

Reducción de la dosis de radiación en TC mediante una plataforma de gestión y la aplicación de estrategias de reducción de la dosis

Mar Perez-Peña del Llano, Carmen Alonso Rodriguez,
Cecilia Quispe Leon, Hugo Bernardo Fernandez, Maria Luque Cabal
Cristina Gonzalez Huerta, Angeles Alonso Fernandez, Carmen Escobar Garcia
Tatiana Trillo Fernandez

Hospital Alvarez-Buylla.Mieres,Asturias

Normativa RD 601/2019

Desde el año 2019 en que se publicó el RD 601/2019 sobre justificación y optimización de las dosis de radiación, resultado de la transposición parcial al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2013/59/EURATOM, se establece la obligatoriedad de registrar y controlar las dosis de radiación ionizante de las exploraciones médicas y de establecer niveles de referencia de dosis (NDRs)



ACTUALIZACIÓN

Real Decreto 601/2019 sobre justificación y optimización: aspectos prácticos

M.M. Pérez-Peña del Llano^{a,*}, F. Matute Teresa^b y Á. Morales Santos^c

^a Hospital Álvarez-Buylla, Mieres, Asturias, España

^b Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

^c Hospital Universitario Donostia, Donostia, Gipuzkoa, España

Fig. 1: Artículo publicado en Radiología que desgrana los aspectos prácticos esenciales del RD 601/2019 sobre justificación y optimización de dosis

Introducción

- Con este objetivo, en el año 2020 se adquiere una plataforma de gestión de la dosis de radiación en el Servicio de Salud del Principado de Asturias (SESPA).
- El TC supone la mayor fuente de radiaciones ionizantes de origen artificial y es por ello que la optimización y el control de la dosis en esta técnica es un objetivo primordial.
- A lo largo de estos años, en el servicio de radiología del Hospital Alvarez-Buylla hemos venido implementando un conjunto de estrategias para la optimización y reducción de la dosis de radiación en TC.

Objetivos

Presentar:

- La aplicación de estrategias de reducción de dosis de radiación y optimización de protocolos en TC
- Las ventajas de la utilización de una plataforma de gestión de dosis de radiación para registrar dosis y optimizarlas
- El establecimiento de NRD y de alertas de dosis para detectar desviaciones de la mediana de las dosis en TC
- Las significativas reducciones de dosis que se consiguen en TC con todos estos pasos en nuestro hospital

Material y método

- La plataforma de gestión de dosis de dosis se conecta a todos los equipos de imagen que emiten radiaciones ionizantes: salas de Rx, telemandos, arcos quirúrgicos, mamógrafos y TC , salas de intervencionismo y PET-TC.
- En 2020 se creó un Comité de Dosis del Principado compuesto por miembros del Servicio Público de Salud, radiólogos, médicos nucleares y físicos médicos y se establecieron acciones coordinadas para la gestión y reducción de las dosis de radiación en toda la región.
- Las primeras estrategias de optimización y establecimiento de NDRs (niveles de referencia de dosis) a nivel global, se establecieron para los TC de todos los hospitales de Asturias.

En el hospital Alvarez-Buylla de Mieres se aplicaron las siguientes **estrategias para optimización de dosis en TC:**

- 1-Formación y capacitación del personal relacionado con la dosis de radiación en TC en el uso de la plataforma
- 2-Distribución de documentación sobre estrategias de reducción de dosis en TC a todo el personal implicado (TSID y radiólogos)
- 3-Revisión y unificación de protocolos maestros para TC. Establecimiento de NRDs basados en niveles de referencia internacional y de alarmas de dosis
- 4-Monitorización y reporte de alertas de dosis de radiación en la plataforma e identificación de variaciones en desempeño, patrones y tendencias.
- 5-Evaluación y optimización de los protocolos de imágenes de TC y aplicación de protocolos de baja dosis para los entornos clínicos apropiados

Ejemplo de configuración de DRL para protocolo TC de abdomen y pelvis establecimiento de niveles de alerta por CTDIvol y DRL

EDITOR DE PROTOCOLOS MAESTROS

ABDOMEN/PELVIS

Creador: E46897350M
Aprobadores: E46897350M
Estado de aprobación: Aprobado
Revisión: 3
Siguiete fecha de revisión: 26/8/2021
Protocolos asignados: 93

Valores de referencia de dosis

Protocolo maestro - Examen

Parámetro de interés	Valor mín.	Med. Valor	Valor máx.	Edad mín.	Edad máx.	Sexo	Descripción	Nivel de acción	Acciones
CTDIvol cuerpo			13				DRL		
CTDIvol cuerpo			26				Alerta		
DLP cuerpo			1358						
DLP cuerpo			679						

Fig 2: Para el **protocolo maestro** de TC abdomen y pelvis de todos los hospitales del SESPA (Servicio Público de Salud del Principado de Asturias) se estableció un valor de DRL de 13 para CTDIvol y 679 de DLP y se establece una nivel de alerta de 26 para CTDI vol y 1358 de DLP por encima de la cual, el programa de gestión de dosis nos da una alerta en rojo (medidas en mGys.cm).

Esta operación se repitió para todos los protocolos maestros de TC.

Protocolos de baja dosis en TC

También se reforzó la protocolización de estudios y se entrenó a los TSID a elegir “protocolos de baja dosis” en unos supuestos clínicos determinados:

- TC de tórax de baja dosis (120Kv, 30 mAs) en pacientes en control de nódulo pulmonar solitario y COVID
- TC toraco-abdominal de baja dosis (tórax 120Kv, 30mAS) en controles oncológicos periódicos.
- TC abdominal a baja dosis (120Kv, 50 mAs) para pacientes con peso inferior a 80kgs y controles de litiasis urinaria o fase tardía de TC urinario.
- AngioTC pulmonar de baja dosis (100Kv) para pacientes con peso menor de 80Kgs.

