de las variables	56
VI. Material y métodos	57

VI.1. Tipo de estudio	57
VI.2. Área de estudio	57
VI.3. Universo	58
VI.4. Muestra	58
VI.5. Criterios	58
VI.5.1. De inclusión	58
VI.5.2. De exclusión	58
VI.6. Instrumento de recolección de la información	58
VI.6. Procedimiento	58
VI.7. Tabulación	59
VI.9 Aspectos éticos de la investigación	60
VII. Presentación de datos	61
VIII. Análisis de los resultados	72
IX. Conclusiones	76
VII. Referencias	79
XI. Anexos	82
XI.1. Cronograma	82
XI.2. Instrumento de recolección de datos	83
XI.3. Costos y recursos	84
XI.5. Evaluación	85

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Antecedentes

El estudio de las patologías pancreáticas mediante tecnologías relativamente nuevas como la tomografía computarizada, ha sido un excelente medio para comprender mejor tanto la estructura anatómica como el funcionamiento de dicha glándula. En vista de la importancia de ella, es necesario obtener un diagnóstico certero a fin de poder intervenir apropiadamente al paciente, mejorando o devolviendo su funcionalidad.

En este sentido, se ha desarrollado una revisión documental con el fin de tener una visión general de la forma en que han sido abordados dichos estudios, así como los objetivos, métodos y técnicas aplicadas, también los hallazgos más importantes a los cuales han llegado. A continuación se muestra el panorama de antecedentes en este sentido.

Se evaluó el impacto de los nuevos métodos diagnósticos por imágenes y el resultado de las intervenciones quirúrgicas en los pacientes con tumores quísticos del páncreas. En un estudio realizado por Villavicencio, Giménez, Sánchez, Brasca, Rolle y Ferrer, se estudiaron 24 pacientes, 3 hombres y 21 mujeres, con una edad promedio de 45 años (rango 16-81), tratados desde 1980 a 1992. Dentro de los tumores quísticos se presentaron 16 cistadenomas mucinosos de los cuales 8 fueron benignos y 8 presentaron degeneración maligna; 5 cistoadenomas serosos, 2 neoplasias quísticas papilares y un cistoadenoma mucinoso ducto-ectático. Los 24 pacientes tuvieron cirugía y confirmación anatomopatológica.¹

Fue realizado un estudio retrospectivo en el que fueron analizados los expedientes de todos los pacientes con pseudoquiste del páncreas atendidos entre enero de 1994 y diciembre del 2002. Se revisaron datos clínicos, de laboratorio y gabinete, así como tratamiento y evolución. Esta investigación dio como resultado que en 12 casos, once hombres (91.7%) y una mujer (8.3%), el cuadro clínico se caracterizó por dolor (100%), presencia de masa tumoral en abdomen (91.7%), náusea (50%) e ictericia (8.3%).²

Asimismo, fue publicado un estudio que concluyó que los tumores quísticos del páncreas representan aproximadamente el 5 % de las lesiones tumorales de la glándula. Si se evalúa el origen de todas las formaciones quísticas de páncreas, la tercera parte aproximadamente corresponde a tumores quísticos y dos tercios a pseudoquistes.³

Respecto a los tumores quísticos del páncreas, una investigación concluyó que son raros y constituyen sólo 10 a 15 por ciento de las lesiones quísticas del páncreas y 1 por ciento de las neoplasias malignas. Pueden ser benignas o malignas y generalmente son circunscritos y bien localizados. Su identificación, el diagnóstico diferencial y el tratamiento son difíciles y un ejemplo de ello es que hasta una tercera parte pueden confundirse con pseudoquistes del páncreas. Los más importantes son los cistadenomas microquísticos serosos, los cistadenomas mucinosos, los cistadenocarcinomas mucinosos, los adenocarcinomas productos de mucina y los adenocarcinomas asociados a pseudoquiste o a quiste simple. Los estudios de mayor utilidad para el diagnóstico son el ultrasonido, la tomografía axial computada, la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica, la punción guiada del quiste con estudio del líquido y la biopsia.⁴

En otra investigación de la revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Córdoba se presentaron 275 pacientes con patología pancreática estudiada por Tomografía Computada. En 122 de ellos, se obtuvo confirmación clínico-quirúrgica y/o anatomopatológica. Se revisaron los diferentes cuadros tomográficos con especial énfasis en patología tumoral e inflamatoria, los dos cuadros más frecuentes, mostrando una correlación correcta en 90% de los casos (85% para cáncer de páncreas, 93% para pancreatitis). Como conclusión del estudio, se desprende que la Tomografía Computada es el mejor método para el diagnóstico de enfermedad pancreática. Es indiscutible su indicación, cuando se sospecha cáncer y en el seguimiento de complicaciones y formulación de un pronóstico de evolutividad en casos de pancreatitis aguda.⁵

En un estudio sobre la resección quirúrgica del páncreas se mostró que la tomografía axial computada (TAC) es actualmente el método de estudio más utilizado para predecir la posibilidad de resección, pues informa sobre la

presencia de metástasis hepática, siendo controvertida su utilidad en predecir la resecabilidad local del tumor. En esta misma investigación se compararon los resultados tomográficos, utilizando la clasificación de Loyer et al., con los hallazgos quirúrgicos. Obtuvieron resultados que indican que tomográficamente hubo 20 casos resecables y 11, irresecables. De los 20, 17 (85 por ciento) fueron resecables. De los 11 restantes, 1 (9 por ciento) fue resecable. Hubo 3 casos (10 por ciento de los 31) con metástasis hepáticas no diagnosticadas por TAC. La sensibilidad para predecir irresecabilidad fue de 70 por ciento y la especificidad de 94 por ciento. Finalmente, los investigadores concluyeron que la TAC se mostró efectiva no sólo para esclarecer el diagnóstico de neoplasia de cabeza de páncreas, sino para predecir su resecabilidad local.⁶

Otra investigación que aporta evidencia sobre la importancia de la tomografía computada helicoidal (TCH) para el diagnóstico de las enfermedades pancreáticas. Para el cáncer de páncreas, han sido recomendados protocolos bifásicos con adquisición de imágenes durante las fases arterial y venosa luego de la inyección del contraste. En ese estudio se evaluaron 45 pacientes en quienes se practicó una TCH bifásica del páncreas: adquisición durante la Fase Arterial (FA) en 20-40 s durante la Fase Venosa Portal (FVP) en 60-80 segundos luego del inicio de la inyección del contraste (140 ml a 3 ml por segundo. Se analizó cuantitativamente el realce del páncreas, de arterias y venas peripancreáticas). El realce pancreático y el venoso fueron significativamente superiores en la FVP. El realce arterial fue significativamente superior en la FA pero satisfactorio durante la FVP. En conclusión, con esta técnica de inyección de contraste la adquisición de imágenes durante la fase arterial es innecesaria.⁷

En una investigación con énfasis en la evaluación de las malformaciones, se comprobó que la organogénesis del páncreas es un proceso complejo, en el que se pueden producir una serie de errores embriológicos dando como resultado anomalías del desarrollo. Las más frecuentes son el páncreas divisum, el páncreas anular y el páncreas ectópico. Generalmente estas anomalías son un hallazgo incidental encontrado en estudios de imagen realizados a individuos asintomáticos o por otro motivo, pero en ocasiones pueden dar manifestaciones

clínicas importantes que requieren de un tratamiento médico especializado. El conocimiento de la anatomía segmentaria del páncreas permite una correcta localización de las lesiones pancreáticas y una buena planificación quirúrgica.⁸

En otra investigación, los autores realizan una Puesta al Día sobre las lesiones quísticas que afectan al páncreas. El hallazgo frecuente de este tipo de lesiones pancreáticas requiere un conocimiento del comportamiento y la forma de presentación en las imágenes para reconocer los diferentes procesos y para poder efectuar un diagnóstico diferencial de dichas lesiones, sobre todo en el intento de poder diferenciar las alteraciones benignas de aquellas malignas. Se presentan las características de los quistes y se analizan los aspectos que permiten reconocerlas precisamente.⁹

Del mismo modo, en los Anales de Radiología de México, se publicó que el cáncer de páncreas es la cuarta causa de muerte por cáncer en Estados Unidos. En México ocupa el quinto lugar en frecuencia de neoplasias malignas en hombres y el séptimo en mujeres. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de la evaluación de la fase pancreática, mediante tomografía con medio de contraste, en la identificación de neoplasias pancreáticas. Para lograr esto, realizaron un estudio descriptivo, observacional, de una prueba diagnóstica. Se estudió a los pacientes con diagnóstico de cáncer de páncreas confirmado por patología y se les realizó tomografía computada con contraste intravenoso entre enero de 2006 y septiembre de 2012. Se evaluó el comportamiento de la lesión con el medio de contraste intravenoso en fase pancreática.

En la investigación antes mencionada, se encontró lo siguiente: la tomografía computada con uso de contraste intravenoso, cuidadosamente cronometrado, maximiza la diferencia de atenuación entre una probable lesión neoplásica y el parénquima pancreático normal.¹⁰

Se estudió la evolutividad de 10 pancreatitis agudas graves mediante la tomografía computada, realizada cada 7 a 10 días, correlacionables con la evolución clínica (semiología abdominal, curva térmica, recuento de leucocitos y hemocultivos) y el estudio de amilasa total, isoamilasa P y ACCR. Mediante el

estudio tomográfico se diagnosticaron una necrosis cefálica, una necrosis corporocaudal, una necrosis difusa, un pseudoquiste del páncreas y dos abscesos del páncreas, todos ellos confirmados por la cirugía. En tres pacientes, a pesar de la evolución clínica desfavorable, el estudio tomográfico permitió detectar pequeños focos de necrosis en cuerpo y cola sin constituir una zona manifiesta de secuestro, por lo que no se operaron, siendo su evolución favorable. Se considera la utilidad de este método en el seguimiento de las pancreatitis agudas graves, que sin ser de por sí excluyente en la indicación quirúrgica, la unión con la evolución clínica proporciona fundamentos sólidos para el manejo de las distintas contingencias que pueden surgir en el curso de esta enfermedad.¹¹

En un estudio para establecer la prevalencia de pancreatitis diagnosticada por tomografía computarizada de abdomen simple y contrastada de pacientes 25 a 60 años de edad que acuden al Hospital de Clínicas Pinchincha de Quito en el 2015 se determinó que en esta población las causas más frecuentes de la pancreatitis aguda son la coledocolitiasis y el abuso del alcohol. La tomografía computarizada con contraste intravenoso demostró ser la técnica de mayor utilidad y eficacia para el diagnóstico de pancreatitis, así como también para reconocer complicaciones y evaluar el grado de inflamación, estableciendo un pronóstico de severidad de la enfermedad. Este trabajo tuvo un diseño descriptivo transversal donde se obtuvo un universo de 202 pacientes que se realizaron un estudio de tomografía computarizada de abdomen, de los cuales 49 pacientes entre 25 a 60 años presentan pancreatitis, de estas el 43 % de la muestra corresponde a los hallazgos tomográficos según la clasificación de Balthazar de Grado B, la edad en que predomina la pancreatitis es entre 56 a 60 años. De los 49 pacientes, 29 fueron mujeres que son el 59% y, 20 fueron hombres que son el 41%.¹²

En un artículo publicado por la revista de Gastroenterología de Perú, se halló que el cáncer pancreático es generalmente irresecable al momento de su diagnóstico y la supervivencia a los 5 años es menor al 3%. Una serie de técnicas pueden ser necesarias para detectar el carcinoma pancreático. Estas

incluyen: ecografía abdominal, tomografía axial computarizada (TAC), colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE), arteriografía, marcadores tumorales séricos, resonancia magnética y más recientemente, la biopsia usando una aguja fina dirigida mediante ecografía o TAC. El 95% de los tumores malignos del páncreas son adenocarcinomas que se derivan de las células epiteliales ductales. Los tumores localizados en la cabeza del páncreas producen obstrucción precoz del conducto biliar principal condicionando ictericia indolora. Los tumores localizados en el cuerpo y la cola presentan a menudo gran crecimiento antes que causen dolor y pérdida de peso. El curso desfavorable de la enfermedad se debe a la ausencia de síntomas en la fase precoz.¹³

Asimismo, en la Revista Argentina de Cirugía se publicó un artículo en el cual se revisaron 22 casos de cáncer del páncreas diagnosticado por la clínica y la biopsia. Se estudiaron la sintomatología y los métodos diagnósticos, de laboratorio y radiográficos. Concluyeron que en la serie presentada son más frecuentes los tumores situados en la cabeza y para su diagnóstico precoz se considera que lo más útil es la valoración de una serie de síntomas inespecíficos y los hallazgos radiológicos. Son pocos los casos, en los que la cirugía, único tratamiento por ahora eficaz, puede ser beneficiosa. La mayoría de las intervenciones fueron paliativas. Se destaca que en esta serie en solo dos casos pudo hacerse duodenopancreatectomía y que esos dos enfermos han tenido una mayor sobrevida que la obtenida en el resto de los casos sometidos a operaciones paliativas.¹⁴

I.2. Justificación

Como puede observarse, las enfermedades pancreáticas son diagnosticables adecuadamente mediante la tomografía computarizada. En este sentido, en el Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa (CEMADOJA) se dispone de pocos datos estadísticos de los hallazgos tomográficos de patologías de páncreas, por lo que esta investigación viene a ofrecer datos importantes que podrían ser tomados como referencia cuando se

desea tener una visión general sobre lo que ocurre en la población o grupos de influencia de este centro.

Es importante señalar que, si bien es cierto que los datos podrían sesgarse en el sentido de que la población solo se limita a la institución antes mencionado, sin embargo, permite tener una visión aproximativa, ya que este centro de imágenes recibe una gran cantidad de pacientes de los atendidos en el sector público, al ser un centro de referencia nacional, de los pocos que ofrece este servicio.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El páncreas es una importante glándula del organismo que ejerce funciones fisiológicas vitales. El nombre de esta glándula proviene del griego *πάγκρεας* que quiere decir 'todo carne').¹⁵

El páncreas es un órgano situado en el abdomen que tiene secreción exocrina formada por enzimas digestivas que pasan al intestino delgado y secreción endocrina formada por hormonas que pasan a la sangre, como la insulina, glucagón, polipéptido pancreático y somatostatina.

Dada la importancia del páncreas, las personas con problemas relacionados no pueden ignorar los síntomas de enfermedad pancreáticas, como son dolor que se siente en el cuadrante superior izquierdo o medio del abdomen. Dicho dolor puede empeorar en cuestión de minutos después de comer o beber al principio, principalmente si los alimentos tienen un alto contenido de grasa.

Dicho dolor abdominal se vuelve constante o más intenso y dura varios días, pudiendo incluso empeorar al acostarse boca arriba, irradiarse a la espalda o por debajo del omóplato izquierdo.

Las personas con pancreatitis aguda a menudo lucen enfermas y tienen fiebre, náuseas, vómitos y sudoración. Asimismo, pueden ocurrir con esta enfermedad signos y síntomas tales como heces color arcilla, hinchazón y sensación de plenitud, hipo, indigestión, leve coloración amarillenta de la piel y la esclerótica de los ojos (ictericia), distensión abdominal.¹⁶

En vista de que el aumento del consumo de alcohol es una importante causal, en República Dominicana, dadas las costumbres de las personas, es relativamente ver que llegan al servicio de imágenes pacientes con antecedentes de estos hábitos.

Igualmente, es importante la cantidad de pacientes recibidos con antecedentes de hábitos alimenticios que propician el consumo de dietas altas en grasas, especialmente triglicéridos, lo que con antecedentes familiares positivos, de probable origen genético, aumenta la frecuencia de pacientes y la alta incidencia y prevalencia en la República Dominicana.¹⁷

En el Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa (CEMADOJA), se dispone de limitados datos estadísticos y causales de dichas patologías, por lo que resulta pertinente esta investigación que considere la formulación dada por la pregunta: ¿cuáles son los hallazgos tomográficos de páncreas en pacientes del Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa (CEMADOJA), en el periodo agosto 2016-marzo 2017?

III. OBJETIVOS

III.1 General

Analizar los hallazgos tomográficos de páncreas en pacientes del Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa (CEMADOJA), en el periodo agosto 2016-marzo 2017.

III.2 Específicos

- Determinar las características sociodemográficas de los pacientes de tomografía computarizada con hallazgos pancreáticos en el CEMADOJA.
- Establecer los antecedentes patológicos y alérgicos de los pacientes con hallazgos pancreáticos del CEMADOJA.
- Identificar la distribución de diagnósticos pancreáticos del CEMADOJA.
- Especificar los parámetros estadísticos de hallazgos pancreáticos mediante tomografía de los pacientes del CEMADOJA.

IV. MARCO TEÓRICO

IV.1. Anatomía del páncreas

El páncreas está situado en la pared abdominal posterior, aproximadamente a nivel de la vértebra L1. En él se describe una cabeza, un cuello, cuerpo y cola. Es un órgano retroperitoneal, excepto la cola, que descansa sobre el ligamento peritoneal pancreaticorrenal.

El páncreas mide unos 15 cm de longitud y adopta una posición transversal y ligeramente oblicua, con la cola más elevada que la cabeza.

La cabeza del páncreas se encuentra alojada en el marco duodenal, en el píloro y el bulbo duodenal ligeramente superpuestos sobre su cara superior. Existe una prolongación que se proyecta desde su cara inferior, denominada gancho o proceso uncinado, y se dirige hacia atrás y hacia la izquierda, para situarse detrás de los vasos mesentéricos superiores.

El resto de la cabeza queda ubicado por delante de los vasos de la pared posterior del abdomen, es decir, la vena cava y venas renales, y la aorta y sus ramas celíacas y mesentérica superior.

El colédoco discurre por detrás de la cabeza del páncreas dentro de un canal, hasta su desembocadura en la segunda porción duodenal.

El cuello del páncreas se extiende desde la parte superior de la porción anterior de la cabeza. Está situado por delante de la confluencia de las venas esplénica y mesentérica para formar la vena porta.

El cuerpo del páncreas describe una curva sobre las vértebras y grandes vasos, hasta llegar al espacio paravertebral izquierdo. Por detrás del cuerpo discurre la vena esplénica, que en ese punto recibe a la vena mesentérica inferior. La arteria esplénica recorre toda la superficie superior del páncreas, con un curso sinuoso que discurre, intermitentemente, por encima y por detrás del páncreas. El cuerpo se encuentra situado por delante del riñón y glándula adrenal izquierdos.

La cola del páncreas se relaciona con el hilio esplénico. En este punto se sitúa el ligamento peritoneal pancreaticorrenal.

El saco peritoneal menor está ubicado por delante del páncreas; en posición aún más anterior, se localiza el estómago y parte del epiplón menor.

En cuanto a la arquitectura, el páncreas se encuentra ligeramente lobulada.

