

Radiazioni

Ricerca e Applicazioni

*URANIO IMPOVERITO E LINFOMI
DI HODGKIN NEI MILITARI ITALIANI
IMPEGNATI IN MISSIONI DI PACE IN
BOSNIA E KOSOVO*

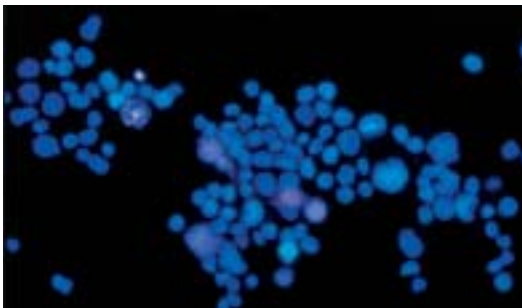
*IL FENOMENO DEI LAMPI DI LUCE
NELLO SPAZIO*

*12TH INTERNATIONAL CONGRESS OF
RADIATION RESEARCH*

spedizione in A. P. 45% - art. 2 comma 20/b legge 662/96 - DCO - DC - Roma



APOcons: un kit rapido ed affidabile per la valutazione del danno di membrana (**APOPTOSI**).



Una caratteristica peculiare che contraddistingue l'**APOPTOSI** fin dai primi stadi, è la perdita dell'integrità della membrana cellulare: inizialmente modesta, poi via via sempre più marcata. Questo provoca fin dai primi momenti, un aumento della permeabilità cellulare con il conseguente ingresso nel citoplasma, di sostanze normalmente non accessibili.

La perdita dell'integrità della membrana plasmatica può essere evidenziata dall'ingresso nella cellula di fluorocromi elettricamente carichi come lo Ioduro di Propidio (IP); d'altra parte, piccole variazioni nella permeabilità della membrana (che si riscontrano già durante le prime fasi dell'**APOPTOSI**) possono essere verificate con fluorocromi non elettricamente carichi, quali



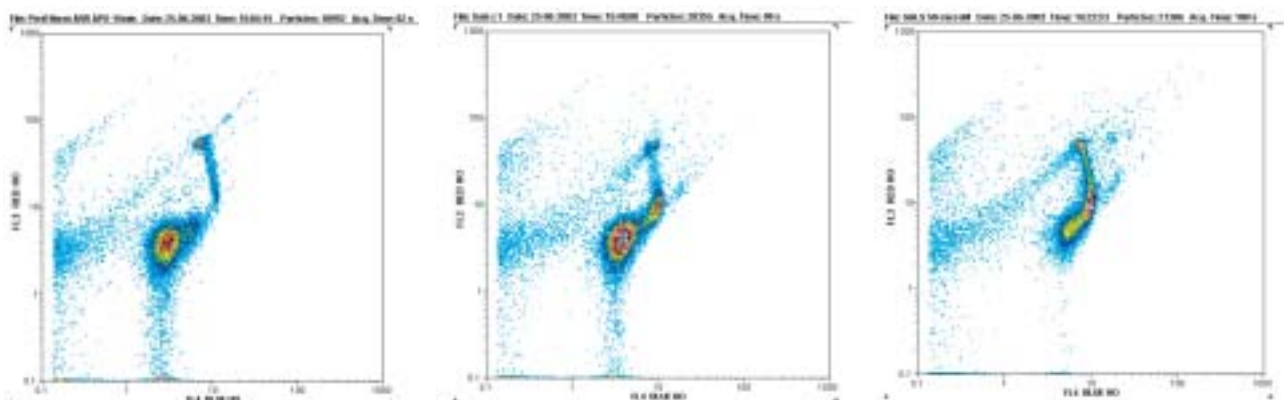
Hoechst 33342 (HO).

Il kit **APOcons** è basato sull'impiego di IP e HO 33342, fluorocromi che mostrano entrambi grande affinità per il DNA, ma che hanno un diverso comportamento nei confronti della membrana plasmatica. Il primo (IP) entra nelle cellule solo se la membrana è stata opportunamente permeabilizzata (es. tramite fissazione o detergenti...) o è danneggiata (**APOPTOSI**).

Il secondo (HO) può invece attraversare anche la membrana cellulare integra di cellule perfettamente vitali.

