

III JORNADA DE INTEGRACIÓN ATRI - SRIU

DOSIS – E.I.



LIC. CARLOS MOREIRA



TRANSICIÓN DE RADIOLOGÍA CONVENCIONAL A DIGITAL

- Recientemente se han sustituido muchos equipos convencionales radiográficos y fluoroscópicos por técnicas digitales en países industrializados
- La radiología digital se ha convertido en un reto con posibles ventajas y desventajas
- El cambio de radiología convencional a digital requiere formación adicional



IAEA

International Atomic Energy Agency

TRANSICIÓN DE RADIOLOGÍA CONVENCIONAL A DIGITAL

- **Menor dosis** de radiaciones para el paciente y el operador.
- **Formación directa de imagen:** Así, en tomografía y resonancia magnética la única imagen que se dispone es precisamente la digitalizada.
- **Menor cantidad de material contaminante** (Plomo, Químicos de revelador y fijador).
- **Ahorros económicos:** placas radiográficas, ahorro en la compra de reveladores y fijadores, ahorro en la compra y mantenimiento de procesadoras de placas y equipos de revelado.
- **Disminución del espacio físico** para guardar las imágenes, uso de archivos digitales.
- **Diagnóstico remoto** y envío de resultados por intranet hospitalaria o internet, brindando rapidez, practicidad y posibilidad de interconsulta entre profesionales al instante.
- Alto contraste de las imágenes digitales, uso de monitores especiales software con herramientas de procesamiento que ayudan al médico, facilitando y mejorado el diagnóstico.

DOSIS

- La experiencia ha demostrado que en muchos departamentos radiológicos que han hecho la transición a sistemas digitales, *la dosis de los pacientes se ha incrementado* a pesar de la potencialidad que conllevan estos sistemas para la disminución de la dosis respecto a los sistemas tradicionales.

La información diagnóstica que ofrecen los modernos detectores digitales puede ser igual o superior a la de los sistemas convencionales de película-pantalla, con dosis de radiación similares.



ICRP

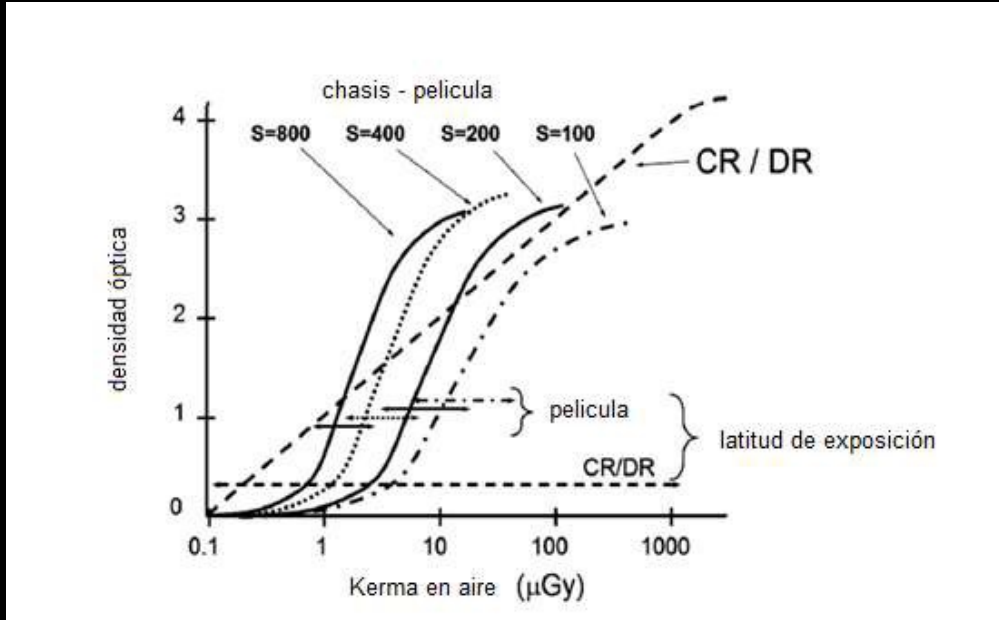
PUBLICACIÓN 93

Gestión de la dosis al paciente en radiología digital





Esta técnica tiene ventajas indiscutibles como son su *amplio rango dinámico*, o sea la razón entre el máximo y mínimo de dosis que puede recibir un receptor de imagen sin deteriorar o distorsionar la imagen, además las funciones de pos procesamiento debido al desarrollo de los software de tratamiento de imágenes, y las posibilidades de archivo y transferencia (PACS) son indiscutibles



ICRP
PUBLICACIÓN 93
Gestión de la dosis al paciente en radiología digital

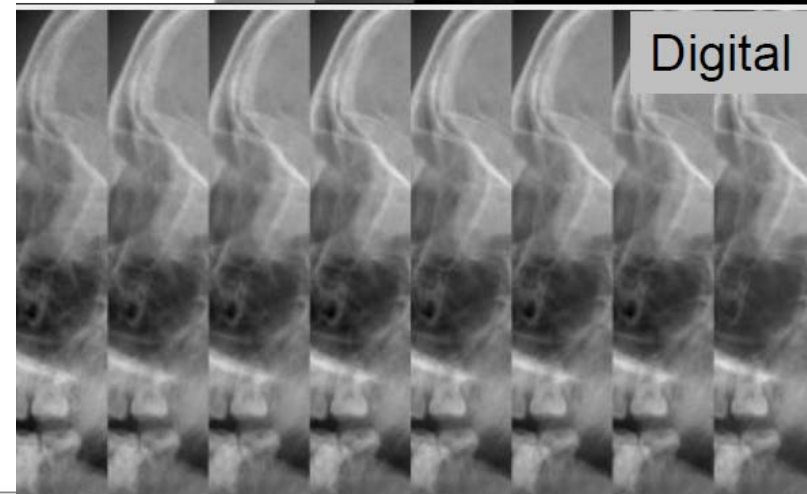
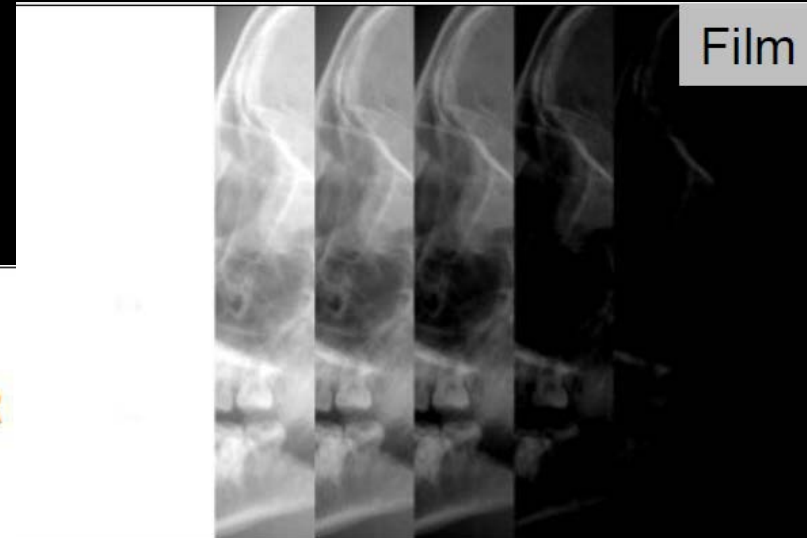
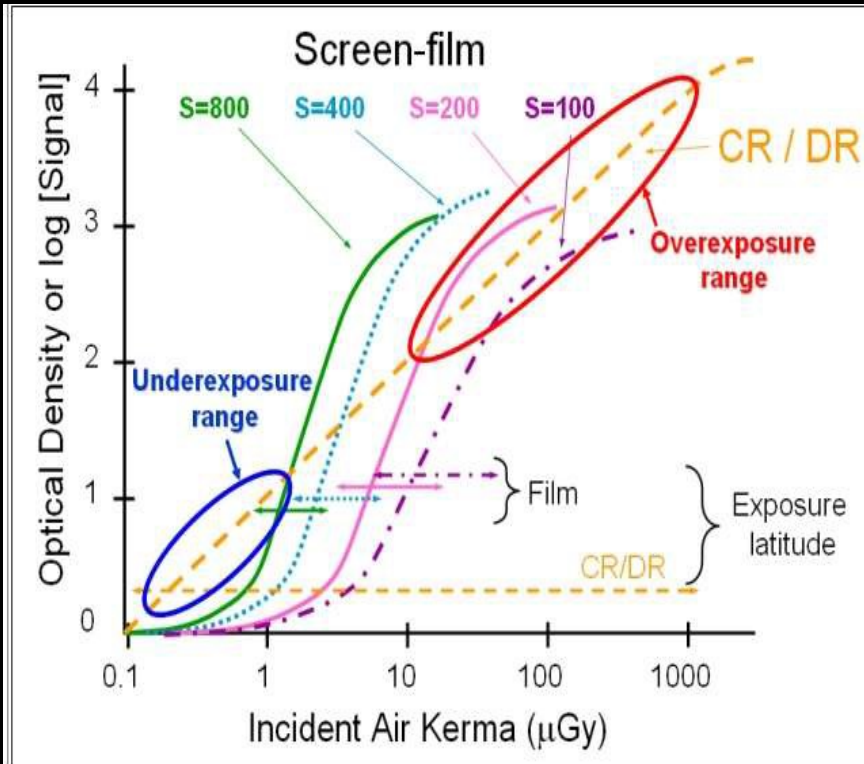
S.A.R.
Sociedad Argentina de Radioprotección