IV.2. Conductos pancreáticos

El conducto pancreático nace en la cola, mediante la confluencia de los pequeños conductos y sigue un recorrido transversal hacia la cabeza, más cerca de la cara anterior que de la posterior de la glándula. A lo largo de su recorrido va recibiendo conductos más pequeños formando ángulos rectos, y va aumentando su calibre a medida que se acerca a la cabeza. A nivel del cuello, el conducto se desvía en dirección inferoposterior derecha y se une al colédoco para formar una dilatación terminal común denominada ampolla (de Vater) antes de desembocar en la papila duodenal.

Existe un conducto accesorio (de Santorini) que nace de la porción más inferior de la cabeza, y se dirige hacia arriba, por delante del conducto principal, al que está conectado mediante un conducto de comunicación, y desemboca también en el duodeno a unos 2 cm proximales a la papila. Este conducto puede estar ausente en ocasiones.

IV.3. Desarrollo embrionario del páncreas

El páncreas se origina como consecuencia de la unión de los primitivos intestinos anterior y medio, apareciendo como un esbozo, con una porción mayor dorsal y dos yemas ventrales más pequeños. Estas yemas ventrales nacen junto al sistema biliar. La yema izquierda se atrofia y la derecha rota hacia atrás para unirse con la parte inferior de la porción dorsal, quedando atrapados los vasos mesentéricos superiores entre ambas divisiones. El conducto de la porción ventral más pequeña se convertirá en el conducto principal, mientras que la porción proximal del conducto que nace de la división dorsal constituirá el conducto accesorio.

IV.4. Variaciones anatómicas del páncreas

Pueden presentarse las siguientes:

Páncreas anular: consiste en la presencia de tejido pancreático situado alrededor del duodeno; se produce cuando parte de la yema ventral no sufre atrofia.

Páncreas *divisum*: por fallo en la fusión de los segmentos dorsal y ventral, de forma que la parte anterosuperior de la cabeza, cuerpo y cola drenan a través de la papila accesoria, y la orción posteroinferior de la cabeza lo hace a través de la ampolla.

Agenesia del segmento dorsal pancreático: el resultado es un páncreas con cabeza, que carece de cuerpo y cola; se presenta con muy poca frecuencia.

Páncreas izquierdo: puede ocurrir como consecuencia de la edad avanzada, que permite una mayor laxitud en la fascia suspensora de la víscera y su desplazamiento. Se puede precipitar por una gran masa pancreática (generalmente benigna) que causa que la glándula se doble sobre sí misma.

Nódulos accesorios (restos pancreáticos) de tejido pancreático: situados en la pared gástrica, duodeno, intestino delgado o en el seno del divertículo de Meckel. La localización más frecuente es en la pared duodenal más próxima al páncreas, junto a la desembocadura del conducto pancreático.

IV.5. Irrigación arterial del páncreas

El páncreas recibe ramas procedentes de las arterias celíaca y mesentérica superior. El tronco celíaco envía ramas a través de sus arterias hepática y esplénica. La arteria gastroduodenal, rama de la hepática, se divide en dos ramas: la arteria gastroepiploica derecha y la arteria pancreatoduodenal superior. Esta última arteria, en su inicio, envía una rama anterior que discurre por un canal situado entre el páncreas y el duodeno, y otra rama posterior, que sigue un curso por detrás de la cabeza del páncreas.

A lo largo de la superficie superior del páncreas se extiende la arteria esplénica, que envía múltiples ramas a este órgano. Una de estas ramas, de mayor calibre, constituye la arteria pancreática magna. Muy próximo al origen de

la arteria esplénica (o a partir de la arteria celíaca o de la mesentérica superior) surge la arteria pancreática dorsal, cuyo recorrido se dirige verticalmente hacia abajo, por detrás del páncreas. Formando un ángulo recto, emite una rama izquierda, que alcanza la cola del páncreas, denominada arteria pancreática transversa, y una rama derecha, que se sitúa entre el cuello y el proceso uncinado, y se anastomosa, finalmente, con las arterias de la superficie anterior de la glándula.

Del lado derecho de la mesentérica superior nace la arteria pancreoduodenal inferior. Pronto se divide en dos ramas, anterior y posterior, que se anastomosan, a su vez, con las ramas de la arteria pancreoduodenal superior.

El drenaje venoso del páncreas es como sigue: el cuello, cuerpo y cola del páncreas vierten su sangre en la vena esplénica, mientras que la cabeza drena en la vena mesentérica superior y en la vena porta.

El drenaje linfático se realiza a través de ganglios situados a lo largo del trayecto de las arterias correspondientes a los ganglios celíacos preaórticos.

IV.6. Semiología radiológica del páncreas estudiado por tomografía

Debido a su posición oblicua, no se suele observar el páncreas mediante un único corte axial. La cola se sitúa en el hilio esplénico cuando los cortes se realizan a niveles más altos, mientras que el proceso uncinado constituye la porción más inferior. El grosor normal de la cabeza es de unos 2 cm; el del cuello, de 0.5 cm a 1 cm, y el del cuerpo y cola, de 1 cm a 2 cm. La altura de la cabeza es muy variable y puede alcanzar hasta 8 cm; el cuerpo y cola miden unos 3 cm a 4 cm.

El conducto pancreático normal aparece visible en la mayor parte de los casos. El conducto biliar común y la arteria gastroduodenal se ven en la cabeza pancreática. El origen de la vena porta se ve por detrás del cuello y los vasos mesentéricos pasan anteriores al proceso uncinado. Surgiendo a la derecha de la arteria mesentérica superior proximal se pueden ver una arteria hepática

derecha reemplazante, dirigiéndose hacia el hígado entre la vena porta y la vena cava inferior.18

IV.7. Pancreatitis aguda

La enfermedad inflamatoria del páncreas puede clasificarse como 1) pancreatitis aguda y 2) pancreatitis crónica. El espectro anatomopatológico de la pancreatitis aguda varía desde la pancreatitis edematosa, que suele ser un trastorno leve y de evolución limitada, hasta la pancreatitis necrosante, en la cual el grado de necrosis del páncreas guarda relación con la gravedad del ataque y con sus manifestaciones generales. El término pancreatitis hemorrágica es menos útil desde el punto de vista clínico, ya que existen diversos grados de hemorragia intersticial en las pancreatitis y en otros trastornos, por ejemplo los traumatismos de páncreas, el carcinoma pancreático y la insuficiencia cardíaca congestiva grave.

IV.8. Etiología y patogenia

La pancreatitis aguda tiene innumerables causas, pero no se han identificado los mecanismos por los cuales tales situaciones anormales desencadenan la inflamación del páncreas. Los cálculos vesiculares siguen siendo la causa principal de pancreatitis aguda en muchas series (30 a 60%). El alcohol constituye la segunda causa y origina 15 a 30% de los casos de pancreatitis en Estados Unidos. La incidencia de pancreatitis en alcohólicos es sorprendentemente baja (5/100 000), lo cual denota que además del volumen del alcohol ingerido, otros factores desconocidos afectan la susceptibilidad de la persona a sufrir lesión del páncreas. No se conoce a fondo el mecanismo de la lesión. La hipertrigliceridemia es la causa de pancreatitis aguda en 1.3 a 3.8% de los casos; los valores de triglicéridos séricos por lo común son mayores de 11.3 mmol/L (>1 000 mg/100 ml). Muchos de los sujetos con hipertrigliceridemia, cuando se les explora en mayor detalle, muestran signos de una perturbación básica en el metabolismo de lípidos, quizá sin relación con la pancreatitis. Los individuos con diabetes mellitus o que reciben algunos fármacos en particular

también pueden presentar hipertrigliceridemia. La pancreatitis aguda se observa en 5 a 20% de las personas que han sido sometidas a colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP). Se sabe que 2 a 5% de los casos de pancreatitis aguda son causados por fármacos; el mecanismo causal puede ser una reacción de hipersensibilidad o la generación de un metabolito tóxico, aunque en algunos casos no se sabe cuál de los dos mecanismos interviene.

IV.9. Activación de enzimas pancreáticas en la patogenia de la pancreatitis aguda

Se sugiere que la pancreatitis es una enfermedad que surge y evoluciona en tres fases. La primera o inicial se caracteriza por la activación intrapancreática de enzimas digestivas y por la lesión de células acinares. La activación del zimógeno al parecer es mediada por hidrolasas lisosómicas como la catepsina B, que termina por "compartir" dentro de los organelos celulares un sitio con las enzimas digestivas; se piensa hoy día que la lesión de las células acinares es consecuencia de la activación del zimógeno. La segunda fase comprende la activación, quimiotracción y secuestro de neutrófilos en el páncreas, que origina una reacción inflamatoria intrapancreática de intensidad variable. Se ha demostrado que la depleción de dichas células inducida por la administración previa de un suero antineutrófilo aplaca la intensidad de la pancreatitis experimental. También hay datos en pro del concepto de que el secuestro de neutrófilos activa el tripsinógeno. Por todo lo expuesto, la activación del tripsinógeno en las células acinares del interior del páncreas pudiera ser un fenómeno bifásico, es decir, con una fase que no depende de neutrófilos y otra que depende de ellos. La tercera fase de la pancreatitis se debe a los efectos de las enzimas proteolíticas y de mediadores activados, liberados por el páncreas inflamado, en órganos distantes. Las enzimas proteolíticas activadas y en particular la tripsina, además de digerir tejidos pancreáticos y peripancreáticos, también activan otras enzimas como la elastasa y la fosfolipasa. Como paso siguiente las enzimas activas digieren las

membranas celulares y originan proteólisis, edema, hemorragia intersticial, daño vascular, necrosis coagulativa y de tipo graso, y necrosis de células del parénquima. El daño y la muerte de las células hacen que se liberen péptidos de bradicinina, sustancias vasoactivas e histamina, que originarán vasodilatación, mayor permeabilidad vascular y edema, con profundos efectos en muchos órganos, en particular el pulmón. Pueden ocurrir como consecuencia de la cascada de efectos locales y a distancia el síndrome de respuesta inflamatoria generalizada (systemic inflammatory response syndrome, SIRS), el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (acute respiratory distress syndrome, ARDS) y el fallo de múltiples órganos.

IV.10. Cuadro clínico

El dolor abdominal es el síntoma principal de la pancreatitis aguda. El dolor puede variar desde una molestia leve y tolerable hasta un sufrimiento intenso, constante e incapacitante. De manera característica el dolor, que es constante y terebrante, se localiza en el epigastrio y la región periumbilical, y a menudo se irradia hacia espalda, tórax, flancos y región inferior del abdomen. El dolor suele ser más intenso cuando el paciente se encuentra en decúbito supino y suele aliviarse cuando se sienta con el tronco flexionado y las rodillas recogidas.

También son frecuentes náuseas, vómitos y distensión abdominal, debidos a la hipomotilidad gástrica e intestinal y a la peritonitis química. La exploración física suele mostrar un paciente angustiado e inquieto. Son bastante frecuentes febrícula, taquicardia e hipotensión. No es raro el choque, que puede obedecer a: 1) hipovolemia secundaria a la exudación de proteínas sanguíneas y plasmáticas hacia el espacio retroperitoneal ("quemadura retroperitoneal"); 2) mayor formación y liberación de péptidos de cininas que producen vasodilatación y aumento de la permeabilidad vascular, y 3) efectos generalizados de las enzimas proteolíticas y lipolíticas liberadas en la circulación.

La ictericia es rara y cuando se presenta suele deberse a edema de la cabeza del páncreas, que comprime la porción intrapancreática del conducto colédoco. Pueden aparecer nódulos eritematosos en la piel por necrosis de la grasa subcutánea. En 10 a 20% de los pacientes existen signos pulmonares, como estertores basales, atelectasias y derrame pleural; este último es más frecuente en el lado izquierdo. Hay diversos grados de hipersensibilidad y rigidez muscular en el abdomen, pero pueden resultar insignificantes en comparación con el intenso dolor. Los ruidos intestinales suelen estar disminuidos o ausentes. En la región superior del abdomen se puede palpar un pseudoquiste pancreático.

A veces se observa una coloración azul pálido alrededor del ombligo (signo de Cullen) debida al hemoperitoneo, y una coloración azul, roja o morada o verdeparda en los flancos (signo de Turner) secundaria al catabolismo hístico de la hemoglobina. Estos dos signos son infrecuentes y revelan pancreatitis necrosante grave.

IV.11. Datos de laboratorio

El diagnóstico de la pancreatitis aguda suele establecerse por la detección de un aumento en las concentraciones séricas de amilasa. Valores tres o más veces por encima del normal prácticamente aseguran el diagnóstico si se excluyen enfermedad manifiesta de las glándulas salivales y perforación o infarto intestinal. Sin embargo, no parece que exista una relación clara entre la gravedad de la pancreatitis y el grado de elevación de la amilasa sérica. Los valores de la amilasa sérica total tienden a normalizarse tras 48 a 72 h, incluso cuando persisten los signos de pancreatitis. No obstante, los valores de isoamilasa y de lipasa pancreáticas pueden permanecer elevados de siete a 14 días.

Es importante recordar que las elevaciones en las amilasas sérica y urinaria ocurren en muchas otras enfermedades además de la pancreatitis. Hay que señalar que los pacientes con acidemia (pH arterial 7.32) pueden tener elevaciones falsas de la amilasa sérica. En un estudio, 12 de 33 pacientes acidémicos tenían valores elevados de amilasa sérica, pero sólo uno tenía

aumentada la lipasa; en nueve casos, la amilasa de tipo salival fue la isoamilasa sérica predominante. Este dato explica por qué los pacientes con cetoacidosis diabética pueden tener importantes elevaciones de la amilasa sérica sin ningún otro signo de pancreatitis aguda. La actividad de la lipasa sérica aumenta de manera paralela a la propia de la amilasa, y la determinación de ambas enzimas aumenta el rendimiento diagnóstico. Los valores elevados de lipasa o de tripsina séricas suelen ser diagnósticos de pancreatitis aguda; estas pruebas son especialmente útiles en los pacientes con hiperamilasemia de origen no pancreático.

Cuando están presentes, los valores muy elevados de amilasa en el líquido peritoneal o pleural [$>1\ 500\ \text{nmol/L}$ ($>5\ 000\ \text{U/100 ml}$)] también son muy útiles para establecer el diagnóstico.

Con frecuencia existe leucocitosis (15 000 a 20 000 leucocitos/ l). En los casos más graves puede haber hemoconcentración con valores de hematócrito $>50\%$, debido a la pérdida de plasma hacia el espacio retroperitoneal y la cavidad peritoneal. Es frecuente la hiperglucemia secundaria a múltiples factores, entre ellos la menor producción de insulina, el aumento de liberación de glucagon y la mayor producción de glucocorticoides y de catecolaminas suprarrenales.

Alrededor de 25% de los casos presentan hipocalcemia y no se conoce bien su patogenia. Aunque estudios anteriores indicaban que la respuesta de las glándulas paratiroides a la disminución del calcio en el suero está alterada, observaciones posteriores no han podido confirmarlo. A veces ocurre saponificación intraperitoneal del calcio por los ácidos grasos en zonas de necrosis grasa, con grandes cantidades (hasta 6 g) disueltas o suspendidas en el líquido ascítico. Tal "formación de jabón" puede también ser significativa en pacientes con pancreatitis e hipocalcemia leve y poca o ninguna ascitis. Hay hiperbilirrubinemia [bilirrubina sérica $>68\ \text{mol/L}$ ($>4\ \text{mg/100 ml}$)] en $\sim 10\%$ de los pacientes. Sin embargo, la ictericia es transitoria y los valores de bilirrubina sérica retornan a la normalidad en cuatro a siete días. Las concentraciones de fosfatasa alcalina y de aminotransferasa de aspartato (aspartate

aminotransferase, AST) en el suero también se encuentran elevadas de manera transitoria y paralelamente a los valores de bilirrubina. Los valores muy altos de deshidrogenasa láctica (LDH) en suero [>8.5 mol/L (>500 U/100 ml)] indican un mal pronóstico. Alrededor de 10% de los casos presentan disminución de los valores séricos de albúmina a 30 g/L (3 g/100 ml), que se asocia a pancreatitis más grave y a una tasa de mortalidad más alta (cuadro 294-2). En 15 a 20% de los casos hay hipertrigliceridemia y los valores séricos de amilasa en estos pacientes a menudo son falsamente normales (cap. 293). Alrededor de 25% de los pacientes presentan hipoxemia (PO₂ arterial 60 mmHg), que puede presagiar síndrome apneico del adulto. Por último, a veces el electrocardiograma es anormal en la pancreatitis aguda, con alteraciones en el segmento ST y en la onda T similares a las observadas en la isquemia miocárdica. Aunque hay una o más anomalías radiológicas en más de 50% de los pacientes, los datos son inconstantes e inespecíficos.

El principal valor de las radiografías ordinarias [tórax; estudios de riñón, uréter y vejiga (kidney, ureter and bladder, KUB)] en la pancreatitis aguda consiste en ayudar a excluir otros diagnósticos, sobre todo una víscera perforada. Las radiografías del tubo digestivo superior han sido sustituidas por ecografía y tomografía computadorizada (computed tomography, CT). Esta última puede confirmar la sospecha clínica de pancreatitis aguda incluso en caso de valores normales de amilasa sérica.

Es de destacar el hecho de que la CT es bastante útil para indicar la gravedad de la pancreatitis aguda y el riesgo de morbilidad y de mortalidad. La ecografía y los estudios con radionúclidos [gammagrafías con ácido N-pisopropilacetanilida-iminodiacético (PIPIDA) y con ácido 2,6-dimetiliminodiacético hepático (HIDA)] sirven para valorar los cálculos vesiculares y las vías biliares en la pancreatitis aguda.

IV.12. Diagnóstico

Cualquier dolor agudo intenso en el abdomen o la espalda debe sugerir una pancreatitis aguda. Se suele considerar el diagnóstico cuando un paciente con posible predisposición a la pancreatitis presenta dolor abdominal intenso y constante, náuseas, vómitos, fiebre, taquicardia y signos anormales en la exploración abdominal. Los análisis de laboratorio a menudo revelan leucocitosis, radiografías anormales de abdomen y de tórax, hipocalcemia e hiperglucemia. El diagnóstico se confirma habitualmente al hallar un valor elevado de amilasa o lipasa en suero. Como es lógico, no todos estos datos han de estar presentes para establecer el diagnóstico.

El diagnóstico diferencial debe hacerse con los siguientes trastornos: 1) víscera perforada, sobre todo úlcera péptica, 2) colecistitis aguda y cólico biliar, 3) obstrucción intestinal aguda, 4) oclusión vascular mesentérica, 5) cólico renal, 6) infarto de miocardio, 7) aneurisma disecante de aorta, 8) enfermedades del tejido conjuntivo con vasculitis, 9) neumonía y 10) cetoacidosis diabética. La úlcera duodenal perforante por lo común puede identificarse mediante radiografía o endoscopia del tubo digestivo superior. Una úlcera duodenal perforada se diagnostica con facilidad por la presencia de aire intraperitoneal libre.

