

Reunión Anual SOCIEDAD ESPAÑOLA DE **NEURORRADIOLOGÍA**

20 - 22 de octubre de 2022

ZARAGOZA

Sede: Cámara de Comercio



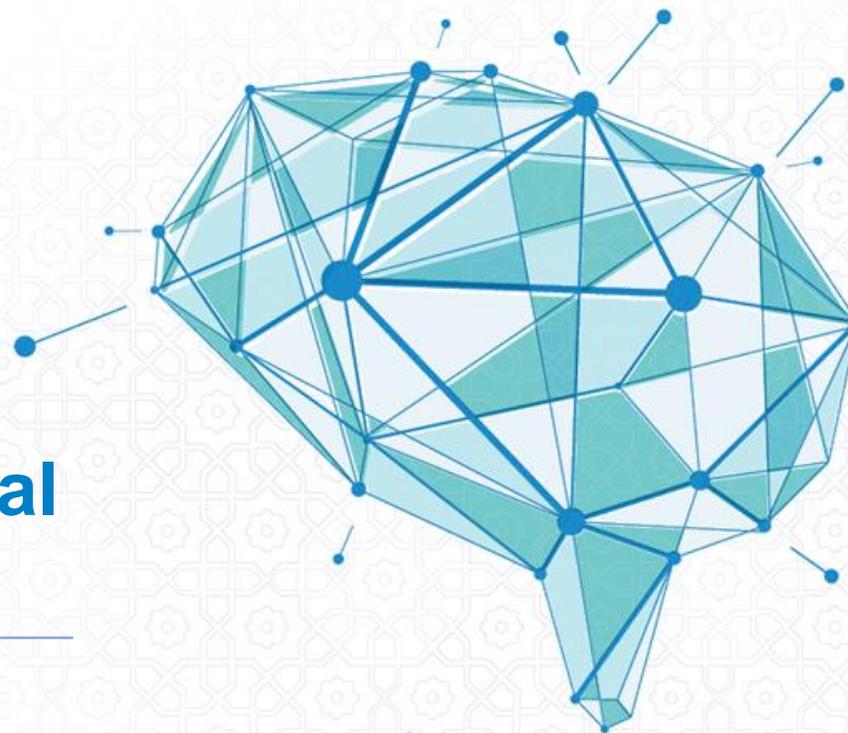
TC dual en el diagnóstico y progresión de la patología tumoral laríngea

Almudena Pérez Lara

Hospital Regional Universitario de Málaga



Hospital Regional
Universitario
de Málaga



No hay conflictos de interés



Objetivos

1

Describir brevemente las **reconstrucciones específicas** y las **aplicaciones avanzadas de TC de energía dual (TCED)** de mayor utilidad en el estudio del cáncer de laringe

2

Revisar los **hallazgos de imagen clave** en el **diagnóstico** de neoplasias de laringe con TCED, especificando qué información podemos obtener con cada tipo de reconstrucción

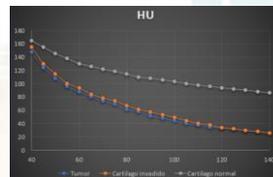
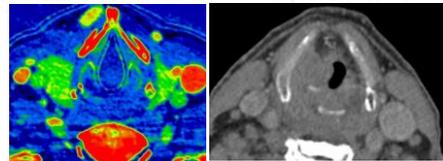
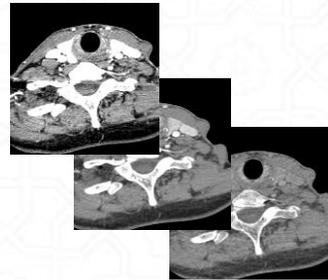
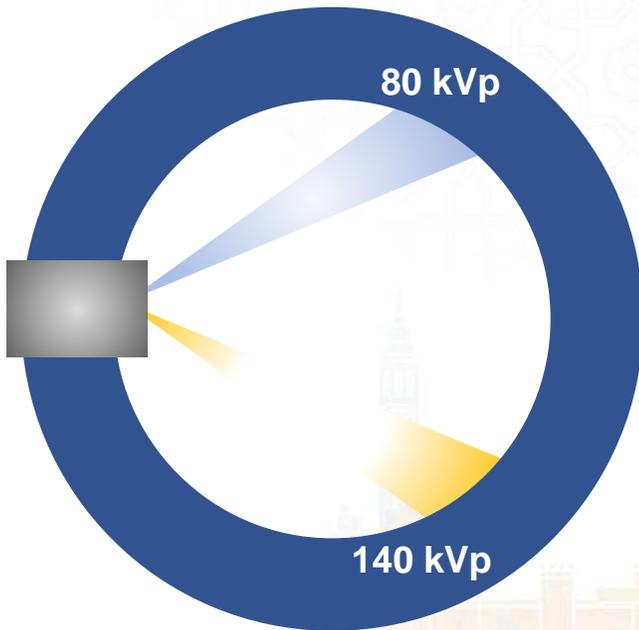
3

Valorar la **utilidad de las aplicaciones del TCED** en el **seguimiento** de tumores de la laringe

Reconstrucciones y aplicaciones de TCED



TC de energía dual



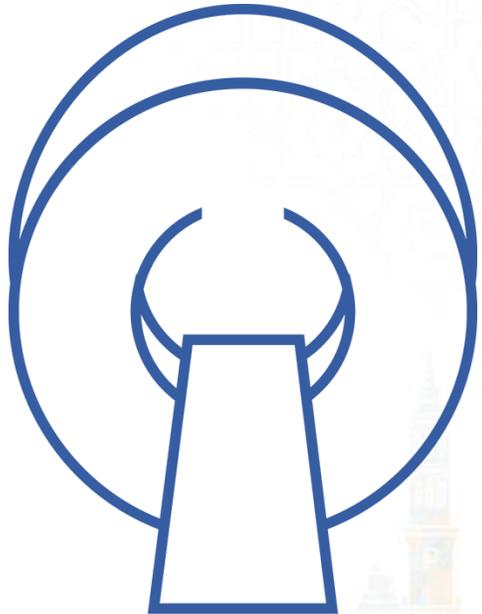
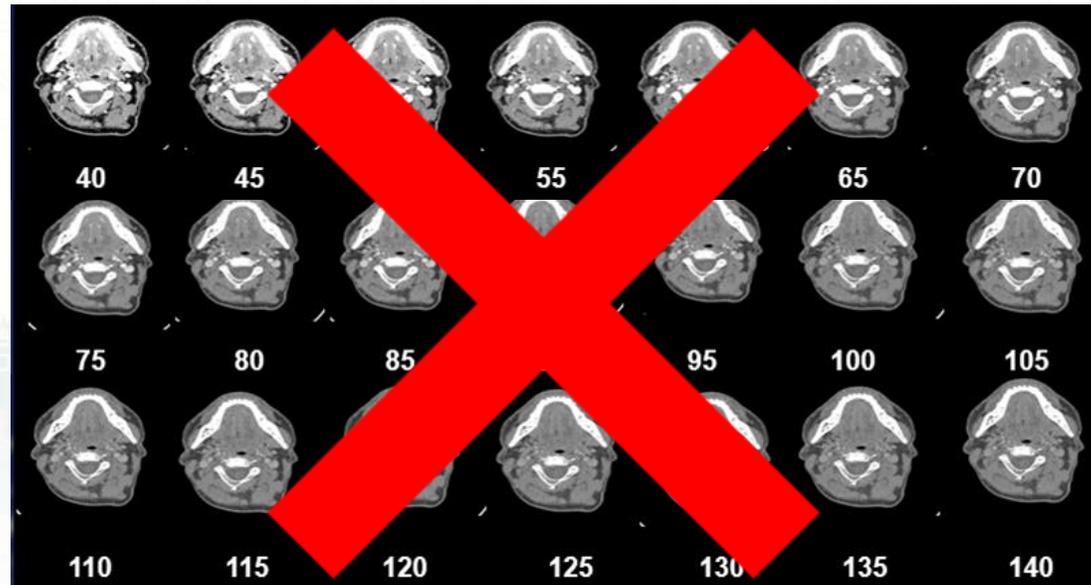
Adquisición en dos niveles de energía

- Reconstrucciones virtuales monocromáticas en cualquier nivel teórico de energía.
- Generación de mapas de distribución de materiales y de número atómico.
- Caracterización de tejidos y materiales mediante análisis por ROI.

Reconstrucciones de TCED

Imágenes virtuales monocromáticas (IVM)

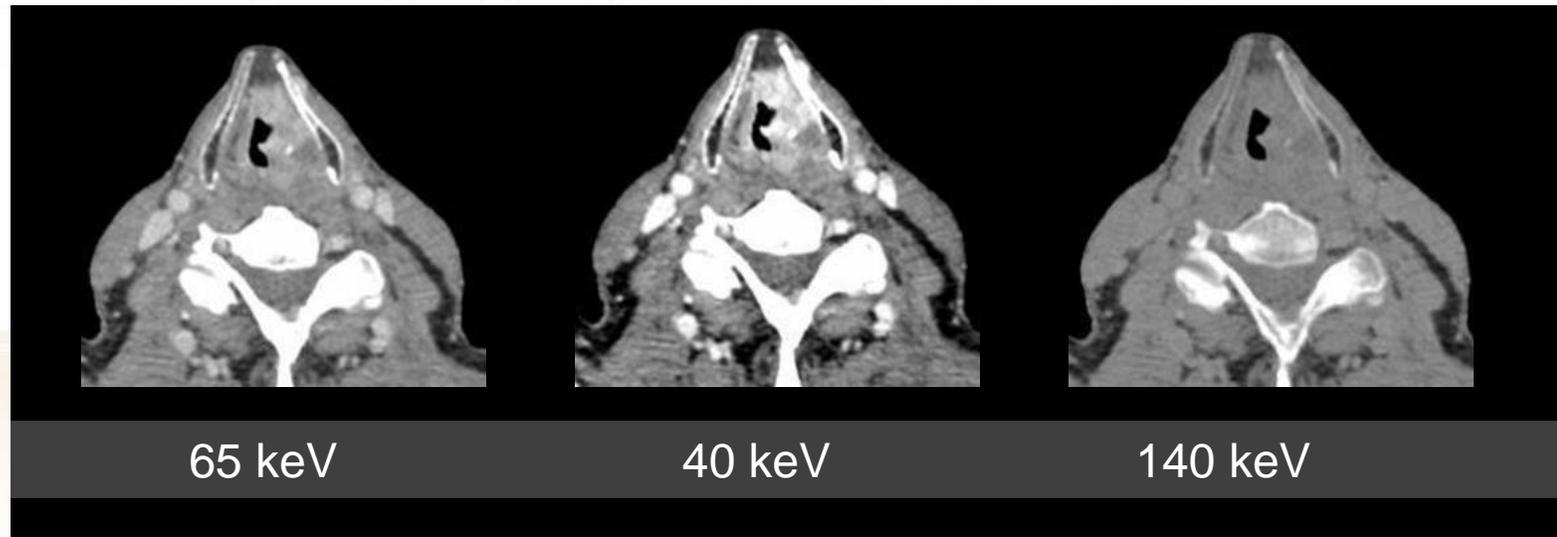
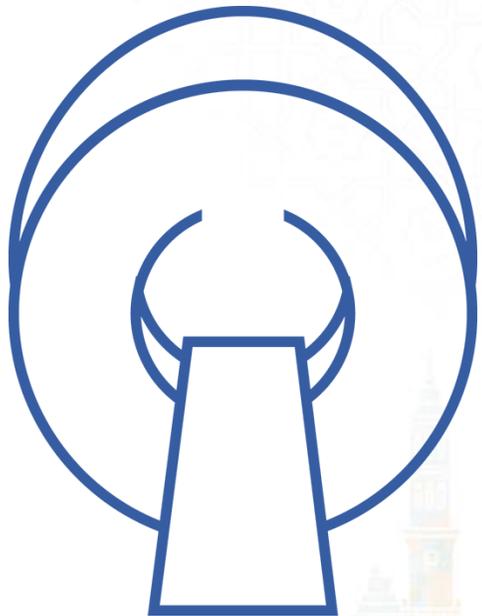
- Se pueden obtener reconstrucciones en cualquier nivel teórico de energía.
- 40-140/160 keV.
- Incrementos de 5 keV.

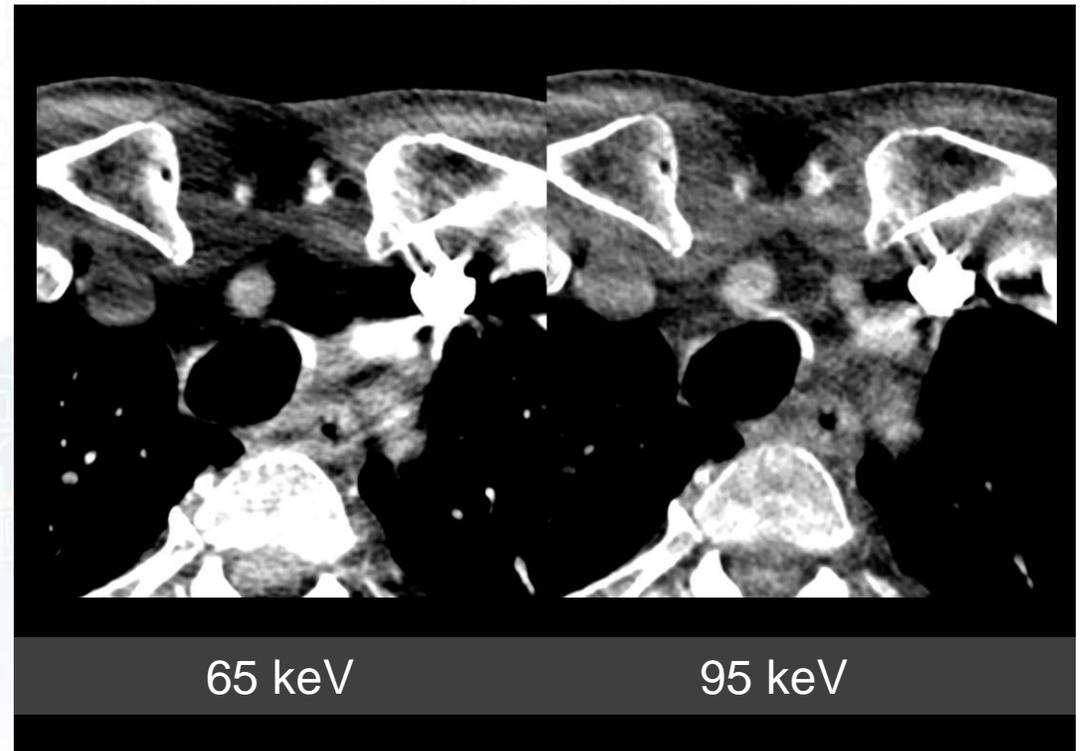
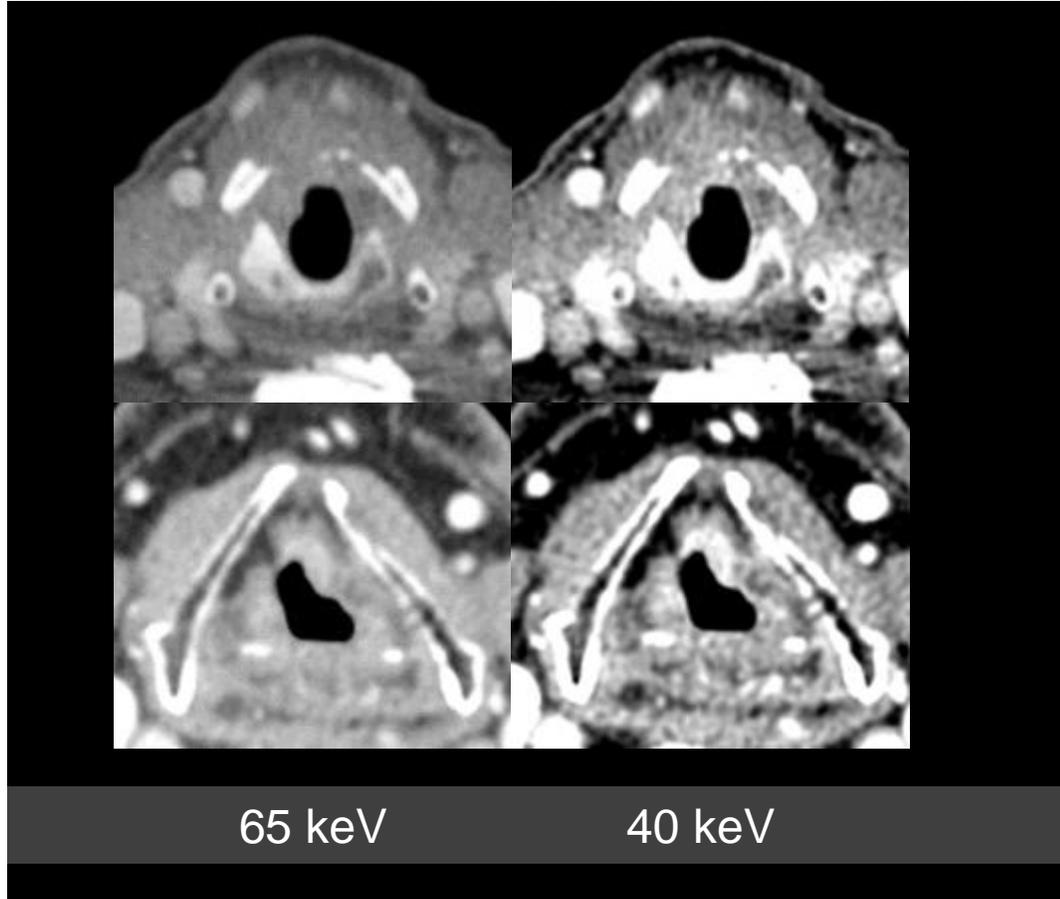


Reconstrucciones de TCED

Imágenes virtuales monocromáticas (IVM)

- **65 keV:** Equivalente a TC estándar 
- **40 keV:** Mejora el contraste de tejidos 
- **140 keV:** Disminuye artefacto, suprime realces, “imagen virtual sin contraste”





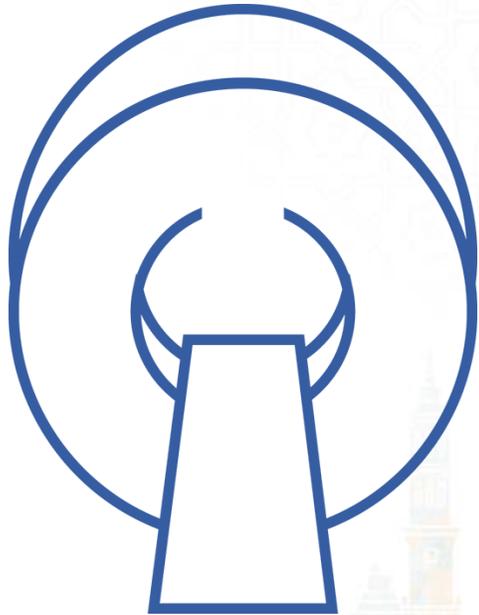
Reconstrucciones de TCED

Weighted average images (WA)

- Combinación lineal o no lineal variable de las adquisiciones en baja y alta energía
- Puede ajustarse para potenciar ciertas características de tejidos o materiales (e.g. aumentar la atenuación)



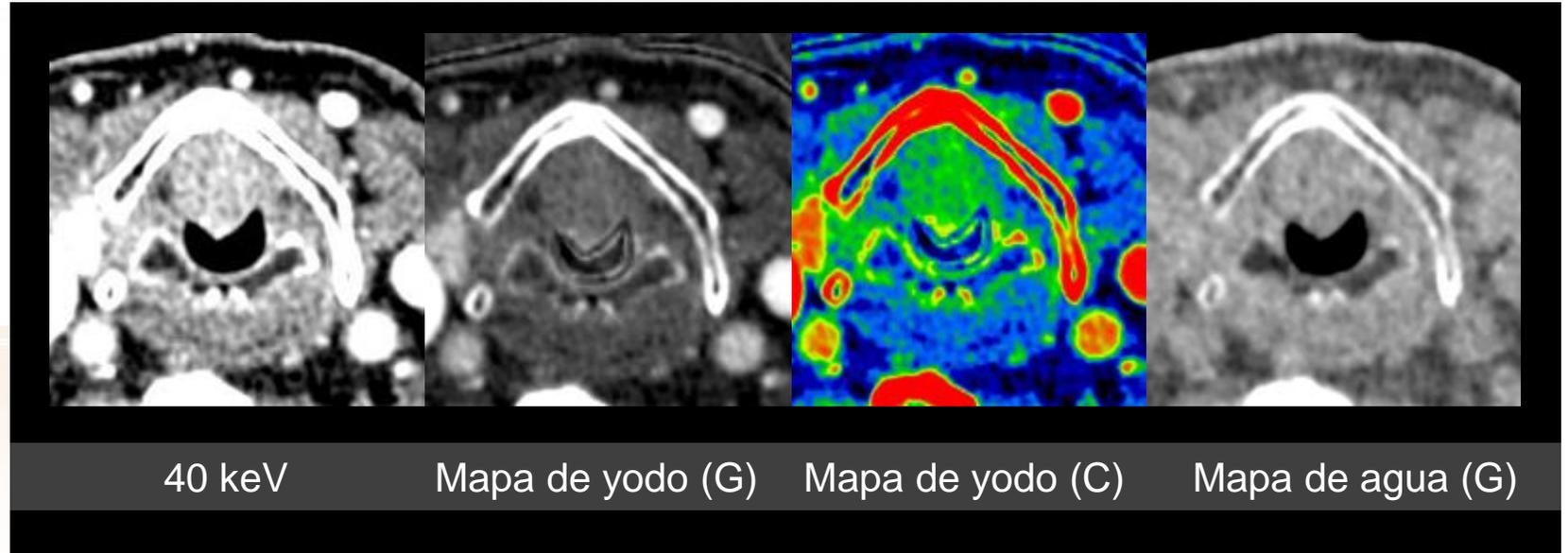
Reconstrucciones de TCED



Mapas de materiales



- Mapas de yodo-agua: Muestra la distribución y la concentración relativa de yodo en los tejidos. Facilita la detección de realces sutiles.
- Mapas de agua-yodo: TC sin contraste virtual. Suprime el yodo en la imagen, permite valorar si un tejido hiperdenso presenta realce

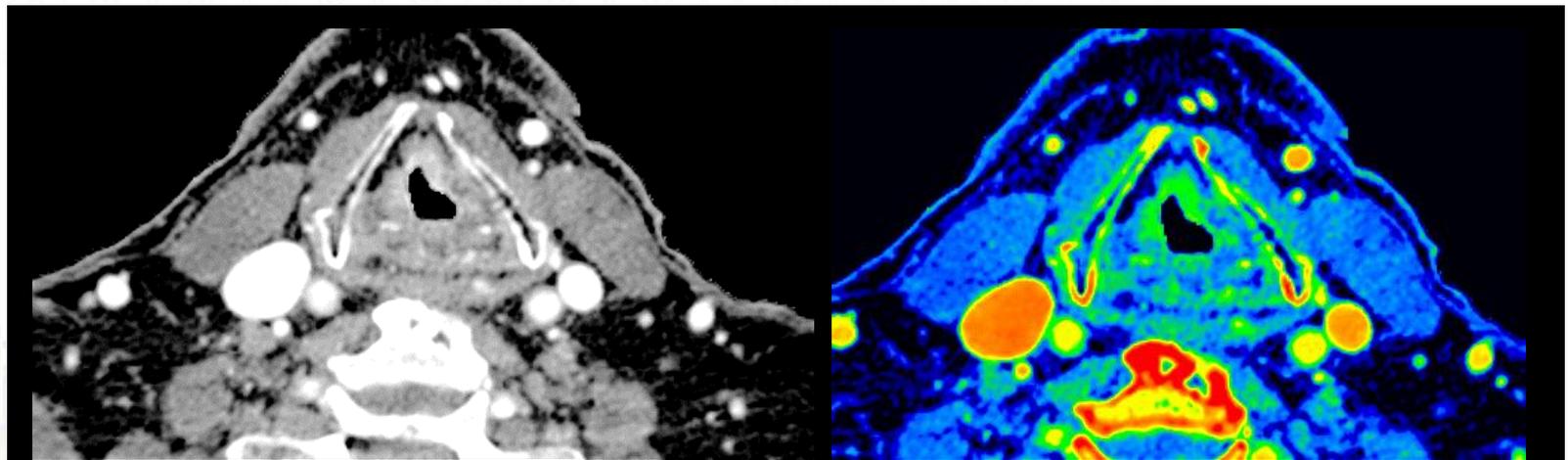
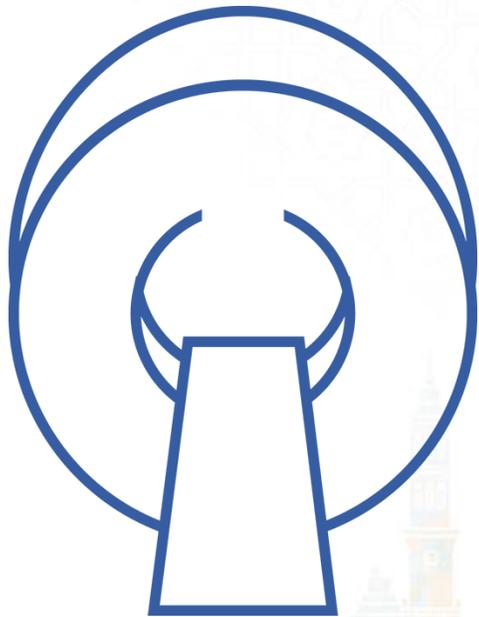


Reconstrucciones de TCED

Número atómico efectivo (Zeff)

Imágenes reconstruidas con el número atómico efectivo de cada vóxel (se obtiene mediante los valores de atenuación).

Permite diferenciar la composición de tejidos



Z effective (escala de grises)

Z effective (escala de color)

Caracterización de materiales

Patient name	THA1																						
Patient ID	AW59022918																						
Exam number																							
Series Number	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	
Acquisition date	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	20130716	
Render Mode	REFORMAT																						
Slice Thickness	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	
Units	HU																						
Area (mm2)	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	91.64971723	
Average	142.27	399.71	328.97	271.94	228.06	191.23	162.87	142.27	125.77	112.64	101.93	92.74	84.75	78.40	73.12	68.19	64.55	61.11	58.07	55.63	53.23	51.00	
Standard Dev	23.16	67.83	56.16	47.35	41.07	31.63	27.95	23.16	21.86	24.83	27.35	28.35	28.08	27.95	27.90	27.86	27.84	27.86	27.84	27.90	27.90	27.90	
Maximum	214.00	635.00	518.00	425.00	356.00	294.00	246.00	214.00	192.00	177.00	174.00	170.00	162.00	156.00	151.00	146.00	142.00	139.00	136.00	134.00	131.00	129.00	
Minimum	64.00	193.00	152.00	120.00	95.00	87.00	79.00	64.00	51.00	37.00	26.00	17.00	12.00	7.00	4.00	0.00	-2.00	-5.00	-7.00	-8.00	-10.00	-11.00	
ROI Save Time	Sun May 14																						
Volume	MONO																						
keV	70	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	
Material1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Material2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PIXEL DATA																							
(0.14934525)	143.0	386.0	315.0	258.0	214.0	191.0	169.0	143.0	121.0	102.0	89.0	79.0	71.0	64.0	59.0	54.0	50.0	47.0	44.0	42.0	39.0	37.0	
(0.14934525)	148.0	428.0	355.0	297.0	251.0	200.0	165.0	148.0	135.0	128.0	120.0	112.0	103.0	97.0	91.0	86.0	83.0	79.0	76.0	73.0	71.0	69.0	
(0.14934525)	157.0	452.0	378.0	318.0	272.0	211.0	170.0	157.0	147.0	143.0	137.0	130.0	121.0	115.0	109.0	104.0	100.0	97.0	93.0	91.0	88.0	86.0	
(0.66106425)	132.0	408.0	334.0	274.0	228.0	184.0	152.0	132.0	116.0	105.0	95.0	86.0	77.0	71.0	65.0	60.0	56.0	53.0	49.0	47.0	44.0	42.0	
(0.66106425)	120.0	360.0	291.0	235.0	191.0	168.0	146.0	120.0	100.0	82.0	68.0	58.0	51.0	44.0	39.0	34.0	31.0	27.0	24.0	22.0	20.0	19.0	
(0.66106425)	133.0	368.0	299.0	243.0	201.0	180.0	159.0	133.0	112.0	93.0	79.0	68.0	60.0	54.0	49.0	44.0	41.0	37.0	34.0	32.0	30.0	29.0	
(0.66106425)	148.0	428.0	354.0	294.0	248.0	201.0	167.0	148.0	134.0	123.0	114.0	106.0	97.0	91.0	85.0	80.0	76.0	73.0	69.0	67.0	64.0	62.0	
(0.66106425)	154.0	443.0	367.0	306.0	259.0	208.0	172.0	154.0	140.0	131.0	123.0	114.0	106.0	99.0	93.0	88.0	84.0	80.0	77.0	75.0	72.0	70.0	
(0.66106425)	151.0	446.0	363.0	297.0	246.0	209.0	178.0	151.0	129.0	111.0	98.0	88.0	79.0	72.0	66.0	60.0	56.0	52.0	48.0	45.0	42.0	40.0	
(0.66106425)	124.0	304.0	242.0	192.0	153.0	164.0	160.0	124.0	95.0	66.0	46.0	34.0	28.0	22.0	17.0	13.0	10.0	7.0	4.0	2.0	0.0	-1.0	
(0.66106425)	104.0	281.0	224.0	178.0	143.0	141.0	131.0	104.0	82.0	59.0	44.0	34.0	27.0	22.0	18.0	14.0	11.0	8.0	6.0	4.0	2.0	0.0	
(1.17278325)	133.0	416.0	343.0	285.0	239.0	185.0	147.0	133.0	121.0	114.0	107.0	100.0	91.0	85.0	79.0	74.0	71.0	67.0	64.0	61.0	59.0	57.0	
(1.17278325)	130.0	395.0	323.0	265.0	221.0	180.0	149.0	130.0	114.0	102.0	92.0	84.0	75.0	69.0	64.0	59.0	55.0	48.0	46.0	43.0	41.0	39.0	
(1.17278325)	128.0	377.0	306.0	249.0	205.0	176.0	152.0	128.0	109.0	92.0	80.0	70.0	62.0	55.0	50.0	45.0	41.0	38.0	35.0	33.0	30.0	29.0	
(1.17278325)	129.0	377.0	307.0	251.0	207.0	178.0	153.0	129.0	111.0	95.0	83.0	73.0	65.0	59.0	54.0	49.0	45.0	42.0	39.0	36.0	34.0	33.0	
(1.17278325)	140.0	405.0	332.0	273.0	228.0	190.0	161.0	140.0	124.0	110.0	99.0	89.0	81.0	75.0	69.0	64.0	60.0	57.0	54.0	51.0	49.0	47.0	
(1.17278325)	161.0	467.0	385.0	319.0	268.0	220.0	184.0	161.0	143.0	131.0	120.0	111.0	102.0	94.0	88.0	83.0	78.0	74.0	71.0	68.0	65.0	63.0	
(1.17278325)	157.0	446.0	364.0	297.0	246.0	215.0	187.0	157.0	133.0	113.0	98.0	88.0	78.0	71.0	65.0	59.0	55.0	51.0	47.0	44.0	41.0	39.0	
(1.17278325)	125.0	317.0	253.0	200.0	167.0	161.0	125.0	96.0	67.0	48.0	36.0	29.0	23.0	18.0	14.0	10.0	7.0	4.0	2.0	0.0	-1.0	-2.0	
(1.17278325)	90.0	269.0	214.0	170.0	136.0	126.0	114.0	90.0	72.0	53.0	40.0	30.0	24.0	19.0	15.0	11.0	8.0	5.0	3.0	1.0	-1.0	-2.0	
(1.17278325)	86.0	299.0	242.0	196.0	161.0	123.0	98.0	86.0	76.0	68.0	60.0	53.0	46.0	41.0	37.0	33.0	30.0	27.0	25.0	23.0	21.0	20.0	
(1.68450225)	121.0	372.0	306.0	253.0	212.0	168.0	136.0	121.0	109.0	101.0	93.0	85.0	78.0	72.0	67.0	62.0	59.0	56.0	53.0	51.0	48.0	46.0	
(1.68450225)	116.0	355.0	291.0	238.0	198.0	160.0	133.0	116.0	102.0	91.0	82.0	74.0	67.0	61.0	56.0	52.0	48.0	45.0	42.0	40.0	38.0	36.0	
(1.68450225)	122.0	358.0	291.0	238.0	197.0	168.0	143.0	122.0	104.0	89.0	78.0	70.0	62.0	56.0	51.0	47.0	43.0	40.0	37.0	35.0	32.0	30.0	
(1.68450225)	134.0	408.0	332.0	271.0	224.0	187.0	158.0	134.0	116.0	101.0	89.0	79.0	71.0	64.0	58.0	53.0	49.0	45.0	42.0	40.0	37.0	35.0	

TCED en el diagnóstico de la patología tumoral laríngea



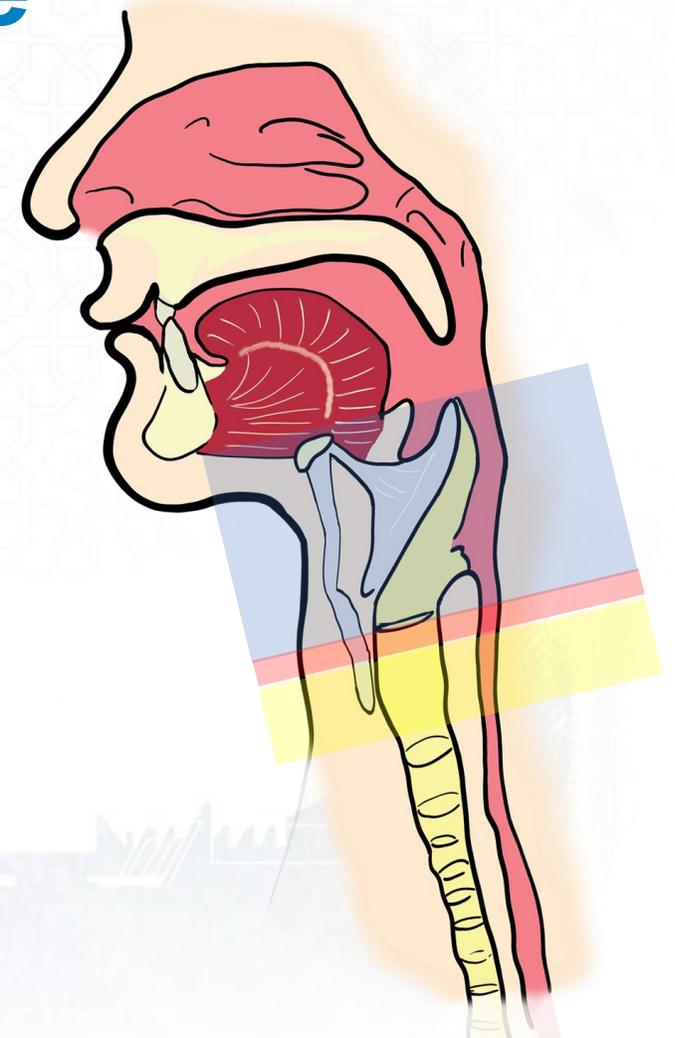
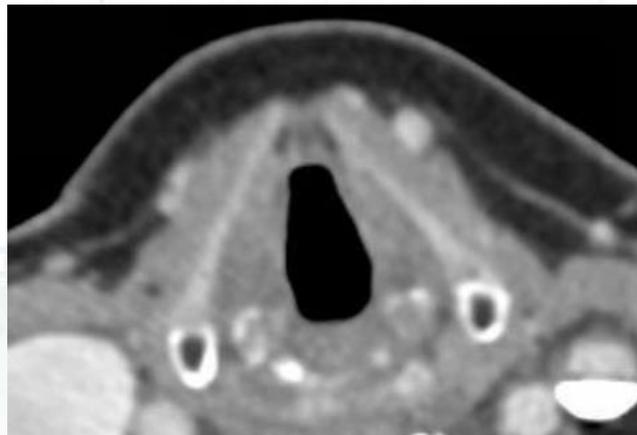
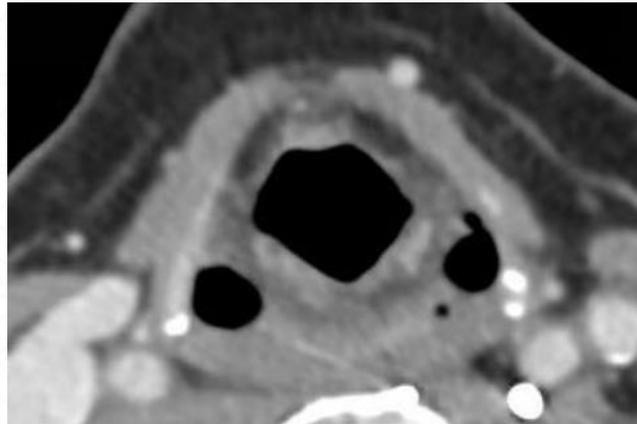
Cáncer de laringe

Tumor más frecuente del tracto aerodigestivo alto

Localización más frecuente: glotis

Estirpe más frecuente: escamocelular (95%)

Diseminación fundamentalmente linfática



Cáncer de laringe (I): tumor primario

SUPRAGLÓTICO	GLÓTICO	SUBGLÓTICO
Tis T1: 1 sublocalización (epiglotis supra o infrahioidea, pliegues ariepiglóticos en cara laríngea, bandas, aritenoides) + movilidad	Tis T1: limitado a cuerdas vocales con movilidad normal , puede afectar la comisura anterior o posterior.	Tis T1: limitado a subglotis. T2: afecta a cuerdas vocales con movilidad normal o alterada (no fijadas)

EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS

FIJACIÓN DE LAS CUERDAS VOCALES
 AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
 INVASIÓN DE CARTÍLAGO
 EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA

invasión del cortex interno del cartilago tiroideo / espacio paraglótico / espacio preepiglótico / región postcricoidea	interno del cartilago tiroideo.	
---	---------------------------------	--

T4 (para todos):

T4a: enfermedad local moderadamente avanzada. Invade a través del córtex externo del cartilago tiroideo, invade el cartilago cricoides, invade tejidos más allá de los márgenes de la laringe (músculos, tráquea, esófago, etc).

T4b: enfermedad local avanzada: invade el mediastino, el espacio prevertebral o rodea a la arteria carótida.

Checklist valoración tumor primario

1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. INVASIÓN DE CARTÍLAGO

MEJORAR LA VISUALIZACIÓN DE LOS MÁRGENES DE LA LESIÓN

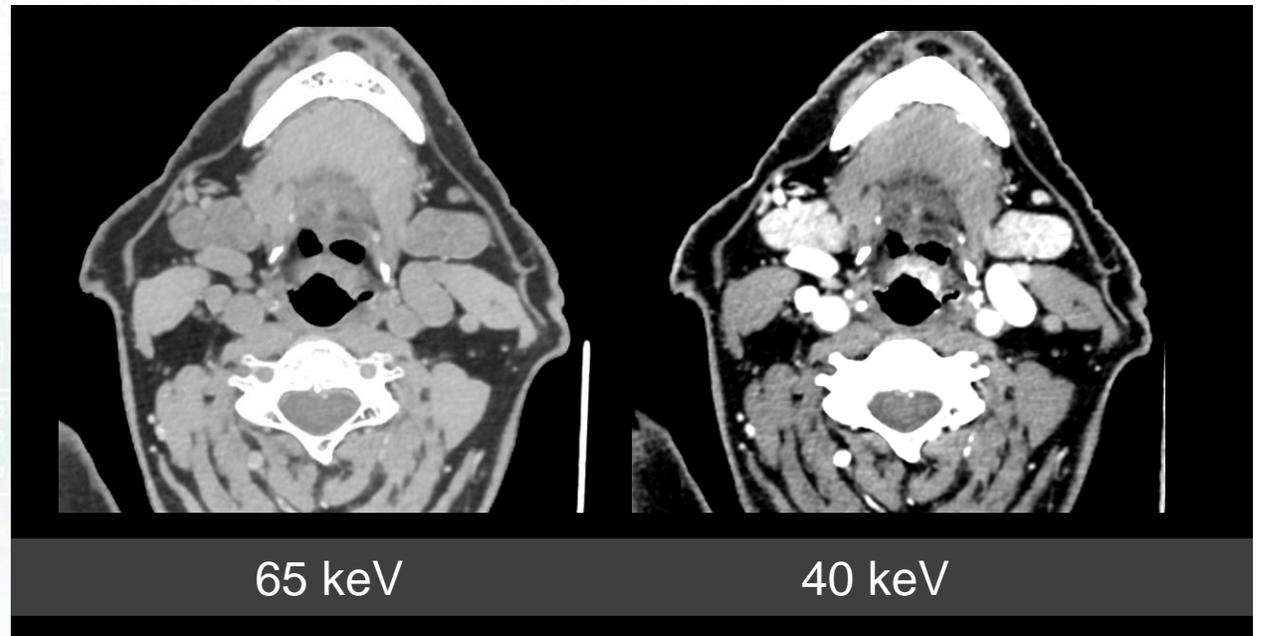
DIFERENCIAR TEJIDO SANO-TUMORAL

CARACTERIZACIÓN AVANZADA DE TEJIDOS

Checklist valoración tumor primario

1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. INVASIÓN DE CARTÍLAGO

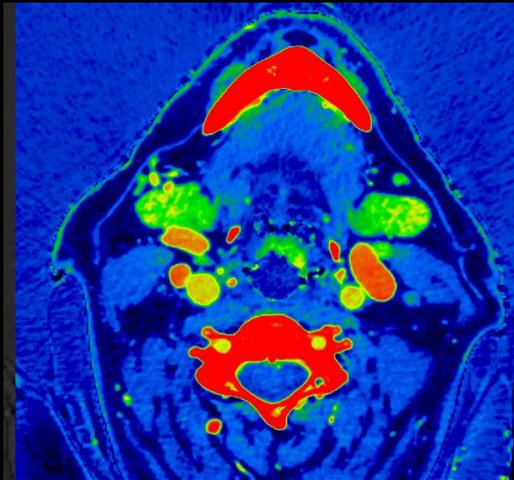
IMÁGENES VIRTUALES MONOCROMÁTICAS



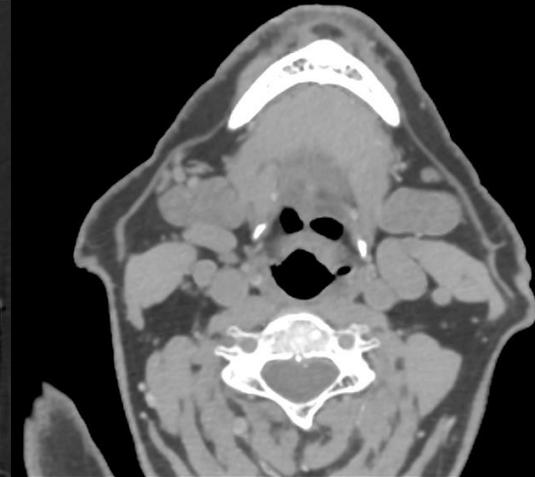
Checklist valoración tumor primario

1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. INVASIÓN DE CARTÍLAGO

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES



Mapa de yodo (C)

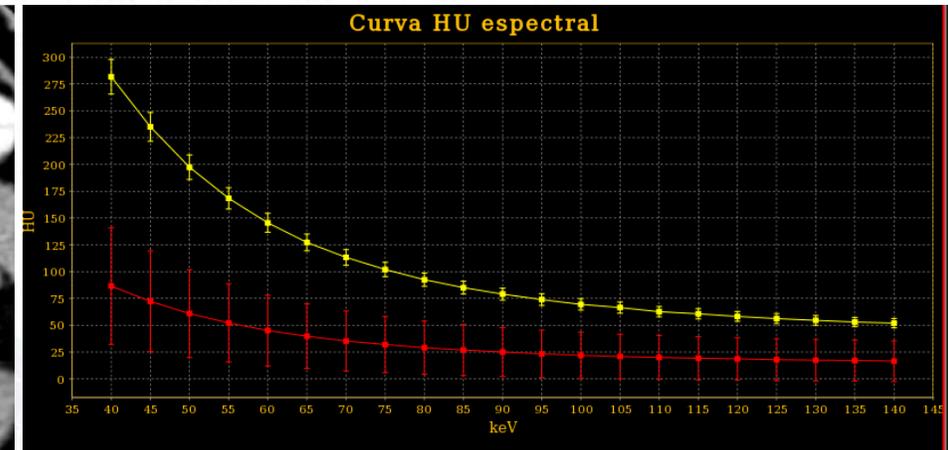
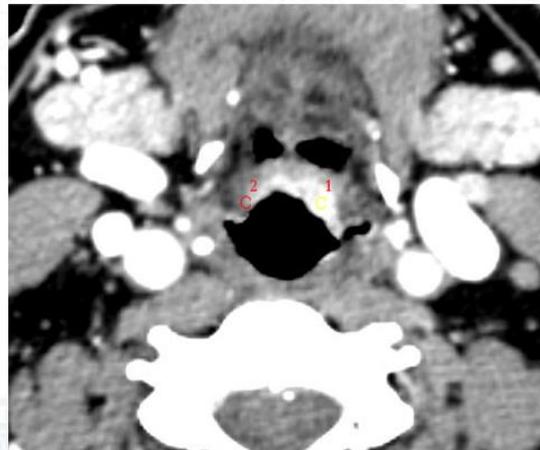


Mapa de agua (G)

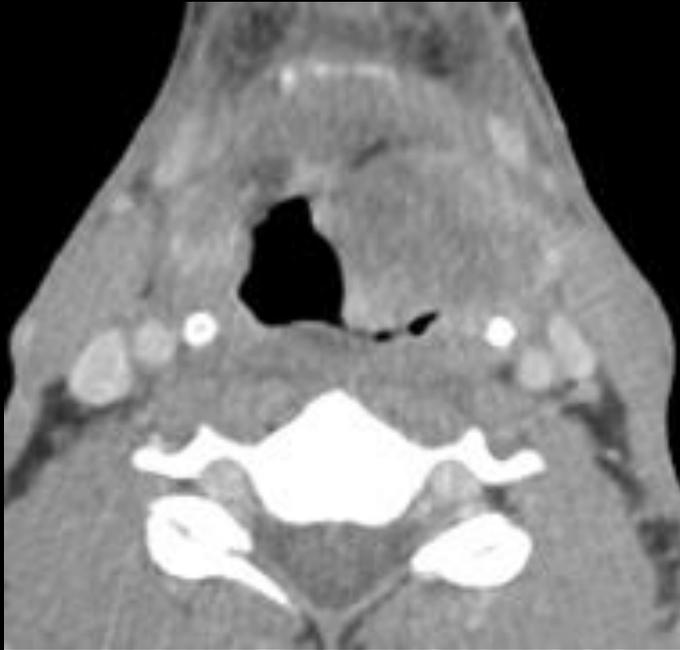
Checklist valoración tumor primario

1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. INVASIÓN DE CARTÍLAGO

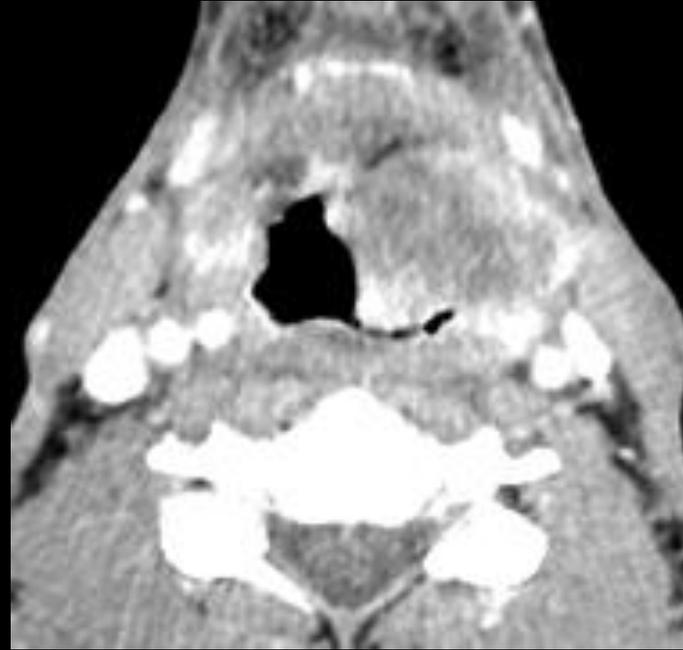
ANÁLISIS POR ROI



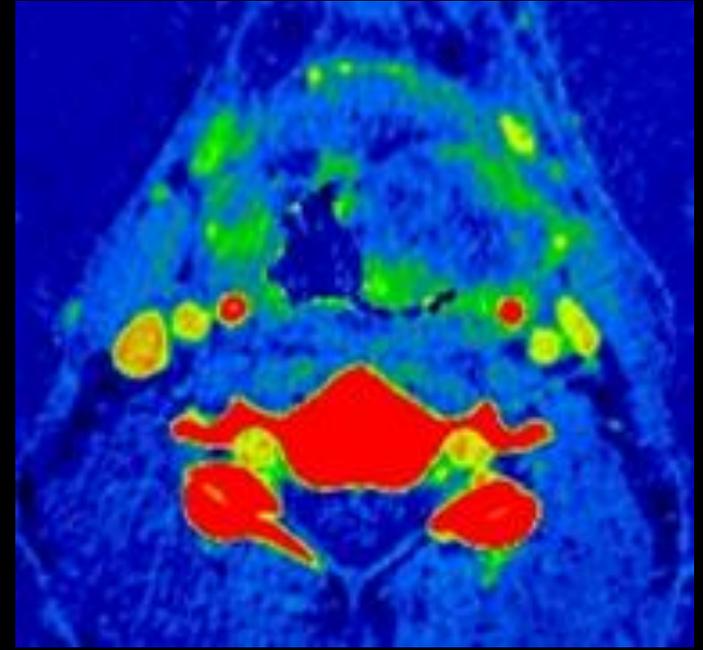
>0,2 mg/dl NIC >95,6 HU en 60 keV



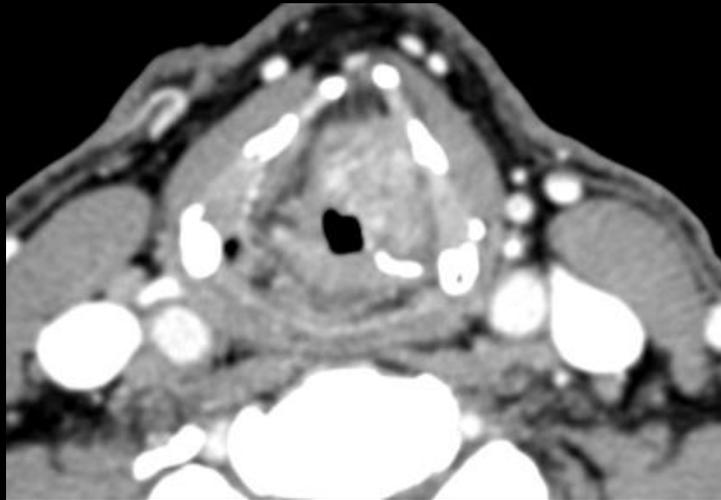
65 keV



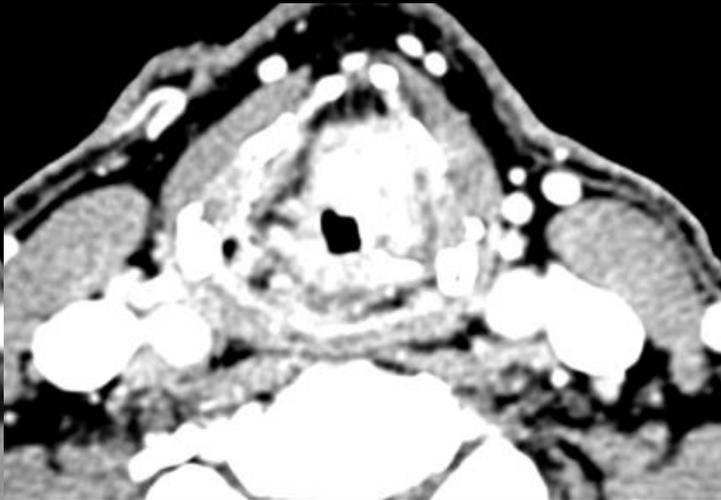
40 keV



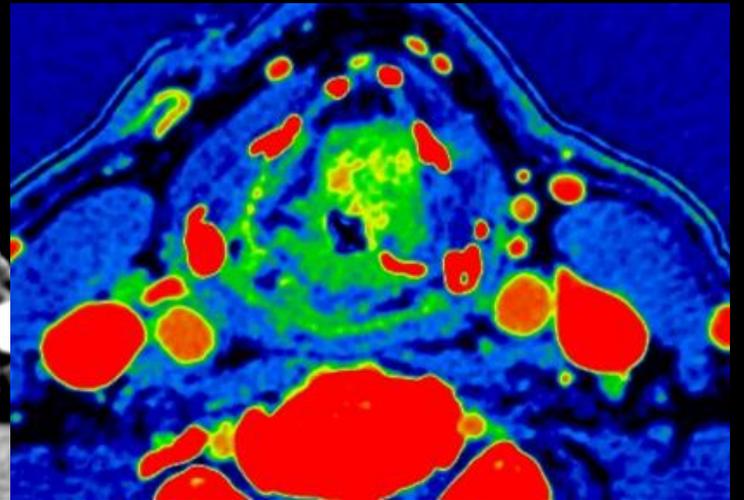
Mapa de yodo (C)



65 keV



40 keV



Mapa de yodo (C)

Checklist valoración tumor primario

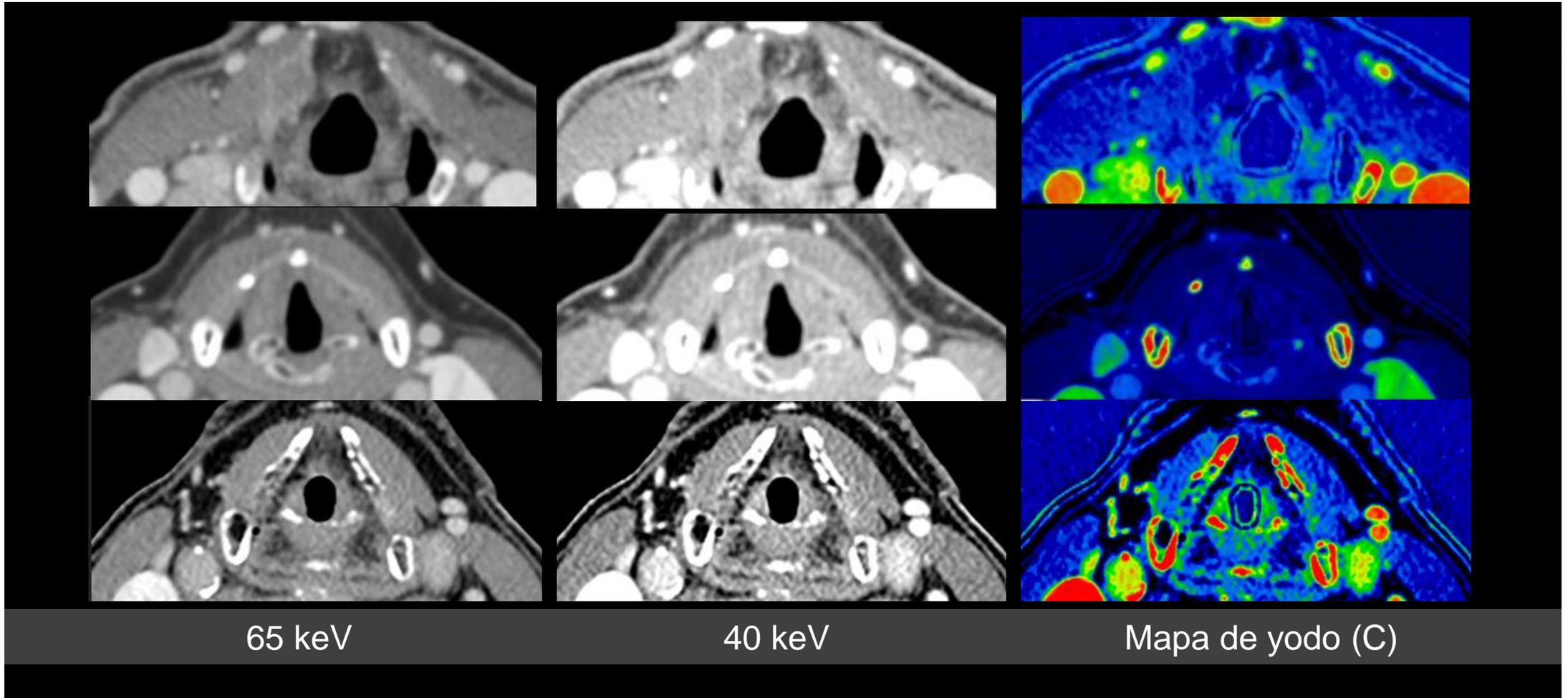
1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. **INVASIÓN DE CARTÍLAGO**

IMÁGENES VIRTUALES MONOCROMÁTICAS

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES

ANÁLISIS POR ROI

Variantes de osificación



Valoración de la invasión del cartílago

Si está osificado, ¿existe erosión evidente?

Si no está osificado o si no es posible diferenciar área no osificada de tumor:

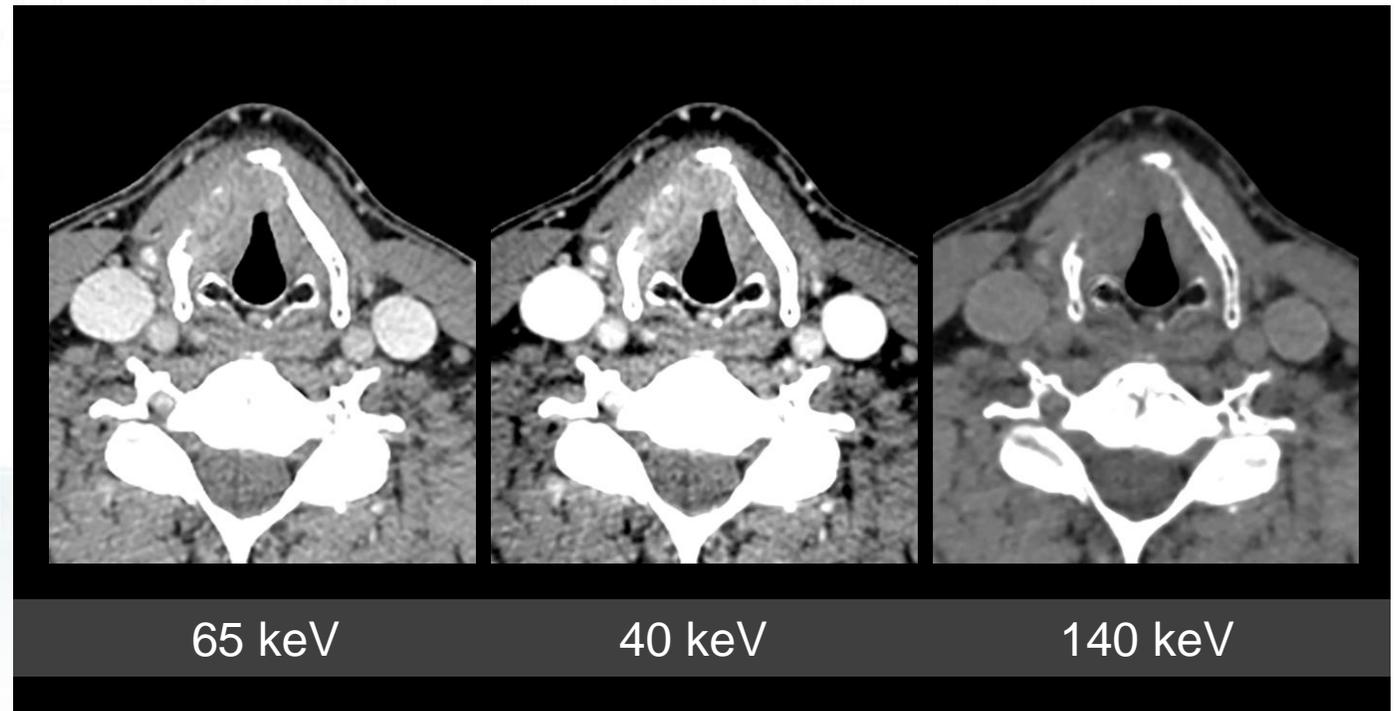
1. ¿Muestra atenuación similar al tumor en reconstrucciones de 40 y 65 keV?
2. ¿Muestra alta densidad en mapas de yodo?
3. ¿Pierde densidad en reconstrucciones de 140 keV/mapas de agua?
4. Realizar análisis por ROI.



Checklist valoración tumor primario

1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. **INVASIÓN DE CARTÍLAGO**

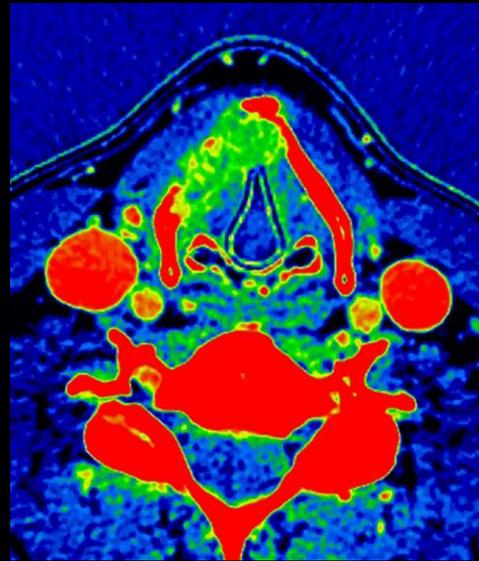
IMÁGENES VIRTUALES MONOCROMÁTICAS



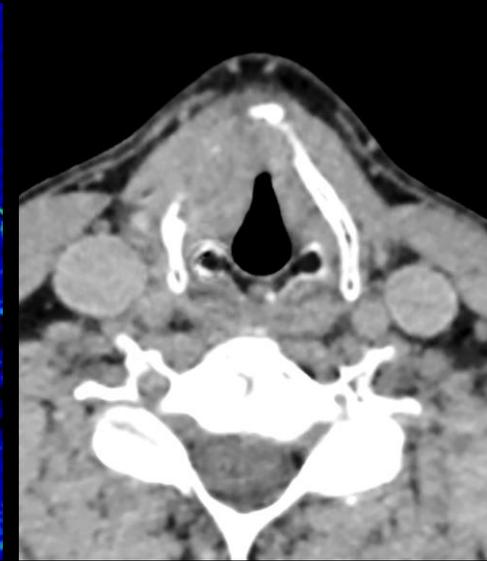
Checklist valoración tumor primario

1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. **INVASIÓN DE CARTÍLAGO**

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES



Mapa de yodo (C)

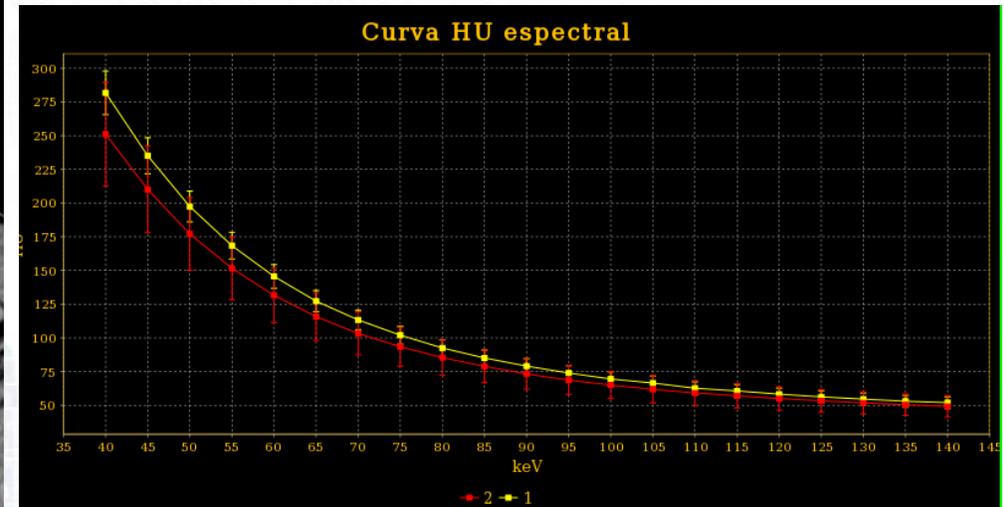


Mapa de agua (G)

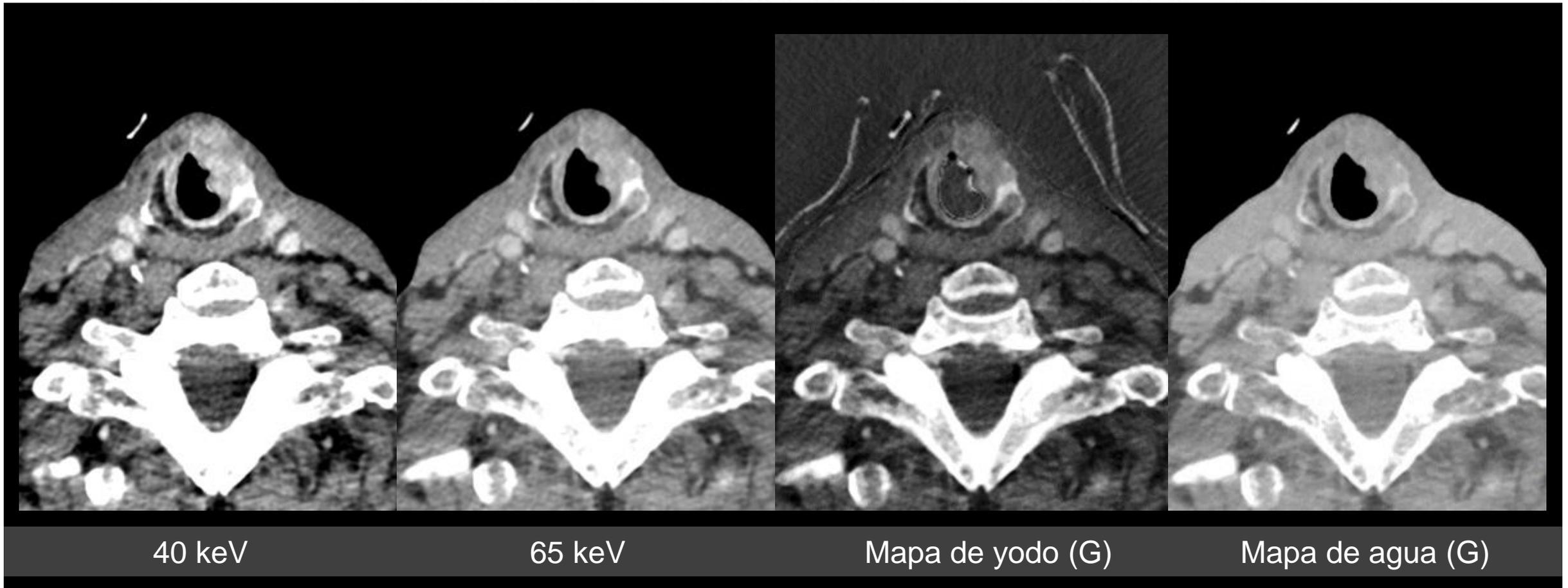
Checklist valoración tumor primario

1. EPICENTRO Y EXTENSIÓN DE LA LESIÓN A LAS DIFERENTES REGIONES LARÍNGEAS
2. AFECTACIÓN DEL ESPACIO PARAGLÓTICO
3. EXTENSIÓN EXTRALARÍNGEA
4. INVASIÓN DE CARTÍLAGO

ANÁLISIS POR ROI



Valoración de invasión del cartílago

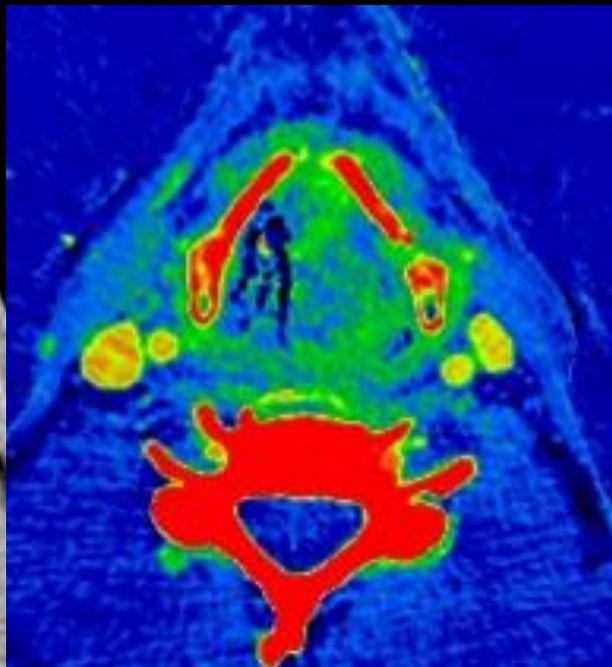




65 keV



40 keV



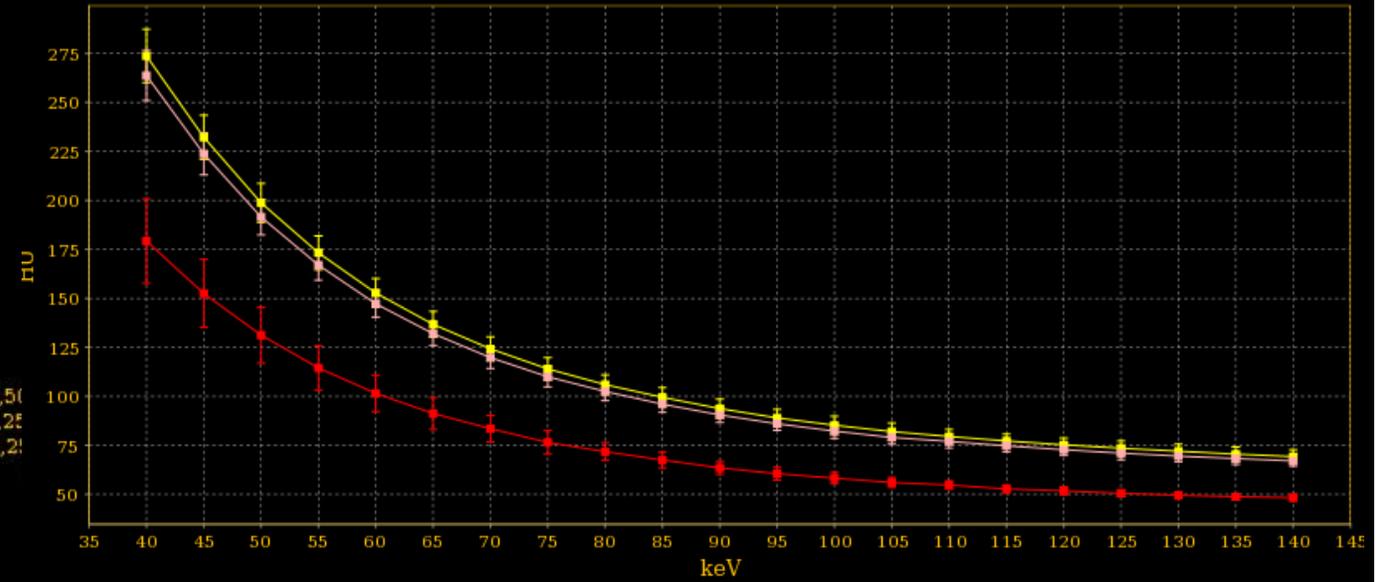
Mapa de yodo (C)



