





Curso de Formación Continua 22-26 Noviembre 2010

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Xoán Miguel Barros Dios

Profesor Titular de Medicina Preventiva e Saúde Pública
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
Facultativo Especialista de Área
COMPLEXO HOSPITALARIO UNIVERSITARIO DE SANTIAGO



EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD.
SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS



*Efectos biológicos sobre la célula de la
radiación alfa*

Xoán Miguel Barros Dios

Profesor Titular de Medicina Preventiva e Saúde Pública

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Facultativo Especialista de Área

COMPLEXO HOSPITALARIO UNIVERSITARIO DE SANTIAGO

XM Barros Dios
Curso Formación Continua

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa



El uso incontrolado de radiaciones al principio de su utilización, fue seguido de la detección de una serie de patologías en investigadores, radiólogos y otras personas expuestas (lesiones cutáneas, cataratas, etc.) que, muy pronto se comprobó, eran atribuibles a la exposición a las radiaciones.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Estos efectos, que hoy se conocen como
“deterministas”,
se caracterizan porque *solo se producen
cuando las dosis son superiores a cierto
valor umbral,*
que es característico de cada tipo de
efecto.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

El seguimiento epidemiológico realizado sobre la población que sobrevivió a las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki demostró que, *por debajo de esas dosis umbral*, existía una incidencia de cáncer superior a la estadísticamente normal en poblaciones de características similares a las estudiadas.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Estos efectos, se denominan “estocásticos” que también se han constatado, posteriormente, en otros estudios realizados sobre poblaciones expuestas a altas dosis de radiación (enfermos de cáncer óseo inyectados con radio, pintores de esferas luminosas que utilizaban pinturas de radio y torio, etc.).

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Los conocimientos actuales sobre los mecanismos de interacción de las radiaciones a nivel celular, y las evidencias de diversos experimentos realizados en el ámbito de la radio-biología, parecen apuntar a que, incluso a muy bajas dosis, las radiaciones pueden provocar la aparición de efectos estocásticos;
no obstante, dichas evidencias no pueden calificarse de determinantes.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

De hecho, en estos momentos, y a pesar de los numerosos estudios realizados en torno a esta problemática, la realidad es que no existen pruebas científicas concluyentes que permitan avalar (o **negar**) la existencia de una *dosis umbral* para la aparición de **efectos estocásticos**.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Ante la ausencia de evidencias fiables sobre la relación dosis-efecto en el rango de las bajas dosis, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en una actitud prudente y conservadora, ha asumido la hipótesis de que no existe umbral para la ocurrencia de efectos estocásticos y que, además, existe una relación lineal entre dosis y efectos.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Esta hipótesis (Linear no-threshold model o modelo lineal-sin umbral) presupone que cualquier dosis de radiación, por muy baja que sea, puede causar efectos nocivos en la salud de las personas y constituye la premisa de partida para establecer los principios básicos de protección radiológica.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

En lo que se refiere a la formulación de los principios básicos de protección radiológica, estos se expresan ahora en la ICRP103 (2007) de la siguiente manera:

- **Justificación:** Cualquier decisión que altere o modifique una situación que implique la exposición a radiaciones ionizantes debe conducir a mayores beneficios que perjuicios.
- **Optimización:** La probabilidad de incurrir en exposición a radiaciones, el número de personas expuestas y la magnitud de las dosis individuales por ellas recibidas se mantendrán tan bajas como razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.
- **Limitación:** La dosis total recibida por un individuo en situaciones planificadas (distintas de la exposición médica de pacientes) no deberá exceder los límites especificados por la Comisión.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

El modelo LNT está basado en la suposición de que el riesgo es directamente proporcional a la dosis, y a todos los niveles de dosis.

En otras palabras, la suma de muchas exposiciones tienen el mismo efecto que una exposición larga.

El modelo LNT pronostica riesgos más altos que el *Threshold Model* que mantiene que muchas pequeñas exposiciones son despreciables.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa



EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS



Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

EL RADÓN EN GALICIA

1.- Proyecto FIS 1992-1994. C-C sobre exposición domiciliar a radón y ocurrencia de cáncer primario de pulmón en el Área sanitaria de Santiago.

Resultados: Tesis Doctoral de Ana Barreiro (1999)

Artículo en *American Journal of Epidemiology* (2002)



American Journal of Epidemiology
Copyright © 2002 by the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health
All rights reserved

Vol. 156, No. 6
Printed in U.S.A.
DOI: 10.1093/aje/kwf070

Exposure to Residential Radon and Lung Cancer in Spain: A Population-based Case-Control Study

Juan Miguel Barros-Dios^{1,2}, María Amparo Barreiro¹, Alberto Ruano-Ravina¹, and Adolfo Figueiras¹

¹ Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain.

² Preventive Medicine Unit, Santiago de Compostela University Teaching Hospital, Santiago de Compostela, Spain.

Received for publication July 26, 2001; accepted for publication May 8, 2002.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

TABLE 2. Effect of radon concentration on the risk of lung cancer, Spain, 1992–1994

Radon concentration ⁺		No. of subjects		Crude analysis		Adjusted analysis [†]	
Bq/m ³	pCi/liter	Cases	Controls	OR [‡]	95% CI [‡]	OR	95% CI
0–36.9	0.0–0.9	28	73	1.00	1.15, 3.75	1.00	1.21, 6.18
37.0–55.1	1.0–1.4	43	54	2.08	1.05, 3.34	2.73	1.12, 5.48
55.2–147.9	1.5–3.9	46	64	1.87	1.30, 4.36	2.48	1.29, 6.79
≥148.0	≥4.0	42	46	2.38	1.30, 4.36	2.96	1.29, 6.79