Puede resultar difícil diferenciar la colecistitis aguda de la pancreatitis aguda, ya que ambas enfermedades se pueden acompañar de valores elevados de amilasa sérica. El dolor originado en las vías biliares es de comienzo lento, está lateralizado hacia la derecha y no se suele acompañar de íleo; la ecografía y la gammagrafía con radionúclidos son útiles para establecer el diagnóstico de colelitiasis y de colecistitis. La obstrucción intestinal por factores mecánicos se puede diferenciar de la pancreatitis por el antecedente de dolor de tipo cólico, datos en la exploración abdominal y cambios característicos de obstrucción mecánica en las radiografías de abdomen. La oclusión vascular mesentérica aguda suele ser evidente en ancianos debilitados con leucocitosis intensa, distensión abdominal y diarrea sanguinolenta, en los que la paracentesis permite obtener un líquido sanguíneo y la arteriografía muestra oclusión vascular.

Sin embargo, en los pacientes con infarto intestinal están aumentados los valores de amilasa tanto del suero como del líquido peritoneal. El lupus eritematoso generalizado y la poliarteritis nudosa se pueden confundir con pancreatitis, sobre todo porque esta última puede presentarse como una complicación de esas enfermedades. La cetoacidosis diabética a menudo se acompaña de dolor abdominal y de valores elevados de amilasa sérica total, por lo que se asemeja bastante a la pancreatitis; sin embargo, en la cetoacidosis diabética los valores de lipasa y de isoamilasa pancreática séricas no están elevados.

IV.13. Evolución de la enfermedad y complicaciones

Es importante identificar a las personas con pancreatitis aguda que tienen un mayor peligro de fallecer. Son difíciles de utilizar los sistemas de puntuación de múltiples factores (Ranson, Imrie, Apache II), tienen escasa capacidad predictiva y los clínicos no los han aceptado unánimemente. En el cuadro 294-2 se presentan los indicadores básicos de un ataque grave de pancreatitis; entre ellos se incluyen >70 años de edad, índice de masa corporal (body mass index, BMI) >30, valor hematócrito >44%, proteína C reactiva en la hospitalización >150 mg/100 ml, y valores altos del péptido de activación de tripsinógeno (trypsinogen activation peptide, TAP) en orina. Sin embargo, es el fallo de órganos, en que predomina la insuficiencia pulmonar ($PO_2 < 60$ mmHg), el que rige el pronóstico en la mayor parte de los enfermos difíciles de tratar. Otros factores clave son presencia de choque (tensión sistólica <90 mmHg o taquicardia >130 latidos por minuto [lpm]), insuficiencia renal [creatinina sérica >177 mol/L (>2.0 mg/100 ml)] y hemorragia de vías gastrointestinales (pérdida de más de 500 ml/24 h). El elevado índice de mortalidad en estos pacientes graves se debe en gran medida a la infección y justifica la intervención y vigilancia radiológica intensiva o el uso de medios radiológicos y quirúrgicos, como se expondrá en detalle.

Los pacientes a menudo presentan una masa inflamatoria en las primeras dos o tres semanas después de la pancreatitis. Esto puede deberse a necrosis pancreática (con o sin infección), o puede tratarse de un absceso o un

seudoquiste (véase más adelante). Entre las complicaciones generalizadas se encuentran alteraciones pulmonares, cardiovasculares, hematológicas, renales, metabólicas y del sistema nervioso central. La pancreatitis y la hipertrigliceridemia constituyen una asociación en la que aún no se comprenden bien la causa y el efecto.

Sin embargo, es posible extraer varias conclusiones razonables. En primer lugar, la hipertrigliceridemia puede preceder, y aparentemente causar, la pancreatitis. En segundo lugar, la gran mayoría de los pacientes con pancreatitis aguda (>80%) no presentan hipertrigliceridemia. Tercero, casi todos los pacientes con pancreatitis e hipertrigliceridemia tienen alteraciones previas en el metabolismo de las lipoproteínas. Cuarto, muchos de los enfermos con esta asociación tienen hipertrigliceridemia persistente tras recuperarse de la pancreatitis y son propensos a padecer episodios recurrentes de pancreatitis. En quinto lugar, cualquier factor (p. ej., fármacos o alcohol) que provoque un aumento brusco de los valores séricos de triglicéridos hasta más de 11 mmol/L (1 000 mg/100 ml) puede desencadenar un ataque de pancreatitis posiblemente asociado a complicaciones importantes e incluso resultar letal.

Para prevenir el riesgo de desencadenar una pancreatitis, antes de iniciar un tratamiento hormonal sustitutivo con estrógenos en mujeres posmenopáusicas se deben determinar los triglicéridos séricos en ayunas. Los valores en ayunas <3.4 mmol/L (300 mg/100 ml) no conllevan riesgo alguno, en tanto que los que rebasan 8.5 mmol/L (750 mg/100 ml) tienen elevada probabilidad de que surja pancreatitis. Por último, los sujetos con deficiencia de apolipoproteína CII tienen mayor incidencia de pancreatitis; dicha apolipoproteína activa la lipoproteinlipasa, que es importante en la eliminación de quilomicrones de la corriente sanguínea.

IV.14. Cáncer de páncreas

La incidencia del carcinoma pancreático en Estados Unidos se ha incrementado en grado importante a medida que ha aumentado la esperanza de vida de la población estadounidense. El tumor causa la muerte de más de 98%

de los afectados. En el año 2004 murieron de cáncer de páncreas alrededor de 31 270 personas, lo que convierte a esta enfermedad en la quinta causa más frecuente de muerte relacionada con el cáncer. La enfermedad es más común en los varones que en las mujeres, y en personas de raza negra que en blancos. Rara vez se desarrolla antes de los 50 años de edad.

Se sabe poco respecto a las causas del cáncer pancreático. El consumo de tabaco es el factor de riesgo que se ha observado de forma más constante, y la enfermedad es de dos a tres veces más frecuente en fumadores empedernidos que en no fumadores. No está claro si este vínculo aparente refleja el efecto carcinógeno directo en el páncreas de ciertos metabolitos formados a causa del tabaco, o si una exposición todavía no identificada, que se produce con mayor frecuencia en fumadores, es responsable del aumento del riesgo. Los pacientes con pancreatitis crónica presentan un riesgo mayor de padecer cáncer pancreático, al igual que ocurre con la diabetes mellitus de larga evolución.

Otro factor de riesgo es la obesidad, y está directamente relacionado con el aumento de la ingestión de calorías. El abuso de alcohol o la coleditiasis no constituyen factores de riesgo para el desarrollo de cáncer pancreático. El consumo de café tampoco se vincula con el desarrollo de la enfermedad. En más de 85% de las muestras de cáncer pancreático humano se han encontrado mutaciones de los genes K-ras. También se ha asociado el cáncer de páncreas con una mutación del gen p16INK4 situado en el cromosoma 9p21, un gen que también se ha implicado en la patogenia del melanoma cutáneo maligno, así como con mutaciones de los genes supresores de tumor p53, DPC4 y BRCA2. Se ha postulado que ocurre una serie de acontecimientos moleculares que implican una secuencia de estas mutaciones, a medida que el conducto pancreático normal avanza desde el estado de displasia hasta el de carcinoma infiltrante.

IV.15. Manifestaciones clínicas

Más de 90% de los cánceres pancreáticos son adenocarcinomas ductales, y los tumores de las células de los islotes constituyen la proporción restante de 5 a 10%. La frecuencia de cánceres pancreáticos asentados en la cabeza del páncreas (70% de los casos) duplica la de los situados en el cuerpo (20%) o la cola (10%) de la glándula.

A excepción de la ictericia, los síntomas iniciales de cáncer de páncreas suelen ser insidiosos y estar presentes durante más de dos meses antes del diagnóstico de cáncer (cuadro 79-1). Más de 75% de los pacientes presentan dolor y pérdida de peso. El dolor se describe normalmente como lacerante, de carácter visceral, y a veces se irradia desde el epigastrio a la espalda. Por lo general es más intenso en el caso de lesiones del cuerpo o la cola de la glándula, porque estos tumores pueden llegar a crecer mucho antes de su detección.

Es característico que el dolor mejore algo cuando el paciente se inclina hacia delante. La aparición de un dolor intenso sugiere invasión retroperitoneal e infiltración de los nervios esplácnicos, lo cual indica que la lesión primaria está avanzada y que no es resecable quirúrgicamente. En ocasiones el dolor es transitorio y se acompaña de hiperamilasemia, lo cual indica pancreatitis aguda secundaria a obstrucción ductal causada por el tumor. La pérdida de peso que se observa en la mayoría de los pacientes con carcinoma pancreático se debe principalmente a la anorexia, aunque también una malabsorción subclínica puede contribuir a ella en la fase inicial de la enfermedad.

En más de 80% de los pacientes con tumores de la cabeza pancreática se encuentra ictericia por obstrucción biliar, que normalmente se acompaña de orina oscura, un aspecto arcilloso de las heces y prurito. A diferencia de la "ictericia indolora" que se observa en ocasiones en los pacientes con carcinoma de las vías biliares, del duodeno o de las regiones periampollares, la mayoría de los individuos ictéricos con carcinomas ductales de cabeza pancreática se quejarán de molestias abdominales importantes. Aunque la vesícula biliar suele estar agrandada en pacientes con carcinoma de la cabeza del páncreas, es

palpable en menos de 50% de los casos (signo de Courvoisier). Sin embargo, la presencia de una vesícula biliar agrandada en un paciente icterico sin cólico biliar debe sugerir la presencia de obstrucción maligna del árbol biliar extrahepático.

Es frecuente que se desarrolle intolerancia a la glucosa, probablemente como consecuencia directa del tumor, en los dos años que siguen al diagnóstico clínico.

Otras manifestaciones iniciales son la trombosis venosa y la tromboflebitis migratoria (síndrome de Trousseau), la hemorragia digestiva por varices originadas por compresión del sistema venoso portal por el tumor, y la esplenomegalia causada por aprisionamiento canceroso de la vena esplénica.

IV.16. Procedimientos diagnósticos

A pesar de que se cuenta con marcadores serológicos de antígenos asociados a tumores, como el antígeno carcinoembrionario (carcinoembryonic antigen, CEA) y el CA 19-9, y de pruebas de diagnóstico por imagen no invasoras, como la tomografía computadorizada (computed tomography, CT) y la ecografía, continúa siendo extremadamente difícil el diagnóstico precoz del carcinoma pancreático potencialmente resecable. La falta de especificidad de los síntomas iniciales y la baja sensibilidad de las determinaciones serológicas y de las técnicas no invasoras han frustrado el desarrollo de procedimientos eficaces de detección sistemática. Cuando se sospecha clínicamente la enfermedad en un paciente con molestias abdominales vagas y persistentes, se debe realizar una ecografía para observar la vesícula biliar y el páncreas, así como un estudio radiológico del tubo digestivo superior para descartar una hernia hiatal o una úlcera péptica. Cuando estos estudios no ofrecen una explicación de los síntomas, se debe considerar la CT. Ésta debe comprender no sólo el páncreas sino también el hígado, los ganglios linfáticos retroperitoneales y la pelvis, puesto que el cáncer de páncreas a menudo se disemina en el interior del abdomen. Aunque es más costosa que la ecografía, la CT es técnicamente más simple y más reproducible, ofrece una mejor definición del cuerpo y la cola del

páncreas, y requiere menos destreza para su interpretación. La CT detecta en general una lesión maligna pancreática en más de 80% de los casos; en 5 a 15% de los pacientes con carcinoma pancreático demostrado, la CT muestra sólo un aumento generalizado del tamaño pancreático que sugiere una pancreatitis más que un proceso maligno. También se han señalado positivos falsos en 5 a 10% de los casos en los que no se encontró tumor en la laparotomía. La resonancia magnética (magnetic resonance imaging, MRI), a pesar de no ser mejor que la CT para evaluar lesiones del páncreas, a veces permite distinguir entre las neoplasias benignas y las malignas. No se ha definido la eficacia de la tomografía de emisión de positrones (positron emission tomography, PET).

Cuando las circunstancias clínicas indican una valoración diagnóstica adicional, la colangiopancreatografía endoscópica retrógrada (endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP) y la ecografía endoscópica (endoscopic ultrasonography, EUS) pueden clarificar la causa de unos datos de CT o ecográficos ambiguos. Los datos característicos son la estenosis u obstrucción del conducto pancreático o del colédoco; en más de 50% de los casos son anormales los dos sistemas. Puede ser bastante difícil diferenciar el carcinoma de la pancreatitis crónica mediante ERCP, en especial si coinciden ambas enfermedades. Los resultados negativos falsos son bastante infrecuentes con la ERCP (menos de 5%), y por lo común se dan en carcinomas de células de los islotes más que en los ductales.

La angiografía, que fue uno de los medios más usuales para detectar carcinomas en el cuerpo y la cola del páncreas, ha sido sustituida en gran medida, en aplicaciones diagnósticas y de estadificación, por la CT de espiral con contraste.

Esta técnica de alta resolución predice la posibilidad de resear el tumor si no se encuentra enfermedad extrapancreática, no existe obstrucción de la confluencia venosa mesentérico-portal ni se observa extensión tumoral al tronco celíaco ni a las arterias mesentéricas superiores. En el cuadro 79-2 se muestran los criterios radiográficos para la estadificación.

IV. 17. La técnica de tomografía computarizada

Los componentes necesarios para construir un sistema de imagen de tomografía computarizada (TC) estaban a disposición de los especialistas en física médica 20 años antes de que Godfrey Hounsfield hiciera la primera demostración de la técnica en 1970. Hounsfield era un ingeniero físico de EMI, Ltd., la compañía británica más famosa por sus grabaciones de los Beatles, y ambos, él y su compañía, han recibido un gran y merecido reconocimiento. Alan Cormack, un especialista en física médica de la Tufts University, recibió en 1979 el premio Nobel de Física junto con Hounsfield. Cormack había desarrollado previamente las fórmulas matemáticas utilizadas hoy en la reconstrucción de las imágenes de TC.

El sistema de imagen de TC es una herramienta inestimable en el diagnóstico radiológico. Su desarrollo e introducción en la radiología práctica ha asumido una importancia comparable a la del transformador sin interruptores de Snook, el tubo de rayos X catódicos caliente de Coolidge, el diafragma de Potter-Bucky y el tubo intensificador de imágenes. Ningún otro desarrollo en los aparatos de rayos X en los últimos 50 años ha sido tan significativo.

Principios de funcionamiento. Cuando se estudia el abdomen mediante técnicas radiológicas convencionales, la imagen se crea directamente en la placa receptora de la imagen y muestra un contraste bajo, sobre todo a causa de la radiación dispersa. La imagen también está degradada por la superposición de todas las estructuras anatómicas del abdomen.

Para visualizar mejor una estructura abdominal, por ejemplo los riñones, se puede utilizar la tomografía convencional. En la nefrotomografía el contorno renal es visible porque los tejidos subyacentes y suprayacentes son borrosos. Además, el contraste de las estructuras enfocadas está realzado. Sin embargo, la imagen todavía es bastante deslustrada y borrosa.

La tomografía convencional se llama tomografía axial porque el plano de la imagen es paralelo al eje longitudinal del cuerpo y proporciona imágenes sagitales y coronales. Una imagen de TC es una imagen transaxial o transversa, perpendicular al eje longitudinal del cuerpo. El método transversal preciso por el

que un sistema de imagen transversal produce una imagen de sección es extremadamente complicado; de hecho, su comprensión requiere conocimientos avanzados de ingeniería, física y computación.

Sin embargo, los principios básicos pueden ponerse de manifiesto si uno considera el principio más simple de los sistemas de TC, que consiste en un haz de rayos X finamente colimado y un detector único. La fuente de rayos X y el detector están conectados de forma que se mueven de forma sincrónica.

Cuando el complejo fuente-detector realiza un barrido o traslación sobre el paciente, las estructuras internas del organismo atenúan el haz de rayos X en relación a la densidad de su masa y a su número atómico efectivo. La intensidad de la radiación detectada varía en relación a este patrón de atenuación y forma un perfil de intensidad o proyección. Al final de esta traslación el complejo fuente-detector regresa a su posición inicial y todo el complejo gira y comienza una segunda traslación. Durante la segunda traslación, la señal del detector será otra vez proporcional a la atenuación de las estructuras anatómicas del haz de rayos X y se creará una segunda proyección.

Si este proceso se repite muchas veces se genera un gran número de proyecciones que no se muestran visualmente, pero que se almacenan en formato digital en el ordenador. El procesado informático de estas proyecciones conlleva la superposición efectiva de cada proyección para reconstruir una imagen de las estructuras anatómicas de esa sección. La superposición de las proyecciones no ocurre como uno podría imaginar. La señal del detector durante cada traslación tiene un intervalo dinámico de 12 bits (4.096 niveles de gris). El valor de cada incremento está relacionado con el coeficiente de atenuación de toda la trayectoria de los rayos X a través del tejido. Mediante ecuaciones simultáneas se obtiene una matriz de valores que representa la sección anatómica.

Generaciones de tomografía computarizada. La descripción previa de un haz de rayos X finamente colimado y un único detector ensamblado que se traslada a lo largo del paciente y gira entre traslaciones sucesivas es característica de los sistemas de imagen de primera generación. El sistema de

imagen original de EMI requería 180 traslaciones, cada una de ellas separada por una rotación de 1° . Incorporaba dos detectores y separaba el haz de rayos X colimado finamente de forma que podían obtenerse dos cortes contiguos durante cada procedimiento. El principal inconveniente de este sistema era que requería casi 5 minutos para completar una imagen.

Sistema de imagen de primera generación: se traslada-rotación, haz en lápiz, detector único, 5 minutos de tiempo de imagen. Los sistemas de imagen de TC de primera generación pueden considerarse un proyecto de demostración. Pusieron de manifiesto la viabilidad de la unión funcional del complejo fuente-detector, el movimiento mecánico del cabezal (gantry) y la informática para producir una imagen.

Los sistemas de imagen de segunda generación fueron también del tipo traslación-rotación. Estas unidades incorporaban la extensión natural del detector único a múltiples detectores ensamblados interceptando un haz de rayos X en forma de abanico en lugar de un haz de rayos X en forma de lápiz.

Una desventaja del haz en forma de abanico es el incremento en la intensidad de radiación en la periferia del haz debido a la forma del cuerpo. Esto se compensa utilizando un filtro en forma de «pajarita». La principal ventaja de un sistema de imagen de TC de segunda generación era su rapidez. Estos sistemas de imagen tenían de 5 a 30 detectores ensamblados, por lo que eran posibles tiempos de imagen más reducidos. Gracias a las múltiples líneas de detectores, una única traslación proporcionaba el mismo número de puntos de datos que varias traslaciones con un sistema de imagen de TC de primera generación. En consecuencia, cada traslación estaba separada por incrementos de rotación de 5° o más. Con un incremento de rotación de 10° sólo se requerían 18 traslaciones para obtener una imagen de 180° .

