

MEDICINA NEI SECOLI
ARTE E SCIENZA



GIORNALE DI STORIA DELLA MEDICINA
JOURNAL OF HISTORY OF MEDICINE

Fondato da / *Founded by* Luigi Stroppiana

QUADRIMESTRALE / *FOUR-MONTHLY*

NUOVA SERIE / *NEW SERIES*

VOL. 23 - No 3

ANNO / *YEAR* 2011

Articoli/Articles

STORIA DELLA RADIOATTIVITÀ E DELLE SUE APPLICAZIONI
NELL'IGIENE E NELLA CURA

CARMELA ROMANA NATALINA CORRAO*, CARLA SERARCANGELI**

*Dipartimento di Sanità Pubblica e Malattie Infettive

**Sezione di Storia della Medicina – Sapienza, Università di Roma, I

SUMMARY

*THE HISTORY OF RADIOACTIVITY AND ITS APPLICATIONS
IN HYGIENE AND THERAPY*

Since Antiquity, the observation of matter and its composition has been fascinating for the human mind. It represented the core of philosophical studies since the atomistic theory by Leucippus and Democritus, as well as of the opposed theory of elements by Empedocles, Plato and Aristoteles. Research on the atom, on its spontaneous or artificial disgregation, on the practical application of radioactive substances has strongly influenced daily life and the development of knowledge. Products containing radioactive substances have been used, often without regulation or control, in many scientific fields, as well as in medicine and cosmetics.

Premessa

Radioazioni e radioattività esistevano sulla terra molto tempo prima della comparsa della vita ed erano presenti nello spazio ancor prima della terra stessa, essendosi prodotte dal *big bang* che generò l'universo circa 20 miliardi di anni fa¹. Purtuttavia è solo da poco più di un secolo che l'uomo scopre questo fenomeno primordiale e universale.

Key words: Radioactivity – Medical Applications – Radioactive Products

Fondamentali appaiono, infatti, le scoperte realizzate nel campo della fisica dalla fine del XIX secolo, scoperte che costituiscono la base per il raggiungimento di importanti conoscenze per l'uomo e che hanno profondamente e progressivamente modificato il suo modo di vivere e di essere. Sia sufficiente pensare all'espansione di settori come l'informatica, la diagnostica per immagini, le telecomunicazioni, le tecnologie laser, la robotizzazione, la produzione di energia nucleare, ecc. Gli spiccati sviluppi tecnologici e le innumerevoli applicazioni realizzate in tempi relativamente brevi, per finalità sia pacifiche che difensive, derivano da scoperte che riguardano, come nel caso della radioattività, la componente più intima della materia: l'atomo. Si tratta di scoperte che hanno determinato un progresso tecnologico crescente e che rappresentano le fondamenta su cui si è andato costruendo il mondo dei nostri giorni.

Se è vero che il progresso tecnologico ha migliorato la vita dell'umanità, esso ha anche evidenziato l'esistenza di potenziali rischi legati alle nuove sorgenti man mano impiegate; ciò anche sulla base delle conseguenze osservate a seguito di eventi distruttivi, come quelli relativi ai bombardamenti atomici della seconda guerra mondiale o, incidentali, come nel caso di Chernobyl.

La continua crescente entrata nei cicli produttivi di agenti e tecnologie sempre più numerose è avvenuta esclusivamente per sfruttare l'utilizzo di caratteristiche prestazionali, utili ad aumentare la produttività o il potere difensivo, ma difficilmente la loro introduzione è avvenuta con contemporanea esaustiva conoscenza dei relativi rischi e competenza protezionistica/prevenzionistica specifica, relazioni che si sono in genere sviluppate solo successivamente.

Anche la storia della radioattività ha radici dirette nelle scoperte che ne hanno rivelato l'esistenza nel XIX secolo ed anche per essa le applicazioni hanno preceduto le conoscenze degli effetti, tanto che svariati utilizzi della radioattività sono risultati a posteriori tanto incauti quanto originali e sorprendenti o di complessa gestione.

Purtuttavia l'*atomo*, che è alla base della costituzione della materia e all'interno del cui nucleo si origina l'energia, detta per l'appunto *nucleare*, trova ipotesi di esistenza molto più remote, che affondano le prime radici nel pensiero degli antichi filosofi, i quali hanno il merito di aver quasi offerto alla scienza l'alta probabilità dell'esistenza dell'atomo.

Dall'atomo all'energia nucleare: dalla filosofia alla fisica

Fin dall'antichità l'esistenza della *materia* non è mai stata posta in dubbio, non solo come costituente delle cose tangibili ma anche di quelle non visibili; infatti era noto e scontato che anche l'aria, totalmente invisibile, tuttavia fosse fatta di materia per il semplice fatto di riuscire, tra l'altro, a spingere le vele delle navi.

Difformi erano invece le idee che si avevano della materia, come conferma l'esistenza nell'antica Grecia di due scuole di pensiero totalmente differenti: una considerava la materia continua, ovvero divisibile in porzioni sempre più piccole, fino all'infinito, mentre l'altra riteneva la materia discontinua, cioè costituita da particelle molto piccole *finite*, ovvero indivisibili, gli atomi (dal greco "atomos" = non divisibile). Leucippo di Mileto (V sec. a.C.) è considerato il primo filosofo atomista e una delle sue opere, *Il grande sistema del mondo*, può essere a ragione posta alla base del pensiero atomistico; traccia delle sue teorie si può individuare anche nelle opere di Aristotele. Leucippo riteneva che l'essere sia il pieno, che il non-essere sia il vuoto, che pieno e vuoto siano i principi delle cose e che nella loro relazione si spieghino il movimento e la molteplicità. L'essere è un'infinità di unità indivisibili, gli atomi, diversi per grandezza, che muovendosi eternamente nel vuoto ed incontrandosi danno origine alle varie cose².

Il pensiero di Leucippo fu ripreso da Democrito di Abdera (460-370 a.C.), la cui opera più importante *Il piccolo ordinamento dell'universo* è sostanzialmente un vero e proprio approfondimento di esso.

Democrito, dal sapere eclettico che spaziava dalla cosmologia alla medicina, dalla matematica alla geografia, attribuiva agli atomi due sole importanti qualità, la grandezza e la forma geometrica, e riteneva che le diverse maniere con cui si dispongono gli atomi aggregandosi dessero luogo a composti di differenti tipologie. Gli atomi sono dotati di un *moto proprio*, dovuto ad una forza naturale interna ad essi, da tale moto hanno origine i corpi materiali. Gli atomi sono immutabili ed ogni mutamento della realtà è attribuibile alla loro aggregazione e disaggregazione. Aggregati di atomi producono nell'uomo percezioni sensibili quando vengono a contatto con i nostri sensi: ad esempio, l'uomo vede un oggetto quando uno sciame di atomi, originatosi dall'oggetto, arriva a colpire l'occhio³.

Il pensiero di Leucippo e Democrito ammetteva il moto degli atomi senza spiegarlo. Spetta al filosofo greco Epicuro da Samo (341-270 a.C.) fornire spiegazione del moto degli atomi tramite l'attribuzione ad essi del *peso*⁴.

Il pensiero epicureo è stato ripreso dal poeta latino Tito Lucrezio Caro (I secolo a.C.), che nell'opera *De rerum natura* precisa e traduce il concetto epicureo di *parenklisis* e spiega l'incontro tra gli atomi, e quindi le loro aggregazioni, con la teoria del *clinamen* (deviazione). Nel loro moto di caduta verticale, e quindi parallela, gli atomi subiscono una deviazione che li fa urtare e da questi urti deriverebbe l'aggregazione dei diversi corpi materiali⁵.

La teoria atomistica fu totalmente respinta da Platone (427-347 a.C.), che riprese il pensiero di Empedocle, secondo il quale quattro sono gli elementi (fuoco, aria, acqua, terra) che costituiscono la materia con l'aiuto delle forze dell'Amore e dell'Odio⁶.

Tale teoria fu adottata anche da Aristotele di Stagira (384-322 a.C.) che ai quattro elementi ne aggiunse un quinto: l'etere. Aristotele, filosofo greco convinto avversario della teoria atomistica, nella sua opera *Fisica* distingue due diversi mondi, quello celeste e quello terrestre. Il mondo celeste è posto sopra la luna, è incorruttibile e inalterabile e si

identifica con la sfera delle stelle fisse; i moti delle sfere sono impressi da un motore primo immobile e sono eterni⁷. Il mondo terrestre è situato al di sotto della luna e con la terra al centro (universo geocentrico), è corruttibile, alterabile e imperfetto ed è un miscuglio dei vari elementi che si trovano nelle sfere concentriche della terra, dell'acqua, dell'aria e del fuoco. Tra la sfera delle stelle fisse e la Terra si collocano le sfere dei sette pianeti, che su esse sono incastonati.

Il pensiero aristotelico fu accettato pienamente dalla Chiesa e reso dogma, mentre pericolose erano ritenute le teorie atomistiche in quanto materialistiche, tanto da considerare eretico chi le professava. La teoria atomistica fu ripresa solo dopo circa due secoli, diventando oggetto di attenzione da parte della scienza ed in particolare della fisica e della chimica.

È l'inglese John Dalton (1766-1844) ad essere considerato il primo scienziato della moderna teoria atomistica, basata sull'indagine scientifica e non solo sulla speculazione filosofica. Oltre ad aver descritto per la prima volta nel 1794 l'acromatopsia, difetto visivo da cui era affetto e che da lui prese il nome di *daltonismo*, studiando le sostanze gassose tentò di dimostrare le antiche teorie atomistiche e, con una geniale interpretazione della legge delle proporzioni definita nel 1799 dal francese Joseph Proust e supportata dalle relative sperimentazioni, fu in grado di enunciare nel 1803 la *legge delle proporzioni multiple*. Da ciò Dalton trovò fondamento per convalidare la teoria atomica della materia, teoria che egli poggiò su alcune ipotesi fondamentali: ogni forma di materia è costituita da atomi di piccolissime dimensioni; gli atomi sono tutti inalterabili e indivisibili; in uno stesso elemento gli atomi sono tutti uguali; gli atomi di diversi elementi differiscono per massa e per altre particolarità; le trasformazioni chimiche avvengono per unione o separazione di atomi tra di loro⁸. Ebbe così origine il concetto di *pesi atomici* dei diversi elementi, di cui Dalton pubblicò nel 1850 una prima tabella, successivamente estesa e migliorata. Le nozioni di atomo e di molecola si sono poi sempre

più consolidate e numerose scoperte nel campo della chimica e della fisica hanno apportato un contributo sostanziale alla teoria atomica e molecolare, rafforzandola e confermandola pienamente.

Solo alcuni anni più tardi, ed esattamente nel 1869, la classificazione periodica degli elementi proposta dal russo Dimitri Mendeleev (1834-1907), premio Nobel per la chimica nel 1906, suggeriva che tutta la materia dell'universo poteva ben essere costituita utilizzando solo un centinaio di atomi differenti⁹. La classificazione era stata creata disponendo gli elementi secondo la loro massa atomica crescente e andando a capo ogni volta che determinate caratteristiche tornavano a presentarsi, in modo da disporre in una stessa colonna gli elementi con connotazioni e comportamenti simili.

Inizia da queste scoperte l'era pionieristica della radioattività, con capostipite Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923), professore di fisica all'Università di Wurzburg, che nel novembre 1895 scoprì i raggi X, da lui chiamati *Eine Neue Art von Strahlen* (un nuovo tipo di raggi)¹⁰. A distanza di alcuni mesi (marzo 1896) il fisico francese Antoine Henri Becquerel (1852-1908)

Si accorse casualmente che i sali di uranio, posti in vicinanza di una lastra fotografica, anche racchiusa in un involucre opaco, la impressionano, mostrando così emettere radiazioni capaci di attraversare anche i corpi che non sono attraversati dalla luce. Questa osservazione aprì un nuovo capitolo della fisica, quello della radioattività¹¹.

Per la sua scoperta della radioattività spontanea o naturale a Becquerel è stato assegnato nel 1903 il Premio Nobel per la Fisica in condivisione con i coniugi Pierre (1859-1906) e Marie (1867-1934) Curie.

I due coniugi, infatti, nel 1898 avevano scoperto la radioattività emessa da un minerale di uranio (pechblenda) ad opera di un nuovo elemento che chiamarono per l'appunto "radio", elemento "luminoso", e di un altro che chiamarono "polonio" in onore della Polonia, terra di origine di Maria Skłodowska (nome da nubile di Marie Curie) nata a

Varsavia. La Curie individuò inoltre diversi tipi di radiazioni, che indicò con le prime tre lettere dell'alfabeto greco, cioè α (alfa), β (beta), γ (gamma)¹².

Nel 1897, intanto, l'inglese Joseph John Thomson (1856-1940) identificava l'elettrone e , alcuni anni dopo, proponeva il primo modello atomico, ipotizzando che l'atomo avesse una struttura omogenea formata da materia con carica positiva in cui gli elettroni negativi sono uniformemente distribuiti¹³.

Tra il 1900 e il 1913 il neozelandese Ernest Rutherford (1871-1937) propose un modello atomico planetario, con massa e carica positiva concentrate in una parte centrale molto piccola dell'atomo (nucleo) e con gli elettroni distribuiti tutt'intorno, ipotizzando che il decadimento radioattivo implichi una trasformazione dell'atomo da un elemento chimico ad un altro¹⁴.

Tra il 1905 e il 1916 il tedesco Albert Einstein (1879-1955), consulente tecnico di terza categoria presso l'Ufficio federale dei brevetti di Berna, poi premio Nobel per la fisica nel 1921, proponeva la sua teoria sulla relatività, introducendo il noto principio dell'equivalenza tra massa ed energia espressa dalla celebre formula $E = mc^2$ (E = energia, m = massa, c = velocità della luce nel vuoto)¹⁵.

Nel 1913 il danese Niels Henrik David Bohr (1885-1962) indicò un nuovo modello atomico, perfezionato negli anni successivi, secondo il quale gli elettroni possono muoversi su orbite circolari stazionarie¹⁶. Tale modello è quello sostanzialmente accettato anche oggi; per i suoi studi a Bohr andò il premio Nobel per la fisica nel 1922.

Nel 1932 l'inglese James Chadwick (1891-1934) dimostrò l'esistenza del *neutrone*, particella nucleare elementare priva di carica elettrica, che in seguito tanta importanza avrà nella fissione di uranio 235¹⁷. La nascita effettiva del nucleare avvenne di fatto nel 1942, quando Enrico Fermi (1901-1954) riuscì a innescare la prima reazione a catena controllata con la pila atomica C.P.1 (*Chicago Pile Number One*), da lui costruita in una palestra dell'Università della capitale dell'Il-

linois, realizzando per la prima volta la *fissione nucleare*, utilizzata successivamente nelle centrali nucleari e nella bomba atomica¹⁸.

Va ricordato infine che lo studio della struttura nucleare e subnucleare della materia si è avvalso e si avvale degli acceleratori di particelle (ciclotroni), il cui prototipo fu realizzato nel 1929 da Ernest Lawrence (1901-1958), che oggi trovano impiego in ambito medico e scientifico.

Sorgenti di radiazioni ionizzanti e loro impieghi

La radioattività naturale

Gli studi sulla struttura dell'atomo hanno consentito di conoscere la radioattività, aprendo la via alla sua applicazione in svariati campi. La radioattività è generata dall'instabilità di atomi con elevato numero di neutroni, che si trasformano in altri atomi, emettendo radiazioni. Le radiazioni sono presenti in natura (fondo naturale), ma la gran parte proviene dalle loro applicazioni in ambito medico, scientifico, energetico, industriale e militare, settori che si sono avvalsi delle nuove tecnologie sviluppatesi soprattutto negli anni '60-'70.

Si ricorda che la radiazione cosmica fu scoperta nel 1910 dal padre gesuita e fisico Theodor Wulf (1868-1946) che effettuò misure di radioattività a livello del suolo e sulla cima della torre Eiffel e ipotizzò un'origine cosmica della radioattività ambientale. I raggi cosmici furono scoperti nel 1912 da Victor Hess (1883-1964), che mise in pratica il consiglio di Wulf di rilevare misure ad alta quota con palloni aerostatici¹⁹.

Un notevole contributo alla radioattività naturale è offerto dagli isotopi naturali che si trovano nel terreno, nelle rocce e nell'acqua; tra questi va citato il *radon*, gas ubiquitario presente soprattutto nella crosta terrestre, ormai noto per essere causa di cancro polmonare²⁰. Si ritiene oggi che la *malattia della montagna*, così chiamata da Paracelso (1493-1541), descritta da Georgius Agricola (Georg Bauer 1490-1555) nel suo *De re metallica* sicuramente aveva a che fare anche con il radon, i cui suoi tre isotopi sono stati isolati tra la fine dell'800 e gli inizi

del '900²¹, mentre solo negli anni '80 l'attenzione nei confronti della radioattività naturale, e quindi del radon, ha iniziato ad oggettivarsi in documenti pubblicati da autorevoli Organismi internazionali²².

Le sorgenti radioattive artificiali

Numerosi sono gli ambiti applicativi che utilizzano sorgenti artificiali di radiazioni ionizzanti, tra questi si ricordano in particolare²³:

- medicina
- produzione di energia
- industria
- agricoltura
- geologia
- ricerca
- applicazioni ambientali
- archeologia.

Ad essi va aggiunto anche l'impiego di stazioni radiografiche a raggi X a bassa intensità per il controllo del contenuto dei bagagli negli aeroporti e l'impiego di emettitori alfa in rivelatori di fumo degli impianti antincendio a camera di ionizzazione. Pur trattandosi di settori che rivestono tutti un grande rilievo applicativo (sia sufficiente pensare alle tecniche di datazione in archeologia effettuate con la misura del carbonio-14 o alla tecnica dell'*insetto sterile*, in quanto irradiato, per il controllo di mosche e parassiti in campo agrobiologico), il settore medico e la produzione di energia nucleare sono quelli che suscitano maggiore attenzione perché o molto rappresentati, come quello medico, o legati al problema energetico e a scelte specifiche come quello nucleare²⁴. A tali campi applicativi è da aggiungere quello bellico nonché quello delle esposizioni a radiazioni ionizzanti da incidenti²⁵.

Il settore medico è quello che si avvale maggiormente delle radiazioni ionizzanti, sia in campo diagnostico che terapeutico. La radiodiagnostica comprende gli utilizzi maggiormente diffusi di generatori di radiazione X (esami radiografici). La scoperta di essi, come già detto, è attribuita a Konrad Roentgen, che il 28 dicembre 1895 presentava al Wurzburg Physical Medical Institute il suo manoscritto *On a New Kind of Ray*, dove delineava le caratteristiche essenziali dei raggi X²⁶.

Il settore radioterapico si serve, oltre che dell'impiego di sorgenti di radiazioni gamma, anche dell'uso di nuclidi radioattivi (radioisotopi), di ampio impiego in medicina nucleare²⁷.

Spetta a Ernest Rutherford (1871-1937) la strutturazione e l'approfondimento delle scoperte dei francesi Curie in merito alle radiazioni alfa, beta e gamma. Nel 1911 individuava che le alfa sono dotate di massa e carica positiva, le beta di massa e carica negativa, le gamma sono prive di carica, dimostrando che le particelle beta sono elettroni e i raggi gamma sono fotoni altamente energetici²⁸.

Nel 1912 Frederick Soddy (1877-1956) creava il termine *radioisotopi* e nel 1920 ne dimostrava l'importanza per il calcolo dell'età geologica, che ha portato poi allo sviluppo delle tecniche di datazione con il carbonio-14²⁹. Particolare rilievo rivestono la scoperta nel 1938 degli isotopi Iodio-131 (¹³¹I) e Tecnezio-99m (^{99m}Tc), ad opera rispettivamente di John J. Livingood (1903-1986) e Glenn T. Seaborg (1912-1999) e di Emilio Segrè (1905-1989) e Glenn T. Seaborg, di grande impiego attualmente in Medicina Nucleare³⁰. A proposito della scoperta del Tecnezio-99m, il fisico italiano Emilio Segrè, intuendo la portata applicativa della sua scoperta, affermava nella sua bibliografia *“la scoperta del Tc99 mi ha portato una certa notorietà tra gli specialisti di medicina nucleare, e non a torto, poiché quell'isotopo li nutre”*, mentre si narra che per disporre di Iodio-131, particolarmente costoso, Emil Baumann, chimico al Montefiore Hospital, recuperò il radioiodio dalle urine dei pazienti per poterlo riutilizzare, *“... ad una*

giovane volontaria fu assegnato il compito di purificare le urine. Il suo nome era Rosalyn Sussman, che poi sposò Aaron Yalow, un fisico. Quando ricevette il Premio Nobel nel 1977 per i suoi lavori sui dosaggi radioimmunologici la Yalow ricordò che questa era stata la sua prima esperienza con il radioiodio”³¹.

Oltre al settore medico, le radiazioni ionizzanti e la radioattività trovano ampia applicazione nella produzione di energia e negli impieghi militari, mentre suggestive e degne di nota appaiono alcune applicazioni relative alla produzione di farmaci, prodotti igienici e oggettistica varia.

La diffusione incontrollata di prodotti radioattivi

Agli inizi del 1900, dopo che Pierre e Marie Curie avevano appena scoperto la radioattività, rapidamente ed in gran numero si erano diffusi prodotti di bellezza, farmaci e cure a base di radio che promettevano risultati quasi miracolosi. Iniziò così nel mondo la commercializzazione di prodotti radioattivi, sulla base della convinzione che questi fossero in grado di determinare effetti benefici e curativi. L’U.S. Patent Office, in quegli anni, rilasciò numerosi brevetti per apparecchiature, tecniche e prodotti curativi miracolosi dando vita ad un vero e proprio *business radioattivo*³².

Tra i numerosi prodotti affermatasi si ricorda il Radithor, detto *distillato di Radium e Mesotherium* e consistente in un miscuglio di acqua distillata e radium che, a detta del suo produttore che lo commercializzò nel 1925, era in grado di curare oltre 150 malattie, tra cui ipertensione, asma, cataratta, impotenza³³.

Nel 1932 scoppiò negli USA un caso eclatante che indusse le autorità sanitarie a porre maggiore attenzione sulla pericolosità di alcuni farmaci soprattutto se contenenti elementi anche solo lievemente tossici: l’industriale e playboy miliardario Eben M. Byers (1880-1932) morì tra enormi sofferenze dopo aver ingerito elevate quantità di Radithor, prodotto che veniva pubblicizzato come ottimo corroborante dagli

effetti curativi. Tra il 1927 e il 1931 Byers ne avrebbe assunto infatti tra i 1000 e i 1500 flaconi, cosa che determinò in lui una lenta ma progressiva distruzione delle ossa, degli organi e dei tessuti e l'autopsia effettuata sui suoi resti ne accertò l'elevata radioattività³⁴.

Mentre il Radithor si diffondeva negli Stati Uniti, in Europa e soprattutto in Francia, già dai primi anni del '900, si diffondeva l'uso di prodotti cosmetici a base di radio e torio, commercializzati soprattutto nella linea cosmetica THO-RADIA, venduti in farmacia e comprendenti³⁵:

- creme antirughe e ciprie per il viso
- latte struccante
- rossetti
- sapone, consigliato per il bagnetto dei bambini per le sue proprietà delicate
- talco per l'igiene dei bambini
- dentifricio, dotato di cosiddette proprietà sterilizzanti, rinfrescanti, anticarie

Vi erano diverse linee cosmetiche, come ad esempio la Radiumelys, la Daver Radium Service (DRS), la Alpha-Radium, che commercializzavano i vari prodotti di bellezza a base di radio ma che, in realtà, ne contenevano una minima parte grazie anche all'elevato costo di questa sostanza.

Tra i vari prodotti pubblicizzati troviamo:

- *Caradium*, prodotto contro i capelli bianchi
- *Radioactive Soap*, sapone radioattivo
- *Zoe'*, soda energetica
- *Radiocremelite*, per rassodare
- *Septoradol*, antisettico per l'igiene intima femminile

Storia della radioattività

- *Alpha-Radio*, crema che donava rossore alla pelle
- *Rezall*, contro la caduta dei capelli.

Altri prodotti trovarono invece ampia diffusione in campo medico nel trattamento di alcuni disturbi o patologie ed usati soprattutto sotto forma di pasticche, pozioni, pomate, lenimenti³⁶:

- *Vita Radium*, supposte per aumentare le prestazioni sessuali
- *Tuberadine*, pomata per curare la bonchite ed utilizzata anche per combattere la tubercolosi
- *Digeraldine* o *Dignaline*, dotata di potere digestivo
- *Vigoradine*, contro la stanchezza
- *Radiumcure*, per lenire il dolore e contrastare le infiammazioni;
- *Doramad Radioaktive Zahncreme*, dentifricio che prometteva una perfetta igiene orale e la guarigione dei problemi gengivali
- *Radiovie*, per anemici e stressati
- *Oradium*, per i bambini macilenti
- *Radiumcure*, per il trattamento dei dolori
- *Radium Masser Zwieback*, pane con impiego di acqua garantita radioattiva
- *Radium Schokolade*, cioccolato radioattivo della ditta inglese Burk & Braun
- *Radiovitale*, contro anemia, asma, eritema
- *Radiomittolo*, contro l'arterosclerosi, l'artride, l'uricemia

Questi ultimi due prodotti pubblicizzati e venduti nelle farmacie e realizzati negli anni '20 da un'importante industria italiana (la stessa che produceva l'idrolitina e le pasticche del Re Sole).

In una rivista scientifica del 1904 (*Le Radium*, nata subito dopo le scoperte dei Curie), singolare appare la seguente affermazione di un medico:

Nella mia prima nota rivolta all'Accademia della Medicina, il 6 ottobre 1903, io già affermavo che credevo di essere arrivato a determinare in quali dosi si poteva utilizzare il radio. A partire da quel giorno, ho curato un grande numero di malati. Ho avuto sicuramente degli insuccessi ma era inevitabile e non ho mai osservato la più piccola complicazione, il più piccolo effetto nocivo attribuibile al radio...³⁷.

Anche all'acqua radioattiva venivano attribuite proprietà terapeutiche, come a quella delle terme (radioattive per la presenza di radon) o a quella preparata in casa in virtù di appositi contenitori in ceramica, come il *Revigator* inventato da R.W. Thomas intorno agli anni '20, o in alluminio, come il *Radium Vitaliser* prodotto dalla National Radium Corporation (ca. 1925), nel cui fondo venivano deposti granuli radioattivi³⁸.

Un'alternativa ai granuli fu successivamente quella del *Thomas Radioactive Cone* (ca. 1935-1940), veri e propri coni radioattivi che erano introdotti nell'acqua, compresa quella destinata ad abbeverare gli animali, a proposito dei quali il produttore affermava:

The Thomas Cone when placed in three or four gallons of any water for a period of twelve hours is fully guaranteed to charge it with Radon, Gas or Radioactivity the same that is found in the best springs of America and equal to the average spring of the United States. Health < Wealth < and Happiness. Having these, you have all, and the greatest of these is health for without health, wealth is valueless and happiness is impossible...³⁹.

Per quanto riguarda la radioattività delle terme, curioso appare un articolo comparso recentemente su un blog locale, che rileva come l'antica scrittura che indicava in origine le terme *Antiche Terme Radioattive Comunali* sia stata in seguito, in epoca più recente, modificata cancellando la parola *Radioattiva*, così che l'attuale dicitura riporta solo *Antiche Terme Comunali*⁴⁰.

Ancora oggi vengono fornite indicazioni terapeutiche per le cure termali radioattive e per i fanghi radioattivi nei confronti di disparate patologie (ad esempio respiratorie, ginecologiche, cutanee, reumatiche ed articolari, del ricambio), in numerose località termali (Austria, Ungheria, Italia, Repubblica Ceca, etc.), a sostegno della teoria dell'*ormesi* da radiazioni (dal greco ormone, stimolo), in base alla quale l'esposizione a basse dosi di radiazioni ionizzanti avrebbe una sorta di effetto protettivo nei confronti dei sistemi biologici⁴¹.

Diversi sono attualmente gli studi condotti allo scopo di approfondire le conoscenze e le stime sull'effettivo contenuto di radon nelle acque termali e sul suo comportamento⁴².

Materiali radioattivi sono entrati in diverse epoche anche nella realizzazione di oggettistica varia, sia di arredo che di utilizzo vero e proprio. Nell'oggettistica di arredo ad esempio, i sali di uranio in particolare offrono una luminosità fluorescente di colore verde o giallo, molto adatta per la realizzazione di vetrate, vassoi, gioielli. Anche se il primo oggetto contenente sali di uranio risalirebbe al I secolo d.C. e sarebbe stato trovato in una villa sepolta dalla lava a seguito dell'eruzione del Vesuvio del 79 d.C., tuttavia è nel XIX secolo che la tecnica del *Vaseline glass* rinacque in Germania per poi diffondersi ampiamente nel mondo anglosassone⁴³.

Tra le altre applicazioni si ricordano i quadranti degli orologi da polso resi luminescenti da sali di radium, la cui produzione prevalse nei primi decenni del XX secolo per protrarsi nei decenni successivi, fino al punto che in Gran Bretagna è stato stimato che alla fine degli anni '70 erano in uso circa 80.000 orologi contenenti radium⁴⁴.

Altri impieghi sono degni di nota, tra cui anche alcuni di recente realizzazione⁴⁵:

- i deodoranti per frigorifero
- le candele per motori a scoppio (*spark plugs*) al polonio

- le spazzole antistatiche per dischi, per negativi fotografici e per lenti ottiche al polonio
- le reticelle per lampade da campeggio al torio
- le lenti ottiche al torio
- i bottoni luminescenti al radio
- le valvole elettroniche al radio
- il tape dispenser appesantito con sabbie uranifere
- i denti in porcellana contenenti polveri di uranio per renderli fluorescenti, in uso almeno fino agli anni '80, periodo in cui si cominciò ad ipotizzare rischi per i portatori
- fasciature elastiche, con funzione di supporto ai movimenti del gomito, contenenti particelle di torio, fabbricate da un'industria giapponese nel 2005.
- la Health Card, diffusa in Giappone nel 2005, sul cui retro si legge: *“The emission of negative ions will free you from stress and protect you from electromagnetic waves. Will eliminate nicotine and tar from cigarettes while retaining the mild flavor. The benefits of the Wellrich Health Card will last forever as it contains natural spa minerals”*.

Va ricordato inoltre il particolare caso di una ballerina del Folies-Bergère, morta nel 1928 di cancro, la quale usava danzare indossando ali di farfalla fosforescenti contenenti radio⁴⁶.

Più recente è l'attenzione degli esperti e degli Organismi internazionali, tra cui la IAEA (International Atomic Energy Agency), prestata ai *Naturally Occurring Radioactive Materials* (NORM), sostanze radioattive contenute in prodotti naturali, come il carbone, le sabbie minerali, i fosfati di largo impiego come fertilizzanti, la produzione di petrolio e gas; numerosi sono infatti gli studi mirati a valutare l'entità

delle effettive esposizioni nelle diverse realtà, lavorative e non⁴⁷. Un cenno merita infine la presenza di Po-210 nel fumo di tabacco, ritenuto responsabile di aumentare il rischio di cancro polmonare a causa della radiazione alfa emessa⁴⁸.

Conclusioni

La radioattività è comunemente percepita in maniera minacciosa tanto da sviluppare una vera e propria *radiofobia*. La storia delle applicazioni indica settori in cui gli impieghi pacifici appaiono utili per l'umanità, ma mostra anche numerosi impieghi indebiti, soprattutto nel passato.

La percezione di forte rischio è avvertita soprattutto nelle esposizioni involontarie ed è influenzata dall'accadimento di disastri (Chernobyl, Seveso), dalla comparsa di malattie gravi (AIDS, cancro), dalla possibilità di minacce (terrorismo). Il cancro in particolare è ritenuto responsabile di morte atroce e fra gli agenti cancerogeni le radiazioni sono particolarmente temute. *Sindrome da radiofobia* è stata diagnosticata nelle popolazioni evacuate in occasione dell'incidente di Chernobyl, nelle quali è comparsa una serie di disturbi non correlabili con gli effetti specifici delle radiazioni⁴⁹.

Alla *radiofobia* contribuisce l'influenza esercitata sul pensare collettivo dalle esplosioni nucleari e dagli eventi incidentali anche recenti, così che la storia della radioattività coinvolge tanto profondamente l'uomo comune da temerne la catastroficità quasi inevitabilmente ad essa associata, perché trattasi di cosa inodore, insapore, imprevedibile. La percezione va oltre la conoscenza e si basa su un atteggiamento prettamente soggettivo e preclusivo alla ragione. In essa la componente razionale gioca solo una parte, mentre forte è l'influenza della componente emotiva, nota come offesa (*outrage*) che quel tipo di rischio rappresenta per l'individuo⁵⁰.

La percezione del rischio non deriva quindi da carenza di conoscenze e secondo Peter M. Sandman è ben definibile dalla semplice

espressione “*Risk = Hazard + Outrage*”. Il rischio comprende cioè altri aspetti rispetto a quelli puramente tecnici, per cui viene *sentito* secondo differenze e variabili individuali⁵¹. È sostanzialmente uno stato soggettivo, che appare già ben descritto da Pirandello nei suoi *Sei personaggi in cerca d'autore*, quando afferma:

*Abbiamo tutti dentro un mondo di cose; ciascuno un suo mondo di cose! E come possiamo intenderci, signore, se nelle parole che io dico metto il senso e il valore delle cose come sono dentro di me; mentre chi le ascolta, inevitabilmente le assume col senso e col valore che hanno per sé, del mondo com'egli l'ha dentro?*⁵²

Tra le componenti dell'*offesa* vengono annoverati la conoscenza, la memorabilità, la temibilità e l'equità del rischio e si ritiene che perfino il disaccordo fra gli esperti sia in grado di accrescere l'*offesa*, e quindi il timore, ancora più dell'incertezza, in quanto in grado di alimentare la preoccupazione⁵³.

La *catastrofe*, qualunque essa sia per tipologia e causa, ha sempre generato nell'uomo la sensazione di ineluttabilità, producendo un senso di impotenza totale di fronte al rischio della morte, come tante volte ci hanno narrato la letteratura e l'arte.

È il caso dell'*urlo* di Munch (1885), diversamente interpretato anche se forse appare più appropriato il termine *urlo* piuttosto che *grido*, in quanto il grido è anche di richiamo, mentre l'*urlo* è solo di dolore. Come non trovare l'espressione della catastrofe, quasi nucleare, nella descrizione che Munch stesso fa nel suo diario delle sensazioni che sono alla base della sua opera pittorica? Egli infatti scrive:

*Camminavo lungo la strada con due amici quando il sole tramontò, il cielo si tinse all'improvviso di rosso sangue, mi fermai, mi appoggiai stanco morto a un recinto sul fiordo nerazzurro e sulla città c'erano sangue e lingue di fuoco, i miei amici continuavano a camminare e io tremavo ancora di paura e sentivo che un grande urlo infinito pervadeva la natura*⁵⁴.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1. United Nations Environment Programme (UNEP), *Radiation: Doses, Effects, Risks*. UNEP, 1985.
2. Aristotele, *Fisica*. Torino, UTET, 1999; Aristotele, *Metafisica*. Roma-Bari, Laterza, 1973; Aristotele, *Generazione e corruzione*. Roma-Bari, Laterza, 1983; Stanford Encyclopedia of philosophy, *Ancient Atomism*, 2005, <http://plato.stanford.edu/entries/atomism-ancient/>.
3. ABBAGNANO N., FORNERO G., *Itinerari di filosofia*. Milano, Paravia, 2002; ENRIQUEZ F., MAZZIOTTI M., *Le dottrine di Democrito d'Abdera*. Bologna, Il Mulino, 1948.
4. Epicuro, *Opere*. Torino, Einaudi, 1973.
5. Lucrezio, *La natura delle cose*. Milano, Rizzoli, 2000.
6. Platone, *Tutti gli scritti*. Milano, Bompiani, 1997; Platone, *Tutte le opere*. Roma, Newton Compton, 1995.
7. Aristotele, op. cit. nota 2.
8. Chemical Heritage Foundation, *We Tell the Story of Chemistry: John Dalton*. <http://www.chemheritage.org/discover/chemistry-in-history/themes/the-path-to-the-periodic-table/dalton.asp>.
9. FIGURNOVSKIJ N.A., *D.I. Mendeleev*. Accademia delle Scienze URSS, Mosca, 1961.
10. Nobel Lectures, *Physics 1901-1921*. Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1967.
11. PERSICO E., *Gli atomi e la loro energia*. Bologna, Zanichelli, 1959.
12. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), *Progetto "Misura della radioattività ambientale"*. A cura di Bedogni R., INFN, 2005.
13. Nobel Lectures, op. cit. nota 10.
14. SILVESTRONI P., *Fondamenti di chimica*. Roma, Editore Veschi, 1970.
15. EINSTEIN A., *Come io vedo il mondo – La teoria della relatività. Ediz. Integrali*. Roma, Newton Compton, 2010; GUILLEN M., *Le 5 equazioni che hanno cambiato il mondo*. Milano, TEA, 2003.
16. SILVESTRONI P., op. cit. nota 14.
17. Nobel Lectures, *Physics 1922-1941*. Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1965.
18. RUBBIA C., *L'era nucleare*. <http://www-news.uchicago.edu/fermi/Group19/enricofermi/eranucleare.htm>.
19. Ente Nazionale Energia Atomica (ENEA), *La radioprotezione in Italia: la salvaguardia della popolazione e dell'ambiente*, ENEA, Dossier 1999.

20. World Health Organization (WHO), *Radon and cancer*, Fact sheet n. 221, 2009, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/index.html>.
21. SWEDJEMARK G.A., *The History of Radon from a Swedish Perspective*. Radiat Prot Dosimetry 2004; 109:421-426.
22. Gli Organismi Internazionali: *International Commission on Radiological Protection (ICRP); National Research Council (NRC); Environmental Protection Agency (EPA); International Agency for Research on Cancer (IARC)*.
23. FARULLA A., CORRAO C.R.N., *Malattie da Radiazioni ionizzanti*. In: CASULA A., *Trattato di Medicina del Lavoro*. Bologna, Monduzzi Editore, 2003, 282-295.
24. FARULLA A., CORRAO C.R.N., op. cit. nota 23.
25. Associazione Galileo 2001/Spesia U., *Chernobyl 20 anni dopo il disastro*. Milano, 21^{mo} SECOLO s.r.l., 2006; CARTIER R., *La Seconda Guerra Mondiale*. Milano, Arnoldo Mondadori Editore, 1977; GOLDMAN M., CATLIN R., ANSPAUGH L., *Health and environmental consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident*. Report of the US Department of Energy, DOE/ER-0332, 1987; KILPATRICK M.E., *No Depleted Uranium in Cruise Missiles or Apache Helicopter Munitions*. Health Phys. 2002; 82: 904-905.
26. THOMAS A.M.K., *The Development of Radiology from the Discovery of x-rays in 1895*. The British Society for the History of Radiology, <http://www.bshr.org.uk/page14.html>.
27. Ente Nazionale Energia Atomica (ENEA), nota 19; FURETTA C., *Applicazioni mediche ed industriali delle radiazioni ionizzanti*. Scienzaonline 2006, 31-32, 1-2.
28. Nobel Lectures, *Chemistry 1901-1921*. Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1966.
29. National Economy, *Frederick Soddy – Revolutionary Scientist*. <http://national-economy.net/frederick-soddy-revolutionary-scientist/>; NNDB, *Frederick Soddy*. <http://www.nndb.com/people/286/000099986/>.
30. LIVINGOOD J.J., SEABORG G.T., *Radioactive iodine isotopes*. Phys. Rev. 1938; 53: 101; SEGRÈ E., SEABORG G.T., *Nuclear Isomerism in Element 43*. Phys. Rev. 1938; 54: 772.
31. SEGRÈ E., *Autobiografia di un fisico*. Bologna, Il Mulino, 1995; BECKER D.V., SAWIN C.T., *Radioiodine and Thyroid disease: the beginning*. Semin Nucl Med. 1996; 26: 155-64.
32. Ente Nazionale Energia Atomica (ENEA), op. cit. nota 19.
33. Ente Nazionale Energia Atomica (ENEA), nota 19; SPARTÀ S., *Atlante delle sorgenti radioattive in disuso e delle sorgenti orfane*. Campoverde, Cosenza, 2008.

34. Ente Nazionale Energia Atomica (ENEA), op. cit. nota 19.
35. ALBICOCCO C., OCCIPINTI S. (a cura di), *Il radio ti fa bella*. http://www.moebiusonline.eu/fuorionda/creme_radioattive.shtml; SCHWANKNER R.J., BRUMMEISL A., LIECKFELD G., SCHOEFFL P., SCHOEPPF A., *Radium writing*. GEOWEW 1992;13:155-184; SPARTÀ S., op. cit. nota 33.
36. ALBICOCCO C., OCCIPINTI S., op. cit. nota 35; BONARDI M., GROPPI F., *Presente e futuro nell'utilizzo delle risorse energetiche nucleari con una valutazione di rischi e benefici: l'anomalia del caso italiano*. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), INFN/TC-10/04, 2010; CAPRARA G., *Breve Storia delle Grandi Scoperte Scientifiche*, Milano, Bompiani, 1998; FORESTA M.F., *Dall'Atomo al Cosmo*. Trieste, Editoriale Scienza, 2002; LIPLIAWSKY S., LUNGWITZ H., *Die Radioelemente in der Heilkunde Handbuch der Biologie, Pharmakologie und Klinik des Radiums, Mesothoriums, Thorium X, Aktiniums und der Emanationen*. Berlin, Adler, 1913; LONDON E.S., *Das Radium in der Biologie und Medizin*. Leipzig: Akad, Verlagsges.,1911; Oak Ridge Associated Universities, *Health Physics-Historical Instrumentation Collection*. 2009, <http://www.orau.org/ptp/museumdirectory.htm>; SIMPSON F.E., *Radium therapy*. St. Louis, C.V. MOSBY COMPANY, 1922; SPARTÀ S., op. cit. nota 33.
37. DARIER A., *Les applications médical du Radium*. Le Radium 1904; 3:8-11.
38. LANDA E., MILLER C., BRICH R., *Radioactive and Non-radioactive Solutes in Drinking Water from Rn-Charging Devices*. Health Phys. 1988; 54: 99-106; Oak Ridge Associated Universities, op. cit. nota 36.
39. Oak Ridge Associated Universities, op. cit. nota 36.
40. D'AMBRAA., *Un po' di pittura e voilà... la Radioattività "scompare"*. 4 aprile 2009, <http://ischia.blogolandia.it/2009/04/04/un-po%e2%80%99-di-pittura-e-voila%e2%80%a6-la-radioattivita-%e2%80%9cscompare%e2%80%9d/>.
41. BONARDI M., GROPPI F., op. cit. nota 36; DI FILIPPO C., *Radon e termalismo*. Atti Giornate di studio Associazione Italiana di Radioprotezione Medica (AIRM), International Radiation Protection Association (IRPA), Associazione Italiana di Radioprotezione (AIRP), *Il rischio da contaminazione radioattiva: i casi radon e uranio impoverito*. Paestum 28-29 aprile 2008, 1-9.
42. CONDOMINES M., RIHS S., LLORET E., SEIDEL J.L., *Determination of the four natural Ra isotopes in thermal waters by gamma-ray spectrometry*. Appl Radiat Isot. 2010; 68: 384-91; NAGY K., BERHÉS I., KOVÁCS T., KÁVÁSI N., SOMLAI J., BENDER T., *Does balneotherapy with low radon concentration in water influence the endocrine system? A controlled non-randomized pilot study*. Radiat Environ Biophys. 2009; 48: 311-5; TEMPFER H.,

- HOFMANN W., SCHOBER A., LETTNER H., DINU A.L., *Deposition of radon progeny on skin surfaces and resulting radiation doses in radon therapy*. Radiat Environ Biophys. 2010; 49: 249-59.
43. BARRIE W. SKELCHER, *The Big Book Of Vaseline Glass*, Atglen, PA, Schiffer Publishing, 2002; BARRIE W. SKELCHER, *Vaseline glassware: Fascinating Fluorescent Beauty*. Atglen, PA, Schiffer Publishing, 2007; DAVIS S.C., *Picture book of Vaseline Glass Edition*. Atglen, PA, Schiffer Publishing, 2001; DAVIS S.C., *Pictorial Guide to Vaseline Glass*. Atglen, PA, Schiffer Publishing, 2002.
44. United Nations Environment Programme (UNEP), op. cit. nota 1.
45. BINNEY S., SCHERPELZ R., *Technique for Rapid Analysis of Uranium in Porcelain Dentures*. Health Phys. 1977; 33: 341-343; GOENGRICH A., NOELA., LOUIS J.P., *Ceramique et Radioactivité*. Inf Dent. 1987; 69: 3789-3791; MACK P.J., *Uneasy lies the head that wears the crown? The recent history of radioactive fluorescers in dental porcelain*. Aust Dent J. 1988; 33: 404-40; MONSENEGNO G., BURDAIRON G., PORTE C., NAUD C., *Etude de la fluorescence de la porcelaine dentaire: materiel et methodes*, Cah Prothese. 1990; 70: 79-85; Oak Ridge Associated Universities, op. cit. nota 36; O'RIORDAN M.C., HUNT G.J., *Radioactive fluorescers in dental porcelain*. National Radiological Protection Board (NRPB), London, 1974; PASTEFANOU C., VITSENTZOS S., GAREFIS P., *Uranium in Dental Porcelain Powders and Dose Induced in Oral Mucosa*. Radiat Prot Dosimetry 1987; 19: 49-53; SPARTÀ S., op. cit. nota 33; United Nations Environment Programme (UNEP), op. cit. nota 1.
46. SPARTÀ S., op. cit. nota 33.
47. BAKR W.F., *Assessment of the radiological impact of oil refining industry*. J Environ Radioact. 2010; 101: 237-43; EL-TAHER A., MADKOUR H.A., *Distribution and environmental impacts of metals and natural radionuclides in marine sediments in-front of different wadies mouth along the Egyptian Red Sea Coast - Appl Radiat Isot*. 2011; 69: 550-8; GREEN M., *Radon and naturally occurring radioactive materials*. J Radiol Prot. 2010; 30: 375-7; International Atomic Energy Agency (IAEA), *Regularory and management approaches for the control of environmental residues containing naturally occurring radioactive material (NORM)*. Vienna, IAEA-TEDOC-1484, 2006; National Council on Radiation Protection and Measurements, *Exposure of the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation*. Bethesda, Md., Report No. 94, 1987; PALOMO M., PEÑALVER A., AGUILAR C., BORRULL F., *Presence of naturally occurring radioactive materials in sludge samples from several Spanish water treatment plants*.

- J Hazard Mater. 2010; 181: 716-21; SAHOO S.K., ISHIKAWA T., TOKONAMI S., SORIMACHI A., KRANROD C., JANIK M., HOSODA M., HASSAN N.M., CHANYOTHA S., PARAMI V.K., YONEHARA H., RAMOLA R.C., *A comparative study of thorium activity in NORM and high background radiation area*. Radiat Prot Dosimetry. 2010; 141: 416-9; TROTTI F., LIZIERO F., ZAMPIERI C., DE ZOLT S., *Impact to public and environment of NORM industries in Italy*. Radiat Prot Dosimetry. 2009; 137: 310-3.
48. MOELLER D.W., SUN L.S., *Chemical and radioactive carcinogens in cigarettes: associated health impacts and responses of the tobacco industry, u.s. Congress, and federal regulatory agencies*. Health Phys. 2010; 99: 674-9.
49. Associazione Galileo 2001/Spezia U., *Chernobyl 20 anni dopo il disastro*, Milano, 21^{mo} SECOLO s.r.l., 2006.
50. BLAKE E., *Understanding Outrage: How Scientists Help Bridge the Risk Perception*. Environ Health Perspect. 1995; 103:123-125.
51. SANDMAN P.M., *Hazard versus Outrage in the Public Perception of Risk*. In: COVELLO V., MCCALLUM D., AND PAVLOVA M. (Eds.), *Effective Risk Communication*. New York, Plenum Press, 1989, 45-49; SANDMAN P.M., *Responding to Community Outrage: Strategies for effective risk communication*. Fairfax, VA, American Industrial Hygiene Association, 1983; SANDMAN P.M., *Risk communication: facing public outrage*. Epa J. 1987; 13: 21-22.
52. PIRANDELLO L., *Sei personaggi in cerca d'autore*. Milano, Rusconi, 2010; CANTONE M.C., *Riflessioni sulla percezione dell'uranio impoverito*. Atti Giornate di studio Associazione Italiana di Radioprotezione Medica (AIRM), International Radiation Protection Association (IRPA), Associazione Italiana di Radioprotezione (AIRP), *Il rischio da contaminazione radioattiva: i casi radon e uranio impoverito*. Paestum 28-29 aprile 2008, 1-5.
53. CANTONE M.C., op. cit. nota 52.
54. TORSELLI W., *Edward Munch "Il grido"*. Artonweb 11/4/2007, <http://www.artonweb.it/artemoderna/quadri/articolo4.htm>.

Correspondence should be addressed to:

Carmela Romana Natalina Corrao, carmela.corrao@uniroma1.it