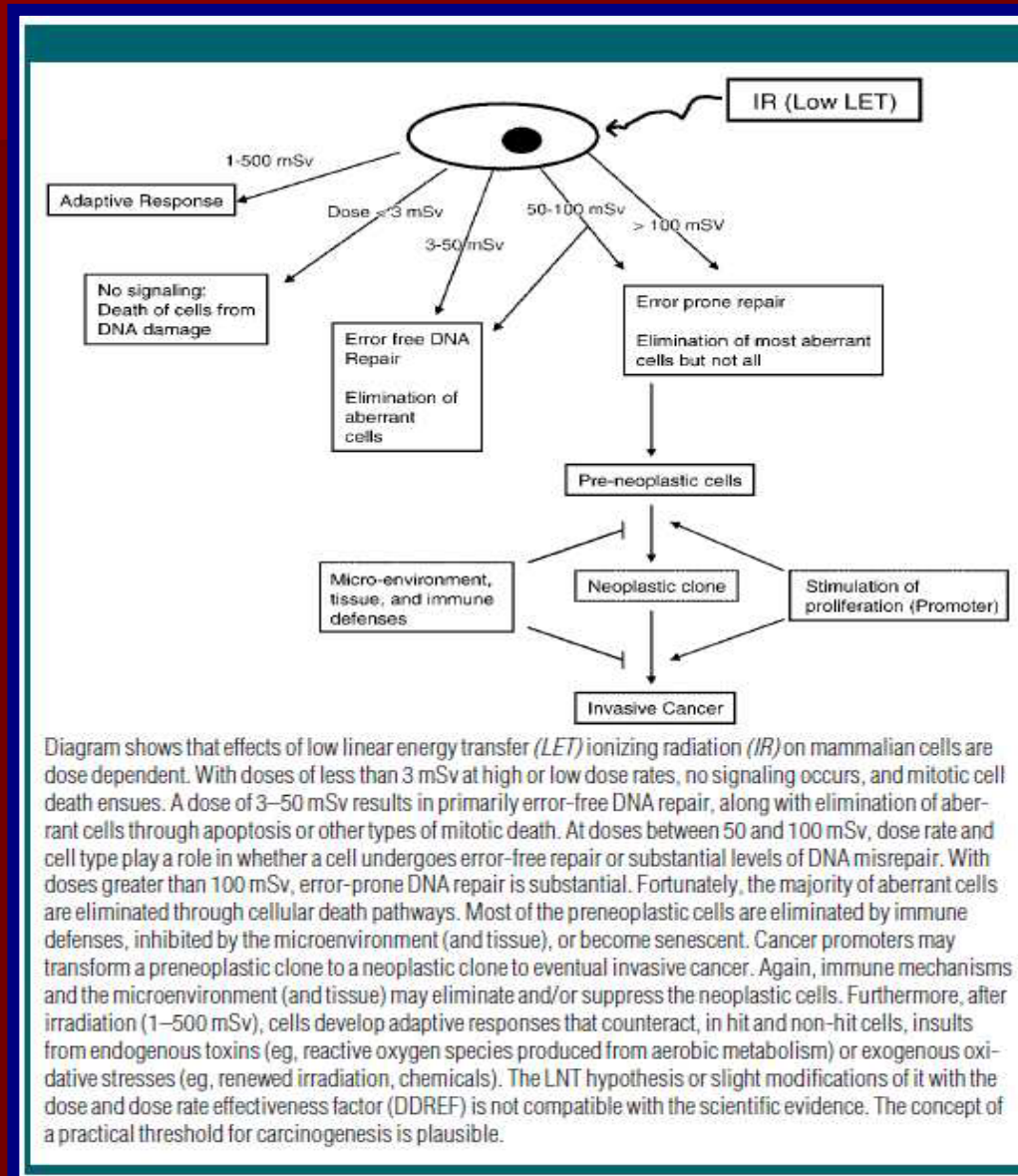
* Categorized in quartiles for all subjects and expressed in Bq/m³ and pCi/liter.

† Adjusted for age, sex, family history, and lifetime tobacco consumption (measured in packs and categorized in quartiles).

‡ OR, odds ratio; CI, confidence interval.

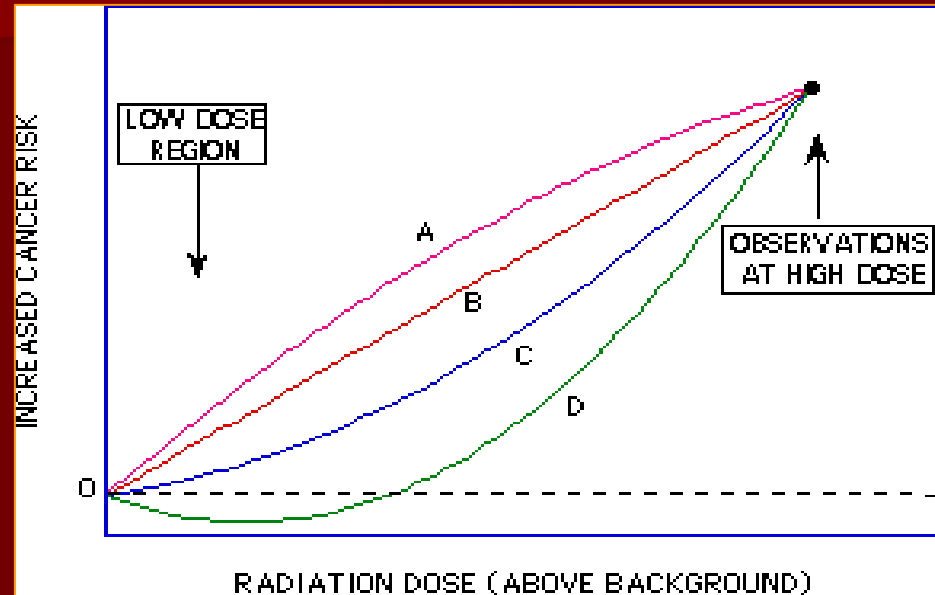
EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa



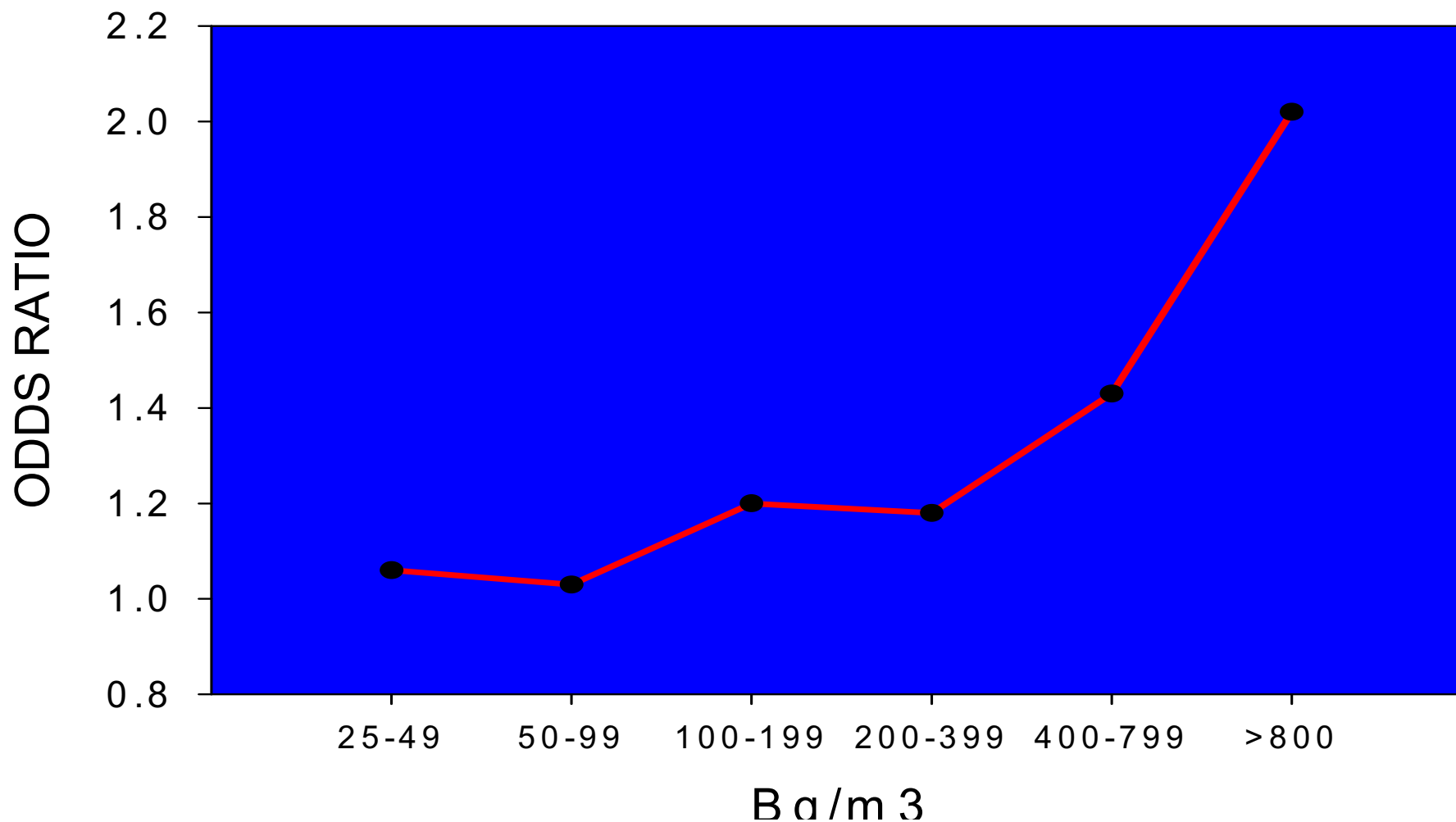
EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa



Alternative assumptions for the extrapolation of the cancer risk vs. radiation dose to low-dose levels, given a known risk at a high dose: supra-linearity (A), linear (B), linear-quadratic (C) and hormesis (D).

Análisis combinado de estudios de Casos y Controles en Europa



EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

La acción de las radiaciones ionizantes sobre los organismos vivos es de carácter probabilístico (estocástico) y no selectivo; es decir, que la interacción puede o no producirse y que la transferencia de la energía de la radiación no tiene predilección por ningún componente de la célula, sino que puede actuar en cualquiera de ellos.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

La energía producida por las radiaciones ionizantes es absorbida por las células muy rápidamente, (en un tiempo de 10^{-7} segundos) causando unas lesiones que no son específicas, es decir, no se pueden distinguir de las causadas por otros agentes físicos o químicos. Estos cambios producidos por las radiaciones ionizantes en las células son siempre de tipo lesivo, suponen una alteración de los procesos normales de las mismas y además no se presentan regularmente de forma inmediata, sino que pueden tardar hasta años en manifestarse. Este tiempo es el que se denomina periodo de latencia.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Acción directa

La acción directa se produce como consecuencia de la absorción de la energía de la radiación por la célula directamente a nivel de unas estructuras clave o blanco.

Estas estructuras pueden ser macromoléculas, tales como el ADN, el ARN, enzimas y proteínas, bien estructuras del núcleo (cromosomas, nucleolo, membrana) u orgánulos citoplasmáticos (ribosomas, mitocondrias, membrana celular). La absorción de la energía de la radiación produciría ionizaciones y excitaciones a nivel de estas estructuras que podrían desembocar en un daño celular. (ver las figuras 1 y 2).