Resultados

- 1-Los TSID actualmente realizan los estudios con una mejor técnica de programación
- 2-Con la aplicación de protocolos de baja dosis se observan reducciones muy significativas de las dosis de radiación
- 3-Los NRDs se han ido revisando y adaptando a niveles locales de dosis
- 4-Las dosis suministradas a los pacientes del Hospital Alvarez-Buylla han ido reduciendo de forma significativa en los 4 años desde la implantación de la plataforma de dosis
- 5-Con la revisión de alertas de dosis se corrigen malas práctica en la programación de estudios, y, su resolución nos permite aprender de nuestros errores
- 6-A su vez, el programa de dosis permite cumplir con la normativa de registrar las dosis de los pacientes en la historia clínica y crear un "historial dosimétrico"

1-Mejor programación de los estudios por los TSID

- Adquisición de buenos localizadores, que incluyan por completo la estructura a estudiar (y no ajustando a ojo si queda corto el localizador), llegando incluso a repetirlos si esto ocurriera
- Ajuste del área de estudio, no ampliando los estudios hacia craneal o caudal de forma innecesaria y ajustándose estrictamente al campo de estudio
- Poniendo atención al centraje vertical de la mesa para que el área a estudio quede en el centro del gantry.
- No repitiendo estudios ni series de forma innecesaria (serie sin contraste, series retardadas solo si necesario)

1-Mejora en la programación de estudios

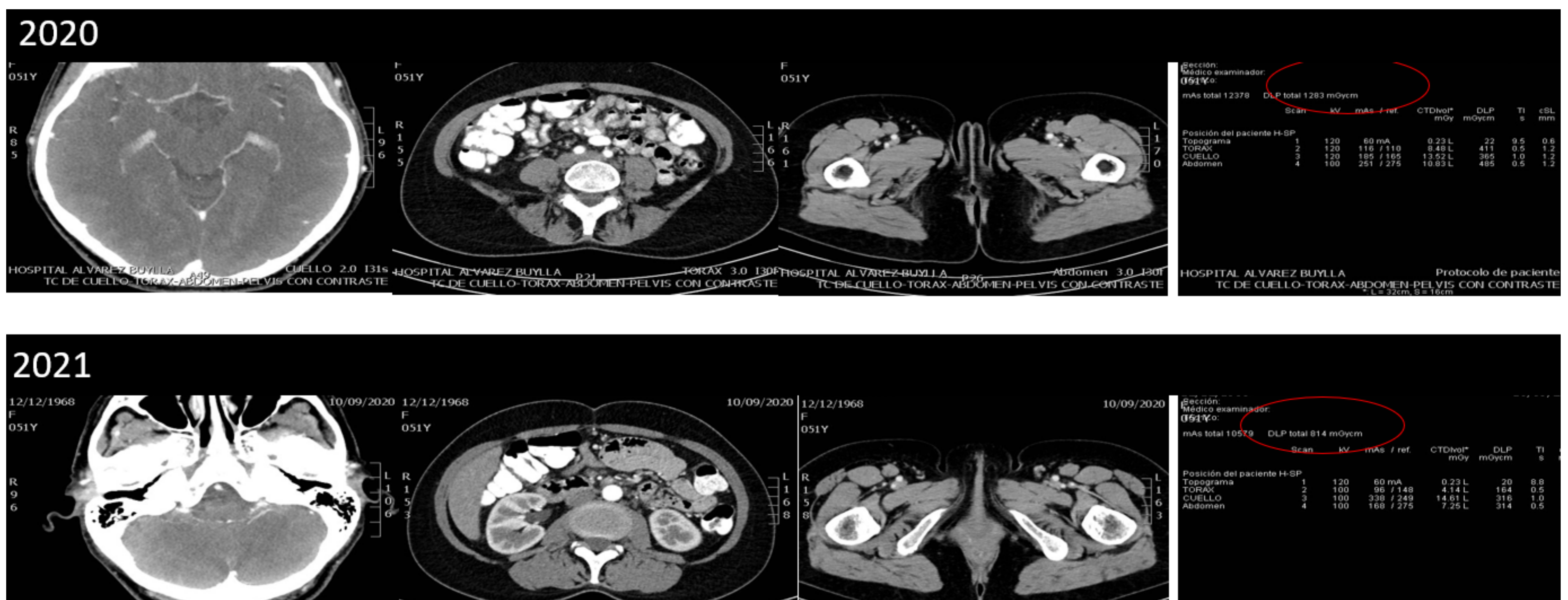


Fig.3: Mismo paciente oncológico en TC de 2020 y TC de 2021. En el primer estudio (2020) vemos como el campo de estudio de cuello llega demasiado alto, a la altura de polígono de Willis, la caja de tórax y abdomen superior se extiende hasta casi las palas iliacas y la de abdomen-pelvis se extiende por debajo de la sínfisis del pubis. Tras las acciones de formación de TSID, los estudios pasan a ser más ajustados al campo de estudio y se reducen las dosis emitidas (2021), en este caso de 1203 a 814 mGys.cm de DLP para un mismo paciente con estudio cuello-torax y abdominopélvico oncológico.