In una sospensione cellulare incubata con **APOcons** le cellule integre e vitali appaiono debolmente colorate in blu, quelle necrotiche (e i nuclei isolati) appaiono rosse, mentre quelle lievemente danneggiate (**APOPTOTICHE**) appaiono intensamente colorate in bianco-blu.

Esempio di applicazione su sangue periferico:



SOMMARIO

BOLLETTINO SIRR
Società Italiana per le Ricerche
sulle Radiazioni

Publicazione Periodica
Quadrimestrale
Ottobre 2003 - Vol. VI n. 2

Direttore Responsabile
Gianfranco Grossi
grossi@na.infn.it

Responsabile Editoriale
Raffaele De Vita
devita@casaccia.enea.it

Capo Redattore
Francesca Ballarini
francesca.ballarini@mi.infn.it

Comitato di Redazione
Mauro Bonardi
mauro.bonardi@mi.infn.it
Renzo Corvò
renzo.corvo@istige.it
Martino Grandolfo
martino@iss.it
Lorenzo Manti
lorenzo.manti@na.infn.it
Matteo Merzagora
merzagora@libero.it

Per Informazioni e Corrispondenza
Francesca Ballarini
Tel. 02 50317399
Tel. 0382 507906
Fax 02 50317630
e-mail: francesca.ballarini@mi.infn.it

Registrazione del Tribunale di Roma
n. 406 del 6 Agosto 1998

Grafica: Renato Cafieri

Stampa: Tipolitografia SEA srl
Zona Ind. Settevene Nepi (VT)
Tel. 0761527323

Pubblicità: Tipolitografia SEA

**URANIO IMPOVERITO E LINFOMI
DI HODGKIN NEI MILITARI ITALIANI
IMPEGNATI IN MISSIONI DI PACE IN
BOSNIA E KOSOVO** pag. 4
Martino Grandolfo

**IL FENOMENO DEI LAMPI DI LUCE
NELLO SPAZIO** 10
Marco Casolino

**12TH INTERNATIONAL CONGRESS
OF RADIATION RESEARCH** 13
Francesca Ballarini

QUOTA SOCIALE S.I.R.R. 15

CONVEGNI E CORSI 15



In copertina:
Il cosmonauta **Sergei Avdeev** a bordo della **Mir** indossa l'apparato **Sileye-2** prima di una sessione di osservazione di **Lampi di Luce**. Immagine fornita da **Marco Casolino**.



Segreteria
Società Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni

Unità Tossicologia e Scienze Biomediche
ENEA Centro Ricerche Casaccia, s.p. 016
Via Anguillarese, 301 - 00060 ROMA
☎ 06/30484671 Fax 06/30484891
e-mail: devita@casaccia.enea.it
<http://www.sirr.unina.it>

URANIO IMPOVERITO E LINFOMI DI HODGKIN NEI MILITARI ITALIANI IMPEGNATI IN MISSIONI DI PACE IN BOSNIA E KOSOVO

Martino Grandolfo

Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità

e-mail: martino@iss.it

Questo Bollettino si è già occupato due volte della problematica dell'uranio impoverito e della sua possibile associazione ad aumenti di rischio cancerogeno negli individui esposti. Nel primo articolo sull'argomento, Marco Durante ha analizzato in maniera completa e scientificamente rigorosa la problematica del possibile rischio di contaminazione radioattiva derivante dall'utilizzo bellico dell'uranio impoverito [1], fornendo anche un'introduzione generale alla problematica e un'analisi delle caratteristiche fisiche dell'uranio impoverito che, ad evitare inutili ripetizioni, non verranno qui svolte; il lettore può, per completezza, farvi utilmente riferimento. Nel secondo lavoro apparso sul Bollettino [2], Otto Raabe ha chiarito sinteticamente gli aspetti tossicologici dell'uranio, dal punto di vista sia chimico sia radiologico, giungendo alla conclusione che difficilmente i proiettili ad uranio impoverito possono raggiungere quella rilevanza sanitaria per diversi mesi denunciata dai media e che tanta preoccupazione ha provocato a livello d'opinione pubblica.