INSHT:
NTP 533: El radón y sus efectos sobre la salud

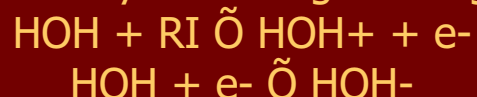
EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Acción indirecta

La acción indirecta de las radiaciones ionizantes es la absorción de la energía de la radiación por las moléculas de agua, elemento del que están constituidos mayoritariamente la célula y los seres vivos en general. El agua se disocia produciéndose iones y radicales libres muy reactivos, pudiendo reaccionar entre sí o con otros compuestos. Como consecuencia de ello se alteran las propiedades físicas y químicas del medio intracelular, llegándose a interferir los procesos metabólicos normales de la célula.

La absorción de la energía de la radiación ionizante por el agua, se realiza creándose un par de iones HOH⁺ y HOH⁻ según el siguiente esquema:



Los dos iones producidos por las reacciones anteriores son inestables y se rompen rápidamente dando lugar a radicales libres (H⁺ y OH⁻) que contienen solo un electrón orbital no emparejado, lo que, como se ha dicho los hace fuertemente reactivos. El par de iones puede reaccionar entre sí formando una molécula de agua, con lo cual el efecto sobre la célula será nulo, o bien puede reaccionar químicamente con otras moléculas generando productos dañinos para la célula, como puede ser la formación de agua oxigenada.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Figura 1

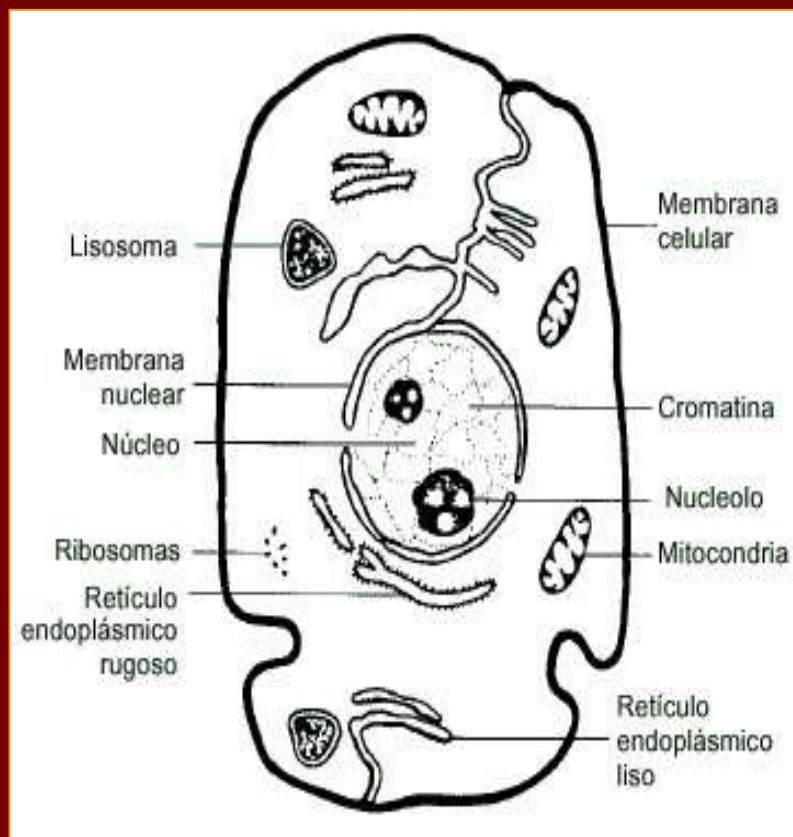
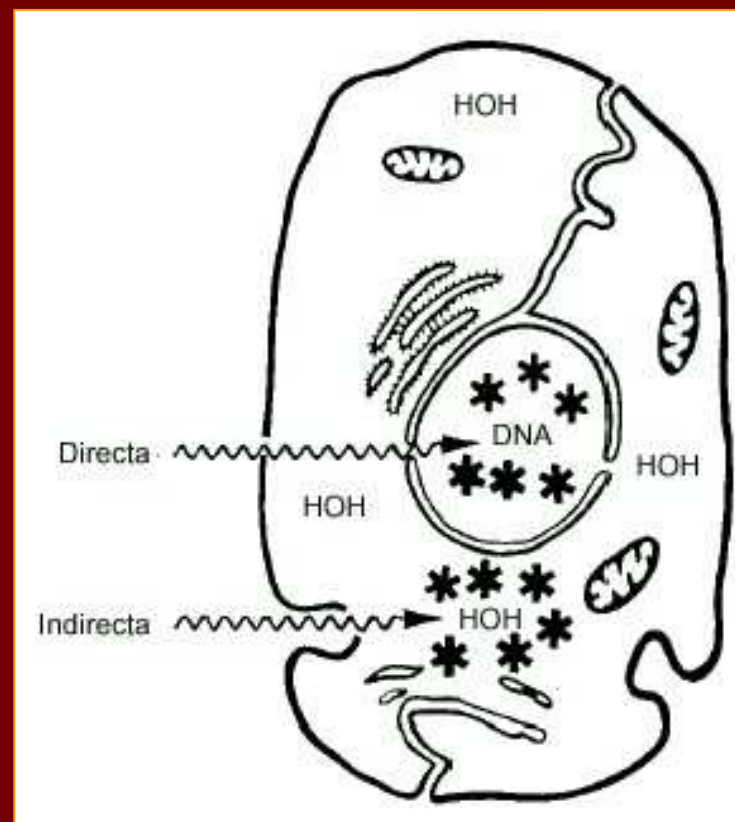
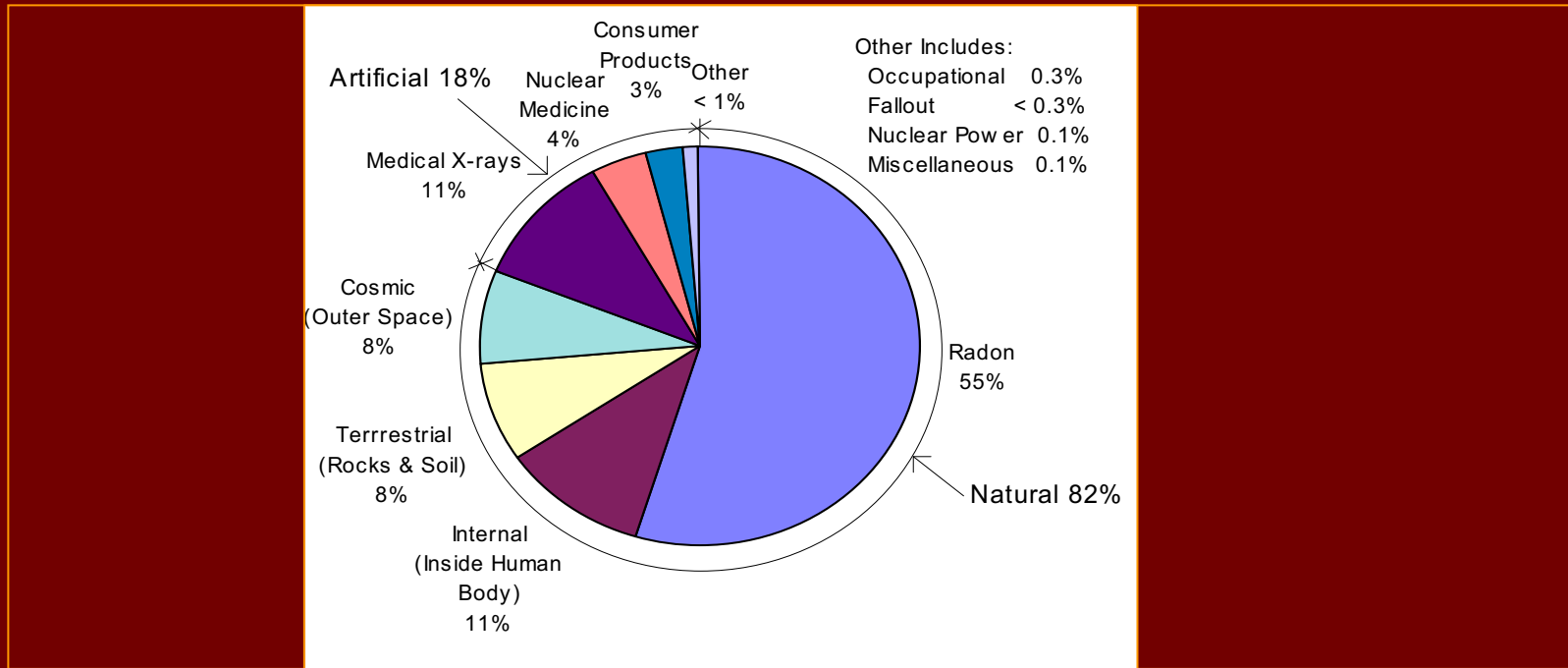


