

¿Qué aporta la TC en el asma y la EPOC?

Macarena Torres Oviedo, Amara Tilve Gómez, Elena Chávarri Ibáñez, Paula Rodríguez Fernández,
Adriana Caldera Díaz, María Pérez Costas, Alba López Castelló, María Milagros Otero García

Hospital Álvaro Cunqueiro VIGO

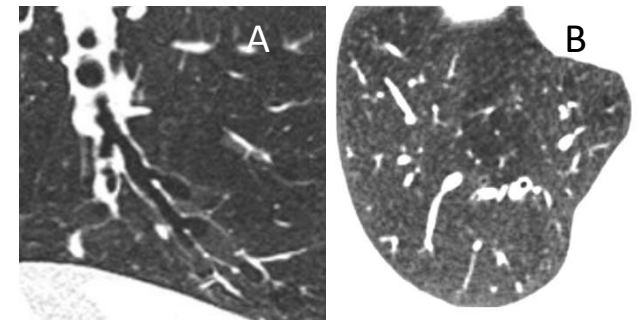


Objetivo docente

Revisar los datos cualitativos y métodos cuantitativos que podemos aplicar en una tomografía computarizada (TC) para mejorar el diagnóstico, fenotipado y seguimiento del tratamiento en pacientes con asma y/o EPOC

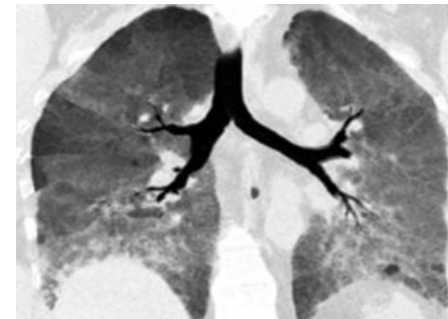
Revisión del tema

- El asma es una enfermedad muy heterogénea con muchos procesos fisiopatológicos diferentes
- La EPOC es una enfermedad heterogénea que afecta al parénquima, vía aérea (VA) y vasculatura pulmonar
- Las pruebas de función respiratoria (PFR) presentan una baja sensibilidad para su diagnóstico precoz
- La **TC** proporciona información estructural y funcional desde estadios iniciales:
 - Ayuda en el fenotipado
 - Puede predecir exacerbaciones
 - Aporta información en la agudización
 - Excluye diagnósticos alternativos o enfermedades concomitantes
 - Puede orientar a establecer el tratamiento farmacológico y su respuesta
 - Ayuda en la planificación de procedimientos de reducción de volumen pulmonar y trasplante en EPOC

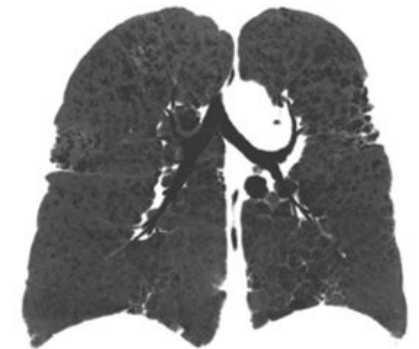


Bronquiectasias (A) y engrosamiento bronquial (B) en asma

- Se realizará una tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) en ins y espiración en el primer estudio y según los resultados y evolución también se completará con espiración en las TC de seguimiento
- La TC se analizará visual y cuantitativamente (*softwares* específicos)
- **TCAR en inspiración: información estructural**
 - Diagnóstico y cuantificación de enfisema (<-950 UH)
 - Signos directos de enfermedad VA (EVA)
- **TC torácica en espiración: información funcional**
 - Cuantificación del atrapamiento aéreo (<-856 UH)
 - Colapso traqueobronquial



Reconstrucción MinIP coronal de TCAR en espiración con mínimas áreas de atrapamiento aéreo

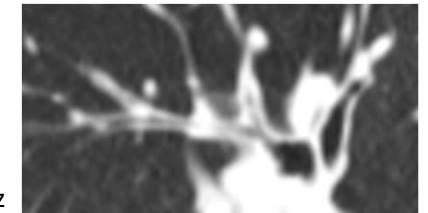


Extenso enfisema centrolobulillar en reconstrucción MinIP coronal en una TCAR en inspiración

