

Radón 222 en balnearios

J. SOTO *, P. L. FERNANDEZ *, L. S. QUINDOS * y M. T. DELGADO *

RESUMEN

El origen, evolución y utilización de la radiactividad existente en el agua de algunos balnearios presentan una serie de características que pueden dar lugar a varias causas de error. En este trabajo hemos intentado hacer una breve exposición razonada de cómo es la radiactividad del agua, cómo se mide, qué efectos produce y cómo se emplea en los balnearios radiactivos.

RÉSUMÉ

L'origine, l'évolution et l'utilisation de l'activité radioactive des certaines eaux, présentent une série de particularités, qui peuvent donner des faux résultats. Cet exposé essaye d'étudier la radioactivité de l'eau, leur mesure, les effets qu'elle produit et leur utilisation dans la Station Thermale.

SUMMARY

The origin, evolution and use of the radioactivity of some spa waters show various characteristics that may give confused interpretations. In this work we have tried to make a short reasoned exposition of what radioactivity in the water is, how it is measured, the effects that are produced and how it is used in the radioactive spas.

INTRODUCCION

El gas radiactivo de origen natural radón (^{222}Rn) es considerado en la actualidad como la principal causa de irradiación natural en el ser humano. La mayor parte de la irradiación causada por el radón se produce en el sistema respiratorio cuando el gas es inhalado con la concentración en que se encuentra en el interior de las viviendas. Esta concentración en el aire de las viviendas provoca una irradiación continuada de sus habitantes que ha sido correlacionada con la frecuencia de aparición de cáncer de pulmón, cuyo aumento puede ser atribuible al radón (1), (2).

A pesar de ello, el mismo agente radiactivo, supuestamente carcinógeno, se utiliza en algu-

nos balnearios para la irradiación deliberada de los pacientes produciendo en ellos efectos beneficiosos. Esta situación paradójica es explicable por la posible relación no lineal que existe entre exposición a la radiación y daño para bajas dosis y también por el posible efecto que la aplicación de tasas de dosis moderadas tiene en la supervivencia de las poblaciones celulares. Estas condiciones de dosis de radiación bajas y tasas de moderadas son precisamente las que se dan en las aplicaciones de las aguas en los balnearios radiactivos que describimos en este trabajo. Para ello analizaremos previamente cómo es la radiactividad existente en sus aguas.

RADIOACTIVIDAD DE AGUAS SUBTERRANEAS

Las aguas subterráneas contienen concentraciones variables de la mayor parte de los elementos radiactivos que forman parte de la composición de las rocas de la corteza terrestre con las que están en contacto. Estos elementos radiactivos son, principalmente, los miembros de las familias radiactivas naturales del ^{238}U y del ^{232}Th . Debido a la distinta abundancia de estos elementos en el terreno, abundancia que depende del tipo de roca y de su historia, y a los distintos tiempos de permanencia y reactividad de las aguas en el interior del suelo, el contenido de radiactividad que éstas alcanzan es muy variable (3), (4).

Desde un punto de vista radiológico y por diferentes motivos, se consideran especialmente tres de los isótopos radiactivos disueltos en el agua, el ^{238}U , el ^{226}Ra y el ^{222}Rn . El uranio posee dos estados de oxidación que le confieren comportamientos muy diversos pues mientras unas sales son insolubles otras son moderadamente solubles y en el paso de un estado a otro puede ser transportado por el agua o dar lugar a depósitos uraníferos. Se considera el ^{238}U porque, siendo emisor de radiación alfa y progenitor de los demás elementos de la serie, puede encontrarse en concentraciones elevadas en aguas que atraviesan terrenos uraníferos y ser un importante factor de riesgo para la población próxima a estas zonas mineras (5). Se considera el ^{226}Ra

* Depto. Ciencias Médicas y Quirúrg. Univ. de Cantabria.

porque, siendo igualmente emisor de radiación alfa, tiene un comportamiento químico con carácter de elemento alcalinotérreo semejante al del calcio. Este comportamiento químico hace que en el interior del cuerpo humano tienda a fijarse en los huesos, su órgano crítico, dando lugar a una irradiación de la médula ósea (6). Por último, se considera el ^{222}Rn , también emisor alfa, por ser mucho más abundante que los demás en las aguas subterráneas y porque su naturaleza gaseosa le da un comportamiento distinto del de los demás elementos disueltos.