Figura 2



EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa



EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

FUNCIÓN	DOSS (mSv)
Forbratual (tda, tablas fuertes)	24
Inhalación (pirólisis de radón)	12
Rayos gamma terrestres	05
Rayos cósmicos	04
Ingestión	03
Rayos cósmicos	04
Respiración radón atmosférico	005
Accidente de Chernobyl	002
Radiación de fondo	002

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

The mechanism(s) by which high-linear energy transfer α particles, like those emitted by inhaled radon and radon daughters, cause lung cancer has not been elucidated. Conceivably, DNA damage that is induced by α particles may be mediated by the metabolic generation of reactive oxygen species (ROS), in addition to direct α particle-DNA interactions and hydroxyl radical-DNA interactions. Using normal human lung fibroblasts, we investigated the hypothesis that densely ionizing α particles may induce the intracellular generation of superoxide ($O_2^{\cdot-}$) and hydrogen peroxide (H_2O_2). Ethidium bromide and 2',7'-dichlorofluorescein, fluorescent products of the membrane-permeable dyes hydroethidine and 2',7'-dichlorofluorescein diacetate, respectively, were used to monitor the intracellular production of $O_2^{\cdot-}$ and H_2O_2 , respectively, by flow cytometry. Compared to sham-irradiated cells, fibroblasts that were exposed to α particles (0.4–19 cGy) had significant increases in intracellular $O_2^{\cdot-}$ production, along with concomitant increases in H_2O_2 production. Further analyses suggest that the plasma membrane-bound NADPH-oxidase is primarily responsible for this increased intracellular generation of ROS and that the ROS response does not require direct nuclear or cellular “hits” by the α particles. In this latter regard, we additionally report that unirradiated cells also show the ROS response when they are incubated with serum-containing culture medium that has been exposed to α particles or when they are incubated with supernatants from α -irradiated cells. Our overall results support the possibility that α particles, at least in part, may mediate their DNA-damaging effects indirectly via a ROS-related mechanism.

[CANCER RESEARCH 57, 3963–3971, September 15, 1997]

