

Polonio-210 e piombo-210 nel fumo del tabacco riscaldato

Vincenzo Zagà, Maria Sofia Cattaruzza, Silvano Gallus

Riassunto

È noto che le sigarette di tabacco tradizionali, tra i vari cancerogeni, contengano due radionuclidi, il polonio-210, potente cancerogeno a emissioni alfa, e il piombo-210, suo precursore, debolmente alfa, beta e gamma radioattivo. Recentemente, uno studio dell'Università di Losanna, oltre a confermare la presenza di polonio-210 e piombo-210 nelle sigarette tradizionali, ha svelato la loro presenza anche negli *stick* dei prodotti a tabacco riscaldato (IQOS HEETS). I livelli di questi radionuclidi sono inferiori rispetto a quelli rilasciati dalle sigarette tradizionali perché solo il 15% del tabacco contenuto in uno *stick* IQOS viene effettivamente riscaldato alla temperatura *target* di 330°C, ciononostante l'impatto sulla salute è significativo. I risultati mostrano che il fumo convenzionale di un pacchetto al giorno induce una dose al polmone di circa 0,3 mSv/anno. Questa dose diminuisce di un fattore dieci (0,03 mSv/anno) per il sistema IQOS. La presenza di radioattività alfa nelle sigarette tradizionali e in quelle a tabacco riscaldato IQOS può rappresentare un fattore importante per aumentare il bagaglio motivazionale a smettere.

Parole chiave: polonio-210, piombo-210, IQOS, danni alla salute, *smoking cessation*.

Polonium-210 and lead-210 in heated tobacco smoke

Vincenzo Zagà, Maria Sofia Cattaruzza, Silvano Gallus

Abstract

It is known that conventional tobacco cigarettes, among other carcinogens, contain two radionuclides, Polonium-210, a potent alpha-emitting carcinogen, and Lead-210, its precursor, weakly alpha, beta and gamma radioactive. Recently, a study by the University of Lausanne, in addition to confirming the presence of Polonium-210 and Lead-210 in conventional tobacco cigarettes, also unveiled their presence in heated tobacco product sticks (IQOS HEETS). The levels of these radionuclides are lower than those released from conventional cigarettes because only 15% of the tobacco in an IQOS stick is actually heated to the target temperature of 330°C, nevertheless the impact on health is significant. Results show that conventional smoking of one pack per day induces a dose to the lung of about 0.3 mSv/year. This dose decreases by a factor of ten (0.03 mSv/year) for the IQOS system. The presence of alpha radioactivity in conventional and IQOS heated tobacco cigarettes may be an important factor in increasing the motivational baggage to quit.

Key words: Polonium 210, Lead 210, IQOS, health harms, smoking cessation.

Introduzione

Il polonio-210 (Po-210) e il piombo-210 (Pb-210) sono radionuclidi naturali appartenenti alla serie di decadimento dell'uranio-238 (U-238), presenti nelle piante di tabacco [1-5]. Questi radionuclidi possono essere assorbiti dalla pianta del tabacco attraverso tre principali vie, variamente combinate tra loro [1,3,6].

- 1) La principale fonte di Po-210 e Pb-210 nel tabacco deriva dalla deposizione sulle foglie della progenie del radon-222 (Rn-222), in particolare Pb-210 e Po-210. Questi radionuclidi vengono catturati dai tricomi delle foglie, strutture ghiandolari capaci di trattenere metalli pesanti [3,7-10].
- 2) Una frazione minore proviene dall'assorbimento attraverso le radici grazie a una particolare rizosfera [8,11].
- 3) Un'ulteriore via di contaminazione è rappresentata dai fertilizzanti a base di polifosfati di calcio, provenienti da terreni

ricchi di pechblenda e apatite, contenenti uranio e i suoi prodotti di decadimento [12,13]. Questi fertilizzanti contribuiscono ad arricchire la quantità naturale di radionuclidi assorbita dalle radici. Entrambi i radionu-

clidi sono presenti nel fumo delle sigarette tradizionali [12].

Cancerogenicità del polonio-210

Il Po-210 è un emettitore energetico di particelle α , ed è stato dun-



Introduction

Polonium-210 (Po-210) and Lead-210 (Pb-210) are naturally occurring radionuclides belonging to the Uranium-238 (U-238) decay series, present in tobacco plants [1-5]. These radionuclides can be absorbed by the tobacco plant through three main pathways, variously combined [1,3,6].

