



**7° Curso de Actualización en
Protección Radiológica
para Médicos Radioterapeutas**



“Radioterapia en pacientes con marcapasos.”

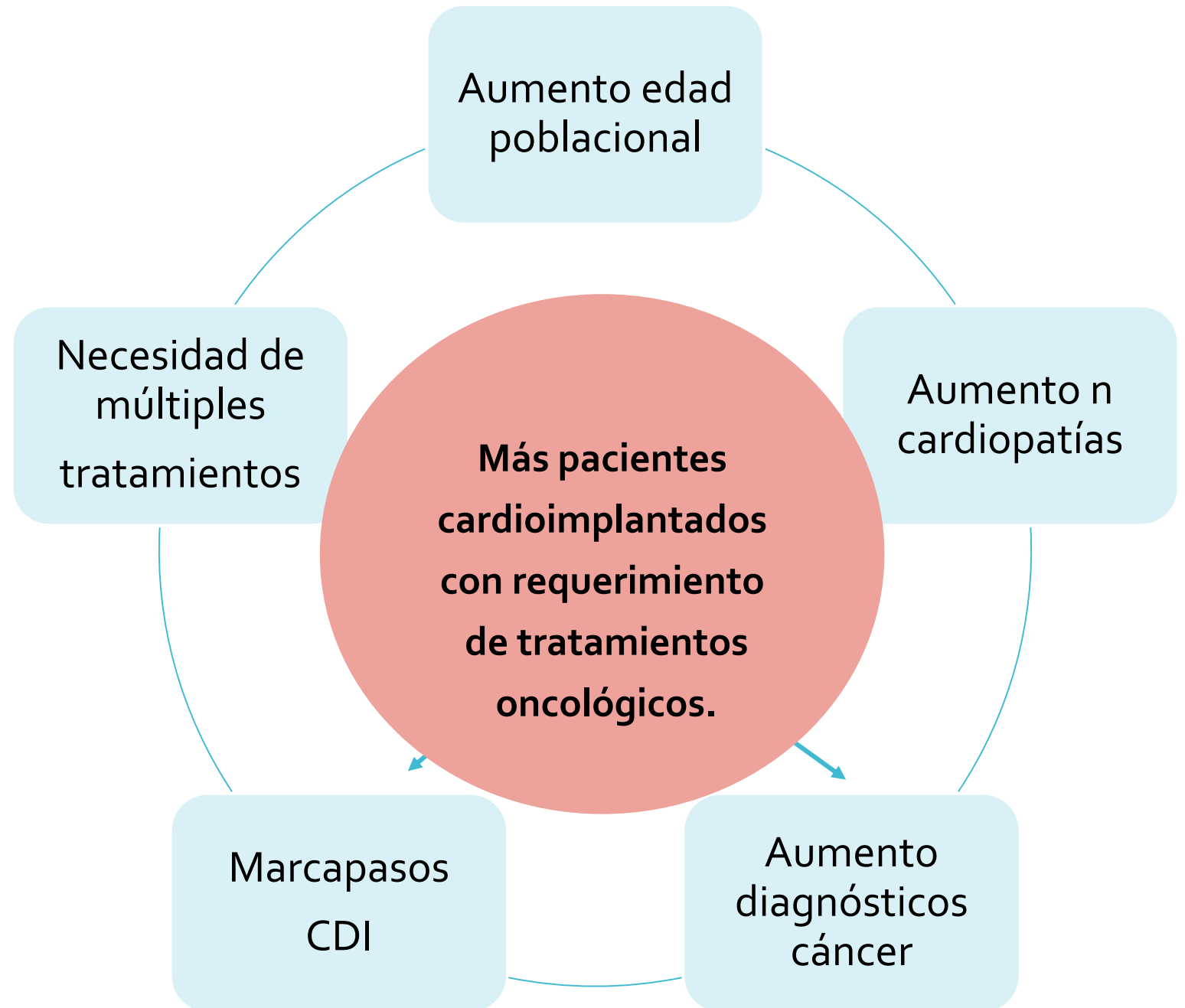
Dra. Mabel Sardi

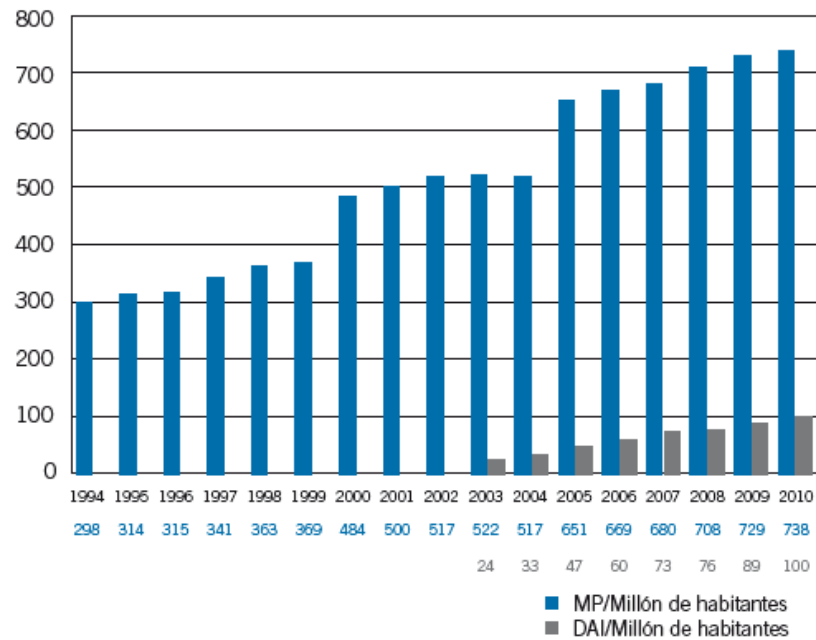
23, 24 y 25 de Octubre de 2019

AMA - Av. Santa Fe 1171 - Capital Federal

Factores de riesgo solapados:

- edad
- tabaquismo
- malos hábitos alimentarios
- sedentarismo





Numéricamente el problema es pequeño.
Un eventual fallo pudiera ser letal.

Banco Nacional de Datos de Marcapasos Registro Español de Desfibriladores Automáticos Implantables