RADON DISUELTO EN EL AGUA

El radón 222 se genera por desintegración del ^{226}Ra existente en el suelo, alcanzando una concentración elevada en los poros y cavidades del terreno. Su carácter de gas noble hace que se disuelva en el agua en una cantidad proporcional a su presión parcial en el aire que está en contacto con dicha agua. Como la presión parcial del radón en el interior del terreno es elevada, las aguas subterráneas poseen una concentración de radón disuelto proporcionalmente alta, incluso en aquellos terrenos sin una concentración de ^{226}Ra elevada. La concentración de radón disuelto en las aguas subterráneas puede alcanzar así valores de varios centenares de bequerelios por litro mientras que la concentración de radio es tan sólo del orden de los milibequerelios por litro (7), (8).

Cuando aflora a la superficie el agua entra en contacto con el aire atmosférico que posee una presión parcial de radón pequeña. Como consecuencia de ello el agua pierde radón que pasa al aire a una velocidad dependiente del estado de agitación del agua. En algunas ocasiones el agua astúa, así, como fuente de radón en el interior de las viviendas (9). La irradiación a las personas por el radón del agua sólo se produce por tanto en condiciones de proximidad de un manantial de agua subterránea por bebida de la misma o por respiración del aire que contiene radón emanado de ella. Este tipo de irradiación es el que se produce en la utilización terapéutica del radón en los balnearios radiactivos.

MEDIDA DE LA RADIATIVIDAD DEL AGUA

Con respecto a su contenido en elementos radiactivos la potabilidad del agua para su consumo habitual en bebida, no aplicable para aguas mineromedicinales, se determina considerando la irradiación que produce su utilización. En los diferentes protocolos existentes para la determinación de la potabilidad del agua (10), (11), se comienza midiendo la actividad alfa total, sin incluir el radón, de una muestra y comparando el resultado obtenido con un límite, 0,1 Bq/L, por

debajo del cual el agua se considera como potable. Si la actividad alfa supera ese límite los protocolos establecen la necesidad de realizar determinaciones sucesivas de las concentraciones de ^{226}Ra , ^{238}U y ^{232}Th para asegurar que éstas no superan otros límites establecidos, decidiendo así la posibilidad o no del agua analizada.

La medida de los elementos radiactivos sólidos disueltos en el agua se hace partiendo de una muestra tomada sin precauciones especiales. El procedimiento de medida consiste, en la mayor parte de las ocasiones, en una separación química del elemento radiactivo que se busca y en el posterior conteo de la radiación emitida por el precipitado obtenido (1).

La medida del radón disuelto en el agua requiere un muestreo cuidadoso, habiéndose de recoger la muestra en el mismo afloramiento del manantial mediante un recipiente que se cierre herméticamente. Dentro de un plazo de tiempo corto con respecto al período de semidesintegración del radón, éste puede medirse determinando la actividad alfa del gas que se deemana del agua (13). Más sencillamente, la concentración de radón disuelto en el agua puede medirse también por conteo de la radiación gamma que emite sus descendientes de vida corta, con los que el gas se pone en equilibrio radiactivo al cabo de unas tres horas (14).

APLICACION DEL RADON EN LOS BALNEARIOS RADIATIVOS

Desde poco tiempo después del descubrimiento de la radiactividad, el radón disuelto en el agua de algunos balnearios se comenzó a utilizar como agente terapéutico. Esta utilización se limitó en un principio a la aplicación de las aguas tal como salían del manantial, pero la preocupación por liberar en los pacientes altas dosis de radiación llevó pronto a la utilización de activadores, pastillas de ^{226}Ra que enriquecían artificialmente el agua de radón. Las formas de tratamiento eran baño, inhalación, bebida e inyección y, en todos los casos, se intentaba conseguir dosis de radiación elevadas.

En la actualidad, la terapia mediante radón forma parte de un sistema integrado que combina el tratamiento basado en el radón con otros métodos de tratamiento balneoterápico. Así, las técnicas de tratamiento por radón son las aplicadas comúnmente en el balneario, incluyendo baños, inhalación, bebida, chorros, fango, etc., en las que la única diferencia en el caso de los balnearios radiactivos es que se libera una dosis de radiación en el paciente mayor o menor dependiendo de la radiactividad natural de las aguas del balneario.