- 1) The main source of Po-210 and Pb-210 in tobacco comes from the deposition on leaves of Radon-222 (Rn-222) progeny, specifically Pb-210 and Po-210. These radionuclides are captured by leaf trichomes, glandular structures capable of retaining heavy metals [3,7-10].
- 2) A smaller fraction comes from uptake through the roots thanks to a particular rhizosphere [8,11].
- 3) A further contamination route is

represented by fertilisers based on calcium polyphosphates from soils rich in Pechblenda and Apatite, containing Uranium and its decay products [12,13]. These fertilisers help to enrich the natural amount of radionuclides absorbed by the roots.

Both radionuclides are present in the smoke of conventional cigarettes [12].

Carcinogenicity of Polonium-210s

Po-210 is an energetic emitter of α particles and has therefore been recognised as a potential carcinogenic component of tobacco smoke [10,11,14].

As early as 1964, Radford and Hunt hypothesised that the presence of Po-210 in tobacco smoke and its preferential localisation in the bronchial epithelium could be

a cause of lung cancer [5]. Studies have confirmed the link between exposure to low doses of Po-210 and the occurrence of lung cancer [14,15]. Despite this, the tobacco industry has never taken measures to remove or reduce the presence of Po-210 and Pb-210 in tobacco products [2,7,13]. Furthermore, studies on the role of Rn-222 and its progeny have shown a synergistic effect with tobacco smoke in lung cancer risk [4,5,16]. Po-210 present in tobacco smoke may be responsible for some lung cancer cases otherwise attributed to radon [2,4,5,16-20].

A mere 0.1 mg of Po-210 emits the same number of α particles as 5 grams of radium, making it a highly harmful agent for humans [21]. A Canadian study conducted on cattle by Thomas and co-workers showed that exposure to α -radiation from Po-210 is 7 to 14 times

que riconosciuto come un potenziale componente cancerogeno del fumo di tabacco [10,11,14]. Già nel 1964, Radford e Hunt ipotizzarono che la presenza di Po-210 nel fumo di tabacco e la sua localizzazione preferenziale nell'epitelio bronchiale potessero essere una causa di tumore ai polmoni [5]. Alcuni studi hanno confermato il legame tra l'esposizione a basse dosi di Po-210 e l'insorgenza del tumore polmonare [14,15]. Nonostante ciò, l'industria del tabacco non ha mai adottato misure per rimuovere o ridurre la presenza di Po-210 e Pb-210 nei prodotti a base di tabacco [2,7,13]. Inoltre, studi sul ruolo del Rn-222 e della sua progenie hanno evidenziato un effetto sinergico con il fumo di tabacco nel rischio di tumore polmonare [4,5,16]. Il Po-210 presente nel fumo di tabacco potrebbe essere responsabile di alcuni casi di tumore polmonare altrimenti attribuiti al radon [2,4,5,16-20]. Una quantità di appena 0,1 mg di Po-210 emette lo stesso numero di particelle α di 5 grammi di ra-

dio, rendendolo un agente altamente nocivo per l'essere umano [21]. Uno studio canadese condotto su bovini da Thomas e collaboratori ha dimostrato che l'esposizione alle radiazioni α del Po-210 è dalle 7 alle 14 volte più dannosa dell'esposizione a radiazioni X nel causare danno cellulare. Entrambi i radionuclidi sono presenti nel fumo delle sigarette tradizionali [22]. Le radiazioni α possono innescare mutazioni oncogeniche attraverso meccanismi di metilazione che inattivano il gene oncosoppressore p16(INK4a) [23].

Radioattività del tabacco riscaldato

I prodotti a base di tabacco riscaldato (HTP) rappresentano una nuova modalità di consumo in cui il tabacco viene riscaldato a temperature inferiori rispetto a una sigaretta convenzionale. Tra questi, il più diffuso è IQOS, sviluppato da Philip Morris International (PMI), che riscalda il tabacco a 330°C. A questa temperatura, la volatilizzazione del Po-210 e del

Pb-210 è ancora oggetto di dibattito. Un gruppo di ricercatori dell'Università di Losanna ha condotto uno studio per determinare l'attività di Po-210 e Pb-210 nel fumo di tabacco riscaldato rispetto a quello tradizionale [24]. I ricercatori hanno anche analizzato lo sviluppo di questi radionuclidi a diverse temperature tra i 50 e i 600°C.