Mapa de agua (G)



Curva HU espectral



Valoración de invasión de cartílago



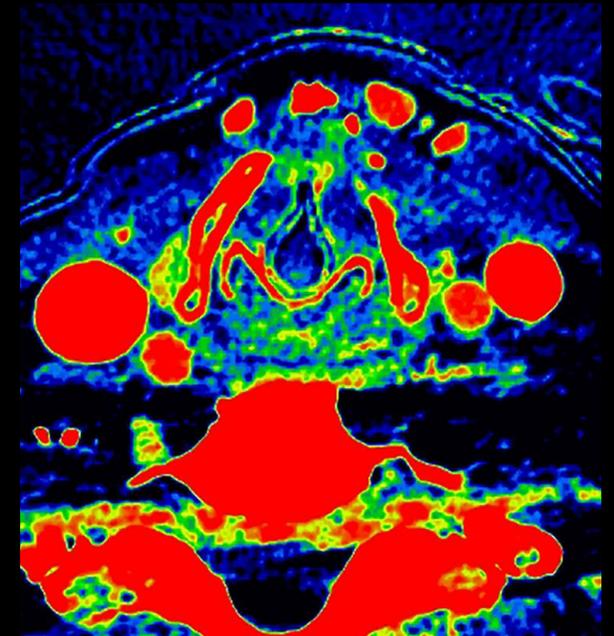
65 keV



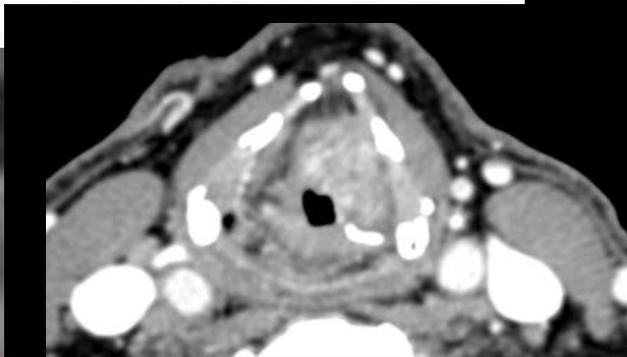
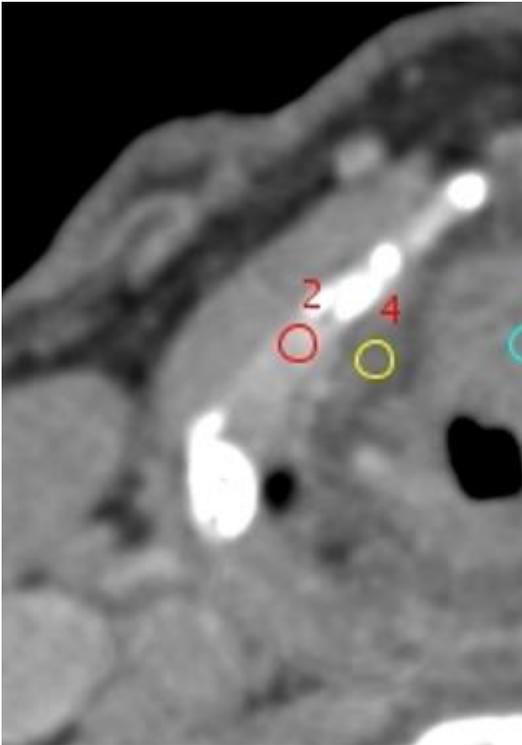
40 keV



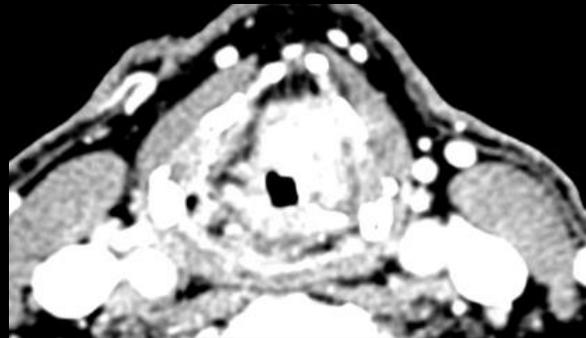
140 keV



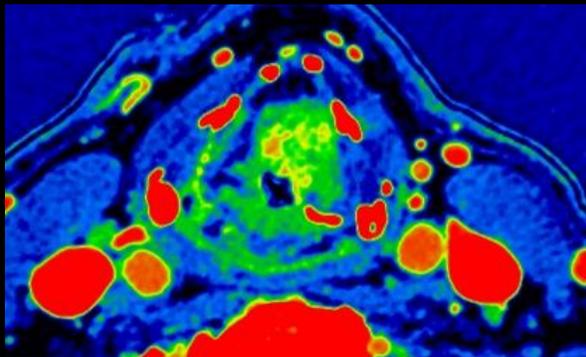
Mapa de yodo (C)



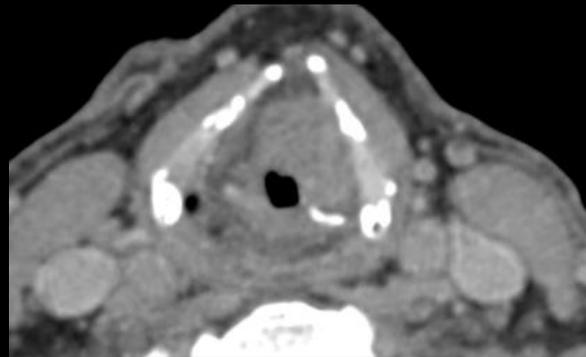
65 keV



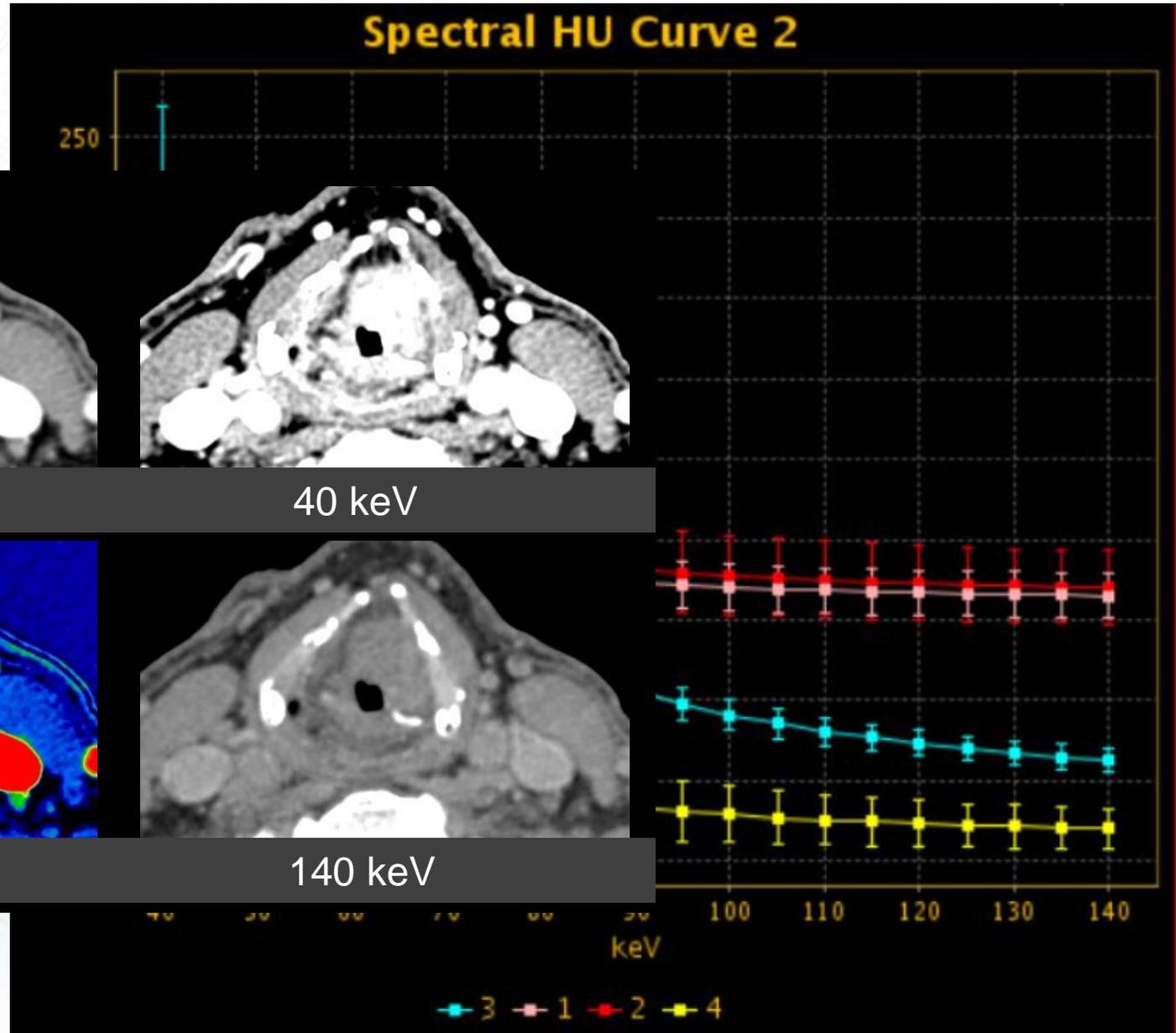
40 keV



Mapa de yodo



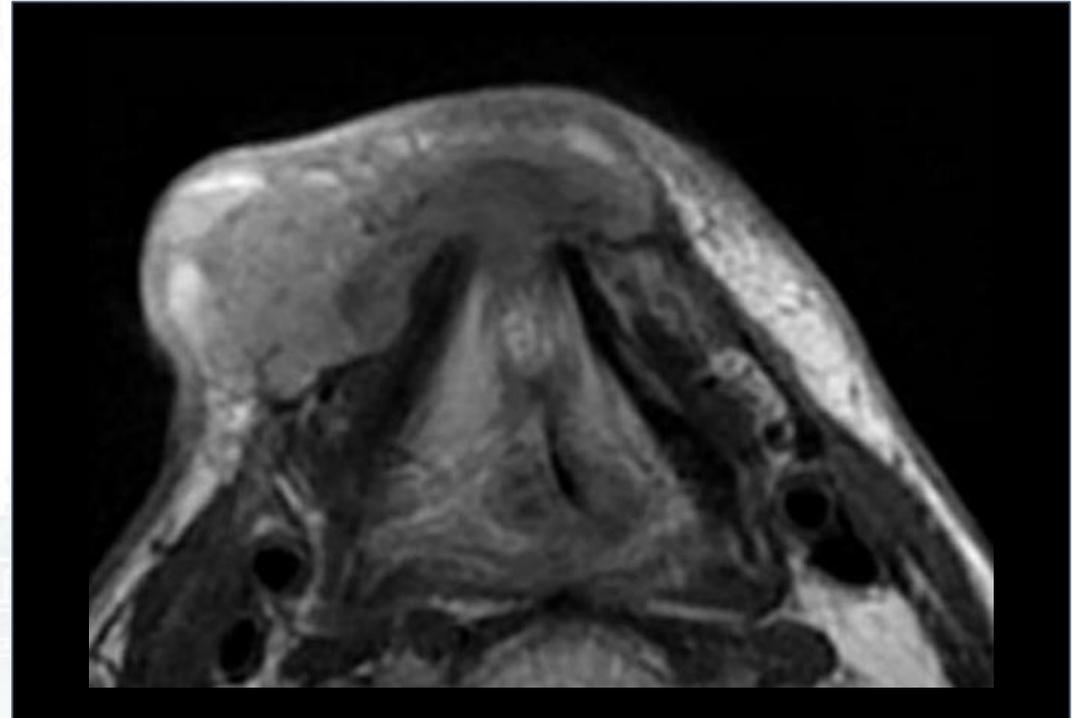
140 keV



Valoración de invasión del cartílago

Algunos datos...

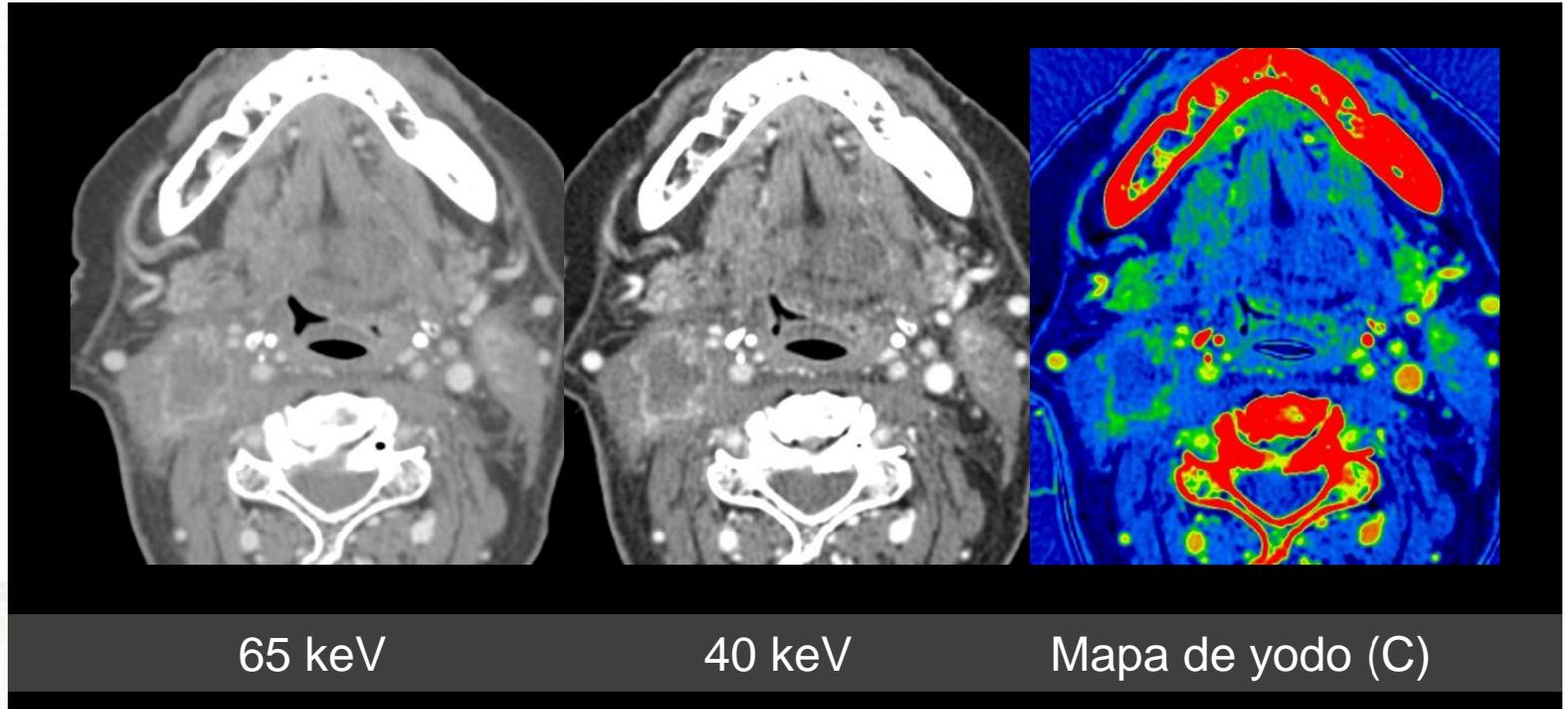
- La RM tiene una sensibilidad similar a TCED para detección de invasión del cartílago.
- El TCED tiene mayor especificidad que la RM para detección de invasión de cartílago (98% vs 84%), particularmente para cartílago tiroideo (100% vs 64%).
- Estos estudios emplearon mapas de yodo y reconstrucciones WA.



Cáncer de laringe (II): valoración de adenopatías

Las adenopatías de CEC presentan menor concentración de yodo y atenuación global que los ganglios normales

CI <2,85 mg/ml

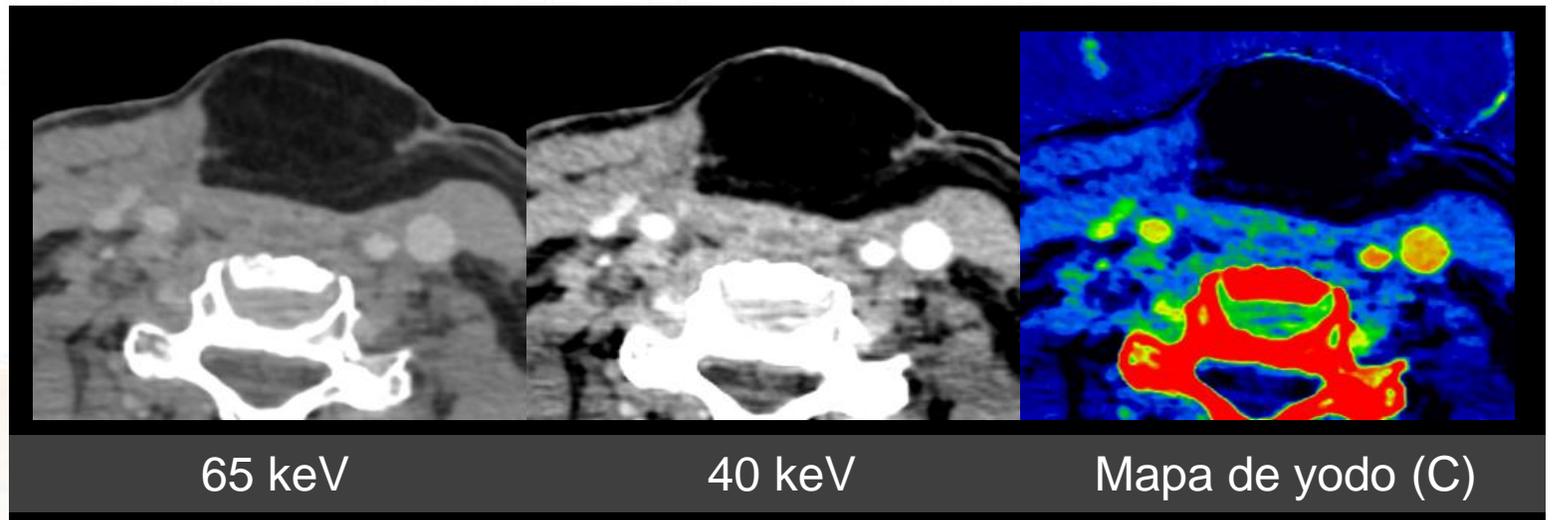


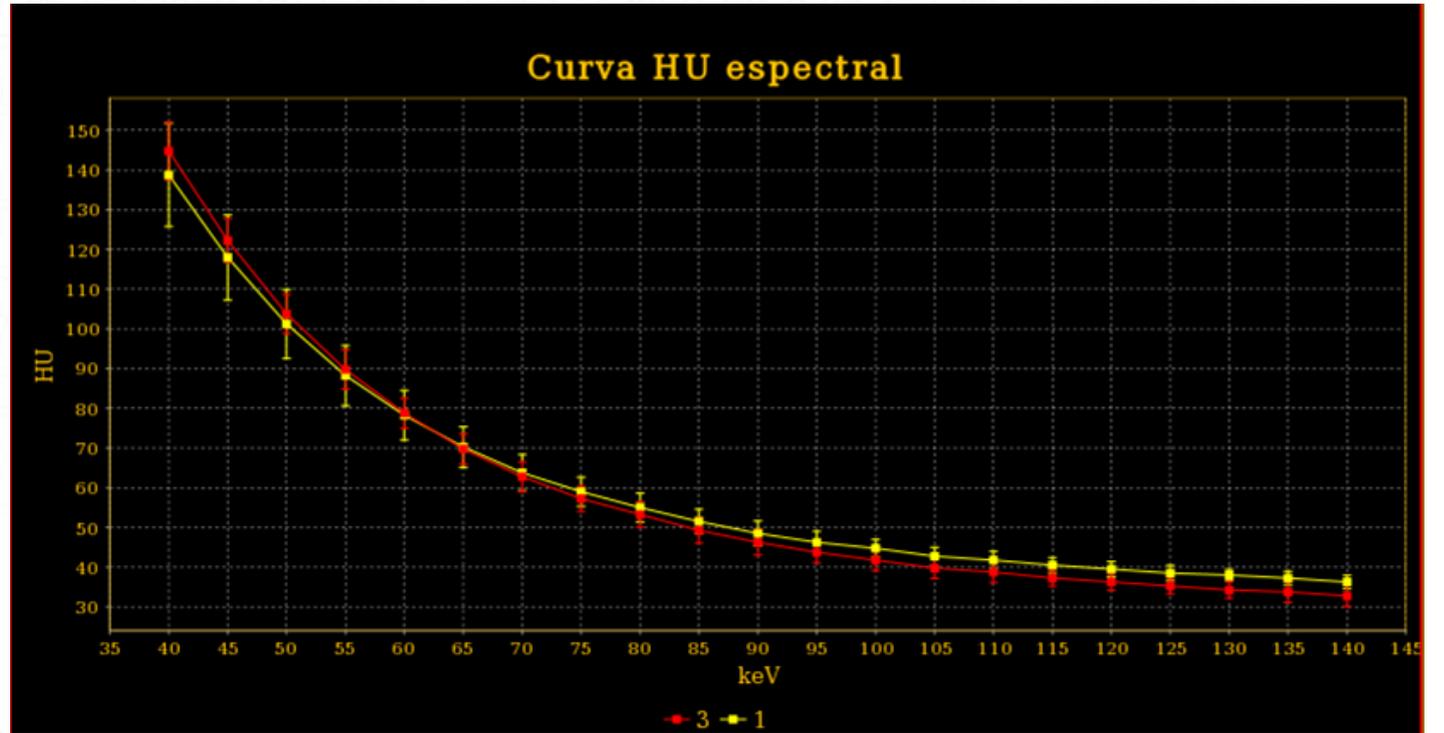
TCED en el seguimiento de la patología tumoral laríngea

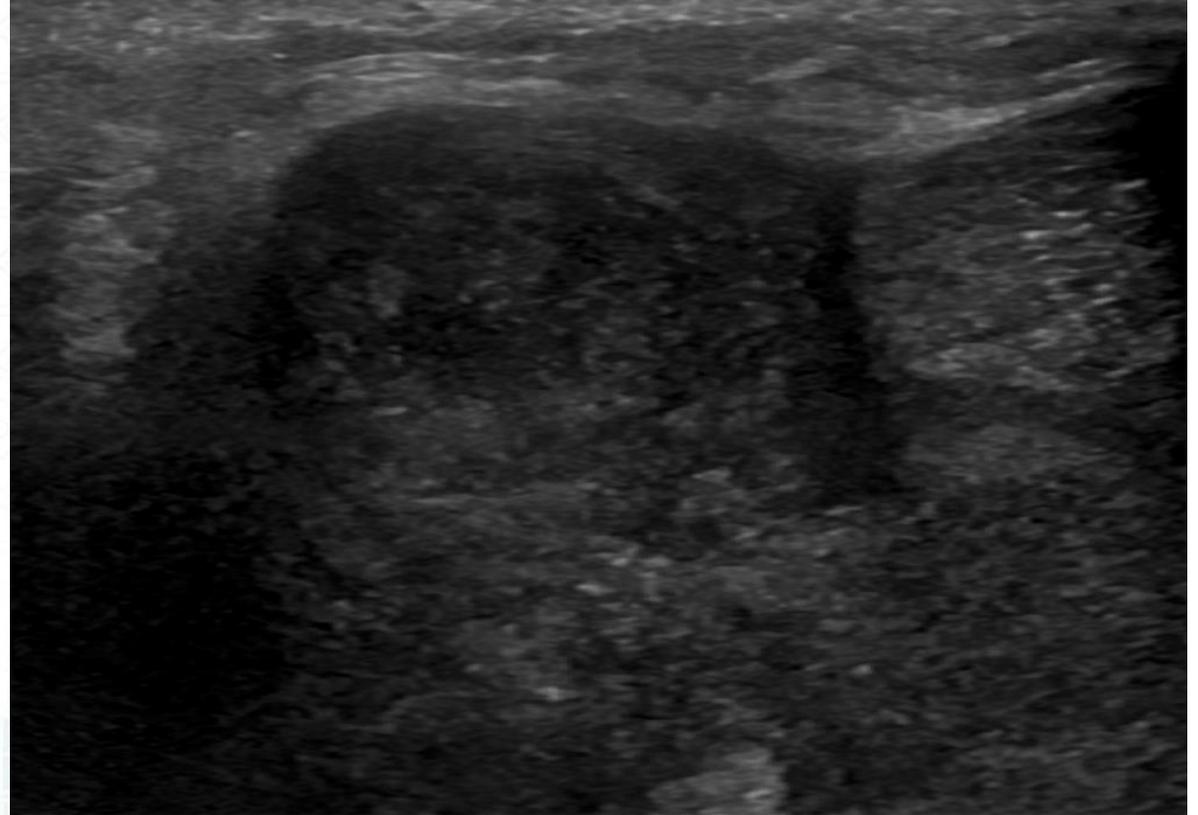
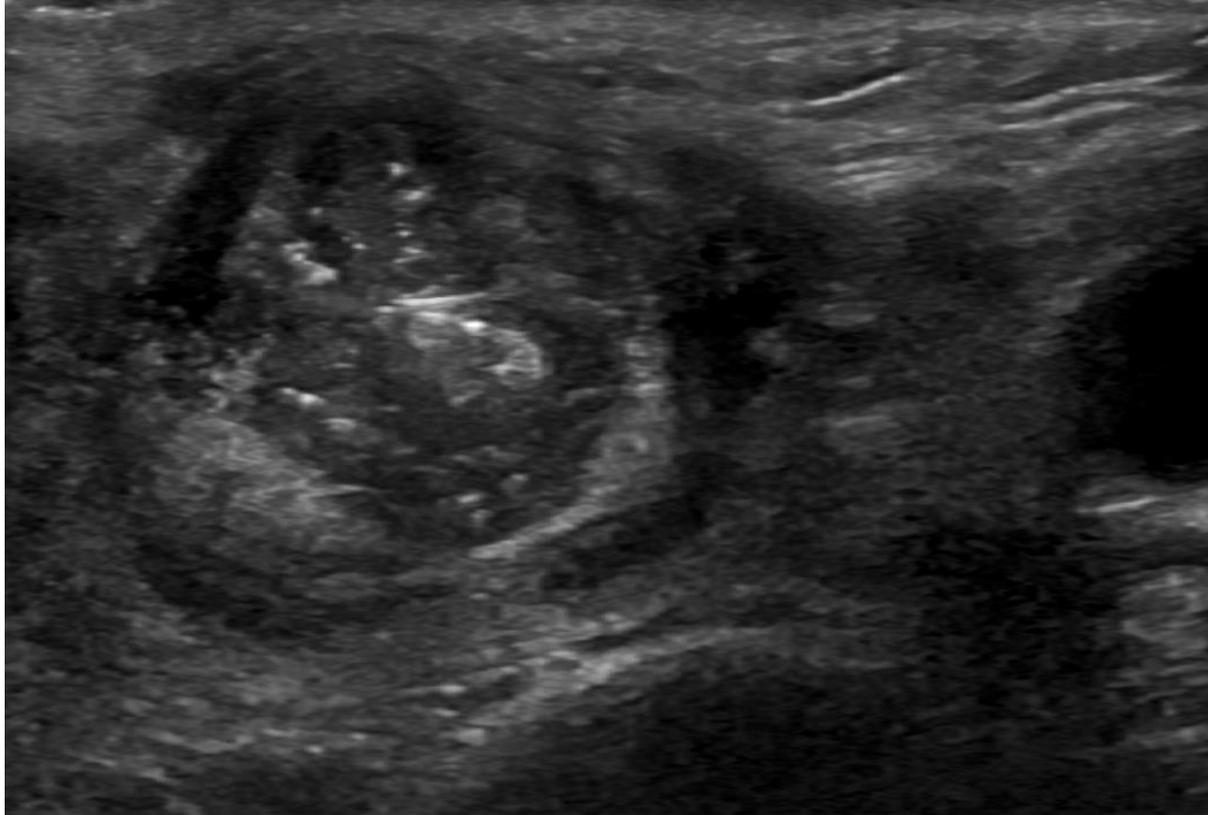


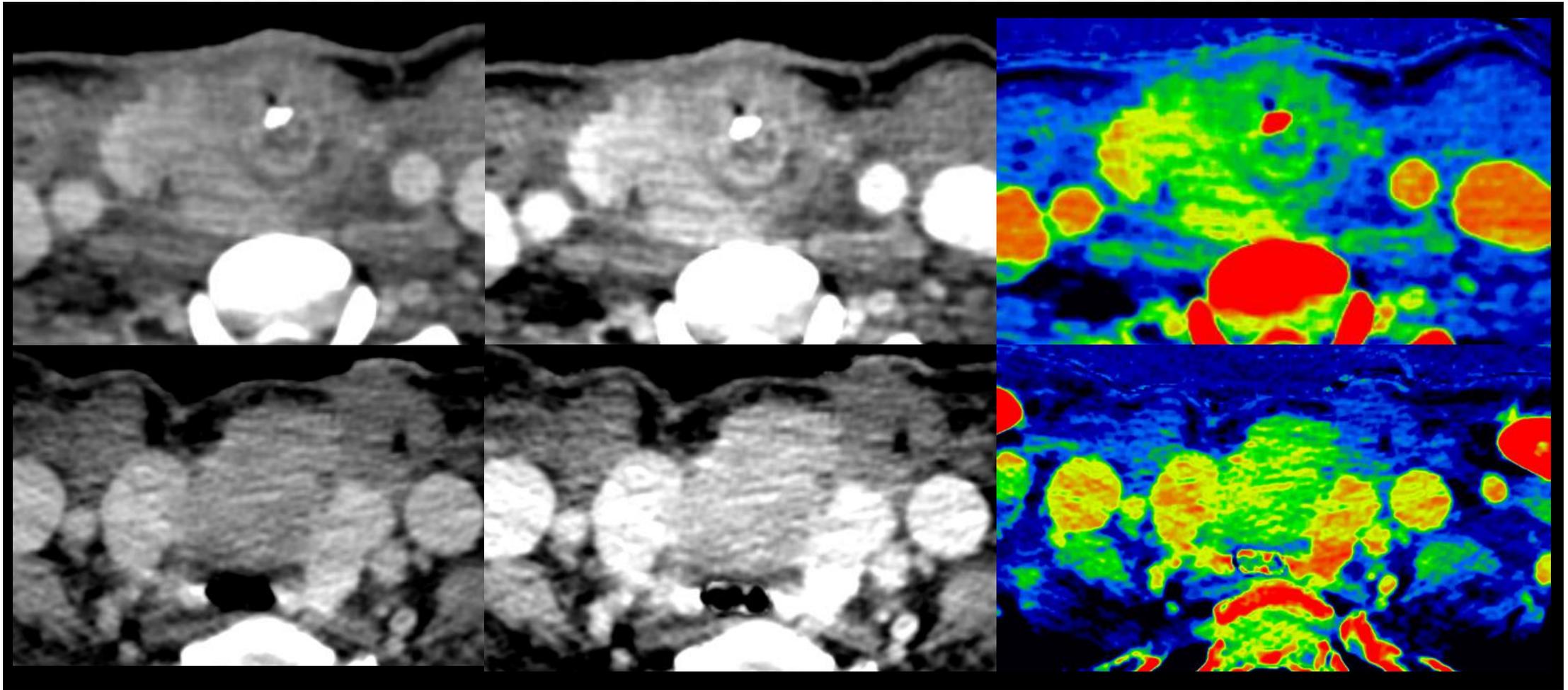
La concentración de yodo del tumor primario en el diagnóstico predice la probabilidad de recurrencia

1. Revisión de lecho quirúrgico (tumor local y linfadenectomía) o de área de irradiación con imágenes de 40 keV.
2. Confirmación de áreas de realce con mapas de yodo.
3. Caracterización de tejidos con ROI.





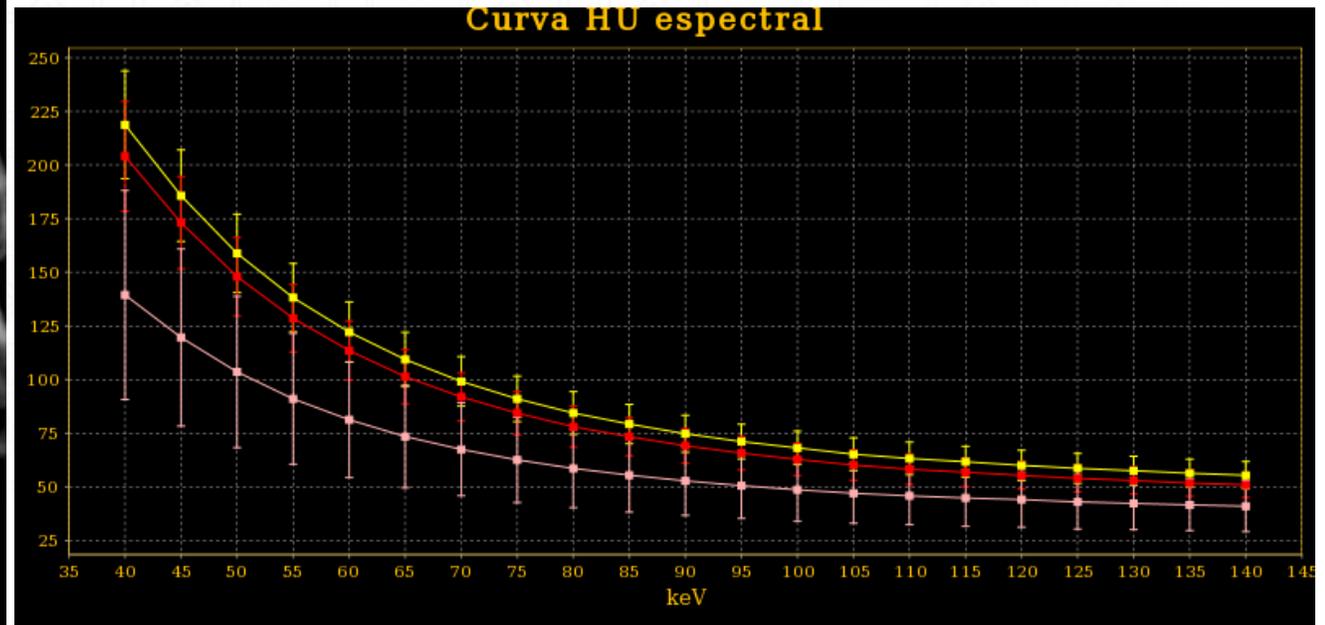
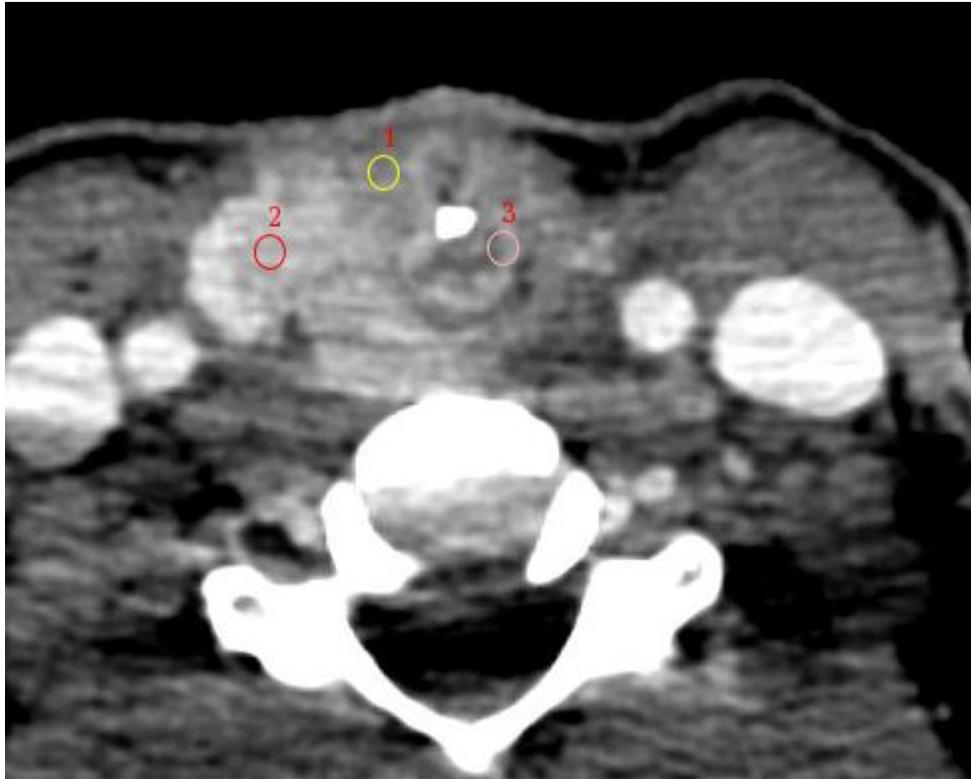




65 keV

40 keV

Mapa de yodo (C)



Conclusión

El TCED aporta múltiples aplicaciones de utilidad en el diagnóstico y seguimiento de la patología tumoral laríngea.

La valoración de estructuras críticas mejora con las reconstrucciones de 40 keV y los mapas de yodo y de agua.

El análisis con ROI permite realizar una caracterización avanzada de tejidos, facilitando la identificación de invasión de diferentes estructuras.

Para optimizar la lectura de estudios, las reconstrucciones de 65 keV, 40 keV y los mapas de materiales / imágenes virtuales sin contraste deberían enviarse a PACS de forma preestablecida.

Bibliografía

1. Kuno H, Sakamaki K, Fujii S, Sekiya K, Otani K, Hayashi R, Yamanaka T, Sakai O, Kusumoto M. Comparison of MR Imaging and Dual-Energy CT for the Evaluation of Cartilage Invasion by Laryngeal and Hypopharyngeal Squamous Cell Carcinoma. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2018 Mar;39(3):524-531. doi: 10.3174/ajnr.A5530. Epub 2018 Jan 25. PMID: 29371253; PMCID: PMC7655316.
1. He, C., Liu, J., Hu, S., Qing, H., Luo, H., Chen, X., ... & Zhou, P. (2021). Improvement of image quality of laryngeal squamous cell carcinoma using noise-optimized virtual monoenergetic image and nonlinear blending image algorithms in dual-energy computed tomography. *Head & Neck*, 43(10), 3125-3131.
1. Roele, E. D., Timmer, V. C., Vaassen, L. A., van Kroonenburgh, A. M., & Postma, A. A. (2017). Dual-energy CT in head and neck imaging. *Current radiology reports*, 5(5), 1-19.
2. Wang, P., Tang, Z., Xiao, Z., Wu, L., Hong, R., & Wang, J. (2021). Dual-energy CT for differentiating early glottic squamous cell carcinoma from chronic inflammation and leucoplakia of vocal cord: comparison with simulated conventional 120 kVp CT. *Clinical Radiology*, 76(3), 238-e17.
3. Forghani, R. (2019). An update on advanced dual-energy CT for head and neck cancer imaging. *Expert Review of Anticancer Therapy*, 19(7), 633-644.
4. Forghani, R., Kelly, H. R., & Curtin, H. D. (2017). Applications of dual-energy computed tomography for the evaluation of head and neck squamous cell carcinoma. *Neuroimaging Clinics*, 27(3), 445-459.
5. Srinivasan, A., Parker, R. A., Manjunathan, A., Ibrahim, M., Shah, G. V., & Mukherji, S. K. (2013). Differentiation of benign and malignant neck pathologies: preliminary experience using spectral computed tomography. *Journal of computer assisted tomography*, 37(5), 666-672.
6. Forghani, R., & Mukherji, S. K. (2018). Advanced dual-energy CT applications for the evaluation of the soft tissues of the neck. *Clinical radiology*, 73(1), 70-80.
7. Dadfar, N., Seyyedi, M., Forghani, R., & Curtin, H. D. (2015). Computed tomography appearance of normal nonossified thyroid cartilage: implication for tumor invasion diagnosis. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 39(2), 240-243.
8. Forghani, R., Levental, M., Gupta, R., Lam, S., Dadfar, N., & Curtin, H. D. (2015). Different spectral hounsfield unit curve and high-energy virtual monochromatic image characteristics of squamous cell carcinoma compared with nonossified thyroid cartilage. *American Journal of Neuroradiology*, 36(6), 1194-1200.
9. Sananmuang, T., Agarwal, M., Maleki, F., Muthukrishnan, N., Marquez, J. C., Chankowsky, J., & Forghani, R. (2020). Dual energy computed tomography in head and neck imaging: pushing the envelope. *Neuroimaging Clinics*, 30(3), 311-323.
10. Pérez-Lara, A., & Forghani, R. (2018). Spectral computed tomography: technique and applications for head and neck cancer. *Magnetic Resonance Imaging Clinics*, 26(1), 1-17.