2-Protocolos de baja dosis: TC tórax baja dosis

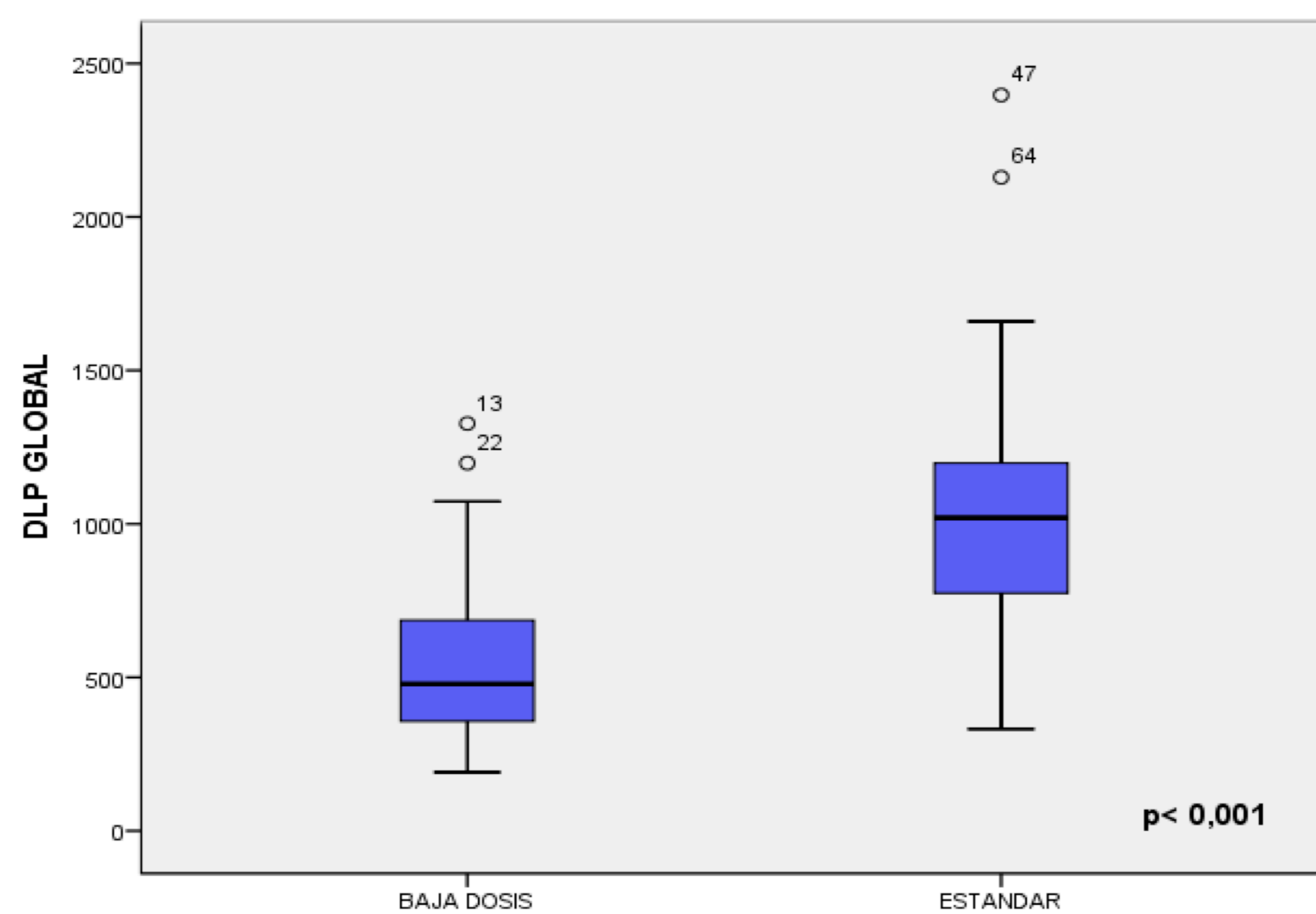
- En **TC tórax de baja dosis** se creó un protocolo para tórax en NPS, COVID y oncológico baja dosis con 120kv y 30 mAs llegando a reducir las dosis de radiación a menos de 100 mGys.cm.



Fig.4: En esta gráfica extraída de la plataforma de dosis se observa un estudio comparativo de la dosis de radiación en protocolo de tórax de nuestro hospital (puntos naranjas) frente a otro hospital de la red pública asturiana (puntos en azul). Se observa que nuestras dosis son más altas en general, sin embargo, en la parte baja de la gráfica se observa una línea de puntos naranjas entre noviembre y diciembre de 2020 y enero y febrero de 2021(encuadrados en verde), que corresponden a los tórax de baja dosis, protocolo COVID realizados en la segunda y tercera ola de la pandemia, con dosis inferiores a 100mGys.cm de DLP, como se observa en la captura de dosis de la derecha de uno de estos tórax COVID (DLP: 68mGys.cm). En la imagen adyacente se observa que el estudio es de calidad diagnóstica para patología en COVID.

2-Protocolos de baja dosis: TC toracoabdominal control oncológico

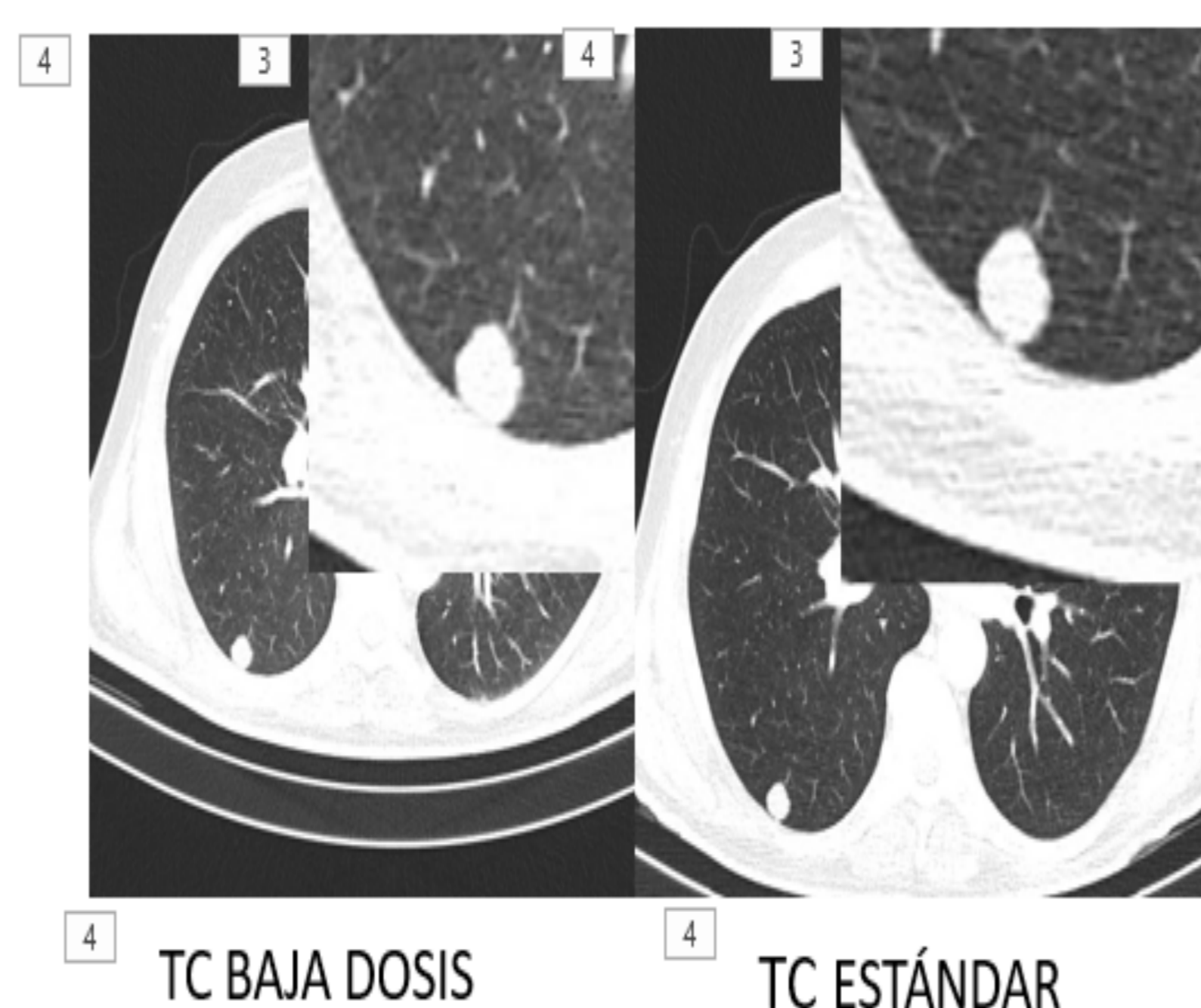
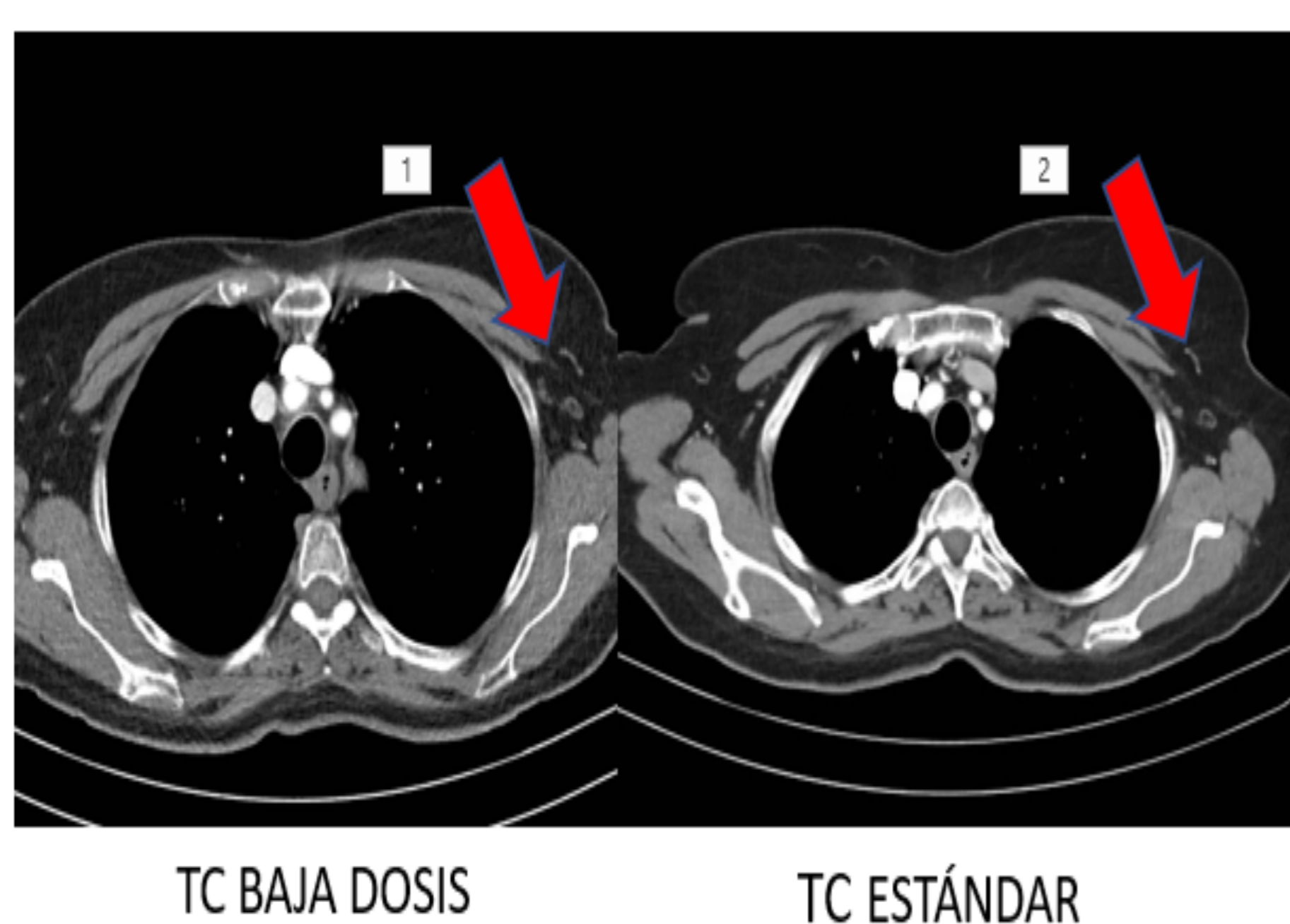
- En **TC toracoabdominal de baja dosis**, empleado para controles oncológicos anuales, se aplicó técnica de tórax de 120Kv y 30 mAs y se lograron reducciones de la dosis de hasta el 50% ,sin bajar de forma significativa la calidad de los estudios oncológicos (estudio presentado en el congreso SERAM de Málaga de 2022).



Estadísticos de muestras relacionadas					
		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	DLPGLOBALNUEVO	564,3871	31	272,35108	48,91570
	DLPGLOBALANTIGUO	1049,0968	31	440,07760	79,04027

50% reduccion de dosis de radiación

Fig 5: Se observan diagramas de caja comparativos, a la derecha de las dosis de 31 pacientes con TC toracoabdominal de baja dosis frente a los mismos 31 pacientes con TC toracoabdominal realizados sin baja dosis, y se observa que con protocolo de baja dosis se obtienen reducciones de dosis del 50% de media.



	ÓPTIMO	SUBÓPTIMO	NO DIAGNÓSTICO
TC ESTÁNDAR	31	0	0
TC BAJA DOSIS	22	9	0

Fig 6: Se observan imágenes comparativas entre tórax de baja dosis (izquierda) y a dosis normal (derecha) que muestran que las adenopatías y los nódulos, aunque con mayor grano en la imagen, presentan suficiente calidad diagnóstica en el estudio baja dosis.

3-Revisión y adaptación de los NDRs para la población asturiana

BIBLIOTECA DE PROTOCOLOS MAESTROS

Contexto de búsqueda: Buscar todo Modalidad: Todas las modalidades

Grupos de protocolos

- Commonly Used RadLex
- SESPA Master Protocols

Protocolos maestros

Modalidad	Nombre ▲	Revisión	Estado de revisión	Referencia
CT	ABDOMEN BIFASICO	2	Activo	
CT	ABDOMEN FLASH	3	Activo	
CT	ABDOMEN/PELVIS	3	Activo	
CT	ABDOMEN TRAINING	3	Activo	
CT	ABDOMEN TRIFASICO	2	Activo	
CT	ANGIO AORTA	2	Activo	
CT	ANGIO AORTA MMII	1	Activo	
CT	ANGIO CABEZA	2	Activo	

Fig. 7: En la **biblioteca de protocolos maestros** podemos revisar y modificar los niveles de referencia de dosis de la población asturiana. Como se ven en la imagen la mayoría de los protocolos ya han sufrido 2 ó 3 revisiones desde su creación en 2020. Si bien se crearon utilizando los NRDs de referencia internacional (ACR, EUCLID, DOPOES), se han hecho sucesivas revisiones por parte del servicio de Física Médica para actualizarlos a los valores de dosis ajustados a la población asturiana para los diferentes estudios de TC.

Historial de revisión

Nombre	Revisión	Autor	Enviado por	Editado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha de revisión	Motivo de la revisión
ABDOMEN/PELVIS	3	E4689735 OM				E4689735 OM	25/8/2021	Establecidos DRLs locales
ABDOMEN/PELVIS	2		support (Bayer Support)			David Alvarez Llorente	28/10/2020	
ABDOMEN/PELVIS	1		pservices (Professional Services)			Professional Services	5/3/2020	Initial Revision

Fig. 8: En esta figura se presenta como ejemplo el historial de revisiones de los NRDs del TC abdominopélvico, que ha sido ajustado por ultima vez el 25 de agosto de 2021, un año y 5 meses después de su creación, ajustándolo a los valores de dosis de la población asturiana

4-Revisión, análisis y corrección de las alertas de dosis



- Con la revisión de alertas de dosis se corrigen malas prácticas en la programación de estudios, y, su resolución nos permite aprender de nuestros errores
- La plataforma de gestión de dosis de radiación emite unas alertas que saltan en rojo en el sistema cuando se supera determinada dosis de radiación y esto permite revisarlas periódicamente y analizarlas, para saber cual fue la causa
- Las causas más comunes son : el exceso de peso del paciente, la realización de un protocolo diferente al inicialmente programado (p.ej se solicitaba TC abdominopélvico pero se decide hacer estudio dinámico hepático), la mala programación del estudio realizando campos de estudio muy amplios, repetición innecesaria de series, etc

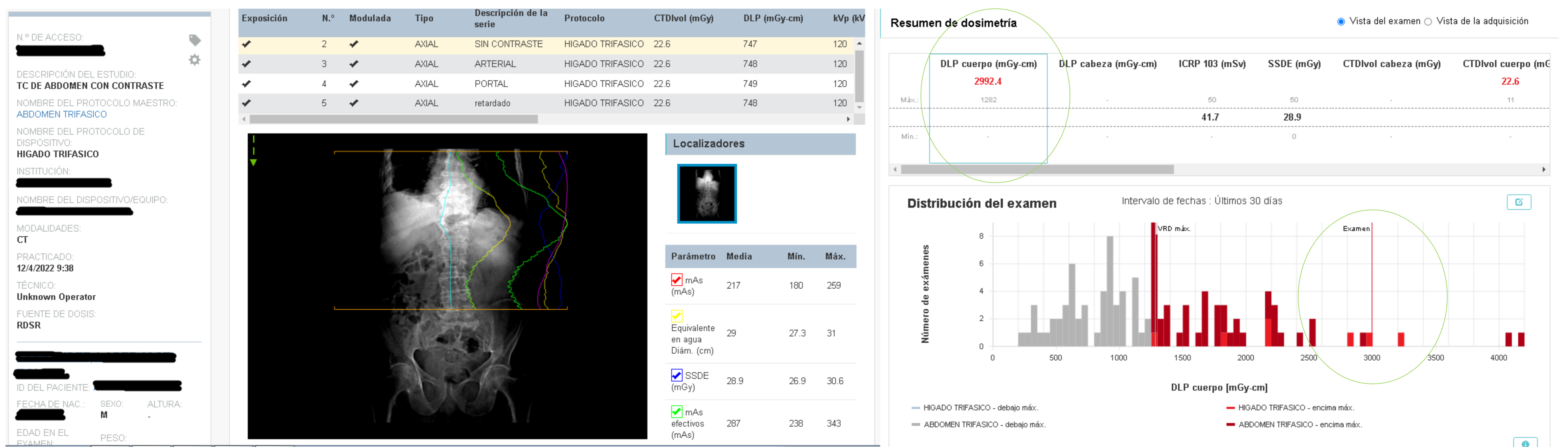


Fig. 8: Se observa un estudio de hígado multifásico que casi triplica (2992,4mGys.cm) el límite de dosis establecido (1282mGys.cm). En este caso, al revisar la alerta de dosis, se observa que las sucesivas series de hígado se realizan con un campo de estudio inadecuado, que se extiende desde la carina hasta las iliacas y que se realizaron 4 series de hígado, lo que motiva el exceso de dosis. En la imagen de la derecha se observa el DLP de este estudio y en la gráfica de barras nos indica donde se localiza el estudio (en círculo verde) respecto al resto de TCs hepáticos realizados en este centro. La revisión de esta alerta nos indica que se requiere una corrección de la técnica por parte del TSID que realizó el estudio y la valoración de si siempre se necesita realizar la serie sin contraste o se puede suprimir en algunos casos.

5-Reducción global de las dosis de radiación en TC del Hospital Álvarez-Buylla

- La aplicación de estrategias de reducción de dosis en TC y la implementación de la plataforma de gestión , que nos permite registrar y medir dosis de radiación y a su vez revisar y resolver alertas de dosis, se ha logrado una importante reducción de dosis en los TCs del Hospital Álvarez-Buylla desde la implementación de la plataforma de dosis de radiación
- Las siguientes gráficas de barras muestran la paulatina reducción de dosis de radiación entre los años 2020 y 2023 para los diferentes protocolos de TC del hospital
- Se observan reducciones en todos los protocolos presentados de entre el 30 y el 50% de las dosis en el periodo indicado

5-Reducción global de las dosis de radiación en TC del Hospital Alvarez-Buylla

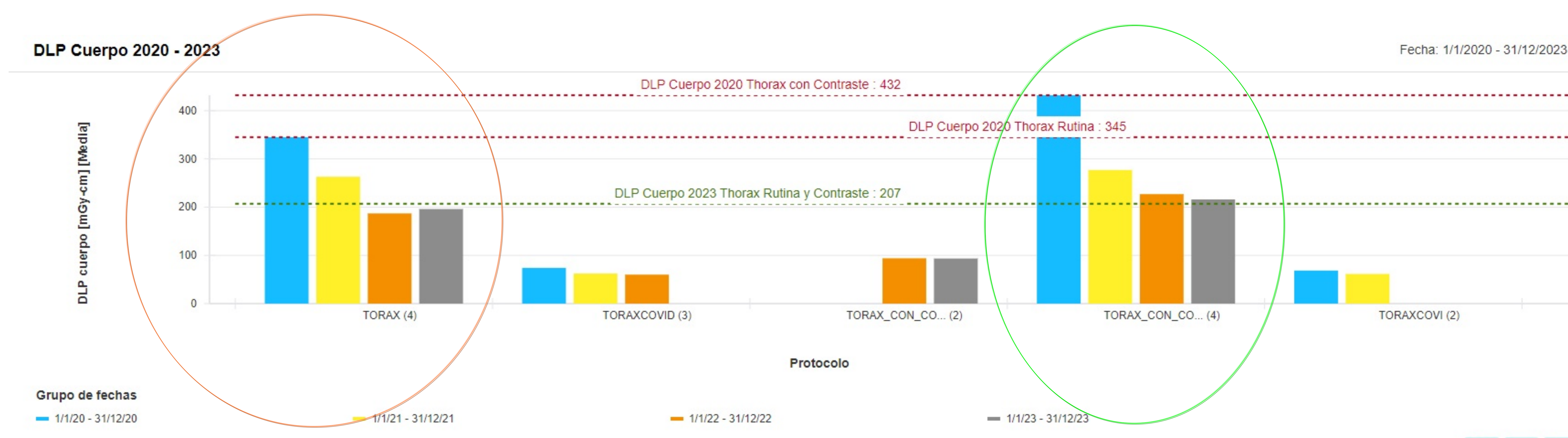


Fig. 9: La gráfica, extraída de la plataforma, nos permite ver los diferentes protocolos de tórax realizados en nuestro hospital. Si nos centramos en el círculo rojo, donde se observa la dosis de los protocolos de tórax sin contraste entre los años 2020 (azul), 2021 (amarillo), 2022 (naranja) y 2023 (gris) se observa una reducción de dosis desde los 345mGys.cm de DLP (en 2020) a 205 mGys.cm de DLP media (en 2023), lo que implica una **reducción de dosis de 30%** en estos estudios. Si nos centramos en el círculo verde de la derecha, se observa la dosis de protocolos de tórax con contraste en estos mismos cuatro años, y se observa reducciones de dosis de 432mGys.cm de DLP en 2020 a 215 mGys.cm de DLP en 2023, equivalente a una **reducción de dosis de 50%**.

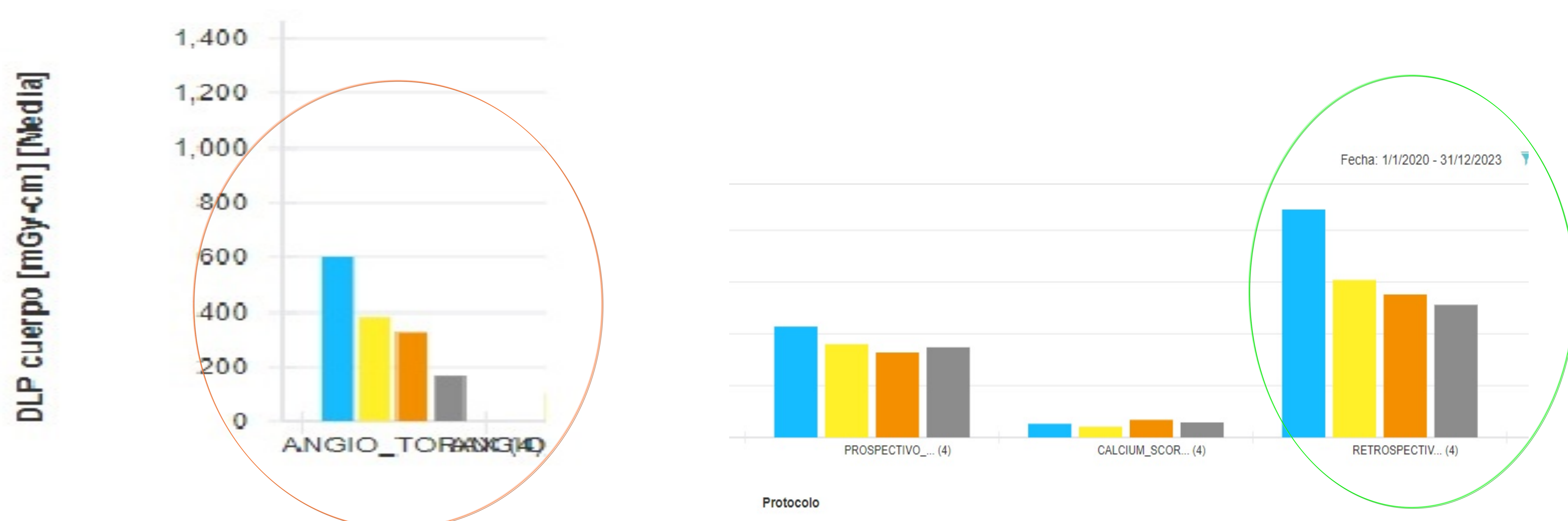


Fig. 10: La gráfica en este caso muestra la dosis de radiación en angioTC pulmonar (círculo rojo) y de TC conorario retrospectivo (círculo verde) con reducciones de dosis similares a las previas.

6-Registro de dosis e historial dosimétrico de los pacientes

- La plataforma de gestión de dosis también permite cumplir con la normativa RD 601/2019 en el registro de dosis y en la existencia de un historial dosimétrico de los pacientes

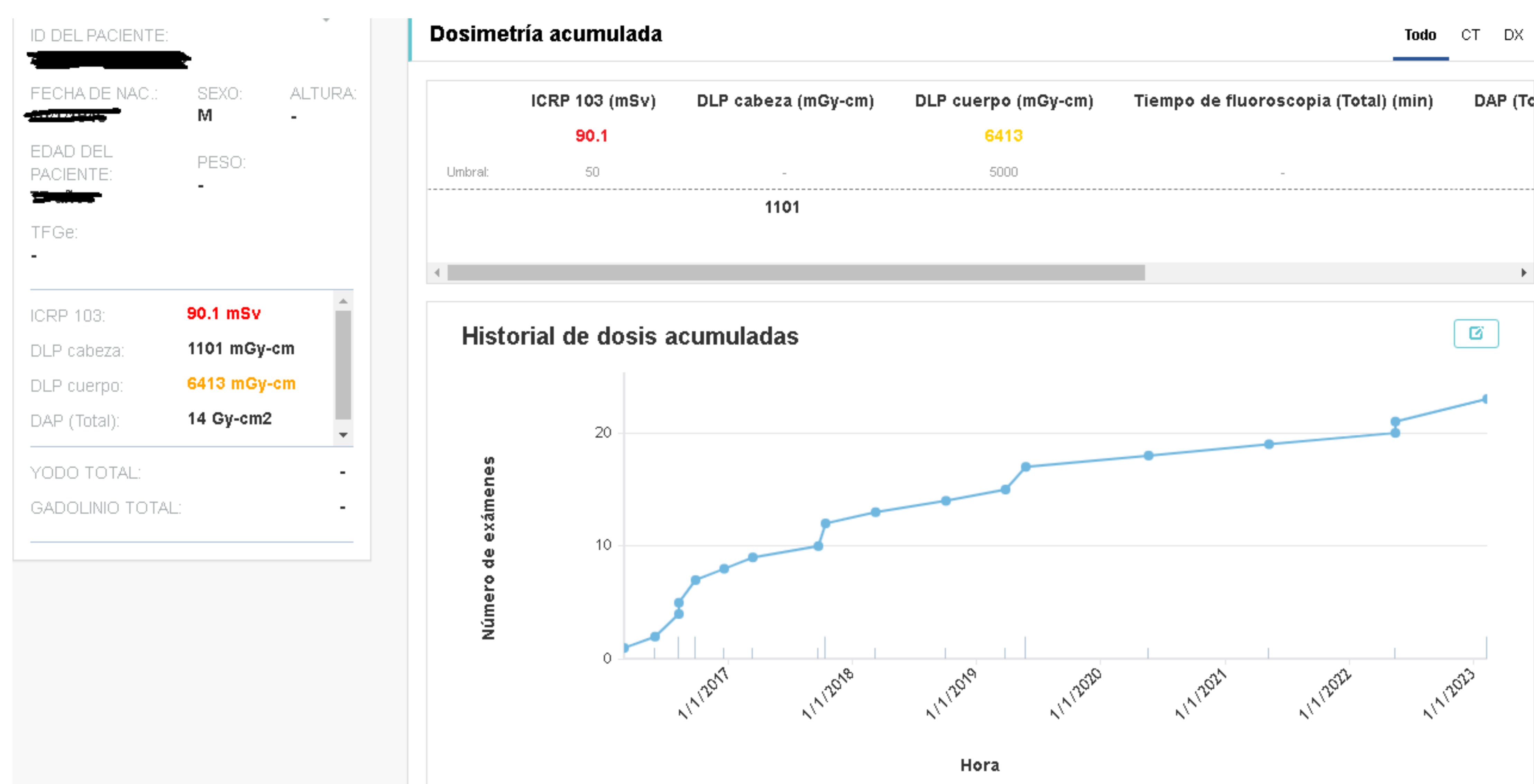


Fig 11: Ejemplo de historial dosimétrico de un paciente, que refleja los estudios con radiación realizados en el SESPA y la dosis acumulada en DLP (6413mGys.cm) y dosis en mSV según ICRP 103 (90,1 mSV). Desde la historia clínica del paciente, tanto del RIS como del HIS, hay un acceso directo al programa Radimetrics® para disponer de estos datos. Aunque a día de hoy no existen límites legales de dosis a pacientes, la normativa RD601/2019 exige el registro dosimétrico del paciente en la historia clínica.