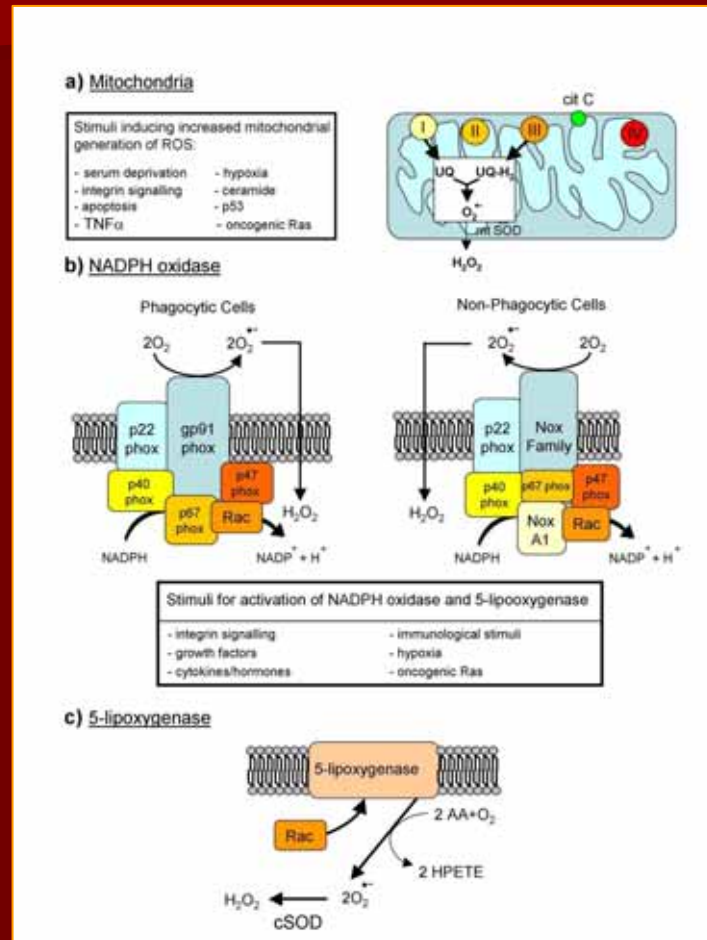
α Particles Initiate Biological Production of Superoxide Anions and Hydrogen Peroxide in Human Cells¹

P. K. Narayanan, E. H. Goodwin, and B. E. Lehnert²

Cell and Molecular Biology Group, LS-4, Life Sciences Division, MS M888, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa



Reactive oxygen species

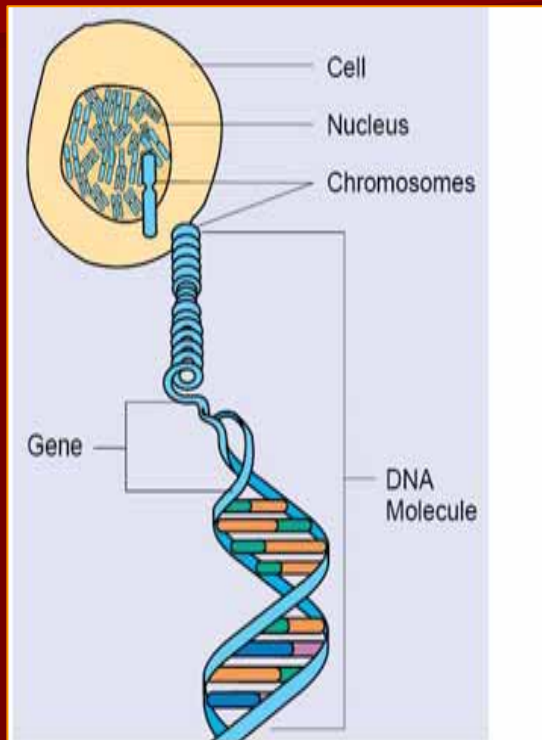
Las ROS son moléculas químicamente reactivas que contienen oxígeno, iones de O_2 y **peróxidos**. Las ROS (reactive oxygen species) son altamente reactivas por la presencia de electrones impares de superficie. Las ROS son formas naturales del metabolismo del oxígeno y juegan un importante papel en el sistema de señalización celular. Sin embargo, con el estrés ambiental (UV, calor, etc) los niveles de ROS pueden incrementarse enormemente. Lo que puede producir daños importantes en las estructuras celulares, lo que se conoce como estrés oxidativo. Las ROS se forman también por fuentes externas como las radiaciones ionizantes.

Major cellular sources of ROS in living non-photosynthetic cells.

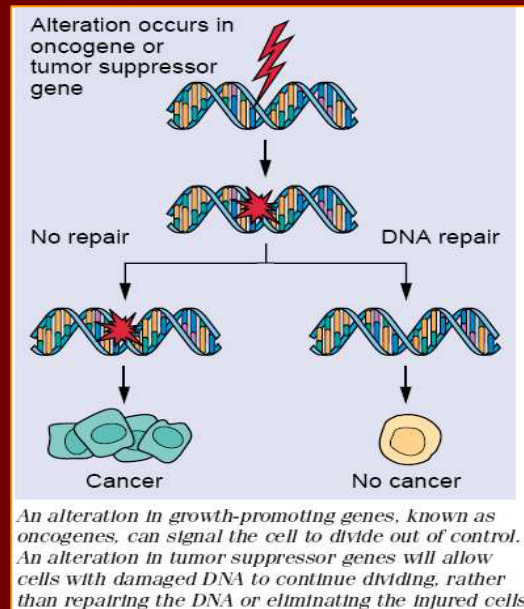
From a review by Novo and Parola, 2008

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

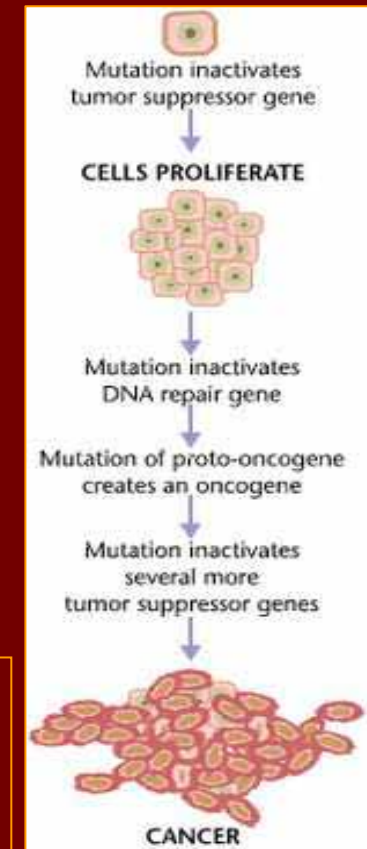
Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa



Tightly coiled strands of DNA, which carry the instructions that allow cells to make **proteins**, are packaged in units called chromosomes. Subunits of DNA are known as genes.