CNEA, ARN

Dosis

El amplio rango dinámico de los detectores digitales permite el registro de imágenes que son más nítidas a mayor exposición media ya que el ruido cuántico disminuye con esta condición

Los detectores de panel plano ("flat panel", que se discuten después) poseen un rango dinámico de 10^4 (desde 1 a 10,000) en tanto que un sistema pantalla-película tiene aproximadamente $10^{1.5}$ (de 1 a 30)



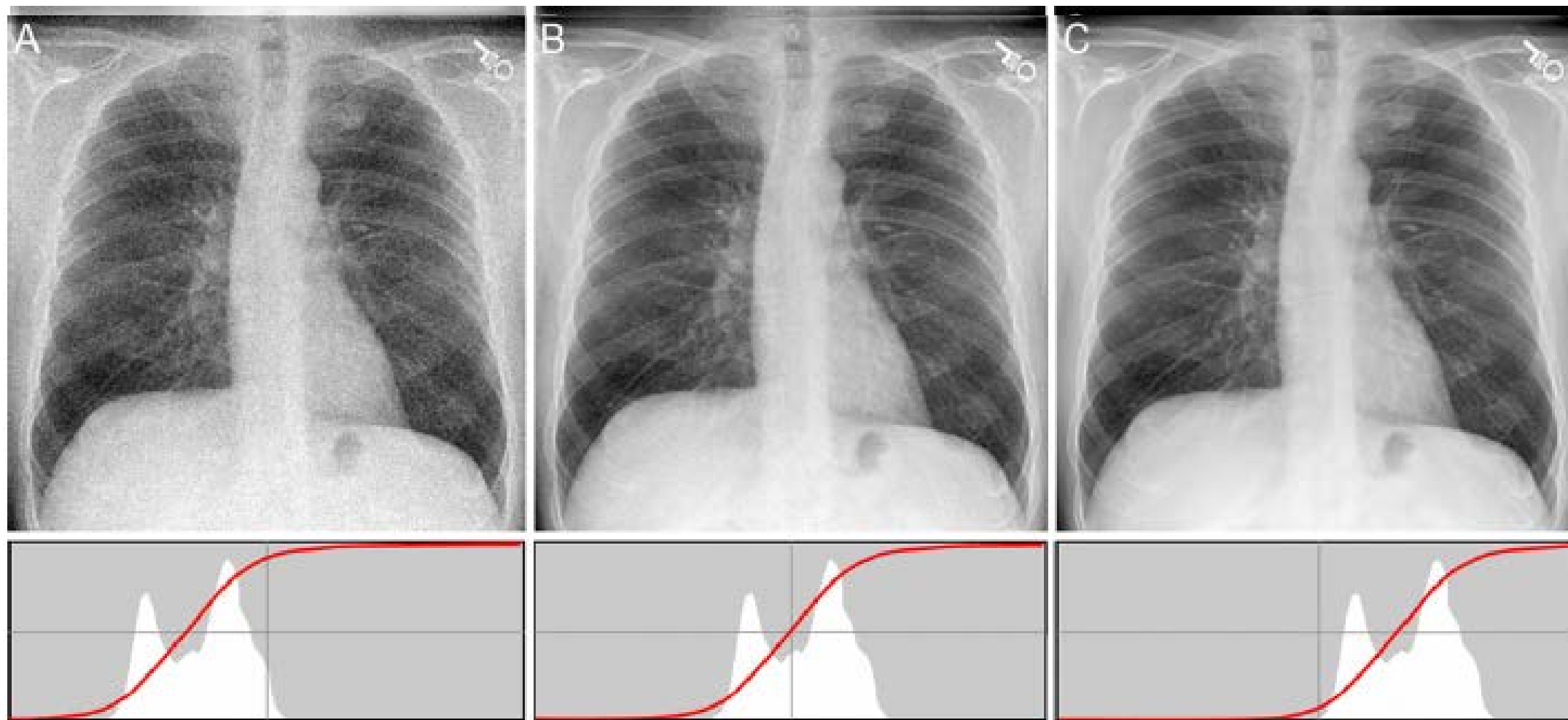


Fig. 2 Response of a digital detector to exposure intensity variations. **a** Underexposure. **b** Correct exposure. **c** Overexposure. Underneath each image is a histogram representing the frequency distribution of digital values (directly related to intensity of X-rays transmitted through the patient, as in Fig. 1). The x-axis represents digital value

and the y-axis represents frequency. The s-shape line is the characteristic curve (a digital value of interest look-up-table, VOI-LUT) that translates raw digital value into a contrast- and brightness-optimized image ready for presentation. The VOI-LUT is adjusted to the histogram to achieve optimal rendering of the image content

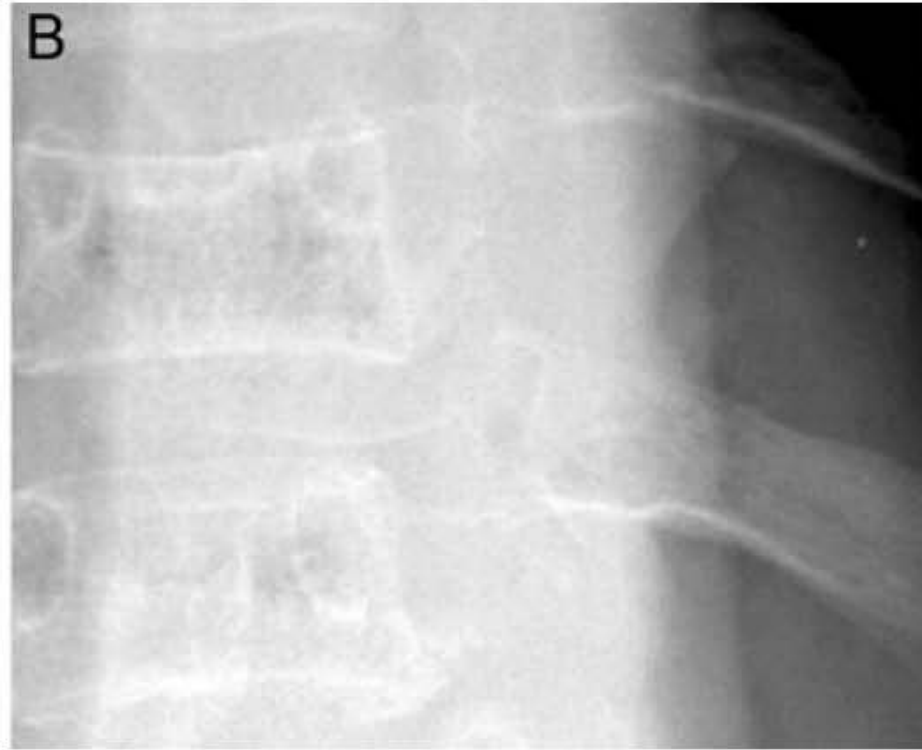


Fig. 3 Underexposed vs. overexposed images. **a** Example of an underexposed image illustrates the quantum mottle caused by a low number of X-ray photons to the detector, and corresponding low dose to the patient. However, depending on the diagnostic need, is there adequate image quality to make the diagnosis? **b** Example of an

overexposed image illustrates excellent contrast sensitivity and detail but also a much higher dose to the patient. In this case, while minimal quantum mottle and excellent image quality is achieved, is the patient overexposed and, if so, by how much?

DOSIS

Entonces como queda claro Con los sistemas digitales, pueden ocurrir sobreexposiciones a los pacientes sin un impacto negativo en las imágenes.

Las sobre-exposiciones pueden pasar desapercibidas por el radiólogo y por los técnicos de radiodiagnóstico. En radiografía convencional, una exposición excesiva produce imágenes muy oscuras y una exposición muy baja, imágenes muy claras, ambas con menos contraste.

ICRP

PUBLICACIÓN 93

Gestión de la dosis al paciente en radiología digital



Los técnicos, en ocasiones, en conocimiento de esta situación **tienden a asegurar la no repetición por subexposición**, que produciría una imagen moteada debido al ruido cuántico, y se tiende entonces a dar una dosis mayor a la necesaria.



Es imperativo, a la luz de del principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) en **protección radiológica, obtener imágenes de calidad diagnóstica con dosis al paciente que sean razonables.**

Se han realizado investigaciones que muestran que es posible reducir dosis cuando se utilizan sistemas digitales; *Strotzer et al* muestran cómo es posible reducir la dosis en un **33%** en radiografías de tórax, *Fink et al* comparando radiografía convencional de pantalla-película de rapidez 200 con radiografía digital con detector de panel plano encuentra reducciones hasta del **50%**,

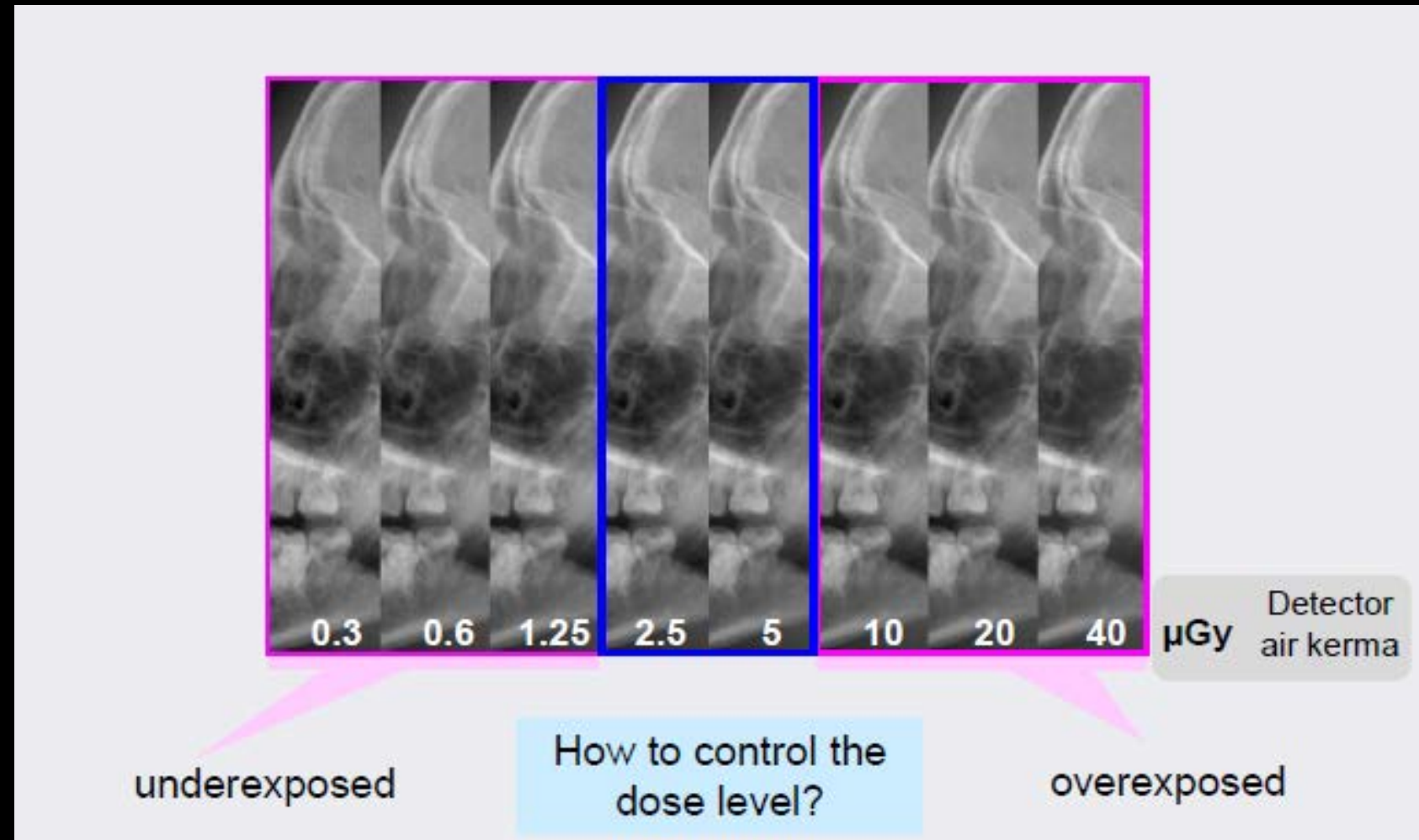
Strotzer et al. AJR 2002;178(1):169-71; Fink et al. AJR 2002;178:481-6; Herrmann et al. Eur Radiol 2002;12(2):385-90.

Estudios, como el *Reiner et al*, muestran el **incremento** en el número de exámenes radiológicos en el paso de la radiología de pantalla-película a la radiología digital

Reiner et al. Radiology. 2000 Apr;215(1):163-7.

INDICADORES DE EXPOSICIÓN

Es necesario establecer un vínculo entre la calidad de imagen y la dosis al detector en radiografía digital con el uso de algún tipo de indicador de exposición



La fluencia de la exposición es el **aumento gradual** en las exposiciones de rayos X a lo largo del tiempo que da como resultado una dosis de radiación incrementada al paciente. Se ha teorizado como un fenómeno que resulta de la gran latitud de exposición de la radiografía computarizada (CR) y la radiografía digital directa / indirecta (DR). Este proyecto evalúa las exposiciones radiográficas durante 43 meses para determinar si existe fluencia de exposición y si se pueden aplicar medidas para detener o revertir las tendencias de fluencia de la exposición.

Riesgo de exposición en radiografía computarizada

Exposure Creep in Computed Radiography:

A Longitudinal Study

Dale J. Gibson, BAppSc, Robert A. Davidson, PhD, MAppSc(MI)

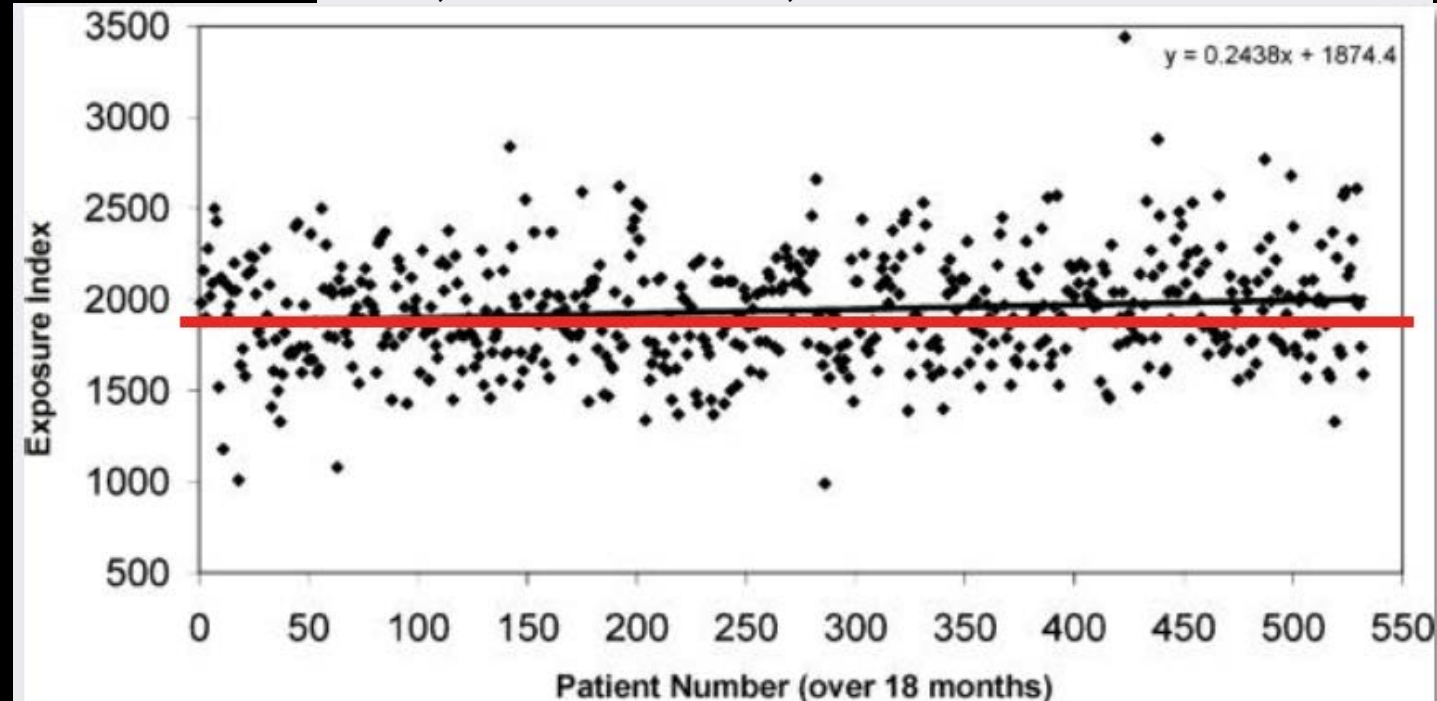
Exposure creep is the gradual increase in x-ray exposures over time that results in increased radiation dose to the patient. It has been defined as being a phenomenon that results from the wide-exposure latitude of computed radiography (CR) and direct/indirect radiography (DR). This project evaluates radiographic exposures over 43 months to determine if exposure creep exists and if it can be applied to halt or reverse exposure creep trends.

Exposure indices were initially recorded over 29 months between August 2007 and December 2009 from the intensive and emergency departments of the Flinders Medical Centre, Bedford Park, South Australia, Australia.

Flinders Medical Centre, Bedford Park, South Australia, Australia.

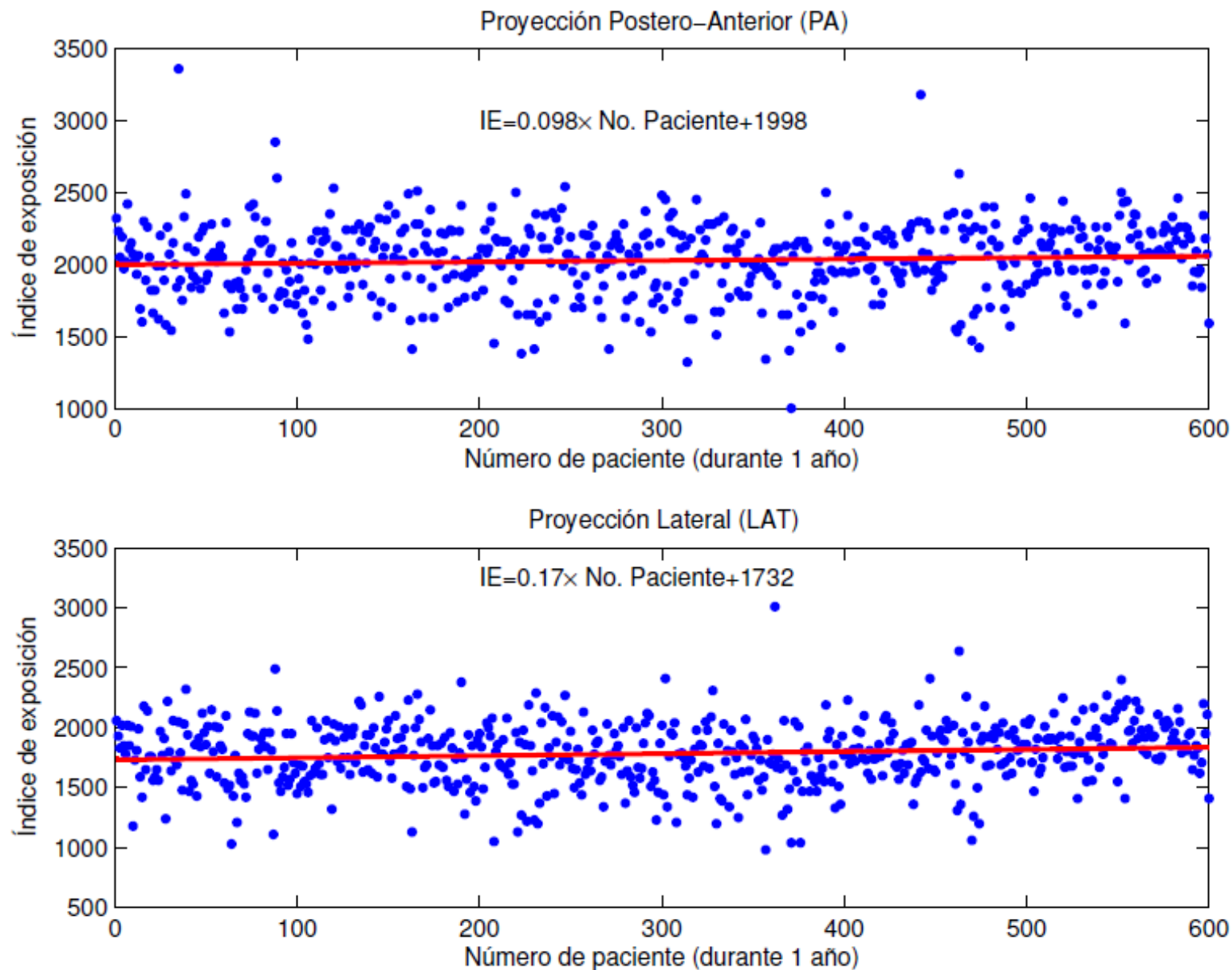
Acad Radiol 2012; 19:458-462

Se ha demostrado que la fluencia de la exposición existe.





gura 6.10: Diagrama de dispersión ilustrando el crecimiento del índice de exposición para proyección postero-anterior (superior) y proyección lateral (inferior) en exámenes de tórax en el Grupo de Radiología del INC



Evaluación y Optimización de la Técnica Radiográfica en Exámenes Diagnósticos de Tórax usando Radiografía Digital

Se ha demostrado que la fluencia de la exposición existe.

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

La mayoría de los sistemas digitales para radiodiagnóstico disponen de indicadores de exposición (IE) cuyo objetivo principal es suministrar al usuario *información de la exposición en el detector involucrada en la obtención de la imagen radiológica.*

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

En los sistemas de radiología digital se utilizan

diferentes indicadores de exposición dependiendo del fabricante; esto ha creado **CONFUSIÓN** entre Tecnólogos, Radiólogos y Físicos Médicos, ya que existen una amplia variedad en la terminología, en las unidades, en las formulas matemáticas, y en las condiciones de calibración para el índice de exposición

Exposure Index: The Old World

- Differences in
 - names
 - scales
 - calibration

„State of confusion“

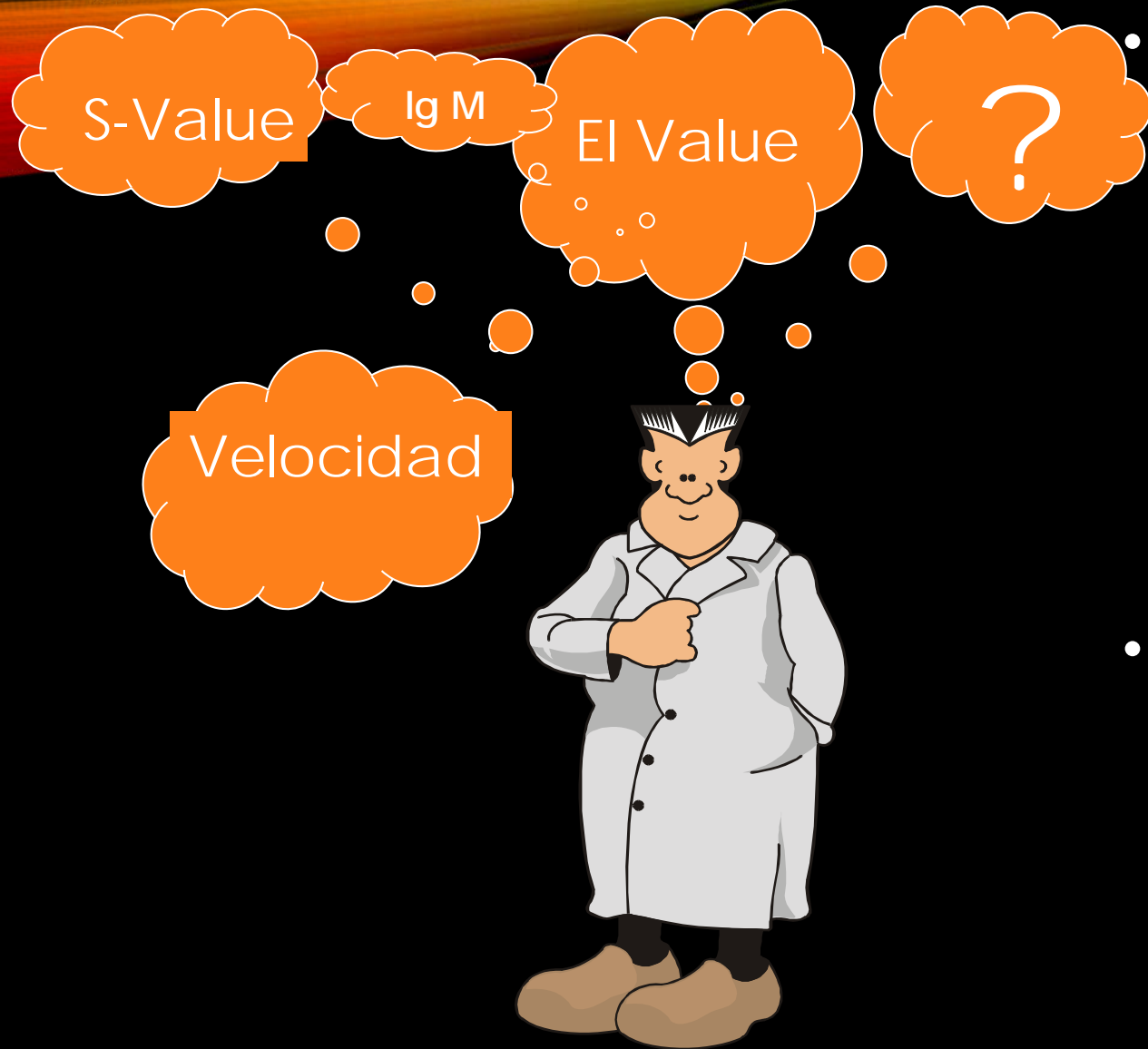
Kodak
Cassette ID: 9102030312
Shoulder AP
Exposure Index: 1510

Philips
Image Data
kV: 125
mAs: 1.7
ms: 3.4
dCymf: 1.20
El: 200
Label
Marker: R

Fuji
THORAX Kind (11)
2.5 634 1.0, +1.0
1.2x1.6-0.205R0.5
003 #930326003

Agfa
01.08.47
LgM=1.97

SCHULTER AP
Exp. Ind.: 1320
Bild 1 von 1
16.06.2004, 10:53:11
???



- Cada fabricante de receptores tiene su propia técnica para informar de la dosis
 - Sus **propias herramientas** de medida
 - Su **propio procesado** de imagen
 - Sus **propias condiciones de calibración/calidad** de haz
 - Sus **propios métodos de cálculo**
 - Sus **propios nombres**
- El informe de dosis no es exactamente una ciencia
 - **Estimación**/indicador muy tosco para el técnico
 - La **comparación** entre mediciones es prácticamente **imposible**

Vendor Exposure Index Scales

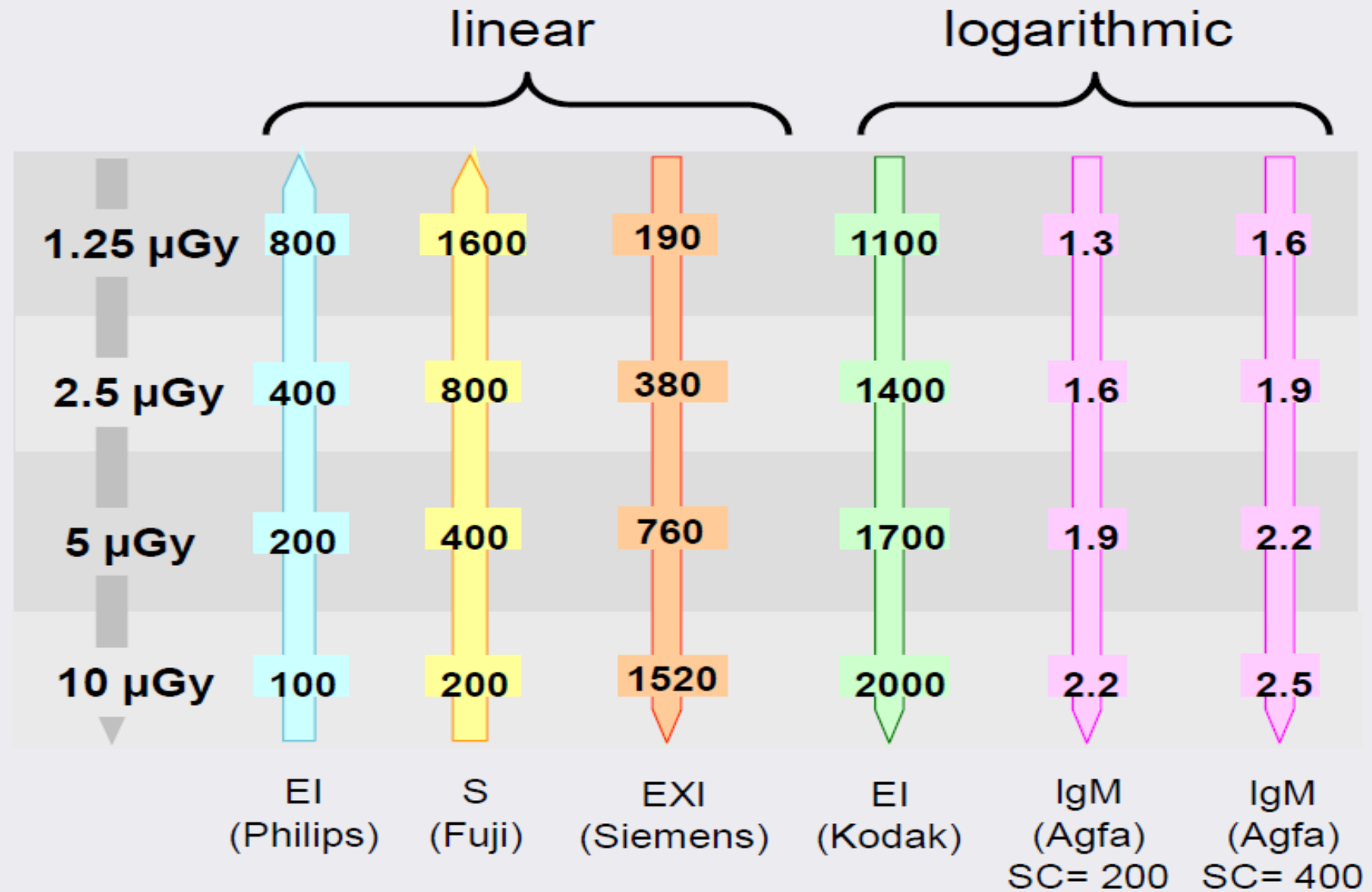


Table 1 Manufacturer and exposure index parameters used for digital radiography systems

Manufacturer	Exposure indicator name	Symbol	Units	Exposure dependence, X	Detector calibration conditions
Fujifilm	S value	S	Unitless	$200/S \propto X$ (mR)	80 kVp, 3 mm Al "total filtration" $S=200 @ 1$ mR
Carestream	Exposure index	EI	Mbels	$EI+300=2X$	80 kVp, 1.0 mm Al+0.5 mm Cu; EI=2000 @ 1 mR
Agfa	Log of median of histogram	lgM	Bels	$lgM+0.3=2X$	400 speed class, 75 kVp+1.5 mm Cu; lgM=1.96 @ 2.5 μ Gy
Konica	Sensitivity number	S	Unitless	For QR=k, $200/S \propto X$ (mR)	QR=200, 80 kVp, S=200 @ 1 mR
Canon	Reached exposure value	REX	Unitless	Brightness= c_1 , Contrast= c_2 ,	Brightness=16
Fujifilm	S value	S	Unitless	$200/S \propto X$ (mR)	80 kVp, 3 mm Al "total filtration" $S=200 @ 1$ mR
Carestream	Exposure index	EI	Mbels	$EI+300=2X$	80 kVp, 1.0 mm Al+0.5 mm Cu; EI=2000 @ 1 mR
Agfa	Log of median of histogram	lgM	Bels	$lgM+0.3=2X$	400 speed class, 75 kVp+1.5 mm Cu; lgM=1.96 @ 2.5 μ Gy
				Expected exposure values can be edited by user as preferences.	
Swissray	Dose indicator	DI	Unitless	Not available	Not available
Imaging Dynamics	Accutech	F#	Unitless	$2^{\#}=X(\text{mR})/X_{lg}(\text{mR})$	80 kVp+1 mm Cu
Philips	Exposure index	EI	Unitless	$1000/X$ (μ Gy)	RQA5, 70 kV, + 21 mm Al, HVL=7.1 mm Al
Siemens	Exposure index	EXI	μ Gy air kerma	$X(\mu\text{Gy})=EI/100$	RQA5, 70 kV+0.6 mm Cu, HVL=6.8 mm Al
Alara CR	Exposure indicator value	EIV	Mbels	$EIV+300=2X$	1 mR at RQA5, 70 kV, + 21 mm Al, HVL=7.1 mm Al = > EIV=2000
iCRco	Exposure index	None	Unitless	Exposure index \propto $\log[X$ (mR)]	1 mR @ 80 kVp+1.5 mm Cu => 0



ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

Como puede deducirse de la tabla anterior, no hay un consenso entre los fabricantes, los radiólogos, los físicos médicos, y los ingenieros técnicos, y la comunidad de la industria hacia la estandarización de este concepto. Es así como en 2008 la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC) introdujo una terminología organizacional (IEC 62494-1) que se tomó como referencia. La Asociación Americana de Físicos en Medicina se tomaron iniciativas en este sentido y existen una solución.



The IEC logo consists of the letters 'IEC' in a bold, white, sans-serif font on a blue square background. Below the letters are three horizontal white lines of decreasing length from left to right, ending in a small white circle.

AAPM REPORT NO. 116



An Exposure Indicator
for Digital Radiography

Report of AAPM Task Group 116

July 2009

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN



IEC 62494-1

Edition 1.0 2008-08

INTERNATIONAL
STANDARD

NORME
INTERNATIONALE

Medical electrical equipment – Exposure index of digital X-ray imaging systems –
Part 1: Definitions and requirements for general radiography

Appareils électromédicaux – Indice d'exposition des systèmes d'imagerie numérique à rayonnement X –
Partie 1: Définitions et exigences pour la radiographie générale

- Objetivos:
- Una escala fija
- Regla de calibración
- Fácil de usar y entender

ÍNDICE DE EXPOSICIÓN ESTANDARIZADO

La IEC y TG116, introduce tres términos importantes para la tecnología en radiología digital:

El índice de exposición (IE),

El índice de exposición del blanco (IET), y

La desviación de índice (DI).

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

El índice de exposición se define como:

IE es el índice de exposición en el detector en la región mas relevante de la imagen, y esta relacionado con la energía absorbida en el detector, y no en el paciente, después de cada evento de exposición.

Medida de la respuesta del detector a la radiación en la región de imagen relevante.

Relevant Image Region

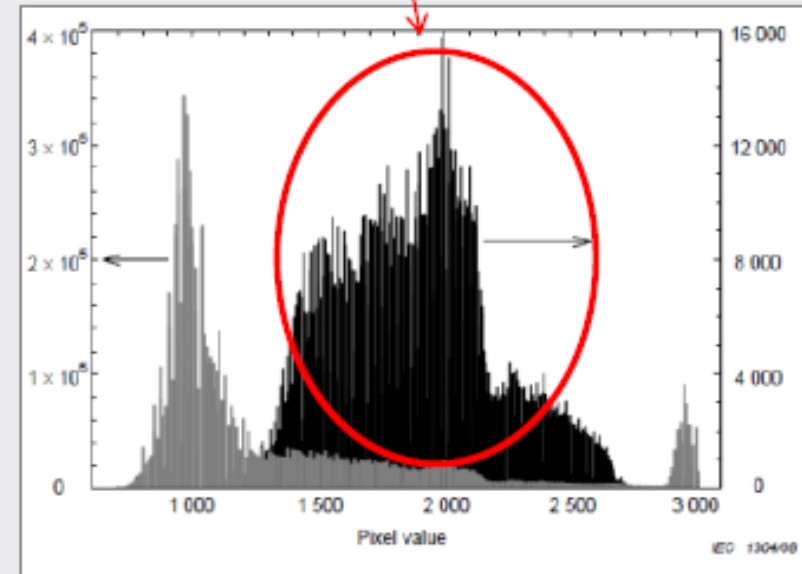
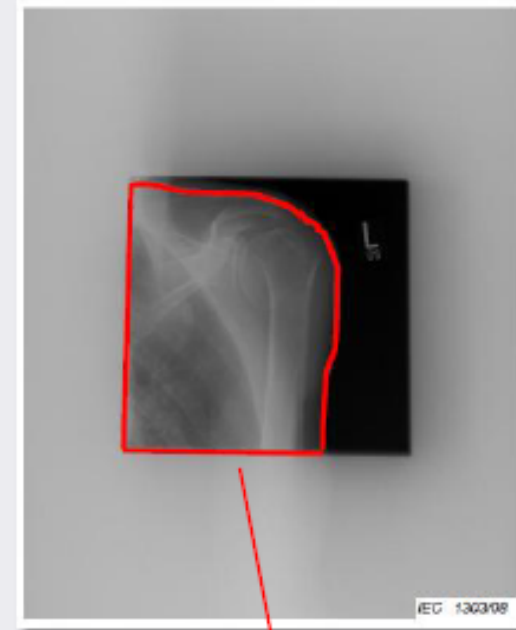
- Definition in IEC 62494-1:

"Subárea específica de examen o subáreas de la imagen que contiene la información de importancia diagnóstica"

NOTE

This is typically the region for which the exposure parameters should be optimized.

- Determinado por segmentación de imágenes, basado en histograma u otros métodos.
- Implementations differ



Exposure Index

	IEC 62494	AAPM TG116
Name	Exposure Index (<i>EI</i>)	Indicated Equivalent Air Kerma (K_{ind})
Units	Unitless	μGy
Precision	Not specified	3 significant

- Different definitions, but substantially the same.

Exposure Index Formulas

- **IEC:**

$$V_{CAL} = f(K_{CAL}) \quad K_{CAL} = f^{-1}(V_{CAL}) \quad g(V) = f^{-1}(V)$$

$$EI = c_0 \cdot g(V) = 100 \mu\text{Gy}^{-1} \cdot f^{-1}(V)$$

- **TG116:**

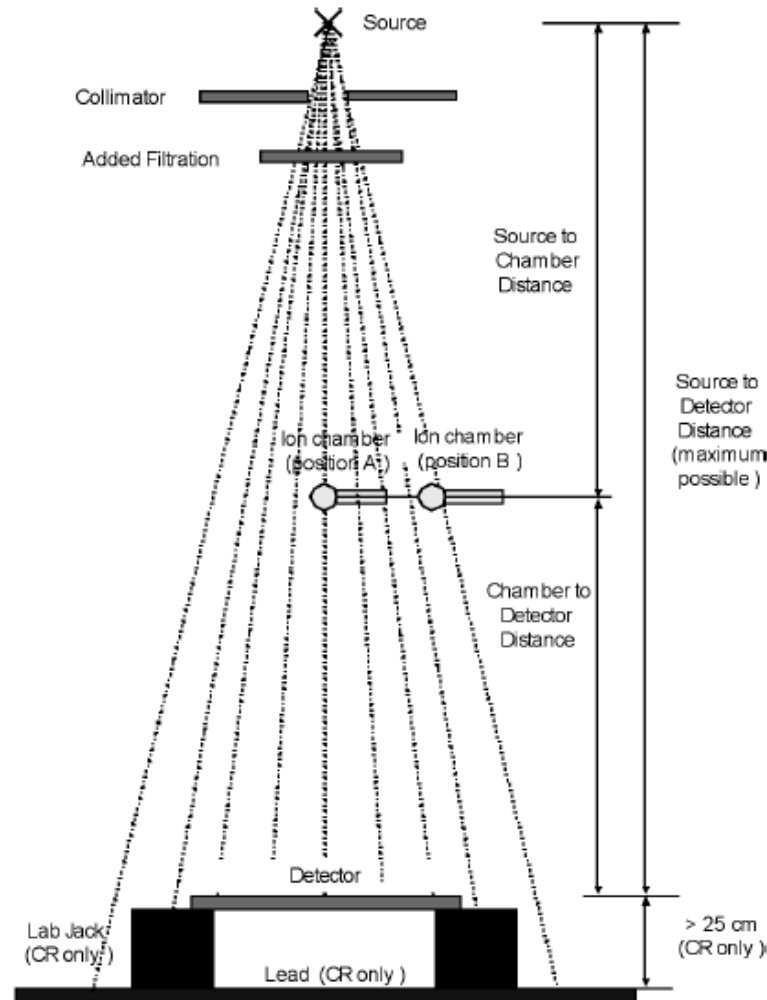
$$Q_K = 1000 \cdot \log_{10} \left(\frac{K_{STD}}{K_0} \right) = 1000 \cdot \log_{10} \left(\frac{K_{STD}}{0.001} \right)$$

$$K_{IND} = K_0 10^{\frac{Q}{1000}}, \quad \text{where } K_0 = 0.001 \mu\text{Gy}$$

Table 1. Standard Beam Radiographic Conditions

kV_p	Added Filtration	Nominal HVL	IEC Surrogate
66-74	0.5 mm Cu + (0-4) mm Al* or 21 mm pure Al	6.8 mm Al*	RQA5

*Type 1100



EI Calibration

- Relation to detector air kerma:

$$EI = c_0 \cdot K_{cal} \quad \text{with } c_0 = 100 \mu\text{Gy}^{-1}$$

- Calibration beam quality: RQA 5

- HVL: 6.8 ± 0.3 mm Al
- 66-74 kVp
- Added filter: 21 mm Al
(alternatively 0.5 mm Cu and 2 mm Al)

- Caveat:

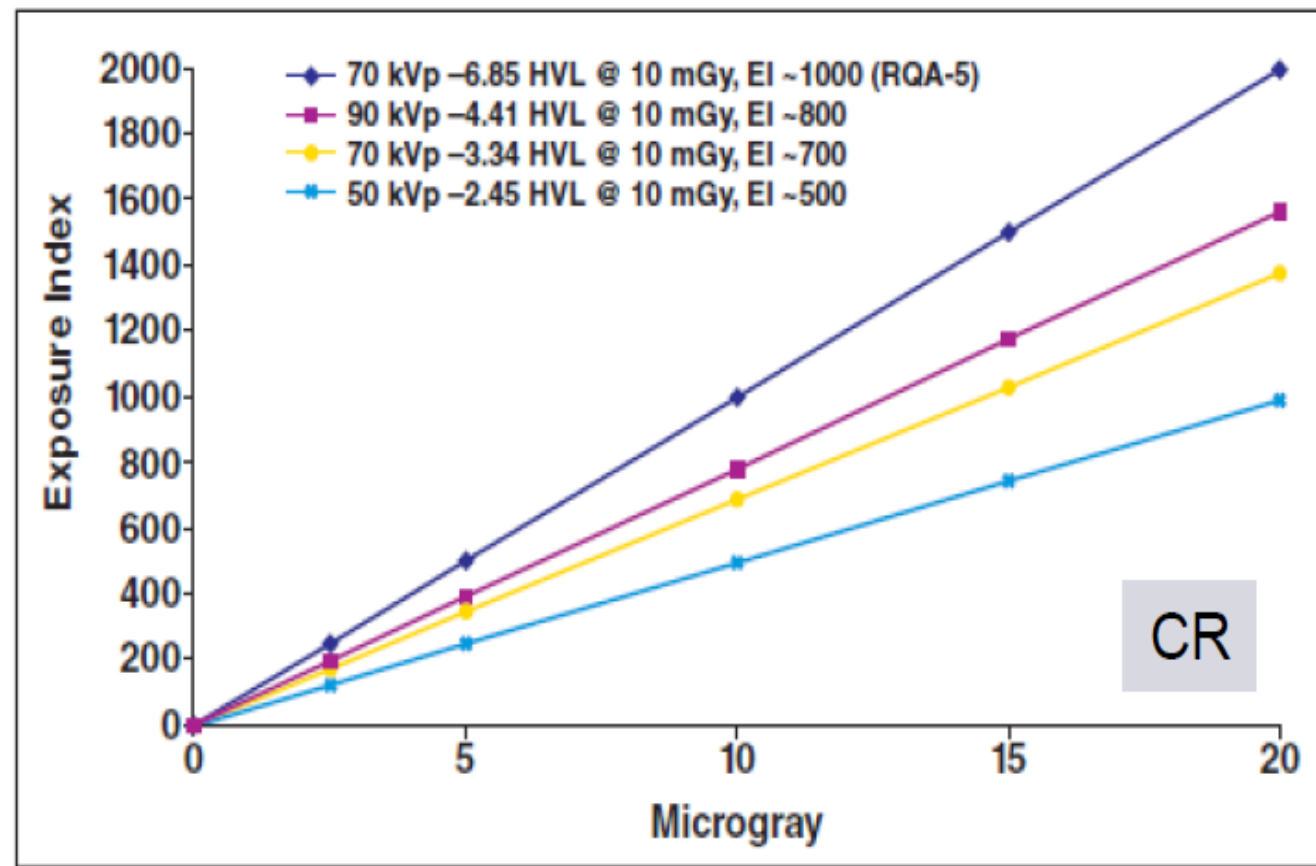
This relation to detector air kerma is valid at calibration beam quality only!

K_{cal} (μGy)	EI
13	1300
10	1000
8	800
6.3	630
5	500
4	400
3	300
2.5	250
2	200

Figure 3. Standard beam geometry.

Dependencia de la calidad del haz

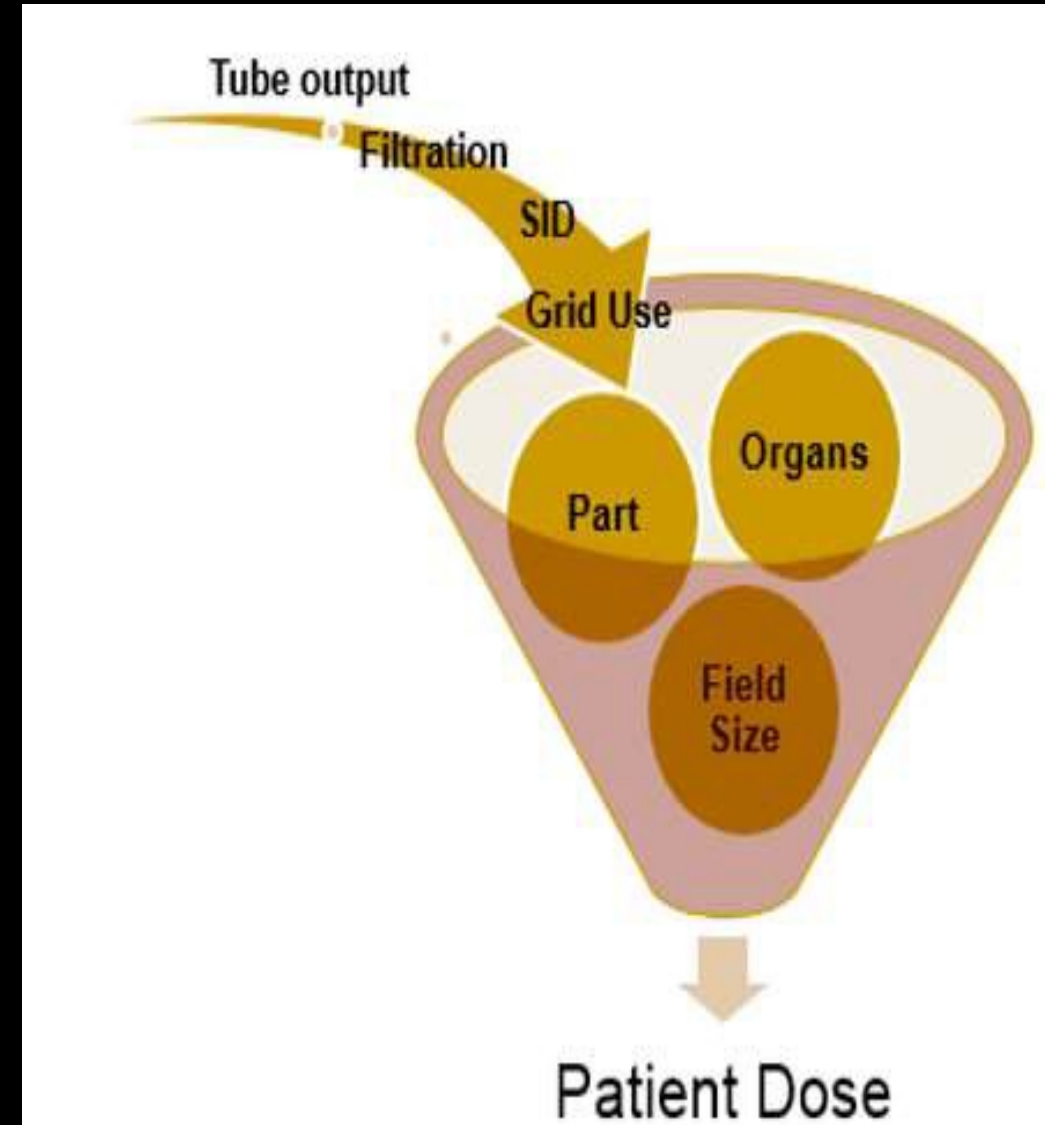
- La relación entre EI y kerma de aire depende de la calidad del haz
- EI se deriva de la señal generada en el detector (es decir, la energía absorbida en el detector)
- EI es más bien un indicador de señal que un indicador de dosis
- EI no es un dosímetro



ÍNDICES DE EXPOSICIÓN Y DOSIS

La dosis del paciente y el IE

El IE no determina directamente la dosis en el paciente; esta también depende de otros factores como la colimación, la filtración del haz, el rendimiento del equipo de rayos X en función del KVp aplicado, el mAs , el tiempo de exposición, y la parte del cuerpo irradiada



ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

Índice de Exposición del Blanco

VALORES OBJETIVO KTGT (TG116) y EIT (IEC)

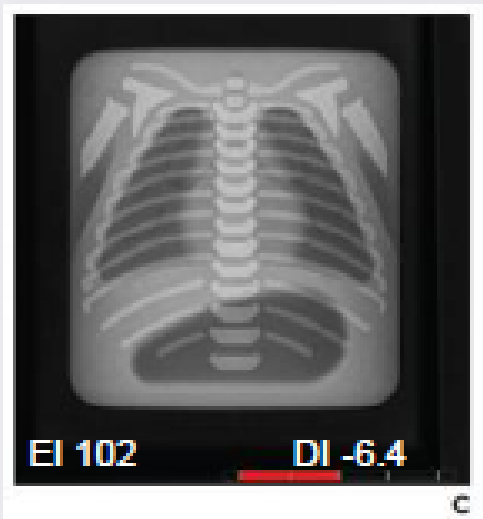
Es la exposición de referencia que se obtiene cuando el detector ha sido expuesto correctamente. Los valores difieren para cada parte del cuerpo y cada tipo de proyección; y varían según la sensibilidad del detector de cada instalación.

