



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SECRETARIA DE SALUD DEL DISTRITO FEDERAL
DIRECCION DE EDUCACION E INVESTIGACION
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN
IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

**“HALLAZGOS PULMONARES POR TOMOGRAFÍA EN USUARIOS DE
COCAÍNA”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA

PRESENTADO POR
DR. MARIO ALBERTO CONTRERAS MEJÍA

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN
IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

DIRECTOR DE TESIS
DR. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CHAVOLLA

- 2014 -



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SECRETARIA DE SALUD DEL DISTRITO FEDERAL
DIRECCION DE EDUCACION E INVESTIGACION
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN
IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

**“HALLAZGOS PULMONARES POR TOMOGRAFÍA EN USUARIOS DE
COCAÍNA”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA

PRESENTADO POR
DR. MARIO ALBERTO CONTRERAS MEJÍA

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN
IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

DIRECTOR DE TESIS
DR. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CHAVOLLA

- 2014 -

**“HALLAZGOS PULMONARES POR TOMOGRAFÍA EN USUARIOS DE
COCAÍNA”**

DR. MARIO ALBERTO CONTRERAS MEJÍA

Vo.Bo.
DRA. MARGARITA FUENTES GARCÍA

PROFESOR TITULAR DEL CURSO UNIVERSITARIO
DE ESPECIALIZACION EN IMAGENOLOGÍA

Vo. Bo.
DR. ANTONIO FRAGA MUORET

DIRECTOR DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

**“HALLAZGOS PULMONARES POR TOMOGRAFÍA EN USUARIOS DE
COCAÍNA”**

DR. MARIO ALBERTO CONTRERAS MEJÍA

Vo. Bo.

DR. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS
MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE IMAGENOLÓGÍA DEL HOSPITAL DE
ESPECIALIDADES DE LA CIUDAD DE MEXICO “DR. BELISARIO
DOMINGUEZ”

Dedicada a Dios, gracias por la oportunidad.

A mi mamá, tú que con lágrimas siempre acompañaste las mías, la que siempre confía en mí, tú, que en la ventana me despide y siempre con una oración me bendice, por todo el amor, gracias mamita, ¡si pude!!!

A Mario Félix y Mima por el cariño, gracias por la paciencia y el apoyo... siempre a sus pies.

A mis hermanos Safe, Rata y en general a los Misfits, gracias por moshear conmigo, los quiero mucho.

Gaby, gracias por el apoyo y todo el cariño, Aarón, por compartir los buenos y malos momentos.

Ewok, Tere Puerkiñi, Betochas, y Emma, por apoyarnos mutuamente en nuestra formación e impulsarme.

A mis muertos, viven en mi corazón, nunca los olvido, gracias por iluminarme y marcar mi camino, los amo.

Mis maestros, por su apoyo, motivación y sobre todo por su amistad, "no bulling... No chillones".

A mis compañeros residentes, que me arrojaron y a los que traté de apoyar, infinitamente agradecido ¡Ajú!!!

A los pacientes, razón por la cual estamos en este sendero, que dios los bendiga.

Agradezco a todo el personal médico y técnico que labora en el Hospital "Dr. Belisario Domínguez", mi otra casa, al personal de enfermería, en especial a Susy, así mismo agradezco el apoyo y las facilidades brindadas por los Hospitales Toxicológicos de la secretaría de salud del D.F; en especial al Dr. Nicolás Anaya, la Srta. Harumi y a la Dra. Rocío Estrada.

"Venerar como a mi padre a quien me enseñó este arte, compartir con él mis bienes y asistirle en sus necesidades; considerar a sus hijos como hermanos míos, enseñarles este arte gratuitamente si quieren aprenderlo; comunicar los preceptos vulgares y las enseñanzas secretas y todo lo demás de la doctrina a mis hijos, y a los hijos de mi maestro y a todos los alumnos comprometidos y que han prestado juramento según costumbre, pero a nadie más".

Juramento Hipocrático

Memento mori.

INDICE.

INDICE	5
RESUMEN.	6
INTRODUCCIÓN	7
HISTORIA DE LA COCAÍNA	11
ANATOMÍA DEL TÓRAX.	16
PLEURA Y PULMONES.....	16
ANATOMÍA RADIOLÓGICA FINA DE LA VÍA AÉREA.	23
FÍSICA DE RAYOS X Y TOMOGRAFÍA.....	30
TÉCNICA TOMOGRAFÍA COMPUTADA DE ALTA RESOLUCIÓN (TCAR).	40
LESIÓN PULMONAR.....	44
JUSTIFICACIÓN.....	60
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	62
HIPÓTESIS DE TRABAJO Y CONSECUENCIAS VERIFICABLES.....	62
OBJETIVOS.....	63
General.....	63
Específicos.....	63
METODOLOGÍA.....	64
PERIODO DE ESTUDIO:	64
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	64
VARIABLES	65
DISEÑO DEL ESTUDIO (MATERIAL Y MÉTODOS).....	65
RECURSOS.....	66
INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	67
RESULTADOS.....	67
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS:	74
GRÁFICOS Y TABLAS:	74
FIGURAS:.....	79

HALLAZGOS PULMONARES POR TOMOGRAFÍA EN USUARIOS DE COCAÍNA.

RESUMEN.

OBJETIVOS. Identificar los hallazgos pulmonares relativos al consumo de cocaína, en usuarios de esta droga. Correlacionar el tipo de consumo con los hallazgos pulmonares encontrados en la tomografía de alta resolución, que sugieran el uso de cocaína.

MATERIAL Y MÉTODOS. Se realizó estudio descriptivo, prospectivo, transversal, observacional, donde se incluyeron a personas entre los 17 a 65 años de ambos sexos referidos de los hospitales toxicológicos de la Secretaría de Salud del Gobierno del Distrito Federal, que sean referidos al Hospital Especialidades Dr. Belisario Domínguez.

RESULTADOS. Se evaluaron 30 pacientes, 90% hombres y 10% mujeres con promedio de edad de 30,7 años, en los que se observó con mayor frecuencia como tipo de consumo el perjudicial, los hallazgos de TC fueron similares en la enfermedad del espacio aéreo y la enfermedad intersticial, identificando con mayor prevalencia neumonitis y engrosamiento intersticial.

CONCLUSIONES. En este trabajo se observaron alteraciones en todos los pacientes, aun cuando se refirieron asintomáticos al momento de la realización del estudio tomográfico.

PALABRAS CLAVE: Cocaína, Lesión pulmonar, Tomografía de Alta resolución.

INTRODUCCIÓN

El Clorhidrato de cocaína o bezoilmetilecgonina (C₁₇, H₂₁, NO₄) es un alcaloide natural que se extrae de la hoja de la planta *Erithroxylon coca* después de un proceso químico relativamente complejo (fig.1). La planta, que se clasifica botánicamente como arbusto, crece principalmente en América del sur. La planta *Erithroxylon* contiene cocaína (en promedio de 0.8% en relación con el peso de la hoja seca; rango 0.3% al 1.5%) como principal alcaloide. Está disponible en cuatro formas. Sal de clorhidrato, pasta base, crack y bazuco^{1,2,3}.



Figura 1. *Erithroxylon coca*.

La forma de clorhidrato es en un polvo fino blanco, que se prepara disolviendo el alcaloide en ácido clorhídrico y que se descompone a altas temperaturas. Se puede administrar por vía oral, vía intravenosa (a veces mezclado con heroína), o por inhalación vía intranasal. El Clorhidrato de cocaína no es estable al calor y no se puede fumar.

La pasta base y el crack tienen la misma fórmula química, pero tienen diferentes manifestaciones sobre el sistema nervioso central y se obtienen por

diferentes métodos. La fórmula de base libre se obtiene por disolución de clorhidrato en agua añadiendo a continuación una base (por ejemplo amoníaco) y un disolvente (éter o alcohol). El crack se obtiene disolviendo el clorhidrato en agua con bicarbonato de sodio para extraer el clorhidrato y hacer el sustrato estable al calor. La base de cocaína se precipita formando rocas duras que se funden cuando se secan y se evaporan a altas temperaturas; haciéndola apta para la combustión. El nombre de crack es una onomatopeya del sonido que hace cuando se calienta. Se considera la forma más potente y adictiva de la cocaína y debido a que los efectos eufóricos de fumar crack se obtiene en segundos, el método de expeler, es el preferido para muchos usuarios de la droga. ^{1,2} (fig. 2).

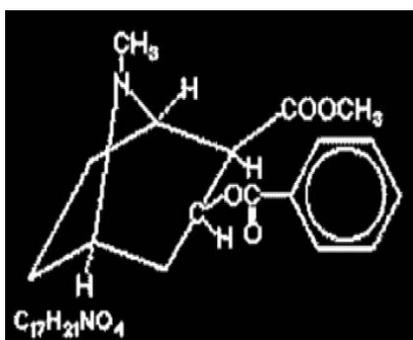


Figura 2. Estructura química de la cocaína y presentaciones

Los adulterantes se encuentran en todas las muestras de la calle, resultando en toxicidad adicional cuando se consume este tipo de sustancia. El análisis de las muestras encontradas en la calle señala pureza variable entre el 14 al 75% (promedio 40%). Entre los adulterantes más comunes se encuentran anestésicos locales (lidocaína, benzocaína) azúcares (manitol, lactosa, sacarosa) estimulantes (cafeína efedrina), toxinas (quinina, estricnina) y compuestos inertes (inositol, talco, almidón de maíz) así como otras sustancias tales como harina, calcio, ácido acetilsalicílico y yeso ^{1, 2, 4}.

La cocaína es una base débil 8.6, que atraviesa rápidamente las membranas corporales (incluidas las placentarias y la hematoencefálica). La absorción, los picos plasmáticos, la biodisponibilidad y las concentraciones alcanzadas tras el consumo dependen de la forma de presentación farmacológica y de la vía utilizada. La inhalación nasal del clorhidrato de cocaína, por ejemplo, produce efectos en pocos minutos (con un pico a los 20-30 minutos) que desaparecen completamente a los 60 minutos (aunque pueden permanecer más si el efecto vasoconstrictor de la mucosa disminuye la velocidad de absorción). Por vía intranasal la biodisponibilidad de la cocaína nunca supera el 40%. La inhalación de los productos de la combustión, tiene son más rápida acción (llegan a actuar en segundos), aunque menos duradera (por ello predisponen más al consumo compulsivo) y tienen una biodisponibilidad más irregular. La vía intravenosa es también de acción rápida y proporciona una biodisponibilidad completa (100%) entre 30 a 45 segundos posteriores a su administración.⁶.

La cocaína tiene dos acciones farmacológicas principales. Es anestésico y estimulante del sistema nervioso central. Es la única droga conocida que posee estas dos cualidades. Ejerce sus acciones anestésicas locales de manera similar a la novocaína o xilocaína, bloqueando la permeabilidad de membrana al Na. Este efecto es más pronunciado cuando la droga se aplica en la piel o en las membranas mucosas. Por esta razón, al inhalar la sustancia, se adormecen temporalmente los conductos nasales, faringe y laringe²⁰. Se clasifica legalmente por la Administración de Alimentos y Drogas, Food and Drugs Administration (FDA), como droga clase II⁵.(Dicha institución gradúa en cinco clases las diferentes drogas y sustancias; donde la clase I, se reserva a las drogas o sustancias que no tienen prescripción, sin uso médico aceptado y alto

potencial de abuso, clase II, de alto potencial de abuso con utilidad médica limitada, clase III sustancia disponible solo por prescripción, uso médico aceptado pero que puede producir dependencia física o psicológica moderada, el control de distribución al mayores es menos restrictivo y puede ser emitida hasta cinco veces dentro de un periodo de 6 meses, clase IV, de bajo potencial de abuso, con uso médico aceptado en tratamientos, que puede conducir a dependencia física limitada, clase V, bajo potencial de abuso, con uso únicamente médico aceptado). Los efectos estimulantes están mediados ante todo por sus propiedades sobre los neurotransmisores como la noradrenalina y la dopamina. La cocaína se comporta como una amina simpaticomimética de acción indirecta, es decir es capaz de simular las acciones de las catecolaminas no actuando directamente sobre los receptores adrenérgicos o dopaminérgicos, sino aumentando la disponibilidad del neurotransmisor en la hendidura sináptica. Es un inhibidor de los procesos de recaptación tipo I (recaptación de noradrenalina y dopamina desde la hendidura sináptica a la terminal presináptica) lo que facilita la acumulación de noradrenalina y dopamina en la hendidura sináptica²⁰. Por acción sobre los receptores alfa y beta adrenérgicos condiciona vasoconstricción periférica, taquicardia, incremento de la contractilidad cardíaca, hipertensión, midriasis, temblor y sudoración; el efecto directo sobre el centro de la temperatura del hipotálamo se evidencia hipertermia secundaria. Estas manifestaciones son similares a las respuestas psicológicas normales de amenaza, mecanismo primitivo supervivencia. Lo anterior explica que la droga, en altas dosis, produzca sentimientos de intensa ansiedad y actitud paranoide. Otro de los efectos es la

vasoconstricción, que ayuda a prolongar el efecto anestésico, produciendo una absorción lenta.^{5,6} (fig. 3).

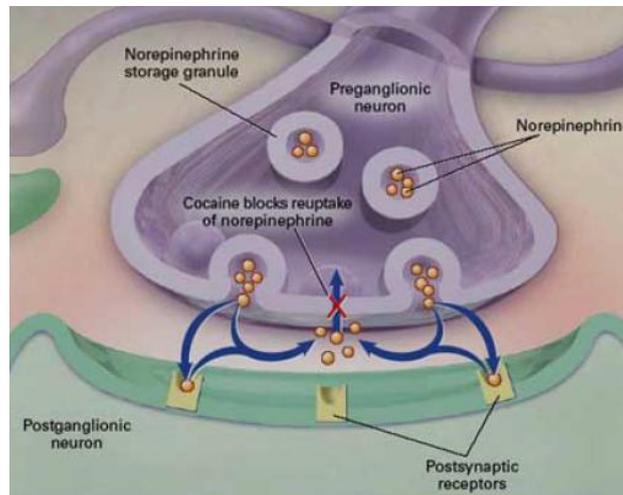


Figura 3. Acción farmacológica de la cocaína.

HISTORIA DE LA COCAÍNA

Originaria de América del Sur, particularmente de Bolivia, Perú y Colombia. La historia del arbusto de coca se remonta miles de años en la domesticación de las plantas en la región de los Andes. La importancia de la hoja de coca, como sustancia divina, se desprende de su presencia en entierros y en la iconografía religiosa de la misma región; los Incas la utilizaban en ofrendas como sustancia sagrada, así como planta medicinal¹. Prospera en el suelo erosionado y lluvioso de las laderas empinadas de los Andes, y pueden tener hasta cuatro cosechas por año. La vida a 3500 metros de altura sobre el nivel del mar, es físicamente difícil, hasta para los originarios de esas regiones. La hoja de coca era consumida por los productores de papa y los pastores de camélidos. Era una parte importante de su dieta, los proveía de vitaminas A y D, requerimientos de hierro, fósforo, calcio y vitamina C. Se conocían bien sus usos medicinales, para aliviar el mal de altitud de la enrarecida atmosfera

andina, para los males estomacales, y como compresas para heridas y contusiones. En comunidades de menor altitud, la coca se masticaba como mayor moderación, pero era de fundamental importancia cultural, como medio de interacción social y religiosa que persisten en la actualidad.

La historia está llena de ironía, su cultivo aumentó bajo el dominio de los conquistadores españoles. La coca era distribuida entre los mineros y campesinos hambrientos y exhaustos, lo que también contribuyó para aumentar la cifra de muertes espontáneas. En 1860 la hoja de coca adquirió un nuevo papel internacional cuando un químico alemán logró refinar el alcaloide puro de cocaína de las hojas de coca. Karl Koller fue el primer médico que la utilizó en humanos para cirugías oculares, en 1884. El nuevo medicamento fue promocionado como una maravillosa cura para múltiples problemas antes de que fuera proscrito en 1914. En la década de los 70s, se convirtió en una droga recreacional muy popular en América del norte y en Europa, estimulando la economía ilegal, junto a la producción de la forma más poderosa y adictiva de la sustancia.^{1, 7, 8}.

Actualmente la llamada “guerra contra las drogas” tiene como uno de sus objetivos principales la erradicación de los cultivos de coca. Sin embargo, esta sigue siendo fundamental para los rituales religiosos indígenas en los países andinos y es ampliamente utilizada por todas las clases sociales como té medicinal. Estas prácticas ancestrales están en peligro de ser arrastradas por el tráfico internacional de drogas.^{7, 8}.

El abuso de sustancias psicotrópicas, constituye uno de los problemas de salud pública de nuestra época que se presenta a nivel tanto nacional como internacional.⁹

Se calcula que unos 230 millones de personas, o el 5% de la población adulta mundial, por lo menos alguna vez han consumido cocaína en la encuesta del 2010. En general, el uso de drogas ilícitas parece haberse estabilizado en todo el mundo, aunque en países en vías de desarrollo continúa en aumento. La heroína y la cocaína se cobran la vida de aproximadamente 0,2 millones de personas cada año, siembran devastación entre familias y causan sufrimiento a miles de personas.¹⁰

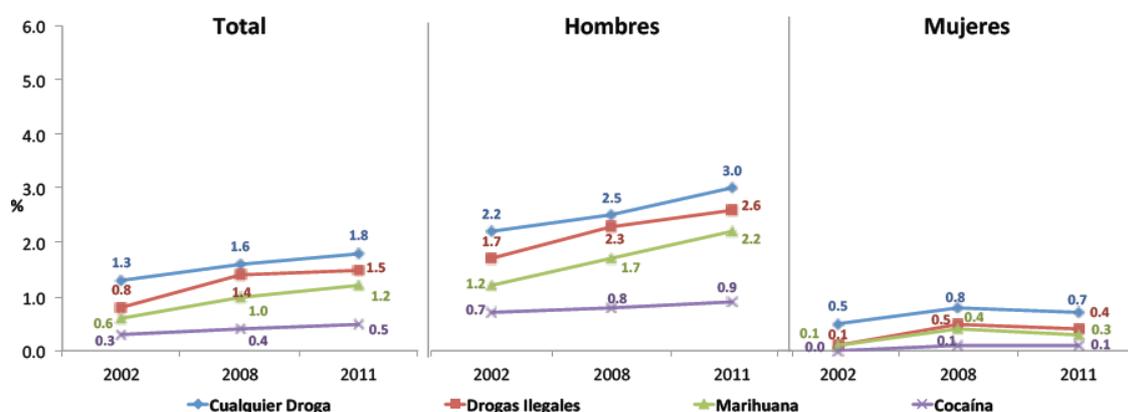
En el panorama mundial, el volumen de consumo de drogas ilícitas se mantuvo estable durante cinco años hasta finales del 2010.

