

# Estudio sobre el Riesgo y la Iatrogenia Involucrada en los Estudios Hemodinámicos intervencionistas XVII Congreso Argentino de Bioingeniería

I.B.M. Guillermo Avendaño, T.M. Cristian Fernández

*Departamento de Ingeniería Biomédica, Carrera de Tecnología Médica Universidad de Valparaíso*  
[guillermo.avendano@uv.cl](mailto:guillermo.avendano@uv.cl)

**Resumen**—Este trabajo analiza dos investigaciones relacionadas con la seguridad en el uso de rayos X. En primer lugar, realizada por profesionales de la Comisión Chilena de Energía Nuclear CCHEN en un Hospital de la Universidad de Chile para determinar los posibles efectos perjudiciales en pacientes sometidos a procedimientos angiográficos. En la Segunda investigación realizada por los autores, se estudian los efectos de la radiación dispersa y secundaria sobre el personal que trabaja en los procedimientos intervencionistas angiográficos en el hospital Gustavo Fricke de Viña del Mar con equipo de última generación. Los resultados indican que en ambos casos se sobrepasan los valores hasta los límites de seguridad para los pacientes como para los especialistas. El trabajo concluye que es necesario modificar los procedimientos para cambiar la técnica y las normas disponibles en el país.

**Palabras clave**— Yatrogenia, Seguridad radiológica, Normas de seguridad, intervencionismo.

## I. INTRODUCCIÓN

LA radiación X es peligrosa por dos motivos, dosis<sup>1</sup> elevadas pueden causar efectos dañinos inmediatos, como enrojecimiento de la piel, formación de ampollas, eliminación de líquidos, heridas de difícil cicatrización e incluso, con dosis suficientemente altas en un periodo de tiempo breve, la muerte. Otro es el caso de dosis bajas pero constantes, ya que implican riesgo de cáncer y de daños fisiológicos a nivel celular, generando efectos dañinos a largo plazo (Efecto Kasavian), los que se pueden clasificar desde diferentes conceptos, de acuerdo a los daños generados se tienen efectos agudos o crónicos, según el efecto celular se tienen daños somáticos o teratogénicos, [1].y finalmente, de acuerdo a la certeza del daño se pueden tener daños estocásticos o determinísticos, en relación con la magnitud de la radiación recibida, por todo esto es importante determinar el riesgo involucrado en la utilización de radiación X durante procedimientos de cierta duración y en los cuales se aplica radiación fluoroscópica a los pacientes durante varios minutos, permaneciendo además el personal médico y paramédico en la proximidad de los pacientes por la naturaleza de los procedimientos intervencionistas como los estudios hemodinámicos cardíacos y encefálicos.

Tanto el supuesto generalizado de que los fabricantes incorporan medidas de protección en los equipos y que los procedimientos estandarizados de adquisición de información son adecuados para evitar los efectos yatrogénicos de la radiación, son analizados en este trabajo basado en dos investigaciones distintas, una centrada en los

pacientes y la otra enfocada a los efectos en el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE).

## II. OBJETIVOS

1. Determinar los niveles de radiación generados sobre pacientes y personal de salud con equipos de rayos X en procedimientos intervencionistas.
2. Evaluar potenciales efectos biológicos.
3. Determinar posible efectos yatrogenicos sobre pacientes y efectos de salud ocupacional sobre el personal.
4. Generar pautas para la reformulación y nuevas normas de seguridad radiológica.

## III. MATERIALES Y METODOLOGIA

El primer estudio pretende definir estrategias de acción para mejorar la protección del paciente y del personal involucrado.

Estudia a 18 pacientes que reciben radiación primaria en procedimientos de cineangiocoronografía.

La radiación se mide como Dosis Absorbida (mGy) con dosímetros de termoluminiscencia de Fluoruro de Litio.

Se utiliza un Angiógrafo Angioscop D y generador Polidoros 80 de técnica multipulso (generación 80-90) del Hospital Clínico de la Universidad de Chile.

Para los pacientes, se consideró edad, peso, talla e índice de masa corporal (IMC).

En cuanto a procedimientos, se tomó en cuenta la duración de la fluoroscopia (min), duración del procedimiento total (minutos), kilovoltaje (kV) aplicado a cada paciente, y miliamperaje máximo (mA).

Para la segunda investigación se utilizó un equipo de angiografía cuyos datos se dan a continuación y un fantoma simulador del tórax de un paciente (pulmones, corazón mediastino, costillas).

Especificaciones básicas de Angiógrafo Siemens ARTIS DF (2004) del Hospital Dr. Gustavo Fricke, Viña del Mar:

Generador de rayos X multipulso con calculador de la carga del tubo y exposímetro totalmente automático.

El equipo utiliza panel plano sin intensificador de imagen (radiología digital).

Los valores de kV, mA, duración del pulso, filtro ADF y diafragma de iris se preestablecen para la adquisición.

Funcionamiento continuo: Máx. 125 kV, 24 mA.

Niveles máximos de exposición: 125 kV, 640 mA; 80 kV, 1000 mA.

El instrumento de medición usado tiene los siguientes datos técnicos y estaba dentro del rango de uso de su calibración.

<sup>1</sup> Dosis: Cantidad de radiación recibida por una persona en un determinado intervalo de tiempo.

Marca VICTOREEN  
 Modelo 450P  
 Detector interno: Cámara de ionización presurizada  
 Fuente de Calibración Cs-137  
 Calibración: Dentro del periodo de uso

En el segundo estudio se analizaron los efectos no sobre los pacientes, sino sobre el POE. El concepto central es entender que la radiación primaria aplicada al paciente se convierte parcialmente en radiación secundaria, producto de reflexión o rebote desde el cuerpo del paciente con un nivel menor de energía pero con potencialidades yatrogénicas normalmente ignoradas. [2].

Se irradiaó al “paciente” desde diversas proyecciones usuales en procedimientos angiográficos, con diferentes técnicas y modos de generación de fluoroscopia.

Se consideró como imprescindible la presencia del personal que participa en cada procedimiento intervencionista, como enfermera, arsenalera, tecnólogo y cardiólogo.

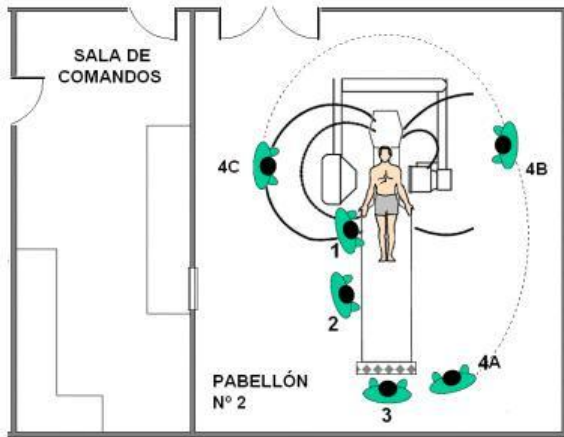


Fig 1.: Ubicación del personal expuesto a radiación.

TABLA I

SITUACION DEL PERSONAL CON RESPECTO AL ISOCENTRO

PUESTO DE TRABAJO	TRABAJADOR	DISTANCIA RESPECTO DEL ISOCENTRO	NUMERO DE MEDICIONES	
			Fluoroscopia	Cinefluorografía
1	Primer Cardiólogo	95 cm / 0,95 mts.	14	14
2	Segundo Cardiólogo ó Arsenalera.	165 cm / 1.65 mts.	14	14
3	Tecnólogo Médico	268 cm / 2.68 mts.	14	14
4A	Posición “A” de la Enfermera.	230 cm / 2.5 mts.	14	14
4B	Posición “B” de la Enfermera.	90 cm / 0.9 mts.	14	14
4C	Posición “C” de la Enfermera.	120 cm / 1.2 mts.	14	14

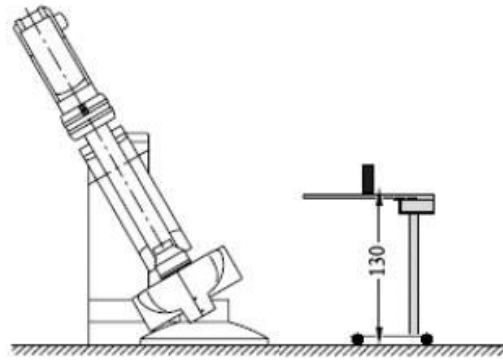


Fig 2.: Representación esquemática de la ubicación del detector de radiación.

Se presenta la distribución de la radiación secundaria en un solo plano, mediante curvas de iso-exposición; y la forma gráfica en que la modificación de algunos parámetros de exploración genera cambios en los niveles de radiación detectados.

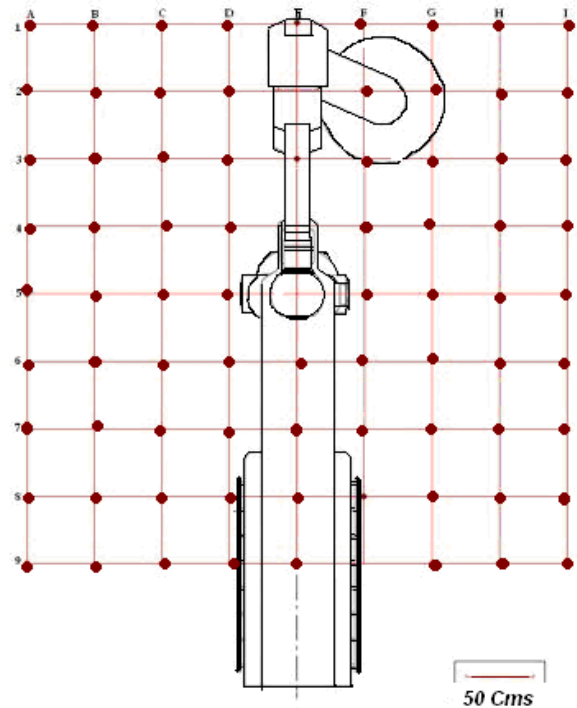


Fig 3.: Cuadrículo de medición

Los valores de las mediciones se entregan mediante el formato de tasa de exposición (mR/h). Estas se obtienen sin la mediación de ningún elemento de blindaje, para luego poder evaluar la eficiencia de los elementos de protección radiológica utilizados por el POE durante la realización de los procedimientos.

#### IV. RESULTADOS 1º ESTUDIO

El primer estudio no considera las diferencias generadas por las proyecciones radiográficas utilizadas, y en él no se hicieron diferencias en lo relativo a los procedimientos, es decir, el uso de fluoroscopia continua o pulsada. Se incluyó en la radiación recibida por el paciente la adición de lo aportado por la fluoroscopia y la cine fluoroscopia. Tampoco se especificó la distancia del foco al paciente y la posición relativa del intensificador de imagen, ni el tipo de proyección involucrada y su importancia relativa en esta clase de estudio.

Se destaca la importancia de la buena colimación y el uso de filtros para radiación secundaria.

De los resultados se deduce que la radiación recibida por los pacientes varía considerablemente, desde 30 mGy hasta cerca de 800 mGy, con un promedio del orden de los 250 mGy. No es posible relacionar el nivel de radiación con el tiempo de fluoroscopia o con el tiempo del procedimiento.

El nivel más elevado corresponde al valor del mayor kilovoltaje utilizado en los estudios.

Se concluyó que los niveles de radiación (dosis en piel a pacientes) son **“superiores a los valores que en forma consensuada se consideran seguros para los operadores de este tipo de equipos”**. [3].

Cada profesional vinculado a estos procedimientos, debería recibir una dosis anual del orden de 20 mSv. Ya que la OIEA considera que 50 mSv es el límite con un máximo aceptable de 100 mSv en 5 años.

Los valores de radiación recibida por los detectores a nivel de escápula, están en promedio en el orden de 200 mSv, muy por encima de lo que puede recibir en un año un operador, y también por encima de los datos entregados por los fabricantes como dosis alta de los equipos. [4]. (40 mGy/min).

#### V. RESULTADOS 2º ESTUDIO

El equipo en un 83% está destinado a coronariografías y angioplastías. El estudio sin pacientes permite hacer cambios en la modalidad de los estudios sin ocuparse de la optimización de la dosis.

Este estudio genera curvas de iso-exposición que muestran la distribución de la radiación de acuerdo a la posición adoptada por el tubo de rayos X y el detector flat-panel.

Se analizaron tres proyecciones angiográficas anteroposterior (AP), oblicua izquierda (OAI) y lateral (LAT 90). (modificación progresiva en 45 grados)

Por el tipo de estudio se midió exposición y no dosis absorbida (mR, en lugar de mGy). En la proyección AP se variaron los siguientes parámetros:

- Distancia entre flan-panel y fantoma.
- Altura de la mesa con respecto al suelo.
- Variaciones en el tamaño del campo de visión.
- Variación del número de pulsaciones por segundo de la radiación proveniente del generador multipulso.

#### VI. DISCUSIÓN

Se dibujaron gráficos de distribución de la exposición que nos indican comparativamente cuales son las proyecciones de mayor riesgo para el personal.

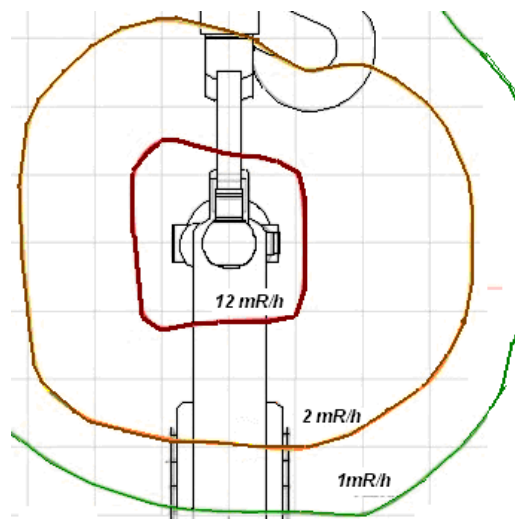


Fig 4.: ISO-Exposición en AP

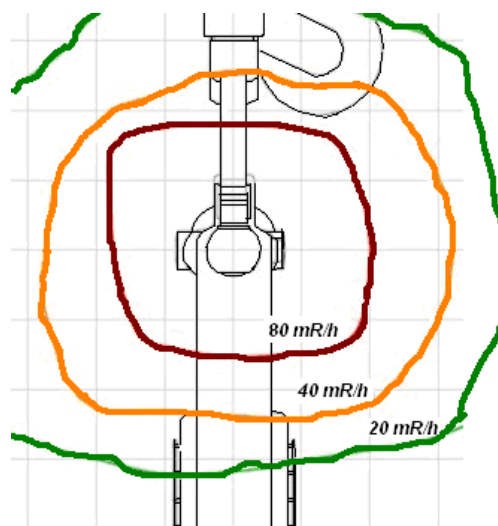


Fig 5.: ISO-Exposición en OAI 45

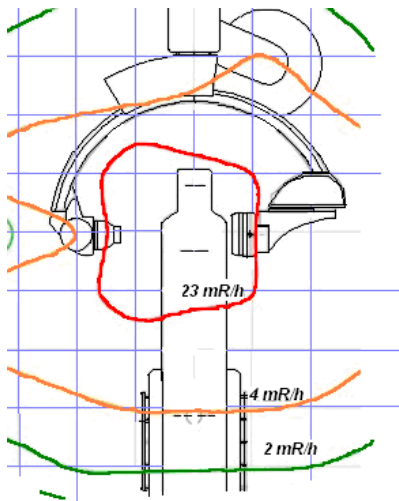


Fig 6.: ISO-Exposición en LAT

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se pudo determinar que las curvas de iso-exposición demuestran que de las tres proyecciones estudiadas, la que genera mayor nivel de exposición a la radiación secundaria es la OAI 45. Al analizar los valores se puede comprobar que *la exposición a la radiación ionizante secundaria sin elementos de protección radiológica genera en el cardiólogo, enfermera 4B y enfermera 4C valores superiores al límite legal permitido (2.5 mR/h).*

Se aprecia que el punto más caliente es siempre el comprendido dentro del diámetro del isocentro y el tubo de rayos X.

Es importante destacar que la distribución de los niveles de radiación sigue el movimiento conjunto del Arco C, encontrándose los niveles más elevados siempre en zonas cercanas al flat-panel y en menor orden, al tubo de rayos X.

Se determinó que la reducción del campo de 25 cm a 16 cm genera un aumento de 117% en la radiación.

Se recomienda usar protector colgante del techo y adicionales al delantal plomado como los lentes plomados los cuales reducen la radiación en 97%.

Se recomienda reducir número de proyecciones y ajustar la proyección OAI 50/35, proporcionando un menor grado de caudalidad y de angulación izquierda.

Se recomienda usar radioscopia pulsada con menor número de pulsos que de imagen adecuada (15 pulsos en vez de 30).

Se propone cambiar la legislación y modificar reglamentos de trabajo en intervencionismo, hacia la mejor seguridad. [5]. En concreto se propone reducir los niveles de radiación aceptables y formular normatividad mas exigente en lo relacionado con la protección incorporada a los equipos y la protección condicional incorporada por el propio personal a través del uso de medios técnicos.

TABLA 2  
EXPOSICION Y PUESTO DE TRABAJO

Distancia entre Flat-panel y mesa:	20 cm.	Altura de la mesa con respecto al suelo:	104 cm.
Distancia entre Flat-panel Tubo:	97 cm.	Tamaño del campo de visión:	25 cm.
Distancia entre Flat-panel y Fantoma:	12 cm.	Altura del detector con respecto al suelo:	130 cm.

PUESTO	PROYECCION	FLUOROSCOPIA mR/h			CINE mR/h		
		Valor	Kv	mA	Valor	Kv	mA
1	AP	4,90	66	67	63,00	64,5	428
2	AP	0,87	66	67	5,70	64,5	425
3	AP	0,25	66	68	2,00	64,5	426
4A	AP	0,29	66	67	2,30	64,5	427
4B	AP	7,20	66	66	56,00	64,5	427
4C	AP	4,80	66	66	30,00	64,5	425

TABLA 3  
EXPOSICION Y PROYECCION SOBRE EL PERSONAL

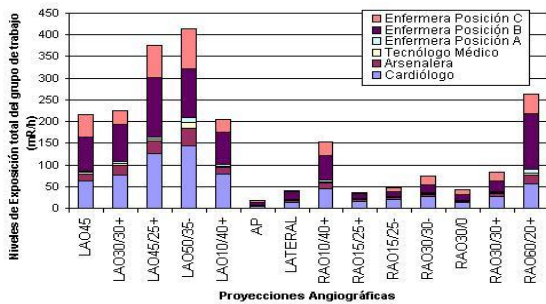


TABLA 4  
EXPOSICION DEL POE A RADIACION SECUNDARIA EN UN ESTUDIO CORONARIO

	Exposición promedio (mR/h)	Duración del examen (horas)	Exposición Final SIN protección Plomada	Exposición promedio (mR/h)	Duración del examen (horas)	Exposición Final SIN protección Plomada	Exposición Total SIN protección Plomada	Exposición Total CON protección Plomada
Cardiólogo	30,96	0,048	2,45	0,011	301,6	3,32	5,76	0,17
Arsenalera	13,12		0,63		76,1	0,84	1,47	0,04
Tecnólogo Médico	3,09		0,15		15,7	0,17	0,32	0,01
Enfermera 4A	3,44		0,17		20,1	0,22	0,39	0,01
Enfermera 4B	55,64		2,67		269,0	2,96	5,63	0,17
Enfermera 4C	30,65	1,47	183,3	2,02	3,49	0,10		

REFERENCIAS

- [1] CIEMAT Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas “Curso de protección Radiológica para dirigir instalaciones de Rayos X con Fines Diagnósticos” 1997
- [2] C. Fernandez, (2006) “Detección y Medición de Radiación Ionizante Secundaria Generada Por Un Equipo de Angiografía Coronaria” Tesis de Grado Tecnología Médica Universidad de Valparaíso.
- [3] M. L Ramirez A., Leyton et al. “Radiación Ionizante a Pacientes Por Haz Primario Durante Cineangiografía Coronaria” Rev. Hospital Clínico U. de Chile Vol 12 N° 1: 5-11. 2001
- [4] CCHEN) .Comisión Chilena De Energía Nuclear “Reglamento de protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas” Reglamento N° 3 enero 1985
- [5] ”NCH 2120/7 OF98 Norma Chilena Oficial Sustancias Peligrosas Parte 7 clase 7 Sustancias Radiactivas INN CIN 13300 1998