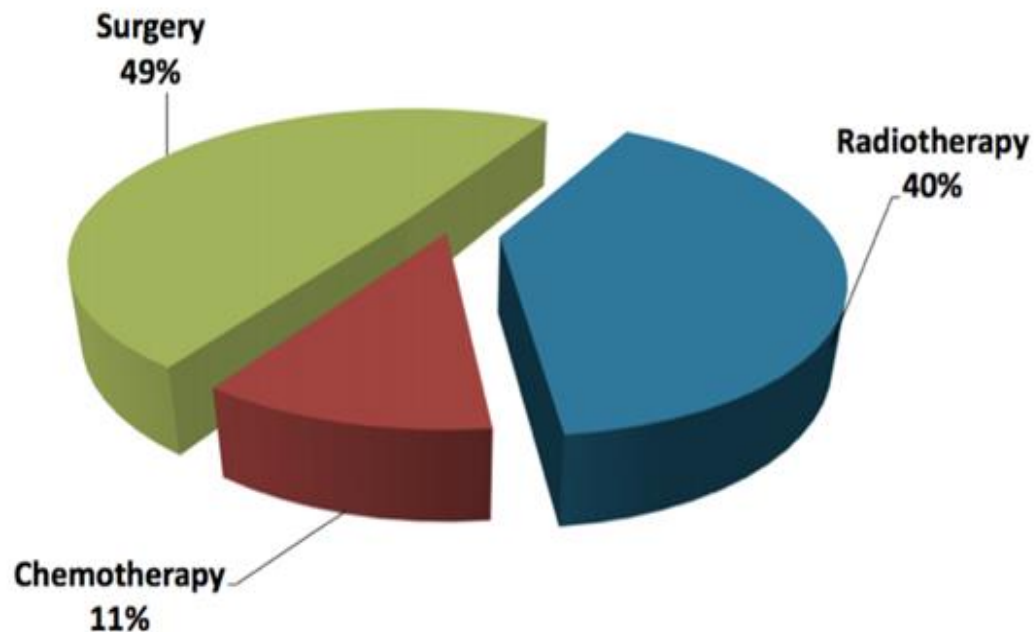
Año 2010:

***34.700 marcapasos
(738 x millón de habitantes)***

***4.600 desfibriladores
(100 x millón de habitantes).***

How is cancer cured?

Indicación de
Radioterapia.



Professor Sir Mike Richards, NCRI 2011

global burden of cancer worldwide using the GLOBOCAN 2018 estimates of cancer incidence and mortality produced by the International Agency for Research on Cancer, with a focus on geographic variability across 20 world regions. There will be an estimated 18.1 million new cancer cases (17.0 million excluding nonmelanoma skin cancer)

Drogas
cardiotóxicas.

Radioterapia

Con qué afrontamos esta complejidad?

- × Conocimientos radiobiológicos
- × Tecnología
- × Técnicas
- × Mejor rédito en el uso de la radioterapia.

Evolución DCI

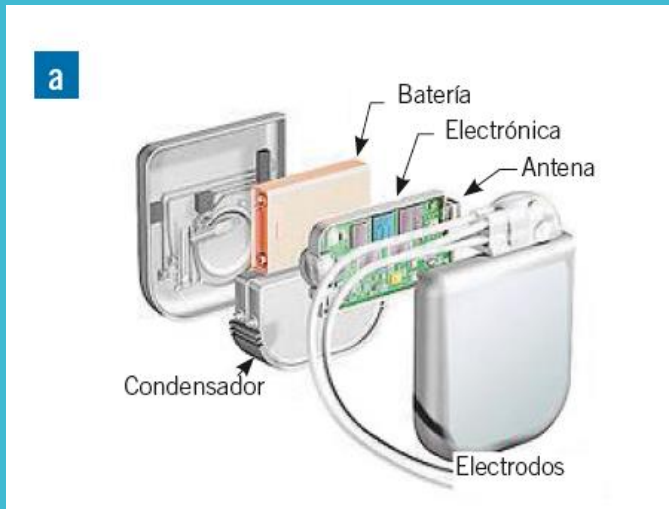
1958: primeros DCI en la clínica

semiconductores bipolares



1970: CMOS

semiconductores óxido metálico
complementario



Transistor amplificador de tres terminales y un óxido de silicio entre terminales (aislante)

- × Circuitos integrados con tecnología CMOS
- × Más livianos.
- × Más pequeños.
- × Más confiables
- × Más eficientes (menor consumo de energía)

Mayor radiosensibilidad

20 años

- × 2da etapa: cambio tecnológico para mayor radiorresistencia.

radioterapia

Daño al DCI

- IEM (interferencia electromagnética)
- Dosis acumulada (radiación ionizante y neutrones secundarios).

Significación clínica del daño

- Tipo de daño
- Características clínicas del paciente.

Tipos de falla en los dispositivos.

IEM

- × **Fallo transitorio:** interferencias electromagnéticas (solo detectables con interferencia presente).
- × Están vinculados al dose rate.
- × Registro equivocado de actividad cardíaca o física.
- × Inhibición – estimulación sobre el DCI.

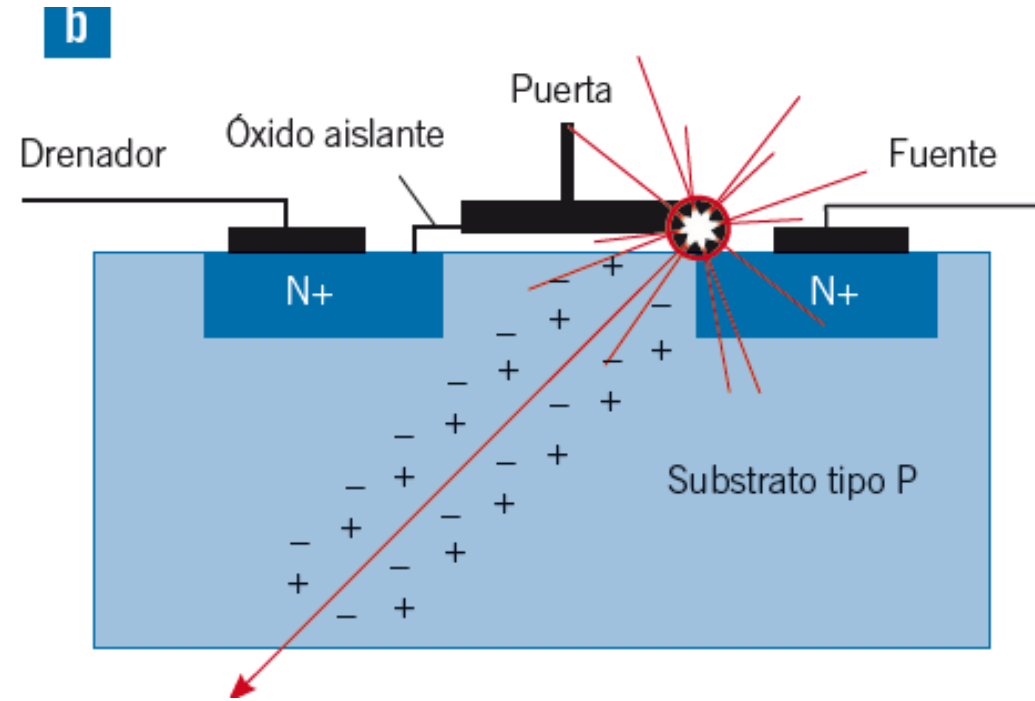
- × Cesan con el cese de RT.

- × En pacientes con dependencia, una inhibición transitoria de la función del MP → bradicardia o asístole → sintomática, hemodinámicamente importante.

- × En pacientes con CDF → terapias inapropiadas → shock.

Qué le pasa a un dispositivo expuesto a radiaciones?

Radiación ionizante.



CMOS expuesto a radiación ionizante.
Exceso de pares de electrones en el óxido.
Rápido flujo de los e^- por el metal o el semiconductor.
Los huecos generados en la banda de valencia son pesados y lentos-
Quedan atrapados en los defectos estructurales de la red.
Recorridos aberrantes en el aislante → fallos en el funcionamiento.

