



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



“Braquiterapia de alta tasa de dosis”

Dra. Marcela de la Torre.

23, 24 y 25 de Octubre de 2019

AMA - Av. Santa Fe 1171 - Capital Federal

Definición

- Braqui (Griego) = corto (distancia)
- Utiliza fuentes encapsuladas para administrar dosis altas en los tejidos cercanos a la fuente
- La ley de la inversa del cuadrado de la distancia determina la mayoría de las distribuciones de dosis

Tema

Solo alta tasa?

Empecemos por las bases

Fuentes usadas en braquiterapia

- Ir – 192 solo disponible para alta tasa
- I -125
- Cs- 137 solo baja tasa ginecológica
- Co-60 solo alta tasa
- St-90 (quedan en Argentina ?)
- Pd-103 (no disponible en Argentina)
- Ru-106 (no disponible en Argentina)
- Y-90 prácticamente no usado

Uso clínico de las fuentes

Se determina según:

- Vida Media
- Actividad específica
- Energía
- Tamaño

Fuentes γ -emisoras

Radio Nuclide	Half Life $T_{1/2}$	λ (s^{-1})	Mass for 100 MBq (μg)	Average Photon Energy (keV)	*Half Value Layer lead (mm)
^{137}Cs	30.2 y	$7.28 \cdot 10^{-10}$	31.2	662	6.5
^{192}Ir	74.0 d	$1.08 \cdot 10^{-7}$	0.29	380	6.0
^{125}I	59.4 d	$1.35 \cdot 10^{-7}$	0.16	28	0.03
^{103}Pd	17.0 d	$4.73 \cdot 10^{-7}$	0.04	21	0.02
^{226}Ra	1600 y	$1.37 \cdot 10^{-11}$	2735	830	16
^{198}Au	64.7 h	$2.97 \cdot 10^{-6}$	0.011	416	3

* assumes narrow beam geometry

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

Iridio 192

- Antes formas disponibles para baja tasa
- Hoy el isótopo mas utilizado para alta tasa de dosis
- Vida media 75 días. Requiere corrección por decaimiento para cada tratamiento
- Reemplazo cada 3-4 meses
- Alta actividad específica permite fuentes miniaturizadas
- Energía efectiva 350keV. Más fácil protección

Iodo 125

- En forma de semillas de diferentes actividades
- Cápsula de material inerte no tóxico
- Energía muy baja (28keV). Muy fácil de proteger. La radiación de un implante es fácilmente absorbida en el paciente
- Vida media 60 días
- Permite implantes definitivos
- Verificación de muestreo (aprox 10%)

Clasificación en términos de la tasa de dosis


- Baja Tasa (LDR) 0.4-2 Gy/h
- Media tasa (MDR) 2-12 Gy/h (hoy poco usada)
- Alta tasa (HDR) >12 Gy/h (PDR versión de la alta tasa, hoy poco usada)

Braquiterapia Clasificaciones

En términos de

- Tasa de dosis
- Duración de la irradiación
- Ubicación de las fuentes
- Método de carga

Clasificación en términos de duración de la irradiación

- Implantes Permanentes: irradiación continua hasta el decaimiento completo de la fuente. No se retiran las fuentes  baja tasa
- Implantes Temporarios: Irradiación desde la colocación de la fuente hasta su retiro. Baja o alta tasa. Distinta radiobiología si es de baja o alta tasa

Clasificación en términos de ubicación de la fuente de baja o alta tasa

- Contacto: -intracavitaria
 - intraluminal
 - endovascular
 - superficial y moldes
- Intersticial