Los cánceres son causados por una serie de mutaciones. Cada mutación altera el comportamiento de la célula



EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

MUTATIONS OF P53 AND RAS GENES IN RADON-ASSOCIATED LUNG CANCER FROM URANIUM MINERS

K. H. Vahakangasa, R. A. Metcalf MDa, J. A. Welsh BScA, W. P. Bennett MDa, C. C. Harris MDa, , J. M. Samet MD, Profb and D. P. Lane PhD, Profc

Lancet 339(8793):576-80, 1992

a Laboratory of Human Carcinogenesis, National Cancer Institute, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, U.S.A.

b Department of Medicine and the New Mexico Tumor Registry, Cancer Center,
University of New Mexico Medical Center, Albuquerque, New Mexico, United States

c Department of Biochemistry, University of Dundee, Dundee, UK

Abstract

Radon increases the risk of lung cancer in smoking and non-smoking underground miners. To investigate the mutational spectrum associated with exposure to high levels of radon, we sequenced exons 5-9 of the p53 tumour suppressor gene and codons 12-13 of the Ki-ras protooncogene in 19 lung cancers from uranium miners exposed to radon and tobacco smoke. Mutations were not found in Ki-ras, but 9 p53 mutations, including 2 deletions, were found in 7 patients by direct DNA sequencing after polymerase chain reaction amplification of DNA from formalin-fixed, paraffin-embedded tissue. In tumours from 5 patients, the mutation produced an aminoacid change and an increased nuclear content of p53 protein. The tumours with either a stop codon or frame-shift deletion in the p53 gene were negative by immunohistochemistry. None of the mutations were G:C to T:A transversions in the coding strand of the p53 gene, which are the most frequent base substitutions associated with tobacco smoking, and none were found at the hotspot codons described in lung cancer. The observed differences from the usual lung cancer mutational spectrum may reflect the genotoxic effects of radon.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Carcinogenesis vol.18 no.1 pp.121–125, 1997

Radon and lung carcinogenesis: mutability of *p53* codons 249 and 250 to ²³⁸Pu a-particles in human bronchial epithelial cells

Radon-222, a decay product of uranium-238 and a source of high linear energy transfer (LET) a-particles, has been implicated in the increased risk of lung cancer in uranium miners as well as non-miners. *p53* mutation spectrum studies of radon-associated lung cancer have failed to show any specific mutational hot spot with the exception of a single study in which 31% of squamous cell and large cell lung cancers from uranium miners showed a *p53* codon 249 AGGarg > ATGmet mutation.

Although the results of laboratory studies indicate that double-strand breaks and deletions are the principal genetic alterations caused by alpha-particles, uncertainty still prevails in the description of DNA damage in radon-associated human lung cancer. In the present study, we have evaluated the mutability of *p53* codons 249 and 250 to a-particles in normal human bronchial epithelial (NHBE) cells using a highly sensitive genotypic mutation assay. Exposure of NHBE cells to a total dose of 4 Gy (equivalent to ~1460 working level months in uranium mining) of high LET a-radiation induced codon 249 AGG > AAG transitions and codon 250 CCC > ACC transversions with absolute mutation frequencies of 3.6×10^{-7} and 3.8×10^{-7} respectively. This mutation spectrum is consistent with our previous report of radon-associated human lung cancer.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Two-Stage Model of Radon-Induced Malignant Lung Tumors in Rats: Effects of Cell Killing
E. Georg Luebeck, Stanley B. Curtis, Fred T. Cross and Suresh H. Moolgavkar
Radiation Research Vol. 145, No. 2 (Feb., 1996), pp. 163-173

Abstract

A two-stage stochastic model of carcinogenesis is used to analyze lung tumor incidence in 3.750 rats exposed to varying regimens of radon carried on a constant-concentration uranium ore dust aerosol. New to this analysis is the parameterization of the model such that cell killing by the α particles could be included. The model contains parameters characterizing the rate of the first mutation, the net proliferation rate of initiated cells, the ratio of the rates of cell loss (cell killing plus differentiation) and cell division, and the lag time between the appearance of the first malignant cell and the tumor. Data analysis was by standard maximum likelihood estimation techniques. Results indicate that the rate of the first mutation is dependent on radon and consistent with in vitro rates measured experimentally, and that the rate of the second mutation is not dependent on radon. An initial sharp rise in the net proliferation rate of initiated cells was found with increasing exposure rate (denoted **model I**), which leads to an unrealistically high cell-killing coefficient. A second model (**model II**) was studied, in which the initial rise was attributed to promotion via a step function, implying that it is due not to radon but to the uranium ore dust. This model resulted in values for the cell-killing coefficient consistent with those found for in vitro cells. An "inverse dose-rate" effect is seen, i.e. an increase in the lifetime probability of tumor with a decrease in exposure rate. This is attributed in large part to promotion of intermediate lesions. Since model II is preferable on biological grounds (it yields a plausible cell-killing coefficient), such an effect would not be seen in the absence of an irritant such as uranium ore dust. This analysis presents evidence that a two-stage model describes the data adequately and generates hypotheses regarding the mechanism of radon-induced carcinogenesis.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

Cellular burdens and biological effects on tissue level caused by inhaled radon progenies Balázs Gergely Madas, Imre Balásházy, Árpád Farkas, István Szőke.

