

# DESARROLLO DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO PARA EL REGISTRO DE DOSIS POR EXPOSICIONES MÉDICAS

López, A.<sup>1</sup>, Sáez, R.<sup>2</sup>, Palau, A.<sup>1</sup> y Martín, J.M.<sup>1</sup>

1. Departamento de medicina Nuclear, HCQ "Hermanos Ameijeiras", Cuba

<sup>2</sup> INSTEC, Cuba

## RESUMEN

Durante los últimos años, la introducción de nuevas tecnologías diagnósticas y terapéuticas que emplean radiaciones ionizantes, ha provocado un incremento significativo de la exposición médica. Cuantificar la magnitud de la dosis que reciben en total los pacientes es un importante objeto de estudio que permitirá caracterizar los efectos de la radiación. Los parámetros físicos medibles que se relacionan con la dosis absorbida que recibe el paciente son variados y responden de forma concreta a la técnica diagnóstica o terapéutica en específico, teniendo sólo un punto en común: la dosis efectiva. En las circunstancias actuales, conocer y registrar las dosis absorbidas de forma precisa por paciente no es posible, por lo que obtener una dosis acumulativa de cualquier tipo carece de sentido físico. El desarrollo de un sistema que registra las exposiciones que ha sufrido el paciente y suma las dosis efectivas promedio reportadas por la literatura; es una opción viable bajo las circunstancias actuales. Este programa utiliza una base de datos de las dosis efectivas típicas que producen los estudios más usados en Radiología y permite registrar las exposiciones del paciente por su Carnet de Identidad y estimar la dosis efectiva total que ha recibido por este concepto. Emplea en el caso de MN los valores de actividad y el radiofármaco administrado. El programa fue verificado utilizando los resultados de un estudio anterior de las dosis recibidas por 38 pacientes, la diferencia absoluta promedio fue  $\pm 0.36$ . Este programa permite estimar de forma global los montos de dosis que reciben los pacientes por diferentes conceptos y trazar políticas que favorezcan la protección radiológica de diferentes grupos de riesgo, aunque no se puede utilizar para estimar el riesgo individual del paciente. Se recomienda incorporar resultados de estudios cubanos que mejoren la estimación de dosis.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la introducción de nuevas tecnologías diagnósticas y terapéuticas que emplean radiaciones ionizantes, ha provocado un incremento significativo de la exposición médica de pacientes. Las causas fundamentales es el aumento de las técnicas disponibles, de las aplicaciones médicas que estas poseen y de las dosis de radiación que producen estas tecnologías.

Las exposiciones médicas están sujetas a los principios de justificación y optimización, pero no al principio de limitación de dosis, por considerarse que el beneficio que le aportan al paciente es significativamente superior al riesgo que esta le produce. Sin embargo, ante la magnitud y el incremento de la exposición médica surge la preocupación por controlar y estudiar la dosis que el paciente acumula a lo largo del tiempo, analizando la probabilidad de registrar las mismas y obtener esa información sistemáticamente. Este trabajo analizó la situación concreta del país con vistas a establecer un registro de dosis por paciente.

---

<sup>1</sup> E-mail del Autor. adlin@infomed.sld.cu

La magnitud dosimétrica por excelencia es la dosis absorbida en un órgano a tejido, se define como la relación entre la energía media absorbida por un volumen elemental de masa y la masa de dicho volumen. Sin embargo, esta magnitud no está disponible en los distintos equipos médicos durante la exposición del paciente, ni es fácilmente medible. Para caracterizar las diversas exposiciones médicas se han obtenido parámetros dosimétricos descriptivos que “reflejan” o “se relacionan” con la dosis absorbida que estos producen.

En Medicina Nuclear la dosis en el paciente depende del radionúclido, la actividad administrada, el radiofármaco y sus características, la biodistribución y farmacocinética del radiofármaco en el organismo, influenciada por el paciente y sus particularidades morfo-funcionales. Desde el punto de vista práctico la dosis que recibe el paciente se “estima” a partir de la actividad del radiofármaco administrado, pero esta estimación puede conducir a errores significativos.

En radiología convencional la dosis absorbida depende de la energía y de la fluencia de rayos X (kV y mAs empleados), el tamaño del campo, las características del equipo y las películas radiográficas, así como del tamaño, densidad y forma del órgano del paciente en concreto. De forma práctica se relaciona con la dosis en la superficie de entrada (ESD), que se ha medido mediante TLD y/o evaluado a través del factor de salida.