Clasificación en términos de método de carga

- Fuente Pregargada
- Carga diferida manual
- Carga diferida a control remoto

Diferencias entre baja y alta tasa de dosis

Lo disponible

Baja tasa

Fuentes Precargadas

Placas oculares

Aplicadores de estroncio

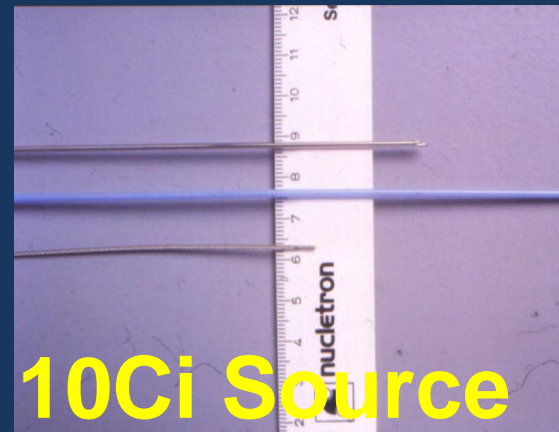
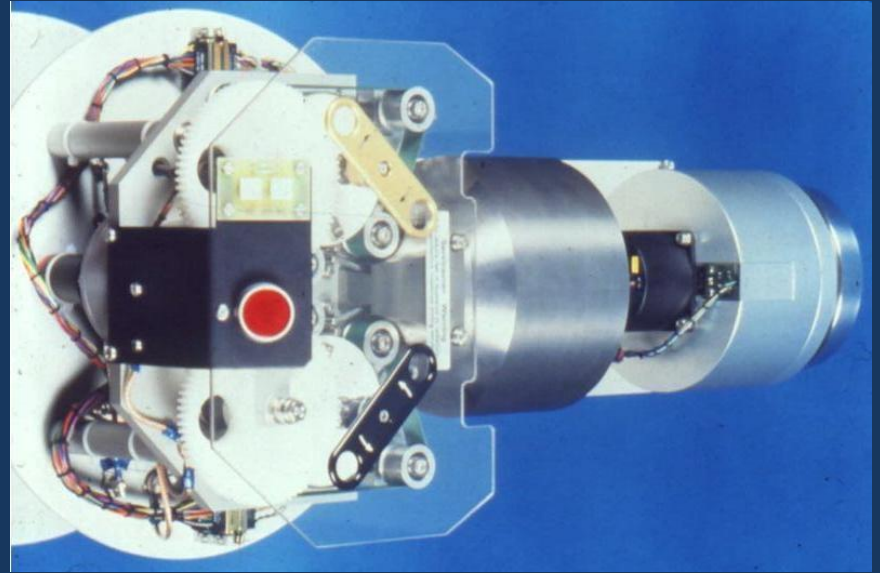
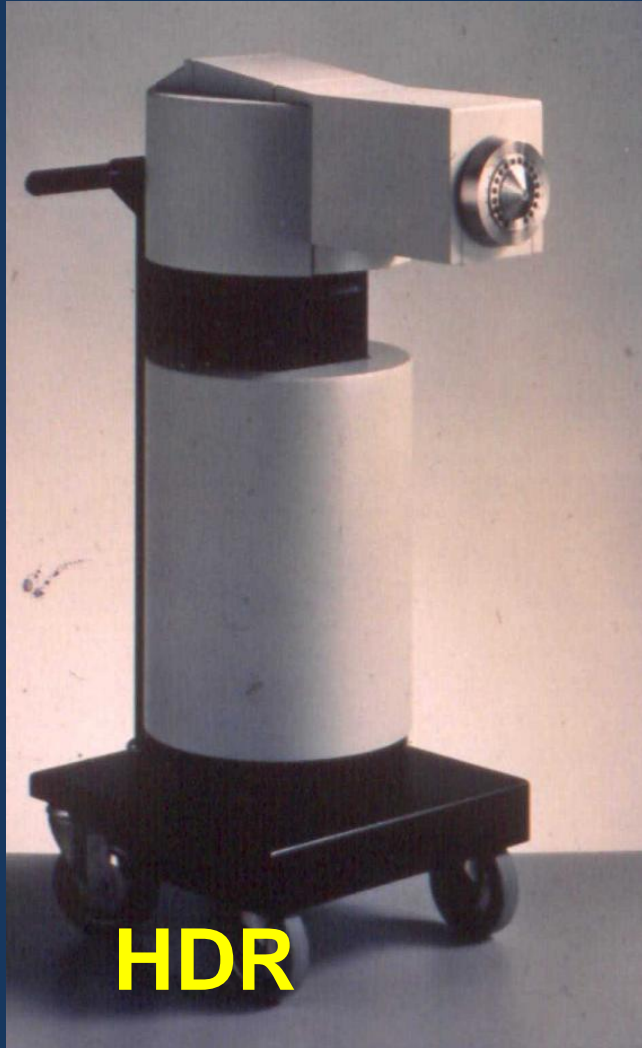
Carga Diferida