De las tres formas básicas de tratamiento balneoterápico (bebida, baño e inhalación), solamente la última da lugar a dosis de radiación importantes. La inhalación de aire conteniendo radón da lugar a una dosis en el epitelio bronquial debido a la desintegración de los descendientes de vida corta del gas que se depositan en la respiración junto con los aerosoles a los que se encuentran vinculados. El cálculo de la dosis de radiación recibida puede hacerse a partir de determinados modelos dosimétricos que simulan la retención de aerosoles en el sistema respiratorio. Aunque este cálculo está, seguramente, sujeto a una considerable incertidumbre puede estimarse que la dosis anual liberada, por una concentración de radón en el aire de 40 Bq/m³ y un tiempo de permanencia de 8 horas/día durante todo el año es 35 mSv al conjunto del epitelio bronquial (15). Con las concentraciones de radón existentes en los balnearios radiactivos las dosis recibidas por los pacientes en el sistema respiratorio en un tratamiento típico por inhalación son aún mayores y en un intervalo de tiempo mucho menor. Del mismo modo, también los trabajadores del balneario están sometidos a una irradiación del epitelio bronquial, que puede ser importante, al respirar el aire ambiente (16).

Tanto por inhalación como por bebida y por baño penetra en el interior del cuerpo una cierta cantidad de radón. Su carácter de gas noble hace que no reaccione químicamente, sino que únicamente se fije por disolución en los tejidos con preferencia en aquellos que tienen una mayor proporción de lípidos. La dosis liberada por este radón en el interior del cuerpo es debida, principalmente, a la radiación alfa procedente tanto del propio gas como de sus descendientes. El valor de esta dosis es difícil de calcular aunque algunas estimaciones señalan que puede estar comprendida entre 0,1 y 10 mSv para el conjunto de un tratamiento balneoterápico (17).

Los valores anteriores de dosis recibidas en un balneario radiactivo tienen una mayor significación cuando se comparan con la que, en promedio, se recibe de modo natural que es del orden de 2 mSv/año (18). Según esto, las dosis recibidas en el balneario son del mismo orden que las debidas a la radiación ambiental anual y deben, por tanto, ser consideradas como bajas, aunque las tasas de dosis son moderadas. Únicamente las dosis debidas a la inhalación pueden alcanzar valores mayores, aunque inferiores, en general, al valor de referencia de 50 mSv/año que se fija para personal profesionalmente expuesto como límite por debajo del cual no existe confirmación de la existencia de efectos perjudiciales para la salud.

EFFECTOS DEBIDOS AL RADON EN LOS BALNEARIOS

Las radiaciones emitidas por el radón y sus descendientes en el interior del cuerpo producen una ionización local que es relativamente estable en un medio sólido o líquido. Cuando interacciona con el agua esta ionización se manifiesta en la descomposición de las moléculas de aquella con formación de radicales libres (19). Actuando sobre macromoléculas en disolución la radiación produce su rotura y el consiguiente cambio en la carga de las partículas coloidales disueltas (20). En ambos casos el efecto de la ionización inducida por la radiación es una modificación de la velocidad con que ocurren las reacciones químicas en el medio.

La modificación de la velocidad de las reacciones químicas se manifiesta en los cambios que tienen lugar en las glándulas de secreción interna. El hecho de que existan centros reguladores de complejas funciones orgánicas ricos en lípidos explica que el radón, acumulándose en ellos en pequeñas cantidades, les provoque una irradiación grande y dé lugar a una acción estimulante de los mismos. Así se ha señalado que las aguas radiactivas producen un retardo en la liberación de adrenalina, una disminución de la actividad tiroidea y una aceleración de la madurez sexual en ratas tratadas. Igualmente se ha señalado una clara acción diurética por efecto de las radiaciones sobre el riñón (21).

Respondiendo a la idea general de que las dosis débiles excitan y las medias paralizan, el tratamiento en los balnearios radiactivos produce un efecto regulador sobre aparatos y sistemas. Así, sobre los vasos del sistema cardiovascular el efecto es de regulación de la tensión, por su acción vasodilatadora, lo que hace que sea indicado en casos de hipertensión. Sobre el aparato respiratorio tiene una acción antiespasmódica y fluidificadora de las secreciones que hace que pueda ser adecuado en el tratamiento de asma alérgica y otras afecciones bronquiales. Sobre el aparato digestivo tiene como efecto una disminución de las secreciones, indicada en enfermedades como colitis o gastritis. Por fin, sobre el sistema nervioso tiene una acción reguladora de la hiperexcitabilidad, acción desensibilizante, lo que hace que el tratamiento sea adecuado en algunas enfermedades de tipo reumático inflamatorio o que cursan con dolor, como la gota. En todos los casos se obtiene un efecto regulador que es el que motiva que el tratamiento esté indicado en muchos tipos de distonías vegetativas (22).