MICROS 2009, 15th International Symposium on Microdosimetry, Verona, Italy, October 25-30 , 2009

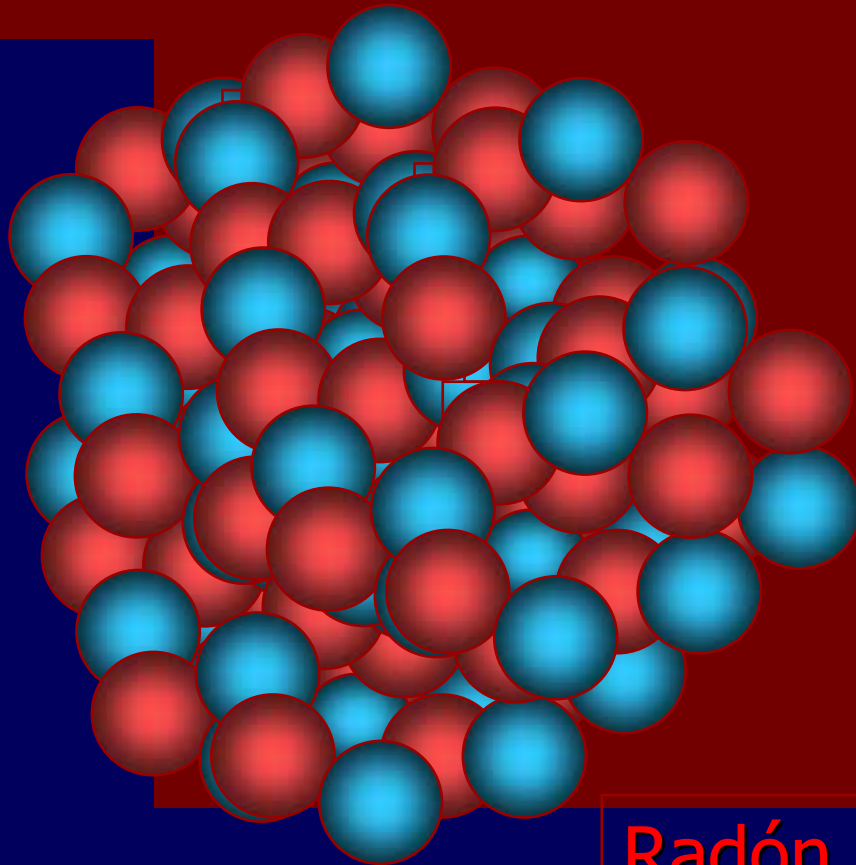
Health and Environmental Physics Department Hungarian Academy of Sciences KFKI Atomic Energy Research Institute H-1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33., Hungary 2009



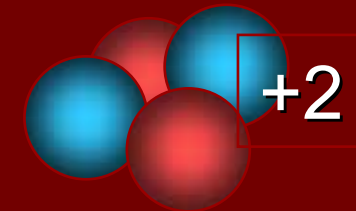
Conclusions

Taking into account the inhomogeneity of deposition distribution, it was expected that the probability of cancer formation depends highly on the location. Applying the epithelium model we have demonstrated that spatial differences are characteristic of the cellular burdens, as well. Utilizing a revised version of the Initiation-Promotion model, where promotion is related to the cell death induced cell cycle shortening, the dose-biological effect relationship seems to be nonlinear. In addition, this carcinogenesis model supports the assumption, that radon-induced lung cancer frequency is greater at the peak of the bifurcations, than at the other parts of the central airways.

Producción de radiación alfa (α)



Núcleo de ${}^4\text{He}$ emitido por el núcleo ${}^{222}\text{Rn}$



Radón - 222



${}^4\text{He} + {}^{218}\text{Po}$

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS



Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

¿Qué ocurre cuando se inhala el radón?



Lesión en la doble hélice

- Partículas altamente radioactivas se adhieren al tejido pulmonar, donde pueden irradiar sensiblemente las células broncopulmonares.
- La radiación puede alterar las células, incrementando el riesgo potencial para el cáncer.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

La radiación ionizante puede dañar directa e indirectamente el DNA

**Partícula
Alfa**

Formación de
radicales
libres
Lesiones en las
cadenas del DNA

Defectos en el gen – p53
supresor de tumores

El riesgo individual ↑ en ausencia del
gen codificador de la enzima GSTM₁
(glutathione S-transferase M1)



EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

TABLE 1 Summary Risk Estimates from the Pooled Residential Radon Studies

Residential Epidemiologic Study	# of studies pooled	# of lung cancer cases/controls	Increased risk per 100 Bqm ⁻³	Increased risk per 100 Bqm ⁻³ Adjusted for temporal radon variation	Increased risk at 100 Bqm ⁻³ Analyses based on improved radon concentration data [†]
North American Pooled Analysis	7	3,662/4,966	11% (95% CI: 0% - 28%)	Pending ^{**}	18% (95% CI: 2% - 43%)
European Pooled Analysis	13	7,148/14,208	8% (95% CI: 3% - 16%)	16% (95% CI: 5% - 31%)	-
Chinese Pooled Analysis	2	1,050/1,995	13% (95% CI: 1% - 36%)	-	-

* Analysis restricted to individuals who resided in either one or two homes for the period 5 to 30 years prior to recruitment with at least 20 years covered by a year-long radon measurement.

** Smith B, Field RW, Zielinski J, Alavanja M, Klotz JB, Krewski D, Léclercq EG, Lubin JH, Lynch CF, Lyon JT, Sandler DP, Schoenberg JB, Steck DJ, Stolwijk JA, Weinberg C, Wilcox HB. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer: Adjustment for variation in radon measurements. In preparation.

EL RADÓN: FACTOR DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Efectos biológicos sobre la célula de la radiación alfa

TABLE 2 – All Cause Estimated 2008 U.S. Cancer Mortality by Selected Cancer Types as Compared to Estimated Radon-Induced Lung Cancer Mortality

CANCER TYPE	ESTIMATED DEATHS*
1. Lung and Bronchus	161,840
2. Colon and Rectum	49,960
3. Breast Cancer	40,930
4. Pancreas	34,290
5. Prostate	28,660
6. Leukemia	21,710
Radon Induced Lung Cancer	21,000
7. Non-Hodgkin Lymphoma	19,160
8. Liver and Bile Duct	18,410
9. Ovary	15,520
10. Esophagus	14,280
11. Urinary Bladder	14,100
12. Kidney and Renal Pelvis	13,010
13. Stomach	10,880
14. Myeloma	10,690
15. Melanoma	8,420

* Adapted from Jemal, A. et al. (2008)



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN