

ORIGINAL

Dosis de radiación durante la inserción guiada por fluoroscopia de un dispositivo de acceso venoso central: un estudio observacional retrospectivo

M.K. Badawy^a, C.J. Witkowski^b, R. Baldoni^{a,*}, D. Carrion^c y E. Yildirim^d

^a Monash Imaging, Monash Health, Clayton, VIC 3168, Australia

^b Departamento de Cirugía, Monash Health, Clayton, VIC 3168, Australia

^c Departamento de Física Médica, Austin Health, Heidelberg, VIC 3084, Australia

^d Departamento de Radiología, Austin Health, Heidelberg, VIC 3084, Australia

Recibido el 9 de mayo de 2019; aceptado el 30 de enero de 2020

Disponible en Internet el 9 de abril de 2020



PALABRAS CLAVE

Dosis de radiación;
Radiología de
intervención;
Seguridad de la
radiación;
Dispositivo de acceso
venoso central;
Personal;
Fluoroscopia;
Frecuencia del pulso

Resumen

Introducción: Los dispositivos de acceso venoso central (DAVC) se utilizan para la administración de tratamiento intravenoso al torrente sanguíneo. En ocasiones, la inserción del DAVC se guía mediante fluoroscopia y, por tanto, se asocia a dosis de radiación, tanto para el paciente como para los miembros del personal presentes en la sala. El objetivo de este estudio es evaluar la dosis de radiación que recibe el paciente a través de una auditoría retrospectiva y medir directamente la exposición del personal en procedimientos simulados. Un objetivo secundario es evaluar la exposición a radiación para el personal y los pacientes cuando se utilizan frecuencias de pulsaciones fluoroscópicas de 7,5 pps y 4 pps.

Materiales y métodos: Se realizó una auditoría retrospectiva de pacientes sometidos a inserciones de vías Permcath y Hickman. Los pacientes se agruparon en función de la frecuencia de pulsaciones utilizada durante el estudio; 4 pulsaciones por segundo (pps) (n = 24) y 7,5 pps (n = 33). Se utilizó un monitor STEP OD-2 y PMMA en un entorno simulado para calcular la exposición a la radiación en los lugares en los que un radiólogo, un enfermero y un técnico de radiología estarían de pie durante los procedimientos, utilizando los detalles promedio del procedimiento recogidos en la auditoría retrospectiva. Se realizaron mediciones por alturas para reflejar una estimación para el cuerpo completo y una estimación para el cristalino del ojo.

Resultados: Los resultados muestran que la mediana de producto dosis área (PDA) para la inserción del DAVC es de 0,7 Gy.cm² y de 0,3 Gy.cm² para los procedimientos a 7,5 pps y 4 pps, respectivamente. Esto corresponde a una dosis efectiva de 0,22 mSv y 0,1 mSv. El radiólogo, el enfermero y el radiógrafo estuvieron expuestos a una dosis con protección de cuerpo entero de 0,36 μSv, 0,1 μSv y 0,05 μSv cuando se utilizó la frecuencia de 7,5 pps y de 0,13 μSv, 0,03 μSv y 0,02 μSv cuando se utilizó la de 4 pps. La exposición de la cabeza del radiólogo, el enfermero y el radiógrafo fue de 2,1 μSv, 1,4 μSv, y 0,6 μSv en los estudios a 7,5 pps y de 0,7 μSv, 0,5 μSv, y 0,2 μSv cuando se utilizaron 4 pps.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: riccardobaldoni7@gmail.com (R. Baldoni).

<https://doi.org/10.1016/j.rx.2020.01.011>

0033-8338/© 2020 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Conclusión: Se calculó que la dosis efectiva del paciente era de 0,1-0,22 mSv en función de la frecuencia de pulsaciones fluoroscópicas utilizada durante las inserciones de los DAVC. Además, se calculó la exposición para el cuerpo entero y el cristalino del radiólogo, el enfermero y el técnico de radiología en un entorno simulado. En todos los casos hubo una reducción de la dosis estadísticamente significativa cuando se utilizó la frecuencia de pulsaciones fluoroscópicas más baja. Por lo tanto, siempre que sea posible, debe considerarse la posibilidad de utilizar una frecuencia de pulsaciones más baja durante las inserciones del DAVC para reducir la exposición tanto del personal como de los pacientes.

© 2020 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Radiation Dose;
Interventional
radiology;
Radiation Safety;
Central venous access
device;
Staff;
Fluoroscopy;
Pulse rate

Radiation dose during fluoroscopically guided central venous access device insertion: retrospective observational study

Abstract

Introduction: Central venous access devices (CVAD) are used to deliver intravenous therapy to the bloodstream. CVAD insertion is sometimes fluoroscopically guided and thus associated with radiation dose to both the patient and the staff members within the room. The objective of this study is to assess the radiation dose to the patient through a retrospective audit and directly measure the exposure to staff members in simulated procedures. A secondary objective is to evaluate the radiation exposure to the staff and patients when utilising fluoroscopic pulse rate of 7.5 pps and 4 pps.

Material and Methods: A retrospective audit of patients undergoing Permcath and Hickman line insertions was conducted. The patients were grouped by the pulse rate used for the duration of the study; 4 pulses per second (pps) (n=24) and 7.5 pps (n=33). A STEP OD-2 monitor and PMMA was used in a simulated environment to estimate the radiation exposure to locations that a Radiologist, Nurse and Radiographer would be standing during the procedures using the average procedure details collected in the retrospective audit. Measurements were conducted at heights to reflect a whole body estimate and an estimate to the lens of the eye.

Results: The results show that the median dose area product (DAP) for CVAD insertion is 0.7 Gy.cm² and 0.3 Gy.cm² for procedures done at 7.5 pps and 4 pps, respectively. This corresponded to an effective dose of 0.22 mSv and 0.1 mSv. The radiologist, nurse and radiographer were exposed to a whole-body shielded dose of 0.36 µSv, 0.1 µSv and 0.05 µSv when 7.5 pps was utilised and 0.13 µSv, 0.03 µSv and 0.02 µSv when 4 pps was used. The exposure to the head of radiologist, nurse and radiographer was 2.1 µSv, 1.4 µSv, and 0.6 µSv in the 7.5 pps studies and 0.7 µSv, 0.5 µSv, and 0.2 µSv when 4 pps was used.

Conclusion: The patient effective dose was estimated to be 0.1-0.22 mSv depending on the fluoroscopic pulse rate utilised during CVAD insertions. Additionally, The radiologist, nurse and radiographer whole body and lens exposure was estimated in a simulated setting. In all cases, there was a statistically significant dose reduction when the lower fluoroscopic pulse rate was used. Thus, where possible, consideration should be given to utilising a lower pulse rate during CVAD insertions to reduce the exposure to both staff and patients.

© 2020 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Los dispositivos de acceso venoso central (DAVC) se utilizan con frecuencia en la práctica médica para administrar sustancias de forma directa a la circulación "central", habitualmente la vena cava superior (VCS) o la aurícula derecha¹. Las vías de Hickman y los Permcath son dos ejemplos de estos dispositivos; el primero se suele utilizar para administrar quimioterapia, agentes antimicrobianos, nutrición parenteral y realizar flebotomías repetidas, mientras que el segundo se emplea con más frecuencia para la hemodiálisis².

Normalmente, los DAVC se insertan utilizando localización de vasos guiada por ecografía y guía fluoroscópica, para asegurar que se alcanza la posición adecuada³. Aunque la exposición a la radiación asociada a estos procedimientos suele ser muy baja, la dosis acumulada puede ser muy relevante, dado que esta población de pacientes (en especial los oncológicos) suele ser objeto de exámenes radiológicos numerosos y en serie, mientras que el personal realiza diariamente una gran cantidad de procedimientos.

Existen muchos artículos relativos a la exposición a radiación de las poblaciones de pacientes pediátricos y adultos durante la inserción de los DAVC. Sin embargo, hay poca

bibliografía referente al personal que realiza la intervención. Además, los escasos datos publicados cuantifican los niveles de referencia de “diagnóstico” (NRD) para la inserción de estos dispositivos⁴. Una parte integral de nuestra comprensión de la dosis de radiación durante los procedimientos radiológicos intervencionistas son investigaciones seminales como los artículos acerca del estudio RAD-IR. No obstante, estas publicaciones pasan por alto la inserción de los DAVC utilizando una guía fluoroscópica⁵. Cabe destacar que una revisión de Hart et al. de datos sobre dosis de radiación en el Reino Unido establece un NRD para la inserción de vías de Hickman y recomienda un producto dosis área (PDA) de 3 Gy.cm² para dichos procedimientos⁶. Posteriormente, en 2017 Cécile Etard et al.⁷ introdujeron nuevos NRD, con un PDA recomendado de 0,6 Gy.cm², y en 2018 Greffier et al. recomendaron 0,35 Gy.cm² para la inserción de un puerto de acceso venoso implantable⁸. Numerosos investigadores han documentado los beneficios de usar la fluoroscopia pulsada en lugar de la fluoroscopia continua, así como los pulsos bajos en comparación con las frecuencias altas de pulsos para alcanzar una menor dosis de radiación^{9–14}.

El objetivo de este estudio es:

1. Realizar una auditoría observacional retrospectiva de la dosis de radiación que reciben los pacientes utilizando 7,5 pps y 4 pps.
2. Simular la exposición a radiación para el cuerpo y el cristalino de los operadores a diversas distancias cuando se usan 7,5 y 4 pps.

Métodos

Diseño del estudio

Se realizó una auditoría retrospectiva de registros de radiación de 57 pacientes sometidos a inserciones de Permcath y vías de Hickman entre enero de 2016 y noviembre de 2017. Los datos recogidos fueron edad y sexo del paciente, lugar de acceso y tipo de procedimiento, así como métricas de dosis de radiación como PDA, kerma en aire de referencia (KAR) y tiempo de fluoroscopia (TF). La frecuencia de las pulsaciones fluoroscópicas de detección estándar en la institución a partir de enero de 2017 fue de 4 pps. Se recogieron datos del contexto previo con la frecuencia estándar de 7,5 pps (enero de 2016 a diciembre de 2016). Se evaluó la exposición típica a la radiación, así como el efecto de la frecuencia de pulsaciones en la dosis del paciente y la dosis del personal. Todos los procedimientos se realizaron en un sistema Siemens Axiom Artis Digital Biplane (Siemens Healthcare, Erlangen, Alemania). Los datos se recopilaban como parte de un proyecto de calidad del hospital. Los criterios de inclusión y exclusión se reflejan en la [tabla 1](#).

Dosis del paciente

Se utilizó un *software* PCXMC versión 2.0.1.5 (STUK -A231, Helsinki, Finlandia) basado en el método de Monte Carlo para calcular la dosis efectiva del paciente. Los procedimientos se determinaron en función de los datos recogidos en el informe estructurado de dosis de radiación (IEDR) para cada exploración incluida en este estudio. Se utilizó el PDA

de cada paciente como parámetro de la dosis de entrada, y la información recogida del IEDR respecto a los kVp y la filtración del haz se utilizó para definir la calidad del haz en PCXMC. La posición del paciente con respecto al arco no cambió drásticamente entre cada caso de paciente y, por lo tanto, la configuración geométrica en PCXMC se mantuvo constante durante la simulación de cada uno de los procedimientos. En realidad, pueden haberse producido pequeños cambios en la configuración geométrica, debido a la diferente morfología corporal de los pacientes y a las preferencias de los operadores. Se comunicó la mediana de la dosis efectiva a partir de los resultados de PCXMC. Se calculó un factor de conversión de dosis efectiva a partir del PDA.

Dosis del personal

Se simuló procedimientos de inserción de DAVC utilizando un modelo de PMMA de 20 cm con control automático de velocidad de dosificación y tasas de pulsación fluoroscópica variables. Esta configuración simuló la radiación dispersa procedente de los pacientes a la que se exponen los miembros del personal. La tasa de dosis ambiental se midió usando un medidor de radiación STEP OD-02 como sustituto de la exposición del personal (PTW Freiburg GmbH, Alemania). El detector está calibrado en H*(10) para la exposición de todo el cuerpo, por lo que el equivalente de dosis direccional H'(3, Ω) al cristalino del ojo solo se aproxima al equivalente de la dosis ambiental medida en este estudio. Durante el procedimiento simulado solo se tuvo en cuenta la dimensión media de los pacientes de 20 cm.

Los lugares típicos en los que se encontraban el radiólogo, el enfermero y el técnico de radiología durante los procedimientos se observaron en numerosos casos de pacientes. La representación es un supuesto del peor de los casos, en el que no se interpone ninguna persona dentro de la sala y, por consiguiente, la exposición es máxima. Las localizaciones durante una inserción a través de la yugular derecha se muestran en la [figura 1](#), y la distancia media que se considera desde el paciente es de 0,6 m, 1 m y 1,25 m para el radiólogo, el profesional de enfermería y los técnicos de radiología, respectivamente. La tasa de exposición se midió en cada ubicación a alturas de 1,2 m y 1,7 m, para simular la exposición del cuerpo entero así como la exposición de la cabeza, respectivamente. Se recogieron datos en todas las ubicaciones para el cuerpo entero en configuraciones sin protección y con protección. La protección empleada fue el delantal envolvente de plomo que se utiliza en esta institución, que presenta dos capas de material atenuante equivalente a 0,35 mm de Pb.

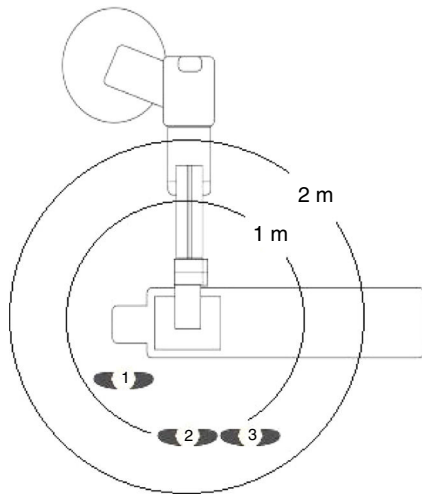
La dosis efectiva de cuerpo entero y la dosis equivalente del cristalino para el miembro del personal durante la inserción de vías de Hickman y Permcath se calcularon a partir de la tasa de exposición medida y la mediana del tiempo de exposición encontrada en este estudio ([fig. 1](#)).

Análisis estadístico

La dosis del paciente se notifica en forma de mediana. Los conjuntos de datos se analizaron en cuanto a normalidad usando la prueba de Shapiro Wilk. La significación

Tabla 1 Criterios de inclusión y exclusión para los pacientes evaluados en este estudio

Incluidos (n = 137)	Excluidos (n = 80)
• Pacientes sometidos a inserción de Permcath y Hickman • Entre enero de 2016 y noviembre de 2017	• Pacientes pediátricos • Estudios en los que el informe estructurado de dosis de radiación (IEDR) no figuraba en los archivos o no estaba completo • Estudios en los que se emplearon protocolos no estándar • Pacientes con cateterización fallida

**Figura 1** Ubicación típica de los miembros del personal en la sala durante los procedimientos de inserción de un dispositivo de acceso venoso central. Los números corresponden a radiólogo (1), enfermero (2) y técnico de radiología (3).

estadística de las diferentes frecuencias de las pulsaciones y la dosis del paciente se evaluaron utilizando un análisis de Mann-Whitney para los datos no distribuidos normalmente. Los datos nominales se compararon usando una prueba de χ^2 . Se utilizó un nivel de significación de $p < 0,05$. Todos los análisis se realizaron en GraphPad Prism 7.04.

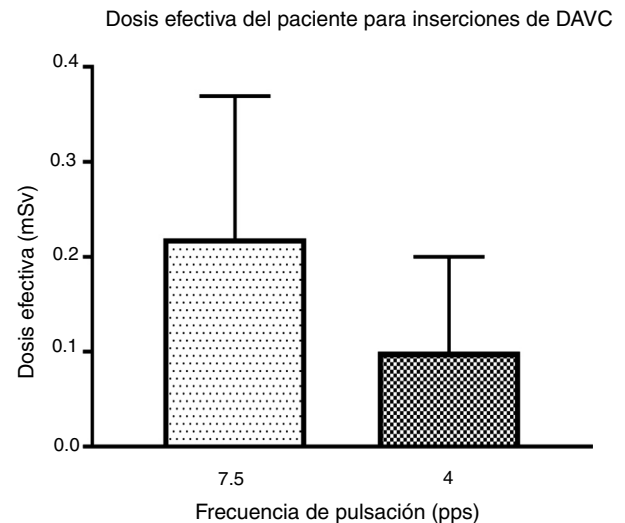
Resultados

Dosis del paciente

En la [tabla 2](#) se presenta un resumen de las métricas de dosis de los pacientes y de la demografía de los pacientes.

La disminución de la frecuencia de pulsaciones fluoroscópicas de 7,5 a 4 pps conduce a una reducción estadísticamente significativa del PDA y la KAR sin un aumento significativo del tiempo de fluoroscopia ([tabla 2](#)). Esto tuvo como resultado una mediana de la dosis efectiva de 0,22 (0,14-0,43) mSv y de 0,1 (0,05-0,20) mSv para los grupos de 7,5 pps y 4 pps, respectivamente ([fig. 2](#)).

Se calculó un análisis de regresión lineal para predecir la dosis efectiva a partir del PDA. Se halló una ecuación de regresión significativa [$F(1,52) = 128815$, $p < 0,0001$], con una R^2 de 0,9996. La dosis efectiva prevista del paciente medida en mSv es igual a $-0,0006 + 0,32$ (PDA) cuando el PDA se mide en $Gy.cm^2$. Por lo tanto, la dosis efectiva del

**Figura 2** Dosis efectiva del paciente en milisieverts para inserciones de dispositivos de acceso venoso central guiadas por fluoroscopia en las dos frecuencias de pulsaciones utilizadas en esta institución.

DAVC: dispositivo de acceso venoso central.

paciente aumentó aproximadamente 0,32 por cada 1 $Gy.cm^2$ de PDA.

Dosis del personal

La dosis del personal en la cabeza y el cuerpo entero disminuye a medida que se reduce la frecuencia de pulsaciones. La dosis del cuerpo entero se presenta tanto para la exposición protegida como para la no protegida para recalcar la eficacia del uso del delantal radioprotector ([tabla 3](#)).

La dosis estimada para el cuerpo con protección para el radiólogo por procedimiento fue de 0,36 μSv y 0,13 μSv , respectivamente, para 7,5 y 4 pps. La dosis del enfermero y el técnico de radiología disminuye de forma gradual ([fig. 1](#)); 0,1 μSv y 0,03 μSv para el enfermero, 0,05 μSv y 0,02 μSv para el técnico de radiología. El estudio se amplió para investigar la exposición profesional a la radiación en la cabeza, un valor sustitutivo de la exposición de los cristalinios oculares. La dosis estimada del cristalino para las tres categorías de personal es de 2,11 y 0,7 μSv , 1,35 y 0,47 μSv , 0,63 y 0,2 μSv para el radiólogo, el enfermero y el técnico de radiología, para los protocolos de 7,5 pps y 4 pps, respectivamente.

Tabla 2 Estadísticos descriptivos de los grupos de pacientes incluidos en este estudio

	7,5 pps	4 pps	Valor de p
n	33	24	
Varones, n.º/total %	21/33 (64)	10/24 (42)	0,1
Procedimiento (Hickman/Permcath)	10/23	13/11	/
Lugar de entrada (derecha/izquierda)	27/6	23/1	0,1
Edad del paciente, media (DE), años	56 (19)	52 (15)	0,5
Producto dosis área, mediana (IIC), Gy.cm ²	0,7 (0,5-1,4)	0,3 (0,1-0,6)	< 0,001
Kerma en aire de referencia, mediana (IIC), mGy	4,2 (2,1-8,4)	1,9 (0,8-3,8)	< 0,001
Tiempo de fluoroscopia, mediana (IIC), seg	41 (18-70)	29 (14-50)	0,1
Dosis efectiva, mediana (IIC), mSv	0,22 (0,14-0,43)	0,1 (0,05-0,20)	< 0,001

DE: desviación estándar; IIC: rango intercuartílico.

Tabla 3 Dosis profesional en el ojo, el cuerpo y el cuerpo con protección dependiendo de la frecuencia de pulsaciones fluoroscópicas utilizada

	Radiólogo			Enfermero			Técnico de radiología		
	7,5 pps	4 pps	p	7,5 pps	4 pps	p	7,5 pps	4 pps	p
	μSv/h			μSv/h			μSv/h		
Ojo	186	92,6	< 0,0001	119	59	< 0,0001	56	27	< 0,0001
Cuerpo	471	240	< 0,0001	126	63	< 0,0001	61	30	< 0,0001
Cuerpo (P)	32	16	< 0,0001	9	4	< 0,0001	4	2	< 0,0001

Discusión

La exposición a la radiación durante la inserción de varios DAVC varía significativamente en la literatura científica publicada. Nuestro estudio registró medianas, DPA, KAR, TF y dosis efectivas para la inserción de vías de Hickman y Permcath de 0,7 Gy.cm² y 0,3 Gy.cm² de producto dosis área, 4,2 mGy y 1,9 mGy de KAR, 41 s y 29 s de tiempo de fluoroscopia, y de 0,22 mSv y 0,1 mSv para frecuencias de pulsaciones fluoroscópicas de 7,5 pps y 4 pps, respectivamente. Plumhans et al. informaron de dosis mucho más altas durante la inserción de dispositivos de acceso venoso implantables, con medias de 5,13 Gy.cm² para la vena yugular interna y 11,20 Gy.cm² para la vena subclavia. Sin embargo, este último enfoque incluía el mapeo por venografía antes de la inserción del dispositivo¹⁵. Jonczyk et al. investigaron las diferencias entre la experiencia de los encargados del procedimiento y su impacto en la dosis del paciente durante la inserción del puerto venoso central tunelizado, y notificaron un PDA medio de 0,573 Gy.cm² para los radiólogos “experimentados” y de 0,682 Gy.cm² para los radiólogos “inexpertos”¹. También existe variabilidad según la especialidad médica del encargado del procedimiento, ya que un estudio reveló una media de kerma de producto en aire (KPA) de 0,832 Gy.cm² para el catéter de acceso venoso tunelizado insertado por nefrólogos¹⁶. De manera análoga, se han observado diferencias de dosis entre la implantación del radiólogo y la del cirujano, aunque el uso de venografía por parte del primero al comienzo del procedimiento es un factor de confusión para estos resultados¹⁷.

La dosis de radiación del paciente de diferentes estudios se resume en la [tabla 4](#). Además, nuestra investigación

muestra que la dosis efectiva del paciente puede calcularse de forma aproximada usando el factor de conversión de 0,32 mSv/Gy.cm². Es poco probable que la dosis efectiva de 0,1-0,2 mSv estimada durante la inserción del DAVC en este estudio contribuya al desarrollo de reacciones tisulares; sin embargo, estos procedimientos tienen el potencial de contribuir a la aparición de efectos estocásticos^{18,19}. Esto es particularmente pertinente para los pacientes sometidos a inserción de DAVC que pueden estar expuestos a exámenes radiológicos en serie durante un período prolongado, en especial para la población oncológica ([tabla 4](#))²⁰.

La mayoría de los valores de dosis anteriores son mayores que el NRD recomendado de 0,3 Gy.cm² propuesto por Greffier et al. en 2018, lo que pone de relieve la mejora de la tecnología en los últimos años⁸. Además, nuestros resultados están ligeramente por encima de la mediana del valor notificado por Etard et al. de 0,6 Gy.cm² para la inserción de la vía central utilizando 7,5 pps, pero están por debajo con 4,5 pps⁷. Sin embargo, cabe señalar que el NRD se basa en el valor del tercer cuartil de la mediana de la dosis del paciente y, por lo tanto, es más influyente en la determinación de valores de dosis inusualmente altos, en lugar de proporcionar un valor objetivo razonable^{4,21}.

La dosis efectiva del radiólogo para la inserción de vías de Hickman y Permcaths en nuestra institución se estimó en 0,36 μSv y 0,13 μSv en función de la frecuencia de pulsaciones de fluoroscopia utilizada (7,5 pps y 4 pps, respectivamente). Los enfermeros y los técnicos de radiología recibieron dosis menores que los radiólogos, debido a la proximidad de los integrantes del último grupo al haz principal y a la dispersión de radiación. Las dosis efectivas de los enfermeros fueron de 0,1 μSv y 0,03 μSv para 7,5 pps y 4 pps,

Tabla 4 Dosis de radiación del paciente asociada a la inserción de un dispositivo de acceso venoso central

Referencia	Año	Procedimiento	PDA(Gy.cm ²)	Técnica	KAR(mGy)	TF(s)	DE(mSv)	Tipo de estudio	Profesional que realiza el procedimiento	IMC
Este estudio	2017	DAVC	0,3	Radiológico	1,9	29	0,1	Estudio observacio- nal retrospec- tivo	Radiólogo experto	Media
[Knebel]	2011	PATI	0,37	Quirúrgico	/	/	/	Retrospectivo y aleatorizado	Experto Cirujano	25,1
“	“	“	2,00	Radiológico	/	/	/	“	Radiólogo experto	25,2
[Plumhans]	2011	PATI	5,13	Yugular	/	/	/	Retrospectivo	Radiólogo intervencionista experto	/
“	“	“	11,20	Subclavio	/	/	/	“	“	/
[Beathard]	2013	DAVC	0,83 (KPA)	Radiológico	/	/	/	Prospectivo	Nefrólogo intervencionista experto	/
[Lee]	2014	CCIP	2,7	Fluoroscopia con arco en C	/	52	/	Prospectivo	/	/
[A.Rasekhi]	2017	DAVC	1,51	Colocación radiológica de doble luz	/	516	/	Retrospectivo	Radiólogo experto	24,6
[Jonczyk]	2018	DAVC	0,57	Radiológico	/	24	/	Retrospectivo	Radiólogo experto	/
“	“	“	0,68	“	/	43	/	“	Radiólogo auxiliar	/

CCIP: catéteres centrales de inserción periférica; DAVC: dispositivo de acceso venoso central; DE: dosis efectiva; KAR: kerma en aire de referencia; PATI: puertos de acceso totalmente implantables; PDA: producto dosis área; TF: tiempo de fluoroscopia.

respectivamente, y las mismas frecuencias de pulsaciones produjeron dosis efectivas de los técnicos de radiología de 0,05 μSv y 0,02 μSv . Rasekhi et al. también midieron la dosis profesional específica para la inserción del DAVC, y calcularon que los radiólogos recibieron una dosis efectiva media de 0,02 μSv durante una colocación “complicada” del catéter de hemodiálisis²².

La mayor dosis observada en nuestra institución puede atribuirse a la diferencia de sensibilidades entre el medidor de radiación utilizado en nuestro estudio y el uso de dosímetros personales (TLD). Además, la dosis notificada por Rasekhi et al. se basa en procedimientos reales en los que los hábitos de radioprotección pueden cambiar, mientras que nuestro estudio se realiza en un entorno simulado con posiciones fijas y protección²². Por último, la posible interposición entre los miembros del personal en el escenario real significaría que algunos miembros del personal estarían protegidos por los otros miembros del personal que se interponen entre ellos y la fuente de la dispersión. Por lo tanto, nuestra estimación de la dosis del personal podría considerarse como el peor de los casos cuando se asumen pacientes de tamaño medio y una complejidad media de los procedimientos. No hemos podido encontrar datos de exposición correspondientes en la bibliografía específica para enfermeros y técnico de radiología durante la inserción de DAVC. Sin embargo, se ha publicado que los niveles de dosis efectivas de enfermeros para diversos procedimientos de radiología intervencionista oscilan entre 0,018 y 1,42 μSv ^{18,23,24}.

El estudio actual se amplió para investigar la exposición profesional a la radiación en la cabeza, un valor sustitutivo de la exposición de los cristalinis oculares. La dosis que alcanzó la cabeza del radiólogo, el enfermero y el técnico de radiología fue de 2,1 μSv , 1,4 μSv y 0,6 μSv en los estudios en los que se utilizaron 7,5 pps, y de 0,7 μSv , 0,5 μSv y 0,2 μSv en los que se emplearon 4 pps. Estos resultados representan una medición “sin protección”, que podría disminuir enormemente con el uso de gafas de seguridad con plomo. No existen datos específicos acerca de la exposición para el cristalino durante la colocación de DAVC a no ser que los resultados hagan referencia a procedimientos más complejos y más prolongados que implican dosis mucho más altas²⁵. En la práctica, el uso de gafas protectoras con plomo sería recomendable basándose en los casos comunicados de opacidad del cristalino²⁶. No obstante, es poco probable que el personal que solo lleva a cabo procedimientos de DAVC, y no participa en otros procedimientos intervencionistas complejos, supere el límite de exposición profesional de 20 mSv al año en el cristalino del ojo²⁷.

Tal y como se demuestra en la [tabla 3](#) y en la [figura 2](#), la frecuencia de pulsaciones empleada durante la inserción de DAVC tuvo un efecto significativo en la dosis del paciente y la dosis profesional, para el cuerpo entero y para la cabeza. En este estudio, la frecuencia de pulsaciones se redujo, mientras que todos los demás parámetros, como el kVp, el tamaño del campo y la filtración, se mantuvieron similares en ambos grupos de pacientes. Los resultados mostraron que la reducción de la frecuencia de pulsaciones fluoroscópicas no iba acompañada de un aumento del tiempo de fluoroscopia, lo que indica que se lograron los objetivos principales del procedimiento sin necesidad de tomar imágenes con mayor frecuencia para compensar la reducción de la resolución temporal. En las referencias bibliográficas pueden

encontrarse resultados similares cuando se usan frecuencias de pulsación menores para los estudios de fluoroscopia^{9–12}.

No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela, y en futuros estudios de investigación deberán tenerse en cuenta algunas limitaciones. El uso de modelos puede considerarse una excelente aproximación para evaluar los ajustes del equipo y otros protocolos, pero es limitado a la hora de evaluar las complejidades y la variación en la práctica clínica. Otra limitación de este estudio es el pequeño tamaño de la muestra debido a la novedad de la reducción de la frecuencia de pulsaciones en este centro.

Conclusión

Se realizó una auditoría observacional retrospectiva en pacientes sometidos a inserciones de DAVC que reveló una mediana de la dosis efectiva de 0,22 mSv y 0,1 mSv para los grupos de 7,5 pps y 4 pps, respectivamente. Se calculó la exposición para el cuerpo entero y el cristalino del radiólogo, el enfermero y el técnico de radiología en un entorno simulado. En todos los casos, hubo una reducción de la dosis estadísticamente significativa cuando se utilizó la frecuencia de pulsaciones fluoroscópicas más baja. Por lo tanto, siempre que sea posible, debe considerarse la posibilidad de utilizar una frecuencia de pulsaciones más baja durante las inserciones del DAVC para reducir la exposición tanto del personal como de los pacientes.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: RB.
2. Concepción del estudio:
3. Diseño del estudio: MKB.
4. Obtención de los datos: MKB, CJW, RB, DC y EY.
5. Análisis e interpretación de los datos: MKB, CJW, RB, DC y EY.
6. Tratamiento estadístico: N.A.
7. Búsqueda bibliográfica:
8. Redacción del trabajo: MKB, CJW, RB.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: EY.
10. Aprobación de la versión final: MKB, CJW, RB, DC y EY.

Autoría

Mohamed K. Badawy: Aportaciones fundamentales al diseño, la recopilación, el análisis y la interpretación de los datos, la redacción del artículo y la aprobación final de la versión destinada a publicación.

Chris J Witkowski: Recopilación, análisis e interpretación de los datos; redacción del artículo y aprobación final de la versión destinada a publicación.

Riccardo Baldoni (autor para correspondencia): Recopilación, análisis e interpretación de los datos; redacción del artículo y aprobación final de la versión destinada a publicación.

Daniel Carrión: Recopilación, análisis e interpretación de los datos; y aprobación final de la versión destinada a publicación.

Ertan Yildirim: Aportaciones fundamentales al diseño, la recopilación y la interpretación de los datos, y la aprobación final de la versión destinada a publicación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Jonczyk M, Gebauer B, Rotzinger R, Schnapauff D, Hamm B, Colletini F. Totally Implantable Central Venous Port Catheters: Radiation Exposure as a Function of Puncture Site and Operator Experience. *In Vivo (Brooklyn)*. 2018;32:179–84.
- Galloway S, Bodenham A. Long-term central venous access. *Br J Anaesth*. 2004;92:722–34.
- Gebauer B, El-Sheik M, Vogt M, Wagner H-J. Combined ultrasound and fluoroscopy guided port catheter implantation-high success and low complication rate. *Eur J Radiol*. 2009;69:517–22.
- Vañó EC, Fernández JMS, Sánchez RMC, Ten JIM. Diagnostic reference levels in interventional radiology. *Radiologia*. 2013;55:17–24.
- Miller DL, Balter S, Dixon RG, Nikolic B, Bartal G, Cardella JF, et al. Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record for fluoroscopically guided procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 2012;23:11–8.
- Hart D, Hillier MC, Wall BF. National reference doses for common radiographic, fluoroscopic and dental X-ray examinations in the UK. *Br J Radiol*. 2009;82:1–12.
- Etard C, Bigand E, Salvat C, Vidal V, Beregi JP, Hornbeck A, et al. Patient dose in interventional radiology: a multicentre study of the most frequent procedures in France. *Eur Radiol*. 2017;27:4281–90.
- Greffier J, Etard C, Mares O, Pereira F, Defez D, Duverger C, et al. Patient dose reference levels in surgery: a multicenter study. *Eur Radiol*. 2019;29:674–81.
- Miller DL, Vanó E, Bartal G, Balter S, Dixon R, Padovani R, et al. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2010;33:230–9.
- Semeraro V, Susac A, Morasca A, D'Antonio F, Belli A-M. Foetal radiation dose during prophylactic occlusion balloon placement for morbidly adherent placenta. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2015;38:1487–93.
- Hansen JW, Foy A, Schmidt T, Ghahramani M, Chambers CE. Fluoroscopy pulse rate reduction during diagnostic and therapeutic imaging in the cardiac catheterization laboratory: An evaluation of radiation dose, procedure complications and outcomes. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2017;89:665–70.
- Cohen MD. Optimizing the use of pulsed fluoroscopy to reduce radiation exposure to children. *J Am Coll Radiol*. 2008;5:205–9.
- Silva LP, da, Mauricio CL, de P, Canevaro LV, Oliveira PS. Servico de H. Evaluation of radiation exposure to physicians during hemodynamic interventional procedures. *Radiol Bras*. 2008;41:319–23.
- Hernandez RJ, Goodsitt MM. Reduction of radiation dose in pediatric patients using pulsed fluoroscopy. *AJR Am J Roentgenol*. 1996;167:1247–53.
- Plumhans C, Mahnken AH, Ocklenburg C, Keil S, Behrendt FF, Günther RW, et al. Jugular versus subclavian totally implantable access ports: catheter position, complications and inpatient-perceived pain perception. *Eur J Radiol*. 2011;79:338–42.
- Beathard GA, Urbanes A, Litchfield T. Radiation dose associated with dialysis vascular access interventional procedures in the interventional nephrology facility. *Semin Dial*. 2013;26:503–10.
- Knebel P, Lopez-Benitez R, Fischer L, Radeleff BA, Stampfl U, Bruckner T, et al. Insertion of totally implantable venous access devices: an expertise-based, randomized, controlled trial (NCT00600444). *Ann Surg*. 2011;253:1111–7.
- Chida K, Kaga Y, Haga Y, Kataoka N, Kumasaka E, Meguro T, et al. Occupational dose in interventional radiology procedures. *Am J Roentgenol*. 2013;200:138–41.
- Little MP. Risks associated with ionizing radiation: Environmental pollution and health. *Br Med Bull*. 2003;68:259–75.
- Lee T, Shin SW, Choi D, Cho SK, Hyun D, Do YS, et al. Risk factors of radiation dose in patients undergoing peripherally-inserted central catheter procedure using conventional angiography equipment and flat panel detector-based mobile C-arm fluoroscopy. *Acta radiol*. 2014;55:1234–8.
- Edmonds KD. Diagnostic reference levels as a quality assurance tool. *Radiographer*. 2009;56:32–7.
- Rasekhi A, Foroughi AA, Zeinali-Rafsanjani B, Saeedi-Moghadam M, Zarei F, Nazeri M. Evaluation of Occupational and Patient Dose in Challenging Hemodialysis Catheter Placement. *Iran J Radiol*. 2017;14(3.).
- Komemushi A, Suzuki S, Sano A, Kanno S, Kariya S, Nakatani M, et al. Radiation dose of nurses during IR procedures: a controlled trial evaluating operator alerts before nursing tasks. *J Vasc Interv Radiol*. 2014;25:1195–9.
- Komemushi A, Tanigawa N, Aoki A. An observation study of radiation exposure to nurses during interventional radiology procedure. *IVR Interv Radiol*. 2010;25:470–5.
- Efstathopoulos EP, Pantos I, Andreou M, Gkatzis A, Carinou E, Koukorava C, et al. Occupational radiation doses to the extremities and the eyes in interventional radiology and cardiology procedures. *Br J Radiol*. 2011;84:70–7.
- Coppeta L, Pietroiusti A, Neri A, Spataro A, De Angelis E, Perrone S, et al. Risk of radiation-induced lens opacities among surgeons and interventional medical staff. *Radiol Phys Technol*. 2019;12:26–9.
- Bolch WE, Dietze G, Petoussi-Hens N, Zankl M. Dosimetric models of the eye and lens of the eye and their use in assessing dose coefficients for ocular exposures. *Ann ICRP*. 2015;44 1-suppl:91–111.