BIBLIOGRAFIA

- (1) W. JACOBI. «Possible lung cancer risk from indoor exposure to radon daughters». Radiation Protection Dosimetry, 7, 1-4, pp. 395-402 (1984).
- (2) F. T. CROSS. «Radon inhalation studies in animals». Radiation Protection Dosimetry, 24, 1-4, pp. 461-466 (1987).
- (3) J. KOBAL and A. REVIER. «Radioactivity of the atomic spa at Podcetrtek Slovenia». Health Physics, 53, 3, pp. 307-312 (1987).
- (4) S. DANALI «The radioactivity of spa on the greek island Ikaria and influencing factors». Health Physics, 50, 4, pp. 509-514 (1986).
- (5) C. R. COTHERN and W. L. LAPPENBUSCH. «Occurrence of uranium in drinking water in the U.S.». Health Physics, 45, 1, pp. 89-99 (1983).
- (6) C. T. HESS et al. «The occurrence of radioactivity in public water supplies in the United States». Health Physics, 48, 5, pp. 553-586 (1985).
- (7) L. SALONEN. «Natural radionuclides in ground water in Finland». Radiation Protection Dosimetry, 24, 1-4, pp. 163-166 (1988).
- (8) J. SOTO et al. «Niveles de radioactividad en balnearios de Galicia». Sociedad Española de Hidrología Médica (1990).
- (9) J. SOTO et al. «Niveles de radioactividad en balnearios de Cantabria». Sociedad Española de Hidrología Médica (1990).
- (10) C. R. COTHERN and W. L. LAPPENBUSCH. «Compliance data for the occurrence of radium and gross alpha particle activity in drinking water supplies in the United States». Health Physics, 46, 1, pp. 503-510 (1984).
- (11) EPA 76. «National interim primary drinking water regulations». U.S. EPA-570/9-76-003 (1976).
- (12) Boletín Oficial del Estado. 20-9-1970.
- (13) D. N. KELKAR and P. V. JOSHI. «A rapid method for estimating radium and radon in water». Health Physics, 17, pp. 253-257 (1969).
- (14) J. SOTO et al. «Ra226 and Rn222 in natural waters in two typical locations in Spain». Radiation Protection Dosimetry, 24, 1-4, pp. 109-112 (1988).
- (15) L. S. QUINDOS et al. «Radón, principal fuente de radiación natural». Revista Española de Física, 3, 2, pp. 22-27 (1989).
- (16) I. UZUNOV et al. «Carcinogenic risk of exposure to radon daughters associated with radon spas». Health Physics, 41, 6, pp. 807-813 (1981).
- (17) M. SOUMELA and H. KAHLOS. «Studies on the elimination rate and the radiation exposure following ingestion of Rn222 rich water». Health Physics, 23, pp. 641-652 (1972).
- (18) UNSCEAR Report. United Nations Publishing. New York (1977).
- (19) J. DUTREIX et al. «Physique et biophysique». Ed. Masson and Cie (1973).
- (20) F. GREMY et J. C. PAGES «Elements de biophysique». Ed. Flammarion (1966).
- (21) V. BELLOCH et al. «Manual de terapéutica física y radiología». Ed. Saber (1972).
- (22) M. ARMIJO. «Compendio de Hidrología Médica». Ed. Científico-Médica (1968).

Estación Termal de Lanjarón

SIERRA NEVADA (Granada)

(a 50 Kms. de Granada, 135 de Almería y 146 de Málaga)

MANANTIAL CAPUCHINA

— Afecciones de hígado y vías biliares

MANANTIAL SAN VICENTE

— Afecciones renales y de vías urinarias

MANANTIAL EL SALADO

— Afecciones de aparato locomotor y aparato respiratorio

- **SERVICIOS DE BALNEOTERAPIA:**
Baños, baños de burbujas y carbogaseosos
Duchas y masajes subacuáticos
- **MECANOTERAPIA Y ELECTROTHERAPIA:**
Masajes vibratorios, tracciones, onda corta
- **INSTALACIONES:**
Nebulizaciones y Aerosoles
- **INSTALACIONES DEPORTIVAS:**
Tenis, Frontón, Badminton
Parques infantiles

— TEMPORADA OFICIAL: 1.º JUNIO AL 31 DE OCTUBRE —

INFORMES: AGUAS DE LANJARON, S. A.

Teléfonos 77 01 37 - 77 01 62 - Telex: 78408 - ALGRA - LANJARON (Granada)