Sistema de imagen de segunda generación: se traslada-rotación, haz en abanico, ordenamiento de detectores, 30 segundos de tiempo de imagen. La principal limitación de los sistemas de imagen de TC de segunda generación era el tiempo de exploración. Debido al complejo movimiento mecánico de la traslación-rotación y a la enorme masa que constituía el cabezal (gantry), la

mayoría de las unidades se diseñaron con tiempos de imagen de 20 segundos o más. Esta limitación fue superada por los sistemas de imagen de tercera generación. En estos sistemas, la fuente y el conjunto de detectores giran alrededor del paciente. Debido a que sólo son unidades con rotación, los sistemas de imagen de tercera generación pueden producir una imagen en menos de 1 segundo.

El sistema de imagen de TC de tercera generación utiliza un ordenamiento curvilíneo que contiene numerosos detectores y un haz en abanico. El número de detectores y el espesor del abanico del haz (entre 30 y 60°) son sustancialmente superiores a los de los sistemas de imagen de segunda generación. En los sistemas de imagen de tercera generación, el haz de radiación y el conjunto de detectores ven todo el paciente en todo momento.

El ordenamiento de detectores curvilíneo describe una trayectoria con una longitud constante entre la fuente y el receptor, lo que supone una ventaja para una buena reconstrucción de la imagen. Esta característica del ensamblaje de los detectores de tercera generación también permite una mejor colimación del haz de rayos X que reduce el efecto de la radiación difusa.

Una de las principales desventajas de los sistemas de imagen de TC de tercera generación es la aparición ocasional de artefactos en anillo. Cuando un detector o banco de detectores no funciona, la señal captada o su ausencia origina un anillo en la imagen reconstruida. Las correcciones de los algoritmos de reconstrucción de la imagen en los programas informáticos minimizan estos artefactos.

El diseño de los sistemas de imagen de TC de cuarta generación añade una configuración de giro estacionario. La fuente de rayos X gira, pero el conjunto de detectores no. La detección de la radiación se consigue con un ordenamiento de detectores fijo, que contiene hasta 4.000 elementos individuales. El haz de rayos X tiene forma de abanico con características similares a los haces de radiación de la tercera generación. Estas unidades pueden obtener imágenes en menos de 1 segundo, disponen de adecuación variable del grosor de sección mediante colimación automática prepaciente y

presentan las posibilidades de manipulación de imágenes de los sistemas de imagen precedentes.

El ordenamiento de detectores fijos de los sistemas de imagen de TC de cuarta generación no se acompaña de una trayectoria constante del haz de radiación desde la fuente hasta todos los detectores, pero permite que cada detector se calibre y su señal normalizada para cada imagen, igual que en los sistemas de imagen de segunda generación. Los sistemas de imagen de cuarta generación no suelen producir artefactos en anillo.

Sistema de imagen de cuarta generación: rota-estacionario, haz en abanico, ordenamiento de detectores, tiempo de imagen subsegundo. El continuo desarrollo del diseño de los sistemas de imagen de TC promete más mejoras en la calidad de la imagen con menores dosis para el paciente. Algunos incorporan novedades en el movimiento del tubo de rayos X, en el conjunto de detectores o en ambos. Otros incluyen además el movimiento del paciente. Ninguno de estos diseños se ha considerado como un diseño de quinta generación, pero la TC helicoidal multicorte es la principal candidata.

Se produjeron grandes avances entre los desarrollos de la primera y la segunda generación, e incluso se produjeron avances más importantes entre la segunda y la tercera generación. La versión de la tercera generación se acabó convirtiendo en el modelo base del que nacerían las generaciones posteriores.

Diseño del sistema de obtención de imágenes. Es útil clasificar los componentes de un sistema de rayos X convencional en tres subsistemas principales: el tubo de rayos X, el generador y la consola de control. También es útil identificar tres componentes principales en los sistemas de imagen de TC: el cabezal (gantry), el ordenador y la consola de control. Cada uno de estos componentes principales tiene varios subsistemas.

Consola de control. Los sistemas de imagen de TC pueden estar equipados con dos o tres consolas. Una consola la utiliza el técnico radiólogo de TC para hacer funcionar el sistema. Otra consola puede servir para que el técnico realice el posprocesado de la imagen para fotografiar y clasificar. Una

tercera consola puede servir para que el médico vea las imágenes y manipule el contraste de la imagen, el tamaño y la apariencia visual general.

La consola de trabajo contiene contadores y controles para seleccionar las características técnicas de la imagen, el movimiento mecánico del cabezal y de la camilla del paciente, y los controles del ordenador, permitiendo la reconstrucción de la imagen y la transmisión. La consola de visualización del médico acepta la imagen reconstruida de la consola de trabajo y la muestra para su visualización y diagnóstico.

Una consola de trabajo suele tener controles y monitores para diferentes factores técnicos. Habitualmente se trabaja por encima de los 120 kVp. El mA máximo suele ser de 400 mA y se modula (varía) durante la obtención de imágenes según el grosor del paciente para minimizar la dosis del mismo. El espesor de la sección hística que se va a explorar también se puede ajustar. Los espesores nominales van de 0,5 a 5 mm. El espesor de sección se selecciona desde la consola mediante el ajuste automático del colimador y por selección de varias filas del ensamblado del detector. También se dispone de controles para el movimiento automático y la indexación de la camilla de exploración del paciente. Esto permite al operario programar la localización del eje Z, del volumen de tejido del que obtener imágenes y del factor de desplazamiento (pitch) helicoidal.

La consola de control tiene habitualmente dos monitores. Uno permite al operador anotar los datos del paciente en la imagen (p. ej., la identificación del hospital, el nombre y el número del paciente, la edad, el sexo) e identificar cada imagen (p. ej., número, técnica, posición de la camilla). El segundo monitor le permite ver al operador la imagen resultante antes de transferirla a una placa radiográfica o a la consola de visualización del médico.

Terminal de trabajo del médico. Esta consola permite al médico recuperar cualquier imagen previa y manipularla para optimizar la información diagnóstica. Los controles permiten manipular los ajustes de brillo y contraste, las técnicas de magnificación, la visualización de áreas de interés (ROI, regions of interest) y la utilización en línea de programas informáticos.

Este programa puede incluir aplicaciones informáticas para generar cuadros de números de TC a lo largo de cualquier eje preseleccionado, cálculo de media y desviación estándar de valores de TC en una ROI, técnicas de sustracción y análisis cuantitativo volumétrico y en plano. También se pueden reconstruir imágenes en los planos coronal, sagital y oblicuo.

La consola de visualización del médico suele estar lejos de la sala de TC y se usa para tareas de posprocesado de todas las imágenes digitales. También puede relacionarse con la red de un sistema de archivo y transmisión de imágenes (PACS, Picture Archiving and Communication Systems).

Ordenador. El ordenador es un subsistema único en el sistema de imagen de TC. Según el formato de la imagen, se deben resolver simultáneamente hasta 250.000 ecuaciones; por ello se requiere una gran capacidad de computación.

El microprocesador y la memoria principal están en el corazón del ordenador utilizado en la TC. Éstos determinan el tiempo entre el final de la obtención y la aparición de una imagen, llamado tiempo de reconstrucción. La eficacia de un examen está determinada en gran manera por el tiempo de reconstrucción, especialmente cuando se obtiene un gran número de imágenes.

El tiempo de reconstrucción es el tiempo desde el final de la obtención de la imagen hasta su aparición. Muchos sistemas de imagen de TC utilizan un conjunto de procesadores en lugar de un microprocesador para la reconstrucción de la imagen. El conjunto de procesadores realiza muchos cálculos de forma simultánea y por ello es significativamente más rápido que el microprocesador.

Cabezal. El cabezal (gantry o pórtico) consta del tubo de rayos X, los detectores, el generador de alto voltaje, la mesa de soporte para el paciente y el soporte mecánico para cada uno de ellos. Estos subsistemas reciben órdenes electrónicas de la consola de control y transmiten datos al ordenador para la producción de la imagen y el posprocesado.

Tubo de rayos X. Los tubos de rayos X utilizados en la TC helicoidal multicorte tienen requerimientos especiales. La TC helicoidal multicorte

comporta una considerable demanda térmica en el tubo de rayos X. Éste puede activarse durante 60 s continuamente. Aunque algunos tubos de rayos X funcionan a una corriente relativamente baja, en muchos la capacidad de potencia instantánea debe ser alta. La mayoría utilizan rotores de alta velocidad para disipar mejor el calor. La experiencia ha demostrado que el fallo en el tubo de rayos X es la principal causa de avería de los sistemas de imagen de TC y su principal limitación en la frecuencia secuencial de imágenes.

El tamaño de la mancha focal también es importante en la mayoría de diseños, a pesar de que la imagen no se base en el principio de la proyección directa. Los sistemas de imagen de TC diseñados para obtener imágenes de alta resolución espacial incorporan tubos de rayos X con una mancha focal pequeña.

Los tubos de rayos X de la TC helicoidal multicorte son muy grandes. Tienen una capacidad de conservación de calor en el ánodo de aproximadamente 8 MUC o superior. Tienen velocidades de enfriamiento en el ánodo de alrededor de 1 MUC por minuto porque el disco del ánodo tiene un diámetro mayor y es más grueso, por tanto tiene una masa también mucho mayor.

Las características limitantes son el diseño del punto focal y la disipación de calor. El pequeño punto focal debe tener un diseño especialmente sólido. Los fabricantes diseñan algoritmos de enfriamiento del punto focal para predecir el estado térmico de dicho punto y ajustar el parámetro mA en consecuencia. El tubo de rayos X está especialmente diseñado para la TC helicoidal. Se espera que este tubo de rayos X dure al menos 50.000 exposiciones, la vida aproximada del tubo de rayos X en la TC convencional.

Una empresa ha fabricado un tubo de rayos X revolucionario en el que toda la inserta rota en un baño de aceite durante una exposición. El haz de electrones se deflexiona en el ánodo en un proceso similar al observado en un tubo de rayos catódico (CRT). El resultado es que puede soportar hasta 30 millones de unidades de calor y se enfría a una velocidad de 5 millones de unidades de calor por minuto.

Serie de detectores. Los sistemas de TC helicoidal multicorte tienen múltiples detectores ordenados de forma que los números llegan a decenas de miles. Antes se usaban detectores llenos de gas, pero ahora todos son detectores en estado sólido de centelleo.

Los primeros conjuntos de detectores de centelleo contenían cristales-fotomultiplicadores de centelleo ensamblados en un tubo. Estos detectores no se podían alinear muy cerca unos de otros y requerían una fuente de alimentación para cada tubo fotomultiplicador. Por ello fueron reemplazados por ensamblajes de cristales-fotodiodo de centelleo.

Los fotodiodos convierten la luz en señal electrónica. Son más pequeños y más baratos, y además no requieren una fuente de alimentación adicional. El yoduro sódico (NaI) fue el cristal utilizado en los primeros sistemas de imagen. Rápidamente se reemplazó por el germanato de bismuto ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ o BGO) y el yoduro de cesio (CsI). El tungstato de cadmio (CdWO_4) y las cerámicas especiales son los cristales más utilizados. La concentración de detectores de centelleo es una característica importante de un sistema de imagen de TC que afecta a la resolución espacial del sistema.

Los detectores de centelleo tienen una alta eficiencia para la detección de los rayos X. Aproximadamente el 90% de los rayos X incidentes en el detector se absorben y contribuyen a la señal emergente. Hoy en día es posible agrupar los detectores de modo que no quede espacio entre ellos. De este modo la eficiencia global en la detección se acerca al 90%. La eficiencia de la serie de detectores de rayos X reduce la dosis del paciente, permite un tiempo de obtención de imágenes más rápido y mejora la calidad de imagen al aumentar la relación señal-ruido. El diseño de la serie de detectores es especialmente importante en la TC helicoidal multicorte.

Colimación. La colimación es necesaria para obtener imágenes de TC helicoidal multicorte precisamente por los mismos motivos que se requiere en la radiografía convencional. Una colimación adecuada reduce la dosis en el paciente restringiendo el volumen hístico irradiado. Aún más importante es el

realce en el contraste de la imagen mediante la reducción de la radiación dispersa.

En la radiografía convencional hay un solo colimador, montado en el tubo de rayos X. En los sistemas de imagen de TC helicoidal multicorte hay habitualmente dos colimadores.

Un colimador se monta en el tubo de rayos X o adyacente al mismo. Este colimador limita el área del paciente que intercepta el haz útil y, por tanto, determina la dosis para el paciente. Este colimador prepaciente habitualmente consta de varias secciones de forma que el resultado es un haz de radiación casi paralelo.

La colimación prepaciente determina el perfil de dosis y la dosis al paciente. El colimador predetector restringe el haz de rayos X visto desde el conjunto de detectores. Este colimador reduce la radiación dispersa incidente en el conjunto de detectores y, cuando está adecuadamente acoplado con el colimador prepaciente, define el grosor de sección, también llamado perfil de sensibilidad. El colimador predetector reduce la radiación dispersa que llega al conjunto de detectores y, por tanto, mejora el contraste de la imagen. El colimador predetector determina el perfil de sensibilidad y el espesor de sección.

Generador de alto voltaje. Todos los sistemas de imagen de TC helicoidal multicorte funcionan con fuentes de alta frecuencia. Un generador de alta frecuencia es pequeño porque el transformador de alto voltaje también lo es; por eso se puede montar en el cabezal rotatorio.

Las limitaciones del diseño en el generador de alto voltaje son las mismas que las del tubo de rayos X. En un sistema de TC helicoidal multicorte bien diseñado, los dos deberían equipararse a la capacidad máxima. Se necesita una potencia de aproximadamente 50 kW.

Posicionamiento del paciente y de la mesa de soporte. Además de acoger cómodamente al paciente, la mesa debe estar construida con un material de baja Z como la fibra de carbono, de forma que no interfiera con la transmisión del haz de rayos X ni con la imagen del paciente. Debe moverse suavemente y

con precisión para permitir una colocación adecuada del paciente que no resulte afectada por su peso.

Cuando el posicionamiento de la mesa del paciente no es exacto, el mismo tejido se puede explorar dos veces, doblando la dosis o perdiéndola al mismo tiempo. La mesa del paciente se recoloca ordenadamente de forma que el operador no tenga que entrar en la sala de exploraciones para cada imagen. Esta característica reduce el tiempo de exploración requerido para cada paciente.

Tecnología de anillo deslizante. Los anillos deslizantes son dispositivos electromecánicos que conducen la electricidad y las señales eléctricas a través de anillos y cepillos de una superficie rotatoria a una superficie fija. Una superficie es un anillo liso y la otra un anillo con cepillos que barren el anillo liso.

La TC helicoidal es posible gracias al uso de la tecnología de anillo deslizante, que permite que el cabezal rote continuamente, sin interrupción. Las primeras TC se realizaron con una pausa entre las rotaciones del cabezal. Durante la pausa se movía la camilla del paciente y el cabezal se rebobinaba a una posición inicial.

En un sistema de cabezal de anillo deslizante la potencia y las señales eléctricas se transmiten a través de anillos estacionarios en el cabezal, eliminando la necesidad de cables eléctricos y haciendo imposible la rotación continua. La TC helicoidal multicorte es posible gracias a los anillos deslizantes.

Los cepillos que transmiten potencia a los componentes del cabezal se deslizan en muescas de contacto sobre el anillo deslizante estacionario. Como contacto deslizante se usan cepillos compuestos hechos de material conductor (p. ej., aleación de grafito de plata). Los anillos deberían durar igual que el sistema. Los cepillos deben sustituirse cada año durante el mantenimiento preventivo.

Características de la imagen. La imagen obtenida en la TC es distinta de la obtenida en una radiografía convencional. Es sintética en cuanto a que se crea artificialmente a partir de los datos recibidos y no es una imagen proyectada. En la radiografía, los rayos X forman una imagen en el receptor de

imágenes. Con los sistemas de imagen de TC, los rayos X forman una imagen que se almacena de forma electrónica y se muestra como una matriz de intensidades.

Matriz de la imagen. El formato de la imagen de TC consta de muchas células, cada una de ellas asignada a un número y mostrada como densidad óptica o nivel de brillo en el monitor. El modelo original de EMI contaba con una matriz de 80×80 , para un total de 6.400 células individuales de información. Los sistemas de imagen actuales cuentan con matrices de 512×512 , lo que resulta en 262.144 células de información.

Cada célula de información es un píxel (picture element o elemento de imagen) y la información numérica contenida en cada píxel es un número de TC o unidad Hounsfield (UH). El píxel es una representación en dos dimensiones del correspondiente volumen histórico. El diámetro de la reconstrucción de la imagen se llama área de visión (FOV, field of view). Cuando se incrementa la FOV para un tamaño de matriz fijo, por ejemplo de 12 a 20 cm, el tamaño de cada píxel aumenta de forma proporcional. Cuando el tamaño de la matriz se incrementa para una FOV fija, por ejemplo de 512×512 a 1.024×1.024 , el tamaño del píxel es menor.

Números de TC. Cada píxel se muestra en el monitor como un nivel de brillo. Estos niveles corresponden a un intervalo de números de TC desde -1.000 a $+3.000$ para cada píxel. Un número de TC de -1.000 corresponde a aire. Un número de TC de $+3.000$ corresponde a hueso denso. Un número de TC de cero indica agua.

El número de TC preciso para un determinado píxel está relacionado con el coeficiente de atenuación a los rayos X del tejido contenido en el vóxel. El grado de atenuación de los rayos X está determinado por el promedio de la energía del haz de rayos X y el número atómico efectivo del absorbente y se expresa como el coeficiente de atenuación.

El valor de un número de TC viene dado por: Esta ecuación muestra que el número de TC para el agua siempre es cero porque para el agua $mt = mw$, de modo que $mt - mw = 0$. Para que el sistema de imagen de TC opere con

precisión, la respuesta del detector se debe calibrar continuamente para que el agua esté siempre representada por cero.

Cuando k es 1.000, los números de TC se denominan unidades Hounsfield y van de -1.000 a $+1.000$. Obviamente, hay una enorme cantidad de información que se pierde cuando el intervalo dinámico actual es 4.096 pero se muestra en la imagen de vídeo o en la película con no más de 32 sombras de grises. Sin embargo, los ajustes de ventana y de nivel del posprocesado permiten hacer visible todo el rango dinámico.

Reconstrucción de la imagen. Las proyecciones tomadas por cada detector durante la TC se almacenan en la memoria del ordenador. La imagen se reconstruye a partir de estas proyecciones mediante un proceso denominado retroproyección filtrada. Aquí, el término filtro se refiere a una función matemática más que a un filtro metálico para los haces de rayos X.

Imaginemos una caja con dos orificios perforados en cada lado. La caja se divide en cuatro compartimentos llamados a, b, c y d, y hay una cucaracha de un tamaño mayor al normal en el compartimento c. Si ahora tapamos la caja y miramos por los cuatro juegos de orificios, podemos idear una manera de determinar con precisión en qué compartimento está la cucaracha.

En la TC no se tendría cuatro compartimentos (píxeles) sino unos 250.000. Por ello la reconstrucción de la imagen de TC requiere la solución de unas 250.000 ecuaciones simultáneas.

Reforma multiplanar. La TC helicoidal multicorte supera a la reforma multiplanar (MPR) tridimensional. Las imágenes transversas se apilan para formar un conjunto de datos tridimensionales que pueden interpretarse como una imagen de diversas formas. Se usan tres algoritmos de MPR tridimensionales con mayor frecuencia: proyección de intensidad máxima (MIP), expositor de superficie sombreada (SSD) y expositor de volumen sombreado (SVD).

La MIP reconstruye una imagen seleccionando los píxeles de mayor valor a lo largo de una línea arbitraria a través del grupo de datos y mostrando sólo los

píxeles. Las imágenes de MIP son muy utilizadas en la angiografía por TC (ATC) porque pueden reconstruirse muy rápidamente.

Sólo se usan aproximadamente un 10% de los puntos de datos tridimensionales. El resultado puede ser una imagen tridimensional de contraste muy alto de vasos llenos de contraste. En la mayoría de estaciones de trabajo informáticas, la imagen puede rotarse para mostrar características tridimensionales llamativas.

La MIP es la forma más simple para obtener imágenes tridimensionales. Aporta una diferenciación excelente de la vascularización del tejido circundante, pero carece de la profundidad de los vasos porque no se visualizan aquellos que se encuentran superpuestos. Esto se soluciona con la rotación de la imagen. Los pequeños vasos que pasan oblicuamente a través de un vóxel pueden no visualizarse por el promediado de volumen parcial.

El SSD es una técnica asistida por ordenador que se ha tomado prestada del diseño asistido por ordenador y las aplicaciones de fabricación. Inicialmente se aplicó a los huesos y ahora se usa de forma habitual en la colonoscopia virtual. El SSD identifica un amplio intervalo de valores como pertenecientes al objeto y muestra el intervalo. Éste aparece como una superficie de órgano que se determina por valores seleccionados por el operador.

Los límites de superficie pueden ser muy característicos y ofrecer una imagen que parece muy tridimensional. Esta imagen se llama representación volumétrica. La SVD es muy sensible al intervalo de píxeles seleccionado por el operador; esto puede dificultar la obtención de imágenes de estructuras anatómicas reales.

Calidad de la imagen. La calidad de imagen de las radiografías convencionales se expresa en términos de resolución espacial, resolución de contraste y ruido. Estas características son relativamente fáciles de describir, pero difíciles de medir y de expresar cuantitativamente.

Debido a que las imágenes de TC se componen de valores de píxel discretos, la calidad de la imagen es algo más fácil de caracterizar y cuantificar. Se dispone de muchos métodos para medir la calidad de la imagen de TC y hay

cinco características principales que están asignadas numéricamente. Son la resolución espacial, la resolución de contraste, el ruido, la linealidad y la uniformidad.

Resolución espacial. Si uno se imagina una estructura geométrica regular que tiene interfases bien definidas, la imagen en las interfaces será algo borrosa. El grado de emborronamiento es una medida de la resolución espacial del sistema y está controlada por diversos factores. Debido a que la imagen de la interfase es una interpretación visual de valores de píxel, estos valores podrían ser analizados a lo largo de la interfase para llegar a medir la resolución espacial.

La imagen es algo borrosa por las limitaciones del sistema de TC; el borde nítido esperado de los valores de TC se sustituye por un intervalo uniforme de valores de TC a través de la interfase. La resolución espacial está en función del tamaño del píxel: cuanto menor es el tamaño del píxel mejor es la resolución espacial. Los sistemas de imagen de TC permiten la reconstrucción de imágenes tras su obtención, a lo cual siguen tareas de posprocesado; éste es un potente sistema para mejorar la resolución espacial.

Un espesor de sección fino también permite mejorar la resolución espacial. La anatomía que no se incluye totalmente en un espesor de sección puede no ser representada; este artefacto se denomina volumen parcial. Por tanto, el tamaño del vóxel en la TC también afecta a la resolución espacial de la TC. El diseño del colimador prepaciente y del predetector afecta al nivel de radiación dispersa e influye en la resolución espacial, afectando al contraste del sistema.

La capacidad del sistema de imagen de TC de reproducir con precisión un contorno de alto contraste se expresa matemáticamente como la función de respuesta de contorno (ERF, edge response function). La ERF medida se puede transformar en otra expresión matemática llamada función de transferencia de modulación (MTF, modulation transfer function). La MTF y su representación gráfica se citan a menudo para expresar la resolución espacial de un sistema de imagen de TC.

Aunque la MTF es una formulación matemática bastante compleja, su significado no es muy difícil de representar. Considérese, por ejemplo, un patrón de barras que se estudian por TC. Una barra y su interespacio de la misma anchura se denominan par de líneas (pl). El número de pares de líneas por unidad de longitud se denomina frecuencia espacial y, para los sistemas de imagen de TC, se expresa en pares de líneas por centímetro (pl/cm).

Una frecuencia espacial baja representa objetos grandes y una frecuencia espacial alta objetos pequeños. La imagen obtenida de un patrón de barras de baja frecuencia será más parecida al objeto que la imagen de un patrón de barras de alta frecuencia. La pérdida en la exactitud de la reproducción con frecuencias espaciales crecientes se debe a diversas limitaciones de los sistemas de imágenes de TC. Las características de un sistema de imagen de TC que contribuyen a esta degradación en la imagen son la colimación, el tamaño y la concentración de los detectores, el control mecánicoeléctrico del cabezal y el algoritmo de reconstrucción.

En términos simplistas, la MTF es la relación de la imagen con el objeto como función de frecuencia espacial. Si la imagen representa exactamente al objeto, la MTF del sistema de imagen de TC tendría un valor de 1. Si la imagen fuera simplemente blanca y no contuviera información alguna del objeto, la MTF sería igual a cero. Valores intermedios de fidelidad dan como resultado valores intermedios de MTF.

Una curva de MTF que se extiende bastante hacia la derecha indica mayor resolución espacial, lo que significa que el sistema de imagen es capaz de reproducir objetos muy pequeños. Una curva de MTF que es más alta para frecuencias espaciales bajas indica mejor resolución de contraste.

Obviamente, la MTF es una relación compleja que hace referencia a la capacidad del sistema de obtener imágenes para objetos de diferentes tamaños. Muchos sistemas de imagen de TC se valoran por su frecuencia espacial a una MTF igual a 0,1, a veces llamada resolución limitante.

Aunque la resolución de la imagen de TC se expresa habitualmente mediante la frecuencia espacial de la resolución limitante, es más fácil pensar en

términos del tamaño del objeto que puede ser reproducido. El tamaño absoluto del objeto que puede identificar un sistema de imagen de TC es igual a la mitad del inverso de la frecuencia espacial a la resolución limitante.

Como un par de líneas consiste en una barra y un interespacio de igual anchura, 2 mm/lp representa a un objeto de 1 mm separado por un espacio de 1 mm. La resolución del equipo es por tanto de 1 mm.

Las medidas importantes del rendimiento del equipo que se pueden evaluar con los objetos de prueba son la generación de artefactos, la resolución de contraste y la resolución espacial. La resolución espacial de una imagen de TC está limitada por el tamaño del píxel. Aunque la MTF y la frecuencia espacial se usan para describir la resolución espacial de la TC, ningún sistema de imagen puede superar al tamaño del píxel. En términos de pares de líneas, una línea y su interespacio requieren al menos dos píxeles.

Resolución de contraste La capacidad para distinguir un tejido de partes blandas de otro que no tenga relación por su tamaño o su forma se denomina resolución de contraste. Ésta es un área en la que la TC helicoidal multicorte ofrece excelentes resultados. La absorción de los rayos X en los tejidos depende del coeficiente de atenuación lineal de los rayos X. Este coeficiente, como ya hemos visto, está en función de la energía del rayo X y del número atómico del tejido. En la TC la cantidad de radiación que penetra en el paciente también está determinada por la densidad de la masa de la parte del cuerpo estudiada.

El sistema de imagen de TC es capaz de amplificar estas diferencias en el contraste del sujeto de forma que el contraste de la imagen es alto. El intervalo de los números de TC de estos tejidos aproximadamente es de -100, 50 y 1.000, respectivamente. Esta escala amplificada de contraste permite a la TC identificar mejor estructuras adyacentes que tienen una composición similar.

La resolución de contraste es superior en la TC principalmente debido a la colimación del haz de rayos X. La resolución de contraste que proporciona la TC es considerablemente mejor que la disponible en la radiografía convencional, sobre todo debido a la radiación dispersa eliminada con los colimadores prepaciente y prerreceptor.

La capacidad de representar objetos con bajo contraste con la TC está limitada por el tamaño y la uniformidad del objeto y por el ruido del equipo.

Ruido. Si se estudia un medio homogéneo como el agua, cada píxel debe tener valor de cero. Por supuesto, esto nunca ocurre porque la resolución de contraste del sistema no es perfecta; por tanto, los números de TC pueden promediar cero, pero existe un intervalo de valores mayores o menores de cero. Esta variación en los números de TC por encima y por debajo del valor promedio es el ruido del sistema. Si todos los píxeles tuvieran el mismo valor el ruido sería cero.

Una gran variación en los valores de píxel representa una imagen con mucho ruido. El ruido es el porcentaje de la desviación estándar de un gran número de píxeles obtenido de una imagen de un cubo de agua. Es importante comprender que el ruido depende de numerosos factores: kVp y filtración, tamaño del píxel, espesor de sección, eficiencia de los detectores, dosis administrada al paciente. Finalmente, lo que controla el ruido es la dosis administrada al paciente y el número de rayos X utilizados por el detector para generar la imagen.

En estadística, el ruido se llama desviación estándar y se representa mediante σ . El ruido aparece en la imagen como un grano. Las imágenes con poco ruido aparecen muy nítidas a la vista y las imágenes con mucho ruido tienen un aspecto sucio o manchado. La resolución de objetos de bajo contraste está limitada por el ruido de un sistema de imagen de TC.

El ruido se debe evaluar diariamente obteniendo una imagen de un cubo de agua de 20 cm de diámetro. Todos los sistemas de imagen de TC pueden identificar una ROI en la imagen digital y procesar la media y la desviación estándar de los números de TC en esa ROI. Cuando el técnico radiólogo mide el ruido, la ROI debe incluir al menos 100 píxeles. Estas medidas del ruido deben considerar cinco mediciones (cuatro en la periferia y una en el centro).

Linealidad. El equipo de TC se debe calibrar con frecuencia para que el agua sea constantemente representada por el número de TC cero y los otros tejidos por sus correspondientes números de TC. Una calibración de prueba que

se puede realizar a diario utiliza el objeto de prueba de cinco pins de la American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Cada uno de los cinco pins está hecho de un material plástico distinto con propiedades físicas y de atenuación de la radiación conocida, y se colocan en un cubo de agua.

Después de obtener una imagen de este objeto de prueba el número de TC de cada perno debe ser grabado, y su valor medio y desviación estándar trazados. El trazo del número de TC en función del coeficiente de atenuación lineal debe ser una línea recta que pase por el número de TC 0 para el agua.

Uniformidad. Cuando se obtiene una imagen de un objeto uniforme como el cubo de agua, cada píxel debe tener el mismo valor porque cada uno de ellos representa precisamente el mismo objeto. Además, si el sistema de imagen de TC está adecuadamente ajustado, este valor debe ser cero. Debido a que el sistema de imagen de TC es un mecanismo electrónico y mecánico extraordinariamente complicado, esta precisión no es posible de forma constante. El valor de TC para el agua puede variar día a día o incluso de hora en hora.

En cualquier momento en el que se obtengan imágenes del cubo de agua, los valores de píxel deben ser constantes en todas las regiones de la imagen reconstruida. Esta característica se denomina uniformidad espacial. La uniformidad espacial puede comprobarse mediante un paquete interno de programas informáticos que permite la representación de los números de TC en cualquier eje de la imagen como un histograma o un gráfico lineal. Si todos los valores del histograma o del gráfico lineal están dentro de las dos desviaciones estándar del valor medio ($\pm 2 \sigma$), se dice que el sistema presenta una uniformidad espacial aceptable. El endurecimiento del haz de rayos X puede provocar una disminución en los números de TC de forma que el centro de la imagen aparezca más oscuro que la periferia. Éste es el artefacto de ahuecamiento o «cupping», y puede ser claramente demostrado al obtener imágenes del cubo de agua dentro de un anillo de Teflón que simula el hueso.

Principios de obtención de imágenes. Cuando inicia el examen, el tubo de rayos X rota continuamente. Mientras el tubo de rayos X rota, la camilla mueve

al paciente a través del plano del haz rotatorio de rayos X. El tubo de rayos X se alimenta continuamente y se registran los datos también continuamente, con lo que resulta que se puede reconstruir una imagen en cualquier posición del eje z a lo largo del paciente.

Algoritmos de interpolación. Es posible reconstruir una imagen en cualquier posición del eje z gracias a un proceso matemático llamado interpolación. Si se quiere estimar un valor entre valores conocidos se lleva a cabo una interpolación, mientras que si se quiere estimar un valor fuera del intervalo de valores conocidos se realiza una extrapolación. Durante la TC helicoidal se reciben datos de las imágenes continuamente.

La interpolación de datos se lleva a cabo con un programa informático especial llamado algoritmo de interpolación. Los primeros algoritmos de interpolación usaban una interpolación lineal de 360°. El plano de la imagen reconstruida se interpolaba de datos tomados una revolución más allá.

Cuando a estas imágenes se les da el formato de vistas o secciones sagitales o coronales, puede haber una pérdida de definición en comparación a las imágenes de TC convencionales formateadas. La solución al problema de la pérdida de definición es la interpolación de valores separados por 180° (media revolución del tubo de rayos X). Esto conlleva una mejor resolución en el eje z y una mejora en las secciones reformateadas sagitales y coronales. La interpolación lineal a 180° mejora la resolución en el eje z.

Factor de desplazamiento. Aparte de la mejora en las reconstrucciones sagitales y coronales, los algoritmos de interpolación de 180° permiten tomar imágenes con un factor de desplazamiento mayor que uno. El factor de desplazamiento helicoidal conocido (pitch) es la relación entre el movimiento de la camilla del paciente y el grosor del haz de rayos X.

El factor de desplazamiento se expresa como una relación, como por ejemplo 0,5:1, 1,0:1, 1,5:1 o 2:1. Un factor de desplazamiento de 0,5:1 ofrece imágenes solapadas y una dosis para el paciente más elevada. Un factor de desplazamiento de 2:1 da como resultado una obtención de imágenes más larga y una dosis para el paciente más reducida.

Un incremento del factor de desplazamiento por encima de 1:1 aumenta el volumen de tejido del cual se puede tomar una imagen en un tiempo determinado. Ésta es la ventaja principal de la TC helicoidal multicorte: su capacidad de tomar imágenes de un volumen más grande de tejido mientras el paciente aguanta la respiración una sola vez. Esto es particularmente beneficioso en la angiografía por TC, la planificación de tratamientos de radioterapia y la obtención de imágenes de pacientes no cooperadores.

La relación entre el volumen de tejido del cual se toman imágenes y el factor de desplazamiento es la siguiente: $\text{Volumen analizado} = \text{Tejido analizado} \times \text{grosor del corte} \times \text{factor de desplazamiento} \times \text{tiempo de análisis multidetectores}$ (o al menos de las filas de detectores usados para una tarea específica) intercepta el haz de rayos X enfocado. Por ejemplo, si se usan todos los detectores de una serie de 16 detectores, de 1,25 mm de ancho cada uno, si la camilla del paciente se desplaza 20 cm, el factor de desplazamiento es de 1,0 porque el haz también mide 20 cm de ancho.

Si sólo se usan las filas centrales el ancho del haz de rayos X se enfoca a 10 cm. Ahora, si la camilla del paciente se desplaza 20 cm, se observa una espiral extendida con un factor de desplazamiento del haz de 2,0.

En la práctica, el factor de desplazamiento de la TC helicoidal multicorte suele ser de 1,0. Debido a que se obtienen múltiples cortes y la localización del eje z y la anchura de reconstrucción puede seleccionarse después, la superposición de imágenes es innecesaria. Una excepción es la ATC, que requiere un factor de desplazamiento inferior a 1,0:1. Debido a la capacidad de los multicortes se obtienen más cortes por unidad de tiempo.

Esto se traduce en un volumen de tejido más grande. Cuando el factor de desplazamiento del haz es mayor de aproximadamente 1,0:1, la resolución del eje z se reduce por un perfil de sensibilidad de sección amplio (SSP).

Perfil de sensibilidad. Consideremos el perfil de sensibilidad de una sección de 5 mm conseguida con un sistema de obtención de imágenes de TC con gatillado prospectivo. Si se colima adecuadamente tendrá una anchura completa a la mitad del máximo (FWHM, full width at half maximum) de 5 mm.

La FWHM es la anchura del perfil a la mitad de su valor máximo. A un factor de desplazamiento multicorte de 1:1, el SSP sólo es aproximadamente un 10% más ancho que el de TC convencional. Sin embargo, a un factor de desplazamiento de 2:1, el SSP ya es aproximadamente un 40% más grande.

Técnica de obtención de imágenes. Matriz detectora de múltiples cortes
Hacia el final del milenio, todos los proveedores de TC habían producido y lanzado al mercado sistemas de obtención de imágenes de TC de múltiples cortes. Éstos tienen principalmente dos características distintivas. Por un lado, en vez de una matriz detectora, la TC de múltiples cortes requiere varias matrices detectoras paralelas que contienen miles de detectores individuales.

Por otro lado, la activación de una matriz detectora tan grande para un análisis rápido de gran volumen requiere un ordenador muy rápido y de alta capacidad. Después de la demostración inicial de la obtención de imágenes con dos cortes a principios de la década de 1990, se han desarrollado rápidamente matrices detectoras que proporcionan hasta 320 cortes simultáneamente.

Un diseño simple de obtención de imágenes de múltiples cortes consta de cuatro matrices detectoras, todas de igual anchura. La anchura de cada matriz detectora es de 0,5 mm, lo que resulta en cuatro cortes de 0,5 mm de anchura. El diseño de un sistema de obtención de imágenes de TC de este tipo permite habitualmente que se combinen las señales detectadas de matrices adyacentes para producir dos cortes de 1 mm de anchura o un corte de 2 mm de anchura. La obtención de imágenes con un corte más ancho permite una mejor resolución de contraste para el mismo ajuste de mA, ya que la señal detectada es mayor.

Esta mejora en la resolución de contraste se acompaña de una ligera reducción de la resolución espacial debido al incremento del tamaño del vóxel. O bien se puede analizar un volumen de tejido más grande con la resolución de contraste original a un ajuste de mA menor. Los múltiples cortes más anchos permiten que se analice más volumen.

Un tamaño menor del detector da como resultado una resolución espacial mejor. En esta explicación sobre la TC helicoidal multicorte se han usado cuatro

cortes por simplicidad como ejemplo. De hecho, la TC helicoidal multicorte ha progresado de 4 a 16, a 64 y a 320 cortes en muy poco tiempo.

Velocidad de obtención de datos. Con la TC helicoidal de cortes se pueden obtener numerosos cortes en el mismo intervalo de tiempo en el que previamente se adquiriría uno solo. El ritmo de obtención de cortes (SAR, slice acquisition rate) es una medida de la eficacia del sistema de obtención de imágenes de TC helicoidal de múltiples cortes.

La principal ventaja de la TC helicoidal de múltiples cortes es que se puede analizar una cantidad mayor de tejido. En el límite de rendimiento, hoy día es posible analizar el cuerpo entero, de la cabeza a los pies, en el tiempo en que el paciente aguanta la respiración una sola vez. Aunque lo que se está analizando es un volumen de tejido, éste se representa por la cobertura en el eje z.

Los sistemas de TC están sujetos a los mismos problemas de alineación, calibración y funcionamiento de los sistemas de rayos X convencionales. Tienen las complejidades adicionales del cabezal de múltiples movimientos, la consola interactiva y el ordenador. Cada uno de estos subsistemas aumenta el riesgo de desviación e inestabilidad, que podría traducirse en una degradación de la calidad de imagen. En consecuencia, es fundamental seguir un programa de control de calidad (CC) específico de cada sistema de TC. Este programa incluye una monitorización diaria, semanal, mensual y anual, además de un programa de mantenimiento preventivo continuado.

Las determinaciones especificadas en la revisión anual deben realizarse en todo el equipamiento nuevo y en todo el equipamiento existente después de sustituir o reparar un componente importante.

Ruido y uniformidad. Semanalmente deben obtenerse imágenes de un cubo de agua de 20 cm; el valor promedio del agua debe ser de 0 ± 10 HU. Además, la uniformidad de la imagen no debe variar ± 10 HU del centro a la periferia. Casi todos los sistemas de TC cumplen fácilmente estas especificaciones de rendimiento. No obstante, si se usa un sistema para la TC cuantitativa, puede ser adecuado aplicar unas especificaciones más ajustadas.

Cuando se realiza esta evaluación deben cambiarse uno o más de los siguientes: parámetros de TC, grosor del corte, diámetro de reconstrucción o algoritmo de reconstrucción.

Linealidad. La linealidad se evalúa con una imagen de inserto de cinco pins de la American Association of Physicists in Medicine (AAPM). El análisis de los valores de los cinco pins debería mostrar una relación lineal entre la unidad Hounsfield y la densidad de electrones. El coeficiente de correlación de esta relación lineal debe ser del 0,96% como mínimo o 2 de desviaciones estándar. Esta evaluación debe realizarse dos veces al año. Es especialmente importante en los sistemas usados en la TC cuantitativa, lo que requiere la determinación exacta del valor del tejido en unidades Hounsfield.

Resolución espacial. La monitorización de la resolución espacial es el componente más importante de este programa de CC. La resolución espacial constante garantiza el rendimiento adecuado de la matriz detectora, de la electrónica de reconstrucción y de los componentes mecánicos. La resolución espacial se evalúa obteniendo imágenes de un cable o límite para conseguir la función de diseminación del punto o la función de la respuesta del límite, respectivamente. Estas funciones se transforman después matemáticamente para obtener la función de transferencia de modulación (MTF).

Sin embargo, determinar la MTF requiere tiempo y atención considerables. La mayoría de especialistas en física médica encuentran aceptable obtener imágenes de un patrón de barras o un patrón de orificios. La resolución espacial debe evaluarse dos veces al año y dentro de las especificaciones del fabricante.

Resolución de contraste. La TC sobresale como modalidad de imagen por su superior resolución de contraste. Las especificaciones del rendimiento de los varios sistemas de TC difieren entre fabricantes y entre modelos, según su diseño. Todos los sistemas de TC deberían poder resolver objetos de 5 mm con un contraste al 0,5%. La resolución de contraste debe evaluarse dos veces al año. Esto se lleva a cabo con varios objetos de comprobación de contraste

según los esquemas analíticos incorporados que se encuentran en todos los aparatos de TC.

Grosor del corte. El grosor del corte (perfil de sensibilidad) se mide con un objeto de comprobación diseñado específicamente que incorpora una rampa, una espiral o una cuña escalonada. Esta evaluación debe realizarse dos veces al año; el grosor del corte debe estar dentro de 1 mm para un grosor de 5 mm o más. Para un corte de menos de 5 mm de grosor la tolerancia aceptable son 0,5 mm.

Incremento de la camilla. Con las maniobras automáticas a través del cabezal de la TC por parte del paciente, éste debe estar bien colocado. Esta evaluación debe realizarse mensualmente. Durante una exploración física con el paciente colocado en la camilla, anótase la posición de la misma al principio y al final de la exploración con el uso de una cinta métrica y reglas en los rieles de la camilla. Compararlo con el movimiento de la camilla deseado. Debe ser de ± 2 mm como máximo.

Localizador del láser. La mayoría de sistemas de TC tienen luces localizadoras del láser internas y/o externas para colocar al paciente. La precisión de estos láseres puede determinarse con algunos objetos de comprobación diseñados a este efecto. Su precisión debe evaluarse al menos dos veces al año; suele realizarse al mismo tiempo que la valoración del incremento de la camilla.

Dosis del paciente. No se especifican los límites recomendados para la dosis del paciente durante la TC. Además, la dosis varía considerablemente según los parámetros del escaneo. Las imágenes de alta resolución requieren una dosis más alta. Cuando se usa una técnica fija, la dosis del paciente no debería variar más de un $\pm 10\%$ entre evaluaciones. Esta evaluación debe realizarse dos veces al año o después de sustituir el tubo de rayos X.

La dosis del paciente se especifica como un índice de dosis de tomografía computarizada (IDTC) y puede monitorizarse con cámaras de ionización tipo lápiz diseñadas especialmente o dosímetros termoluminiscentes.

V. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Definición	Indicador	Escala
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento del estudio.	Años cumplidos.	Ordinal
Sexo	Característica sexual con el que nace una persona.	Masculino Femenino	Nominal
Antecedentes patológicos	Enfermedades con las que ha cursado el paciente previo a la enfermedad pancreática.	Respuesta al cuestionario	Nominal
Sintomatología	Lo que refiere sentir el paciente.	Respuesta al cuestionario	Nominal
Hallazgo tomográfico	Diagnóstico dado mediante tomografía computarizada.	Diferentes patologías pancreáticas	Nominal

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

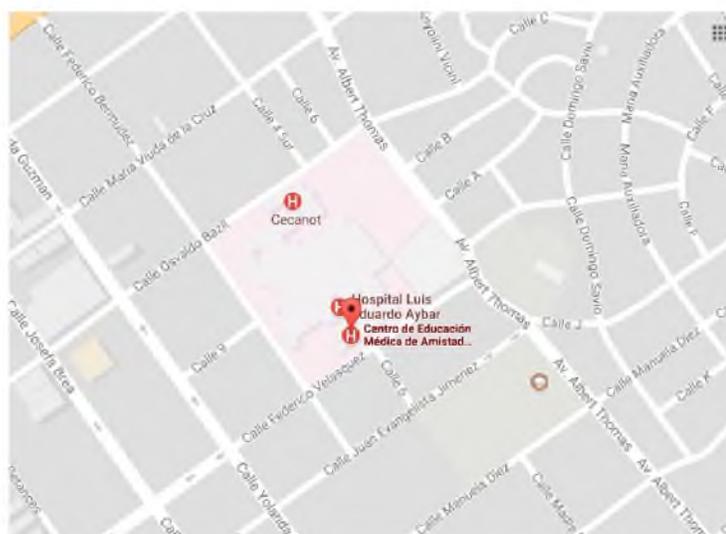
VI.1. Tipo de estudio

El alcance de la investigación se refiere al nivel de profundidad al cual se llega, siendo en esta investigación descriptivo, debido a que se lleva a cabo un estudio en el cual se hará una profundización en las características de los hallazgos patológicos pancreáticos, así como en las características sociodemográficas de los pacientes.

Este estudio tiene un corte transversal, en el cual solo se ha llevado a cabo el levantamiento de los pacientes atendidos durante el periodo agosto 2016-marzo 2017.

VI.2. Área de estudio

El Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa, el cual se ubica en la Ciudad Sanitaria Dr. Luis Eduardo Aybar, localizado en el Distrito Nacional, República Dominicana. La delimitación geográfica del centro está dada de la siguiente manera: al Norte la calle Osvaldo Bazil; al Este Avenida Albert Thomas; al Sur calle Federico Velásquez; y al Oeste la calle Federico Bermúdez.



VI.3. Universo

La población de pacientes con hallazgos positivos de patologías pancreáticas en el CEMADOJA fue de setenta y seis pacientes.

VI.4. Muestra

Los 76 pacientes con hallazgos patológicos de páncreas, fueron tomados en su totalidad debido a que se posee acceso a sus datos, además de ser una población relativamente pequeña. Es decir, las unidades totales de análisis es la población de pacientes con hallazgos pancreáticos.

VI.5. Criterios

VI.5.1. De inclusión

Se han excluidos todos los pacientes que a pesar de tener tomografía de abdomen, con o sin hallazgos positivos para patologías localizadas en otros órganos diferentes al páncreas. Se han incluido solo los pacientes atendidos en el periodo agosto 2016-marzo 2017.

VI.5.2. De exclusión

Se han excluido pacientes con hallazgos localizados en otros órganos fuera del páncreas, así como los estudios realizados en otros periodos anteriores o posteriores a la delimitación temporal seleccionada en esta investigación.

VI.6. Instrumento de recolección de la información

Para recolectar los datos, se elaboró un instrumento en donde se recogen los indicadores necesarios a fin de obtener respuesta a los objetivos propuestos en esta investigación (ver anexo XII.2). Dicho instrumento incluye la edad, sexo, antecedentes patológicos, sintomatología presentada por el paciente y hallazgos tomográficos.

VI.6. Procedimiento

Los pacientes fueron atendidos en un equipo Toshiba® de 16 detectores (16D). Todos venían al centro con indicación de realizar tomografía abdominal, y abdominopélvica, en algunos de ellos se especificaba la atención al páncreas, a otros no.

Recibida la indicación, el paciente fue evaluado en la Unidad de Recuperación con el fin de detectar antecedentes alérgicos o patológicos que sugirieran algún tratamiento especial o considerar la aplicación de premedicación con Prednisolona en aquellos que así lo requiriera el protocolo.

De igual manera, se procedió a explicar al paciente en qué consiste el estudio, indicar la preparación necesaria, así como colocar cita para realizar el estudio.

Al recibir el paciente el día del estudio, se confirman los datos previamente recolectados del mismo, se procedió a darle medio de contraste oral Gastroview® con el fin de delimitar las asas intestinales, esto con al menos 30 minutos de antelación al escaneo tomográfico.

Posteriormente, el paciente fue recibido en la sala de tomografía, se coloca al paciente en decúbito supino, pies entrando primero al *gantry*, se realiza un primer topograma o *scoutview*, se planifican cortes continuos en modalidad helicoidal, abarcando todo, desde el extremo superior del abdomen, hasta al menos una línea imaginaria transversal trazada a nivel de las espinas ilíacas anterosuperiores. El grosor de corte es a 1 milímetro, reconstruido a 5 milímetros.

Este escaneo se realiza en una primera fase sin contraste, seguido de una fase contrastada, con inyector automático de medio de contraste con un caudal de 2 cc por segundo, un volumen total de 100 cc, con un retraso poscontraste de 50-60 segundos según cada caso.

Obtenidos los datos se pasó a evaluar los cortes tomados, vistos tanto en pantalla como en negatoscopio, se realiza reporte radiográfico y se completa el récord del paciente.

VI.7. Tabulación

Los datos de los casos de los pacientes posteriormente fueron organizados, tabulados y graficados utilizando el programa de tratamiento estadístico SPSS® (Statistical Product and Service Solutions). Se presentan los datos y se llega a las conclusiones finales de esta investigación. Los datos de indicadores numéricos son presentados en tablas estadísticas y gráficos, así como mediante descripciones textuales de los mismos.

VI.9 Aspectos éticos de la investigación

Se declara que mediante esta investigación no se han violentado los derechos de los pacientes, ni se divulgan datos que violen su derecho a la intimidad. Igualmente, se declara que no existe conflicto de intereses de la investigadora en relación con los datos levantados, por lo que los mismos son presentados tal y como se hallan en su contexto, sin ninguna manipulación intencional para falsearlos.

VII. PRESENTACIÓN DE DATOS

Tabla 1. Distribución por mes de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Domingo-Japonesa

Mes	Frecuencia	Porcentaje
Marzo 2017	13	17.1
Febrero 2017	5	6.6
Enero 2017	11	14.5
Diciembre 2016	7	9.2
Noviembre 2016	10	13.2
Octubre 2016	15	19.7
Septiembre 2016	4	5.3
Agosto 2016	11	14.5
Total	76	100.0

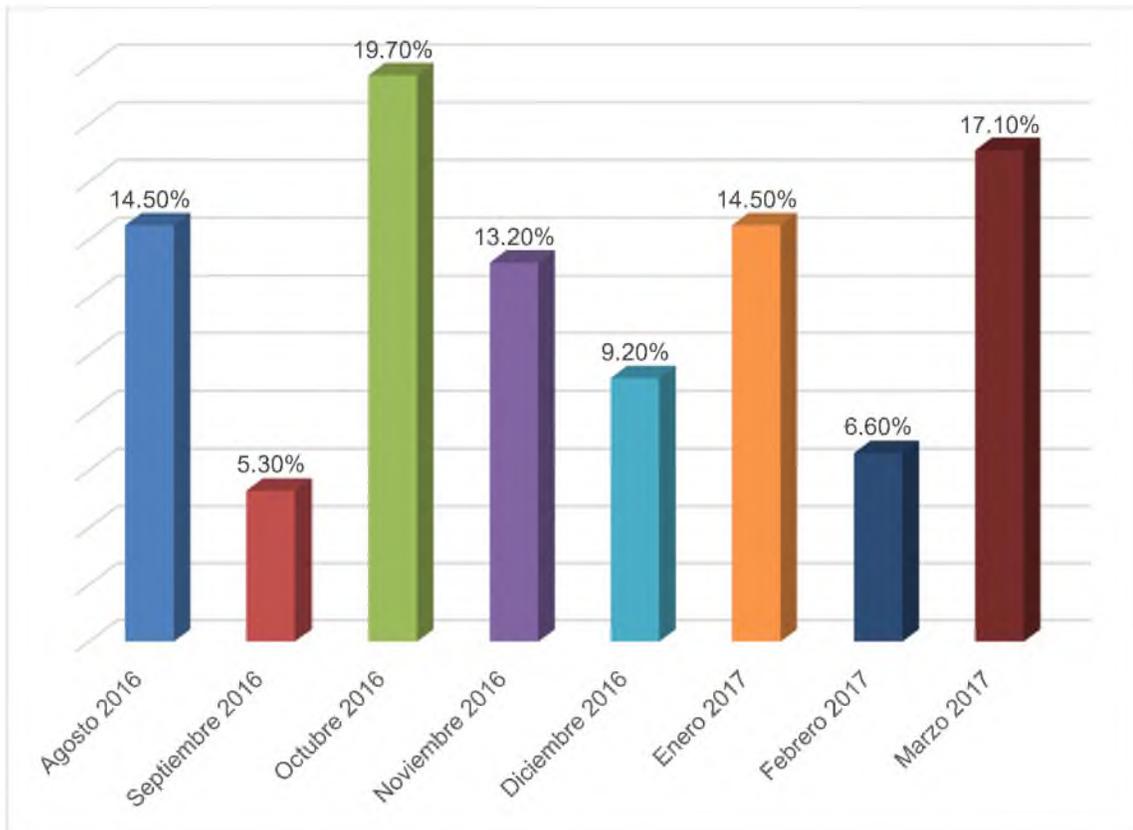
Fuente: expediente médico de los pacientes de tomografía computarizada del CEMADOJA, agosto 2016-marzo 2017.

Tabla 2. Estadísticos de la distribución mensual de pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Domingo-Japonesa

Parámetro	Valor
Media	4.53
Error estándar de la media	.269
Mediana	4.00
Moda	3
Desviación estándar	2.346
Varianza	5.506
Rango	7
Mínimo	1
Máximo	8
Suma	344

Fuente: cálculos realizados utilizando el IBM SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences).

Gráfico 1. Distribución por mes de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Dominico-Japonesa



Fuente: tabla 1.

Se destaca en el gráfico precedente que el mes con mayor afluencia de pacientes con hallazgo tomográfico de páncreas fue octubre 2016 con un 19.70 por ciento, seguido de marzo 2017 con un 17.10 por ciento, agosto 2016 con un 14.50 por ciento, enero 2017 con un 14.50 por ciento, noviembre 2016 con un 13.20 por ciento, diciembre 2016 con un 9.20 por ciento, febrero 2017 con un 6.60 por ciento y, por último, septiembre 2016 con un 5.30 por ciento de los casos.

Tabla 3. Grupos etarios de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Dominicó-Japonesa

Indicador	Frecuencia	Porcentaje
≤ 80	6	7.9
70-79	9	11.8
60-69	6	7.9
50-59	16	21.1
40-49	17	22.4
30-39	11	14.5
20-29	7	9.2
10-19	3	3.9
0-9	1	1.3
Total	76	100.0

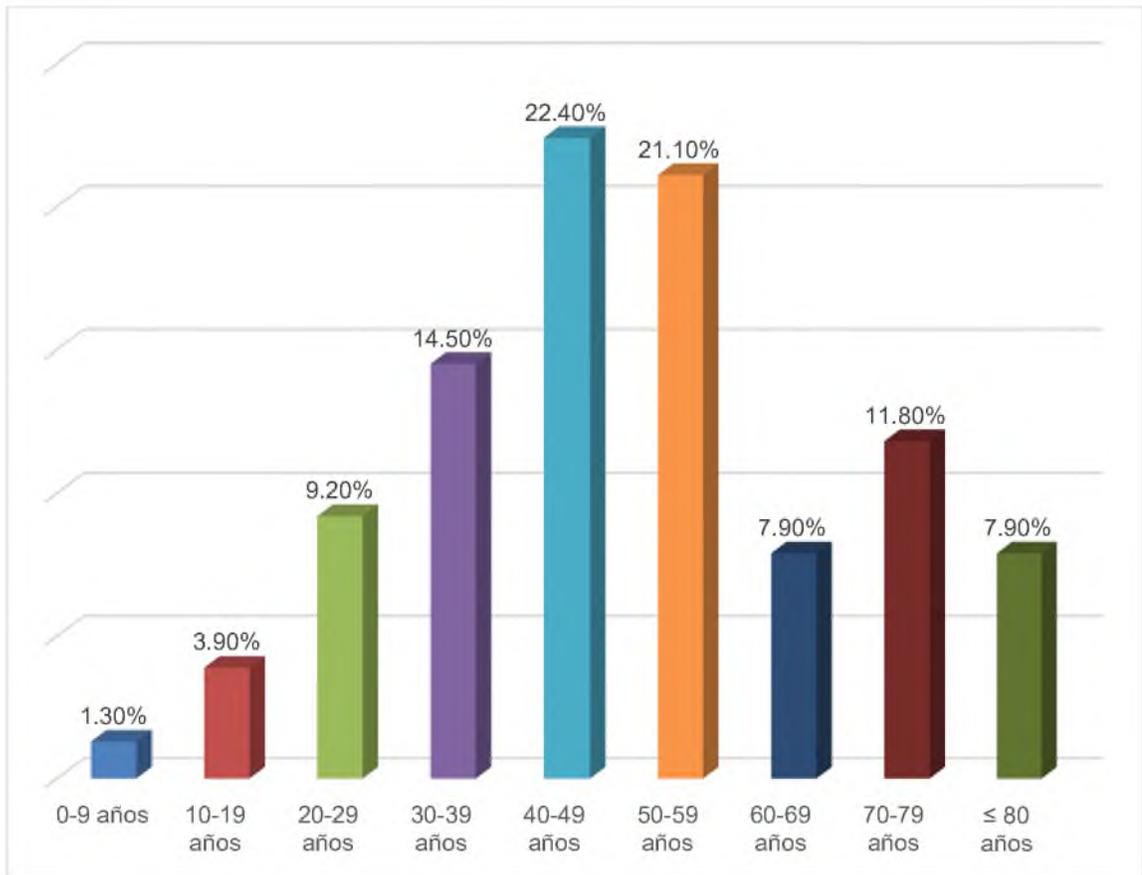
Fuente: expediente médico de los pacientes de tomografía computarizada del CEMADOJA, agosto 2016-marzo 2017.

Tabla 4. Estadísticos de los grupos etarios de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Dominicó-Japonesa

Parámetro	Valor
Media	5.54
Error estándar de la media	.220
Mediana	5.00
Moda	5
Desviación estándar	1.921
Varianza	3.692
Rango	8

Fuente: cálculos realizados utilizando el IBM SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences).

Gráfico 2. Grupos etarios de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Dominicano-Japonesa



Fuente: tabla 3.

Se pudo determinar que el grupo etario más frecuente de pacientes estuvo entre los 40-49 años con un 22.40 por ciento de los casos, seguido de 50-59 años con un 21.10 por ciento. A estos les siguieron los de 30-39 años con un 14.50 por ciento, de 70-79 años con un 11.80 por ciento, de 20-29 años con un 9.20 por ciento, el grupo de 60-69 y ≤80 obtuvieron cada uno un 7.90 por ciento. Por último, el grupo de 0-9 años con un 1.30 por ciento de los casos estudiados.

Tabla 5. Sexo de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Dominicano-Japonesa

Indicador	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Femenino	38	50.0	50.0	50.0
Masculino	38	50.0	50.0	100.0
Total	76	100.0	100.0	

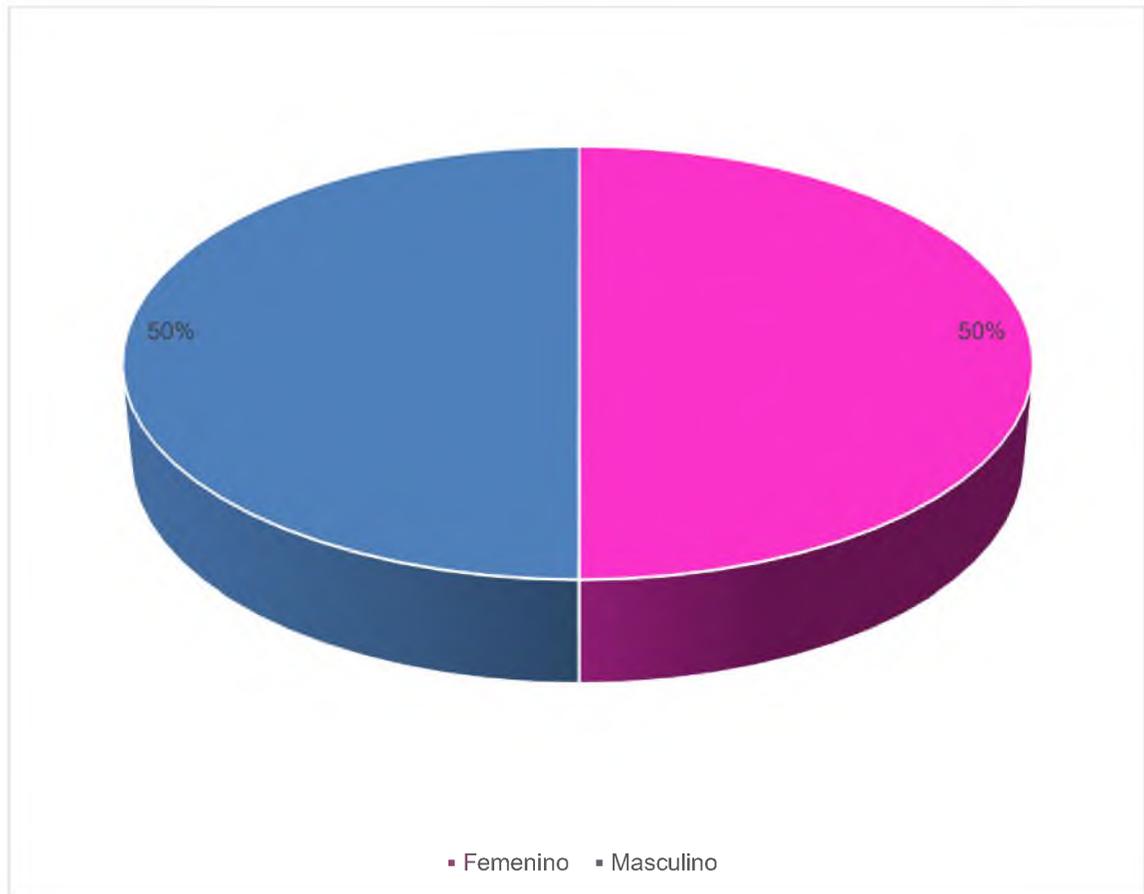
Fuente: expediente médico de los pacientes de tomografía computarizada del CEMADOJA, agosto 2016-marzo 2017.

Tabla 6. Estadísticos por sexo de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Dominicano-Japonesa

Parámetro	Valor
Media	1.50
Error estándar de la media	.058
Mediana	1.50
Moda	2 ^a
Desviación estándar	.503
Varianza	.253
Rango	1
Mínimo	1
Máximo	2
Suma	114

Fuente: cálculos realizados utilizando el IBM SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences).

Gráfico 3. Sexo de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Domingo-Japonesa



Fuente: tabla 5.

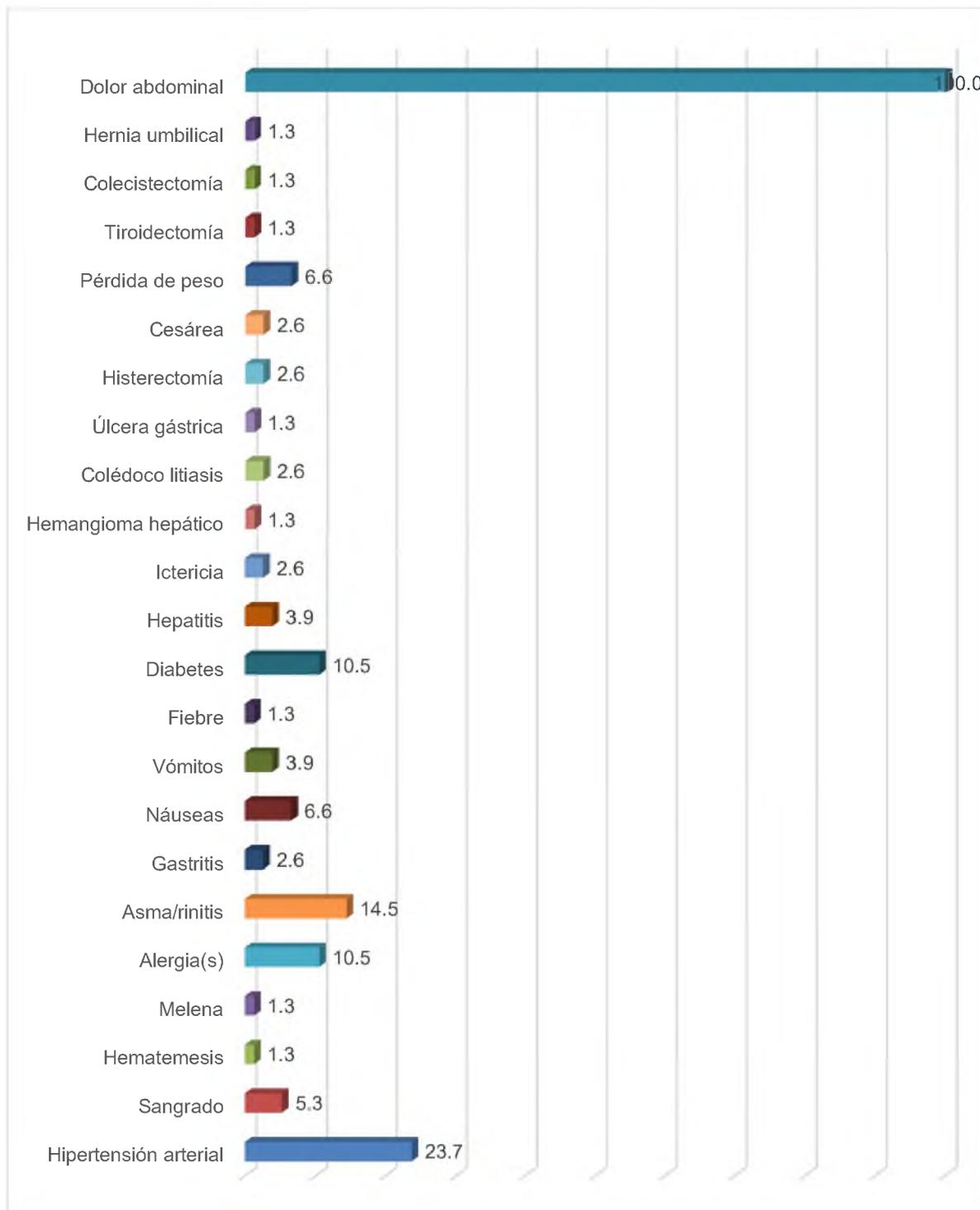
Se puede observar que el 50 por ciento de los casos correspondió al sexo femenino, en tanto que el restante 50 por ciento fue de sexo masculino.

Tabla 7. Antecedentes patológicos de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Domingo-Japonesa

Indicador	N	Porcentaje	Porcentaje de casos
Hipertensión arterial	18	11.3%	23.7%
Sangrado	4	2.5%	5.3%
Hematemesis	1	0.6%	1.3%
Melena	1	0.6%	1.3%
Alergia(s)	8	5.0%	10.5%
Asma/rinitis	11	6.9%	14.5%
Gastritis	2	1.3%	2.6%
Náuseas	5	3.1%	6.6%
Vómitos	3	1.9%	3.9%
Fiebre	1	0.6%	1.3%
Diabetes	8	5.0%	10.5%
Hepatitis	3	1.9%	3.9%
Ictericia	2	1.3%	2.6%
Hemangioma hepático	1	0.6%	1.3%
Colédoco litiasis	2	1.3%	2.6%
Úlcera gástrica	1	0.6%	1.3%
Histerectomía	2	1.3%	2.6%
Cesárea	2	1.3%	2.6%
Pérdida de peso	5	3.1%	6.6%
Tiroidectomía	1	0.6%	1.3%
Colecistectomía	1	0.6%	1.3%
Hernia umbilical	1	0.6%	1.3%
Dolor abdominal	76	47.8%	100.0%
Total	159	100.0%	209.2%

Fuente: expediente médico de los pacientes de tomografía computarizada del CEMADOJA, agosto 2016-marzo 2017.

Gráfico 4. Antecedentes patológicos de los pacientes con hallazgos pancreáticos en el Centro de Educación Médica de Amistad Dominico-Japonesa



Fuente: tabla 7.

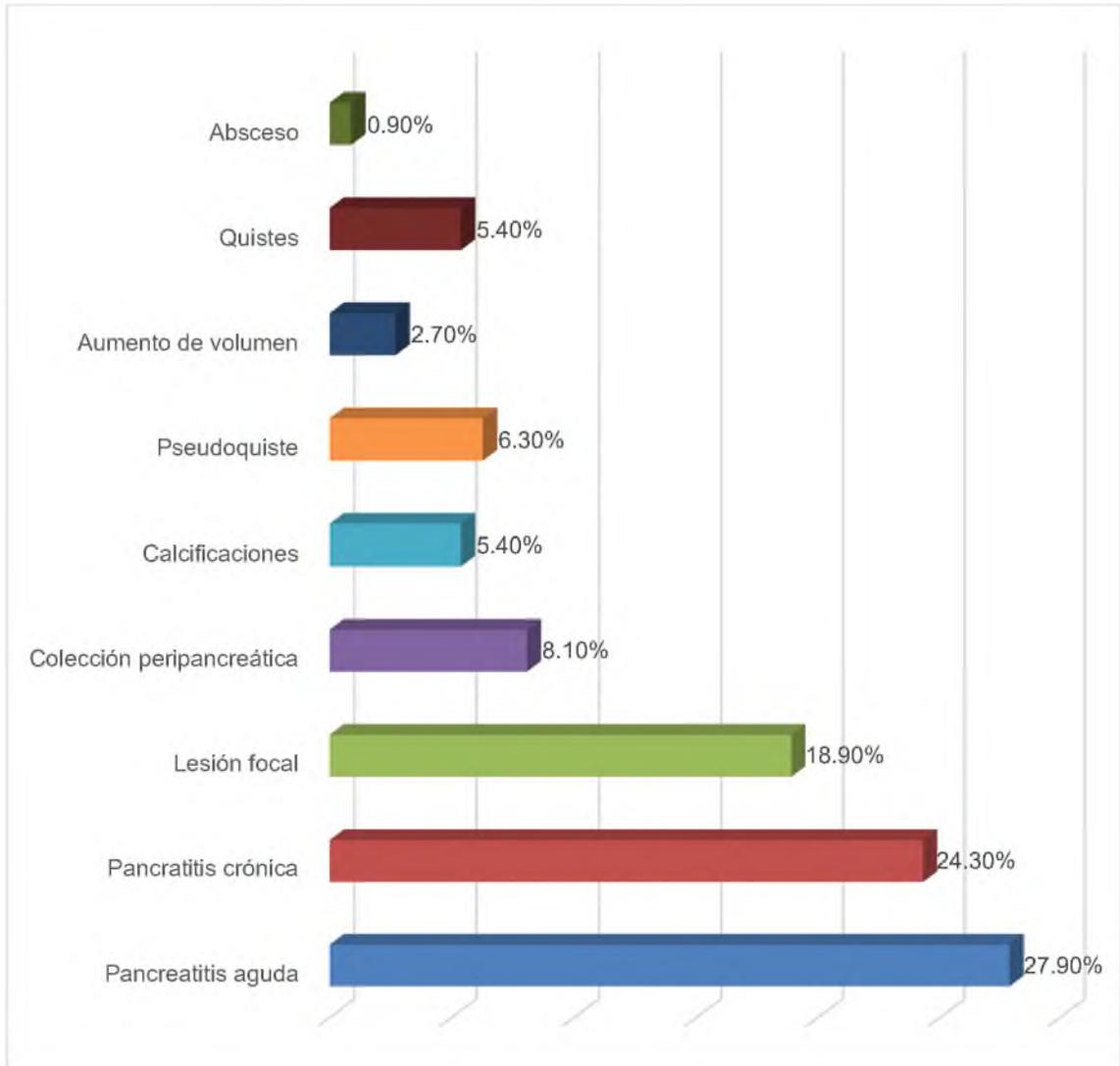
Se destaca la importancia del síntoma de dolor abdominal con un porcentaje de 100 en los casos estudiados. Otros hallazgos como antecedente patológico o síntomas presentados fueron: hipertensión arterial con un 23.7 por ciento, asma/rinitis con un 14.5 por ciento, alergias varias y diabetes ambas con un 10.5 por ciento de los casos. Náuseas en un 6.6 por ciento, igualmente pérdida de peso en un 6.6 por ciento y sangrado con un 5.3 por ciento. Menores porcentajes obtuvieron vómitos y hepatitis, ambos con un 3.9 por ciento, cesárea, histerectomía, colédoco litiasis, ictericia y gastritis, todas con un 2.6 por ciento de casos. Para hernia umbilical, colecistectomía, tiroidectomía, úlcera gástrica, hemangioma hepático, fiebre, melena y hematemesis un 1.3 por ciento, respectivamente.

Tabla 8. Hallazgos tomográficos pancreáticos de los pacientes del Centro de Educación Médica de Amistad Domingo-Japonesa

Indicador	Respuestas		Porcentaje de casos
	N	Porcentaje	
Pancreatitis aguda	31	27.9%	40.8%
Pancreatitis crónica	27	24.3%	35.5%
Lesión focal	21	18.9%	27.6%
Colección peripancreática	9	8.1%	11.8%
Calcificaciones	6	5.4%	7.9%
Pseudoquiste	7	6.3%	9.2%
Aumento de volumen	3	2.7%	3.9%
Quistes	6	5.4%	7.9%
Absceso	1	0.9%	1.3%
Total	111	100.0%	146.1%

Fuente: expediente médico de los pacientes de tomografía computarizada del CEMADOJA, agosto 2016-marzo 2017.

Gráfico 5. Hallazgos tomográficos pancreáticos de los pacientes del Centro de Educación Médica de Amistad Domingo-Japonesa



Fuente: tabla 8.

En el gráfico se observa que el 27.90 por ciento de los pacientes tuvieron hallazgos compatibles con pancreatitis aguda, seguido de pancreatitis crónica en un 24.30 por ciento y lesión focal en un 18.90 por ciento de los casos. Del mismo modo, colección peripancreática en un 8.10 por ciento, pseudoquiste en un 6.30 por ciento, calcificaciones en un 5.40 y quistes en un 5.40 por ciento, aumento de volumen en un 2.70 por ciento y, finalmente, absceso en un 0.90 por ciento de casos.

VIII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La glándula pancreática es hoy en día uno de los órganos que se ve afectado por múltiples causas, entre las que se destacan hábitos, antecedentes y la configuración genética de la persona, por otra parte, los estilos de vida modernos, el consumo de sustancias, la alimentación, así como los estados de estrés favorecen la aparición de patologías pancreáticas.

En el Centro de Educación Médica de Amistad Dominicano-Japonesa se recibe diariamente pacientes que solicitan los servicios de tomografía de abdomen y abdomen-pelvis con el fin de evaluar el páncreas. El centro cuenta con datos limitados para analizar la problemática desde el punto de vista científico, de manera que se pueda establecer mejores diagnósticos, más sensibles, así como mayor eficiencia en los mismos.

En los pacientes analizados, el sexo resulta no determinante, ya se reciben en igual proporción pacientes masculinos como femeninos. En este sentido, en los casos de trastornos funcionales del páncreas, no siempre se presentan otros tipos de trastornos, tales como los digestivos, porque dicha glándula puede ser sustituida por las restantes glándulas digestivas y por las bacterias del intestino.

En este mismo tenor, es sabido que los hombres son ligeramente más propensos a padecer cáncer de páncreas que las mujeres. Esto se debe, al menos en parte, a un mayor consumo de tabaco en los hombres, lo que aumenta el riesgo de cáncer pancreático. La diferencia en el riesgo de cáncer pancreático era mayor en el pasado (cuando el consumo de tabaco era mucho más común en hombres que en mujeres), pero se ha ido aminorando en años recientes debido a que las mujeres en los últimos años han tenido una mayor tendencia a adquirir hábitos que tradicionalmente eran considerados 'masculinos'.

Respecto a la edad, en los pacientes estudiados, tuvieron una mayor tendencia hacia la adultez mediana, obteniendo mayores porcentajes entre los 40 y 69 años de edad.

A este respecto, los hallazgos son consistentes con lo que establecen los investigadores a nivel general de que el riesgo de padecer cáncer de páncreas aumenta conforme la persona envejece.

Incluso, muchas investigaciones establecen que casi todos los pacientes son mayores de 45 años de edad. Alrededor de dos tercios de los pacientes tienen al menos 65 años de edad. La edad promedio al momento de realizarse el diagnóstico es de 71 años.

Como se puede observar, es importante señalar que a medida que se aumenta en edad, aumenta la probabilidad de contraer enfermedades pancreáticas, que se potencia si los hábitos de la persona incluyen consumo de alcohol, tabaco u otras sustancias.

Respecto a los antecedentes de los pacientes estudiados, el principal síntoma manifestado fue el dolor abdominal. Esto es coherente con lo expresado en la literatura de que el dolor abdominal es el síntoma principal de la pancreatitis aguda. En este sentido, en los pacientes estudiados se pudo confirmar que el dolor variaba desde una molestia leve y tolerable hasta un sufrimiento intenso, constante e incapacitante, lo que incidía en que el ausentismo laboral fuera alto, así como la incapacidad para sustentarse económicamente, lo que, por otra parte, pudiera incidir en la economía de dichas personas.

Es importante señalar que para estos pacientes, el dolor es constante e irritante, localizado en la zona del epigastrio y de la región periumbilical, y a menudo se irradia hacia espalda, tórax, flancos y región inferior del abdomen. El dolor suele ser más intenso cuando el paciente se encuentra en decúbito supino y suele aliviarse cuando se sienta con el tronco flexionado y las rodillas recogidas.

Por otra parte, la frecuencia de náuseas fue baja en los pacientes estudiados. Sin embargo, la literatura establece que dentro de la sintomatología presentada por estos pacientes están las frecuentes náuseas, vómitos y distensión abdominal.

Las razones explicativas de estos síntomas son debidas a la hipomotilidad gástrica e intestinal y a la peritonitis química. En la realización de estudios tomográficos no se estila la exploración física de los pacientes previo a la realización de dichos estudios, sin embargo, la exploración física realizada por los médicos especializados en clínica, y aquellos que examinaron los pacientes suelen mostrar que es un paciente angustiado e inquieto.

La taquicardia e hipertensión arterial son comunes, no obstante, no es en la generalidad de los pacientes. Igualmente pasa en el caso de la ictericia siendo consistente con lo establecido por la literatura, ya que fue poco frecuente. Se establece que es rara y cuando se presenta suele deberse a edema de la cabeza del páncreas, que comprime la porción intrapancreática del conducto colédoco.

Se pudo determinar en esta investigación que el diagnóstico por tomografía más frecuente es la pancreatitis aguda. Siendo esta la que mayor frecuencia de presentación tuvo.

En este sentido, las investigaciones establecen que la pancreatitis aguda ocurre cuando la secreción de enzimas se altera y en vez de ir hacia el duodeno se dirigen el interior del órgano. Una vez que se resuelve el episodio, el páncreas puede recuperar sus funciones por completo.

Del mismo modo, se puede observar que la literatura establece que el 60% de los pacientes que padecen pancreatitis aguda es porque no trataron los cálculos o abusan del alcohol. Algunos casos aislados están relacionados con el consumo de medicamentos, genética y traumatismos.

En cuanto a la pancreatitis crónica, fue el segundo diagnóstico más frecuente, alcanzando aproximadamente la cuarta parte de los hallazgos positivos de páncreas por tomografía en el CEMADOJA.

La pancreatitis crónica, como es sabido, es de formación lenta y altera la morfología del órgano de manera irreversible. El páncreas es incapaz de producir jugo pancreático, esto contribuye a que sea incapaz de hacer frente a las necesidades del sistema.

La pancreatitis crónica, en la mayoría de los casos, afecta principalmente a los hombres que tienen problemas con el alcohol, sin embargo, como se ha dicho anteriormente, en los pacientes estudiados en esta investigación, existe igual proporción de hombres y de mujeres. Por otra parte, se destaca en la literatura que existen personas con predisposición genética e incluso algunos pacientes la sufren por llevar una dieta rica en proteínas.

Una quinta parte de los pacientes diagnosticados en el CEMADOJA tuvieron hallazgos de lesiones focales

Es importante señalar que, al margen de los propósitos de esta investigación están otros hallazgos relacionados que coexisten con el hallazgo de lesión focal pancreática.

Muchos de estos casos pudieran ser tumores, algunos podrían ser tumores neuroendocrinos pancreáticos que se propagan con más frecuencia al hígado. En estos pacientes, esto puede causar que aumente el tamaño del hígado, lo que puede causar dolor y falta de apetito.

En relación a lo antes dicho, también pueden afectar la función del hígado, produciendo ictericia en algunas ocasiones (la piel y los ojos adquieren un color amarillento) y resultados anormales en pruebas de laboratorio.

Estos cánceres también pueden extenderse a otros órganos y tejidos. Los síntomas dependen del lugar donde el cáncer está creciendo. Por ejemplo, el cáncer que se propaga a los pulmones puede causar dificultad para respirar o tos. La propagación a los huesos puede causar dolor en esos huesos.

En esta investigación, la colección peripancreática, las calcificaciones, pseudoquiste, aumento de volumen, quistes y abscesos resultaron ser hallazgos pancreáticos que se presentaron con menor frecuencia e importancia. En este sentido, se halla una consistencia con lo reportado por las investigaciones previas en este sentido.

Se puede, entonces, decir que los hallazgos reportados en esta investigación muestran que para los pacientes estudiados, los hallazgos son coherentes por lo reportado por investigaciones actualizadas al respecto.

IX. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado un análisis inductivo de los hallazgos patológicos en páncreas mediante la tomografía computarizada en el Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa (CEMADOJA), se pudo determinar, en base a los objetivos específicos establecidos a estos fines, lo siguiente:

En cuanto a las características sociodemográficas de los pacientes con hallazgos tomográficos de páncreas, están que los grupos etarios más afectados en la población de pacientes que buscan servicios de dicho estudio en el centro, están entre los 40 y 59 años de edad, situando a estos pacientes dentro de lo reportado, de que los pacientes mayores de 40 años son más propensos a adquirir patologías pancreáticas.

Respecto al sexo de los pacientes, no se evidenció diferencia entre hombres y mujeres, ya que los hallazgos confirman que tanto unos como otros son dados a tener patologías pancreáticas.

Por otra parte, el principal antecedente sintomático de los pacientes estudiados está el dolor abdominal, ya que prácticamente la totalidad de los usuarios manifestó dicho dolor abdominal. Se establece que uno de los principales síntomas presentado por los pacientes con dichas características. Estos pacientes manifestaron otros antecedentes, dentro de los que se encuentran

Los antecedentes patológicos más relevantes de los pacientes bajo estudio están hipertensión arterial en casi una cuarta parte de los pacientes, así como asma y/o rinitis. Se determina también como patologías coexistentes con los diagnósticos pancreáticos previamente establecidos para estos pacientes la diabetes. Asimismo como síntomas tales como náuseas, anorexia y pérdida de peso.

Antecedentes menos importantes presentados por estos pacientes están vómitos, hepatitis, así como histerectomía, colédoco litiasis, ictericia, gastritis, hernia umbilical, colecistectomía, tiroidectomía, úlcera gástrica, hemangioma

hepático, fiebre, melena y hematemesis, todos manifestados con poca frecuencia en los pacientes bajo estudio.

Es importante señalar que los principales hallazgos por tomografía presentados por estos pacientes están la pancreatitis aguda y crónica, en ese mismo orden de frecuencia. Esto se correlaciona con lo establecido por otras investigaciones.

El tercer diagnóstico fue la lesión focal, alcanzando casi una quinta parte de los diagnósticos mediante tomografía.

En estos pacientes, los diagnósticos menos importantes, pero no insignificantes fueron la colección peripancreática, el pseudoquistes, las calcificaciones, el aumento de volumen del páncreas y menos frecuente el absceso pancreático.

Vistas estas conclusiones, se puede decir que es difícil prevenir las patologías pancreáticas, sin embargo, analizando los factores de riesgo, podemos tener pistas sobre cómo se puede enfrentar dichas patologías. Es por esto, que se llega a hacer las siguientes recomendaciones:

Las autoridades de Salud Pública deben estar alerta, pues no hay ninguna forma segura de prevenir el cáncer de páncreas. Algunos factores de riesgo, tales como la edad, el género, la raza, y el historial familiar no se pueden controlar, ya que son muy poco controlables. No obstante, existen medidas que puede tomar para tratar de reducir su riesgo.

A los pacientes se recomienda reducir o eliminar el hábito de fumar, ya que es un factor de riesgo y es evitable. Dejar de fumar ayuda a reducir el riesgo. Mantenerse en un peso saludable para su edad y mantener un peso saludable también podría ayudar a reducir su riesgo. Aunque mantenerse activo físicamente y consumir alimentos sanos no tienen efectos claros sobre el riesgo de padecer cáncer de páncreas, ambas actividades pueden ayudar a mantener un peso saludable.

En este sentido, se hace eco de lo dicho por la Sociedad Americana Contra El Cáncer que recomienda seleccionar los alimentos y bebidas en cantidades que ayuden a lograr y a mantener un peso saludable.

Las autoridades de Salud Pública deberían adoptar políticas de concientización de las personas para que adopten una dieta saludable con énfasis en los alimentos de origen vegetal. Esto incluye al menos una cantidad de frutas y verduras equivalente a 2½ tazas todos los días.

Igualmente, se recomienda a los pacientes y a las autoridades públicas que adopten políticas que publiciten que el consumo excesivo de alcohol ha estado vinculado al cáncer de páncreas en algunos estudios. A pesar de que este vínculo aún no está claro, aunque el consumo excesivo de alcohol puede derivar en afecciones, como pancreatitis crónica y cirrosis, que se sabe aumentan el riesgo de cáncer pancreático. Por tanto, se debe cumplir lo establecido en la Ley 42-01 de advertir de que 'el consumo excesivo de alcohol perjudica la salud'.

Finalmente, se debe decir que es necesario evitar la exposición a determinadas sustancias químicas en el lugar de trabajo puede reducir el riesgo de cáncer de páncreas.

VII. REFERENCIAS

1. Villavicencio, R., et al. "Tumores quísticos del páncreas: diagnóstico y tratamiento a propósito de 24 casos: Tercer premio en el xiii Congreso Argentino de Radiología." *Rev. argent. radiol* 58.1 (1994): 1-9.
2. Torres, Eduardo Pérez, et al. "Diagnóstico y tratamiento de los pseudoquistes del páncreas en el Servicio de Gastroenterología del Hospital General de México." *Revista Médica del Hospital General de México* 68.2 (2005): 76-81.
3. Galindo encuentra el 32,1% de tumores quísticos en relación a pseudoquistes 67,9% (26/55). Galindo, Fernando, et al. "Tumores quísticos del páncreas." *Rev Argent Cir* 75.5 (1998): 140-50.
4. Hurtado Andrade, Humberto, and Tomás Cortés Espinoza. "Tumores quísticos del páncreas." *Rev. gastroenterol. Méx* 62.3 (1997): 218-26.
5. Oulton, C., G. Mothe, and A. Marangoni. "Nuestra experiencia en patología de pancreas con tomografía computada." *Rev. Fac. Cienc. Méd. (Córdoba)* 43.1 (1985): 3-8.
6. Schauvinhold, Cristian, Gustavo Castagneto, and Claudio Iribarren. "Valor predictivo de la tomografía axial computada para la resecabilidad local del cáncer de cabeza de páncreas." *Rev. argent. cir* 82.5/6 (2002): 187-192.
7. Calvo Villalba, Miguel Esteban, and Jacques Pringot. "Tomografía computada helicoidal bifásica del páncreas: estudio cuantitativo del realce del páncreas y vasos peripancreáticos." *Rev. mex. radiol* 53.2 (1999): 59-62.

8. Raichholz, Gustavo, et al. "Anatomía segmentaria del páncreas y variantes del desarrollo."
9. López Galletti, N. "Caracterización de tumores quísticos pancreáticos mediante Tomografía Computada y Resonancia Magnética."
10. Santana–Vela, I. A. "Evaluación de la fase pancreática en la identificación de neoplasias pancreáticas con tomografía de 64 cortes." *Anales de Radiología México*. Vol. 13. 2014.
11. Morel, Clemente J., et al. "Valor de la tomografía computada en el diagnóstico y seguimiento de las pancreatitis agudas graves." *Rev. argent. cir* 45.5 (1983): 170-9.
12. Gualotuña, Topón, and Katherine Daniela. "Establecer la prevalencia de pancreatitis diagnosticada por tomografía computarizada de abdomen simple y contrastada de pacientes de 25 a 60 años de edad que acuden al Hospital de Clínicas Pichincha de Quito en el período de enero a julio del 2015." (2015).
13. Abrijo, Curioso, and Walter Ivan. "Cáncer de páncreas." *Rev. gastroenterol. Perú* 16.supl. 1 (1996): S93-S99.
14. Padilla Antoni, F., and I. S. Teufel. "Cáncer del páncreas". *Rev. argent. cir* 44.6 (1983): 283-8.
15. Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2014). «páncreas». *Diccionario de la lengua española* (23.^a edición). Madrid: Espasa. ISBN 978-84-670-4189-7.

16. Forsmark CE. Pancreatitis. In: Goldman L, Schafer AI, eds. Goldman's Cecil Medicine. 25th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2016:chap 144.

17. Tenner S, Baillie J, DeWitt J, et al. American College of Gastroenterology guideline: management of acute pancreatitis. Am J Gastroenterol. 2013;108:1400-1415. PMID: 23896955
www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23896955.

18. Ryan, Stephanie; McNicholas, Michelle; Eustace, Stephen (s. a.). Anatomía Para el Diagnóstico Radiológico.

XI. ANEXOS

XI.1. Cronograma

ACTIVIDAD	MES							
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun	Jul	Ago.
Búsqueda de referencias bibliográficas y documentación	X							
Aprobación del tema de investigación		X						
Diseño de anteproyecto de investigación		X						
Elaboración de instrumento de recolección de datos		X						
Validación de instrumento		X						
Recolección de datos			X					
Tabulación de datos				X				
Análisis estadístico de los datos				X	X			
Elaboración de informe escrito						X	X	
Presentación de informe								X

XI.2. Instrumento de recolección de datos

Centro de Educación Médica de Amistad Domínico-Japonesa (Cemadoja)

Hallazgos tomográficos de páncreas en pacientes del CEMADOJA

en el periodo agosto 2016-marzo 2017

Edad: _____

Sexo: _____

Antecedentes patológicos:

Sintomatología:

Hallazgo tomográfico:

XI.3. Costos y recursos

XI.3.1. Humanos			
1 (una) sustentante o investigadora, Dos asesores (metodológico y clínico) Estadígrafo, Digitador, Residentes de Imagenología y Secretaria.			
XI.3.2. Equipos y materiales	Cantidad	Precio	Total
Papel bond 20 (8 1/2 x 11)	3 resmas	120	360.00
Papel Mistique	3 resmas	80.00	240.00
Lápices	2 unidad	10.00	20.00
Borras	2 unidad	5.00	10.00
Bolígrafos	2 Unidad	10.00	20.00
Sacapuntas	1 unidad	12.00	12.00
Computador Hardware:			
Acer Aspire One 722			
Windows vista 2010			
Presentación:			
Sony SVGA VPL-SC2 Digital			
data proyector	1 unidades	2,500.00	2,500.00
Cartuchos Epson stylus 440	2 unidades	1600.00	3200.00
XII.3. Información			
Adquisición de libros, revistas			
Otros documentos			
Referencias (ver referencias)			
XI.3.4. Económicos			
Papelería(copias)	1000 copias	00.75	750.00
Encuadernación	12 informes	250.00	3,000.00
Alimentación			6,000.00
Transporte			4,000.00
Imprevistos			2,000.00
Total			22,112.00

XI.5. Evaluación

Sustentante:

Fernanda Encarnación Estévez

Asesores:

Dra. Claridania Rodríguez
Asesor metodológico

Dr. Judith Hernández
Asesor clínico

Jurado:

Autoridades:

Dra. Magdalena Ortiz
Coordinadora residencia

Dra. Magdalena Ortiz
Jefa Departamento Imágenes

Dra. Glendis Ozuna Feliciano
Jefa de Consejo de Enseñanza e Investigaciones
Ciudad Sanitaria Dr. Luis Eduardo Aybar

Dra. Claridania Rodríguez
Coordinadora Unidad de Pos Grado
Facultad de Ciencias de la Salud
(UNPHU)

Dr. William Duke
Decano de la facultad de Ciencias de
la Salud (UNPHU)

Fecha de presentación: _____

Calificación: _____