6-Registro de dosis e historial dosimétrico de los pacientes

- La plataforma genera un informe extenso de dosis de la exploración en PDF al que se accede desde la misma
- También se observan todas las exploraciones con sus respectivas dosis y posibles alertas y se pueden realizar búsquedas por fechas , por hospitales, por TSDI, etc de las diferentes exploraciones
- También se ha realizado interconexión entre la plataforma y nuestro RIS y se descarga la información de dosis del estudio en el informe radiológico

	HABT01644788	ABDOMEN	[REDACTED]	1/10/1949	DLP cuerpo (mGy-cm)	DLP cabeza (mGy-cm)	ICRP 103 (mSv)	SSDE (mGy)
CT	2/3/2023 9:00	[REDACTED]	[REDACTED]	F / 73 años	Máx. 824	-	-	-
HVAB - RAD - ...	HOSPITAL VITAL ALVA...	-	-	90 kg	679	-	50	50
					-	-	14.9	24
					Mín. -	-	-	0
					-	-	-	-

Fig. 12: Ejemplo de informe de dosis en el informe radiológico del paciente en el RIS, con la descripción de la prueba a la izquierda y con la información de dosis a la derecha.

- Datos del proceso asistencial -							
Fecha de Exploración	Fecha de Firma	Exploración	Biopsia	Personal Sala	Observaciones	Circunstancia	Indicadores de dosis de radiación
02/03/2023	02/03/2023	70995 - TC ABDOMEN SIN CONTRASTE	NO	M. NIÑEVA GARCIA RODRIGUEZ		NO DEFINIDA	PRODUCTO DOSIS LONGITUD (DLP): 824.00 mGy-cm DOSIS EFECTIVA TOTAL: 14.94 mSv
02/03/2023	02/03/2023	71013 - TC UROGRAFIA	NO	M. NIÑEVA GARCIA RODRIGUEZ		DIAGNÓSTICA	PRODUCTO DOSIS LONGITUD (DLP): 1208.00 mGy-cm DOSIS EFECTIVA TOTAL: 18.60 mSv
Sospecha diagnóstica						Observaciones	
DILATACION VIA EXCRETORA RENAL DERECHA							

Fig. 13: Ejemplo de informe de dosis en el informe radiológico del paciente en el RIS, con la descripción de la prueba a la izquierda y con la información de dosis a la derecha.

Discusión

- La Directiva EURATOM 59/2013 surgió de la amenaza creciente que produce el aumento del uso de las radiaciones ionizantes en el mundo, y, en nuestro caso en sus usos médicos, y legisla la necesidad de justificar, optimizar, controlar y registrar las dosis de radación en las exploraciones médicas.
- Esta directiva fue transpuesta, en el año 2019, al RD 601/2019 sobre justificación y optimización de las dosis de radiación, que establece la obligatoriedad de registrar y controlar las dosis de radiación ionizante de las exploraciones médicas y de establecer niveles de referencia de dosis (NDRs)
- Los niveles de referencia de dosis son valores de referencia de dosis que se establecen como valores representativos de dosis de lo que supone una buena práctica radiológica desde el punto de vista de la protección al paciente y se establecen por consenso como el tercer cuartil de las distribuciones de dosis a pacientes en una muestra amplia de centros
- En nuestro estudio, los NRDs para la población asturiana se establecieron inicialmente en base a los valores de la literatura internacional (ACR, EUCLID, DOPOES II) y, posteriormente fueron adaptados a los valores del tercer cuartil de la distribuciones de dosis de la población asturiana para los diferentes estudios radiológicos

Discusión

- En los últimos años han surgido en el mercado muchas plataformas de gestión de la dosis de radiación, que se conectan al PACS y a los equipos médicos que emiten radiaciones y permiten revisar y analizar los estudios, tendencias de dosis y sus alertas de dosis, con lo que contribuye a la optimización de dosis de los estudios radiológicos
- En nuestro centro, la combinación de una plataforma de gestión de dosis y la aplicación de estrategias específicas para la reducción de dosis en TC y la optimización de los protocolos de TC, así como el entrenamiento de los TSID que trabajan en el TC, hemos logrado reducir las dosis de radiación de nuestros TC en un 30-50% , en el periodo 2020-2023.
- A su vez, esta plataforma permite cumplir con la normativa de registro de dosis e historial dosimétrico en la historia clínica de los pacientes

Conclusiones

- En el hospital Alvarez-Buylla de Mieres, Asturias, se consigue una importante reducción de la dosis de radiación (entre el 30 y 50%) que se emite en los estudios de TC mediante:
 - la implementación de una plataforma de gestión de la radiación
 - la formación de personal implicado, radiólogos y TSID y
 - la aplicación de estrategias de reducción de dosis de radiación y optimización de protocolos en TC
- A su vez, la plataforma de gestión de dosis permite cumplir con la normativa vigente (RD 601/2019) sobre control y registro de las dosis de los pacientes en su historial clínico y registro de historial dosimétrico.
- La revisión de las alertas de dosis que genera la plataforma permite revisar nuestro desempeño y aprender de los errores.

Bibliografía

- **Bibliografía y webgrafía:**

- 1-Real Decreto 601/2019 sobre Justificación y Optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. Novedades legislativas y aspectos prácticos. Preguntas y respuestas. Guía rápida. Enero 2020. Sociedad Española de Radiología Médica. https://www.seram.es//documentos/RD_601_SERAM_SDC.pdf
- 2-M.M. Pérez-Peña del Llano, F. Matute Teresa, Á. Morales Santos. Real Decreto 601/2019 sobre justificación y optimización: aspectos prácticos. Radiología, 2023, ISSN 0033-8338, <https://doi.org/10.1016/j.rx.2022.12.002>.
- 3-Loose R.W, Vano E, Mildenberg P et al. Radiation dose management systems-requirements and recommendations for users from ESR Eurosafe Imaging Initiative. Eur Radiol 31, 2106-2114 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07290-x>
- 4-Vañó Carruera E, Fernández Soto J.M., Sánchez Casanueva R.M., Ten Morón J.I. Niveles de referencia de dosis en radiología intervencionista. Radiología, 2013. vol 55 (2):17-24
- 5-Directiva 2013-59-EURATOM, del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Diario Oficial de la Unión Europea. 17 enero 2014
- 6-EUCLID. European study on clinical diagnostic reference levels on X-ray. <http://www.eurosafeimaging.org/euclid>
- 7-Niveles de referencia de dosis (NRD) y estimación de Dosis Poblacional en España. DOPOES II. <https://www.csn.es/documents>.
- 8-ACR–AAPM–SPR practice parameters for DRL and achievable doses in medical X-ray imaging. <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/diag-ref-levels.pdf>