Tipos de falla en los dispositivos.

Dosis acumulada.

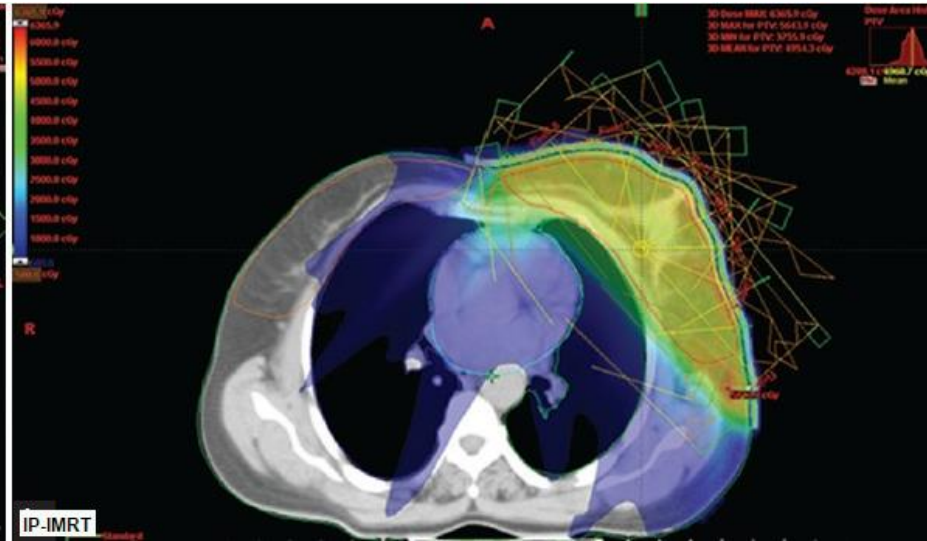
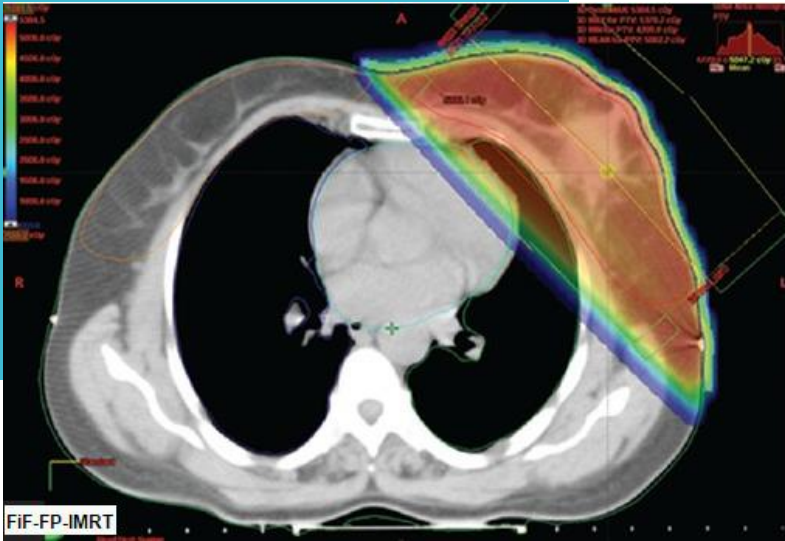
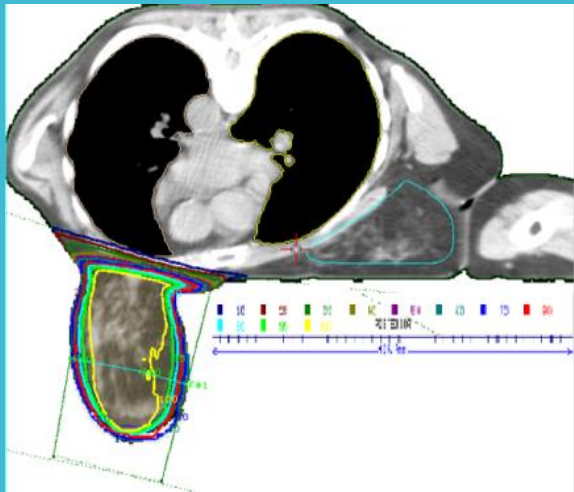
- × **Fallo permanente:** mal funcionamiento del dispositivo – requiere reajuste de la programación.
 - × Afecta la función. Sensibilidad alterada.
Disminución duración de la batería.
Cambios en la amplitud de la señal eléctrica.
Defectos en la programación o telemetría del dispositivo.
Pérdida completa del funcionamiento.
 - × Neutrones secundarios
 - × Protones
 - × Efecto estocástico
- } aumentan magnitud del daño

Cómo evitar la falla ?

- × La radiación ionizante puede producir cambios irreversibles en la electrónica del dispositivo.
- × Evitar su inclusión en el campo!
- × Alcanza? **NO !**
- × La radiación dispersa afecta del mismo modo. Y es acumulativa.
- × Dosis periférica: dos componentes- dispersa por el propio paciente y radiación de fuga

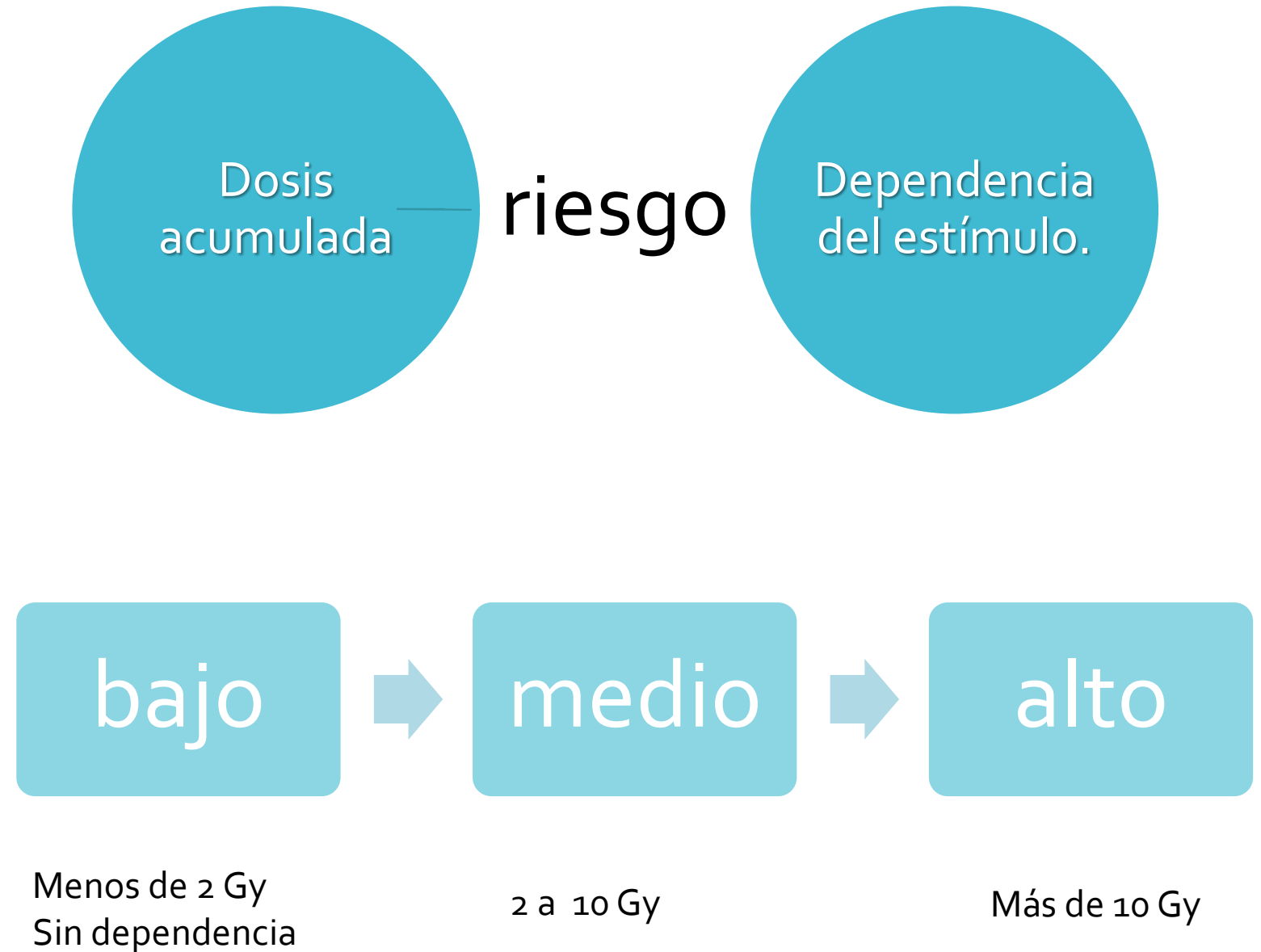
La radiación ionizante puede producir cambios irreversibles en la electrónica del dispositivo.