In effetti, successivamente al dispiegamento di forze militari italiane nei Balcani, furono portati a conoscenza delle autorità competenti e dei mezzi d'informazione diversi casi di patologie tumorali fra militari impegnati proprio in missioni di pace in quell'area, dove si stima siano state utilizzate circa 2 tonnellate di munizioni ad uranio impoverito durante i bombardamenti in Bosnia, nel 1995, e 10 tonnellate in Kosovo, nel 1999. Poiché fu subito ipotizzata un'eventuale associazione fra queste patologie e le attività svolte in territori potenzialmente contaminati da uranio impoverito, nel dicembre del 2000 il Ministro della Difesa pro-tempore costituì una Commissione d'inchiesta per valutare gli aspetti medici e scientifici delle patologie tumorali apparse fra i militari italiani impiegati in missioni di pace in Bosnia e

Kosovo. Compito della stessa Commissione era anche quello di verificare l'esistenza, o meno, di un'associazione fra queste patologie e l'utilizzo d'armi ad uranio impoverito nei Balcani. La Commissione, presieduta dal prof. Franco Mandelli, era costituita dal prof. Carissimo Biagini, dal dr. Martino Grandolfo, dal dr. Alfonso Mele, dal dr. Giuseppe Onufrio, dal dr. Vittorio Sabbatini e dal gen. Antonio Tricarico, ed ha presentato la propria relazione finale nel giugno 2002. In questa nota, basata in larga misura su un recente lavoro [3] curato dai ricercatori dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) che, direttamente o indirettamente, hanno fornito il proprio contributo scientifico ai lavori della Commissione Mandelli, vengono presentati i principali risultati epidemiologici ottenuti dalla Commissione stessa [4-6] e una breve rassegna critica delle attuali conoscenze sugli effetti sanitari delle esposizioni all'uranio.

Dati epidemiologici

La Commissione Mandelli [6] ha analizzato la popolazione costituita dal personale delle Forze Armate che ha partecipato ad almeno una missione in Bosnia e/o Kosovo nel periodo compreso fra dicembre 1995 e luglio 2001 (Carabinieri), agosto 2001 (Aeronautica e Marina) e novembre 2001 (Esercito). Le informazioni sui casi di tumore sono state fornite all'ISS dalla Direzione Generale della Sanità Militare e, per ogni caso riportato, la diagnosi è stata confermata attraverso l'analisi delle cartelle cliniche fornite dai rispettivi centri di diagnosi e cura. Sono stati calcolati i tassi di incidenza specifici per classi quinquennali di età per le seguenti patologie: linfoma di Hodgkin (LH), linfoma non Hodgkin (LNH), leucemia linfatica acuta (LLA), tumori solidi e tutte le neoplasie (totale complessivo). Per ciascun tasso sono stati stimati gli intervalli di confidenza al 95% (IC

95%), vale a dire l'intervallo di valori entro i quali possono oscillare le stime dei tassi d'incidenza per effetto del caso. I tassi d'incidenza nella popolazione studiata sono stati confrontati, utilizzando la distribuzione di Poisson, con quelli delle popolazioni maschili incluse nei Registri Tumori italiani, che raccolgono dati d'incidenza in base a diagnosi confermate. Come indicatore per il confronto è stato utilizzato il rapporto tra i casi di tumore "osservati" nella popolazione dei militari che si sono recati in Bosnia e/o Kosovo e quelli "attesi", in quella stessa popolazione, facendo riferimento ai tassi dei Registri Tumori italiani: il rapporto tra casi "osservati" e casi "attesi" dà una misura di rischio denominata SIR (Standardized Incidence Ratio). Quando non c'è differenza tra casi osservati ed attesi tale rapporto è uguale a uno, mentre un valore maggiore di uno sta ad indicare un numero di casi osservati maggiore di quello atteso e viceversa per un valore minore di uno. Anche per i SIR sono stati calcolati gli intervalli di confidenza. L'eccesso dei casi è statisticamente significativo solo quando il limite inferiore dell'intervallo di confidenza è superiore a uno. L'analisi è stata ristretta alle fasce d'età tra i 20 ed i 59 anni, fasce che comunque comprendono il 99,2% dell'intero gruppo dei militari italiani andati in missione in Bosnia e/o Kosovo (non si sono registrati casi nelle fasce d'età escluse). Poiché le fasce d'età escluse hanno una bassa numerosità, anche il numero di casi attesi in queste fasce è zero, come quello dei casi osservati e, di conseguenza, il calcolo dei SIR non è stato influenzato in nessun modo da questa scelta. Il calcolo dei SIR è stato fatto sia considerando l'intero periodo d'osservazione, sia tenendo conto di un periodo di latenza tra esposizione e patologie osservate. Poiché in letteratura non sono riportati dati certi riguardo alle latenze, è stata ipotizzata una latenza minima di 12 mesi. Nel caso di quest'ultima ipotesi, sono stati esclusi dall'elaborazione tutti quei soggetti che avevano un periodo di osservazione inferiore a 12 mesi (sia dal numeratore, cioè i casi, sia dal denominatore) e, per ogni soggetto, sono stati tolti i primi 12 mesi di osservazione (in quel periodo, in base all'ipotesi formulata, non sarebbero stati a rischio di sviluppare la patologia a causa dell'esposizione in studio). Complessivamente sono stati analizzati 43.058 militari, di cui 42.697 (99,2%) nella fascia d'età 20-59 anni; il tempo totale d'osservazione, in questa fascia, è stato di 115.037 anni-persona. La

