

INTRODUCTION TO BRACHYTHERAPY

Alfredo Polo MD, PhD

Division of Human Health

International Atomic Energy Agency

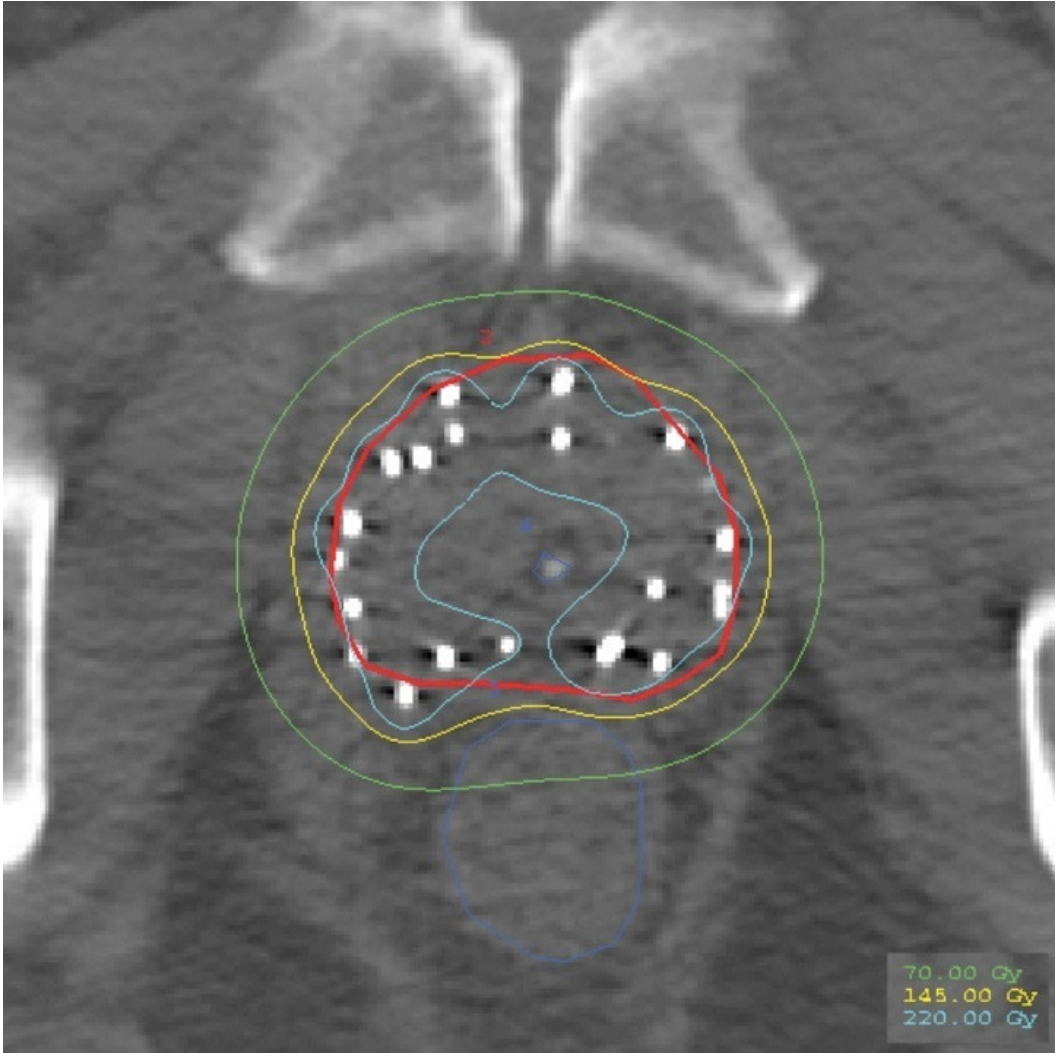


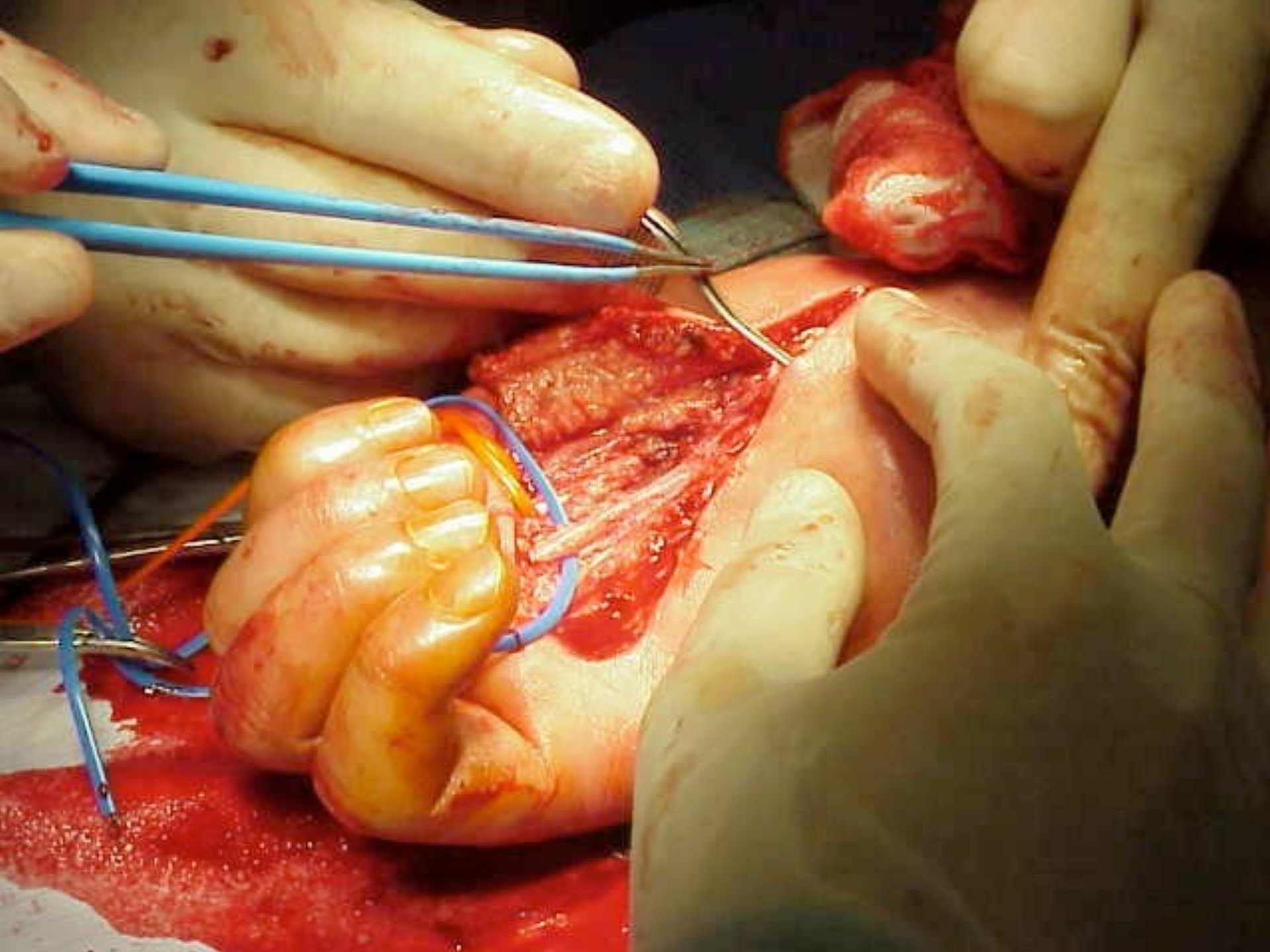
IAEA

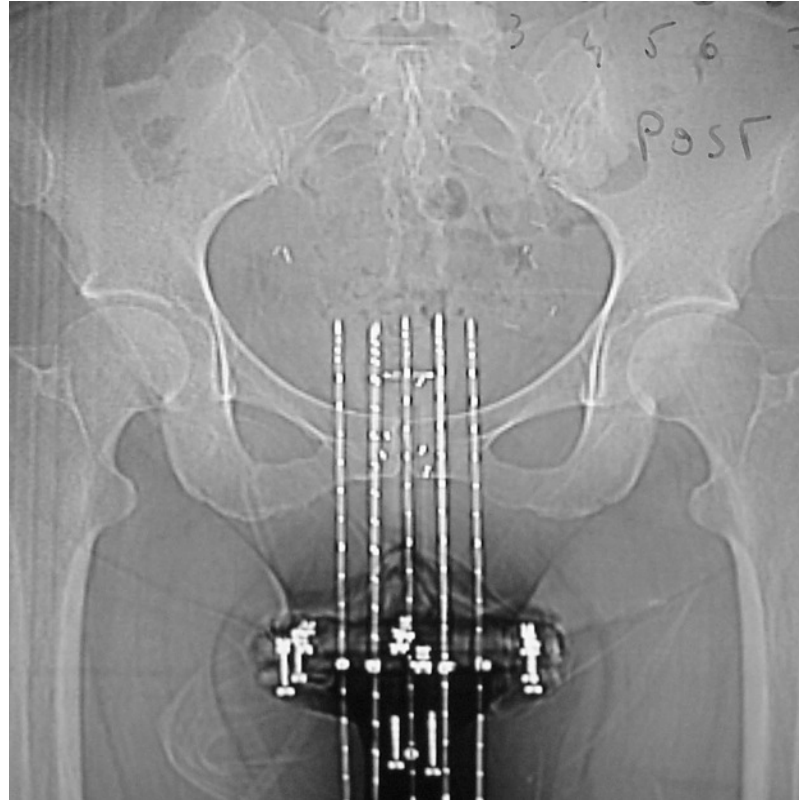
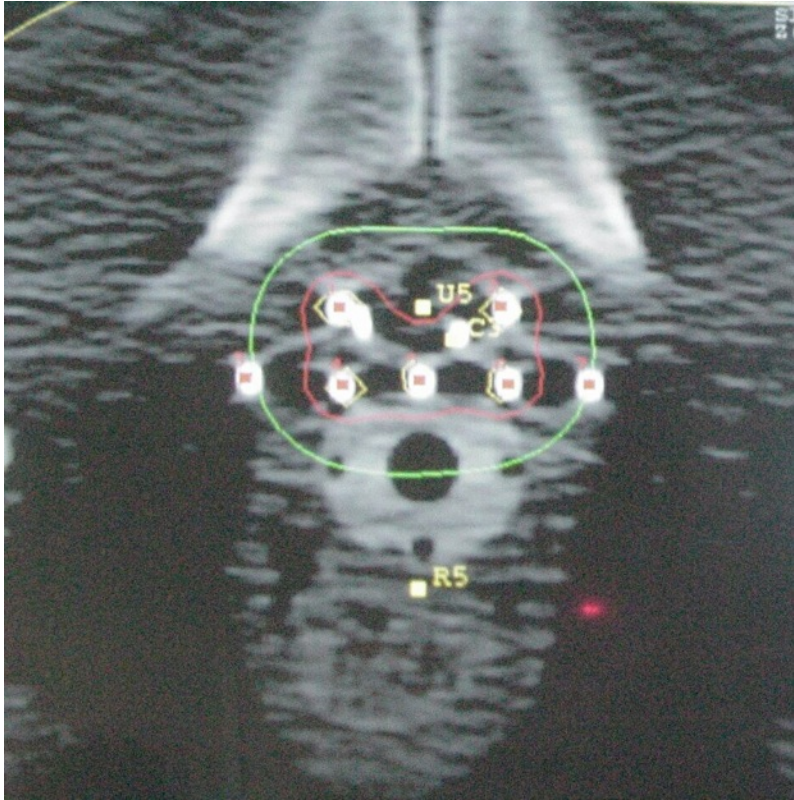
60 Years

Atoms for Peace and Development





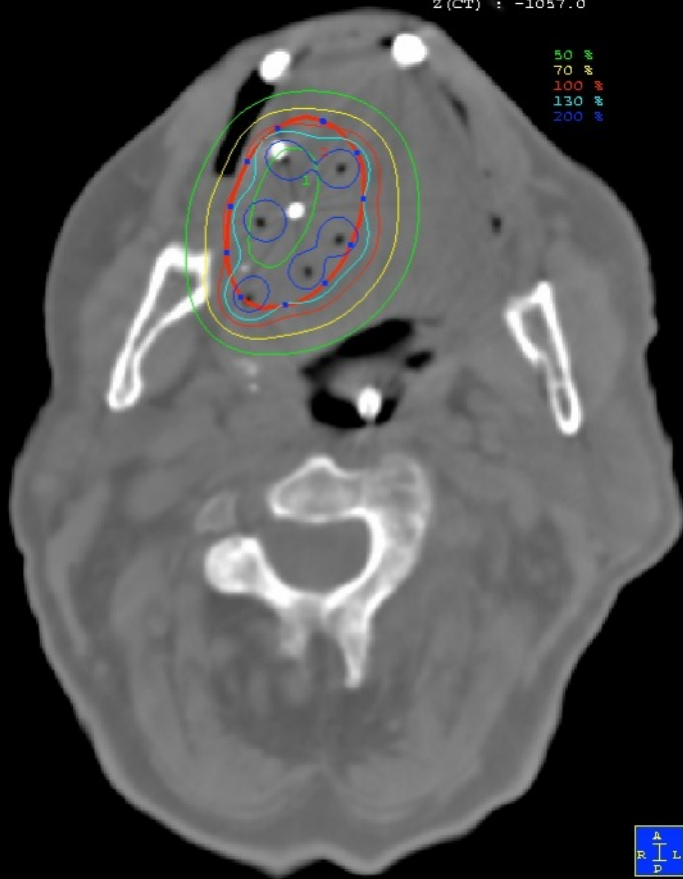




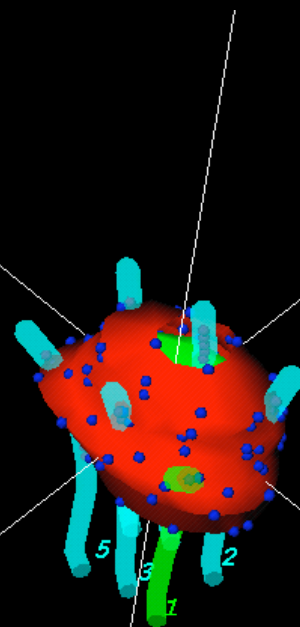
GTV (1)
PTV (2)

Slice : 12 of 24
Z(CT) : -1057.0

50 %
70 %
100 %
130 %
200 %

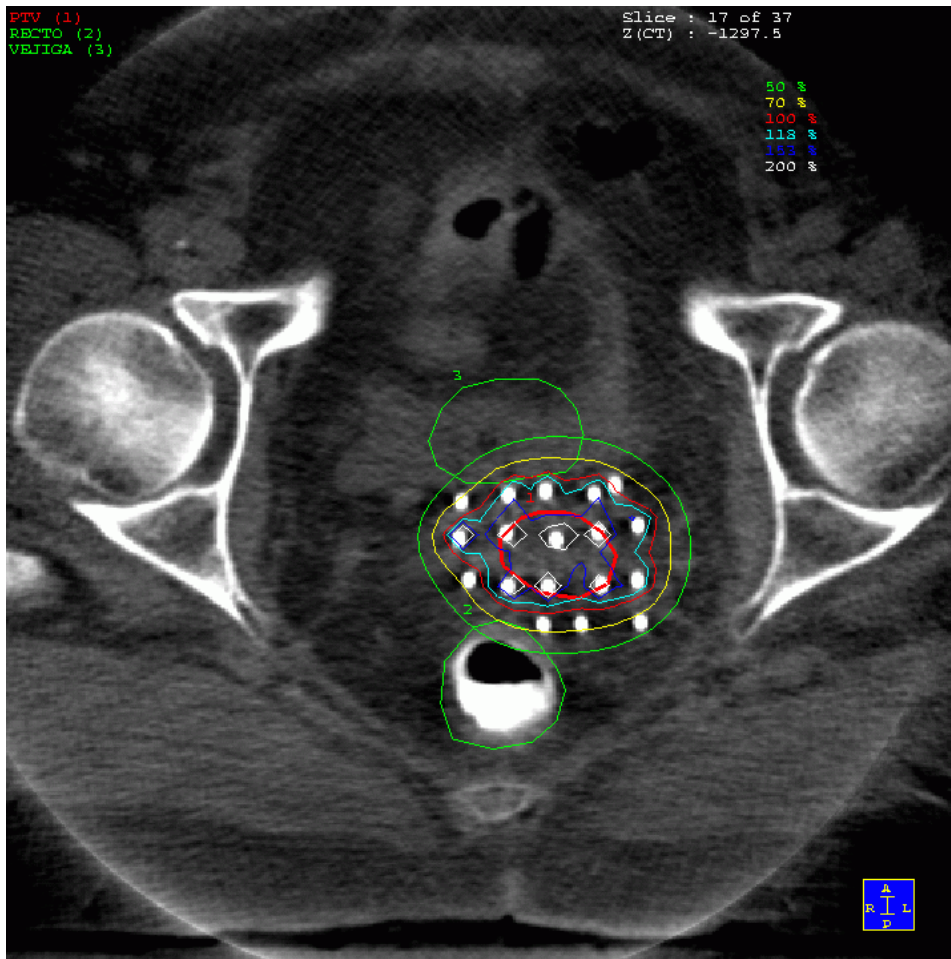


A
T
L



3D

Applicator



HISTORICAL ASPECTS

1900 - Early brachytherapy

1960 - Low dose rate brachytherapy optimization

1970 - Afterloading based brachytherapy

1980 - Physically optimized brachytherapy

1990 - Image-based brachytherapy

2000 - Image-guided brachytherapy

2010 - Biologically optimized brachytherapy

2020 - Predictive assay based biological optimization

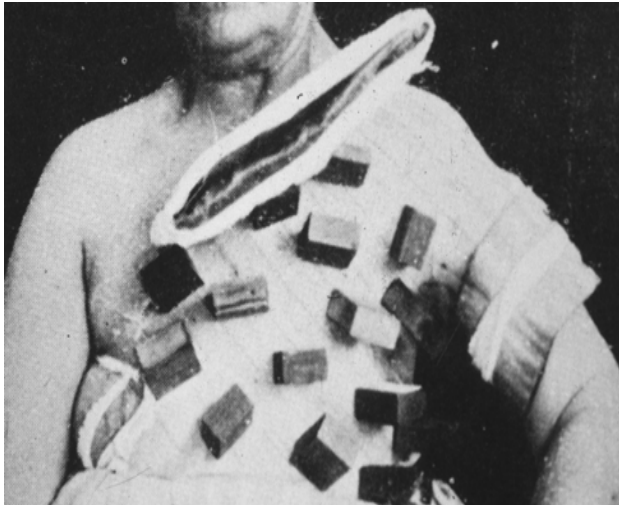
UNTIL RADIUM DISCOVERY



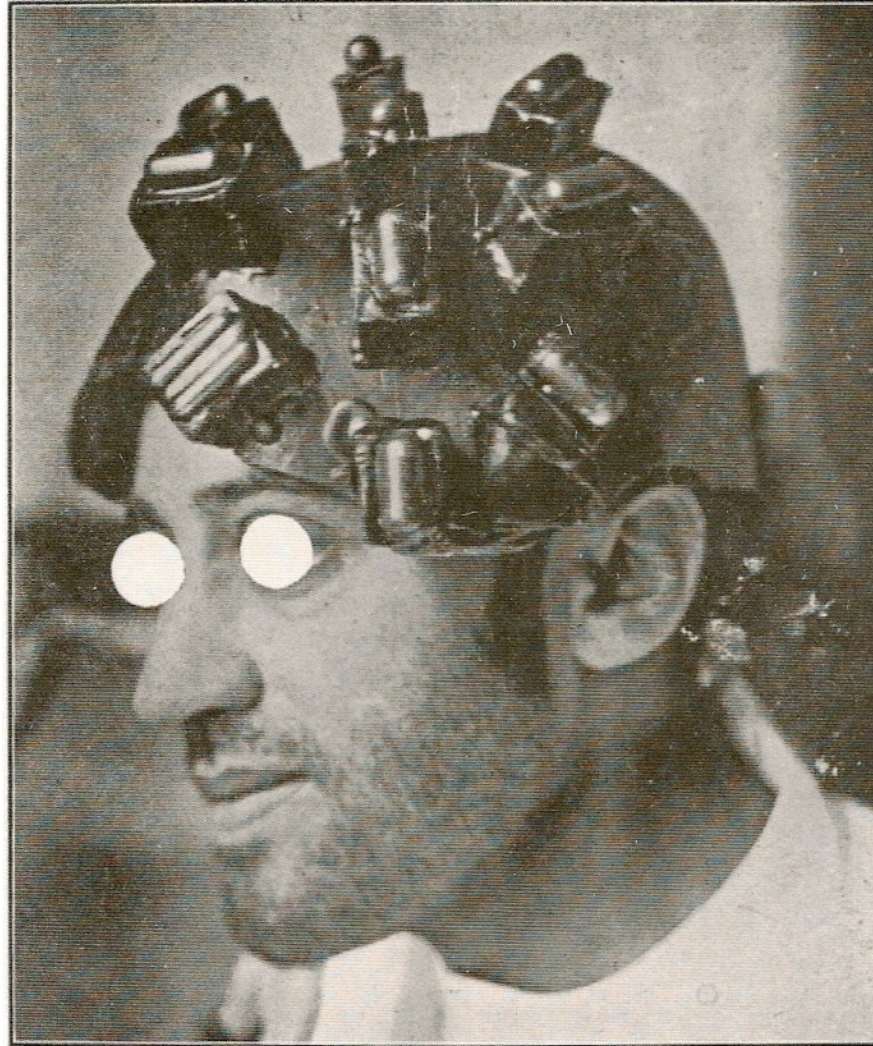
Wilhelm Conrad Röntgen	Henri Becquerel	Sir Joseph John Thomson	Marie Skłodowska Curie
1895	1896	1897	1898
X-ray	Natural Radioactivity	Electrons	Radium



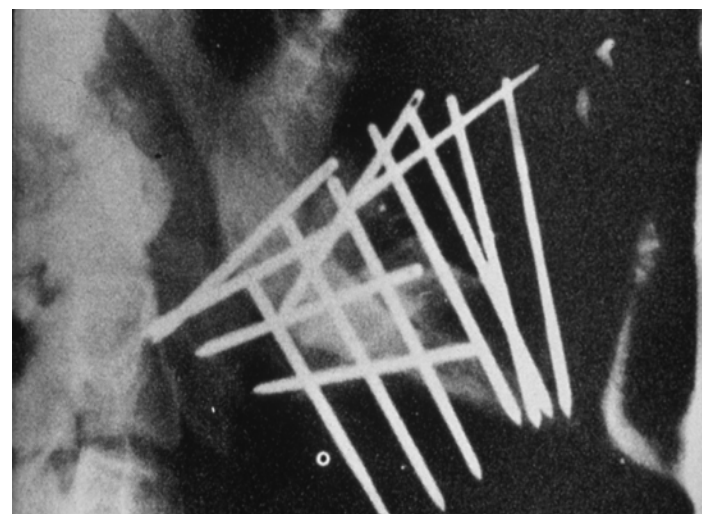
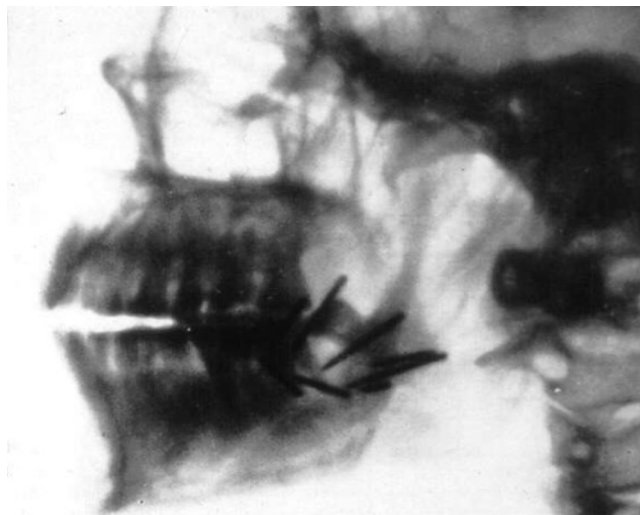
[20.4] Radium plaques being applied in the Skin Department, St. Vincent's Hospital, Melbourne, Australia in 1905¹⁹.



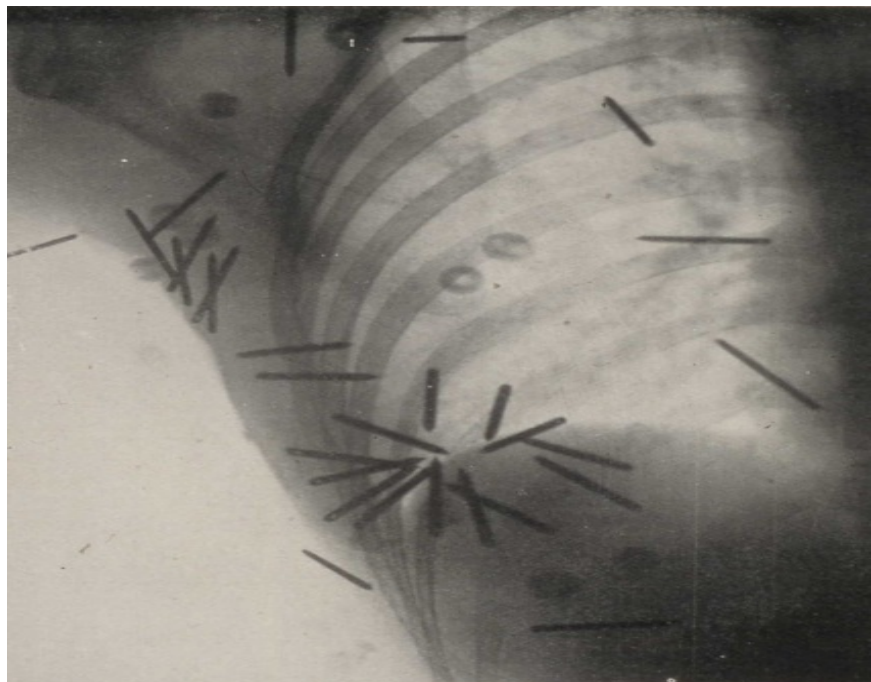
Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet

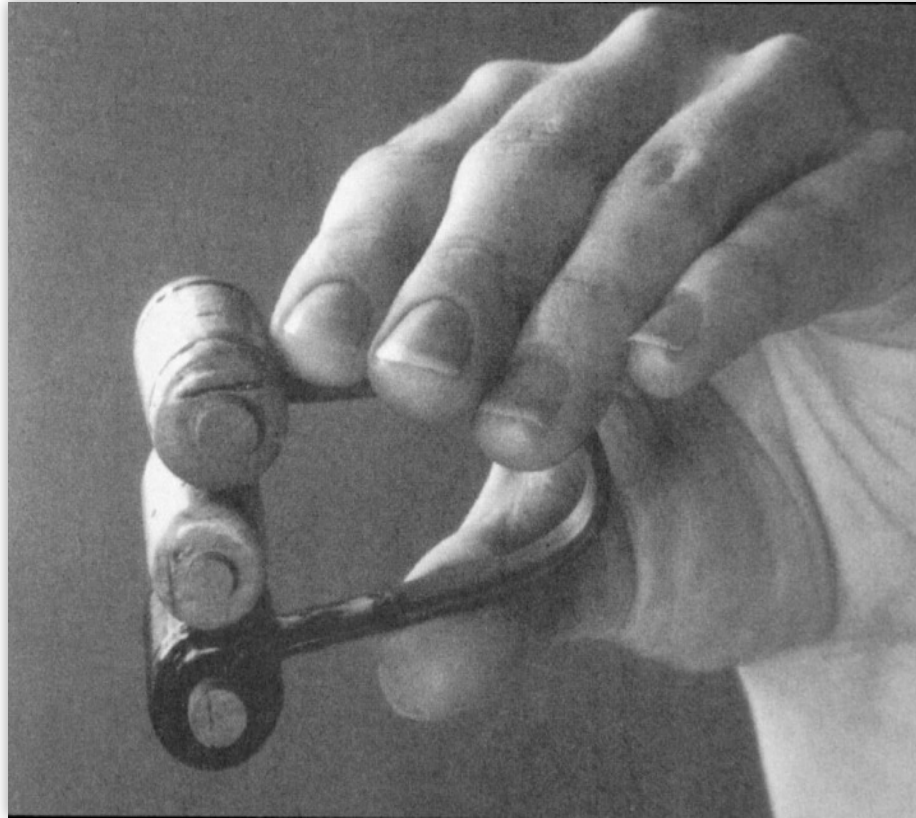


Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet



Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet





Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet

RADIOLE ET RADIODOSE

assurent la guérison complète des
RHUMATISMES, ARTHRITES, DOULEURS

VARICES ET ULCÈRES VARIQUEUX

sont toujours guéris par le **RADIOVEINOLE**

LES HÉMORROÏDES

disparaissent par l'emploi du **SUPPORADOL**

LES MALADIES DE LA PEAU

et leur remède spécifique : la **RADIOCRÉMELINE**

L'ARTÉRIOSCLÉROSE

et le traitement de ses conséquences par

L'ARTORADINE

La BLENNORRAGIE et toutes ses conséquences
sont guéries par la
BLENNORADINE

≡ ≡ **VIGORADINE** ≡ ≡

guérit radicalement toutes les formes de la

Faiblesse virile prématurée

ON NE VIEILLIT PLUS
MIEUX ON RAJEUNIT



LA
CRÈME ACTIVA

radioactive

*provoque une activité particulière de
 la vie des tissus; la peau mise en état
 de jeunesse constante devient plus fine
 et plus blanche et les rides disparaissent*

ENVOI D'ESSAI - Un pot (durée 1 mois) plus que suffisant
 pour constater des résultats déjà surprenants, est
 envoyé franco, sans marques extérieures, avec notice
 contre mandat de 2125 adressé à
 Compagnie française de Vulgarisation
 41, RUE D'AMSTERDAM, PARIS 89
 EFFRENTÉ DANS BONNES PARFUMERIES & GRANDES MAGASINS



ZOË
 le soda atomique

*donne une énergie infinie
 * * comme la pile atomique*



Une saine et douce chaleur,
radio-active...

Pub. André Hirsch - Paris

Une laine, souple, élastique, résistante, épaisse et confortable, qu'un traitement physico-chimique a doué d'un remarquable pouvoir : la radio-activité. Chacun connaît les extraordinaires effets de stimulation organique, d'excitation cellulaire, transmis par le radium. Une laine ainsi traitée allie aux avantages propres du textile une indéniable valeur hygiénique. Pour tricoter la layette de Bébé, les lainages des enfants, vos sous-vêtements et vos pull-over, utilisez la

LAINÉ ORADIUM

Source précieuse de chaleur et d'énergie vitale, irrétrécissable, inféutrable. C'est un Produit de la LAINE MÉDICALE, 20, rue St-Georges, PARIS - Trud. 07-28

La LAINE ORADIUM est vendue chez votre pharmacien au prix imposé de **frs : 8.50** la pelote de 50 grammes.

DEMANDEZ LA BROCHURE ET LA CARTE DES COLORIS
Si votre pharmacien habituel n'est pas encore approvisionné ou n'a pas en stock le coloris que vous désirez, veuillez nous en aviser en nous donnant son adresse et nous nous ferons un plaisir de vous faire parvenir les pelotes de LAINE ORADIUM par son intermédiaire.



"LES ANNALES" du 3 Juillet 1921



Un moyen scientifique pour DÉTRUIRE les POILS

Il existe un moyen scientifique et sérieux de se débarrasser définitivement des poils superflus du visage et du corps. Ce procédé peu coûteux, connu dans les cliniques sous le nom de « Radiopylum », est actuellement utilisé par la plupart des femmes élégantes de France et d'Angleterre. Sans danger, sans mauvaise odeur, sans douleur, le Radiopylum atrophie, désagrège et tue le poil, sans retour possible. Les corps radiopyleux qui entrent dans sa composition émettent des radiations analogues à celles des rayons X qui traversent le derme et y détruisent radicalement les poils et leur racine dans toute leur profondeur.

Nous offrons de donner, à quiconque en fera la demande, la

preuve irréfutable

que les poils, détruits par ce moyen, ne repoussent plus !

Pour recevoir GRATUITEMENT l'exposé complet de cette méthode et le moyen de l'appliquer chez soi, envoyez simplement votre adresse à l'Institut Radioderma (Société F.), 68, Rue Condorcet, Paris (IX^e).

(L'envoi sera fait discrètement sous enveloppe fermée et sans que cela ne vous engage à rien.)

sous le nom de « Radiopylum », est acte
sans danger, sans mauvaise odeur, sans d
radiopyleux qui entrent dans sa composition

CRÈME  POUDRE

THO-RADIA

EMBELLISSANTES PARCE QUE CURATIVES
à base de thorium et de radium selon la formule du

DOCTEUR ALFRED CURIE
EXCLUSIVEMENT CHEZ LES PHARMACIENS

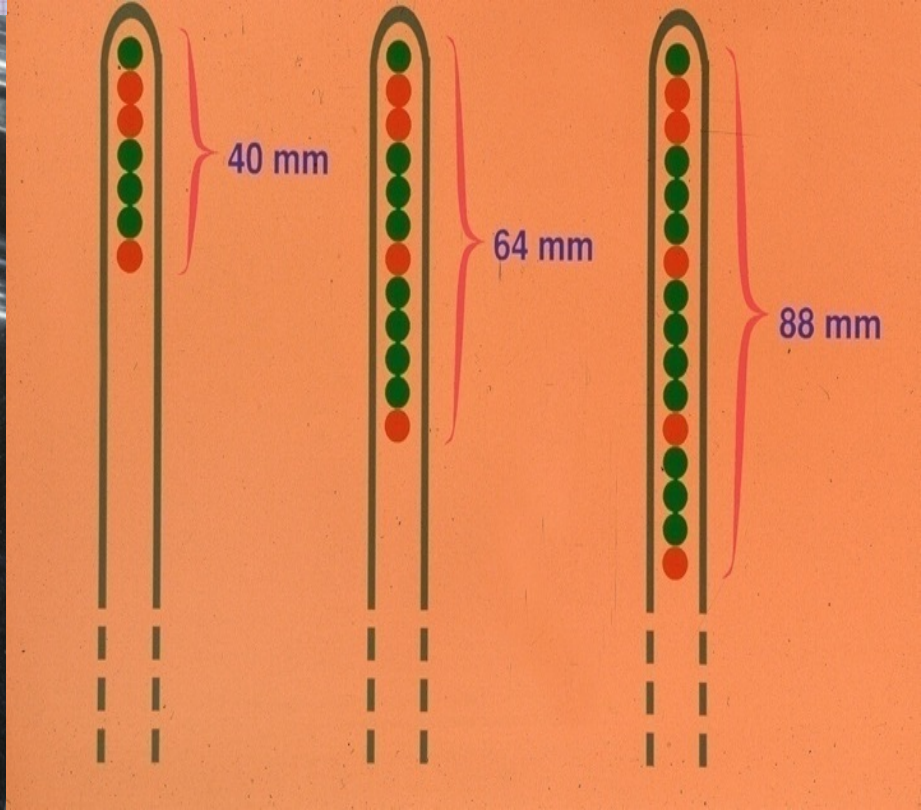
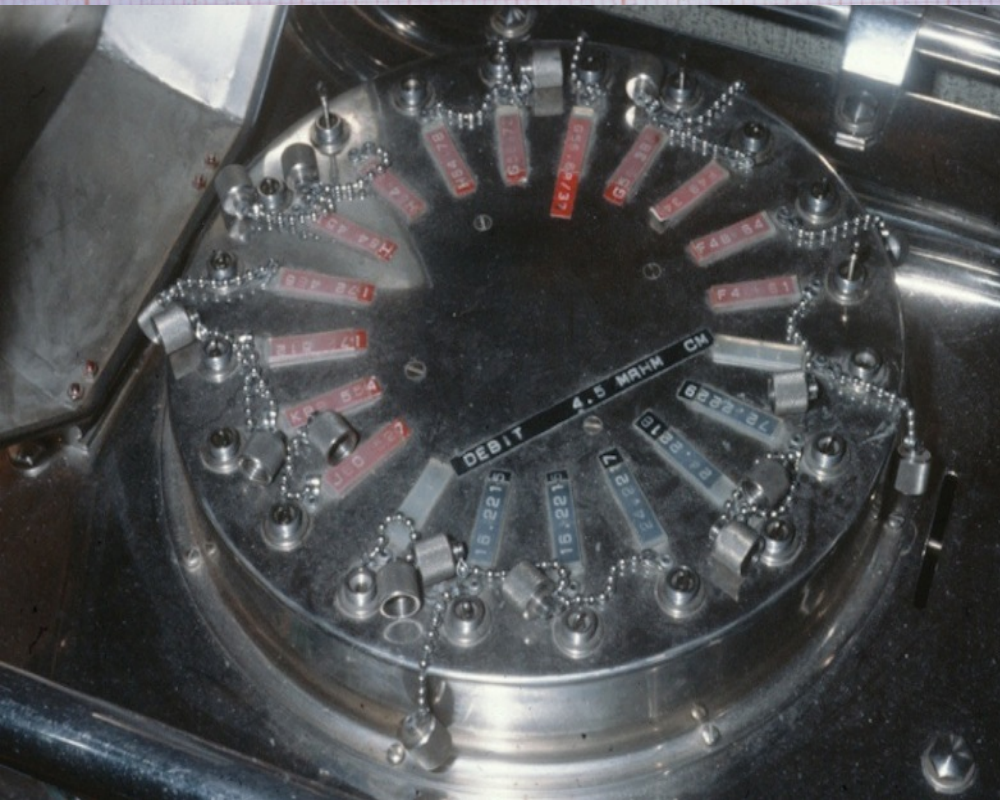
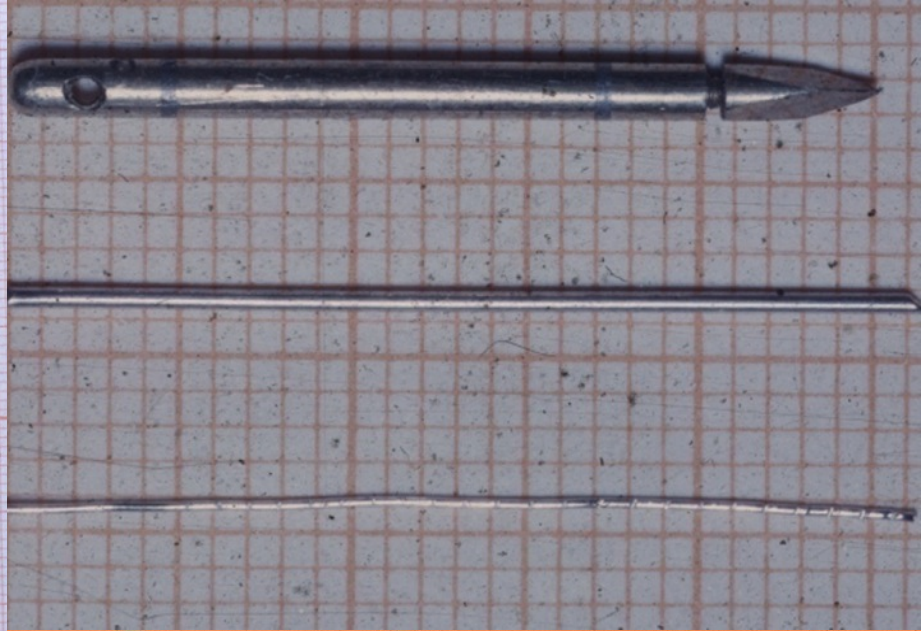
CRÈME
14,50 g
14,50 g

POUDRE
14,50 g
14,50 g

BROCHURE GRATUITE SUR DEMANDE À THO-RADIA, 20 RUE DES CAPUCINES, PARIS

© 1949 Tho-Radia S.A.

Mademoiselle Jacqueline DONNY
MISS FRANCE 1948, MISS EUROPE 1949
Ambassadrice de THO-RADIA



El cáncer no se hereda

-Por William Céspedes Ch.-

Aunque no se ha podido probar en ningún caso, que el cáncer sea hereditario, es decir que se transmita genéticamente, se han reportado en las estadísticas que



Dr. Jean Lacour

existen lesiones que tienen cierta tendencia familiar. Sin embargo, lo más

en cirugía de cuello y cabeza, se encuentran participando como conferencistas en la Semana Francesa de Oncología.

Durante cinco días dictan conferencias sobre el tratamiento de diversos tipos de cáncer, en los hospitales San Juan de Dios, México y doctor Calderón Guardia.

Aprovechando unos minutos libres, después de una conferencia en el Hospital San Juan de Dios, entrevistamos rápidamente a los científicos franceses sobre algunos aspectos de la temible enfermedad.

Al doctor Jean Lacour le preguntamos si considera que realmente se puede llegar a controlar la presencia del cáncer, como temible enfermedad en los próximos años.

La respuesta fue positiva, manifestando que el cáncer se podrá controlar en el futuro mediante el trabajo

significando un gran reto para la ciencia médica.

Las "metástasis" son depósitos secundarios de cáncer situados a cierta distancia de lugar de origen del tumor primario.

Sin embargo, el cáncer puede prevenirse en algunos



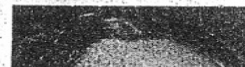
Dr. Alain Gerbaulet

doctor Alain Gerbaulet, quien como dijimos anteriormente es Curioterapeuta.

Considera el doctor Gerbaulet, que los resultados que se han obtenido en los últimos años mediante el empleo de la radioterapia, "Curioterapia" y la cirugía en el tratamiento del cáncer que afecta a la mayor parte de las mujeres del mundo, que es el cáncer de cuello uterino, han mejorado notablemente.

Esos logros los atribuye el doctor Gerbaulet a la introducción de equipos y al trabajo en conjunto que han realizado los diferentes especialistas en cáncer en varias partes del mundo.


Regresando al caso de que muchas personas creen que el cáncer se hereda, pues se han presentado en muchas oportunidades




ARTIFICIAL RADIOACTIVITY DISCOVERY



THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 1935



Frédéric Joliot
Prize share: 1/2



Irène Joliot-Curie
Prize share: 1/2

"in recognition of their synthesis of new radioactive elements."

Nobelprize.org
The Official Web Site of the Nobel Prize

I. PRODUCTION ARTIFICIELLE D'ÉLÉMENTS RADIOACTIFS

II. PREUVE CHIMIQUE DE LA TRANSMUTATION DES ÉLÉMENTS

Par M^{me} IRÈNE CURIE et F. JOLIOT.

Institut du Radium de Paris.

Sommaire. — Le bore, le magnésium et l'aluminium, après irradiation par les rayons α du polonium montrent une radioactivité durable qui se manifeste, dans le cas de B et Al, par l'émission de positrons, tandis que dans le cas de Mg il y a émission d'électrons négatifs et de positrons. Des radioéléments ont été créés par transmutation.

Leur destruction suit une loi exponentielle; la décroissance de moitié a lieu en 14 min., 2 min. 30 sec., 3 min. 15 sec., pour B, Mg et Al respectivement. Elle est indépendante de l'énergie des rayons α excitateurs.

Le rayonnement émis par Al et B irradiés est exclusivement composé de positrons sans électrons négatifs, et forme un spectre continu comme le spectre naturel de rayons β des corps radioactifs. L'énergie maximum du rayonnement de positrons est de l'ordre de $4,5 \times 10^6$ eV pour B, 3×10^6 eV pour Al.

Les électrons positifs et négatifs de Mg forment deux spectres continus et correspondant sans doute à la transmutation de deux isotopes de Mg.

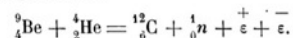
Ces éléments radioactifs nouveaux sont probablement des noyaux ^{13}N , $^{27}_{14}\text{Si}$, $^{28}_{13}\text{Al}$, $^{30}_{15}\text{P}$, formés à partir des noyaux ^{10}B , $^{24}_{12}\text{Mg}$, $^{27}_{12}\text{Mg}$ et $^{27}_{13}\text{Al}$.

On a séparé chimiquement, du bore et de l'aluminium, les éléments radioactifs qui s'y forment par irradiation, lesquels présentent, comme il était prévu, les propriétés chimiques de l'azote et du phosphore respectivement. Ces expériences constituent la première preuve chimique des transmutations artificielles.

On propose d'appeler radioazote, radiosilicium, radioaluminium, radiophosphore les nouveaux radioéléments.

Nous avons montré récemment que certains éléments légers (glucinium, bore, aluminium) émettent des électrons positifs lorsqu'on les bombarde avec les rayons α du polonium (1).

Le glucinium émet des électrons positifs et négatifs, d'énergies comparables, atteignant plusieurs millions d'électron-volts. Nous avons attribué l'émission de ces électrons à la « matérialisation interne » du rayonnement γ de grande énergie quantique (5×10^5 eV) émis par le glucinium.



L'aluminium émet, au contraire, seulement des électrons positifs, dont l'énergie peut atteindre 3×10^6 eV. Les électrons négatifs observés sont tous attribuables au polonium (électrons émis par conversion interne du rayonnement γ) et leur énergie n'excède pas $0,9 \times 10^6$ eV.

Nous avons considéré les électrons positifs comme de véritables « électrons de transmutation » dont l'émission intervient dans la transformation nucléaire.

Au cours d'expériences faites en vue de déterminer l'énergie minimum des rayons α excitant les positrons de l'aluminium, nous nous sommes aperçus que l'émission n'est pas instantanée, mais elle ne se produit qu'après quelques minutes d'irradiation et se poursuit quelque temps après la cessation de l'irradiation (2).

On irradie une feuille d'aluminium avec les rayons α d'une forte source de polonium pendant quelques minutes; quand on retire la feuille, elle possède une

activité qui décroît de moitié en 3 min. 15 sec.; le rayonnement émis, que l'on peut observer au moyen d'un compteur ou à l'appareil Wilson, est constitué pas des électrons positifs.

Le bore et le magnésium irradié présentent aussi une radioactivité durable, de périodes 14 min. et 2 min. 1/2, respectivement.

La décroissance suit une loi exponentielle.

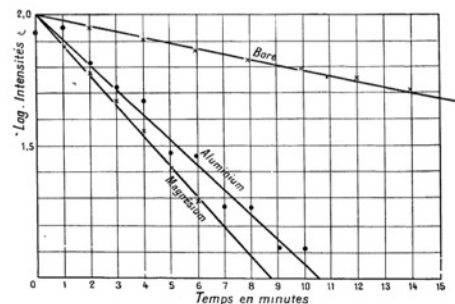


Fig. 1.

Les courbes de la figure 1 représentent la variation du logarithme des intensités en fonction du temps.

Nous sommes donc en présence de radioéléments nouveaux et d'un nouveau type de radioactivité avec émission d'électrons positifs.

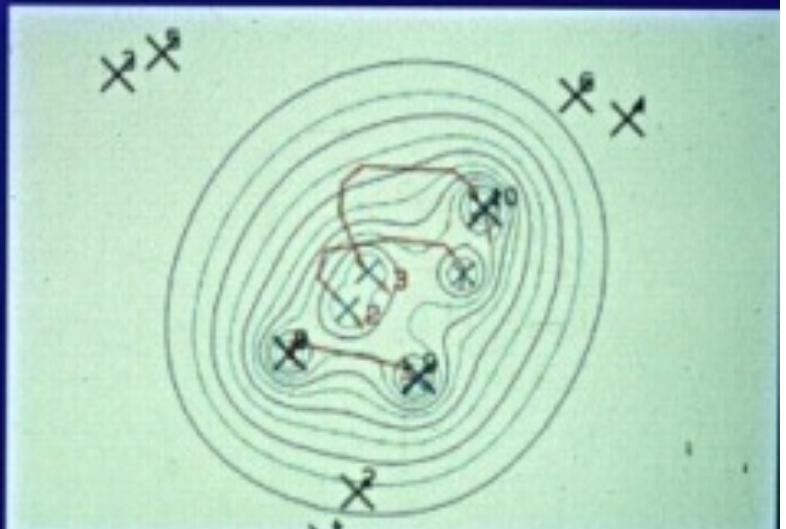
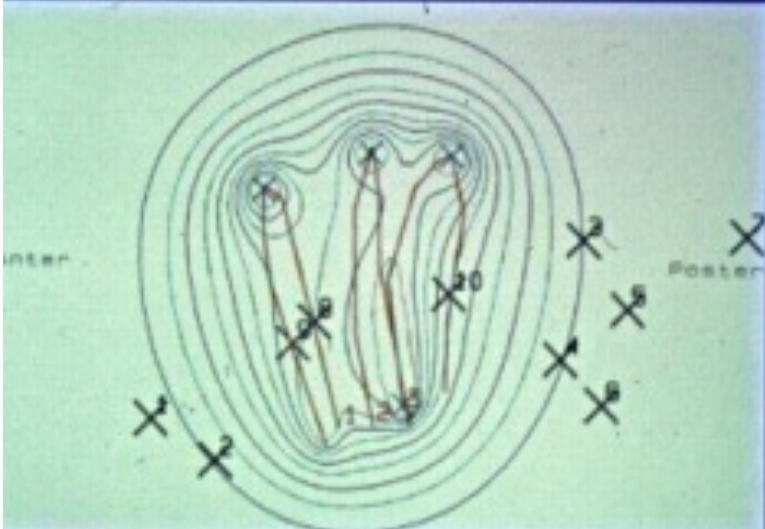
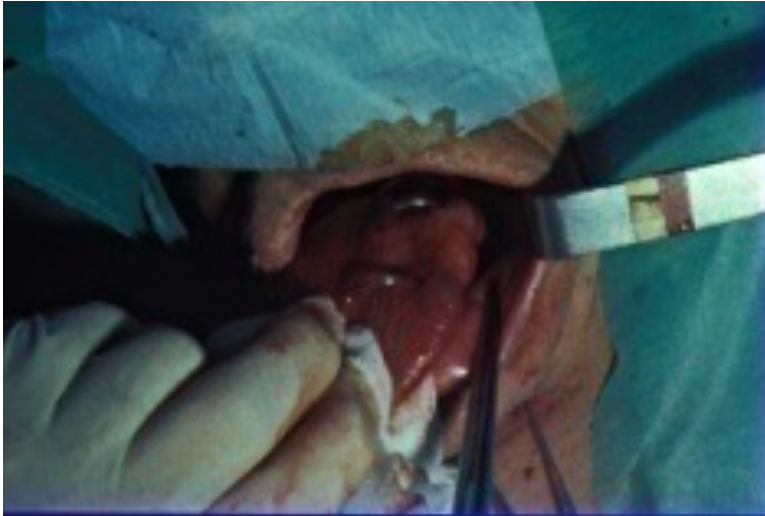
L'intensité initiale du rayonnement observé croît

(1) IRÈNE CURIE et F. JOLIOT, *J. phys. et Rad.* (1933), 4, 494.

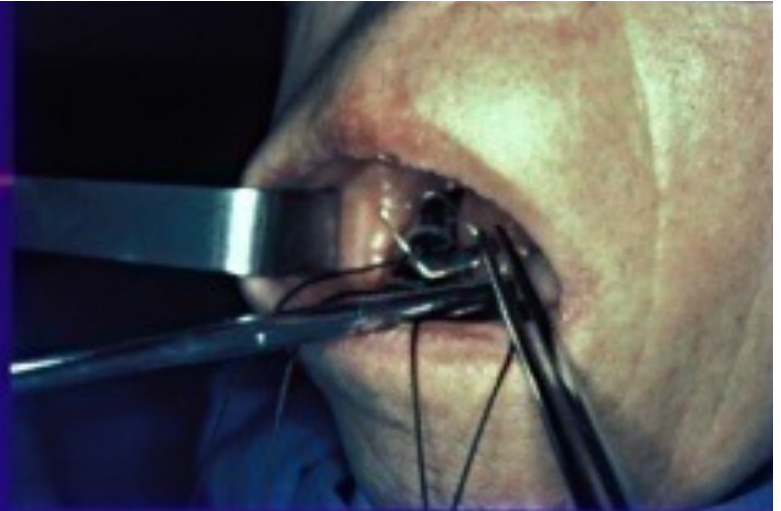
(2) IRÈNE CURIE et F. JOLIOT, *C. R.* (1934), 198, 254.

1948 - 1963

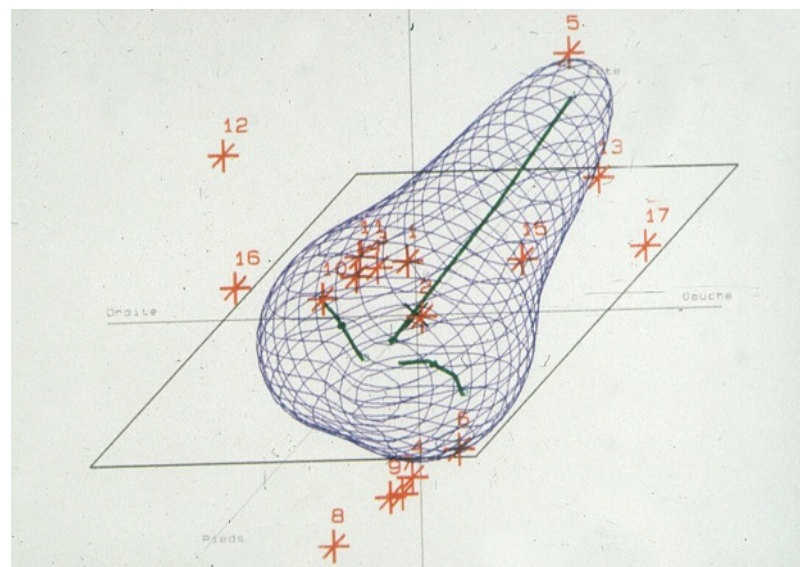
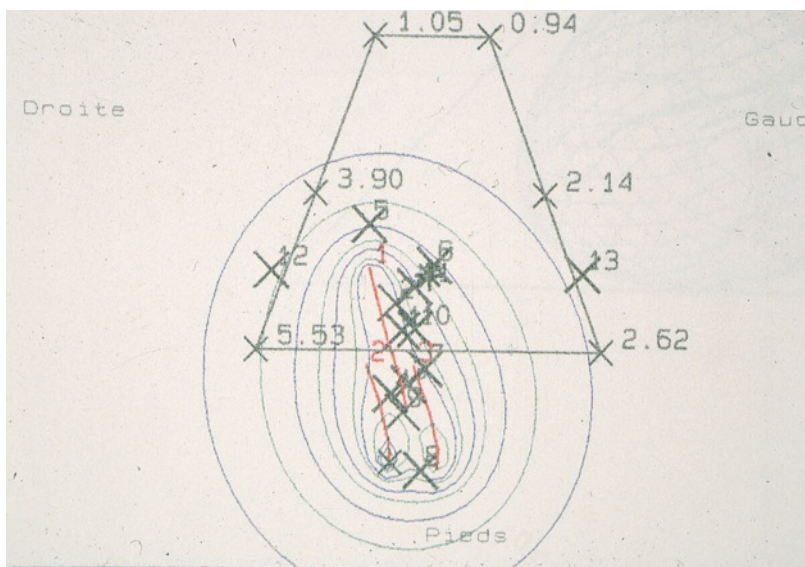
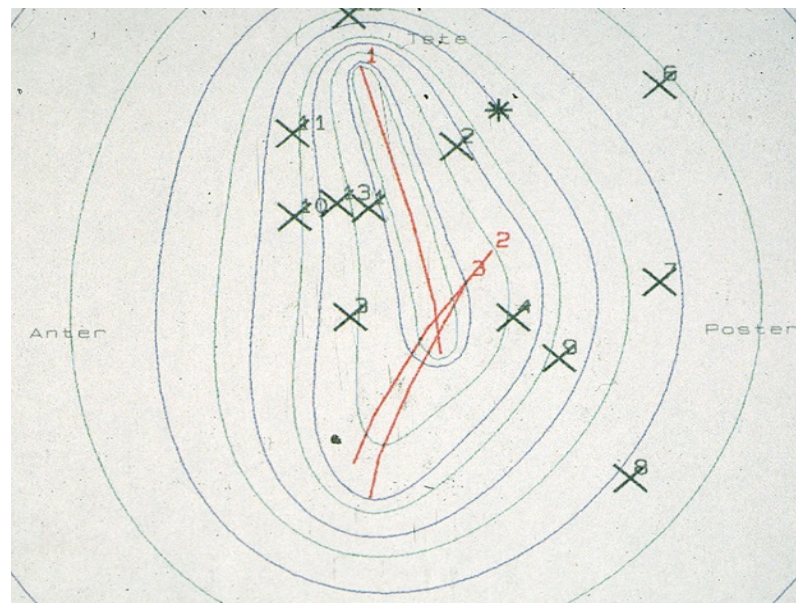
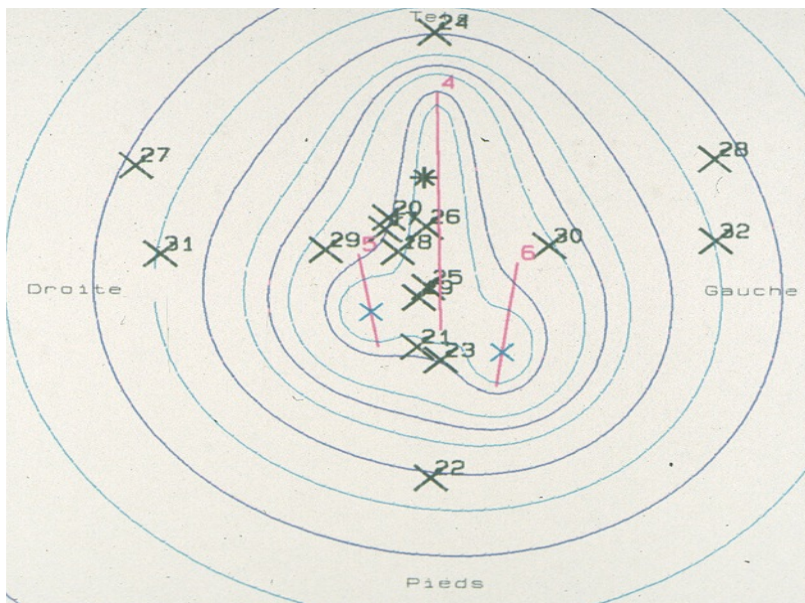
WG Myers (US)	UK Henschke (US)	B. Pierquin A. Dutreix (IGR)	B. Pierquin A. Dutreix (IGR)	B. Pierquin R. Perez (IGR)	D. Chassagne (IGR)
1948	1953	1954	1957	1959	1963
Cobalt needles	Gold seeds	Iridium seeds	Iridium wires	Cobalt perls	Substitution of Radium by Iridium and Cesium



Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet



Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet



Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet

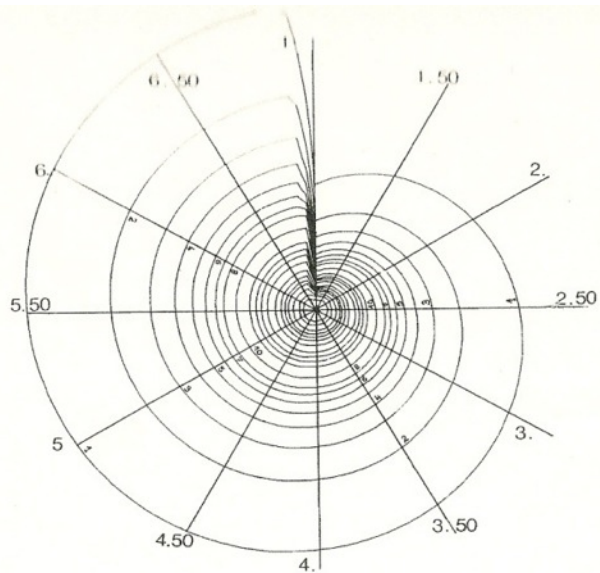


FIG. 4.9. — Abaque « Escargots » pour des fils d'iridium 192 de 1 à 7 cm de longueur.

Chaque courbe correspond à une valeur donnée du débit de dose en $\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ (ou en $\text{cGy} \cdot \text{h}^{-1}$); chaque rayon correspond à une longueur de source de demi-centimètre. Ces courbes correspondent ici à un débit d'exposition nominal linéique de $1 \text{ mR} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{cm}^{-1}$, c'est-à-dire à un débit de kerma normal de $8,7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{cm}^{-1}$.

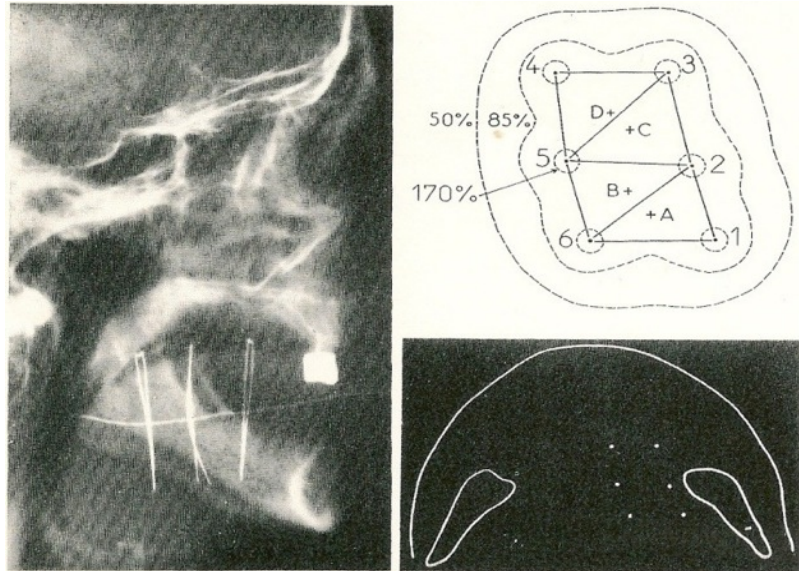
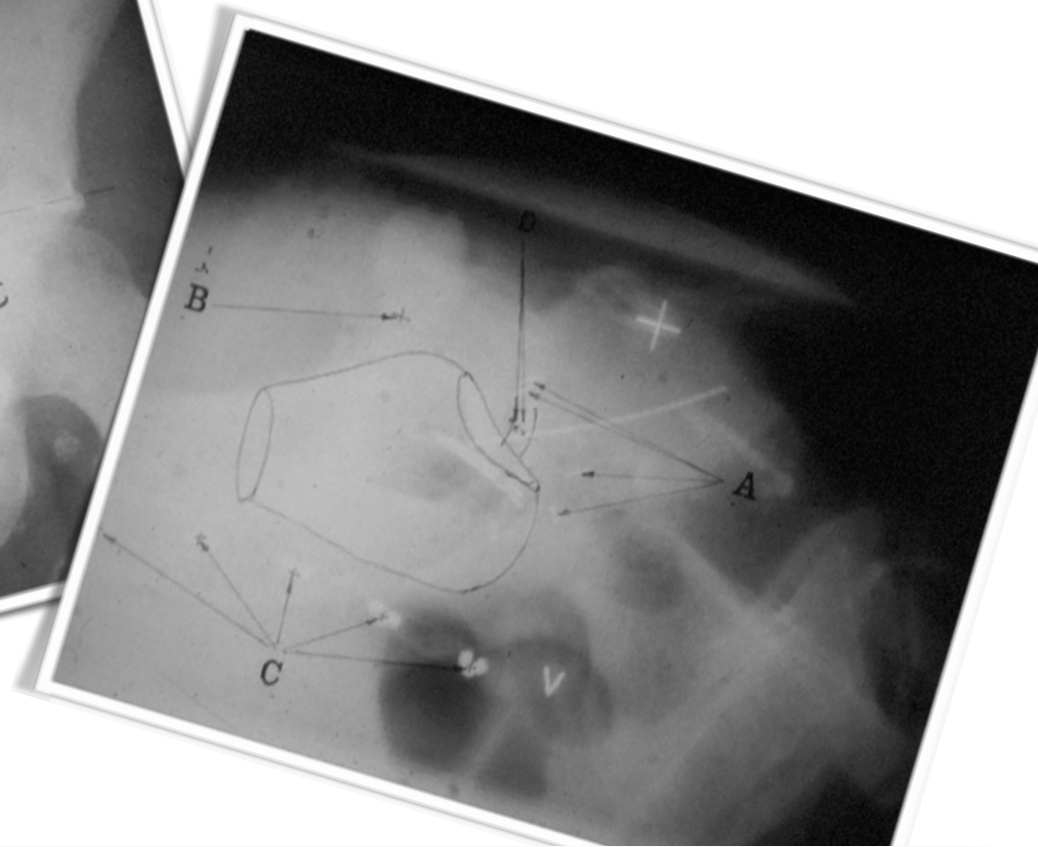
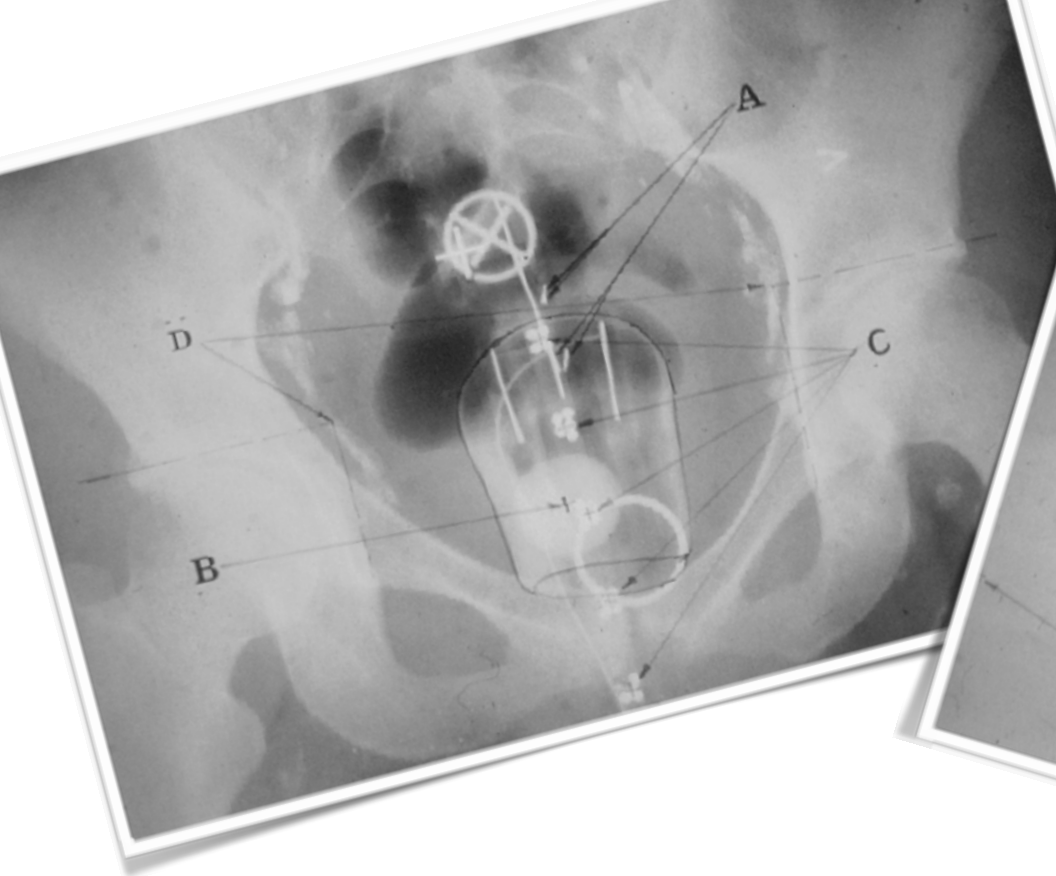


FIG. 4.3. — Localisation des sources à partir de coupes tomographiques.

Un fil de plomb collé sur la peau du malade permet de situer le niveau de la coupe tomographique sur les clichés radiologiques et de s'assurer que la coupe tomographique a été prise au bon niveau lorsque la trace du fil de plomb apparaît bien en totalité sur cette dernière.

	Activités apparentes			Débit d'exposition nominal $\text{mR} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$	Débit de kerma normal dans l'air $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$
	mCi	MBq	mg Ra equ.		
1 mCi	1	37	$0,121 \Gamma_{\delta}^*(RN)$ $[\Gamma_{\delta}^*(RN)/\Gamma_{\delta}^*(Ra)]$	$\Gamma_{\delta}^*(RN)/10$	$133 \cdot 10^{15} \Gamma_{\delta}(RN)$
1 MBq	$27 \cdot 10^{-3}$	1	$3,28 \cdot 10^{-3} \Gamma_{\delta}^*(RN)$ $[0,027 \Gamma_{\delta}^*(RN)/\Gamma_{\delta}^*(Ra)]$	$2,70 \cdot 10^{-3} \Gamma_{\delta}^*(RN)$	$3,6 \cdot 10^{15} \Gamma_{\delta}(RN)$
1 mg Ra equ.	$8,25/\Gamma_{\delta}^*(RN)$ $[\Gamma_{\delta}^*(Ra)/\Gamma_{\delta}^*(RN)]$	$305/\Gamma_{\delta}^*(RN)$ $[37 \Gamma_{\delta}^*(Ra)/\Gamma_{\delta}^*(RN)]$	1	$0,825$ $[\Gamma_{\delta}^*(Ra)/10]$	$7,20$ $[132 \cdot 10^{15} \Gamma_{\delta}(Ra)]$
1 $\text{mR} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$	$10/\Gamma_{\delta}^*(RN)$	$370/\Gamma_{\delta}^*(RN)$	$1,21$ $[10/\Gamma_{\delta}^*(Ra)]$	1	8,73
1 $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2$	$7,51 \cdot 10^{-18}/\Gamma_{\delta}(RN)$	$0,278 \cdot 10^{-15}/\Gamma_{\delta}(RN)$	$0,139$ $[7,59 \cdot 10^{-18}/\Gamma_{\delta}(Ra)]$	0,115	1

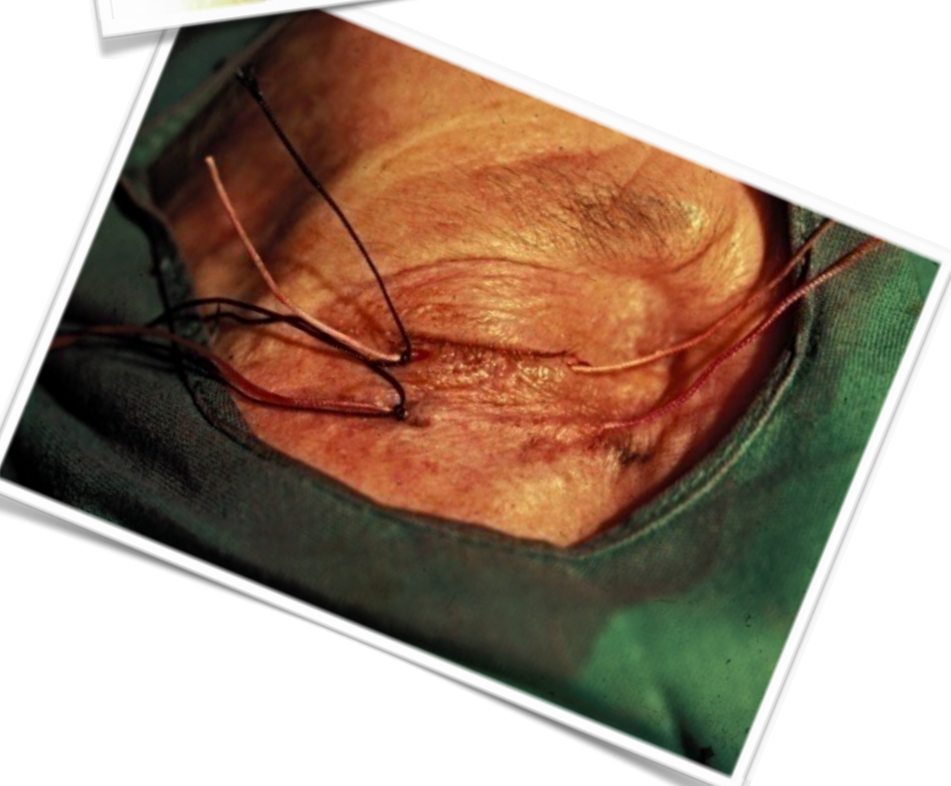
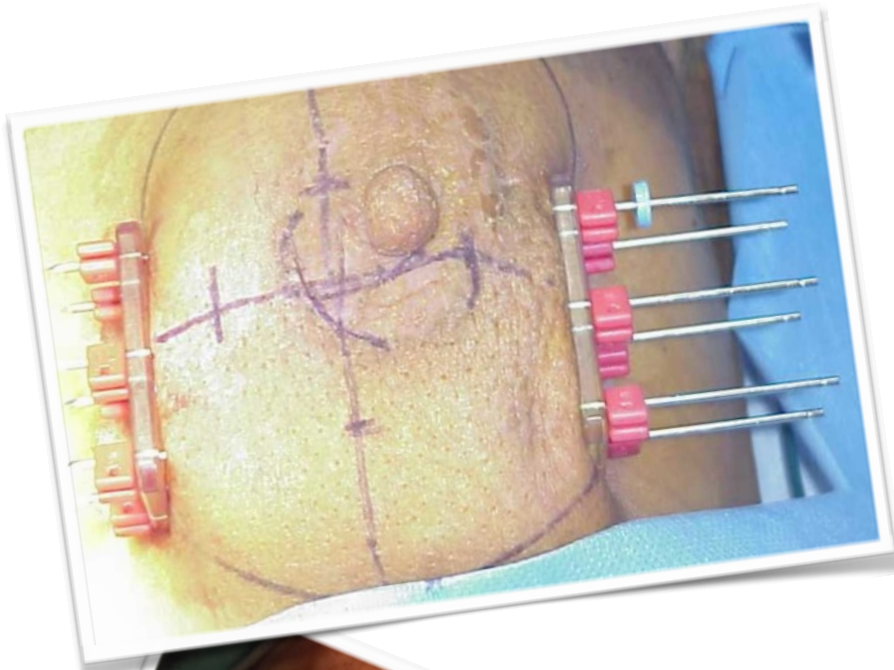


*J. Eur. Radiother., 1981, T. 2, n° 3, pp. 139-156.
© Masson, Paris, 1981.*

CALCUL PRÉVISIONNEL DES DIMENSIONS DES ISODOSES EN CURIETHÉRAPIE GYNÉCOLOGIQUE

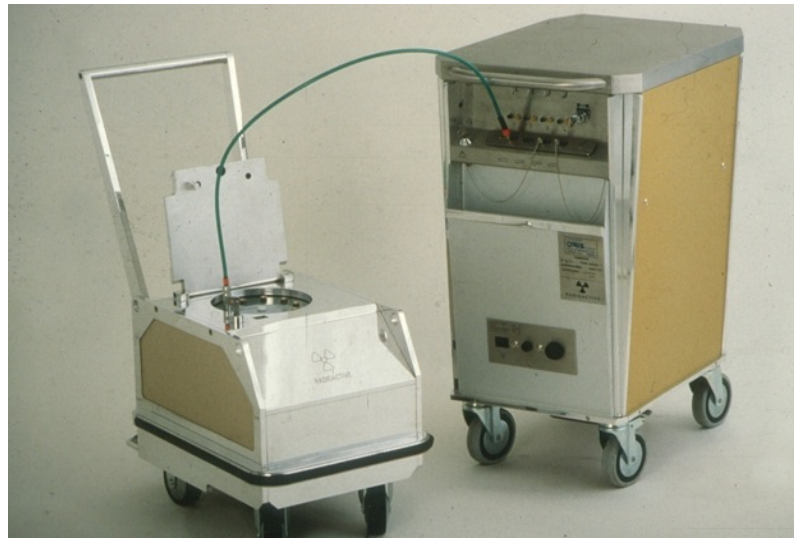
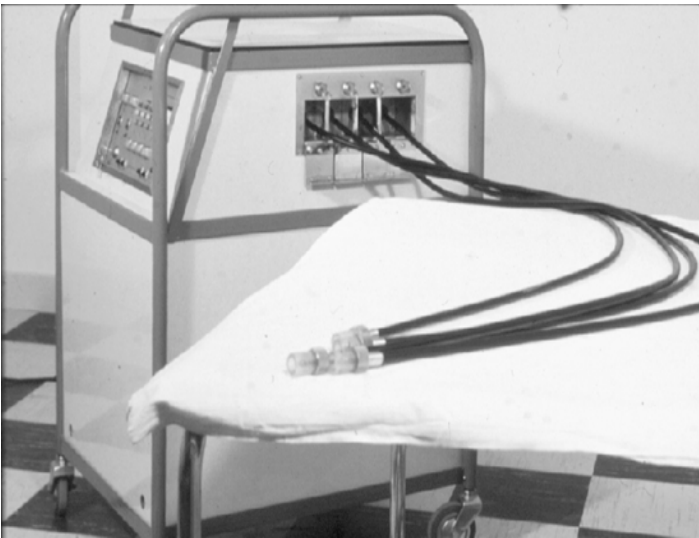
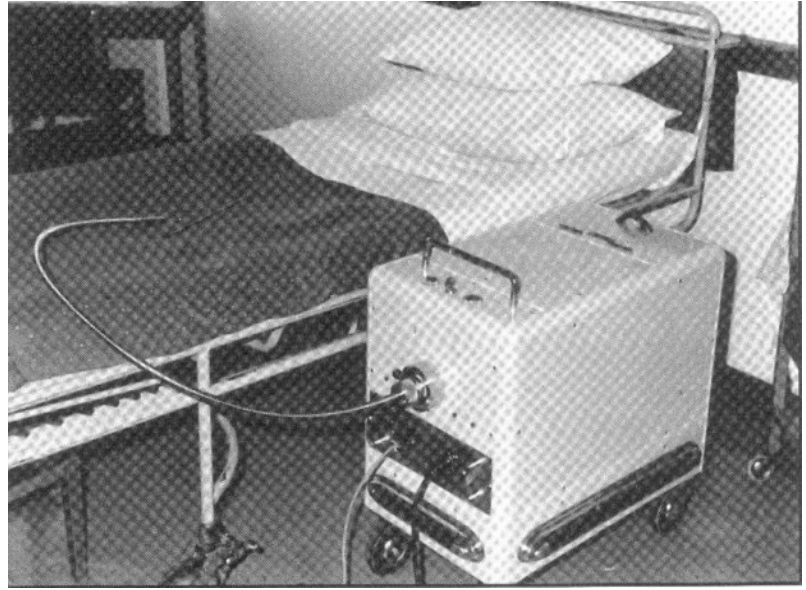
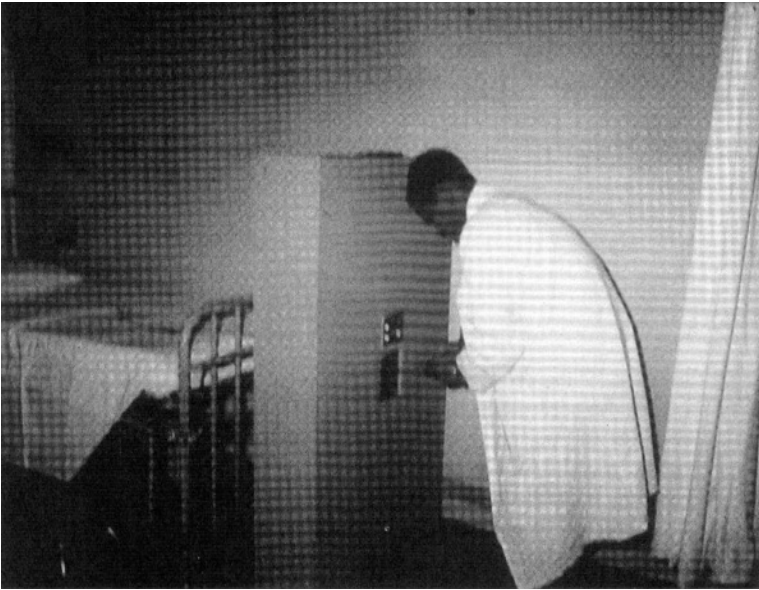
A. BRIDIER, A. DUTREIX, A. GERBAULET, D. CHASSAGNE.

Département des Radiations, Institut Gustave Roussy, Rue Camille Desmoulins, F 94800 Villejuif



AFTERLOADING TECHNIQUES







Courtesy: Dr. Alain Gerbaulet

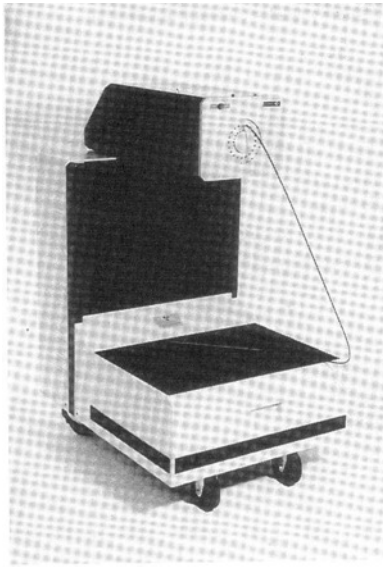


Fig. 1. Curiatron 192 HDR Unit. (Courtesy of Christian Sumeghy, CIS Bio International, Cedex France)

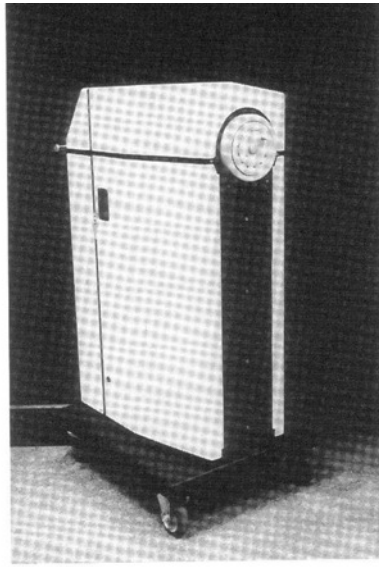


Fig. 2. microSelectron HDR Unit. (Courtesy of Miles Mount, Nucletron Corporation, Columbia, Maryland)



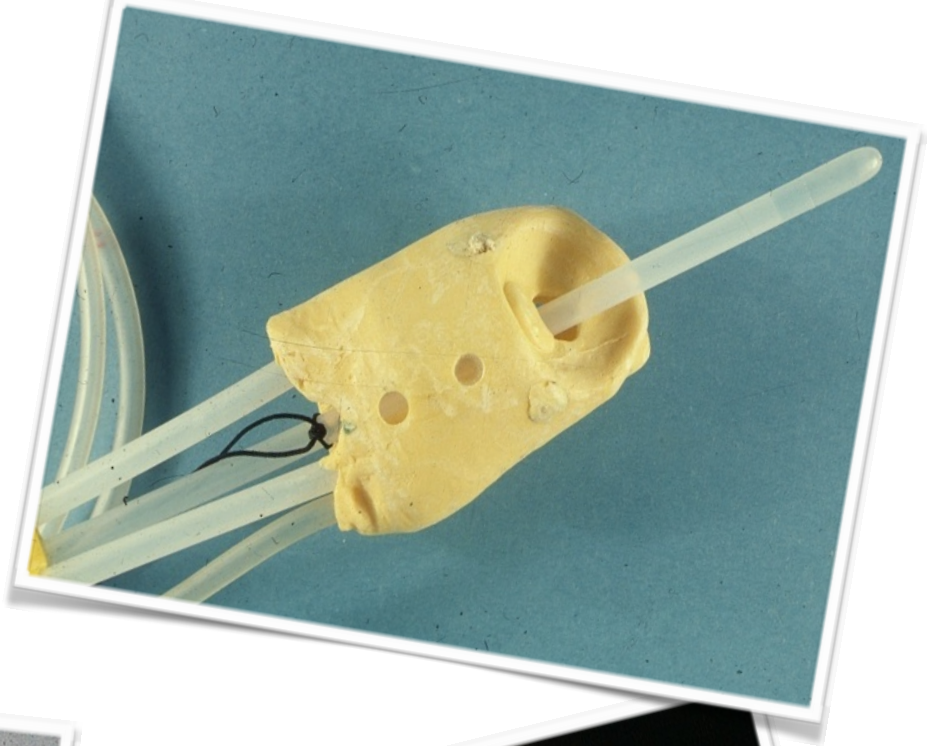
Fig. 3. GammaMed 12i HDR Unit. (Courtesy of Steve Woodruff, Frank Baker Associates, Pequannock, New Jersey)



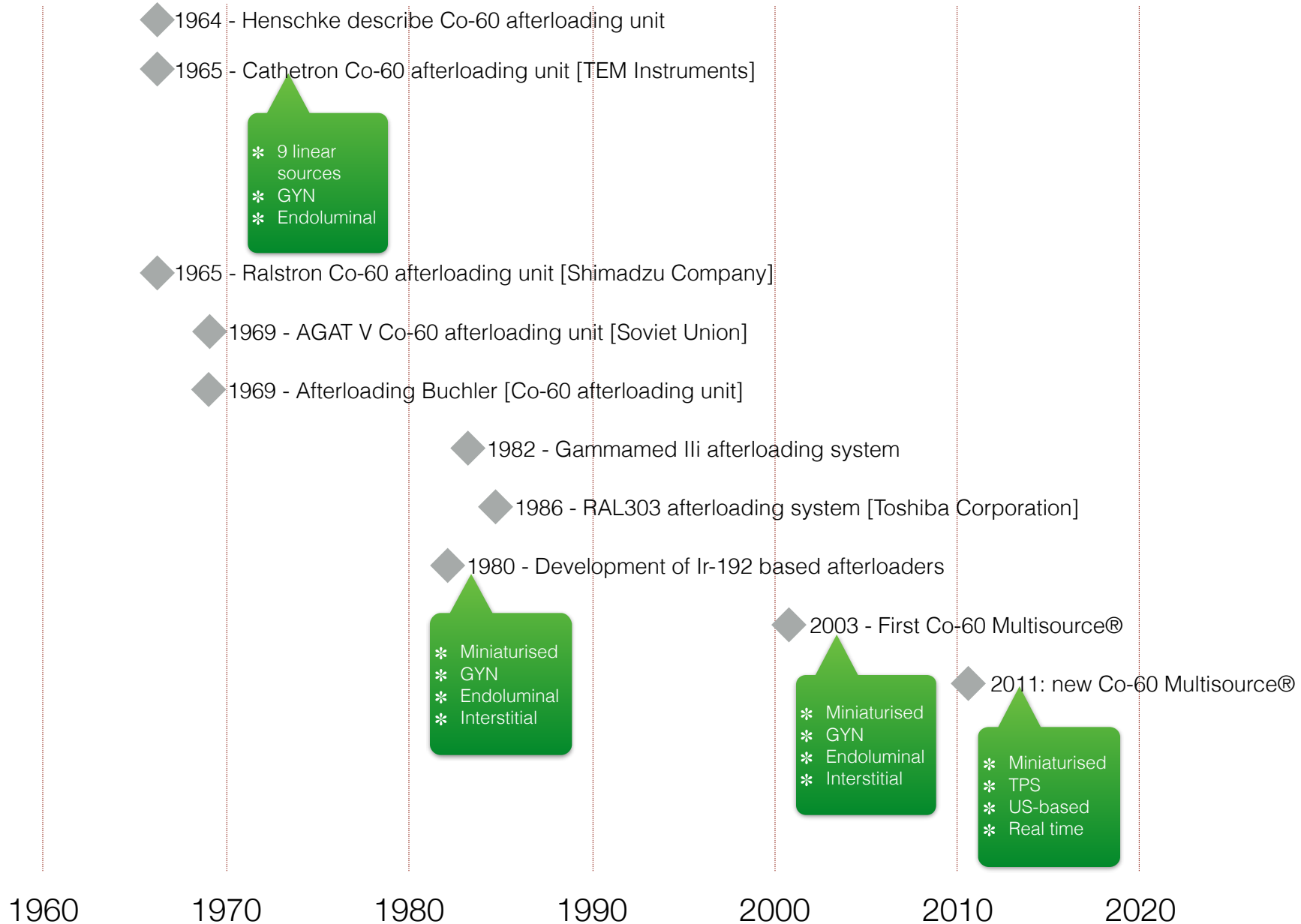
Fig. 4. Omnitron 2000 HDR Unit. (Courtesy of Tony Bradshaw, Omnitron International, Inc., Houston, Texas)



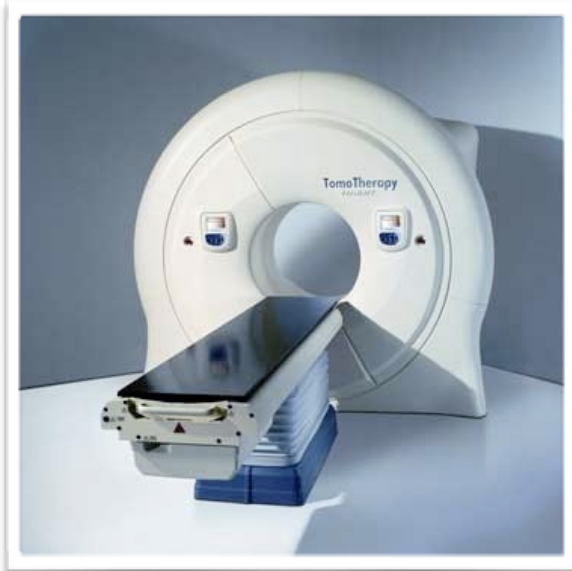




EVOLUTION OF HDR AFTERLOADING TECHNIQUES



BRACHYTHERAPY IN THE 21ST CENTURY





RADIOLOGY SIDE

- Connection PACS - RIS
- Image visualization
- Image obtention
- Image processing
- Cone beam CT
- Advanced ultrasound
- Digital endoscopy

INTERVENTION SIDE

- Full-feature OR
- Treatment room
- Surgical simulation
- IOP navigation
- Augmented reality
- Repositioning
- IOP dosimetry

ADAPTIVE RADIOTHERAPY: adaptive radiation therapy is a closed-loop radiation treatment process where the treatment plan can be modified using a systematic feedback of measurements (A. Martínez 1997).

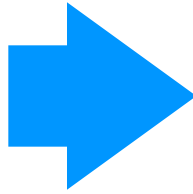
RISK-ADAPTIVE RADIOTHERAPY: in risk-adaptive radiotherapy the therapeutic ratio can be increased over that which can be achieved with conventional selective boosting IMRT using physical dose-volume objectives.

BIOLOGICAL-ADAPTIVE RADIOTHERAPY: biologically adapted radiotherapy is estimated to improve treatment outcome of tumors having spatial and temporal variations in certain biological parameters.

IMAGE
GUIDANCE

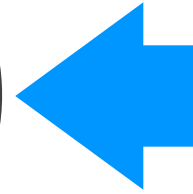


TUMOUR
COORDINATES

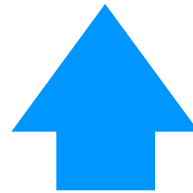


IGBT

PHYSICAL
OPTIMIZATION



RADIOBIOLOGY



Review article

Feasibility of functional imaging for brachytherapy

Alfredo Polo, MD, PhD

Brachytherapy and Intraoperative Radiotherapy Unit, Radiation Oncology Department, Madrid, Spain

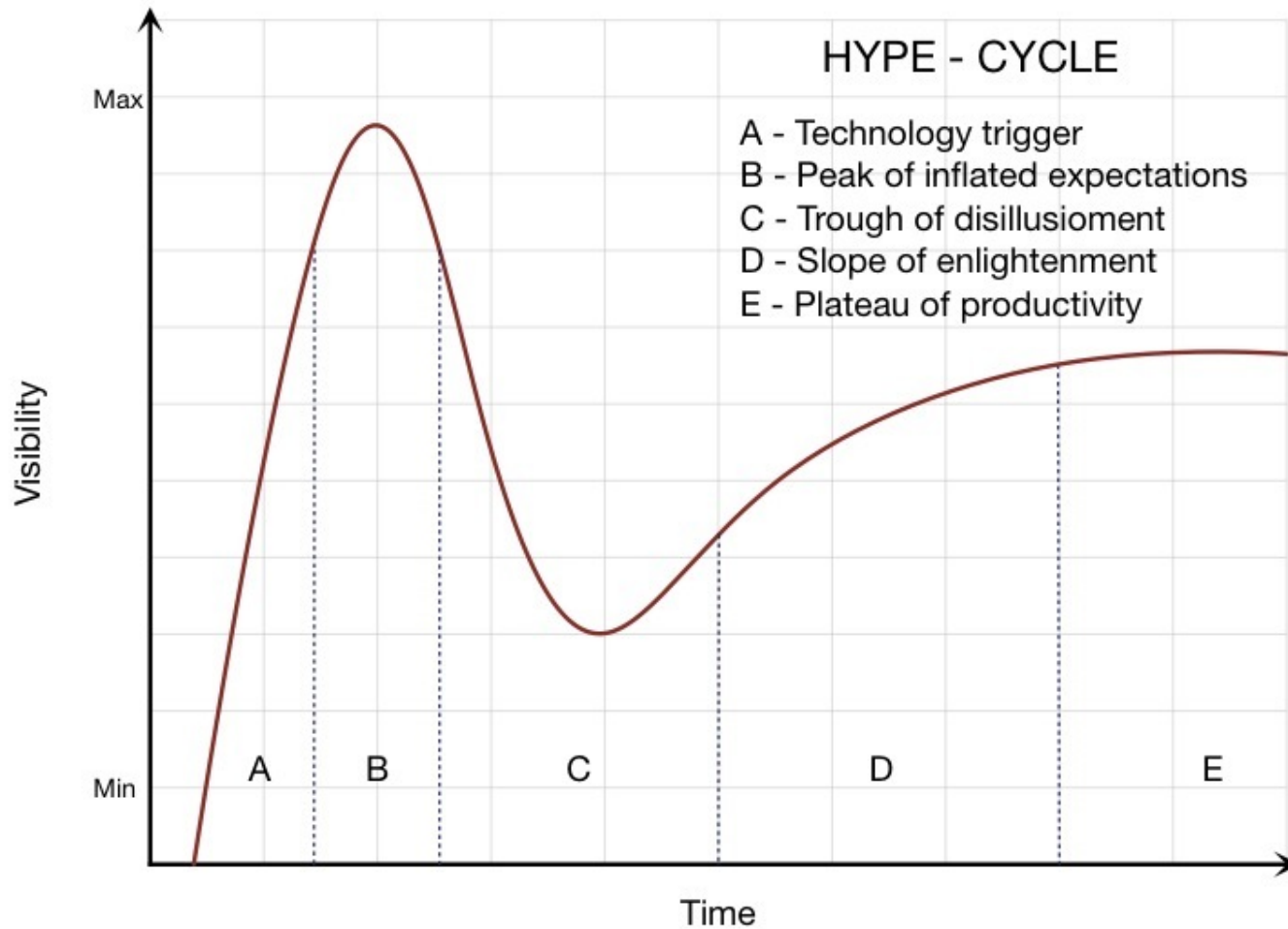
Abstract

This review summarizes the current understanding of the feasibility of functional imaging for brachytherapy. In following subsections the role of ultrasound, power doppler imaging, positron emission tomography, magnetic resonance imaging, dynamic dose calculation and targeted brachytherapy is analyzed. The combination of functional imaging with the new tools for intraoperative dose calculation and optimization opens new and exciting times in brachytherapy. New optimized protocols are needed and should be tested in controlled trials, to demonstrate an advantage of such a new paradigm.

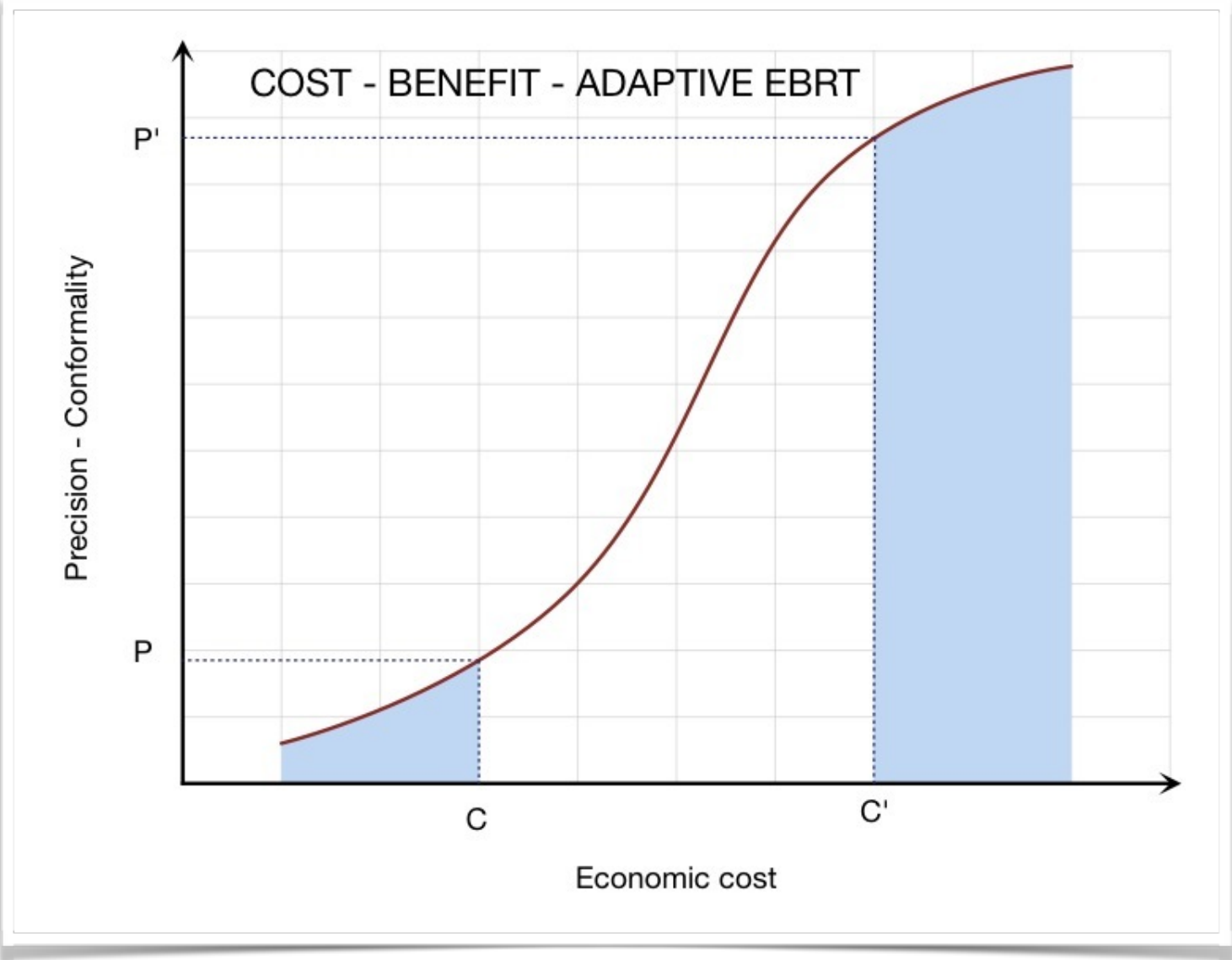
Journal of Contemporary Brachytherapy 2009; 1, 1.

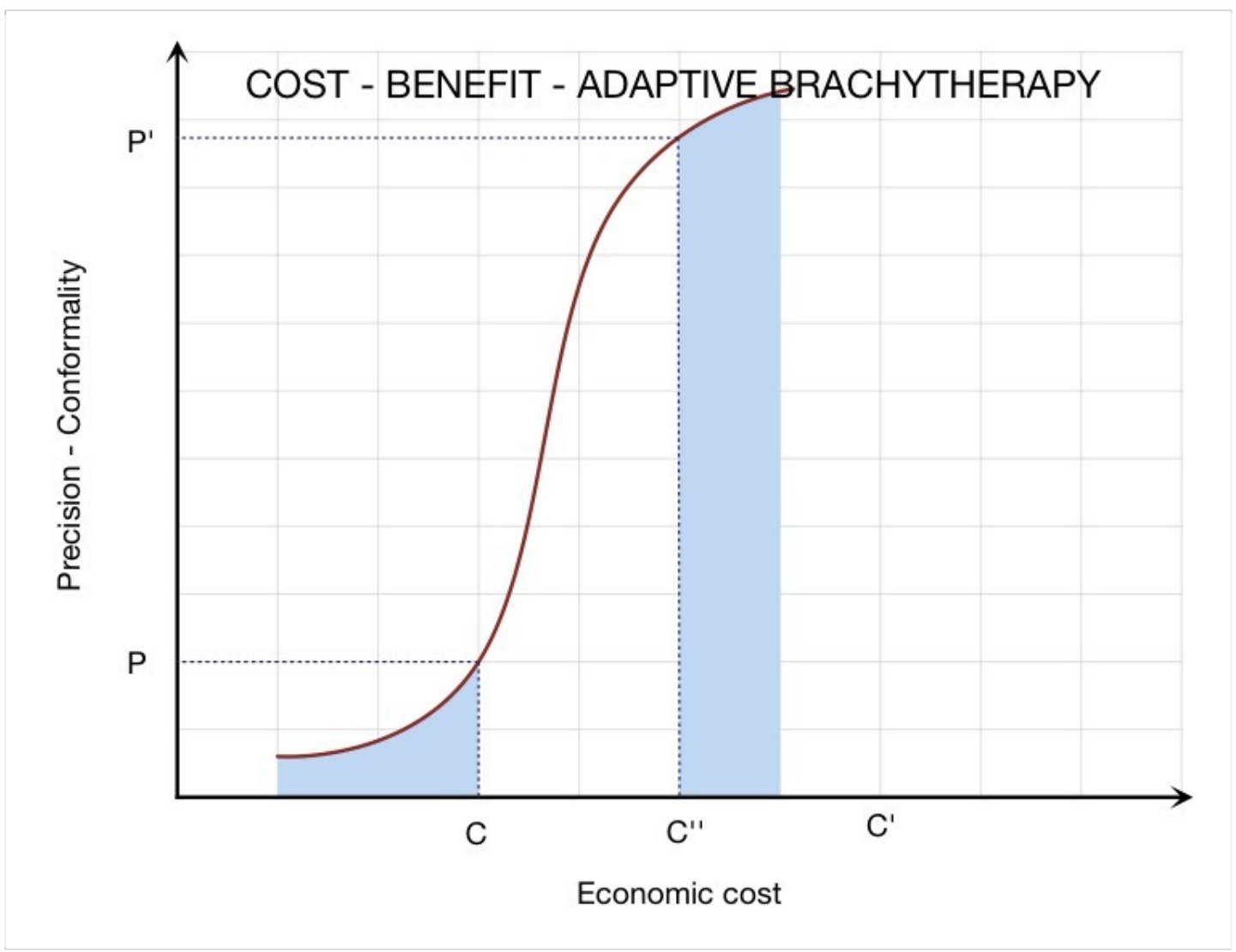
Key words: functional imaging, ultrasound, Doppler, PET, MRI, targeted brachytherapy.

ECONOMY



Jackie Fenn, "When to Leap on the Hype Cycle," Gartner Group, January 1, 1995





CONCLUSION

BRACHYTHERAPY HAS SOME ADVANTAGES...

Cost-effective (cheap)

Streamlined workflow

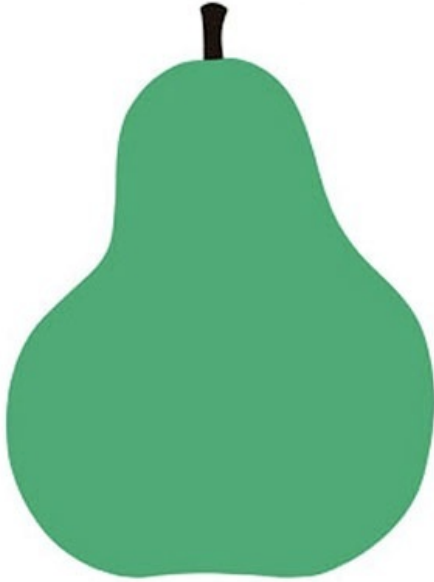
IOP imaging - dose calculation - dose delivery

Spatial selectivity (CTV - PTV)

Biological selectivity

BRACHYTHERAPY HAS SOME LIMITATIONS...

CRITICAL WORKFLOW	Need of integrated multidisciplinary team
	Time-consuming workflow
	Just-in-time treatment
SKILLS	Skilled team (training & education)
	Operator dependent outcome
	Lack of standardisation
ANATOMY	Access to anatomy
	Bony structures
	Perioperative complications
TECHNOLOGY	Low-technology
	Radioprotection
	Reimbursement



ICRU REPORT 38

Dose and Volume
Specification for
Reporting Intracavitary
Therapy in Gynecology

Issued: 1 March 1985

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION
UNITS AND MEASUREMENTS
7910 WOODMONT AVENUE
BETHESDA, MARYLAND 20814
U.S.A.

ICRU REPORT 58

Dose and Volume
Specification for
Reporting
Interstitial Therapy



INTERNATIONAL COMMISSION
ON RADIATION UNITS
AND MEASUREMENTS

Volume 13 No 1-2 2013

ISSN 1473-6691 (print)
ISSN 1472-3422 (online)

Journal of the ICRU

ICRU REPORT 89

Prescribing, Recording, and Reporting
Brachytherapy for Cancer of the Cervix

OXFORD
UNIVERSITY PRESS



OXFORD UNIVERSITY PRESS

INTERNATIONAL COMMISSION ON
RADIATION UNITS AND
MEASUREMENTS