I risultati mostrano che il fumo convenzionale di un pacchetto al giorno induce una dose di radiazioni α al polmone di circa 0,3 mSv/anno, mentre con IQOS questa dose si riduce a circa 0,03 mSv/anno. Tuttavia, questa riduzione non deriva da specifiche contromisure da parte dell'industria, bensì dal fatto che solo il 15% del tabacco contenuto in una sigaretta IQOS viene effettivamente riscaldato alla temperatura target di 330°C. Se il tabacco venisse riscaldato uniformemente a 300°C, l'80% del Po-210 sarebbe rilasciato, portando all'apparato broncopolmonare dosi di radiazioni α simili a quelle delle sigarette convenzionali.

more harmful than exposure to X-radiation in causing cellular damage. Both radionuclides are present in traditional cigarette smoke [22].

α radiation can trigger oncogenic mutations through methylation mechanisms that inactivate the oncosuppressor gene p16(INK4a) [23].

Radioactivity of heated tobaccos

Heated tobacco products (HTP) represent a new consumption mode in which tobacco is heated at lower temperatures than a conventional cigarette. The most popular of these is IQOS, developed by Philip Morris International (PMI), which heats tobacco to 330°C. At this temperature, the volatilisation of Po-210 and Pb-210 is still a matter of debate. A group of researchers from the University of Lausanne conducted a study to determine

the activity of Po-210 and Pb-210 in heated tobacco smoke compared to conventional tobacco smoke [24]. The researchers also analysed the development of these radionuclides at different temperatures between 50 and 600°C.



The results show that conventional smoking of one packet per day induces a dose of α radiation to the lung of about 0.3 mSv/year, whereas with IQOS this dose is reduced to about 0.03 mSv/year. However, this reduction does not result from specific industry countermeasures, but rather from the fact that only 15% of the tobacco in an IQOS cigarette is actually heated to the target temperature of 330°C. If tobacco were heated uniformly at 300°C, 80% of the Po-210 would be released, leading to similar doses of α -radiation to the bronchopulmonary system as in conventional cigarettes.

Implications

The public is generally aware of the presence of toxic chemicals in tobacco products, but few know that they also contain radioactive

Implicazioni

L'opinione pubblica è generalmente consapevole della presenza di sostanze chimiche tossiche nei prodotti del tabacco, ma pochi sanno che contengono anche particelle radioattive che si depositano nei polmoni quando inalate. Dato che la radioattività è una delle minacce più temute per la salute umana [25,26], questa consapevolezza potrebbe rappresentare un ulteriore incentivo per smettere di fumare e di utilizzare tabacco riscaldato.

La Convenzione Quadro dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per il controllo del tabacco (FCTC) raccomanda di informare la popolazione, e in particolare i fumatori, sui rischi del fumo attraverso campagne di sensibilizzazione, strategia chiave per ridurre la domanda di tabacco [27]. Sebbene non vi siano prove definitive sull'efficacia di questi interventi nel favorire la cessazione del fumo, fornire ai fumatori un *feedback* sui loro effetti biomedici attuali o futuri (per esempio, misurazione del monossido di carbonio espirato, funzionalità polmonare, pervietà dei vasi arteriosi, suscettibilità genetica al tumore polmonare) potrebbe aumentare la loro motivazione a

smettere [28].

Un approccio ancora più incisivo potrebbe essere fornire ai fumatori informazioni sul livello personale di radioattività urinaria da Po-210, accompagnato da un intervento di *counseling* motivazionale. Questa strategia potrebbe risultare particolarmente efficace, considerando il recente aumento dell'uso degli HTP durante la pandemia di COVID-19, come osservato in Italia [29,30].

Conclusioni

Lo studio svizzero ha confermato la presenza di Po-210 e Pb-210 nel fumo di tabacco, sia tradizionale che riscaldato. Sebbene il sistema IQOS rilasci livelli inferiori di questi radionuclidi rispetto alle sigarette convenzionali, il loro impatto sulla salute resta significativo.

Informare adeguatamente i fumatori, sia di tabacco tradizionale che di HTP, potrebbe rappresentare un valido strumento per aumentare la motivazione a smettere di fumare o a evitare di iniziare, con un impatto positivo sulla salute pubblica globale.

Vincenzo Zagà

Caporedattore di Tabaccologia,
Medico Pneumologo, Bologna;
Giornalista medico-scientifico
✉ caporedattore@tabaccologia.it

Maria Sofia Cattaruzza

Dipartimento di Sanità Pubblica e
Malattie Infettive, La Sapienza
Università di Roma

Silvano Gallus

Laboratorio di Ricerche sugli Stili di
Vita Dipartimento di Epidemiologia
Medica Istituto di Ricerche Farmacologiche
"Mario Negri" IRCCS, Milano

Bibliografia

1. Laking GR. Human exposure to radioactivity from tobacco smoke: systematic review. *Nicot Tob Res* 2019; 21:1172-80. <https://doi.org/10.1093/ntn/nty111>
2. Winters TH, Di Franza JR. Radioactivity in cigarette-smoke. *N Engl J Med* 1982;306:364-5. <https://doi.org/10.1056/NEJM198202113060613>
3. Martell EA. Radioactivity of tobacco trichomes and insoluble cigarette-smoke particles. *Nature* 1974;249: 215-7. <https://doi.org/10.1038/249215a0>
4. Skrabble KW, Haughey FJ, Little JB, Hunt VR, Radford EP, Alexander EL. Polonium-210 in cigarette smokers. *Science* 1964;146:86. <https://doi.org/10.1126/science.146.3640.86>
5. Radford EP, Hunt VR. Polonium-210 – volatile radioelement in cigarettes. *Science* 1964;143:247-50. <https://doi.org/10.1126/science.143.3603.247>
6. Papastefanou C. Radioactivity in tobacco leaves. *J Environ Radioact* 2001;53:67-73. [https://doi.org/10.1016/s0265-931x\(00\)00109-0](https://doi.org/10.1016/s0265-931x(00)00109-0)

particles that are deposited in the lungs when inhaled. Since radioactivity is one of the most feared threats to human health [25,26], this awareness could be an additional incentive to stop smoking and using heated tobacco.

The World Health Organization Framework Convention on Tobacco Control (WHO-FCTC) recommends informing the population, and in particular smokers, about the risks of smoking through awareness-raising campaigns, a key strategy to reduce tobacco demand [27]. Although there is no conclusive evidence on the efficacy of these interventions in promoting smoking

cessation, providing smokers with feedback on their current or future biomedical effects (e.g. measurement of exhaled carbon monoxide, lung function, arterial vessel patency, genetic susceptibility to lung cancer) could increase their motivation to quit [28].

An even stronger approach could be to provide smokers with information on their personal level of urinary Po-210 radioactivity, accompanied by a motivational counseling intervention. This strategy could be particularly effective, considering the recent increase in HTP use during the COVID-19 pandemic, as observed in Italy [29,30].

Conclusions

The Swiss study confirmed the presence of Po-210 and Pb-210 in tobacco smoke, both conventional and heated. Although IQOS releases lower levels of these radionuclides than conventional cigarettes, their impact on health remains significant.

Properly informing smokers of both conventional tobacco and HTP could be a valuable tool to increase motivation to quit smoking or avoid starting, with a positive impact on overall public health.