- × IMRT: mayor cantidad de tejido comprometido por la dosis periférica (mayor en tratamientos dinámicos que estáticos).



Categorización de los pacientes.

El riesgo de qué depende?



Management of radiation oncology patients with implanted cardiac pacemakers: Report of AAPM Task Group No. 34

J. R. Marbach

Cancer Therapy and Research Center, San Antonio, Texas 78229

M. R. Sontag

Duke University Medical Center, Durham, North Carolina 27710

J. Van Dyk

Ontario Cancer Institute, Toronto, Ontario M4X 1K9, Canada

A. B. Wolbarst^{a)}

Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 20460

(Received 12 May 1992; accepted for publication 4 October 1993)

DISCLAIMER: This publication is based on sources and information believed to be reliable, but the AAPM and the editors disclaim any warranty or liability based on or relating to the contents of this publication.

The AAPM does not endorse any products, manufacturers, or suppliers. Nothing in this publication should be interpreted as implying such endorsement.

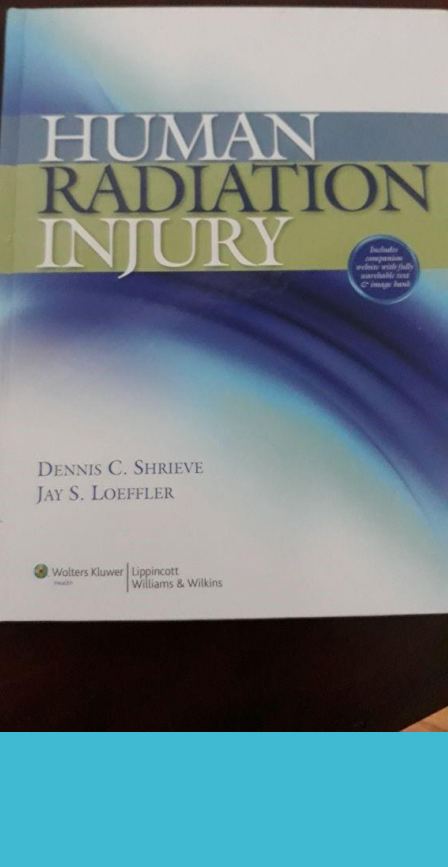
Dosis potencialmente dañina	10 Gy
Dosis cambios funcionales	2 Gy

AAPM 1994

It is estimated that in 1986 more than 100 000 cardiac pacemaker implants were performed in the United States and that there were at least 500 000 pacemaker implanted patients.¹

Table 1 Overview of important in vivo and in vitro studies (with either a large number of CIEDs or interesting findings, excluding reviews)

Year	First author	Study type	Number of PM included	Number of ICD included	Intervention: Max Dose in study(Gy)	Number of defects	type of defect
2010	Ferrara	Prospective in vivo	37	8	< 2,5	No defects	No defects
2010	Wadasadawala	Review+ 8 pacemakers	8	0	60	No defects	No defects
2009	Zweng	case report	1	0	0.11	1 [1] @ 0.11 Gy	runaway PM
2009	Gelblum	Retrospective in vivo	0	33	<3	1 [33] @3 Gy	Reset to factory settings
2008	Lau	case report	0	1	<0,15	1 [1] @ 0,15 Gy	electrical reset
2008	Kapa	in vitro	7	20	< 4 (in vitro)	No defects	No defects, 4 devices relocated before RT
2002	Mouton	in vitro research	96	0	200	4(96) @ 0,2 Gy 21 (96)@2 Gy >0.2 Gy/ min	8 defect modes described
2001	Niehaus	Review+ in vivo research	0	3	< 5	no defects	No defects
2000	Tsekos	case report	1	0	< 50	1 [1] @ not reported dose	Decrease of battery load
1994	Souliman	in vitro research	18	0	70	11 [18] @ 7,0 Gy 2 [18] @ 1,7 Gy 5 [18] @ 2,5 Gy	1) temporary change to interference or safety mode pacing lasting for the duration of the irradiation only [2] change to interference mode pacing—from which recovery may occur after reprogramming the pacemaker [3] severe damage
1994	Wilm [53]	in vitro research	20	0	300	2 [20] @ 10 Gy (complete defects)	Complete defect, decrease of pace amplitude, loss of telemetry
1991	Rodriguez	in vitro research	23	4	< 50	1 [23] @ 14 Gy 11 [23] sensitivity 9 [23] telemetry	sensitivity, telemetry and total defect



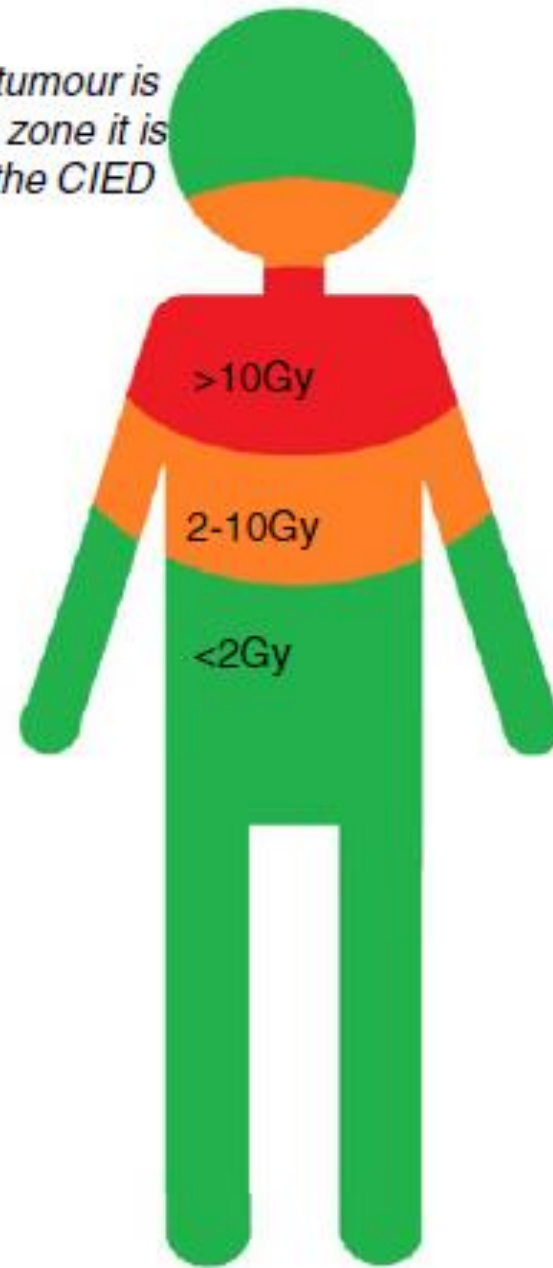
Guías actuales para el manejo de pacientes con MP o CVI.

2016

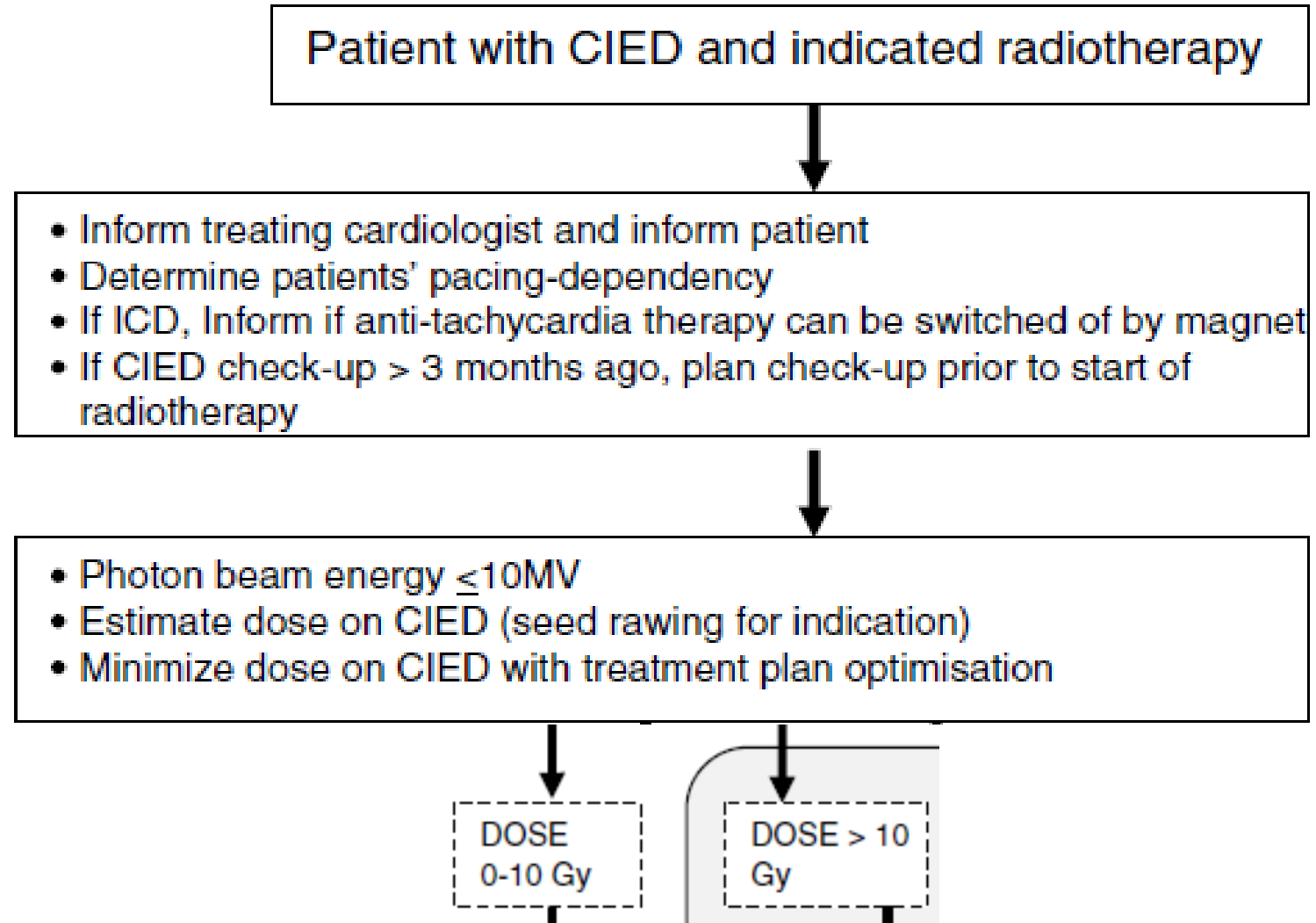
- Las guías disponibles hasta Holanda, no tienen en cuenta dos aspectos fundamentales:
- 1- perspectivas del paciente con el dispositivo.
- 2- desarrollo tecnológico y complejidad técnica para la entrega de la radioterapia.
- *Dutch Society of Radiotherapy and Oncology (NvRO)*
- Grupo de trabajo multidisciplinario con:
- Físicos médicos, cardiólogos, radiooncólogos, y técnicos en MP y CVI
- Objetivo: desarrollar guías consensuadas para el manejo de estos pacientes, basadas en evidencia clara.
- Management of radiation oncology patients with a pacemaker or ICD: A new comprehensive practical guideline in The Netherlands. Coen W Hurkmans^{1,8*}, Joost L Kneijens^{2,8}, Bing S Oei^{3,8}, Ad JJ Maas^{4,9,10}, GJ Uiterwaal^{5,9}, Arnoud J van der Borden^{6,10}, Marleen MJ Ploegmakers¹¹ and Lieselot van Erven^{7,12} Hurkmans et al. Radiation Oncology 2012, 7:198 <http://www.ro-journal.com/content/7/1/198>



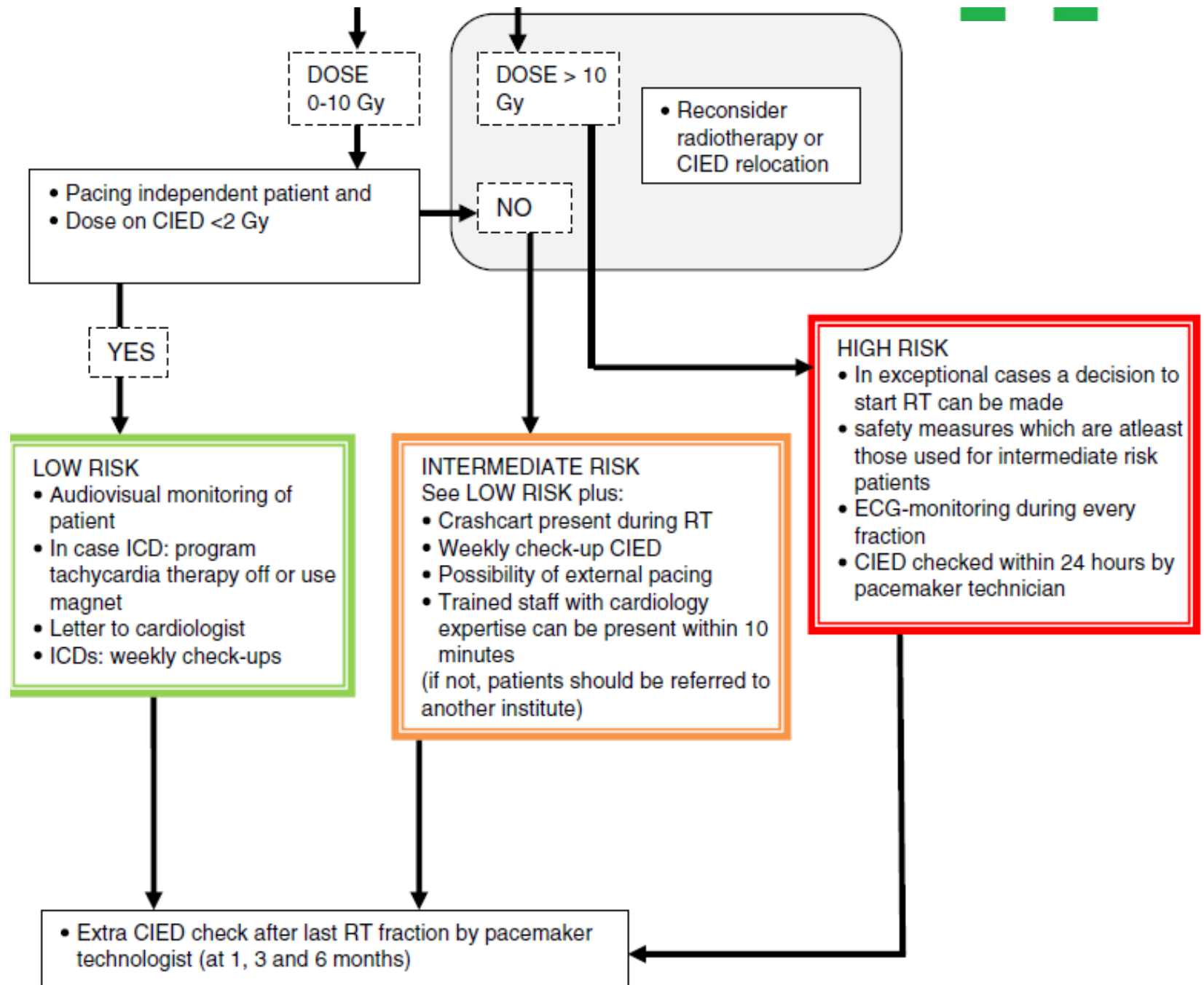
When the tumour is within this zone it is likely that the CIED dose is:*



Mecanismo de abordaje del paciente.



Árbol de posibilidades.



Marcapasos _ cardioversores y radioterapia.

resumen



daño

- Se puede producir cuando las **dosis acumuladas de radiación** afectan los pequeños **aislantes de silicio y óxido de silicio** dentro de los **transistores**.
- El riesgo aumenta con la acumulación de dosis.
- **No hay umbral establecido.**
- El daño permanente es poco frecuente.
- Los efectos temporarios sobre los circuitos de estimulación y censado pueden disminuirse tomando algunas medidas de precaución.

recomendaciones

- No utilizar radiación ionizante cerca de un dispositivo implantado.
- Si hiciera falta, mover el dispositivo.
- Si no se pudiera: evitar la región del estimulador,
no usar blindaje de plomo.
- En caso de CDI, si se pudiera: desactivar las funciones de detección de taquiarritmia y respuesta antes de administrar la fracción.
- También se puede suspender la detección de taquicardia y administración de terapia colocando un imán sobre el dispositivo durante la fracción.

Control del paciente durante la terapia.

- Monitoreo ECG: recomendable para asegurar funcionamiento del dispositivo.
- Ante inhibición u otras formas de sobrecensado , considerar reprogramar a estimulación asíncrona. O imán para inhibir censado.
- Monitoreo y registro de dosificación de radiación acumulada por exposición del dispositivo.

75 departamentos
de radiooncología
USA y Canadá.

Manejo de pacientes
con dispositivos
durante RT.

Encuesta 2004. Solan et all.

- × 31% de los servicios limita la dosis permitida sobre el dispositivo.
- × 20% sigue estrictamente los lineamientos del TG-34.
- × 15% políticas de manejo.
- × 37% de los clínicos consultan con cardiólogos
- × 33% contactan con las empresas que manufacturan dispositivos.
- × 35% monitorean el paciente durante el tratamiento.
- × 20% dosimetría in vivo regularmente.

- × UK . Lester et all.] Encuestas con iguales resultados.
- × Japon. Soejima et all.]

**TG-34. recomendaciones valiosas para Marcapasos solamente.
Vieja tecnología
Viejos métodos de entrega.**

Conclusiones de las encuestas:

- × **A 20 años de la publicación TG-34:** no todos los centros adhieren a las recomendaciones.
- × **Falta familiaridad y comunicación** de las normas de seguridad en el tratamiento de estos pacientes.
- × **Necesidad de una definición clara de las guías para un abordaje uniforme.**

Management of Radiotherapy Patients with Implanted Cardiac Pacemakers and Defibrillators: *A Report of the AAPM TG-203**

TG-203: proveer datos formales para

-guía de los tratamientos,

-mecanismos iniciales para comunicación entre profesionales (radio-oncólogos y cardiólogos)

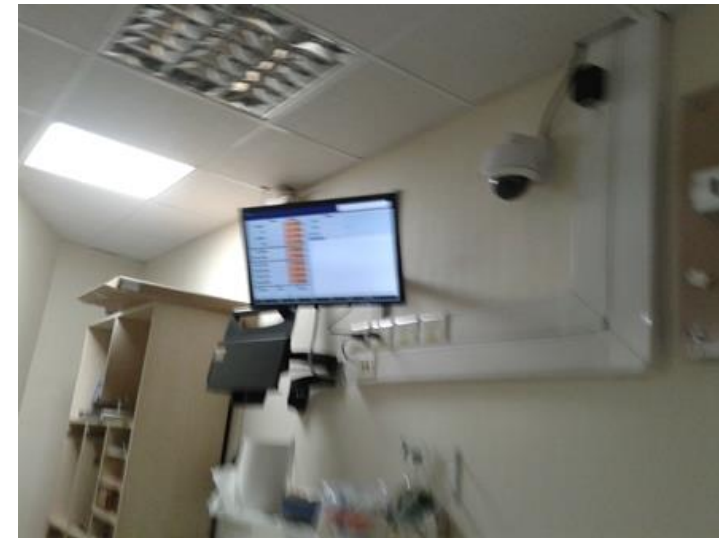
- × **En dispositivos modernos, se investigó:**
- × Dosis
- × Dose-rate
- × Neutrones secundarios
- × **Según técnicas:**
- × Conformacional 3D
- × IMRT
- × Proton beam
- × Y...
- × Efectos de los diferentes procedimientos de imágenes.

Mecanismos de malfuncionamiento de los dispositivos.



- × Datos confundentes y contradictorios.
- × Se han detectado efectos deletéreos con dosis de 0.15 Gy y con un dose-rate de solo 0.2 Gy x min.
- × Y tolerancia a 20 Gy en otros dispositivos.
- × Fallas de marcapasos con 0.11 Gy: efecto EMI durante RT?

- × *Nota: es imposible aislar efecto EMI de otros efectos de radiación.*
- × Desconocemos el origen de muchos errores.



Diferentes posibilidades de imágenes:
Kev, Mev, TC
Fusión de imágenes
Control de movimiento?
Tratamiento de precisión con alta energía.



TG-203

riesgos de malfuncionamiento.

Vigilar
dosis aportadas
por las imágenes!

- × **Imágenes:** KV en planificación de tratamientos y localización. (over-sensing).
 - × También debe considerarse la dosis acumulada:
 - × TC torax multislice 0.03-0.05 Gy
 - × TC 4D: 8 veces mayor.
-
- × Por lo general las dosis de scans individuales son bajas. Hay que tenerlas en cuenta cuando se usan regularmente (dosis acumulativas, sumadas a las dosis terapéuticas).

Patient with CIED and indicated Radiotherapy

- Inform treating cardiologist and inform patient
- Determine patients' pacing-dependency
- Inform if anti-tachycardia therapy can be switched off by magnet when ICD.

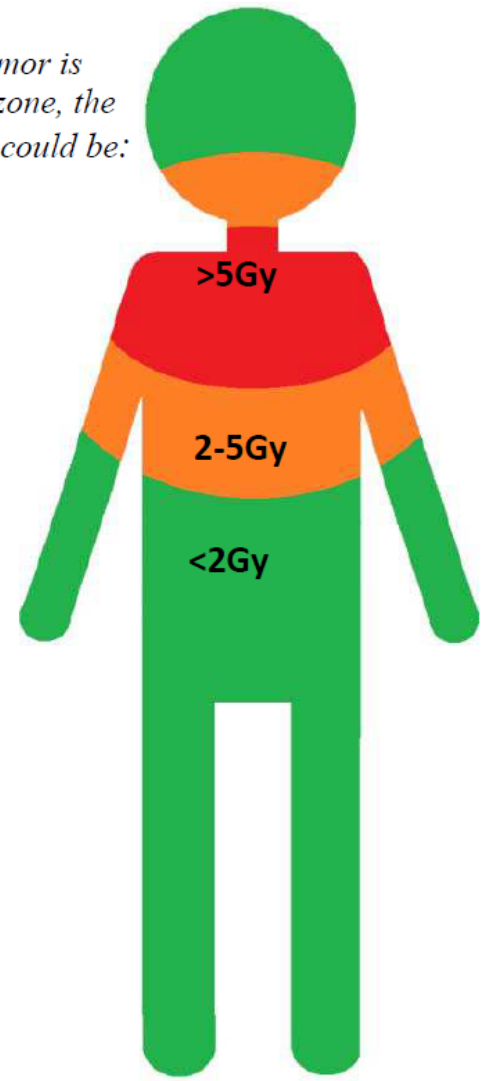
- Estimate dose on CIED
 - More than 10 cm from treatment field edge – dose probably <2 Gy
 - Less than 10 cm from field edge – measure to confirm dose
 - Within 3 cm from field edge – can rely on TPS calculation
- Minimize dose to CIED with treatment plan optimization

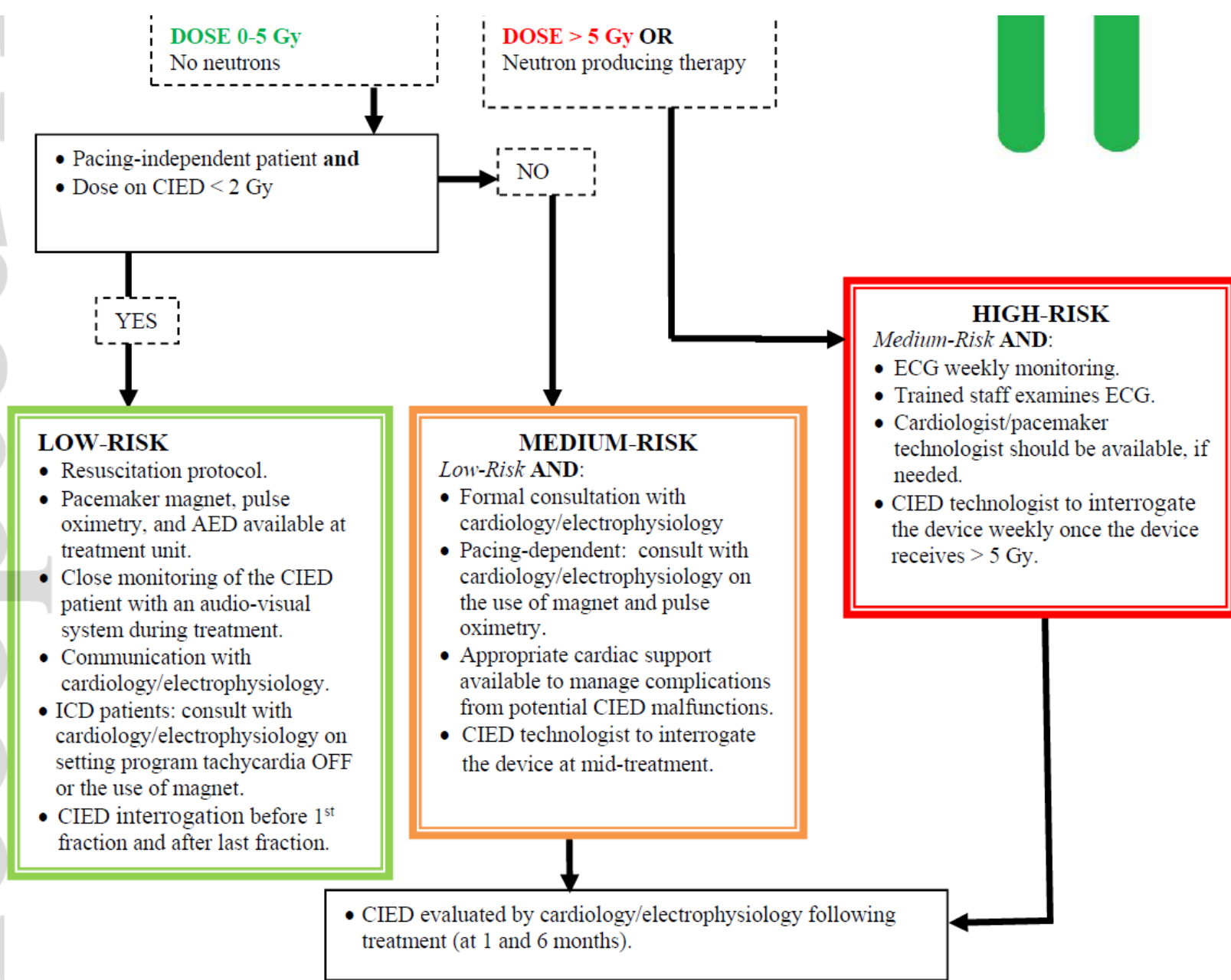
DOSE 0-5 Gy
No neutrons

DOSE > 5 Gy OR
Neutron producing therapy

• Pacing-independent patient **and**

When the tumor is within this zone, the CIED dose could be:





TG- 203

To summarise, these are the factors that are considered in the proposed recommendation:

- CIED type, model and whether it contains active leads
- Presence of neutrons or other high-LET radiation, which might cause SEUs
- Cumulative dose, which might lead to permanent failures
- Patient's pacing dependency
- Dose-rate at the location of the CIED, which might lead to mostly transient over-sensing effects or reset type events
- Radiation therapy treatment intent (curative/palliative)

Sopesando estas consideraciones:

a- no es un ejercicio matemático.

b- basar las recomendaciones según relevancia clínica.

Medir

y cuidar

Importante para mammosite.

- × Simulaciones con método de Monte Carlo. (Sung et al)
- × Mediciones en agua con cámara de ionización.
- × Hay perturbaciones de dosis significativas en los dispositivos.
- × ***Tener conciencia del incremento de dosis con respecto al cálculo del planificador a la hora de estimar distancia segura.***

Incertezas con Mammosite.

Mammosite

Aplicador para APBI (balón inflable) con Ir.

Para 34 Gy al punto de prescripción : 1 Gy a 15 cms.
(Edmonson 2002)

2011: Croshaw- estudio retrospectivo con 3 ptes con ca de mama y dispositivos y APBI con mammosite.
No detectaron efectos adversos.

2012 intento determinación de gráfica dosis absorbida-distancia.
Estudio muy cuestionado: no consideró inhomogeneidades tisulares.

Intravascular
estroncio
iridio

HDR

iridio
cobalto 60

braquiterapia

- ❑ **Intravascular.** Dosis absorbida por el dispositivo:
Estroncio: 1 cGy
Iridio: 2,5 cGy (máximo 7 cGy)

La tasa de dosis es muy baja.

De todos modos es recomendable una imagen (TC?) para medir distancia.

- ❑ **HDR.** Con carga diferida.

Ca de pulmón o esófago: Es posible que el dispositivo reciba dosis de 1 Gy .

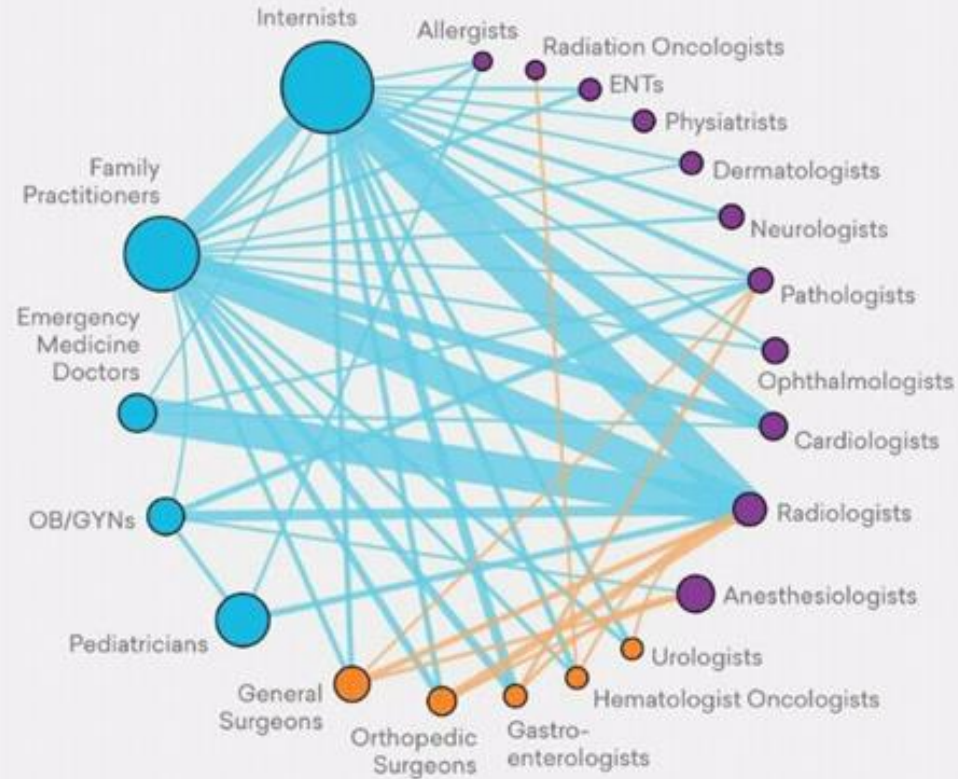
MULTIDISCIPLINA

INTERDISCIPLINA

INTEGRACION DE
DIFERENTES
ESPECIALIDADES.

Watch this GIF to see how doctors work together

Top 50 most common doctor referrals based on patient volume, as documented in health insurance claims



Casos anecdóticos.

- × Año 2014: paciente joven con cáncer de recto bajo.
Recomendación del cirujano: Cirugía de Miles sin neoadyuvancia por presencia de marcapaso.
Llega al servicio por sugerencia de un amigo.
Se acuerda con el cirujano la indicación de QT RT neoadyuvante.
Obtiene respuesta completa. Vive libre de enfermedad sin cirugía.

- × Año 2018: paciente 60 años – Cáncer de mama.
Ingresa al servicio post tumorectomía para tratamiento del volumen mamario.
Se relevan tomográficamente las condiciones anatómicas del tórax y ambas mamas en posición habitual (brazos extendidos hacia arriba).
Recibe tratamiento durante 8 días consecutivos.
La paciente falta un día a su tratamiento. Cuando se la ubica en la camilla del equipo de tratamiento explica que no puede levantar el brazo porque se le había colocado un marcapasos.

Casos anecdóticos.

- × Año 2000: LP paciente de 35 años. Rabdomiosarcoma del Miocardio. Mtts pulmonares. Marcapasos en el volumen de tratamiento.
- × Año 2009: PBA paciente 79 años . Ca de próstata tratado con cirugía- evolucionó con mtts óseas – tratamientos múltiples con bloqueo hormonal. Requirió tratamiento radiante por mtts en col cervical y escápula izquierda . Control del marcapaso en aplicaciones 1, 6, 11 y 16. Cambio en la longevidad del MP 9.5 a 8.5 en 10 días de tratamiento. Sin cambios en: Frecuencia básica: 60 x min
Voltaje: 2.79
Frec ante imán: 98.5 x min
Amplitud del impulso: 3.50 V
Sensibilidad: 2.0 Mv

Muchas gracias por la atención.

× mabel.sardi@hospitalitaliano.org.ar