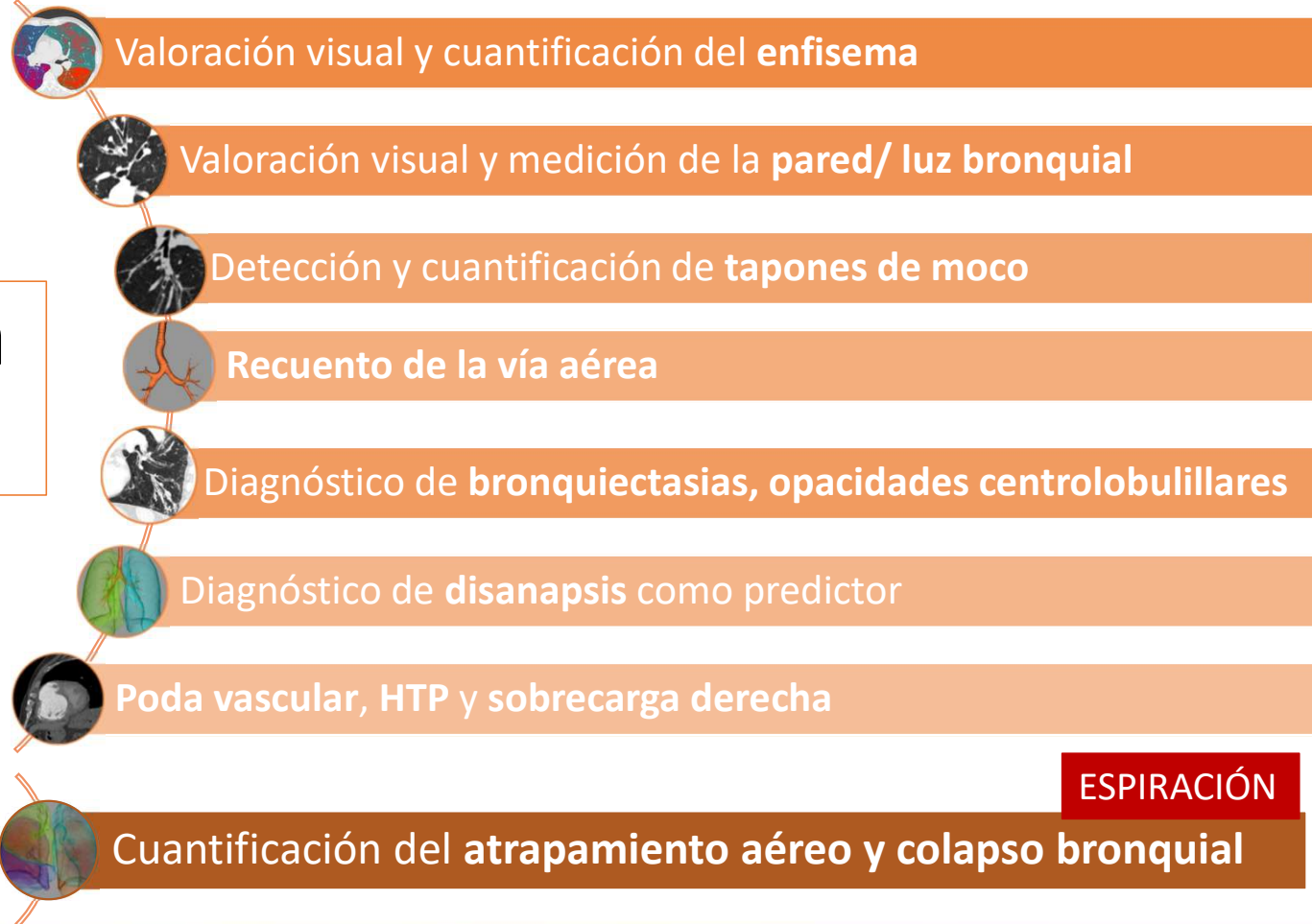
Densidad pulmonar normal

- Inspiración -750 a -850 UH
- Espiración -580 a -760 UH

Engrosamiento de las paredes bronquiales con estenosis de su luz



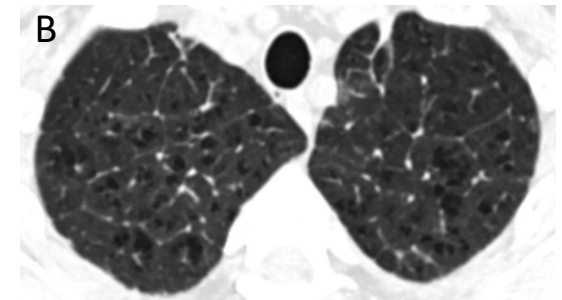
TC en asma y EPOC



I
N
S
P
I
R
A
C
I
Ó
N

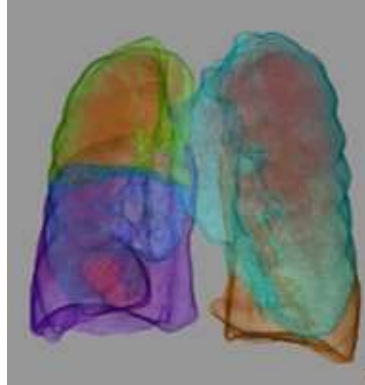
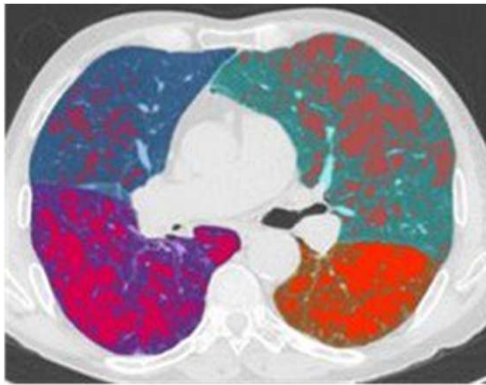
1. ENFISEMA

- Elemento fundamental en la patogénesis de la EPOC, es una dilatación permanente de los espacios aéreos distales al bronquiolo terminal
- La TCAR permite determinar la presencia, severidad y distribución del enfisema
- Se cuantifica calculando con *softwares* específicos el volumen pulmonar de densidad < -950 UH
- La TC es una herramienta útil en la planificación de procedimientos de reducción de volumen pulmonar y predice el pronóstico posprocedimiento:
 - Distribución anatómica del enfisema
 - Presencia de ventilación colateral
 - Integridad de las cisuras