Los mercados más importantes de cocaína siguen estando en América del Norte, Europa y Oceanía. En América del Norte se ha registrado una clara disminución del consumo de cocaína, atribuible sobre todo a un descenso de las tasas de los Estados Unidos, del 3.0% (2006) al 2.2% (2010) de los adultos entre 15 a 64 años, sin embargo, no se ha observado algo similar en Europa, donde el consumo se estabilizó en el mismo período.

Otro factor que incide en la disponibilidad y, sobre todo, en la demanda general de cocaína en distintas regiones es la emergencia de nuevos mercados aunque pequeños, origina expansión a regiones donde no es habitual su consumo. La fabricación mundial de cocaína ha registrado una disminución general a raíz de un notable descenso de la fabricación de esa droga en Colombia en el quinquenio de 2006-2010. Ha ocurrido un considerable desplazamiento a

medida que, durante ese periodo, el cultivo del arbusto de coca y la producción de coca aumentaban en los otros países productores de coca (Bolivia y Perú). A la luz de ciertos datos, se observa una expansión del mercado de cocaína, en particular del llamado “crack” en algunos países de América del Sur.¹⁰

En México, el consumo de drogas ilegales aumentó de 4,6% en 2002 al 5,2% en 2008, y el consumo de marihuana fue de 4,2% y el 2,4% de la cocaína (Tabla1). La edad de inicio de consumo es en promedio de 19 años en los hombres y 23 años en las mujeres.¹¹



Fuente: Encuestas Nacionales de Adicciones 2002, 2008 y 2011.

Tabla1. Tendencia del consumo de drogas en población total de 12 a 65 años. Según la encuesta nacional de adicciones, con respecto al consumo de cocaína en el país, se ha evidenciado un incremento del 1.4% en el 2002 a 2.4% en el 2008. La cocaína ocupa el tercer lugar de consumo en el rubro de prevalencia de alguna vez (34.0%), que representa una disminución en comparación con lo encontrado en el reporte anterior. El grupo más afectado es de 15 a 19 años de edad (45.9%). El nivel de uso más frecuente es el leve de 1 a 5 días en el último mes. Los nombres que más reportan los usuarios son cocaína (73.4%) y crack (25.9%)⁹.

Por tipo de droga, la marihuana es la droga que más se consume en todas las regiones y en segundo lugar está la cocaína. En la región centro del país, la cocaína junto con los inhalantes son la segunda droga de preferencia.^{9,12}

En las mediciones de 2006 y 2009 realizadas en la Ciudad de México, permiten analizar el consumo de drogas. Así, el consumo de droga algunas vez aumento de 17.8% a 21.5%. En hombres paso de 19.1% a 22.6%, mientras que el mayor incremento se observó en mujeres, aumentando su consumo de 16.5% a 20.5%.¹³ (tabla2).

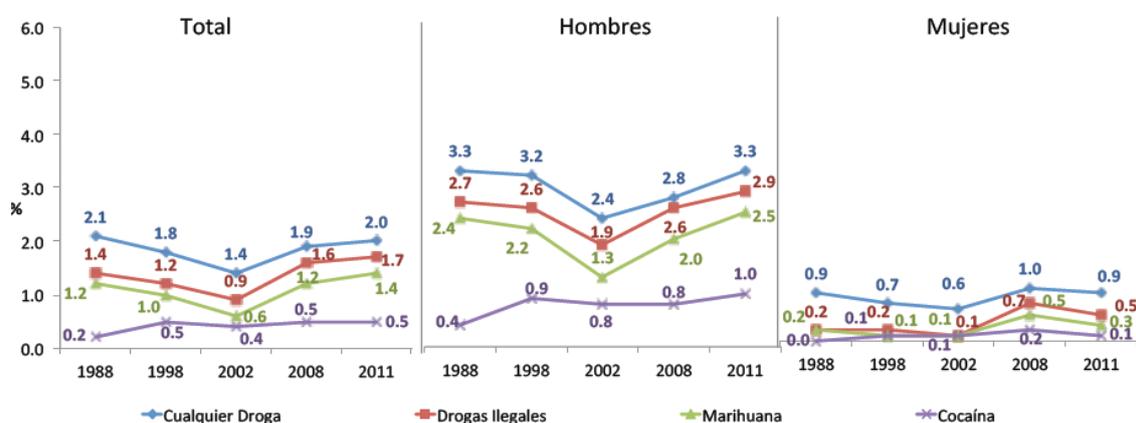


Tabla2. Tendencia de consumo de drogas en el último año, de 12 a 65 años

Una de las repercusiones más importante del uso de las drogas ilícitas son las consecuencias adversas que ello tiene para la salud de los miembros de la sociedad. En términos monetarios se requerirían entre 200 a 250 mil millones de dólares (entre el 0.3 al 0.4% del PIB mundial) para sufragar todos los costos de tratamientos relacionados con las drogas en el mundo. El impacto de la productividad de una sociedad parece ser aún mayor. Las perdidas en Estados Unidos son equivalentes al 0.9% y en otros países entre el 0.3 al 0.4%.¹⁰

La cocaína es la droga ilegal más consumida entre los pacientes atendidos en los servicios de urgencias hospitalarias y la causa más frecuente de muertes relacionadas con drogas reportadas por médicos forenses².

ANATOMÍA DEL TÓRAX.

Es la parte superior del tronco, situada entre el cuello y el abdomen. La cavidad torácica tiene forma de tronco truncado, más estrecho en la parte superior y la circunferencia aumenta en la parte inferior. El esqueleto torácico tiene forma de jaula de pájaro abovedada, con barras horizontales formadas por las costillas y los cartílagos costales sujetos al esternón que tiene una disposición vertical. Además, el suelo de la cavidad torácica (el diafragma) se invagina por la presencia de la cavidad abdominal. En consecuencia, casi la mitad inferior de la pared torácica rodea y protege las vísceras abdominales. El esqueleto torácico incluye 12 pares de costillas, con sus correspondientes cartílagos costales, 12 vertebras y los discos intervertebrales dispuestos entre ellas, y el esternón. Contiene a los órganos primarios de los sistemas respiratorio y cardiovascular.

PLEURA Y PULMONES.

Las cavidades pulmonares están recubiertas por membranas pleurales que también se reflejan en sí mismas y cubren las superficies externas del pulmón contenido en el interior de las cavidades. De la pleura se describen dos capas, una visceral y otra parietal, juntas forman un saco pleural. Cada pulmón está recubierto y encerrado en un saco pleural seroso que consiste en dos membranas continuas: la primera visceral, que recubre todas las superficies de los pulmones, formando su brillante superficie externa, y la pleura parietal, la cual recubre las cavidades pulmonares. La cavidad pleural, el espacio potencial

entre las dos capas de la pleura, tiene una capa capilar de líquido seroso, el cual lubrica ambas superficies y permite a las capas de la pleura deslizarse suavemente una sobre de la otra durante la respiración. Su tensión superficial, además aporta cohesión y mantiene la superficie del pulmón en contacto con la pared torácica. La pleura visceral (pulmonar) recubre el pulmón y se adhiere a su superficie. Esta aporta al pulmón una superficie de deslizamiento suave que permite el movimiento libre de la pleura parietal. La pleura visceral se continúa con la parietal en el hilio pulmonar donde los bronquios y los vasos pulmonares entran y salen del pulmón. La pleura parietal rodea las cavidades pulmonares adhiriéndose a la pared torácica, el mediastino y el diafragma. Es más fuerte que la visceral, se le describen cuatro porciones: A) Costal: Cubre la superficie interna de la pared torácica. B) Mediastínica: cubre la cara lateral del mediastino los vasos y órganos que separan las cavidades pulmonares y sus sacos pleurales. C) Diafragmática: cubre la superficie superior o torácica del diafragma a cada lado del mediastino. D) Cervical: se extiende a través de la apertura torácica superior a la base del cuello, formando cúpula con el ápice del pulmón.

Los pulmones no ocupan totalmente las cavidades pulmonares durante la espiración, por lo que la pleura diafragmática periférica está en contacto con las partes más bajas de la pleura costal. Estos espacios pleurales potenciales son los recesos costo diafragmáticos, los cuales rodean la convexidad del diafragma dentro de la pared torácica. Recesos similares pero más pequeños, se localizan detrás del esternón, donde la pleura costal está en contacto con la pleura mediastínica, también denominados recesos costomediastínicos.

Pulmones. Son los órganos vitales de la respiración. La principal función es oxigenar la sangre llevando el aire inspirado en contacto con la sangre venosa de los capilares pulmonares. Son elásticos y tienen un retroceso elástico de aproximadamente un tercio de su tamaño cuando la cavidad torácica se expande. Está separado uno del otro por el mediastino, al cual se sujetan por las raíces pulmonares, formadas por los bronquios y los vasos pulmonares. El hilio del pulmón es un área en forma de cuña en la superficie de cada pulmón y es el punto en que las estructuras forman la raíz de entrada. Las fisuras o cisuras, horizontal y oblicua dividen los pulmones en lóbulos. El pulmón derecho tiene tres lóbulos y el izquierdo dos. El derecho es mayor y más pesado que el izquierdo, pero es más corto y más ancho. El borde anterior del pulmón derecho es relativamente recto mientras que el borde del izquierdo tiene una escotadura cardiaca profunda. Esta escotadura en principio indenta la cara antero inferior del lóbulo superior del pulmón izquierdo. Esta indentación a menudo crea un delgado proceso en el lóbulo superior en forma de lengua, la línula que se extiende debajo de la escotadura cardiaca y se desliza dentro y fuera del receso costomediastínico durante la inspiración y espiración.

Cada pulmón tiene: Vértice: extremo superior romo del pulmón, que asciende por encima de la 1era costilla dentro de la raíz del cuello que está cubierto por pleura visceral. Tres superficies: (costal, mediastínica y diafragmática). Tres bordes: (anterior, inferior y posterior). La superficie costal del pulmón es grande lisa y convexa. Está junto a la pleura costal, que lo separa de las costillas, cartílagos costales y la parte más interna de los músculos intercostales. La parte posterior de la superficie costal se relaciona con el cuerpo de las

vértebras torácica y en ocasiones se refiere a la porción vertebral de la superficie costal.

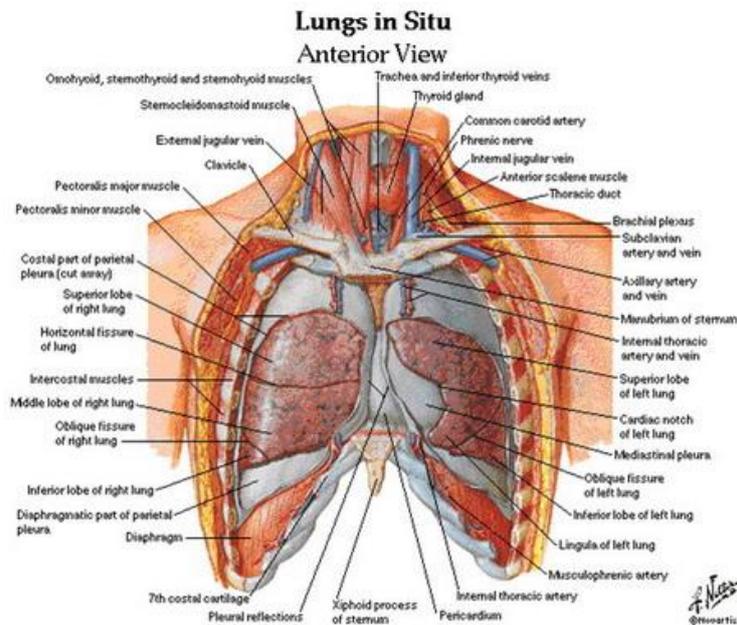


Figura 4. Anatomía pulmonar.

La superficie mediastínica del pulmón es cóncava por que se relaciona con el mediastino medio, el cual contiene el pericardio y el corazón. La superficie mediastínica incluye al hilio y este recibe la raíz del pulmón. En la superficie del pulmón derecho se identifica un surco para el esófago y una impresión cardiaca para el corazón. Puesto que dos tercios del corazón están en la línea media izquierda, la impresión cardíaca en la superficie mediastínica izquierda es mayor. Esta superficie del pulmón izquierdo también forma un surco prominente y continuo para el arco de la aorta y la aorta descendente (torácica), además de un pequeño surco para el esófago.

La superficie diafragmática del pulmón, también es cóncava, forma la base del pulmón, el cual permanece sobre de la cúpula del diafragma. La concavidad es más profunda en el pulmón derecho por la presencia de una cúpula más alta,

que está por encima del hígado. En sentido lateral y posterior, la superficie del diafragma está rodeada por un delgado, afilado margen (borde inferior) que se apoya dentro del receso costo diafragmático de la pleura.

El borde anterior del pulmón es donde la superficie costal y la mediastínica se encuentran por delante y por encima del corazón; la escotadura cardíaca indenta este borde del pulmón izquierdo. El borde inferior del pulmón circunscribe la superficie diafragmática del pulmón y separa esta superficie de la superficie costal y mediastínica. El borde posterior es donde las superficies costales y mediastínicas se encuentran por detrás; es amplio y redondeado y yace en la cavidad al lado de la región torácica de la columna vertebral.

Tráquea y bronquios Empezando en la laringe, las paredes de la vía aérea están formadas por anillos de cartílago hialino en forma de herradura o de C. La vía aérea sublaríngea constituye el árbol traqueo bronquial. La tráquea está localizada en el mediastino superior. Se bifurca a nivel del ángulo esternal en dos bronquios principales (primarios), que discurren en dirección inferolateral para entrar uno en cada pulmón a través del hilio. El bronquio principal derecho: es más ancho, más vertical que el contra lateral y pasa directamente al hilio pulmonar.

El bronquio principal izquierdo, pasa en dirección inferolateral, por debajo del arco de la aorta y por delante del esófago y de la aorta torácica, para llegar al hilio correspondiente (fig.5).

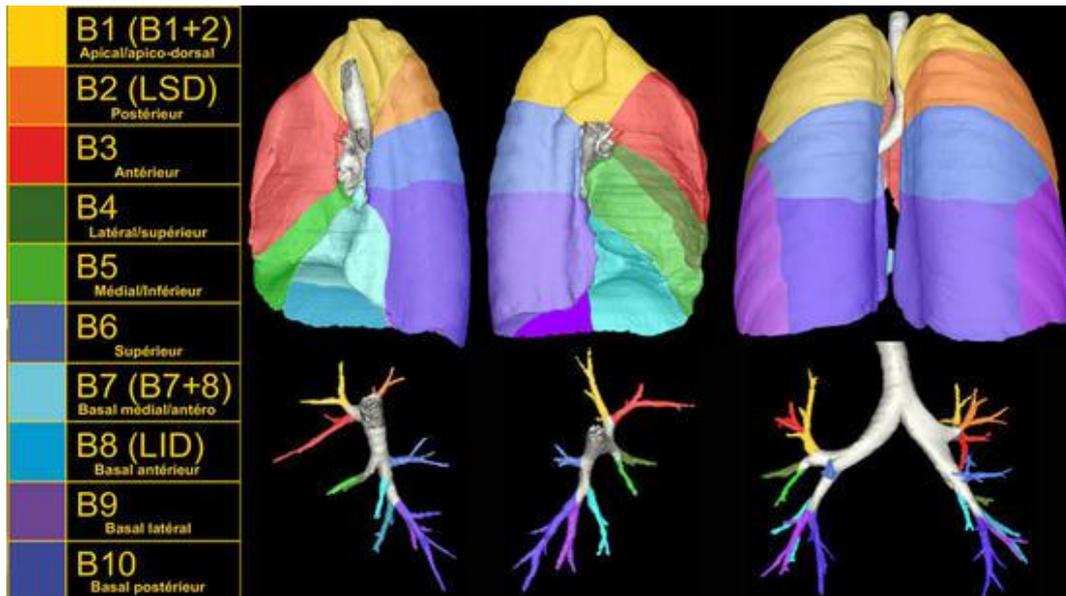


Figura 5. Tráquea y segmentación bronquial.

En el interior de los pulmones, las ramas bronquiales se dividen para formar los bronquios lobares (secundarios), dos en la izquierda y tres en la derecha, cada uno sirve a un lóbulo. Cada bronquio lobar se divide en segmentarios (terciarios) que sirven a los segmentos bronquio pulmonares.

Los segmentos pulmonares, característicamente, forma piramidal, con sus vértices en frente de la raíz del pulmón y sus bases en la superficie pleural, son las subdivisiones más grandes de un lóbulo y están separados de los segmentos adyacentes por tabiques de tejido conectivo, reciben de forma independiente un bronquio segmentario y una rama terciaria de la arteria pulmonar, se encuentran drenados por partes intersegmentadas de las venas pulmonares. Normalmente son de 18 a 20 (10 en el pulmón derecho y 8 a 10 en el izquierdo, de acuerdo con la combinación de segmentos).

Después de las ramas directas de los bronquios lobares, es decir, después de los bronquios segmentarios, son de 20 a 25 generaciones de ramas que finalizan su recorrido en los bronquios terminales. Cada bronquio terminal da

lugar a muchas generaciones de bronquios respiratorios y cada bronquiolo respiratorio aporta de 2 a 11 conductos alveolares, cada uno de los cuales da 5-6 sacos alveolares cubiertos por alveolos. El alveolo pulmonar es la unidad básica de intercambio de gas en el pulmón.

Cada pulmón tiene una gran arteria pulmonar que lo irriga y dos venas pulmonares que drenan su sangre. Las arterias pulmonares derecha e izquierda salen del tronco pulmonar, que lleva sangre poco oxigenada (venosa) a los pulmones para su oxigenación. Cada arteria pulmonar forma parte de la raíz del pulmón correspondiente y da su primera rama al lóbulo superior antes de entrar en el hilio. Dentro del pulmón cada arteria desciende posterolateral al bronquio principal y se divide en arterias lobares y segmentarias. Consecuentemente, una rama arterial irriga cada lóbulo y segmento broncopulmonar correspondiente. Las arterias y los bronquios están apareados dividiéndose y discurriendo en paralelo dentro del pulmón.