Baja tasa: Manual

A control remoto

Alta Tasa: A control remoto

Alta tasa a control remoto



Varian



VariSource



GammaMed



MicroSelectron



Flexitron

Equipos HDR

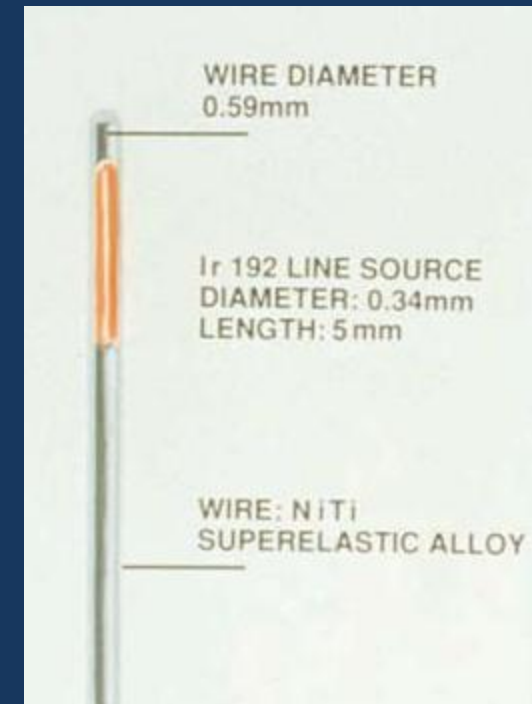


MultiSource

IBt Bebig

Nucletron

Alta tasa a control remoto



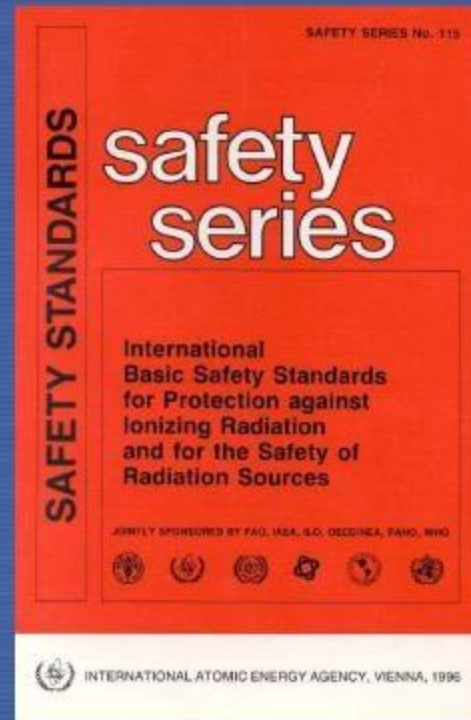
Ir-192 vs. Co-60

TABLE 13.V. SOME CHARACTERISTICS OF ISOTOPES USED IN BRACHYTHERAPY

Isotope	Average photon energy (MeV) ^(a)	Half-life	<i>HVL</i> in lead (mm)	Γ_{AKR} ^(b,d) $\left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{GBq} \cdot \text{h}} \right)$	Λ ^(c,d) $\left(\frac{\text{cGy} \cdot \text{h}^{-1}}{\text{cGy} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{h}^{-1}} \right)$
Co-60	1.25	5.26 yr	11	309	1.11
Cs-137	0.66	30 yr	6.5	77.3	1.11
Au-198	0.41	2.7 d	2.5	56.2	1.13
Ir-192	0.38	73.8 d	3	108	1.12
I-125	0.028	60 d	0.02	-	-
Pd-103	0.021	17 d	0.01	-	-

Radioprotección

- Las Normas Básicas Internacionales de Seguridad Radiológica (NBS)



Radioprotección de operadores y público

TABLE I C PROCESS OF RADIATION THERAPY (BRACHYTHERAPY) [2]

1 Clinical evaluation	Initial multidisciplinary evaluation of patient Decision for radiation therapy Assessment of pathobiology of tumour Staging
2 Therapeutic decision-making	Selection of treatment goals-cure/palliation Choice of modalities of treatment
3 Target volume localization	Definition of tumour extent and potential routes of spread Identification of sensitive organs and tissues
4 Treatment planning	Selection of volume to be treated Selection of geometry for application Computation of doses and dose distributions Estimation of tolerance to procedure Check off of equipment Arrangement for surgical suite and anaesthesia
5 Treatment	Examination of anaesthetised patient Review of initial treatment plan Implantation
6 Verification of implantation	Orthogonal or stereo radiographs
7 Dosimetry	Calculation from actual implantation Establishment of time for removal
8 Patient evaluation during treatment	Assessment of tolerance Check of position of implant
9 Removal of implant	
10 Follow-up evaluation	Assessment of early and late sequela Evaluation of tumour control

Alta tasa ALARA

- Máxima Radioprotección
 - Tratamiento en sala adecuadamente blindada
 - Múltiples controles (del equipo y del ambiente)
 - Solo el paciente durante la irradiación
 - No hay manipulación de fuentes
 - Paciente ambulatorio sin fuentes

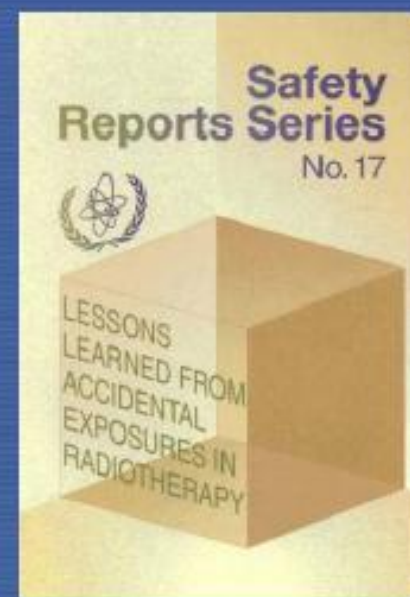
Braquiterapia

- Se caracteriza por un gran gradiente de dosis
- Diversidad de técnicas y de fuentes
- Altamente personalizado a las características del paciente.
- El mas conformado y adaptativo. Mas seguro
- Proporcionalmente mas accidentes que con externa
- Mayores controles de seguridad que con Radioterapia Externa

Eventos reportados

En braquiterapia

Category	No of cases	%
Equipment design	5	15
Source order and delivery	3	9
Calibration	5	15
Preparation	6	18
Planning and dose calculation	11	34
Source removal	3	9



- Teniendo en cuenta el número de pacientes tratados, el número relativo de accidentes en braquiterapia es aprox. 10 veces más alto que en RTE
- En ambos la planeación de tratamiento y la calibración de la fuente son los factores más importantes
- En braquiterapia los problemas ligados al manejo de las fuentes son los más frecuentes

Radioprotección en implantes permanentes

Tener en cuenta que el paciente es dado de alta con material radioactivo

($< 0,5$ mSv/h a 1 m)

- Pérdida de fuentes
- Exposición de terceros
- Accidentes del paciente u otros tratamientos (cirugías), procedimientos con las fuentes

Radioprotección

Calibración y Manejo de las Fuentes

Braquiterapia

- Fuentes selladas= no hay contaminación ambiental mientras estén indemnes. Hay que verificarlo
- La actividad se obtiene del certificado de calibración y de la vida media del isótopo y debe ser verificada por el físico a cargo
- Todas las fuentes tienen una actividad sujeta a aspectos regulatorios
- Las personas que ordenan, reciben, manipulan, almacenan y desechan las fuentes deben tener entrenamiento y licencia para realizarlos

Responsable de la Práctica

Aspectos de calibración de fuentes
que deben ser considerados por
los médicos

Especificación de Fuentes

- Unidades Recomendadas
- Unidades antiguas aún en uso
- Para conversión usar IAEA TECDOC-1274 y TG 43

**LABORATORIOS BACON S.A.I.C.**

Especialidades Medicinales - Reactivos de Diagnóstico "in vivo" e "in vitro"
Productos de Tecnología Médica - Radiofármacos
Uruguay 136 - (B1603DFD) - Villa Martelli - Buenos Aires - Argentina
Tel.: (54 11) 4709-0171 (Rotativas) (54 11) 4709-0170 / (54 11) 4709-6546
Fax: (54 11) 4709-2636 - www.bacon.com.ar

CERTIFICADO

Iodo-125 Fuentes selladas Braquibac® para uso médico

La siguiente especificación de fabricación de fuentes radioactivas por Laboratorios Bacon S.A.I.C. esta sujeto a ensayos y resultados indicados.

Nº Orden	1305	lote	4-2836
----------	------	------	--------

Contenedor	E-10
Modelo	BACON
Cant. Semillas	60
Kerma en aire: μ Gym ² /h	0,623
Kerma total en aire: μ Gym ² /h	37,375
Actividad. Aparente: mCi	0,490
Activ. Total Aparente: mCi	29,430
Fecha de calibración	09/12/2008
Fecha ensayo de fuga	09/12/2008
Fecha de vencimiento	05/06/2009

Ensayo de Fuga (Item 5.1.2. del Método de Analisis por Mediciones Radiactivas).
ISO 9978:1992(E).

Criterio de aprobación: (5.1.5 de la misma norma)

Se considera que la fuente sellada es a prueba de fugas cuando la actividad detectada no excede 0,185 kBq.

Resultado: Aprobado

Total: Define el total de actividad aparente y kerma en aire de un lote.

La actividad aparente y kerma en aire describe la radiación externa y no el contenido activo.

Cantidad controlada.

Control de calidad

Certificate For sealed Sources

Issue Date: 2006-05-16 ⁽¹⁾

Product Code:	REF	096.001 (DRN 07735)
Serial number:	SN	D35A3992
Production Code:	LOT	57032/02

Serial no. Transport Container: 2055C5
Serial no. Check Cable: n.a.

Certificate number: rg5LK ozqR7 AKS@p khEiH j1

SOURCE SPECIFICATIONS

Reference Air Kerma Rate: 52.67 mGy h⁻¹ +/- 5% at 1 m ⁽²⁾
Measured at: 2006-05-13 07:50 CET ⁽¹⁾
Apparent Activity: 478.77 GBq (12.94 Ci) at date of measurement

Source Type: MICROSELECTRON-HDR CLASSIC
Capsule dimensions: 1.10 mm diameter, 5.00 mm length
Source pellet dimensions: 0.60 mm diameter, 3.50 mm length
Source pellet form: solid Iridium
Radionuclide: Ir192
Encapsulation: single
Capsule material: stainless steel, AISI 316L
ISO Classification: ISO/80/C53211
Special form certificate number: D/0046/S-96(REV.5)

QUALITY CONTROL

Cable Visual Inspection: passed
Source Visual Inspection: passed
Laser Weld Visual Check: passed
Source Capsule Integrity (15N pull test): passed
Leakage test: leakfree ⁽⁵⁾
Surface contamination test: < 185 Bq (5nCi) ⁽⁶⁾

The undersigned, authorized officer of Mallinckrodt Medical B.V., certifies that this source complies with the requirements of ISO 2919 and that all of the information given in this certificate is true and correct.

QUALITY CONTROL SUPERVISOR

(1) Date format yyyy-mm-dd

(2) At Confidence level of 99.7%

(3) The apparent Activity is determined by applying a conversion factor (0.110 mGy m² h⁻¹ GBq⁻¹) to the measured gamma radiation output of the sealed source determined with a calibration instrument. The instrument is calibrated against the standard of

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany.

(4) The Apparent Activity is the Iridium-192 activity, other radionuclides not detectable.

(5) Leakage test method according to ISO 2919 and IAEA TRS 431 (Rev. 1998) test (5.3.4)

(6) Surface contamination test method according to ISO 2919 and IAEA TRS 431 (Rev. 1998) test (5.3.4)

TECDOC 1151

En el pasado en la práctica de la braquiterapia era común aceptar la intensidad de las fuentes especificada por el fabricante de las mismas. Actualmente se ha observado que los límites de la incertidumbre estándar reportados por algunos fabricantes de hasta 10% puede tener efectos no esperados en el tratamiento del paciente. Es por ello que al igual que en Teleterapia, el usuario debe calibrar cada una de las fuentes que ha de emplear

Radioprotección

Planificación y Cálculo de la Dosis

TABLE I C PROCESS OF RADIATION THERAPY (BRACHYTHERAPY) [2]

1 Clinical evaluation	Initial multidisciplinary evaluation of patient Decision for radiation therapy Assessment of pathobiology of tumour Staging
2 Therapeutic decision-making	Selection of treatment goals-cure/palliation Choice of modalities of treatment
3 Target volume localization	Definition of tumour extent and potential routes of spread Identification of sensitive organs and tissues
4 Treatment planning	Selection of volume to be treated Selection of geometry for application Computation of doses and dose distributions Estimation of tolerance to procedure Check off of equipment Arrangement for surgical suite and anaesthesia
5 Treatment	Examination of anaesthetised patient Review of initial treatment plan Implantation
6 Verification of implantation	Orthogonal or stereo radiographs
7 Dosimetry	Calculation from actual implantation Establishment of time for removal
8 Patient evaluation during treatment	Assessment of tolerance Check of position of implant
9 Removal of implant	
10 Follow-up evaluation	Assessment of early and late sequela Evaluation of tumour control

Braquiterapia

- Práctica intervencionista
- Requiere habilidades manuales
- Curva de aprendizaje
- ¿ Todo radioterapeuta debe entrenarse en braquiterapia?

TECDOC 1040

The physician also practicing brachytherapy must first be trained as a radiation oncologist and experienced in oncological practice. The physician should also have specific training in brachytherapy at an institution with an established practice, so that the indications for patient selection, applicator insertion, catheter placement and dose prescription can be learned under the supervision of experienced mentors.

Braquiterapia

Es Mandatorio

- Usar un sistema dosimétrico probado para determinar el cálculo de dosis y el tiempo de tratamiento
- Usar fuentes debidamente calibradas

Evaluación del Plan

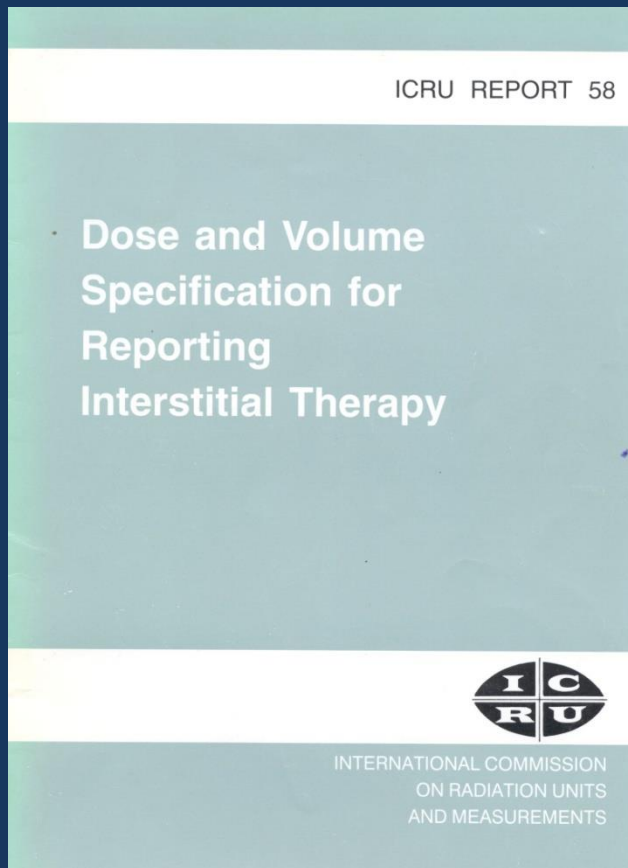
El médico radioterapeuta debe evaluar el plan de tratamiento luego de realizada la dosimetría y el cálculo de dosis por el físico y/o el dosimetrista.

Evaluación del Plan

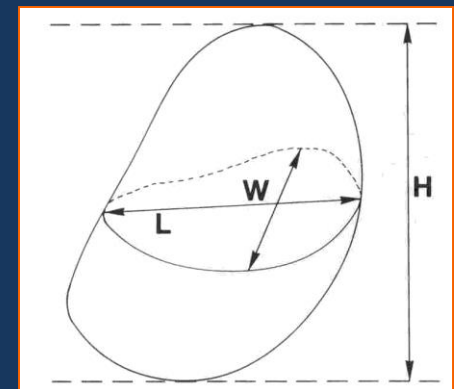
Objetivos

- Verificar consistencia con la prescripción
- Calidad
- Radioprotección del paciente

Dose prescription and reporting in interstitial brachytherapy



- ICRU report 58 (1995)
- Recommendations based on the so called 'Paris' system
- 3D nature of the implant considered



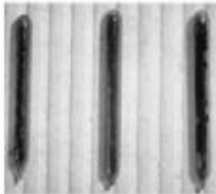
ICRU 58: Guidance on reporting

TABLE 4.1—Levels of priority for reporting temporary interstitial implants

Parameters for reporting temporary interstitial implants	Priority ^a	Level ^b of computation
Description of Volumes (3.1.1):		
Gross Tumor Volume	1	1
Clinical Target Volume	1	1
Treated Volume (2.6.4)	1	3
Description of Sources and Techniques (3.1.2, 3.1.3):	1	1
Radionuclide, type of source		
Source size and shape, source pattern		
Reference air kerma rate		
Inactive vector (applicator), if any		
Description of Time Pattern (3.1.4)	1	1
Total Reference Air Kerma (3.1.5)	1	1
Description of Doses (3.1.6):		
Prescribed Dose including point or surface of prescription ^c	1	1
Reference Doses in Central Plane		
(a) Mean Central Dose	1	2
(b) Minimum Target Dose	1	2
Description of High and Low Dose volumes (2.6.6, 2.6.7)	2	3
Uniformity Parameters (2.6.8)	3	3
Alternative Representation of Dose		
Distribution (2.6.9)	3	3
Dose Rates ^d at point or surface of prescription (2.7.2, 2.7.3)	3	1

Evolución de la Braquiterapia

1898



Radium
first
identified

Early 1900s



Radium
needles used
for
brachytherapy

Early 1920s



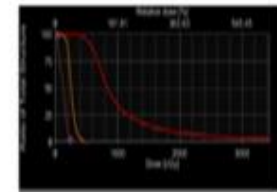
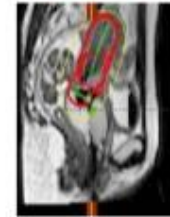
Brachytherapy
/ RT replace
surgery as
preferred
treatment of
advanced gyn
cancers

1950s-60s



Afterloading
systems
developed
To reduce
medical
personnel
exposure

2000s



3D image
based
brachytherapy

Avances

- Equipos a control remoto
- Nuevos isótopos
- Nuevas Tasas de Dosis
- Equivalencias y Radiobiología
- Prescripción de puntos a volúmenes
- Tolerancia de los OR
- Software de Planificación y Dosimetría
- Imágenes
- 2D-3D-4D

Hacia adonde vamos?

- Braquiterapia Volumétrica sin excepción
- Guiada por imágenes (3D y 4D)
- Consensos en definición de volúmenes
- Consensos en fraccionamientos.
- Nuevos reportes (ICRU)
- Mayor atención a la radiobiología.
- Estudios randomizados comparativos

Control de Calidad

Herramienta de Radioprotección

**Marie, cada día
estás más radiante**



**Marie Curie (1867 - 1934) con
su marido Pierre (1859 - 1906).
[Hulton Archive/Getty Images]**

Muchas Gracias por la atención