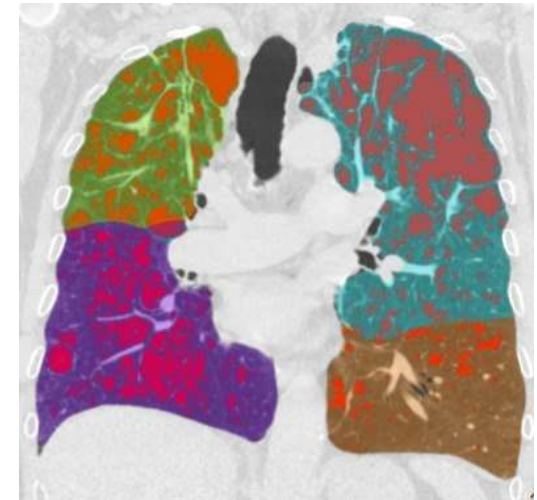


Ejemplos de enfisema paraseptal (A) y centrolobulillar (B)

- Tipos:
 - Centrolobulillar**: mínimo o en trazas <0.5%, leve 0.5-5%, moderado >5%, confluyente, destructivo avanzado
 - Panlobulillar**: déficit de alfa 1 antitripsina
 - Paraseptal**: leve, sustancial
- Se considera cuando ocupa >6%



Densidad media [UH]				
Mediciones volumétricas				
		Volumen AH (cm ³) Umbral = - 950 HU	Volumen total (cm ³)	Cociente de volumen AH (%) Umbral = - 950 HU
Amb. pulm.		2802.5	8290.4	33.8
Pulmón der.		1340.5	3801.3	35.3
Lóbulo superior derecho		630.3	1282	49.2
Lóbulo medio derecho (R)		96.6	460.2	21
Lóbulo inferior derecho (I)		613.6	2059.2	29.8
Pulmón izq.		1462	4489.1	32.6
Lóbulo superior izquierdo		1239.1	2883.9	43
Lóbulo inferior izquierdo (I)		222.9	1605.2	13.9

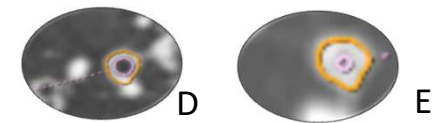
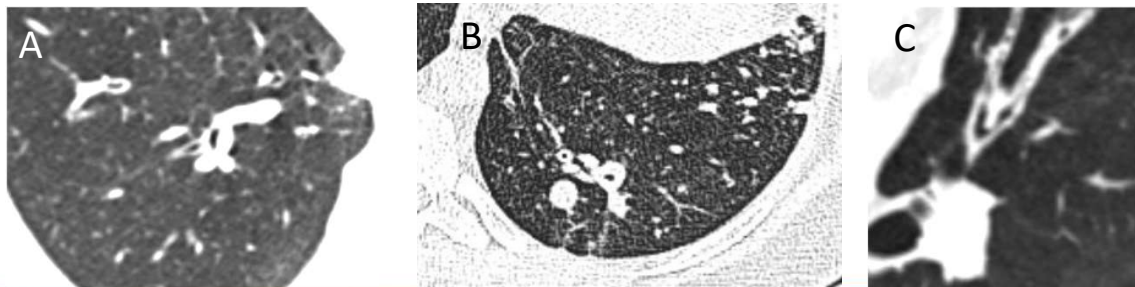


Resultados de la cuantificación automática de enfisema (*Philips IntelliSpace Portal*)

Cálculo del volumen y porcentaje del parénquima con densidad <-950 UH en la TCAR en inspiración con representación en la imagen como áreas de color rojo

2. PARED Y LUZ BRONQUIAL

- El engrosamiento y estrechamiento se asocian con mayor rigidez y menor distensibilidad: factores clave en la obstrucción al flujo aéreo
- Ambas medidas se correlacionan con medidas espirométricas e histológicas de la VA pequeña
- Los pacientes con evidencia de engrosamiento de la VA tienen una respuesta positiva a tratamiento broncodilatador, corticoides inhalados y fármacos biológicos
- Se asocian con el **fenotipo** del asma y tanto en asma como en EPOC se encuentra directamente relacionado con la **gravedad** de la enfermedad, el deterioro de la **función respiratoria** y el riesgo de **exacerbaciones**



Engrosamiento de las paredes bronquiales con algunos bronquios ocupados (A, B, D)
Engrosamiento con disminución de la luz (C y E)

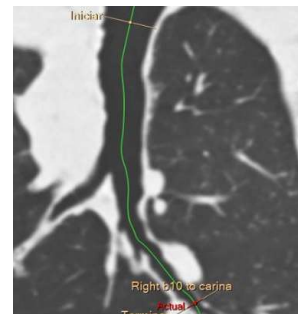
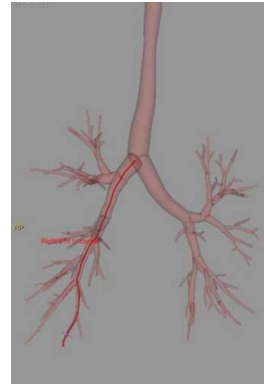
El engrosamiento de la pared bronquial es secundario a la inflamación en el momento agudo y al remodelado en el curso crónico

Relación entre el grosor de la pared bronquial y el diámetro del bronquio debe ser $< 0.1-0.2$

Puede estar la pared engrosada y en rango si el paciente presenta bronquiectasias

WA%: es el marcador más usado y fácilmente medible con los *softwares* habituales

Reconstrucciones y medidas obtenidas de forma automática con el *software Philips IntelliSpace Portal*



MEDIDAS realizadas en TC con *softwares* específicos

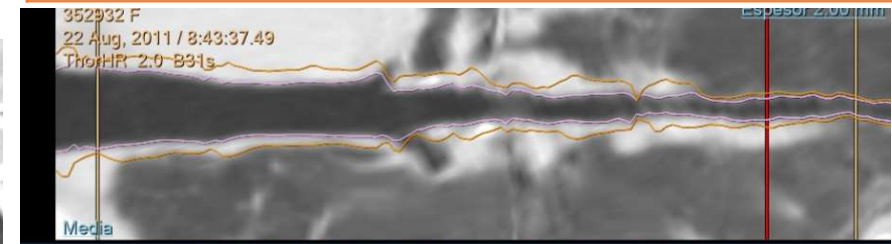
Área de la pared de la vía aérea

Área de la luz

Área total

Espesor de la pared

Área de la pared/ área total (WA%)



Valores medios a lo largo de la línea central, entre las posiciones inicial y final					
	Espesor pared (mm)	Área pared (mm ²)	Díam. medio lumen (mm)	Área lumen (mm ²)	Relación área pared/lumen (%)
Right b10 to carina	1.7	60.5	7.7	60.9	138

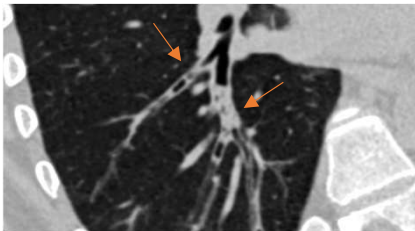


Medidas transversales en posiciones definidas por usuario					
Right b10 to carina	Espesor pared (mm)	Área pared (mm ²)	Díam. medio lumen (mm)	Área lumen (mm ²)	Relación área pared/lumen (%)
Actual	0.7	12.1	4.5	15.7	77.2

3. TAPONES DE MOCO

- Los tapones de moco completos se identifican en la TC como una imagen redondeada o ramificada al lado de una arteria
- Son un hallazgo normalmente subestimado pero importante, ya que es potencialmente tratable
- Se han correlacionado con la obstrucción en la espirometría y con el grado de atrapamiento aéreo
- Existen *softwares* específicos para su contabilización y también un método visual descrito por E. Dunican
- Aportan información sobre las **exacerbaciones**, deterioro de la **función respiratoria** y **mortalidad**, así como

respuesta al tratamiento



Tapones de moco en bronquios segmentarios (flechas)

Sistema de puntuación visual DUNICAN

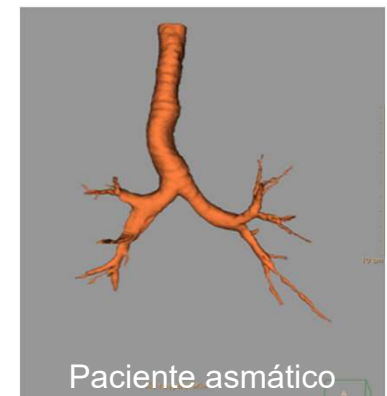
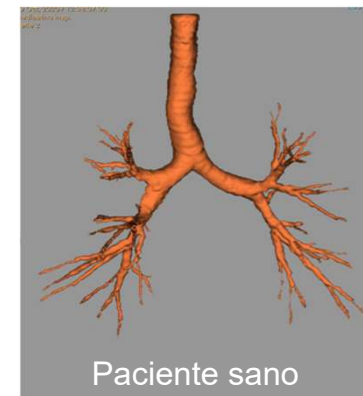
Oclusión completa de un bronquio, independientemente de su generación o tamaño

Se asigna 1 punto a cada segmento pulmonar que tenga al menos 1 tapón mucoso

Se establecen 3 grupos: 0 sin tapones, <4 score bajo, ≥ 4 score alto

4. RECUENTO DE LA VÍA AÉREA

- La enfermedad de la vía aérea inducida por tabaco en pacientes EPOC puede causar la pérdida completa de la VA periférica sobre todo en enfermedad avanzada
- El recuento de VA reducido indica enfermedad de la toda la VA y podría estar directamente relacionada con extensa destrucción enfisematosa
- La reducción del recuento de vía aérea se produce en el 31% y 51% de los pacientes GOLD I y GOLD II, respectivamente
- En el asma la reducción puede ser secundaria a tapones mucosos, engrosamiento o colapso de las vías respiratorias
- El recuento disminuido de la vía aérea se correlaciona con las PFR y se asocia con la **gravedad** del asma



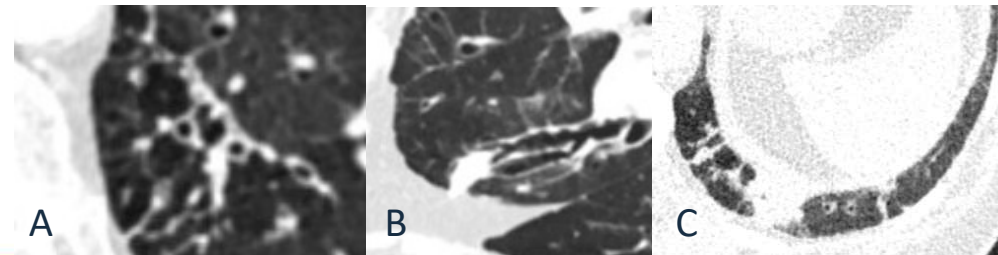
5. BRONQUIECTASIAS

- Dilatación bronquial irreversible
- Suelen acompañarse de engrosamiento de la pared bronquial y/o de impactaciones mucoides
- Se han relacionado con más **exacerbaciones**
- En la TCAR:
 - Dilatación del bronquio respecto a la arteria acompañante (imagen A)
 - El bronquio no se afila a lo largo de su trayecto (imagen B)
 - Bronquios a menos de 1 cm de la pleura costal o en contacto con la mediastínica (imagen C)

ÍNDICE BRONCOARTERIAL (IBA)

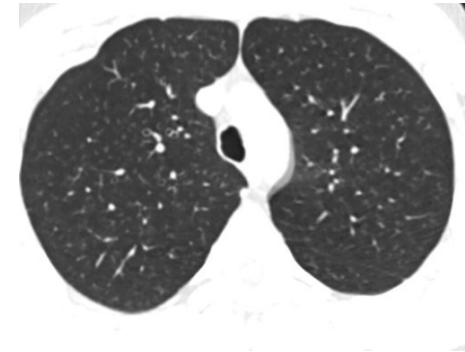
Se considera que la VA está dilatada cuando su diámetro interno es mayor que el de la arteria acompañante **0.65-0.7**

- IBA 1: inespecífico (ancianos, altitud, enfermedad arterial)
- IBA 1-1.5: específico si se asocia a otras características de EVA
- IBA >2: específico, aunque sea un hallazgo aislado



6. OPACIDADES CENTROLOBULILLARES

- Se asocian a asma severo
- Son reversibles aunque no completamente en el asma severo
- Indican engrosamiento o inflamación de la pared bronquiolar
- Puede ser un marcador del remodelado de la VAP (2-3mm)



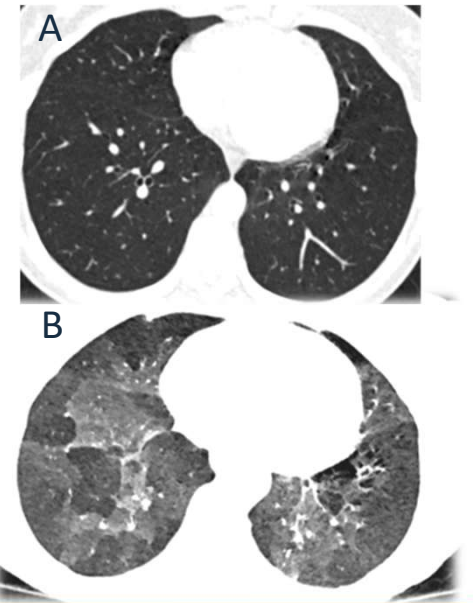
7. PATRÓN DE ATENUACIÓN EN MOSAICO

- Parénquima pulmonar de densidad heterogénea, parcheada, con zonas de mayor y menor atenuación
- Signo inespecífico en la TC en inspiración, se debe completar con una TC en espiración
- Puede representar enfermedad de VAP, vascular oclusiva o intersticial



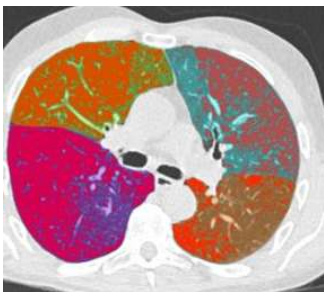
8. ATRAPAMIENTO AÉREO

- Signo indirecto y definitivo de enfermedad de la VA pequeña
- La TC no permite la visualización directa de la VA < 2mm)
- Puede ser el único hallazgo de enfermedad pulmonar en pacientes con TC en inspiración normal
- El porcentaje de atrapamiento aéreo se puede calcular en la TC en **espiración**:
 - áreas de densidad < -856 UH
 - incremento entre la insp y esp < 70-80 UH
 - áreas que no disminuyen de volumen
 - áreas bien delimitadas respecto al pulmón adyacente

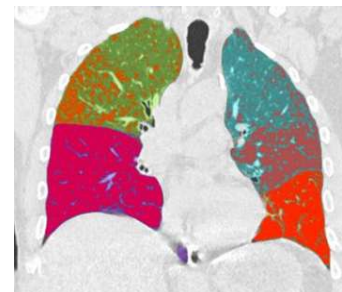


TCAR en inspiración (A) sin alteraciones con densidad heterogénea en relación con atrapamiento aéreo en el estudio en espiración (B)

- En nuestro hospital hacemos un cálculo del atrapamiento en la TC en espiración utilizando el mismo *software* que existe para el enfisema modificando el umbral.
- Es una técnica no validada pero sirve para dar un valor objetivo y para valorar cambios en el seguimiento
- Con este método no se individualiza el atrapamiento del enfisema
- Para hacer un cálculo automático del atrapamiento aéreo diferenciándolo del enfisema existen dos métodos:
 - Cambio relativo de volumen: (volumen relativo en espiración) - (volumen relativo en inspiración)
 - Mapa de respuesta paramétrica: se necesita un *software* específico

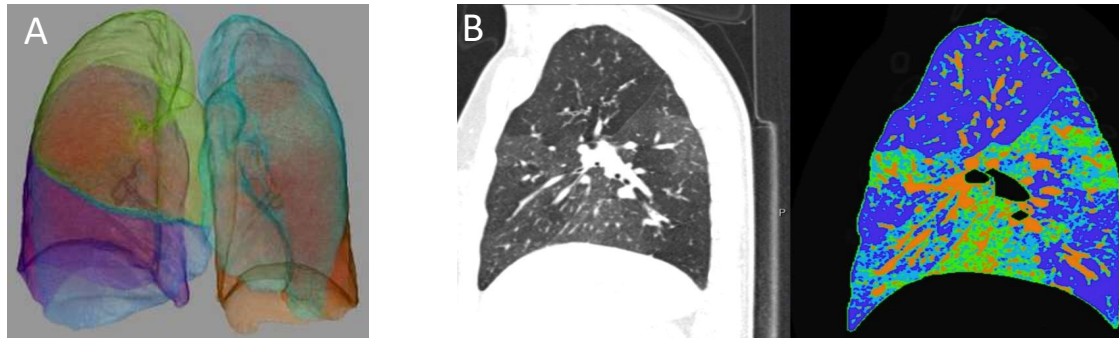


	Volumen AB (cm ³) Umbral = -856 HU	men total (cm ³)	Cociente de volumen AB (%) Umbral = -856 HU
Amb. pulm.	2840	5077.7	55.9
Pulmón der.	1670.2	2834.5	58.9
Lóbulo superior derecho (RL)	432.6	1052.6	41.1
Lóbulo medio derecho (RML)	315.1	373	84.5
Lóbulo inferior derecho (RLL)	922.4	1409	65.5
Pulmón izq.	1169.8	2243.2	52.1
Lóbulo superior izquierdo (LI)	598.9	1133.8	52.8
Lóbulo inferior izquierdo (LL)	570.9	1109.3	51.5



Cálculo automático de volumen pulmonar con densidad < -856 UH en el estudio en espiración mediante el software de *Philips IntelliSpace Portal*

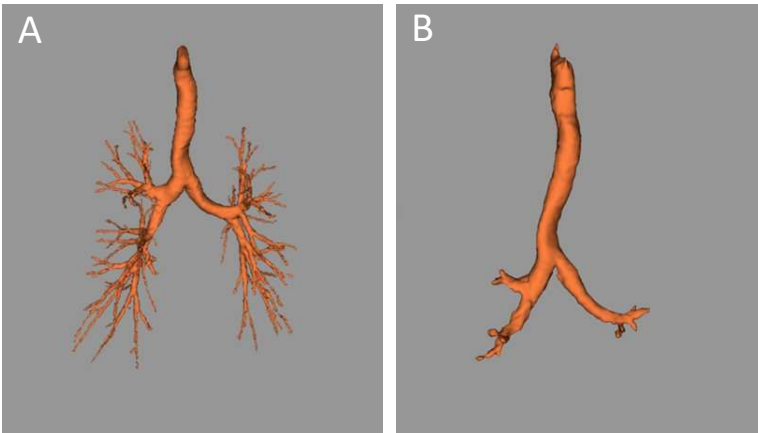
- Con la TC se puede identificar atrapamiento aéreo siendo la espirometría y otras pruebas funcionales normales
- En el estudio *COPDGene* el 26% de los fumadores sin alteraciones espirométricas tenían enfisema o atrapamiento aéreo identificados en TC
- En la cohorte de *SPIROMICS* el incremento del atrapamiento en TC predice un empeoramiento acelerado de las medidas espirométricas y progresión a EPOC en fumadores sin obstrucción al flujo aéreo
- Se correlaciona con la gravedad del asma y las exacerbaciones



TC en espiración con posprocesado en *Philips IntelliSpace Portal* (A) y *GE AW 3.2* (B) marcando en rojo y en azul, respectivamente, los volúmenes con densidad <-856 UH que representarían el atrapamiento aéreo

9. COLAPSO BRONQUIAL

- Al aumentar la presión transmural durante la espiración, los bronquiolos patológicos se colapsan antes que los sanos, provocando atrapamiento aéreo distal
- Se puede valorar el grado de colapso bronquial en las reconstrucciones volumétricas comparando la TC en inspiración con la **espiración**



Reconstrucción volumétrica de la VA de una paciente asmática en inspiración (A) y espiración (B) demostrando importante colapso bronquial

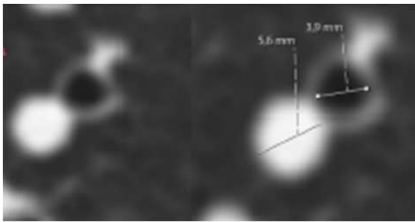
Colapso espiratorio de la VA central en entidades que pueden simular clínicamente asma o EPOC:

- **Colapso excesivo dinámico de la vía aérea:** desplazamiento anterior excesivo de la membrana posterior con el cartílago intacto
- **Traqueobroncomalacia:** debilidad del cartílago en la tráquea, bronquios o ambos

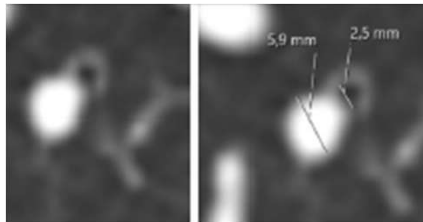
Clínicamente se pueden confundir con asma, EPOC, obesidad, reflujo gastroesofágico, síndrome de hipoventilación

10. DISANAPSIS

- Desajuste antropométrico entre el calibre de la vía respiratoria y el volumen pulmonar
- Puede relacionarse con un calibre disminuido de la VA respecto al volumen pulmonar o viceversa
- Se produce en la infancia por infecciones, tabaquismo materno durante el embarazo, prematuridad...
- Asocia un mayor riesgo de asma o EPOC en la edad adulta, con peor pronóstico: **mortalidad y exacerbaciones**
- Se considera un factor de riesgo independiente

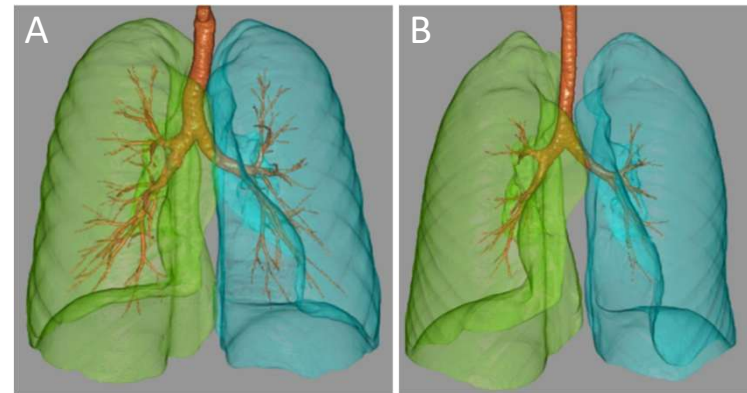


Índice luz bronquial/ arteria 0.69



Índice luz bronquial/ arteria 0.42

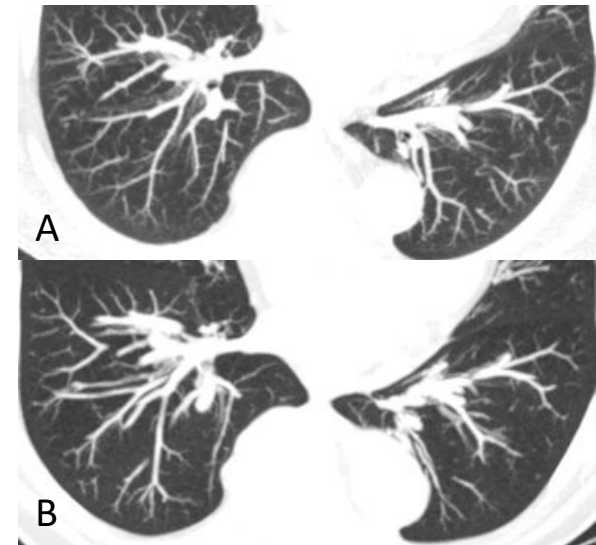
Índice normal luz bronquial/ arteria 0.65-0.7



Representación volumétrica de un pulmón normal (A) y un pulmón con un calibre disminuido de las vías aéreas (B)

11. PODA VASCULAR

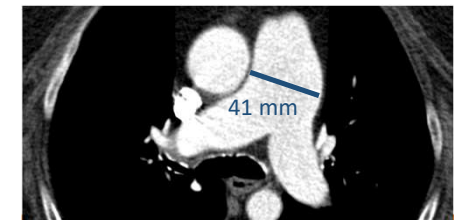
- Pérdida de la vasculatura pulmonar periférica
- Las alteraciones de la vasculatura pulmonar son frecuentes en EPOC incluso en estadios iniciales
- La poda vascular se asocia a progresión del enfisema, **disminución de la función pulmonar**, aumento del volumen residual, menor tolerancia al ejercicio y aumento de la **mortalidad**
- Directamente asociada a la **gravedad** del asma
- En el asma se asocia con peor función pulmonar, eosinofilia y **exacerbaciones**



Paciente con vasculatura normal (A).
Paciente asmática con disminución de
la vasculatura periférica (B)

12. HIPERTENSIÓN PULMONAR

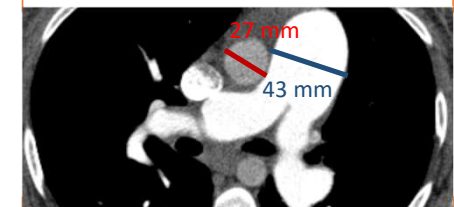
- La patogenia de la HTP en pacientes con EPOC es multifactorial:
 - hipoxia crónica
 - remodelado vascular en las arterias pulmonares de pequeño calibre
 - disfunción endotelial
- Su severidad depende del grado de obstrucción al flujo aéreo y de la dificultad para el intercambio gaseoso
- La distensibilidad de la arteria pulmonar está reducida en EPOC
- Un volumen residual aumentado en pacientes con EPOC se asocia a mayor área de la arteria pulmonar



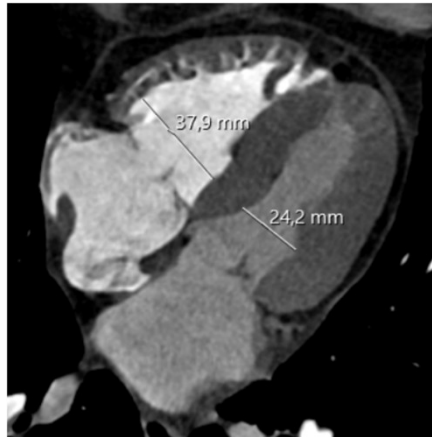
Art. Pulmonar ≥ 30 mm



Ratio art. segmentaria /bronquio ≥ 1 en ≥ 3 lóbulos

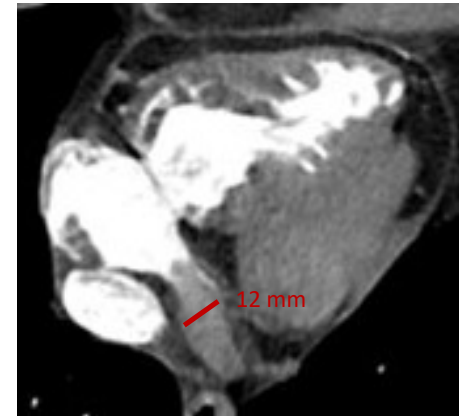
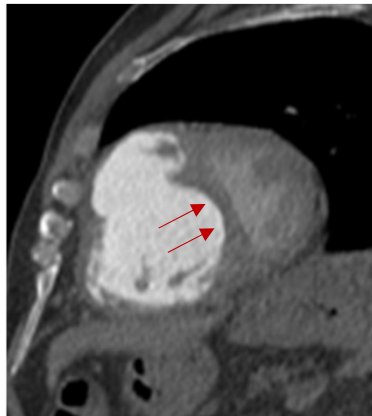


Ratio art. pulmonar principal/ aorta ascendente > 0.9



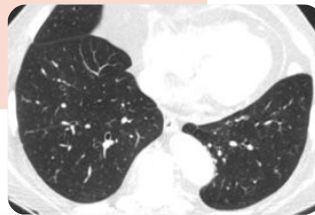
Datos de sobrecarga derecha

- Dilatación del VD: ratio VD/VI ≥ 1 (*fig. A*)
- Hipertrofia pared VD (≥ 6 mm) (*fig. B*)
- Rectificación/ inversión del tabique iv ($\geq 140^\circ$) (*fig. C*)
- Reflujo de contraste a v. suprahepáticas (*fig. D*)
- Dilatación seno coronario (> 11 mm) (*fig.E*)



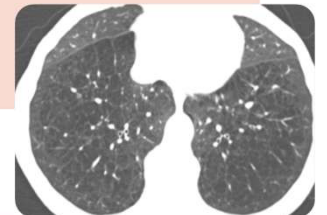
ASMA

- Mayor engrosamiento bronquial
- Menor área de la luz
- Mayor porcentaje de atrapamiento aéreo
- Colapso bronquial en la espiración
- Mayor número de tapones mucoso
- Nódulos centrolobulillares



EPOC

- Mayor recuento de VA
- Mayor área de la luz
- Luz más irregular
- Enfisema
- Mayor desestructuración arquitectural
- Alteraciones vasculares



Conclusiones

- La TC en pacientes con diagnóstico de asma y EPOC permite diagnosticar simuladores de dichas entidades pero, además, con la TC en ins y espiración podemos realizar una valoración **cualitativa** y **cuantitativa**
 - Existen distintos **biomarcadores de imagen** que ayudan a su fenotipado para personalizar el tratamiento y evaluar la respuesta al mismo
 - Los diferentes biomarcadores, tanto de la vía aérea como vasculares, se relacionan con las **exacerbaciones, gravedad, empeoramiento de la función respiratoria y la mortalidad**
-

Bibliografía

- Martínez de Alegría et al. TC Torácica en Espiración. Cuándo la hago y cómo la interpreto. Radiología 65; 2023:289-388.
 - Lynch et al. CT-Definable Subtypes of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Statement of the Fleischner Society. Radiology 2015; 277:192-205.
 - Elbehairy et al. Advances in COPD imaging using CT and MRI: linkage with lung physiology and clinical outcomes. Eur Respir J 2024; 63.
 - Dunican et al. Mucus plugs in patients with asthma linked to eosinophilia and airflow obstruction. J Clin Invest. 2018;128:997-1009.
 - Dunican et al. Mucus Plugs and Emphysema in the Pathophysiology of Airflow Obstruction and Hypoxemia in Smokers. Am J Respir Crit Care Med. 2021;203:957-968.
 - Montaudon et al. Bronchial measurements in patients with asthma: comparison of quantitative thin-section CT findings with those in healthy subjects and correlation with pathologic findings. Radiology. 2009;253:844-53.
 - Flynn et al. Picture this: The future of imaging biomarkers in COPD. Respirology. 2024;29:932-934.
 - Trivedi et al. Quantitative CT Characteristics of Cluster Phenotypes in the Severe Asthma Research Program Cohorts. Radiology 2022;304:450-459.
 - Kim et al. Severe Asthma Phenotypes Classified by Site of Airway Involvement and Remodeling via Chest CT Scan. J Investig Allergol Clin Immunol. 2018;28:312-320.
 - Tan et al. Air trapping in small airway diseases: A review of imaging technique and findings with an overview of small airway diseases. J Med Imaging Radiat Oncol, 67: 499-508.
-