En tomografía axial computarizada (TC) la dosis absorbida se relaciona con el kV y mAs por rotación, la longitud de exploración, el pitch (factor de paso/avance), el espesor del corte, las características del equipo TC, así como del tamaño, densidad y forma del órgano del paciente en concreto. Esta se estima a través del Índice de dosis en tomografía computada (CTDI) o del producto dosis longitud (DPL), variables que ya registran los sistemas más modernos dentro del formato DICOM de las imágenes, pero que no son la dosis real en el paciente.

En radiología intervencionista, las dosis producidas por fluoroscopia dependen de la energía del haz y la filtración, la colimación, la distancia foco-piel, la distancia paciente-intensificador de imagen, la magnificación de imagen, el uso de rejilla, y de forma muy importante del tiempo de irradiación y las características del paciente. De forma práctica la dosis absorbida en piel se relaciona con el producto dosis-área (DAP), que ya reportan los equipos modernos para ayudar a proteger al paciente.

Estos parámetros son variados y responden de forma concreta a la técnica diagnóstica o terapéutica en específico, teniendo sólo un punto en común: la dosis efectiva, magnitud de protección radiológica que no tiene valor paciente-específico.

Estos parámetros descriptores y la propia dosis efectiva se utilizan para comparar protocolos, comparar técnicas, probar la constancia de los equipos, y para evaluar riesgos radiológicos para el paciente. En las circunstancias actuales, conocer y registrar las dosis absorbidas de forma particular por un paciente no es posible, por lo que obtener una dosis acumulativa de cualquier tipo carece de sentido físico. El desarrollo de un sistema que registra las exposiciones que ha sufrido el paciente y la suma las dosis efectivas promedio reportadas por la literatura; es una opción más viable bajo las circunstancias actuales, objeto de este trabajo.

## 2. MATERIALES Y METODOS

La sociedad cubana tiene asignado un código único a cada persona que reside en Cuba, este número de identidad es el factor común de todos los documentos legales incluido la historia clínica. Utilizarlo como código para registrar las exposiciones médicas en un programa, es factible y práctico porque permitirá en un futuro extraer los datos de todos los registros de las diferentes instituciones.

Se decidió utilizar, para desarrollar el programa, el software CodeGear Delphi 2009 de Embarcadero Technologies, debido a todas las herramientas que brinda para el desarrollo de aplicaciones visuales en Windows y se escogió como nombre "APOLO" (dios de la luz y el sol para los griegos).

Su funcionamiento se basa en Bases de Datos, ficheros que contienen la información fundamental para el funcionamiento de un programa y su uso puede ser común a través de la red (simultáneamente por varios ordenadores).

APOLO utilizó sólo 2 Bases de Datos: "Bases.mdb" y "MNF.mdb". Una dirigida a almacenar las constantes requeridas para la estimación de las dosis y otra para el registro de los pacientes. Para su creación se toman en cuenta los parámetros de compatibilidad y soporte, por lo que se decide utilizar el Microsoft ACCESS 2010. El acceso a ellas fué manejado internamente en el programa por Microsoft Jet 4.0 OLE DB provider.

Por su parte el registro de exámenes a los pacientes se prevé en dos formularios: uno para el departamento de Medicina Nuclear y otro para estudios de Radiología. El registro de un examen, siempre requiere de la fecha en que este se realizó y en el caso de medicina nuclear la actividad en MBq o mCi que fue suministrada. Para radiología los datos para las dosis almacenados en las Bases de Datos provienen de distintas fuentes, como resultado de una extensa búsqueda bibliográfica, mientras que los de MN provienen del RADAR (Medical Procedure Radiation Dose Calculator and Consent Language Generator Actual) y de la publicación ICRP-60: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceutical.

Para establecer el correcto funcionamiento del software se realizaron un conjunto de pruebas (al menos una por cada examen en las bases de datos), donde la estimación de dosis se efectúa manualmente con el empleo de las ecuaciones y de las constantes seleccionadas.

### 2.1 Proceso de validación

Para establecer el correcto funcionamiento del software se realizaron un conjunto de pruebas (al menos una por cada examen en las bases de datos), donde la estimación de dosis se efectúa manualmente con el empleo de las ecuaciones y de las constantes seleccionadas. La comprobación se realiza instantáneamente y se acepta que el funcionamiento es correcto solo si en todos los casos prueba coinciden exactamente los valores teóricos con los prácticos.

Dado que el funcionamiento del programa se limita al uso de las constantes de las Bases de Datos y empleo de las fórmulas descritas por los métodos de estimación de dosis

adoptados, la validación de los resultados puede efectuarse comparando un grupo importante de casos prueba.