Las venas pulmonares, dos de cada lado, llevan sangre oxigenada (arterial), desde los pulmones hasta la aurícula cardiaca izquierda. Empezando en los capilares pulmonares, las venas pulmonares discurren independientemente de las arterias y los bronquios, cursan entre ellos y se dirigen hacia el hilio. Las venas de la pleura visceral drenan en las venas pulmonares, y las venas de la pleura parietal se unen a las venas sistémicas en partes adyacentes de la pared torácica.

Las arterias bronquiales aportan sangre para la nutrición de las estructuras que forma la raíz de los pulmones y la pleura visceral. Las dos arterias bronquiales izquierdas usualmente llegan directamente a la aorta torácica. La única arteria

pulmonar derecha puede salir de la aorta directamente. Mas con mayor frecuencia surge de una de las ramas intercostales, superiores (normalmente de la 3ª arteria intercostal posterior derecha) o de un tronco común como la arteria bronquial superior izquierda.

Las venas bronquiales drenan solo parte de la sangre aportada a los pulmones por las arterias bronquiales, primero se distribuyen lo más cerca posible de la porción más proximal de las raíces de los pulmones. El remanente de sangre drena a través de las venas pulmonares, específicamente el retorno desde la pleura visceral, las regiones más periféricas del pulmón y los componentes distales de la raíz del pulmón. La vena bronquial derecha drena a la vena ácigos y la vena izquierda a la hemiacigos accesoria o a la vena intercostal superior izquierda.

ANATOMÍA RADIOLÓGICA FINA DE LA VÍA AÉREA.

La tráquea es un tubo cartilaginoso y fibromuscular que se extiende desde la cara inferior del cartílago cricoides (C6) hasta la carina (T5). Su longitud es de 10 a 12cm. La tráquea se divide en porciones intra y extra torácica. Contiene 16 a 18 anillos en forma de herradura, incompletos posteriormente que ayudan a soportar la pared traqueal y a mantener la luz durante la espiración forzada.

Existen grandes diferencias en la morfología traqueal en cortes axiales, que puede ser redondeada, oval o en forma de herradura. El diámetro puede variar ampliamente, en hombres mide de 13 a 25mm en promedio 19mm mientras que en mujeres el promedio es de 17.5mm. La forma de la tráquea intratorácica cambia con la espiración y la dinámica respiratoria. Con pequeñas variaciones, la pared traqueal aparece como una fina banda de densidad de partes blandas

(1-2mm) bien definida internamente por el aire luminal y en el exterior por la grasa mediastínica. La calcificación de los cartílagos traqueales es frecuente en ancianos, sobretodo en mujeres. La pared traqueal, normalmente, es más fina en la cara posterior, donde no hay cartílago.

La posición en el mediastino varía dependiendo del nivel de corte. Se angula posteriormente en el opérculo torácico y va siendo más posterior a medida que se interna en el tórax. La pared derecha esté en contacto con la flexura pleural del lóbulo superior derecho. La tráquea en funda de sable es una variación frecuente de la morfología, en la que el diámetro coronal queda reducido a la mitad del diámetro sagital.

Los bronquios se componen, al igual que la tráquea, de elementos cartilaginosos y fibromusculares. No obstante, la distinción entre las porciones bronquiales con soporte cartilaginoso y sin él no es tan clara como en la tráquea. En su porción proximal de los bronquios principales tienen placas de cartílago en forma de herradura, pero se hacen menos uniformes en la periferia. La vía aérea se divide dicotómicamente en 23 generaciones de ramas desde la tráquea a los alveolos. Teniendo en cuenta que un bronquio solo se ven sus paredes, no se visualizan bronquios con paredes menores a $300\mu\text{m}$ en TCAR, o bronquios de 1 a 2mm de diámetro a menos de 2cm de la superficie pleural de la séptima u octava generación (fig.6).

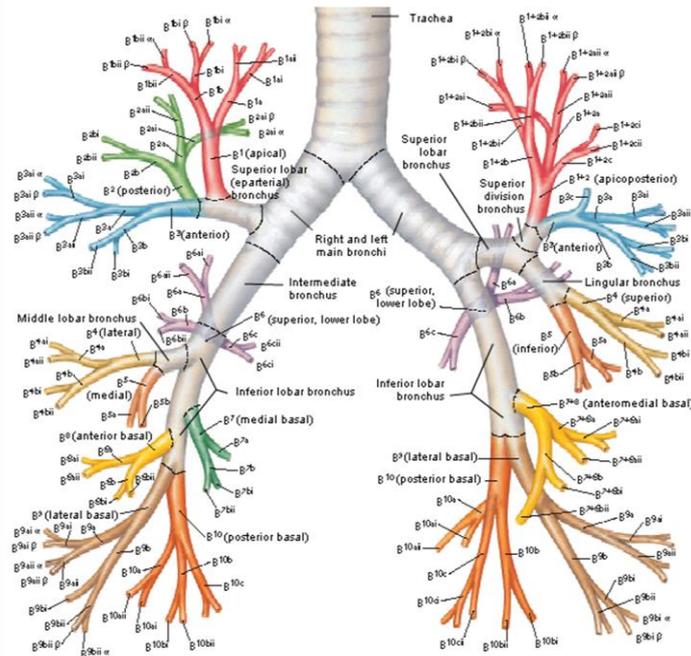


Figura 6. Tráquea y segmentación bronquial

Utilizando la TC espiral con cortes de 3 a 5mm, son visibles todos los bronquios segmentarios lo cual no siempre es posible con cortes más gruesos.

La nomenclatura de los segmentos pulmonares ha sufrido varios cambios, aunque descrita por Jackson en 1943 es la más aceptada. Los bronquios se designan utilizando un sistema alfanumérico en el que cada segmento se le asigna la letra B seguida de un número. Los árboles bronquiales derecho e izquierdo son independientes. Aunque se describen todos los bronquios lobulares y segmentarios, se hace énfasis en los cortes más característicos.

El bronquio principal derecho es relativamente corto y se divide en bronquio del lóbulo superior y bronquio intermediario, se origina más cranealmente que el izquierdo, por encima de la arteria pulmonar derecha principal.

Bronquio del lóbulo superior derecho: Nace de la carina o inmediatamente por encima de la misma, cursa lateralmente de 1 a 2cm antes de dividirse en sus

tres ramas segmentarias. El bronquio del segmento apical, es la primera rama que se identifica en la TC, se encuentra al mismo nivel que la tráquea distal. Se divide en el bronquio segmentario anterior (B3) casi siempre está en el plano de corte y es más fácil de ver. El bronquio segmentario posterior (B2) puede ser horizontal, pero se puede angular cranealmente de forma suave y se va viendo progresivamente más dorsal a medida que los cortes son más altos. El origen del bronquio apical (B1) se suele ver como una zona radioluciente superpuesta en la porción posterior del bronquio del lóbulo superior, a nivel de origen, o inmediatamente por encima, de los segmentos anteriores y posteriores.

Bronquio del lóbulo medio: Nace de la pared antero lateral del bronquio intermediario y se extiende anterior y lateralmente. Su nivel de origen marca el punto de salida del bronquio del lóbulo inferior. Se extiende 1 a 2cm antes de bifurcarse en sus dos ramas, los bronquios del segmento lateral (B4) y el medial (B5). La Porción principal del bronquio del lóbulo medio y sus ramas se ven 1 a 2cm por debajo del origen del lóbulo medio.

Bronquio del lóbulo inferior: Su porción principal es corta pues cerca de su origen nace el segmentario superior (B6) de su pared posterior. Distal a la salida del B6 el tronco de la pirámide basal se ve frecuentemente antes de dividirse en los 4 bronquios segmentarios inferiores (medial, anterior, lateral y posterior). El bronquio segmentario superior del lóbulo inferior (B6) nace al mismo nivel o ligeramente caudal al origen del lóbulo medio, tiene longitud de aproximadamente 1cm y cursa posteriormente en el plano de corte. Los bronquios de la pirámide basal se originan por debajo de B6, el bronquio del lóbulo inferior continúa entre 5 a 10mm como tronco basal perpendicular al

plano axial. Normalmente el bronquio segmentario medio basal sale el primero, siendo anterior a la vena inferior. Aunque con variaciones, los bronquios de B8, B9 y B10 se identifican por sus porciones relativas y su curso hacia sus respectivos segmentos. En general los bronquios segmentarios medial y posterior se cortan más o menos perpendiculares mientras que el anterior y el lateral más oblicuos.

El bronquio principal izquierdo es mucho más largo que el derecho y se suele ver en 3 cortes contiguos de 1cm por debajo de la carina. Se divide en bronquio superior e inferior.

Bronquio del lóbulo superior izquierdo: tiene de 2 a 3cm. En aproximadamente el 75% de los casos se divide en ramas superior y lingular. La rama superior, de 1cm aproximadamente, se divide para formar los bronquios segmentarios apical-posterior (B1-2) y anterior (B3). El bronquio lingular cursa en sentido antero inferior unos 2 a 3cm antes de dividirse en las ramas segmentarias superior e inferior. La rama superior se dirige más lateralmente que la inferior de manera análoga al lóbulo medio contra lateral.

Bronquios segmentarios apical-posterior (B1-2) y anterior (B3) dado el origen variable del bronquio del segmento B3, su identificación es importante. El bronquio B3 suele estar próximo al plano de corte y cursa casi anteriormente. El bronquio segmentario apical-posterior se ve como una radiolucencia circular por encima del origen del bronquio segmentario anterior. El bronquio lingular surge de la superficie inferior de la porción distal del bronquio del lóbulo superior izquierdo y cursa en sentido oblicuo e inferior, cursa oblicuamente en sentido antero inferior de forma algo parecida al bronquio del lóbulo medio

contra lateral, en cortes axiales es oval o elíptico. Las divisiones del bronquio lingular, superior (B4) e inferior (B5) tienden a originarse muy distalmente y pueden ser demasiado pequeñas y periféricas.

Bronquio del lóbulo inferior izquierdo: el patrón de ramificación es similar al del lóbulo inferior del pulmón contra lateral, aunque el lóbulo inferior izquierdo solo tiene tres segmentos: antero lateral, lateral y posterior. El bronquio del segmento superior (B6). Su bronquio sale a 1cm del origen del bronquio del lóbulo inferior y es idéntico a la configuración del pulmón contra lateral. El tronco basal y segmentos basales, se visualiza de 1 a 2cm por debajo del origen del bronquio del segmento superior. Suele ser más largo que el tronco basal derecho y su pared anterior también está delimitada por parénquima pulmonar.

Los bronquios segmentarios basales son, básicamente imágenes en espejo de sus contra laterales, con la excepción de que en el izquierdo los bronquios basales medial y anterior nacen de un tronco común (B7-8). Los segmentos lateral (B9) y posterior (B10) recuerdan a los del pulmón derecho. Como en el pulmón derecho la clave para identificar los bronquios segmentarios de la pirámide basal es su posición relativa y su orientación hacia los respectivos segmentos.

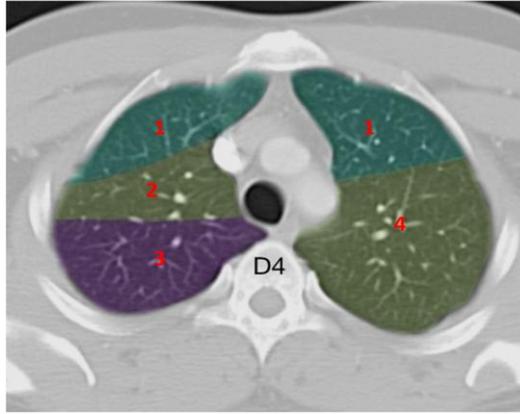


Figura7. Lóbulo superior 1 anterior, 2 apical, 3 posterior, 4 apicoposterior

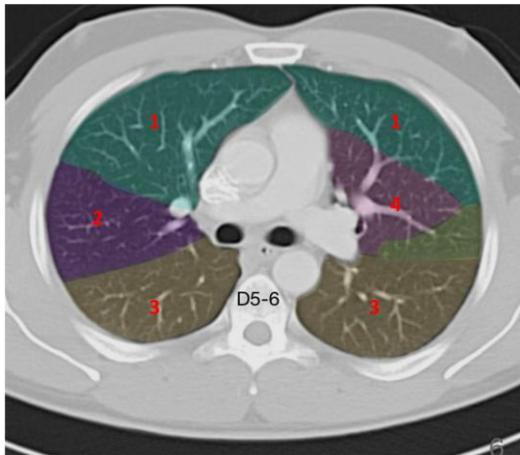


Figura8. Lóbulo superior 1 anterior, 2 posterior. Lóbulo língula (izquierda), 4 superior. Lóbulo inferior 3 posterior.

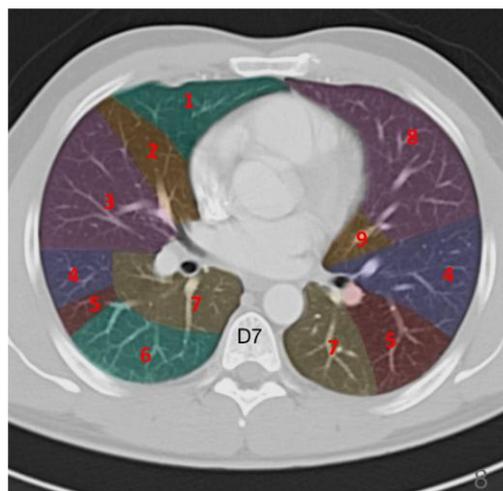


Figura9. Lóbulo superior. 1 anterior. Lóbulo medio. 2 medial, 3 lateral. Lóbulo inferior. 4 anterobasal, 5 laterobasal, 6 posterobasal, 7 superior. Língula (izquierda) 8 superior, 9 inferior.

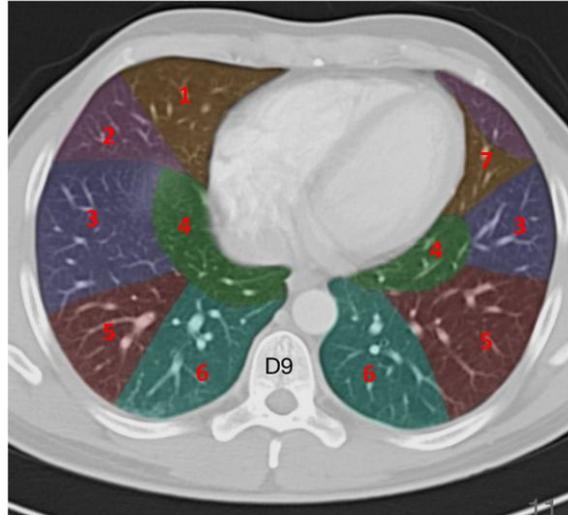


Figura10. Lóbulo medio. 1 medial, 2 lateral. Lóbulo inferior. 3 anterobasal, 4 mediobasal, 5 laterobasal, 6 posterobasal. Lígula. 7 inferior.

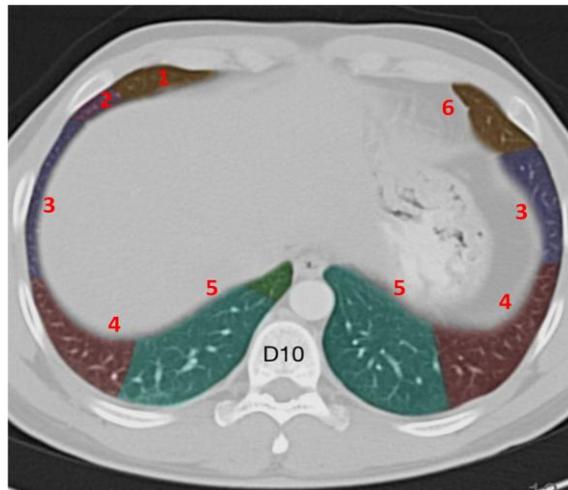


Figura11. Lóbulo medio. 1 medial, 2 lateral. Lóbulo inferior. 3 anterobasal, 4 laterobasal, 5 posterobasal. 6 Lígula inferior.

FÍSICA DE RAYOS X Y TOMOGRAFÍA.

La energía electromagnética es quizá la forma menos familiar de energía. Sin embargo es la más importante para nuestro objetivo, ya que es la que se utiliza para la generación de rayos X. Además incluye a las ondas de radio, las microondas y la luz ultravioleta, infrarroja y visible.

Así como la materia puede transformarse de tamaño, estado y forma otros, también la energía puede transformarse. En nuestro caso, en radiología, la energía eléctrica es un sistema de imagen de rayos X que se utiliza para producir energía electromagnética (el rayo X), que se convierte en energía química en la película radiográfica.

Los rayos X están constituidos por fotones de energía tales que en su proceso de interacción con la materia producen efectos ionizantes (fotoeléctrico, Compton, formación de pares electrón-positrón) y abarca un rango de longitudes de onda en gran parte coincidente con el de los fotones gamma de fuentes radioactivas.

Para poder generar rayos X de forma convencional, es necesario contar con los siguientes elementos:

Tubo de rayos X, fuente de alta tensión, circuito y/o sistema de control de emisión.

Para el diagnóstico clínico por imagen, los rayos X son generados por un tubo de rayos X. Es una ampolla que se realizó alto vacío, del orden de 10^{-4} atmósferas, en cuyo interior pueden identificarse dos electrodos, uno denominado cátodo (a polarizar negativo) dentro o en proximidad a uno o varios filamentos, y otro denominado ánodo (positivo) que podrá ser fijo o giratorio. Al polarizar los electrodos, se establece entre ellos un campo eléctrico capaz de acelerar los electrones de una nube formada por emisión termoiónica en las proximidades del filamento. En el ánodo se ha construido una zona (región de producción de rayos X) de un material especialmente seleccionado

por sus características físicas, que actúa como blanco de impacto de los electrones acelerados electrostáticamente²³.

La cantidad de energía absorbida por el electrón en el campo eléctrico de aceleración equivale al producto del potencial (kilo voltaje pico, kVp) por unidad de carga eléctrica, cuyas unidades son electrón-voltios (kilo electrón-voltios). La cantidad de carga generada por el tubo de rayos X por unidad de tiempo se mide en unidades de corriente eléctrica, y el producto del voltaje y la corriente constituyen el grado de potencia (vatios) generado por el tubo. Se emplean campos electrostáticos y/o magnéticos para enfocar el haz de electrones en una pequeña área del blanco del ánodo, por lo general presenta dimensiones de 1mm aproximadamente. Cuando los electrones impactan el blanco, la mayor parte de la energía se disipa en forma de calor, pero una pequeña fracción se convierte en diversas formas de radiación electromagnética. Característicamente, existe una porción linealmente decreciente debido a la radiación de frenado (Bremsstrahlung): la desaceleración de los electrones en el blanco. Según las ecuaciones de Maxwell, toda la carga sometida a aceleración irradiará energía electromagnética. Cuando los electrones del haz atraviesan los átomos del blanco interactúan y resultan acelerados. La cantidad máxima de energía susceptible de intercambio es igual a:

$e \times \text{kVp}$

Y también aparecen aleatoriamente cantidades menores de energía, dependiendo de particularidades de las colisiones entre electrones. Los picos agudos del espectro se dan cuando los electrones del haz depositan energía al

estimular los electrones atómicos, con una radiación característica de valores energéticos máximos²².

El espectro generado en un tubo de rayos X contiene muchos fotones de baja energía. La potencia en el haz asociada con un espectro energético concreto es bastante constante, por que el número de cuantos disminuye linealmente en función de la energía, mientras que la energía de un cuanto determinado aumenta linealmente. Dado que los cuantos de menor energía resultan efectivamente atenuados en el paciente, contribuyen escasamente a la señal medida, al mismo tiempo que exponen al paciente a cierta dosis de radioactividad. Así pues, el haz de rayos se filtra colocando material alrededor del tubo de rayos X para reducir los fotones de baja energía, permitiendo el paso a los de alta energía, lo que propicia un equilibrio óptimo entre calidad de imagen y dosis.

Partiendo del objetivo, Los rayos X se dispersan en un amplio ángulo sólido (esencialmente un hemisferio). Para reducir al mínimo la dosis radioactiva y la generación de dispersión de la radiación de fondo, se colima el haz de rayos X mediante una apertura en un fino haz de abanico. Para los equipos de tomografía, el haz que incide en el paciente es habitualmente de algunos pocos milímetros de grosor, abarcando un ángulo de aproximadamente 45° ²².

La detección de los rayos X se lleva a cabo empleando materiales especiales que convierten los elevados valores energéticos (KeV) del rayo en formas de menor energía, como fotones ópticos, que presentan energías de unos pocos electronvoltios. En esta conversión reductora, se generan muchos cuantos secundarios, habitualmente miles por cuanto primario. Los materiales del

detector, como el fósforo, cerámicas centelleantes, o gas xenón presurizado, acaban produciendo una corriente eléctrica o voltaje. La gama de señales producidas en la tomografía es amplia, desde la del aire (transmisión del 100%) a la de un paciente corpulento con implantes metálicos (posible atenuación del 0,0006%).

Para obtener las mediciones necesarias desde distintos ángulos, todos los componentes deben rotar alrededor del paciente. La carcasa puede pesar entre 400kg a 1000kg, presentan un diámetro de 1.5 metros, y rotar a 3 revoluciones por segundo. Mientras rota no debe oscilar más de 0,05mm. Originalmente, la carcasa estaba conectada al exterior mediante cables, y había que cambiar la dirección de rotación al final de cada revolución. La invención de la técnica de anillo colector supuso un adelanto fundamental en el manejo del equipo, pues emplea escobillas para proporcionar una potencia eléctrica y una comunicación electrónica constantes, propiciando así una rotación continua ^{18,19,22}.

A mediados de la década de 1990 la velocidad de la TC helicoidal estaba limitada por la fuerza mecánica derivada de los consiguientes tiempos de rotación de la carcasa y por los requisitos de rendimiento de los tubos de rayos X para que proporcionan un flujo suficiente para que la proporción señal ruido-fuera adecuada. La siguiente mejora en el rendimiento se debió a la obtención de mediciones en paralelo a múltiples niveles corporales, empleándose más de una fila de detectores simultáneamente; este avance permitió aumentar la velocidad de adquisición de volumen proporcionalmente al número de filas de detectores. Con este método, el tubo de rayos X produce un ancho haz de rayos X, en lugar de uno colimado hacia un corte estrecho; al ensancharse la colimación para iluminar múltiples filas de detectores, se obtienen más

mediciones con el mismo rendimiento del tubo. Inicialmente se introdujeron equipos con dos o cuatro filas, pero actualmente existen equipos con 64 filas de detectores que permiten una cobertura de corte muy amplia¹⁹.

Aunque la calidad de imagen constituye el criterio definitivo de todo sistema de diagnóstico por imagen, resulta difícil definirla y cuantificarla. En contexto clínico, la calidad de la imagen viene con frecuencia determinada cualitativa y subjetivamente. La teoría de la comunicación especifica que los parámetros fundamentales de transmisión de información para caracterizar el rendimiento de un sistema son la señal, la resolución, la distorsión y el ruido. Habitualmente se utilizan parámetros objetivos para describir la calidad de la imagen: resolución espacial, resolución de contraste, resolución temporal, ruido y artefactos. Estos se ven condicionados por las características de los equipos y variables de exploración.

Señal Una imagen representa un mapa de determinada cantidad física, ya sea medida directamente o a través de otras mediciones. La señal de la imagen puede ser continua, como la radiografía de pantalla-película, o bien discontinua, como en la imagen médica en una pantalla de ordenador. En el proceso de obtención de la imagen en TC, la cantidad medida es la atenuación del haz de rayo X, donde la señal física eléctrica continua representa el flujo energético de los rayos X, convertido en un valor digital discontinuo. Partiendo de una serie de mediciones, se calcula una imagen digital para representar los coeficientes de atenuación del material presente en el objeto. El mapa consiste en una serie de píxeles, generalmente en una matriz cuadrada de 512 píxeles por cada lado. Cuando se realizan múltiples cortes y se recogen series de

datos de volumen, el mapa tridimensional se convierte en voxeles (elementos de volumen) ²².

Resolución. El término resolución define la capacidad de un sistema de obtención de imagen para detectar cambios en una señal. La capacidad de un sistema para registrar cambios entre dos puntos distintos en el espacio depende de dos factores: la apertura del sistema y la frecuencia de muestreo (en los sistemas discontinuos). La apertura de un sistema puede adoptar diversas formas: en un sistema de representación, puede consistir en el tamaño de punto de luz para formar la imagen; en la TC, podría ser el tamaño de la célula de detección que mide el flujo de rayos X. La resolución espacial se caracteriza por una función de difusión puntual, que es la huella de señal de una entrada (punto) de tamaño infinitesimal, y se expresa en términos de longitud (como el valor de anchura total a media altura de la función de difusión puntual) ²².

La resolución espacial mide la capacidad de un sistema de obtención de imagen para distinguir objetos muy próximos entre sí o para presentar pequeños detalles. La resolución espacial de la TC se describe en dos dimensiones: resolución de la imagen del plano XY y resolución de dirección Z. Ambas dependen de distintos factores. Tradicionalmente, la resolución espacial del plano XY ha sido mucho mejor que la resolución espacial longitudinal o de sección transversal, pero esta última ha progresado notablemente gracias a los multidetectores ²².

Distorsión. Una señal puede tener errores o distorsiones susceptibles de repetición. Por ejemplo si un paciente se mueve, puede que alguna de las

estructuras visualizadas aparezca representada en una situación distinta de su verdadera localización. Si el proceso de reconstrucción de la imagen requiere obtener datos lineales y uniformes, pero las mediciones no son uniformes por algún motivo, es posible que aparezcan artefactos, que pueden provocar una pérdida de información o de la imagen. Puesto que la distorsión es recurrente, en ciertos casos resulta posible eliminar o minimizar el error, mediante de procesos adicionales de la imagen. Si una determinada serie de píxeles aparece representada con un brillo mayor de que puede producir un tubo de rayos catódicos, puede ajustarse el marco/ventana para representar los píxeles con menos brillo ²².

Ruido. Otra clase de errores en imagen se debe a las variaciones aleatorias y estocásticas en la señal. Que no se repiten. Dado que el ruido no puede predecirse, sus efectos no son susceptibles de corrección, constituyendo así la limitación última a la cantidad de información que puede extraerse de una señal. El ruido puede caracterizarse por sus propiedades estadísticas como la variancia y la desviación típica de mediciones repetidas. En la práctica médica, los valores de TC se miden a menudo para caracterizar la composición de tejido como aire, grasa, agua y calcio. La medición de valores está sujeta a las limitaciones físicas inherentes al equipo y a la fluctuación estadística "ruido". El ruido reduce la detectabilidad de contraste bajo ²².

El ruido de la imagen se ve afectado por un amplio número de parámetros, como el voltaje, su corriente, el tiempo de exposición, la eficiencia del detector, el grosor del corte, la velocidad de la mesa, la interpolación y el algoritmo de reconstrucción. Este se puede reducir aumentando el voltaje a expensas de una mayor dosis radioactiva.

Desde su introducción en los años 70's del siglo XX, la técnica de TC ha experimentado un continuo progreso en el rendimiento, aumentando la velocidad de registro, la cantidad de información contenida en cada corte concreto y el volumen de cobertura.

Históricamente, las primeras configuraciones de equipos de TC se caracterizaban por sucesivas realizaciones de barrido geométrico. Para 1990, los equipos rotatorios de haz en abanico, que empleaban una técnica con anillo colector para proporcionar la rotación continua del tubo y el detector de rayos X, habían reducido el tiempo de obtención de imagen aproximadamente un segundo, precisándose varios segundos por corte para los cálculos de reconstrucción. Sin embargo, el tiempo necesario para explorar el volumen de interés del paciente era a menudo superior al equivalente a contener la respiración en una sola vez, y el alcance de la exploración estaba limitado por la carga térmica del tubo de rayos X a entre 10 a 30cm. Gracias al desplazamiento continuo de la mesa del paciente mediante una carcasa (gantry) rotatoria, método denominado exploración helicoidal o espiral, la cobertura de volumen y la velocidad de exploración siguieron aumentando, siendo las principales limitaciones de velocidad el rendimiento del tubo y la frecuencia de rotación mecánica. En 1990, los obstáculos que encontraban los primeros equipos helicoidales fueron superados mediante la técnica multicorte, que emplea múltiples filas de detectores para aprovechar mejor el rendimiento del tubo y obtener mediciones en paralelo a diversos niveles de corte. Las reconstrucciones en estas condiciones son inherentemente tridimensionales, de modo que se deben utilizar algoritmos más complejos. El concepto fundamental

de la TC es que la estructura interna de un objeto puede reconstruirse a partir de múltiples proyecciones del mismo ^{18, 19,22}.

Técnica de exploración. La radiografía de tórax sigue siendo el estudio más efectivo, debido que proporciona un alto contraste natural de las estructuras torácicas. La TC se utiliza como método diagnóstico de segunda línea para aquellos problemas no resueltos mediante la radiología convencional. La TC como estudio de imagen presenta diversas ventajas sobre la radiografía convencional en la representación de la anatomía y los procesos patológicos del pulmón. El formato transversal de la TC, permite un examen visual del pulmón sin el obstáculo de estructuras superpuestas. Con la introducción de la TCAR es posible la definición de del parénquima pulmonar hasta el nivel de los lobulillos pulmonares secundarios, la unidad estructural básica del pulmón, cada vez se utiliza con mayor frecuencia la TCAR como técnica de elección para evaluar las enfermedades pulmonares difusas y focales ¹⁸.

La TC helicoidal aprovecha la nueva tecnología de anillo deslizante y ha revolucionado la forma de ver el pulmón. Un detector rotatorio continuo combinado con una alimentación continua permite una rápida adquisición de datos a través del tórax durante una sola inspiración mantenida. Permite una adquisición volumétrica sin intervalos que elimine los problemas de error de registro del corte causados por variación en la profundidad de inspiración. En ningún sitio anatómico ha sido tan importante el impacto de la TC espiral como en el tórax. La eliminación de la variabilidad respiratoria por el acortamiento del tiempo total de adquisición de datos en menos de 30 segundos y la capacidad de analizar retrospectivamente cortes intermedios que proporciona el sistema helicoidal ^{19,21}.

Tan importantes como la aparición de la TC helicoidal son, quizá, los avances en el procesado y almacenamiento de la imagen y en la capacidad gráfica de los ordenadores actuales. Estos avances en la tecnología informática no solo han hecho que la TC sea más práctica, sino también han permitido nuevos diseños que con el tiempo se puedan mejorar aún más las imágenes de tórax. Existen diversos enfoques sobre la exploración pulmonar pero ningún método es óptimo para todas las indicaciones. En casos de enfermedad pulmonar oculta o para un proceso que puede afectar al pulmón de forma difusa, puede ser preferible explorar todo el tórax a intervalos de 1cm utilizando técnicas de TCAR. Esta exploración a múltiples niveles tiene mayor probabilidad de detectar manifestaciones precoces o tenues de enfermedad pulmonar y es más precisa en la determinación de la extensión.

La TC helicoidal y multicorte son ideales para la detección y evaluación de nódulos pulmonares pequeños, el trombo embolismo pulmonar para el estudio tridimensional. También pueden combinarse con algoritmos de alta resolución y técnicas de cortes finos.

TÉCNICA TOMOGRAFÍA COMPUTADA DE ALTA RESOLUCIÓN (TCAR).

Una de las limitaciones de la radiología convencional en la evaluación de la enfermedad pulmonar parenquimatosa difusa es la superposición de estructuras producidas por el formato proyeccional de 2D. La técnica de alta resolución es el método de elección para estudiar la patología pulmonar focal ó difusa cuando se requiere de un examen más detallado. Técnicamente la tomografía de alta resolución representa simplemente la combinación de cortes de 1 a 2mm de espesor reconstruidos con pixeles de tamaños del orden de 300 a 400micras. Utilizando un corte muy fino, la superposición de estructuras

dentro de un mismo espesor de corte se reduce de manera importante, permitiendo la óptima evaluación de detalles muy finos ^{18,21}.

Debe tenerse siempre presentes algunas consideraciones, los cortes con colimación muy fina, puede degradarse la relación señal-ruido de la imagen debido al reducido número de fotones que alcanzan los detectores. Debido a que el software de reconstrucción utilizado tiende a realzar la “distorsión” de la imagen, es importante incrementar los niveles de exposición para alcanzar una imagen de calidad óptima. El ajuste de los niveles de ventana son vitales para la interpretación adecuada de la patología pulmonar difusa. La utilización de niveles de ventana inadecuada puede provocar que algunas estructuras aparezcan más grandes o pequeñas de lo que realmente son.

La TC es la representación bidimensional de una estructura tridimensional. Aunque esta tercera dimensión o espesor de corte no se muestra en la imagen afecta directamente a la calidad de la imagen. Con todas las estructuras que se encuentran dentro de la unidad de volumen del espacio representado por el corte, también conocidas como voxel, se realiza un promedio y el resultado se representa mediante un número de TC para cada unidad de superficie o pixel. Cuanto más grueso sea el corte, mayor será la probabilidad de estructuras adyacentes, este fenómeno se conoce como efecto parcial de volumen.

Esta técnica combina el uso de cortes finamente colimados de 1 a 2mm de grosor con un algoritmo de alta frecuencia espacial, que potencia la detección de los bordes y un tiempo de adquisición rápido. Esto reduce el promedio de volumen parcial y mejora la capacidad de la TC de demostrar pequeñas lesiones pulmonares. Los algoritmos de alta frecuencia espacial, al reducir el

grado de igualación de los datos de imagen, potencian la detección de bordes, de forma que las estructuras pulmonares aparecen más nítidas pero a su vez, aumentan la cantidad de ruido.

En ningún lugar ha sido tan importante el impacto de la TC espiral como en el tórax, dada la eliminación de la variabilidad respiratoria y la capacidad de analizar retrospectivamente cortes intermedios que proporciona este sistema. Además el reducido tiempo de exploración (en la mayoría de los casos menor de 30 segundos). Estas ventajas combinadas con las actuales capacidades de calentamiento de los tubos de rayos X y la alta sensibilidad de los detectores, han mejorado significativamente el rendimiento en cada paciente y la precisión anatómica ²¹.

Debe reducirse el campo de visión para cubrir únicamente el parénquima pulmonar, aumentando así al máximo el detalle fino de los pulmones. Una colimación estrecha reduce el promedio de volumen dentro de la sección y aumenta la resolución espacial comparada con una resolución convencional, puede utilizarse la colimación entre 0,5mm a 1,5mm, una sección con grosor mayor a 3mm no mejora sustancialmente la resolución espacial; por el contrario, la reducción del corte a menos de 0,5mm no mostrará una mejoría en la resolución espacial, al mismo tiempo que reducirá significativamente la relación de la señal con el ruido de la imagen. Las diferencias entre 1,5 a 3mm son probablemente insignificantes para la detección de estructuras pequeñas, pero las sutiles variaciones regionales en la densidad del parénquima pulmonar se observan más fácilmente en las imágenes con colimación de 1,5mm²⁴. La focalización retrospectiva de la imagen reconstruida a un área de interés, puede mejorar aún más la visualización del parénquima pulmonar anormal. En

caso necesario, las proyecciones en decúbito prono diferencian el edema o atelectasia dependiente focal, observados habitualmente en las bases pulmonares de pacientes normales de una fibrosis pulmonar inicial.

Los mejores resultados se mantienen con técnicas de inspiración mantenida, esto no siempre es posible en pacientes en estado crítico o en niños, en el estudio del tórax, es necesario un tiempo de corte reducido para disminuir el efecto de movimiento, además, es más probable que se obtenga la imagen en el período diastólico del ciclo cardíaco, que es más largo y con ello mejora la visualización de las estructuras cardíacas. Todos deben de explorarse en ventana pulmonar. Los parámetros exactos varían dependiendo del funcionamiento y del modelo del escáner, los parámetros de ventana típicos están en rangos de 1650 (ancho de ventana) y menos 600 (nivel de ventana) Unidades Hounsfield (UH). Otros parámetros, se ajustan manualmente en el momento de la adquisición para realzar opacidades en vidrio esmerilado que se observan mejor con parámetros de ventana más anchos, las variaciones en el ajuste de la ventana tienen un efecto marcado sobre el grosor aparente de las paredes bronquiales. Una ventana de ajuste estrecho alterará también el diámetro bronquial. Si se sospecha de dilataciones bronquiales (bronquiectasias) se recomienda nivel de ventana entre menos 400 a menos 950UH y amplitud de entre 1000 y 1600UH. Estos valores tienen a acentuar los engrosamientos pleurales, así como aumentar la densidad de nódulos pequeños de lo que realmente son, pudiendo simular falsamente una calcificación^{18, 21, 22}. Se ha calculado que la media de la dosis de radiación de la piel enviada con la tomografía de alta resolución usando secciones de 1,5mm a intervalos de 20mm es el 6% de la convencional, de los protocolos de barrido

contiguo de 10mm., el protocolo más frecuentemente utilizado en alta resolución con equipos multi detector, envía aproximadamente 6,5 veces la dosis menos eficaz que una TC con detector convencional único, la dosis eficaz de una TCAR convencional es alrededor de 12 veces el mili amperaje de una radiografía de tórax PA y lateral. Es posible reducir el mili amperaje de un examen de alta resolución en hasta diez veces y continuar obteniendo imágenes diagnósticas comparables. Tales técnicas de dosis bajas producen un aumento considerable del ruido en la imagen y las anomalías parenquimatosas sutiles, como el enfisema inicial o la opacificación en vidrio esmerilado, pueden estar oscurecidas.²⁴

LESIÓN PULMONAR.

Como hemos comentado anteriormente, la tomografía convencional y las técnicas de imagen avanzada como la de alta resolución, y las imágenes seccionales con equipos multicorte y helicoidales han pasado a formar parte del proceso de evaluación sirviendo como importantes métodos adyuvantes con fines de detección diagnóstica y caracterización de las enfermedades del parénquima pulmonar.

A medida que aumenta la experiencia con la tomografía surgen patrones de enfermedad pulmonar, los cuales son refinamiento de la tomografía convencional del pulmón. Al intentar establecer un diagnóstico diferencial de la enfermedad pulmonar difusa o focal, resulta útil clasificar las anomalías parenquimatosas en tres categorías.

Enfermedad del espacio aéreo, Enfermedad intersticial, Enfermedad quística pulmonar.

Una vez establecido el grupo predominante, se debe caracterizar la enfermedad pulmonar según su distribución.

Enfermedad del espacio aéreo.

La manifestación más precoz de enfermedad del espacio aéreo es la presencia de lesiones entre 4 a 10mm de diámetro aproximadamente conocidas como nódulos acinares, que corresponde a la ocupación del espacio alveolar por líquido, células inflamatorias o neoplásicas, dependiendo del proceso patológico. A medida que la enfermedad se hace más extensa y grave, las densidades acinares coalescen formando lesiones de mayor tamaño y finalmente evolucionan a afección lobulillar, subsegmentaria, segmentaria, lobular y multilobular.

En la TC, los broncogramas aéreos son la característica específica de la consolidación del espacio aéreo.

Enfermedad intersticial. Esta enfermedad, tanto con en la TC y en la de alta resolución se manifiestan como nódulos, líneas, reticulaciones, y engrosamiento de los tabiques pulmonares. Las interfaces que existen entre el pulmón y las superficies pleurales, o entre el pulmón y los bronquios y vasos, se hacen irregulares y de aspecto vellosos. La TC de alta resolución complementa la detección de la enfermedad pulmonar intersticial precoz al proporcionar un mayor detalle de los elementos anatómicos pulmonares más pequeños y periféricos así como de los tabiques interlobulillares.

Enfermedad quística o de los espacios aéreos anómalos. Comprende una gran variedad de procesos patológicos, caracterizado por la presencia de “agujeros” o espacios aéreos anormales dentro del parénquima pulmonar.

Pueden ser ampollas, bullas, neumatoceles, panalización, cavitaciones, bronquios dilatados y vías aéreas terminales y sacos alveolares dilatados. Los mecanismos por los que se crean espacios aéreos anormales son la necrosis del pulmón, como en el embolismo séptico, la rotura de la arquitectura fibroelástica, como en el enfisema, y la fibrosis retráctil con remodelación de la arquitectura del pulmón como en la patología quística.

Una vez clasificada puede analizarse su distribución. La enfermedad focal puede mostrar signos específicos que permiten estrechar los espectros de diagnóstico diferencial. La enfermedad difusa puede estar distribuida de manera uniforme o irregular en el pulmón. Puede afectar principalmente a las regiones centrales, o a las zonas subpleurales, o a las estructuras bronco vasculares. Diversas enfermedades muestran predilección por un patrón de distribución sobre de otro, y esta información puede ser utilizada para aumentar la precisión diagnóstica y la confianza diagnóstica.

Dentro de los signos de enfermedad focal encontramos el nódulo pulmonar solitario de origen no neoplásico, del cual se pueden distinguir tres causas: A) El granuloma, que se define como un nódulo no mayor a 2cm, y que muestra coeficientes de atenuación del rango del calcio. A demás de estos hallazgos, también es importante el patrón de calcificación, que debe ser homogéneo, seguir un patrón de anillos concéntricos, o de distribución en gruesa y grosera. Por último deben de considerarse la morfología y los bordes de los nódulos. La presencia de espiculaciones o irregularidades debe hacer sospechar fuertemente en un proceso maligno. B). Hamartoma, se define como un crecimiento benigno de múltiples componentes tisulares, (tejidos blandos, músculo y grasa), los hamartomas tienen suficiente grasa para ser detectados

por tomografía y su identificación es diagnóstica, la atenuación de la grasa se encuentra entre -20 a -160UH o menor. Suelen ser nódulos bien delimitados, uniformes redondos o lobulados. El 20% contiene calcificaciones de aspecto grueso. C) Malformaciones arteriovenosas. Las características por TC es una arteria aferente dilatada que conduce a un nódulo y una vena de drenaje dilatada.

Otra causa de enfermedad focal es la atelectasia, que se puede diferenciar de otros procesos utilizando criterios de TC. Se caracteriza por la presencia de una lesión con base pleural asociada a la pérdida del volumen del lóbulo afectado. Pueden observarse pequeños bronquios adyacentes que se extienden o arrollan hacia la lesión formando una cola de cometa o signo de la aspiradora, que desciende hasta la atelectasia desde el hilio. Otro tipo es la atelectasia redonda que tiene características similares con la diferencia de que se encuentra localizada adyacente a un área de engrosamiento pleural o derrame pleural adhesivo.

Las bronquiectasias son la dilatación de uno o más bronquios se caracterizan por ser irreversibles e incluyen diversas categorías de enfermedad. En cualquiera que sea el caso, los mecanismos protectores de las vías respiratorias que mantienen la esterilidad y aclaramiento de las vías aéreas están alterados. Esto predispone a infecciones bacterianas de repetición, colonización o taponamiento mucoso, seguido de una respuesta inflamatoria destructiva y la bronquiectasia resultante. Los bronquios dilatados presentan diversas características típicas por tomografía y cuando la bronquiectasia afecta principalmente las vías proximales, grandes, son más fácilmente identificables. Debido que cada bronquio se hace acompañar por una rama de

la arteria pulmonar, la bronquiectasia a menudo produce un signo en anillo de sello. Las bronquiectasias cilíndricas, se observan cuando la TC secciona longitudinalmente el bronquio dilatado, las paredes engrosadas asemejan un doble riel. Si es de carácter varicoso, la estructura observada en la TC se parece a un collar de perlas, con áreas de dilatación y de constricción alternada. En la de tipo quístico, cuando se corta transversalmente, un grupo de bronquios dilatados se observa un aspecto de racimos de uvas. Los quistes bronquiectásicos se identifican por su conexión a un bronquio dilatado, a diferencia de las ampollas o bullas, presentan paredes nítidas y a menudo engrosadas. Su identificación o la afección en las vías respiratorias más pequeñas es más difícil. Los bronquiolos periféricos engrosados, debido a su pequeño tamaño y su corta longitud pueden confundirse con nódulos pequeños. El aspecto de los bronquiolos distales inflamados es el de pequeñas yemas de ramas de árbol y se han descrito como opacidades en yemas en gemación.

Las características de TC de la enfermedad pulmonar difusa. Presenta varios tipos de distribución, que a menudo son útiles para determinar la naturaleza de la enfermedad pulmonar y alcanzar un diagnóstico diferencial limitado del proceso pulmonar.

La enfermedad difusa del espacio aéreo puede distribuirse principalmente de forma central o periférica, o puede afectar las zonas centrales y periféricas del pulmón. Algunas enfermedades difusas producen una anomalía del parénquima pulmonar conocida como opacidades en vidrio despolido o esmerilado. Se distribuyen en forma homogénea o en placas o mosaicos, o estar limitadas a la región centrolobulillar del lobulillo pulmonar secundario.

La enfermedad intersticial difusa y la enfermedad pulmonar quística difusa también pueden presentar diversas distribuciones, como las localizaciones peri bronquial y subpleural.

La opacidad en vidrio esmerilado se caracteriza por un leve aumento de la atenuación en la TC del parénquima pulmonar que no oblitera el contorno de los bronquios ni de los vasos pulmonares. Su distribución puede ser homogénea y difusa o más irregular, en mosaico. La tomografía de alta resolución mejora la detección de opacidades en vidrio despolido tenues, especialmente en los casos en que la radiografía de tórax o la TC convencional son normales o muestran hallazgos dudosos.

A veces, la anomalía del parénquima tiene una distribución menos uniforme y claramente en placas, con áreas de pulmón normal entremezcladas con zonas anormales. Esta distribución puede considerarse semejante al mosaico debido al llamativo aspecto, en ocasiones bizarro. Las enfermedades que producen patrones en mosaico, se dividen en tres categorías, de las vías respiratorias, vasculares e infiltrativas.

En algunas enfermedades, las áreas pulmonares anormales son las que demuestran un aumento de la atenuación de TC debido a la ocupación de los espacios alveolares por células o líquido o debido a que la cantidad relativa de aire presente en el espacio alveolar está reducida a causa de una invasión o engrosamiento del intersticio.

Algunas enfermedades pulmonares producen anomalías de TC limitadas, al menos inicialmente, a la región inmediatamente circundante a los bronquiolos del núcleo central del lobulillo pulmonar secundario. A primera vista, estas se

pueden confundir con pequeños nódulos muy pequeños, pero una inspección más detallada revela que cada una de ellas representa una opacidad nodular centrada alrededor del complejo centrolobulillar del lobulillo pulmonar secundario y sus pequeñas ramas bronquiolares.

Las enfermedades que causan este tipo de anomalías de TC a menudo se caracterizan desde el punto de vista histológico por una infiltración peribronquiolar por células inflamatorias, linfocitos, o una reacción granulomatosa.

El engrosamiento de los tabiques interlobulillares y del intersticio bronco vascular es una característica de muchas enfermedades pulmonares intersticiales difusas, que puede ser de carácter uniforme, irregular o nodular. Un engrosamiento de los tabiques interlobulillares de manera uniforme se observa en enfermedades como el edema pulmonar, intersticial y la proteinosis alveolar. El engrosamiento septal irregular, a menudo acompañado de alteración de la arquitectura pulmonar es característico que causan fibrosis pulmonar intersticial. El engrosamiento nodular, se encuentra en la enfermedad granulomatosa en la silicosis, silicotuberculosis y en casos de carcinomatosis linfangítica. La correlación anatomopatológica ha demostrado que el aspecto arrosariado se debe a depósitos endolinfáticos de sustancias o células.

Algunas enfermedades pulmonares producen anomalías de TC que inicialmente son más graves en la periferia del pulmón, la denominada zona subpleural. Estas enfermedades pueden ser fibrosis idiopática, asbestosis y ciertos tipos de enfermedades pulmonares inducida por fármacos, y pueden

consistir en opacidades en vidrio esmerilado, arcadas de reticulación o una malla de espacios quísticos pequeños conocida como panalización.

La panalización es una forma característica de lesión y remodelación pulmonar que consta de múltiples espacios aéreos quísticos pequeños de tamaño entre 1 a 10mm. Desde el punto de vista histopatológico, las paredes de los espacios quísticos están formadas por tejido granulomatoso o fibroso, y el proceso tiene una clara predilección por las zonas subpleurales. La panalización es el estadio final común de numerosas enfermedades pulmonares difusas que producen enfermedad intersticial. La presencia de opacidades en vidrio esmerilado en la zona subpleural a menudo indica una enfermedad pulmonar reversible. Sin embargo la panalización suele indicar una lesión permanente e irreversible ^{18,21}.

La toxicidad pulmonar por drogas está reconocida como una causa de enfermedad aguda y crónica. Numerosas sustancias tienen el potencial de causar toxicidad pulmonar. El uso ilegal de este tipo de drogas se está incrementando y pueden ser una de las causas más comunes de enfermedad pulmonar inducida por drogas actualmente. El uso de cocaína está a la alza a nivel mundial.

Las complicaciones son influenciadas por el método de administración, tamaño de la dosis y la presencia de sustancias asociadas (por ejemplo heroína o talco). Estas complicaciones incluyen síntomas respiratorios agudos, barotrauma, lesiones de la vía aérea, asma, edema pulmonar, hemorragia pulmonar, "pulmón de crack", enfermedad pulmonar eosinofílica, bronquiolitis obliterante con neumonía organizada, bronquiolitis, talcosis, silicosis,

enfermedad pulmonar intersticial, hipertensión pulmonar, enfisema infección, neumonía por aspiración y tumores. ².

Una forma altamente impura de la sustancia es conocida como “bazuca” ó bazuco, que consiste en un extracto crudo de las hojas mezclado con otras sustancias tales como agua, queroseno, gasolina, ácido sulfúrico, harina, arena, talco, azúcar. Se fuma comúnmente en América del Sur. ².

Los síntomas respiratorios son muy comunes después de la exposición a la droga, sobre todo a la exposición de los productos de la combustión del crack. Dependen del método de administración (oral, nasal, intravenoso), tamaño de la dosis, frecuencia de exposición y la presencia de sustancias asociadas. El fumar la base libre del alcaloide ha reemplazado a la aspiración en algunas regiones, ya que produce un estado eufórico instantáneo similar a la inyección intravenosa debido a su rápida absorción por el lecho capilar pulmonar. El tamaño medio de las partículas es de 2.3 μm , que es lo suficientemente pequeño para depositarse en la región alveolar del pulmón. ².

Los síntomas respiratorios incluyen tos con producción de material carbonoso, dolor torácico, disnea, hemoptisis, sibilancia y exacerbaciones de asma. Durante la inhalación de crack se forma un residuo alquitranoso de color oscuro, que muchos adictos recogen y re inhalan con más crack, dentro de estas impurezas existen grandes cantidades de pigmento de carbono que conlleva a acumulación de macrófagos. ³.

Cuando se aplica localmente, actúa como anestésico local, inhibiendo la permeabilidad de membrana celular al sodio durante la despolarización de la misma, bloqueando la iniciación y la transmisión de los impulsos eléctricos. En

la administración sistémica, afecta la transmisión sináptica, bloquea la recaptación pre sináptica de norepinefrina y dopamina, con efecto simpaticomimético. Este mecanismo es particularmente importante en las complicaciones cardiovasculares derivadas del abuso de la cocaína (hipertensión pulmonar, isquemia del miocardio).

Los síntomas cardiopulmonares, crónicos o agudos, son las manifestaciones más frecuentes por los que se busca tratamiento médico. Entre el 14 y el 25% de los pacientes que acuden a un servicio de urgencias de hospitales urbanos por dolor torácico de origen no traumático, tienen niveles detectables de metabolitos cocaína y el 6% tendrán elevación enzimática cardíaca, como la creatinina en ambas fracciones. La mayoría de los pacientes son jóvenes, hombres, fumadores, sin factores de riesgo de enfermedad aterosclerótica e historial de abuso de cocaína. El dolor torácico es común después de fumar crack. Se ha propuesto que representa una respuesta local a la irritación de las vías aéreas sensoriales por las altas concentraciones de cocaína y el humo en si mismo además de otras sustancias tóxicas producidas por la combustión.^{2,3}.

En pacientes que tienen historial de abuso a cocaína crack, más de la mitad mostrarán anomalías en la radiografía de tórax, donde se demuestran infiltrados alveolares irregulares, así como afección intersticial reticular y nodular que afectan a los lóbulos superiores e inferiores de ambos pulmones, esto asociado a derrame pleural con progresión difusa. Los estudios de tomografía muestran imágenes en vidrio despulido difuso e intenso de manera bilateral. En etapas crónicas de consumo puede existir pérdida de la arquitectura pulmonar. Generalmente refleja un proceso histopatológico que incluye daño alveolar difuso, bronquiolitis obliterante con neumonía organizada,

hemorragia pulmonar y alveolar, granulomatosis por talco y otras entidades intersticiales^{2, 14}.

El barotrauma es una complicación bien conocida de fumar crack, el mecanismo está relacionado a (A) una mayor presión intraalveolar causada por inspiración profunda, seguida de una maniobra de Válsala (B) tos severa, secundaria a la droga y al humo (C) por presión positiva aplicada por algún cómplice. Es una complicación frecuente evidenciada en los estudios radiológicos posteriores a la inhalación de crack. La tomografía computada también puede demostrar opacidades parenquimatosas asociadas con enfisema intersticial debido a ruptura alveolar³.

De las complicaciones a largo plazo, en los consumidores de drogas intravenosas, el inevitable efecto a largo plazo de la inyección repetida de sustancias contaminadas es la inflamación y esclerosis de las venas periféricas, lo que obliga al adicto a buscar nuevos lugares de punción, como los vasos del cuello. Una de las complicaciones comunes de esta práctica es el neumotórax asociado a laceración del ápex pulmonar.

Las lesiones térmicas de la vía aérea son secundarias a fumar crack o base libre de cocaína, conduce a la estenosis de la tráquea, esto es resultado de la inhalación de subproductos químicos transportados en el humo y a la combustión intratraqueal de disolventes utilizados en el proceso de producción¹.

La administración de cocaína, ya sea con aspiración nasal o fumada, produce bronco espasmo precipitado con sibilancias especialmente en pacientes con historial de asma. Provoca bronco constricción aguda con inicio en los primeros

tres minutos con duración de al menos 15 minutos, con evidencia pletismográfica de un aumento de la resistencia de las vías aéreas. El grado de obstrucción puede ser grave, con progresión de la insuficiencia respiratoria y la muerte^{2, 3}.

El edema pulmonar tanto de origen cardiogénico como no cardiogénico se ha reportado en asociación con el consumo de cocaína administrada en vía endovenosa e inhalada y son hallazgos frecuentes en las autopsias de los adictos. La patogénesis del edema es multifactorial y compleja. La disfunción miocárdica, la isquemia y el infarto, las arritmias, la miocariopatía dilatada son factores que pueden contribuir a su aparición. Los hallazgos radiológicos incluyen un grado variable de cardiomegalia, engrosamiento de los septos interlobulares, edema peribronquiovascular, derrame pleural y en casos más severos opacidades alveolares parenquimatosas³.

La hemoptisis se ha reportado hasta en el 26% de los consumidores de crack y se considera que es, o bien, secundaria a la ruptura de los vasos sanguíneos bronquiales o traqueales submucosas, o del parénquima pulmonar del daño a la membrana alveolo-capilar. La hemorragia alveolar difusa secundaria a fumar cocaína, puede ser mortal, por sangrado masivo que requiere cirugía. En una serie de 20 pacientes cuyas muertes se relacionaron con intoxicación por cocaína, en el 85% se demostró hemorragia pulmonar. Puede estar oculta en adictos asintomáticos, que clínicamente es inaparente, sin embargo se puede demostrar por macrófagos cargados de hemosiderina, lo que sugiere que la hemorragia pulmonar es más común que la hemoptisis. Los hallazgos radiológicos muestran opacidades multifocales bilaterales que por tomografía

se muestran como zonas en vidrio deslustrado, que puede corresponder con engrosamiento centrolobulillar e interlobular.

El término de pulmón de crack se refiere a un síndrome agudo pulmonar posterior a la inhalación de cocaína base y es secundaria a una prolongada lesión inflamatoria pulmonar asociada a fiebre hiporexia, hemoptisis, insuficiente respiratoria e infiltrados alveolares. El tejido pulmonar obtenido de los adictos revela daño alveolar difuso, hemorragia alveolar con infiltración celular intersticial rico en eosinófilos con depósitos de Ig E. Las manifestaciones radiológicas consisten en infiltrados alveolares e intersticiales que afecta las zonas superiores medias e inferiores del pulmón y a menudo las regiones parahiliares, con escaso derrame pleural. La asociación de hemorragia alveolar con neumonitis por hipersensibilidad se considera como la fisiopatología de este síndrome agudo y que usualmente responde al tratamiento esteroideo^{2, 3, 15}.

La neumonía eosinofílica asociada a cocaína es bien conocida. Los pacientes suelen tener un grado variable de eosinofilia periférica con eosinofilia pulmonar. Los hallazgos por imagen son infiltrados intersticiales parahiliares más que infiltrados alveolares de distribución irregular y aleatoria de predominio periférico. Los altos niveles de crecimiento endotelial vascular y un mediador de fuga están presentes en los eosinófilos esto aunado al incremento en las interleucinas (IL5, 6 y 8) han sido identificados en el líquido pleural, hallazgos que sugieren un papel importante en el desarrollo del derrame.

La falla respiratorio y la bronquiolitis obliterante con neumonía organizada y bronquiolitis (BONO) se han reportado en biopsias de jóvenes fumadores de

crack, las cuales revelan áreas de tapones de fibroblastos que ocupan la región terminal de los espacios alveolares, así como engrosamiento intersticial con infiltrados de células mononucleares con colesterol, macrófagos espumosos, células gigantes multinucleadas y fibrosis . Las manifestaciones por imagen consisten en opacidades difusas alveolares bilaterales.

El talco (silicato de magnesio) es utilizado en la industria cosmética y como lubricante en algunos bienes de consumo incluyendo los productos farmacéuticos, como agente lubricante o diluyente de algunos medicamentos. La inyección intravenosa resulta del abuso de medicamentos orales. El medicamento se tritura se disuelve en agua y se inyecta vía intravenosa, lo que resulta en pequeñas embolias causadas por partículas de talco que se alojan en el lecho vascular pulmonar e intersticial, donde se produce reacción a cuerpo extraño granulomatosa y fibrosis (talcosis). Este fenómeno se ha documentado en algunas otras drogas como la pentazocina, metilfenidato y metadona.

La talcosis, se puede observar hasta en 11% de las autopsias realizadas en adictos a drogas parenterales. Resulta rara en inhaladores y probablemente se deba al talco que se encuentra en la cocaína mezclada con adulterantes. De manera similar, la neumonitis intersticial con extensa acumulación de sílice libre dentro de histiocitos y fibrosis intersticial se asocia a fumadores de crack, descubrimientos que indican el uso frecuente de adulterantes en la mezcla de la droga. La inhalación de crack con sílice cristalina puede inducir la formación de ganglios linfáticos anormalmente grandes con aumento de los niveles séricos de enzima convertidora de angiotensina y aumento del galio pulmonar, los resultados se manifiestan como una imitación de sarcoidosis. El

seguimiento en estos pacientes ha demostrado que a pesar de la interrupción de la droga, la fibrosis progresa con el desarrollo de insuficiencia respiratoria, e incremento de la mortalidad. La neumonitis se ha detectado en el 38% de las autopsias realizadas en pacientes con prueba positiva a cocaína. La radiografía convencional muestra lesión intersticial difusa micro nodular que progresa a conglomerados nodulares, con fibrosis masiva progresiva o pneumoconiosis en particular silicosis. Los hallazgos más comunes en la TC son los infiltrados intersticiales con patrón micro nodular difuso, enfisema panacinar de lóbulos inferiores y atenuación de vidrio despulido.

El enfisema pulmonar, se caracteriza por la destrucción de la pared alveolar, así como de incremento de volumen de los espacios aéreos distales a los bronquios terminales, de predominio en los lóbulos superiores, típicamente en los hombres jóvenes. Esta forma “precoz” es una complicación bien conocida del abuso de drogas intravenosas, y se asocian en particular a la inyección de metilfenidato. La patogénesis de esta enfermedad no se conoce, pero puede implicar sinergismo entre el humo del cigarro, los efectos tóxicos directos de la droga y otros productos de la combustión. Típicamente las bullas son periféricas y en lóbulos superiores. El estudio histopatológico demuestra cuerpos extraños intra y extravasculares, trombosis y áreas de inflamación aguda y crónica adyacentes a las bullas enfisematosas.^{1,2}

Los émbolos sépticos pulmonares y la neumonía adquirida en la comunidad son complicaciones comunes en pacientes que abusan de drogas intravenosas. Fumar marihuana o cocaína altera la función de los macrófagos alveolares y citoquinas, limitando de forma severa la habilidad para matar

bacterias por la pobre utilización de óxido nítrico como agente antibacteriano además de prevenir el crecimiento de células tumorales. ².

JUSTIFICACIÓN.

La adicción a sustancias es uno de los mayores problemas de salud pública a nivel mundial, con el tercer lugar de morbi-mortalidad por causas prevenibles (OMS 2009). En la actualidad se estima que a nivel mundial, entre 155 y 250 millones de personas consumieron drogas durante 2008 (entre el 3,5% y el 5,7% de la población mundial de 15-64 años) con poca o ninguna comprensión de los otros compuestos que también pueden ser consumidos. De acuerdo con las estadísticas del departamento de salud y servicios humanos de los Estados Unidos en el 2003, 34,9 millones de estadounidenses mayores a 12 años reportaron haber consumido cocaína en algún momento de su vida, 7,9 millones han utilizado crack, alrededor de 5,9 millones reportaron haber consumido cocaína en el último año y 1.4 millones crack². En México, con respecto a la última encuesta realizada en 2008, muestra un incremento en el consumo de alguna vez de drogas ilegales y médicas en comparación con 2002, la cocaína mostró un incremento del 1.4% en 2002, a 2.4% en 2008⁹. El consumo de cocaína, por si mismo afecta todo el sistema respiratorio desde la nariz hasta los compartimentos alveolares. La presencia de sustancias o agentes de dilución en la cocaína, también llamados adulterantes, son co-responsables de los efectos adversos o incluso aumentan las complicaciones secundarias de la droga. Se encuentran en todas las muestras de la calle, resultante en toxicidad adicional para este tipo de sustancia, con pureza variable entre el 14 al 75% (promedio 40%). De estas se han identificado sustancias inertes y hasta 14 compuestos diferentes farmacológicamente activos ^{2, 16,17}. El diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares y

pulmonares inducidas por drogas sigue siendo un desafío para clínicos y radiólogos.

La radiografía de tórax sigue siendo el estudio más efectivo, debido a que proporciona un alto contraste natural de las estructuras torácicas, sin embargo los pacientes con radiografías normales, pueden evidenciar alteraciones en la tomografía de alta resolución.^{2,18} La tomografía computada (TC) se utiliza como método diagnóstico de segunda línea para aquellos problemas no resueltos mediante la radiología convencional. La TC como estudio de imagen presenta diversas ventajas sobre la radiografía convencional en la representación de la anatomía y los procesos patológicos del pulmón. El formato transversal de la TC, permite un examen visual del pulmón sin el obstáculo de estructuras superpuestas. Con la introducción de la TCAR es posible la definición del parénquima pulmonar hasta el nivel de los lobulillos pulmonares secundarios, la unidad estructural básica del pulmón, cada vez se utiliza con mayor frecuencia la TCAR como técnica de elección para evaluar las enfermedades pulmonares difusas y focales.^{18, 19}

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los usuarios de cocaína pueden tener afección pulmonar secundaria al uso de la droga, que a través de la radiología convencional de tórax son subdiagnosticadas².

La toxicidad pulmonar es influenciada por el método de administración, tamaño de la dosis y la presencia de sustancias asociadas (por ejemplo heroína o talco). Estas complicaciones incluyen síntomas respiratorios agudos, barotrauma, lesiones de la vía aérea, asma, edema pulmonar, hemorragia pulmonar, “pulmón de crack”, bronquiolitis obliterante, talcosis, silicosis, enfermedad pulmonar intersticial, hipertensión pulmonar, enfisema, infección, neumonía por aspiración y tumores².

¿Cuales serán los hallazgos pulmonares por tomografía de alta resolución en pacientes usuarios de cocaína?

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y CONSECUENCIAS VERIFICABLES.

Debido a la mayor calidad y definición del parénquima pulmonar generada por tomografía de alta resolución (TACAR), será más probable encontrar alteraciones pulmonares en usuarios de cocaína.

OBJETIVOS.

General.

Identificar los hallazgos pulmonares relativos al consumo de cocaína, en usuarios de esta droga.

Específicos.

Correlacionar el tipo de consumo con los hallazgos pulmonares encontrados en la tomografía de alta resolución. (TACAR) que sugieran el uso de cocaína.

METODOLOGÍA.

PERIODO DE ESTUDIO:

Se realizó un estudio descriptivo, prospectivo, transversal, observacional, en donde se incluyeron a personas entre los 17 a 65 años de ambos sexos referidos de los hospitales toxicológicos de la Secretaría de Salud del Gobierno del Distrito Federal a acudir a consulta en el periodo del 1 de abril al 30 de junio del 2013, que sean referidos al servicio de imagenología del Hospital Especialidades de la Ciudad de México Dr. Belisario Domínguez.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de inclusión: Pacientes de cualquier sexo entre los 18 a los 65 años de edad, de cualquier estrato socioeconómico, que habiten en medio urbano ó conurbano, que cumplan con la definición de dependencia a sustancias (según la NOM-028 SSA2-2009, para la prevención, tratamiento y control de las adicciones), y que tenga prevalencia en el último año.

Criterios de no inclusión: Pacientes con neumopatía conocida no relacionada con el uso de drogas, aun cuando no haya sido diagnosticada o definida.

Criterios de eliminación: Pacientes del sexo femenino en edad reproductiva que se tenga sospecha de embarazo ó fecha de última regla inexacta ó desconocida.

VARIABLES

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICIÓN (índice / indicador)	CALIFICACIÓN
Sexo	De Control	Características fenotípicas y genotípicas de los individuos relativos a su papel reproductivo y condición orgánica.	Cualitativa/Nominal	Masculino Femenino
Edad.	De Control	Periodo comprendido entre la fecha de nacimiento hasta el momento del estudio, susceptible a medirse.	Cuantitativa/Continua	Agrupación.
Prevalencia	De Control	Índice que considera a la población que reporto haber usado alguna sustancia en los últimos 12 meses.	Cuantitativa/Continua	Agrupación.
Tipo de consumo	Dependiente	Características del consumo, según su motivo, frecuencia y problemas asociados.	Cualitativa/Nominal	Riesgo bajo Riesgo alto. Perjudicial. Dependencia.
Toxicidad pulmonar y, inducida por sustancias.	Independiente	Alteración morfológica y estructural del pulmón de forma focal y difusa, que involucra las estructuras intersticiales, espacio aéreo así como a la pleural de manera aguda o crónica.	Cualitativa/nominal	Específico

DISEÑO DEL ESTUDIO (MATERIAL Y MÉTODOS).

En los pacientes referidos de los hospitales toxicológicos de la Ciudad de México usuarios de cocaína que tiene prevalencia en el último año se realizó consentimiento informado y aviso de privacidad. Todos los datos de TC se obtuvieron mediante del equipo tomográfico Somatom Sensación 6, Siemens Medical System, Erlangen, Alemania; con protocolo de alta resolución de tórax en fase simple, con cortes a intervalos idénticos de 2.5mm e incremento de 1.2mm desde el opérculo torácico hasta las cúpulas diafragmáticas, en ventana pulmonar y parámetros de ventana típicos de 1650UH ancho de ventana y menos 600UH para el nivel de ventana, en inspiración profunda.

Para este estudio y durante su realización prevalecerá el criterio de respeto a su dignidad y a la protección de sus derechos y bienestar, se protegerá la privacidad del individuo, así como los datos e informes que proporcionen, serán manejados bajo la observancia de los principios de confidencialidad, reserva y no podrán comunicarse. Se considera en su desarrollo la declaración de

Helsinki y se ajustará a la Ley General de Salud y la Ley de información Estadística y Geografía vigentes en nuestro país.

RECURSOS.

HUMANOS

1. Investigador titular responsable.
2. Colaboradores: Médicos adscritos de los hospitales toxicológicos de la secretaría de salud de gobierno del Distrito Federal, médicos radiólogos adscritos, personal residente y enfermería así como técnicos radiólogos del servicio de imagenología del Hospital de Especialidades de la Ciudad de México "Dr. Belisario Domínguez".

MATERIALES.

1. Insumos consumibles para pacientes, (batas).
2. Papelería.
3. Equipo de tomografía Somatom Sensación 6, Siemens Medical System, Erlangen, Alemania.

El protocolo realizado, no necesitó de recursos financieros especiales por parte de la institución.

INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.

Hoja de recolección de datos especialmente diseñada para el estudio.

Solicitud y referencia para estudio tomográfico con resumen clínico, expediente solo cuando se requirieron datos complementarios.

RESULTADOS

En nuestra serie y durante el periodo estudiado, se evaluaron 30 pacientes de los cuales 27 eran del sexo masculino y 3 del femenino que representan el 90% y el 10% respectivamente (Gráfico1). El promedio de edad fue de 30.7 años de manera global. El tipo de consumo encontrado más frecuentemente fue el de tipo perjudicial en el 30%, seguido de la forma de dependencia en el 27% y los consumos de alto y bajo riesgo mostraron el 23 y 20% respectivamente, no se encontró consumo de bajo riesgo en las mujeres (Gráfico2 y tabla 1).

Por tipo de sustancia observo consumo de clorhidrato en polvo en el 23%, de crack en el 40% mientras que el consumo mixto de estas dos presentaciones de cocaína fue del 37%, no se observo prevalencia de bazuco (Gráfico3). En este mismo rubro la distribución por sexo fue igual en los usuarios hombres de crack y de los usuarios con consumo mixto, en los usuarios del sexo femenino dos mencionaron consumir crack y una consumo mixto (Tabla2).

Con respecto a los hallazgos tomográficos de manera global, se identificaron alteraciones similares en la enfermedad del espacio aéreo e intersticial y en menor frecuencia enfermedad quística pulmonar (Gráfico4).

Entre los hallazgos más frecuentes de la enfermedad del espacio aéreo se encontró (Gráfico5):

- 70% Neumonitis (Fig.12a, 12b).
- 14% Atelectasias(Fig.13).
- 11% Disminución de la vascularidad (oligohemia) (Fig.14).
- 5% Ocupación alveolar (Fig.15).

La enfermedad intersticial mostró (Gráfico6):

- 33% Engrosamiento parietal (Fig.16).
- 37% Engrosamiento intersticial (Fig.17).
- 26% Granulomas (Fig.18).
- 4% Nódulo pulmonar solitario (NPS) (Fig.19).

Los hallazgos más frecuentes de la enfermedad quística pulmonar fueron (Gráfico7):

- 50% Bronquiectasias (Fig.20).
- 36% Atrapamiento aéreo.
- 7% Neumatocele (Fig.21).
- 7% Neumotórax (Fig.22).

Los pacientes que refirieron tener consumo de tipo perjudicial, fue el grupo donde más hallazgos de lesión pulmonar se detectaron (43%), seguido de los usuarios de alto riesgo, dependencia y bajo riesgo (27, 21 y 9%

respectivamente) (Gráfico 8 y tabla3). Lo evidenciado tomográficamente en los diferentes grupos, fue similar en prevalencia y porcentajes (Gráfico9, 10, 11 y 12).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los estudios convencionales de radiografía torácica en diferentes series han mostrado anomalías hasta en el 50% de los casos, independientemente del tiempo de evolución del uso de sustancias, identificando mayoritariamente engrosamiento de las paredes bronquiales. En este trabajo se observaron alteraciones en todos los pacientes, aun cuando se refirieron asintomáticos al momento de la realización del estudio tomográfico. Algunas de las alteraciones encontradas en el parénquima pulmonar de nuestros pacientes, también han sido descritas en paciente con habito tabáquico pero en menor frecuencia o en pacientes de edades mayores.

Es imprescindible que tanto el clínico y el radiólogo se familiaricen con las diferentes alteraciones que se observan en los estudios radiológicos así como de las complicaciones derivadas del uso de sustancias ilegales, en particular de las secundarias a la administración de cocaína en sus diferentes variedades. El correcto diagnóstico, propiciará un adecuado planeamiento terapéutico en pacientes con manifestaciones respiratorias que sean usuarios de cocaína.

Como limitantes principales a este trabajo, se debe tomar en cuenta:

1. El tamaño de la muestra, que requiere ser validado con muestras más amplias.

2. La falta de la correlación histopatológica con lo evidenciado en el estudio tomográfico.
3. Tomando en cuenta la alta prevalencia de este problema de salud en nuestro medio, el variable grado de pureza y los adulterantes en la sustancia consumida, que pueden repercutir en mayor o menor magnitud de las lesiones pulmonares.

Para concluir, en nuestro país, como en el resto del mundo, el consumo de drogas muestra periodos de aumento y decremento. Los datos muestran la necesidad de reforzar las acciones desarrolladas para reducir la demanda de drogas; si bien el consumo en general, se ha estabilizado, es importante ampliar la política de prevención y de diagnóstico temprano, así como acciones preventivas dirigidas hacia la población adulta joven.

BIBLIOGRAFÍA

1. Carrillo B. Jorge, Rivera B. Aura, Ojeda L. Paulina, Et al. Alteraciones estructurales pulmonares asociadas al consumo de bazuco, correlación radiológica-patológica. Acta Colombiana de Cuidados Intensivos. 2009; 10(2): 169-174.
2. Restrepo Carlos, Carrillo Jorge, Martínez Santiago, Et al. Pulmonary complications from cocaine and cocaine-base substance: Imaging manifestation. Radiographics 2007 No. 4 Vol 27 July-August. 941-956.
3. Devlin Robert, Henry John. Clinical review. Major consequence of illicit drug consumption. Critical Care 2008. No.1 Vol 12.1-7.
4. Cole Claire, Jones Lisa, Mcveigh Jim, Et al. Adulterants in illicit drugs: a review of empirical evidence. Drug Testing and analysis. 2011, 3, 89-96.
5. Washton A. La adicción a la cocaína. Editorial Paidós. España 1995. 320.
6. Caballero ML. Adicción a cocaína: neurobiología, clínica, diagnóstico y tratamiento. Ministerio de sanidad y consumo, centro de publicaciones. Madrid España 2005. 236.
7. Steele Paul R, Allen Catherine J. Handbook of Inca Mythology. ABC Clío Estados Unidos 2004. 134-136p. 314pp
8. Wills S. Drugs Of Abuse. Second edition. Pharmaceuticals press. Estados Unidos 2005. P 93-97. 376pp.
9. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz/ Secretaría de Salud. Encuesta Nacional de adicciones 2011: reporte de drogas. Primera edición 2012.

10. Informe mundial sobre las drogas 2012. Resumen ejecutivo de la Organización de las Naciones Unidas. Yury Fedotov. 2012. En web: www.unodc.org/documents/data.../Executive_summary_spanish.pdf.
11. Nevárez S Armando, Constantino C Patricia, Castro R Angélica. Socioeconomic factors associated with drug consumption in prison population in México. BioMed Central. Public Health 2012. 12.33.
12. Ortiz, A., Martínez, R., Meza, D. & Grupo Interinstitucional para el desarrollo del Sistema de Reporte de Información en Drogas. Resultados de la Aplicación de la Cédula: "Informe Individual sobre Consumo de Drogas". Tendencias en el área metropolitana No. 49, Noviembre de 2010. Ed. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz.
13. Martín del Campo R., Villatoro J., Mosqueda M., et al. Encuesta del Estado de México Sobre el Consumo de Alcohol, Tabaco y Drogas en Estudiantes, 2009. Instituto Mexiquense Contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz. Toluca, Estado de México.
14. Reyna L Rolando, Alva L Luis, Falcón S Victoria, Et al. Lesión pulmonar inducida por cocaína. Reporte de un caso. Revista del instituto nacional de enfermedades respiratorias. Medigraphics 2003. No 1. Vol 16. Enero-Marzo 2003.
15. Glauser Jonathan, Queen John. An overview of non-cardiac cocaine toxicity. The Journal of emergency medicine 2007. No.2. Vol. 32. 181-187.

16. Herculiani P, Pires-Neto Ruy, Bueno Heloisa, Et al. Effects of chronic exposure to crack cocaine on the respiratory tract of Mice. *Toxicologic Pathology*. No. 3 Vol. 37 2009. 324-332.
17. Schneider S, Meys François. Analysis of illicit cocaine and heroin samples seized in Luxembourg from 2005-2010. *Forensic Science international*. 2012. 212. 242-246.
18. Hagga JR. TC y RM Diagnóstico por imagen del cuerpo humano. 4ta edición. Elsevier Health. 2003. Tomo I. 1824.
19. Lee JK. Computed body tomography with MRI correlation. 4th edition. Lippincott Williams & Wilkins. 2007. Tomo I. 1794.
20. Moore KL. Anatomía con orientación clínica. 5ta edición. Editorial Panamericana. 2007. E.E.U.U. 1205.
21. Naidich D. Computed tomography and magnetic resonance of the thorax. 4th edition Marban 2007. 2003.
22. Stewart C. Radiologic science for technologist. Physics, biology, and protection. 9th edition. Mosby Elsevier. 685.
23. Centros de Integración Juvenil. Pautas de tratamiento para la atención de usuarios de cocaína. México 2006. 67
24. Hansell D. Imaging of disease of the chest. 5th edition. Mosby 2009. 1208.
25. Norma oficial mexicana NOM-028 SSA2-2009, para la prevención, tratamiento y control de las adicciones.

ANEXOS:

GRÁFICOS Y TABLAS:

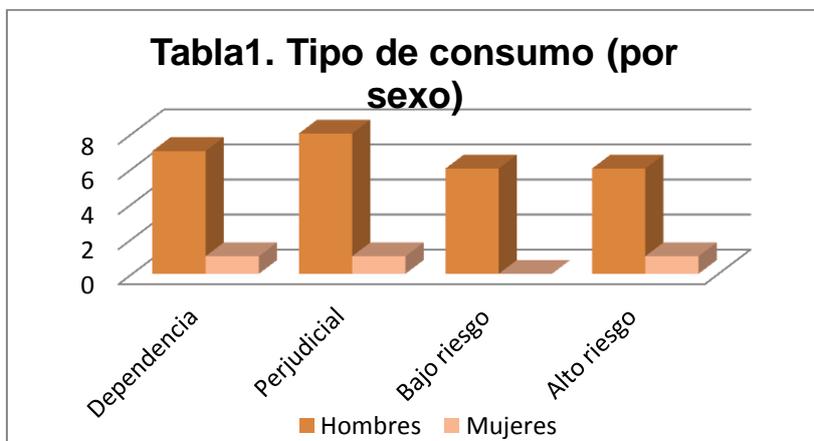
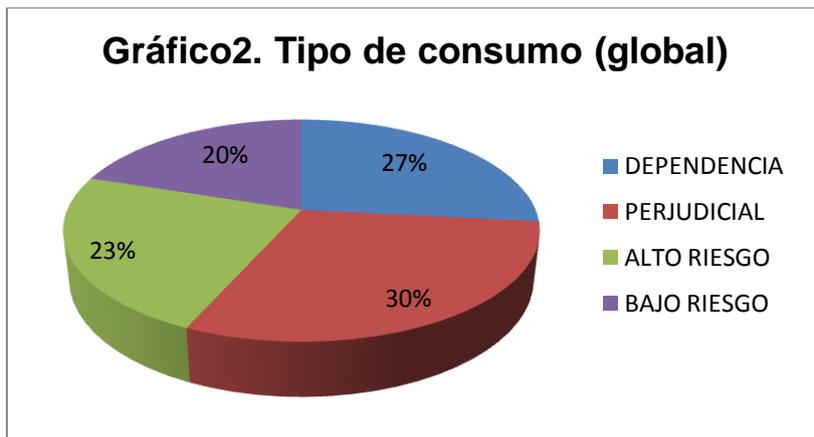


Gráfico3. Tipo de sustancia

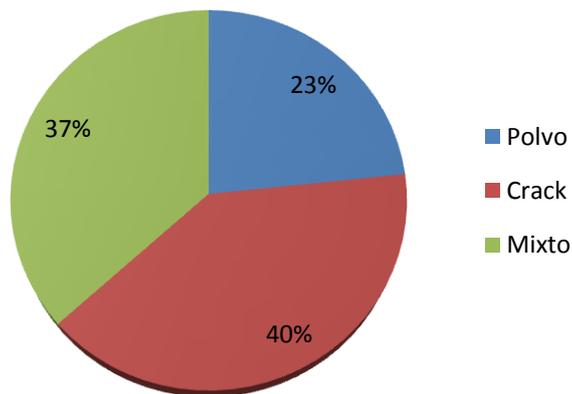


Tabla 2. Distribución según tipo de sustancia

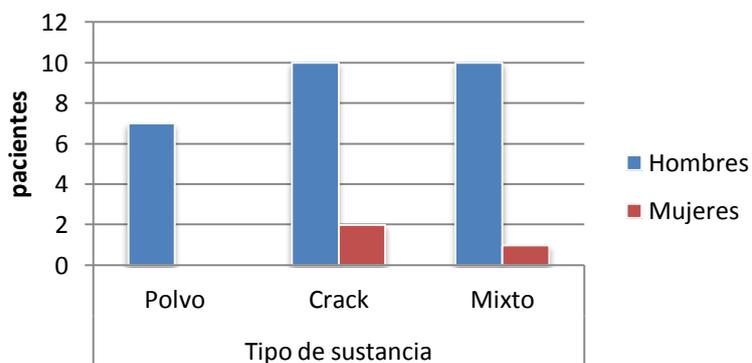


Gráfico4. Hallazgos de lesión pulmonar

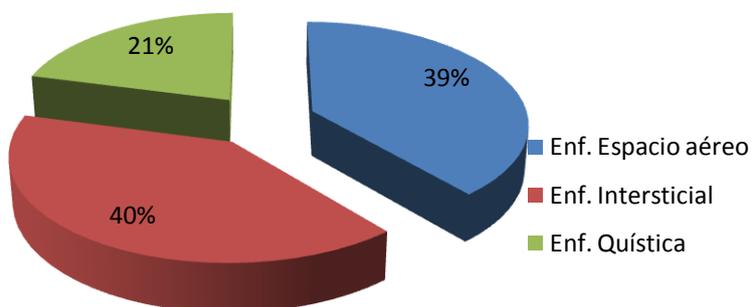


Gráfico5. Enfermedad del espacio aéreo

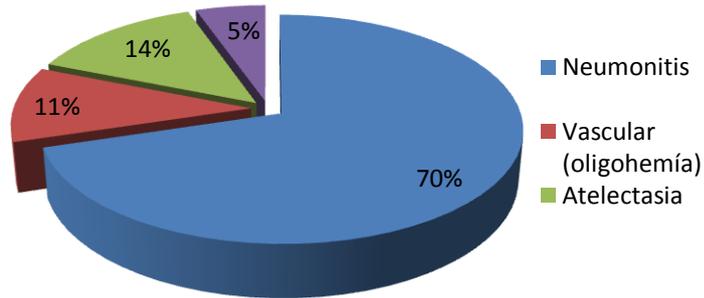


Gráfico6. Enfermedad intersticial

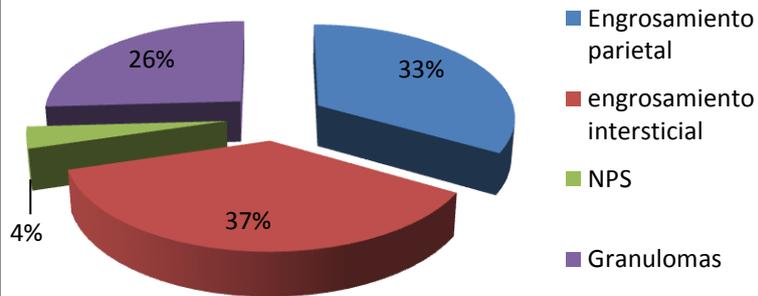


Gráfico7. Enfermedad quística pulmonar

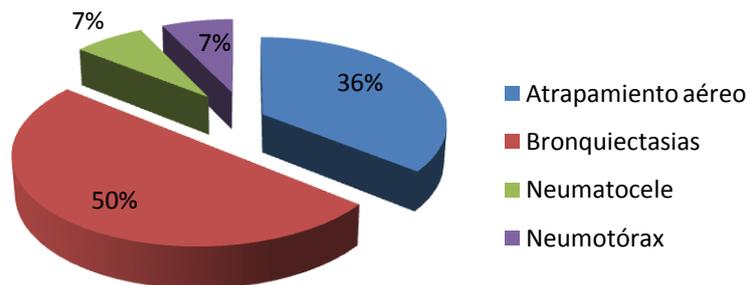


Gráfico8. Hallazgos según consumo

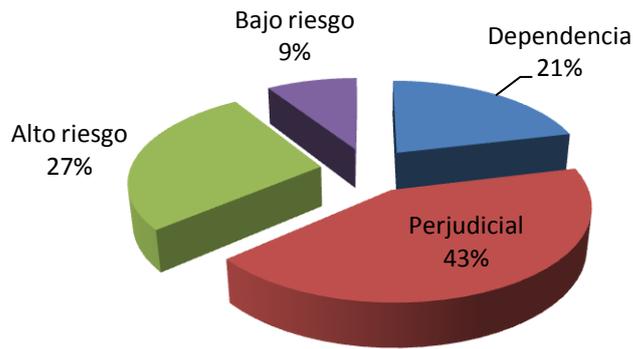


Tabla3. Lesión pulmonar/ tipo de consumo

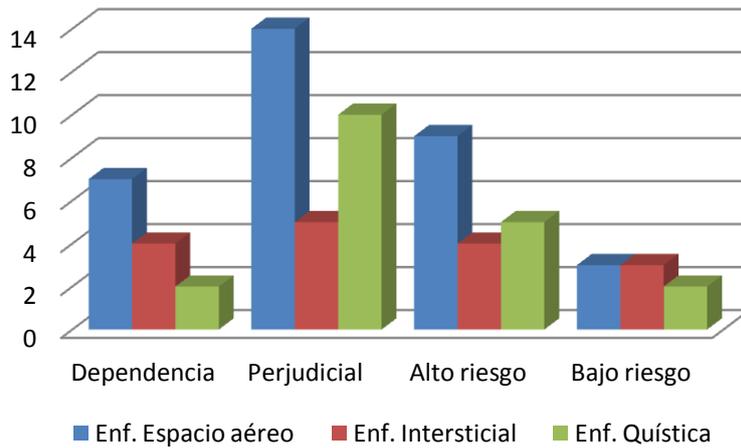


Gráfico9. Dependencia

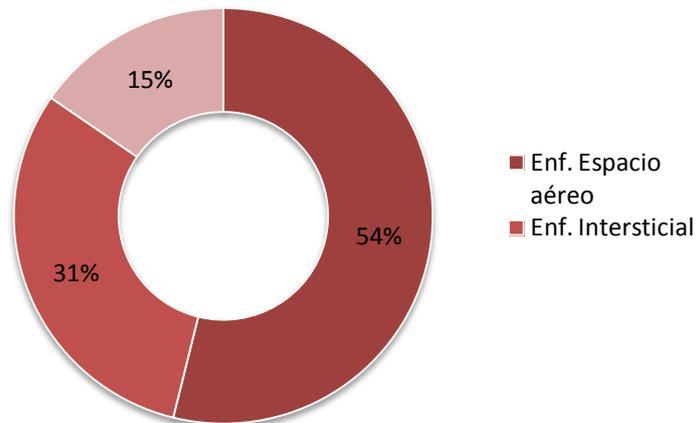


Gráfico10.Perjudicial

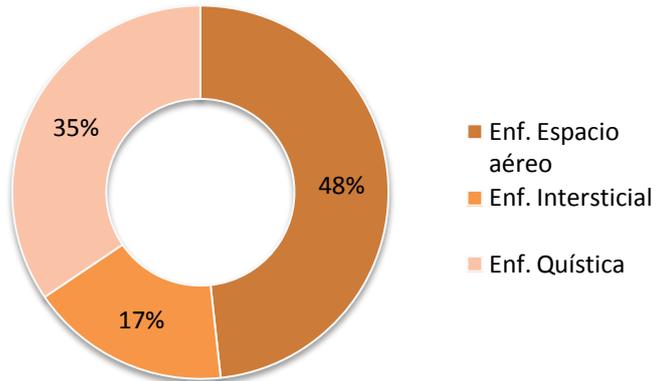


Gráfico11. Alto riesgo

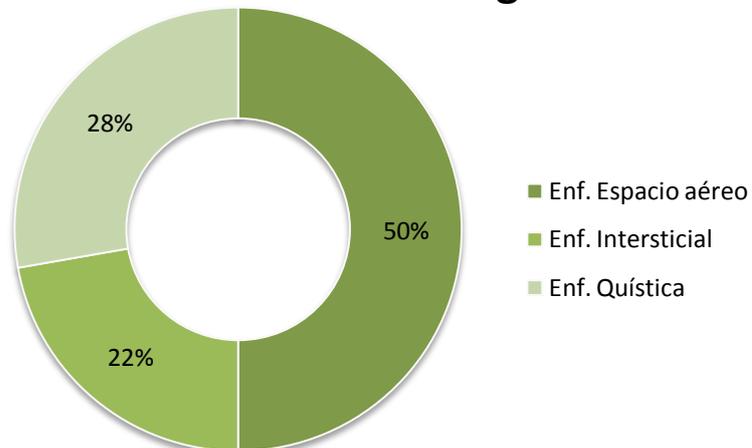
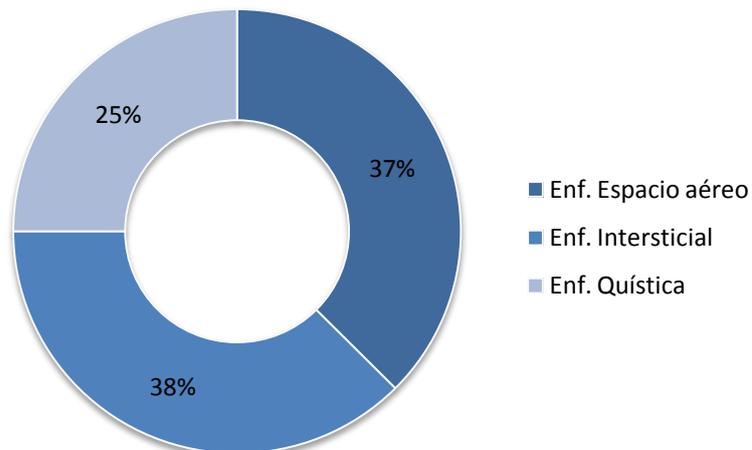


Gráfico 12. Bajo riesgo



FIGURAS:

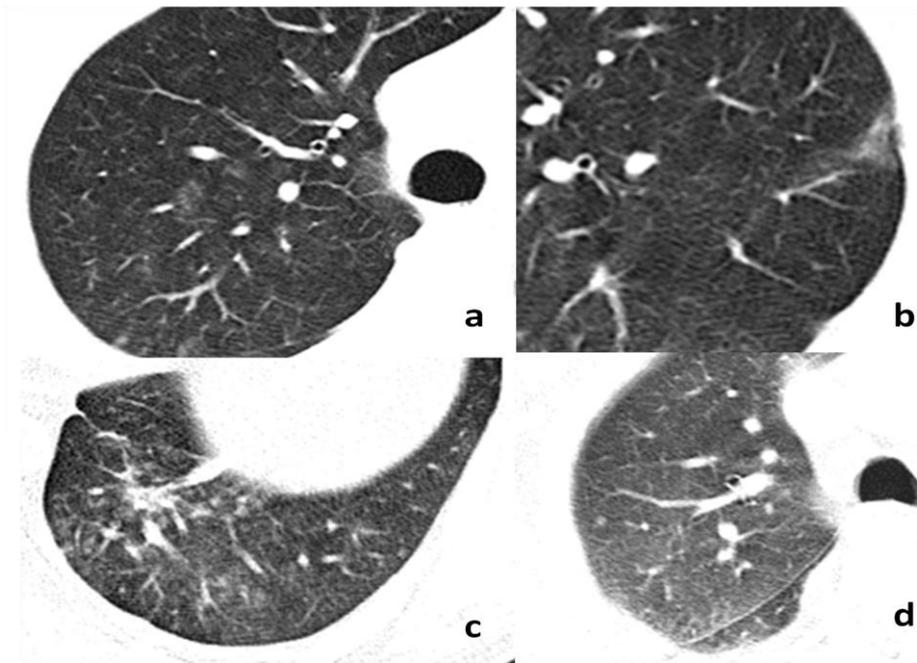


Fig12. Hiperdensidad en diferentes pacientes de distribución focal (a y b) y difusa (c y d).



Fig12b. Masculino de 31 años con tos crónica, se observa hiperdensidad difusa de ambos pulmones de predominio izquierdo.

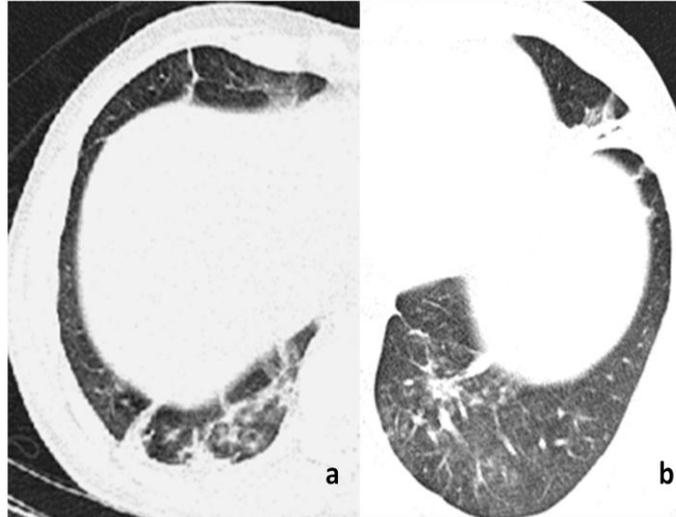


Fig13. (a) Masculino de 30 años con insuficiencia respiratoria de inicio súbito posterior al uso de crack. (b) Masculino de 34 años con pérdida del estado de alerta y estertores gruesos en la exploración física.

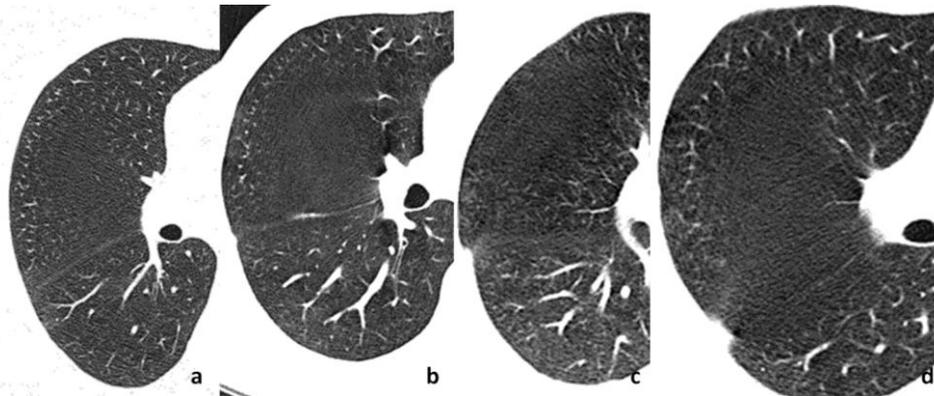


Fig14. Múltiples pacientes usuarios de cocaína, en diferentes formas y vías de administración, donde se identifican áreas disminuidas de vascularidad.

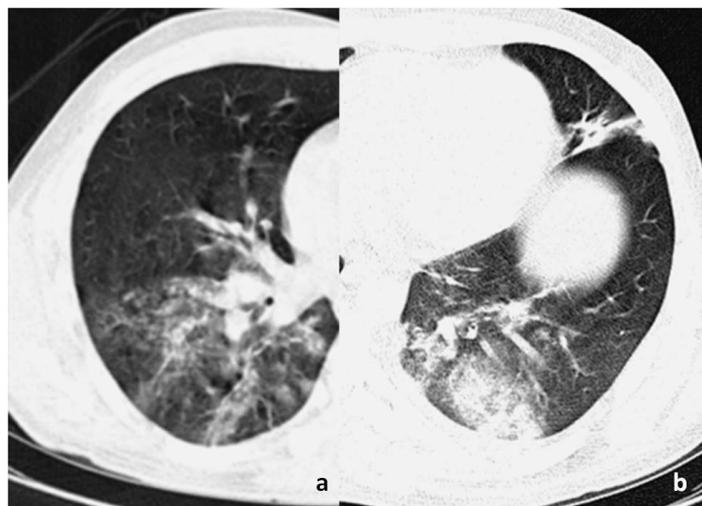


Fig15. (a) Masculino de 43 años con tos productiva y antecedente de abuso de cocaína en las tres semanas previas al estudio tomográfico. (b) imagen de bordes algodonosos en paciente de 29 años con consumo de tipo perjudicial.

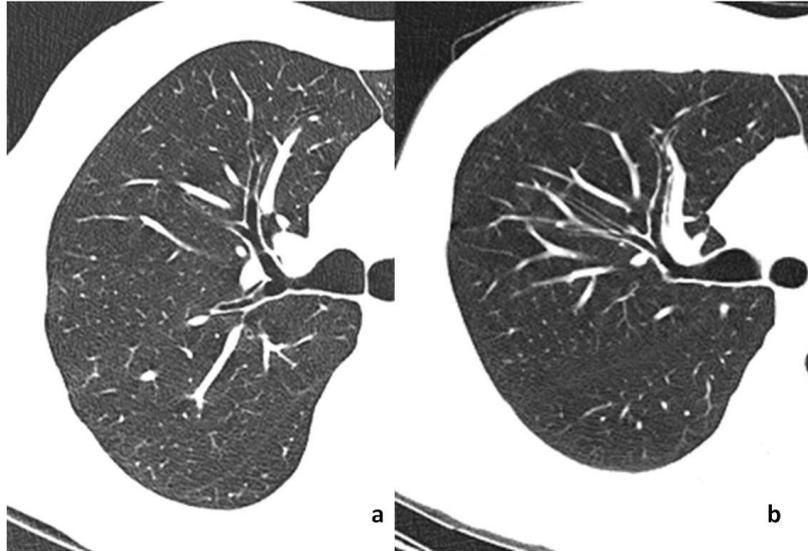


Fig16. Pacientes asintomáticos con forma de consumo perjudicial (a) y de tipo dependencia (b), quienes muestran engrosamiento de las paredes bronquiales.

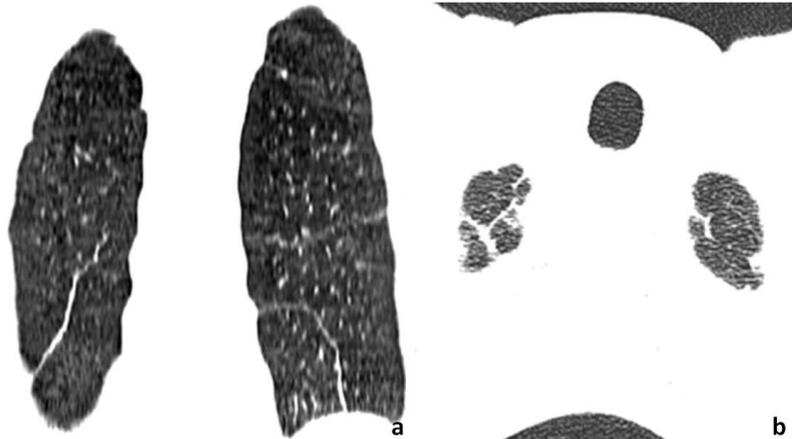


Fig.17. Paciente masculino de 24 años con consumo de bajo riesgo que muestra engrosamiento de las estructuras del intersticio.

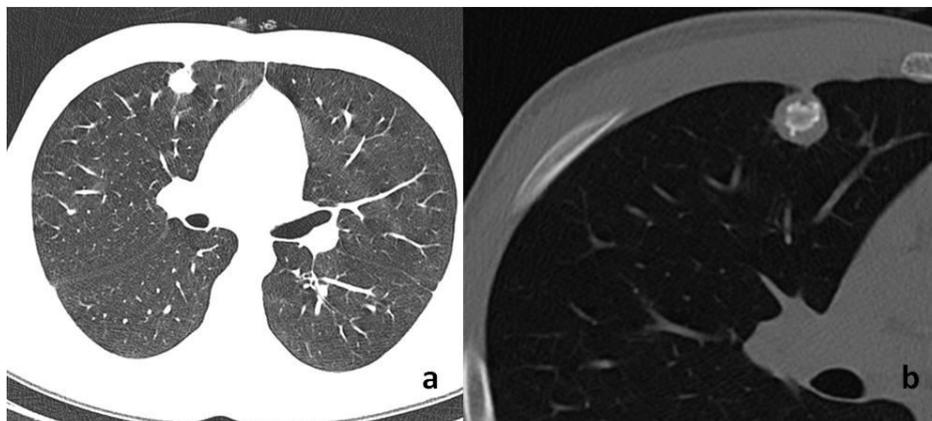


Fig18. Paciente masculino de 18 años usuario de crack y polvo de clorhidrato de cocaína y consumo de tipo dependencia de 6 años de evolución con granuloma en el segmento anterior del lóbulo superior.

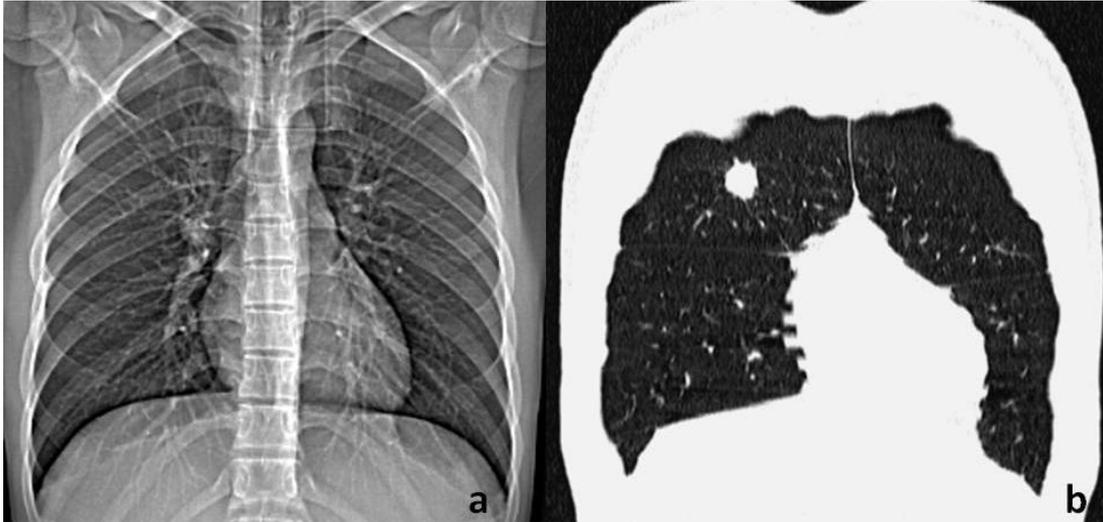


Fig19. Paciente masculino de 18 años con nódulo pulmonar solitario en, el sobrepuesto con las estructuras del hilio pulmonar derecho en la imagen de scout view de la tomografía.

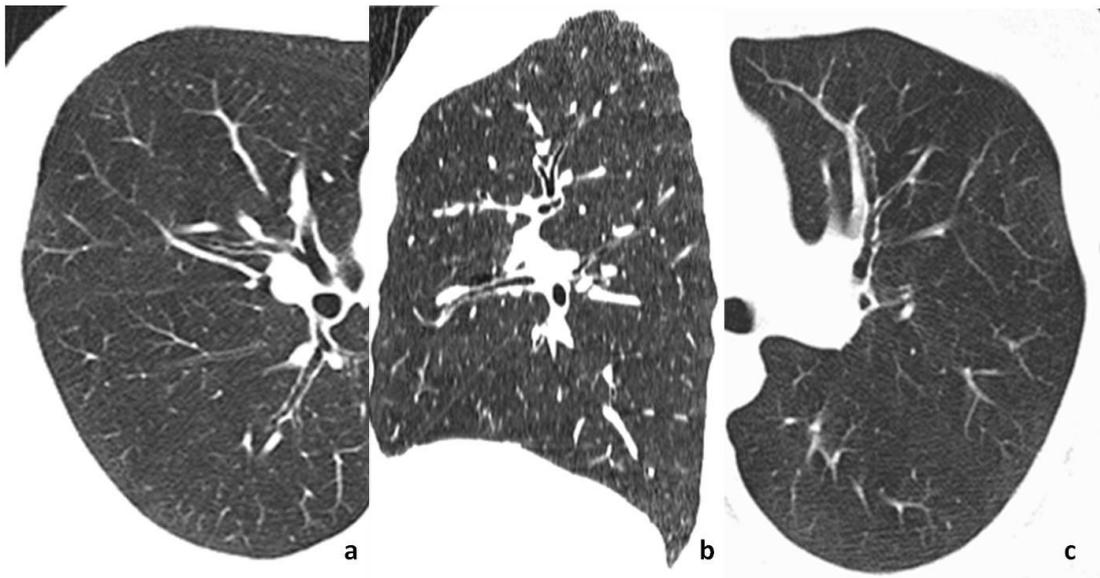


Fig20. Bronquiectasias en usuarios de crack con diferentes tipos de consumo.



Fig.21 Neumatocele de paredes delgadas en paciente de 32 años con consumo de tipo de alto riesgo y engrosamiento de las paredes bronquiales.



Fig22. Masculino de 33 años usuario de crack, con deterioro del estado de conciencia, dificultad respiratoria e hipoxemia con historial de abuso y dependencia a cocaína.

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DE LA CIUDAD DE MÉXICO "DR. BELISARIO DOMÍNGUEZ"

México D.F. a _____ de _____ del 2013

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA REALIZACIÓN DE TOMOGRAFÍA DE ALTA RESOLUCIÓN. La tomografía computada es un método diagnóstico, que utiliza rayos X, el cual permite estudiar con precisión las diferentes áreas del cuerpo, obteniendo una gran información sobre posibles enfermedades que afecten al mismo. Las imágenes obtenidas, son interpretadas por los médicos especialistas en radiología, quienes emitirán un informe para el médico que le ha solicitado la prueba. En algunas ocasiones el radiólogo, en función de la información clínica aportada, podrá modificar o incluso no practicar la prueba solicitada, siempre con el objetivo de proporcionar la máxima información clínica con el mínimo riesgo para usted.

Dado que el estudio tomográfico produce radiaciones, su utilización debe ser rigurosa y muy cuidadosa, especialmente en pacientes jóvenes o con riesgo de embarazo. Los protocolos utilizados en nuestra institución, están optimizados para que el nivel de radiación sea el más bajo posible, sin perder la información diagnóstica necesaria para su correcta interpretación. El riesgo biológico de dicha radiación, que conlleva la realización del estudio tomográfico es mínimo, dados los parámetros utilizados de tiempo, exposición y a la alta calidad de imagen registrada por el equipo.

Si usted es una mujer embarazada o cree que pudiera estarlo, debe notificarlo a nuestro personal, antes de someterse a la exploración tomográfica.

De acuerdo al artículo 13, párrafo primero del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Salud en materia de investigación para la Salud, en vigor; "En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer el criterio de respeto a su dignidad y a la protección a sus derechos y bienestar." Conforme a las disposiciones del Artículo 16, del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Salud en materia de investigación para la Salud, en vigor; "En las investigaciones en seres humanos se protegerá la privacidad del individuo sujeto a investigación, identificándolo sólo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice." En referencia directa al Artículo 38, de la Ley de Información Estadística y Geográfica en vigor; "Los datos e informes que los particulares proporcionen para fines estadísticos o provengan de registros administrativos o civiles, serán manejados, para efectos de esta Ley, bajo la observancia de los principios de confidencialidad y reserva y no podrán comunicarse, en ningún caso, en forma nominativa o individualizada, ni harán prueba ante autoridad administrativa o fiscal, ni en juicio o fuera de él. Por medio de la presente, el (la) que suscribe (paciente) _____ de manera libre y sin coerción alguna, autorizo a ser sometido al estudio de radiodiagnóstico, tomografía de alta resolución pulmonar, que será realizado por el (la) Dr. (a) (es) _____ quien(es) labora(n) en esta institución. De igual manera, se me informó que conlleva dicho procedimiento, además de que se me ha dado la posibilidad de despejar todas mis dudas. Así mismo, acepto voluntariamente enfrentar los posibles riesgos que resultasen en función de que considero aún mayor el beneficio esperado.

Nombre y firma del paciente.

Nombre y firma del médico tratante.

Nombre y firma testigo 1 (parentesco)

Nombre y firma testigo 2 (parentesco)

ENCUESTA

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DE LA CIUDAD DE MÉXICO "DR. BELISARIO DOMÍNGUEZ"

FECHA: ____/____/____.

HORA: _____ : _____ .

Identificación:

Sexo:

Edad: _____

¿Existe la posibilidad de que se encuentre embarazada?

¿Padece alguna enfermedad pulmonar en específico?

¿Cumple con criterios de dependencia?

SI.

NO.

Tipo de Droga consumida:

A) Clorhidrato (polvo)

B) Basta base

C) Crack.

Tipo de administración:

A) Aspiración nasal

B) Humo expelido

C) Intravenoso

Tipo de consumo

Número de dosis por semana:

Al momento de la presente encuesta, ¿aún persiste en el consumo de la droga?

SI.

NO.