7. Brown J, Gjelsvik R, Ross P, Kalas J, Outola I, Holm E. Levels and transfer of ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb in Nordic terrestrial ecosystem. *J Environ Radioact* 2011;102:430-7. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.06.016>
8. Persson BRR. ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb in the terrestrial environment. *CAES* 2014; 2:22-37.
9. Persson BRR, Holm E. Polonium-210 and lead-210 in the terrestrial environment: a historical review. *J Environ Radioact* 2011;102:420-9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2011.01.005>
10. Fleischer RL, Parungo FP. Aerosol particles on tobacco trichomes. *Nature* 1974;250:158-9. <https://doi.org/10.1038/250158a0>
11. Lisumaa JB, Zuberib Z, Ndakidemba PA, Mbega ER. Linking rhizosphere bacterial diversity and soil fertility in tobacco plants under different soil types and cropping pattern in Tanzania: a pilot study. *Heliyon* 2020;6:e04278. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04278>
12. Tso TC, Harley NH, Alexander LT. Source of lead-210 and polonium-210 in tobacco. *Science* 1966;153:880-2. <https://doi.org/10.1126/science.153.3738.880>
13. Cohen BS, Eisenbud M, Harley NH. Alpha radioactivity in cigarette smoke. *Radiat Res* 1980; 83:190-6.
14. Zagà V, Marinangeli F, Cattaruzza MS. How and why tobacco cultivation depletes agricultural land. *Tabaccologia* 2023;XXI(3):22-8. <https://doi.org/10.53127/tblg-2023-A017>
15. Little JB, Radford EP, McCombs HL, Hunt VR. Distribution of polonium-210 in pulmonary tissues of cigarette smokers. *N Engl J Med* 1965;273:1343-2000. <https://doi.org/10.1056/nejm196512162732501>
16. Rego B. The polonium brief a hidden history of cancer, radiation, and the tobacco industry. *Isis* 2009;100: 453-84. <https://doi.org/10.1086/644613>
17. Muggli ME, Ebbert JO, Robertson C, Hurt RD. Waking a sleeping giant: the tobacco industry's response to the polonium-210 issue. *Am J Public Health* 2008;98:1643-50. <https://doi.org/10.2105/ajph.2007.130963>
18. Khater AEM. Polonium-210 budget in cigarettes. *J Environ Radioact* 2004;71:33-41. [https://doi.org/10.1016/s0265-931x\(03\)00118-8](https://doi.org/10.1016/s0265-931x(03)00118-8)
19. Taroni M, Zagà V, Bartolomei P, Gattavecchia E, Pacifici R, Zuccaro P, et al. ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po concentrations in Italian cigarettes and effective dose evaluation. *Health Phys* 2014;107:195-9. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000104>
20. Zagà V, Cattaruzza MS, Martucci P, Pacifici R, Trisolini R, Bartolomei P, et al. The "Polonium In Vivo" study: polonium-210 in bronchial lavages of patients with suspected lung cancer. *Biomedicines* 2020;9:4. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9010004>
21. Los Alamos National Laboratory. Periodic table of elements: LANL. <http://periodic.lanl.gov/elements/84.html>
22. Thomas PA, Tracy BL, Ping T, Wickstrom M, Sidhu N, Sidhu N. Relative biological effectiveness (RBE) of ²¹⁰Po alpha-particles versus X-rays on lethality in bovine endothelial cells. *Int J Radiat Biol* 2003;79:107-18.
23. Prueitt RL, Goodman JE, Valberg PA. Radionuclides in cigarettes may lead to carcinogenesis via p16(INK4a) inactivation. *J Environ Radioact* 2009; 100:157-61. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.11.008>
24. Berthet A, Butty A, Rossier J, Sadowski IJ, Froidevaux P. ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb content in the smoke of heated tobacco products versus conventional cigarette smoking. *Sci Rep* 2022;12: 10314. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14200-2>
25. Freudenberg LS, Beyer T, Muller SP, Goorges R, Hopfenbach A, Bockisch A. Subjective perception of radioactivity in patients with thyroid disease prior to treatment with radioiodine. *Nuklearmedizin* 2006;45:229-34. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1625225>
26. Henriksen EK. Laypeople's understanding of radioactivity and radiation. *Radiat Prot Dosim* 1996;68:191-6. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a031863>
27. WHO Framework Convention on Tobacco Control (FCTC). WHO Framework Convention on Tobacco Control. Geneva: World Health Organization (WHO), 2003.
28. Clair C, Mueller Y, Livingstone-Banks J, Burnand B, Camain JY, Cornuz J, et al. Biomedical risk assessment as an aid for smoking cessation. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;3:4705. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004705.pub5>
29. Gallus S, Stival C, Carreras G, Gorini G, Amerio A, et al. Use of electronic cigarettes and heated tobacco products during the Covid-19 pandemic. *Sci Rep* 2022;12:702. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04438-7>
30. Scala M, Dallera G, Gorini G, Achille J, Havermans A, Neto C, et al. Patterns of use of heated tobacco products: a comprehensive systematic review. *J Epidemiol* 2025. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20240189>

HOW TO CITE

Zagà V, Cattaruzza MS, Gallus S. Polonium-210 and lead-210 in heated tobacco smoke. *Tabaccologia* 2024; XXII(3):32-36. <https://doi.org/10.53127/tblg-2024-A016>



OPEN ACCESS

L'articolo è open access e divulgato sulla base della licenza CCBY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>