Se escogieron un grupo de 38 pacientes (16 mujeres y 22 hombres) cuyas historias clínicas habían sido estudiadas con anterioridad como parte de un conjunto de pruebas radiológicas llevadas a cabo en el Hospital Clínico Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras” de La Habana, para poder comparar los resultados. Dicho estudio comprendía exámenes de pacientes que padecían enfermedades de la columna vertebral o hernia discal. La comprobación se realizó calculando las diferencias absolutas y relativas y empleando un estadígrafo Test de Student.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

Se conformó y programó una herramienta informática que permite tener un registro individual de los exámenes de medicina nuclear y radiología, que los pacientes van acumulando durante un tiempo definido y el monto total de la Dosis Efectiva Estimada.

Para la conformación de reportes estadísticos u otros datos de interés, se implementó un formulario de búsquedas generales que posibilite la combinación de varios parámetros de búsqueda con fin de realizar búsquedas del tipo simple o combinado, ejemplo:

- Pacientes con la mayor dosis efectiva.
- Pacientes con dosis efectivas superiores a una dosis corte (ejemplo 50mSv).
- Mujeres con dosis efectivas comprendidas en un rango determinado.
- Dosis efectivas en u rango de interés en rangos restringidos de edad.

Durante la revisión bibliográfica se extrajeron los datos necesarios para la estimación de dosis. Seguidamente se creó el archivo “Bases.mdb” para su almacenamiento y uso posterior por el software. También se creó una BD para el registro de pacientes.

En las figuras 1 y 2 se observa cómo quedaron constituidos los formularios para el registro de pacientes y de exámenes respectivamente.



The image shows a software window titled "Registrar:" with a close button (X) in the top right corner. The form contains the following fields and controls:

- Nombre:** A text input field.
- 1er Apellido:** A text input field.
- 2do Apellido:** A text input field.
- Sexo:** Radio buttons for "F" (selected) and "M".
- Dirección:** A text input field.
- Paciente CI:** A text input field.
- At the bottom, there are two buttons: "Limpiar" and "Registrar".

**Figura 1: Formulario de registro de pacientes de APOLO.**

**Registro de Medicina Nuclear:**

Paciente: **Laudis Pupo Alegría**

Dosis Efectiva: **9,620 mSv**

No.	Test	Act (mCi)	Fecha
1	I-123 MIBG	20	10/12/2013

Test de Medicina Nuclear:

- H-3 Azucar
- C-14 Urea, Normal
- C-14 Urea, Helicobacter positivo
- Co-57 Cianocobalamina, IV no carrier
- Co-57 Cianocobalamina, IV con carrier
- Co-57 Cianocobalamina, Oral no flushing

Actividad(mCi):  Fecha:

**Registro de Radiología:**

Paciente: **Laudis Pupo Alegría**

Dosis Efectiva: **2,117 mSv**

No.	Test	Fecha
1	TAC Cráneo	10/12/2012

Grupo:  Fecha:

Test:

- TAC Pelvis
- TAC Tórax-Abdomen-Pelvis
- TAC Columna lumbar
- TAC Columna dorsal
- TAC Columna Cervical
- TAC Angiografía pulmonar
- Mamografía

**Figura 2: Formularios para registro de exámenes de APOLO. a) Registro para exámenes de medicina nuclear. b) Registro para exámenes de radiología.**

### 3.1 Validación

La validación del sistema se llevó a cabo con los casos prueba y no se obtuvieron diferencias significativas ( $P > 0.95$ ). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2. Las diferencias absolutas fueron menores de 1mSv.

**Tabla 2 Resultados de las pruebas radiológicas efectuadas.**

Paciente	Dosis Ref. (mSv)	Dosis APOLO (mSv)	Paciente	Dosis Ref. (mSv)	Dosis APOLO (mSv)
YQH	8,6	8,273	LMA	8,6	8,273
MHF	6,2	6,073	LPA	17,6	17,002
AGL	8,6	8,283	LMGG	7,7	6,89
MMA	3,8	2,718	CRRP	4,8	4,417
BJBP	9,5	9,821	JHC	2,4	2,200
EDP	2,4	2,200	VMF	3,5	3,036
BMV	11,0	10,500	LAR	8,6	8,273
AMMV	2,8	2,334	JMGH	2,4	2,200
MERL	9,4	9,166	NLA	14,8	14,473
LNA	8,6	8,273	JVA	6,2	6,073
EML	8,6	8,273	RCR	0,02	0,017
DChR	2,4	2,200	YSR	8,6	8,273
ZGG	8,6	8,273	FHU	2,4	2,200
DCO	0,4	0,134	WAB	2,4	2,200
EMC	2,4	2,200	ENT	8,6	8,273
MAAR	2,4	2,200	JACS	9,3	8,965
RRP	11,4	10,929	JACE	8,6	8,273
RHP	4,8	3,551	LGMM	2,4	2,200
MAAR	2,4	2,200	ISVH	2,0	2,117

Las discrepancias que pueden apreciarse entre los valores de las dosis efectivas, se deben fundamentalmente al empleo que realiza APOLO de bibliografías actualizadas con nuevos reportes de dosis, que reflejan estadísticas de UNSCEAR, ICRP, ACR, etc. El estudio de referencia fue realizado en 2009 y empleó valores de algunos estudios locales realizados entre los años 2002-4. La bibliografía empleada en este trabajo es de mayor potencia estadística por el mayor número de pacientes y la variabilidad de protocolos y prácticas que engloba.

#### 4. CONCLUSIONES

Se dispone de un sistema automatizado para registrar las exposiciones médicas individuales y calcular las dosis efectivas teóricas que esta pudo ocasionar al paciente. No permite evaluar el riesgo individual del paciente, pero sí estudiar de forma global los montos de dosis que reciben los pacientes por diferentes conceptos y trazar políticas que favorezcan la protección radiológica de diferentes grupos de riesgo.

#### 5. RECOMENDACIONES

- Implementar el software APOLO en los distintos hospitales del país.
- Realizar estudios dirigidos a perfeccionar las bases de datos con las dosis típicas de los pacientes cubanos.
- Anexar el software, como variante anexa al sistema GALEN, sistema de gestión hospitalaria cubano que maneja los turnos y resultados de los diferentes medios diagnósticos. SE recomienda implementar algunas otras facilidades asociadas, durante la entrega de turnos, como alertar sobre las exposiciones repetidas en corto tiempo, montos de dosis significativas en un tiempo determinado, etc. que eviten la repetición desconocida de exámenes y favorezcan la optimización de las técnicas que contemplan el uso de las radiaciones ionizantes.

#### 6. REFERENCIAS

1. UNSCEAR, Report to the General Assembly, Vol. 1, Annex A: Medical Radiation Exposure, 2008.
2. Stein EG, Haramati LB, Bellin E, Ashton L, Mitsopoulos G, Schoenfeld A, Amis ES. Radiation exposure from medical imaging in patients with chronic and recurrent conditions. *J Am Coll Radiol* 7: 351–359, 2010
3. Chen J, Einstein AJ, Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, Ross JS et al. Cumulative exposure to ionizing radiation from diagnostic and therapeutic cardiac imaging procedures: A population-based analysis. *J Am Coll Cardiol* 56: 702–711, 2010.
4. Vano E, Kleiman NJ, Duran A, Rehani MM, Echeverri D, Cabrera M. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat Res.* 2010 Oct; 174(4):490-5.
5. Balter S, Hopewell JW, Miller DL, Wagner LK, Zelefsky MJ. Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair. *Radiology.* 2010 Feb;254(2):326-41.
6. Lamia Ait-Ali, Maria Grazia Andreassi, Ilenia Foffa, Isabella Spadoni,

Eliseo Vano, Eugenio Picano. Cumulative patient effective dose and acute radiation-induced chromosomal DNA damage in children with congenital heart disease. *Heart* 2010;96:269-274.

7. Bolch W. E., Eckerman K.F., Sgouros G, Thomas S.R. MIRD Pamphlet No. 21: A Generalized Schema for Radiopharmaceutical Dosimetry - Standardization of Nomenclature *J Nucl Med* 2009;50:477-484.
8. National Research Council. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington, DC: National Academies Press, 2006.
9. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection: ICRP publication 103. *Ann ICRP* 2007;37(2-4):1-332.
10. RADAR Medical Procedure Radiation Dose Calculator and Consent Language Generator Actual. Disponible en: URL: <http://www.stanforddosimetry.com/>. Visitado en febrero del 2012.

### 3. CONCLUSIONES

Presentar resumidamente las conclusiones del trabajo y las recomendaciones si las hubiere.

### 4. REFERENCIAS

Escribir los títulos y nombres de las revistas o libros en el idioma original.

1. Autores, A., "Título", *Journal Name en Itálica*, **Volumen en Negrita**, pp.xx-xxx (año).
2. Autores, B., "Article Title," *Proceeding de Reunión en Itálica*, Lugar, Fecha de la Reunión, Vol. Nro, pp.xx-xxx (año).
3. Autores, C., *Título del Libro en Itálica*, Editorial, Ciudad y País (año).
4. "Spallation Neutron Source: The next-generation neutron-scattering facility for the United States," [http://www.sns.gov/documentation/sns\\_brochure.pdf](http://www.sns.gov/documentation/sns_brochure.pdf) (año).