Example

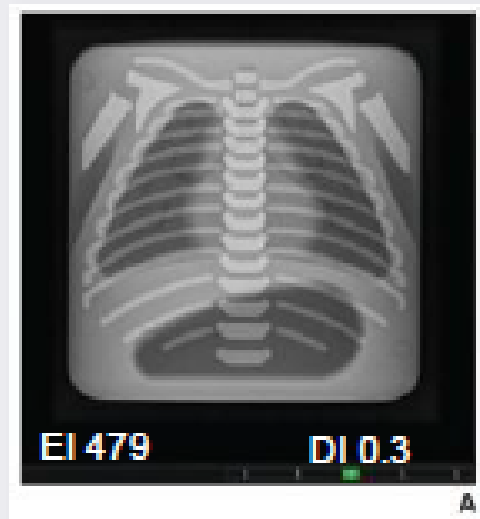
(Don et al. AJR 2012;199:1337)

- Neonatal chest phantom
- CR imaging (Agfa)
- Manual exposures: 60 kV / 0.25, 1.0, 2.5 mAs
- Target Exposure Index $EI_T = 450$

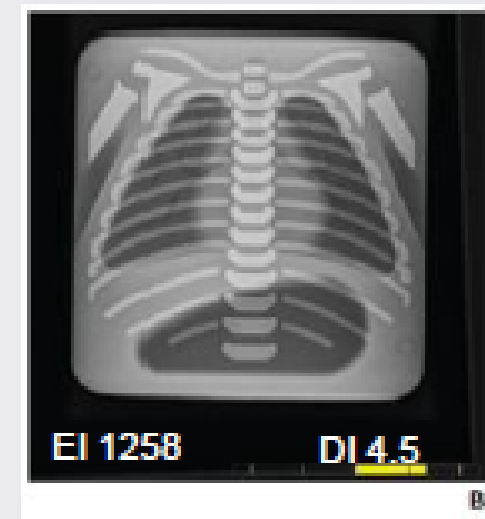
0.25 mAs
(-6 points)



1 mAs



2.5 mAs
(+4 points)



ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

Desviación de Índice :

Mide la diferencia entre el *IE* y el índice de exposición del blanco *IE_T*, siguiendo la formula

$$DI = 10 \times \log_{10} (IE / IE_T)$$

- El Índice de **Desviación cuantifica** la diferencia entre el valor actual del IEC de la imagen y el Índice de exposición Objetivo de la vista (IE_T)

ID	% fuera de Objetivo
3	~100% muy alto
2	~58% muy alto
1	~26% muy alto
0	Correcto
-1	~21% muy bajo
-2	~37% muy bajo
-3	~50% muy bajo

Cuando $IE = IE_T$ (exposición correcta), $DI = 0$

- El valor del IE_T es establecido por sociedades profesionales.

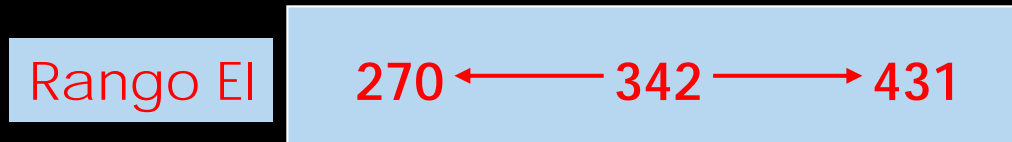
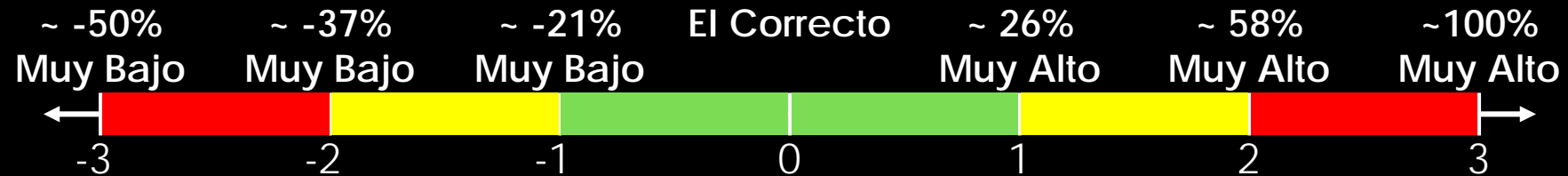
Patient, A
 Accession Number: 0002
 Cassette ID: 9104111111
 Chest - Apical Lordotic

Patient ID: 0001
 Tech ID:
 01/31/2012 13:29:07
 Exposure Index: 1,839/470.18(0.90)

Carestream IE Valor IEC Índice de Desviación

DI	Range Action
> +3.0	Excessive patient radiation exposure Repeat only if relevant anatomy is clipped or "burned out" Require immediate management follow-up.
+1 to +3.0	Overexposure: Repeat only if relevant anatomy is clipped or "burned out"
-0.5 to +0.5	Target range
Less than -1.0	Underexposed: Consult radiologist for repeat
Less than -3.0	Repeat

- Dejemos al Índice de Desviación definir su precisión apropiada



- Practica:
 - Bajo condiciones Ideales: variación del IE < 25%
 - Bajo condiciones subóptimas (las diferencias de colimación y posicionamiento afectan a la segmentación): variación del IE < 50%

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

El uso del *índice de exposición estandarizado IE* y los valores asociados de índice de la exposición del blanco *IET* y el de desviación de índice *DI* probablemente *conducirá a un mejor desempeño del tecnólogo en términos de uniformidad y uso de técnicas radiográficas optimizados*

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

Los radiólogos se beneficiarán de una terminología estandarizada, y las instituciones y clínicas serán capaces de comparar los valores de índice de la exposición con los demás a través de una base de datos de registro de *índice de dosis nacional* que debería implementarse.

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

Recomendaciones para los usuarios en este nuevo paradigma "índice de exposición estándar"



ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

1. Cuando se compren nuevos equipos de radiología digital, insistir en la aplicación de la norma del IE, IEC 62494-1.
2. Para equipos antiguos de radiografía directa y de radiografía computarizada, solicitar al fabricante el software que cumpla con el nuevo estándar de IE. Tenga en cuenta que la probabilidad de este cambio disminuye con la edad de los equipos
3. COMPRENER Y OBTENER CAPACITACION sobre el software del fabricante que aplica la norma del IE. *Prepare una lista de valores del IET para todos los procedimientos radiológicos con el fin entrarlos en la base de datos del detector digital.*

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

4. Registro de la IE , IE_T , DI . Entrenar tecnólogos en el uso de la DI , los límites aceptables de el valor DI , y métodos de compensación cuando el DI está más allá del rango aceptable

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

5. Registro de los factores de la técnica en el examen correspondiente: kVp, mAs, filtración y geometría de adquisición dentro de la cabecera del DICOM cuando es posible, y cuando no, lleve un registro manual. Estos son los datos necesarios para estimar la dosis de radiación al paciente.

ÍNDICES DE EXPOSICIÓN

6. *Compartir experiencias y datos* con el fin de proporcionar a la *comunidad* de *técnicos* radiólogos con *datos de referencia de línea de base* a partir del cual las mejoras de la práctica se puede hacer para todos los usuarios.

BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Los técnicos radiólogos se deben adaptar a la llegada de la radiografía digital, *afinando la selección de técnicas de exposición y prestar más atención a la protección radiológica.*



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Los técnicos radiólogos que realizan exámenes de radiografía digital deben reconocer su responsabilidad en la comprensión de cómo optimizar imágenes digitales y reducir al mínimo la dosis de radiación a los pacientes.



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Los técnicos radiólogos deben adherirse a la consigna de "tan bajo como sea razonablemente posible" (ALARA), manteniendo la dosis de radiación tan bajo como sea razonablemente alcanzable cuando se realiza radiografía digital.



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

La mejor práctica es seleccionar los factores de exposición apropiados para el tamaño y el estado del paciente, en base a un sistema de exposición planificada diseñados en colaboración con radiólogos, para determinar la calidad de imagen adecuada para el diagnóstico.



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Una buena práctica en la radiografía digital es la *inclusión de información con respecto a la exposición al receptor de imagen* en los datos de imagen suministrados durante el proceso de archivo de imagen.



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Siga los protocolos y normas establecidas por el departamento y participe activamente en el establecimiento y posterior desarrollo de protocolos que garanticen la coherencia de las imágenes con calidad de diagnóstico y prácticas mejoradas para reducir la dosis de radiación al paciente.



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Colimar el haz de rayos x a la zona anatómica adecuada para el procedimiento.

Por lo tanto, el conocimiento básico de la anatomía adulta y pediátrica se requiere de los licenciados para garantizar la limitación del haz adecuada en todos los grupos de edad.

BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Aplicar enmascaramiento electrónico de una manera que demuestra el borde real campo de la exposición para documentar colimación apropiada.



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Utilice dispositivos de inmovilización cuando sea necesario para evitar las exposiciones repetidas al paciente.



PREGUNTAR A LAS PACIENTES SOBRE LA
POSIBILIDAD DE ESTAR ENBARAZADAS



BUENAS PRÁCTICAS EN RADIOGRAFÍA DIGITAL

Tome las medidas adecuadas para seguir principio **ALARA**, de protección la contra las radiaciones la ionizantes: colocación apropiada, colimación, inmovilización y técnicas de exposición apropiadas para tamaño en radiografía digital tanto adulta como pediátrica.



Fin