maggior parte della popolazione proveniva dall'Esercito (82,6%) e dall'Italia meridionale (65,6%). Circa il 62% dei soggetti ha compiuto la prima missione in Bosnia e/o Kosovo tra il 1999 e il 2001, il 12% nel 1998, l'11% nel 1997 e il 15% nel periodo 1995-1996.

In totale sono stati accertati quarantaquattro casi di tumore: 12 LH, 8 LNH, 2 LLA, 3 carcinomi della tiroide, 4 tumori al retto o al colon, 3 melanomi, 2 astrocitomi, 4 tumori del testicolo, 1 tumore alla faringe, 1 tumore alla laringe, 1 tumore polmonare, 1 tumore ai bronchi, 1 tumore renale ed 1 tumore allo stomaco. In Tabella 1 sono riportati i tassi d'incidenza ed i valori dei SIR ottenuti per LH, LNH, LLA e per i tumori solidi. Nel complesso, l'incidenza fra i militari è risultata significativamente inferiore a quella attesa sulla base dei dati deducibili dai Registri tumori. Questo risultato può essere, in parte, dovuto al fatto che il personale delle Forze Armate è sottoposto, prima dell'arruolamento, ad una serie di esami medici che porta alla selezione di un gruppo particolare di popolazione. Inoltre, va considerato che circa il 70% del personale militare impiegato in Bosnia e Kosovo proveniva dall'Italia meridionale, in cui l'incidenza complessiva di tumori è più bassa che nell'Italia settentrionale, da cui provengono i dati di sette Registri tumori sui nove utilizzati per l'analisi epidemiologica. Il numero di casi attesi, quindi, potrebbe essere stato sovrastimato.

L'unico tipo di tumore per cui si è osservato un eccesso statisticamente significativo è il linfoma di Hodgkin, con una significatività che si mantiene indipendentemente da ipotesi sul tempo di latenza della malattia. Questo eccesso non può essere attribuito a differenze geografiche quali quelle menzionate in precedenza, perché l'incidenza di questo tipo di tumore non presenta significative differenze tra il nord e sud dell'Italia. L'eccesso di LLA, invece, non è statisticamente significativo e può essere attribuibile al caso.

Radiazioni ionizzanti e linfoma di Hodgkin

Dal punto di vista radiologico, l'uranio impoverito, come tutti gli elementi che emettono prevalentemente radiazioni debolmente penetranti quali, in particolare, le radiazioni alfa, deve essere studiato non tanto per quanto riguarda le eventuali esposizioni esterne, quanto per quelle interne, causate da inalazione, ingestione o incorporazione (a causa di ferite) di uranio impoverito.

Tabella 1 – Valori dell'incidenza per 100.000 anni-persona e dei SIR nei militari italiani (età comprese fra 20 e 59 anni) inviati in Bosnia e/o Kosovo.

Patologia	Incidenza (IC 95%)	Casi Osservati	Casi Attesi	SIR (IC 95%)
LH	10,43 (5,39-18,23)	12	5,08	2,36 (1,22-4,13)
LNH (3,00-13,71)	6,95	8	8,53	0,94 (0,40-1,85)
LLA (0,21-6,28)	1,74	2	1,12	1,78 (0,21-6,44)
Tumori solidi (11,98-28,96)	19,12	22	74,28	0,30 (0,19-0,45)
Tutte le neoplasie (27,79-51,35)	38,25	44	91,94	0,48 (0,35-0,64)

Diversi organismi autorevoli, nazionali ed internazionali, si sono occupati dei problemi suscitati dall'uso dell'uranio impoverito ed hanno pubblicato estesi rapporti [7, 8] affrontando gli aspetti più rilevanti, dal punto di vista sia radiologico sia tossicologico. Sulla base del complesso delle informazioni raccolte, questi organismi sono giunti alla conclusione che, in rapporto alle attuali conoscenze sui fattori di rischio radiologico e sui possibili scenari d'esposizione, non sono prevedibili eccessi di tumori, né solidi né ematologici, che possano essere rivelabili rispetto all'incidenza naturale. Viene comunque sottolineata la carenza di conoscenze in questo settore ed auspicato lo svolgimento di studi finalizzati all'approfondimento di diversi aspetti del problema.

In particolare, per quanto riguarda l'eventuale legame causale tra la malattia di Hodgkin e l'esposizione interna, allo stato attuale delle conoscenze, è possibile richiamare le seguenti informazioni. L'ampia rassegna [9] pubblicata nel 2000 dall'UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) che, per la sua indiscussa autorevolezza, costituisce un indubbio riferimento a livello internazionale, riporta, nel capitolo relativo al linfoma di Hodgkin, tre studi per l'esposizione interna all'isotopo dello iodio ^{131}I , radioisotopo che peraltro non emette particelle alfa e si concentra nella tiroide, al contrario dell'uranio: i tre studi non mostrano alcuna correlazione causale significativa [10-12]. Altri due lavori [13,14] sono relativi a pazienti trattati con il *thorotrast*, una soluzione impiegata come mezzo di contrasto fino agli anni '50, e si basano sull'osservazione di pochi casi (uno nel lavoro danese e due in quello tedesco),

mentre un terzo lavoro, che riguarda l'esposizione a gas radon (^{222}Rn) in miniera, non analizza il numero di casi riscontrati in relazione ai livelli di esposizione [15]. Due studi analoghi sono riportati nel precedente Rapporto UNSCEAR, del 1994, e riguardano i lavoratori addetti alla lavorazione del minerale uranifero professionalmente esposti a polveri contenenti isotopi dell'uranio e del torio [16, 17]. In un contesto nel quale l'incidenza dei tumori ai polmoni ed alle ossa è risultata inferiore a quella attesa, si sono registrati, nei 20 anni del periodo di osservazione, alcuni casi in eccesso di altre patologie, tra cui anche tre casi di linfoma di Hodgkin. Importanti indicazioni epidemiologiche sono emerse da due studi di coorti di lavoratori di impianti di produzione e riprocessamento di combustibile nucleare [18, 19]. In questi studi è stata analizzata la correlazione tra esposizione cumulata esterna (cioè non per inalazione, ingestione o incorporazione) e mortalità per cancro. In particolare, nel primo lavoro è stata considerata anche la correlazione tra esposizione esterna e morbilità. In entrambi gli studi viene riscontrata una associazione statisticamente significativa tra linfomi di Hodgkin ed esposizione esterna (fondamentalmente radiazione γ), considerando un tempo di latenza di 10 anni tra esposizione e insorgenza della malattia, ma si sostiene, in conclusione, l'inesistenza di una relazione di causalità, perché ciò sarebbe in contrasto con le risultanze delle analisi sui sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki e di altri studi [9, 20]. Come viene sottolineato da altri autori [21], questi studi non considerano però il ruolo dell'esposizione interna e di altri fattori di rischio (per es. il fumo o l'esposizione a composti chimici). E' ovvio che la ricostruzione di dati d'e-

sposizione interna e di altri fattori confondenti è estremamente complessa, dato l'uso di registri storici di tumori. Comunque, McGeoghegan e Binks [18] si ripromettono di intraprendere una rianalisi dei dati sulla base delle informazioni ottenibili sull'esposizione interna. Questi futuri risultati potranno forse contribuire a meglio chiarire il ruolo della contaminazione interna d'uranio nell'eziologia dei linfomi. Infine, in diversi altri studi che hanno analizzato gruppi di casi (*clusters*) di insorgenza del linfoma di Hodgkin, non sono state dimostrate correlazioni significative tra la malattia e gli agenti presi in considerazione; sono state ipotizzate anche un'associazione con agenti infettivi non identificati o l'influenza di altri fattori casuali.

Definito lo stato delle conoscenze emerse dagli studi epidemiologici, si ritiene utile richiamare alcune considerazioni a stretto profilo radioprotezionistico. Dalle stime di rischio basate sull'analisi dei sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki, che a tutt'oggi costituiscono la base di dati epidemiologici fondamentale su cui la Radioprotezione elabora le stime di rischio, non emerge una correlazione significativa tra esposizione e incidenza di linfomi [22]. Bisogna però osservare che queste stime sono relative ad un'esposizione esterna, uniforme, acuta e prevalentemente da radiazione gamma, mentre lo scenario di possibile esposizione che si prefigura, nel caso del contingente italiano in Kosovo e in Bosnia, è profondamente diverso. Infatti si può presumere che, date le prevalenti emissioni dell'uranio impoverito (alfa e beta), in questo caso l'esposizione esterna sia di modestissima entità, mentre la modalità principale d'esposizione da considerare sia quella interna, cioè per inalazione e/o per ingestione. Non si può, quindi, escludere che i coefficienti di rischio, elaborati principalmente dai dati sui sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki, possano essere inadeguati per uno scenario d'esposizione così diverso, quale quello del contingente italiano. Inoltre, bisogna considerare che, particolarmente nel caso d'inalazione di ossidi insolubili dell'uranio, sono i polmoni ad essere gli organi bersaglio, quindi soggetti ad una più elevata esposizione, e che, da questi, una frazione non trascurabile dell'attività si concentra nei linfonodi del mediastino [23], prefigurando la possibilità dell'insorgenza di neoplasie nei tessuti linfatici. Alla luce di quanto esposto in precedenza, una correlazione causale tra la malattia di Hodgkin e l'esposizione interna,

allo stato attuale delle conoscenze, non è stata dimostrata. D'altro canto, le conoscenze sul destino metabolico dell'uranio e gli studi citati, riferibili a tipi e modalità d'esposizione però diversi da quelli ipotizzati per i militari qui considerati, autorizzano a riflettere su una possibile relazione di causalità tra l'esposizione all'uranio e l'eccesso di alcune patologie neoplastiche.

Contaminazione da uranio impoverito e militari italiani

I rapporti delle due missioni UNEP in Kosovo ed in Serbia e Montenegro [24, 25], cui hanno partecipato esperti di quattordici paesi e, per l'Italia, un esperto dell'ANPA, concludono che non è stata rivelata una contaminazione significativa delle aree sottoposte a mitragliamento con dardi a uranio impoverito, eccetto che nelle immediate vicinanze dei punti di rinvenimento dei dardi stessi dove, comunque, non è stata riscontrata contaminazione dell'aria, dell'acqua o delle piante. Anche in tutte le altre misure effettuate in campioni di acqua e latte ed in relazione ad edifici e oggetti non è stata riscontrata alcuna contaminazione. L'UNEP valuta che l'eventuale ingestione di polveri contaminate, prelevate inavvertitamente, non presenti rischi radiologici significativi, mentre si è in presenza di un rischio chimico un po' superiore ai livelli sanitari raccomandati a livello internazionale. Nell'ambito delle operazioni di pace condotte nell'area balcanica ed in relazione alle prime ipotesi d'impiego, in tale area, di proiettili anticarro con penetratori all'uranio impoverito, il Centro Interforze Studi per le Applicazioni Militari (CISAM) ha svolto, nell'ottobre 1999, la prima di una serie di campagne di misura radiologiche [26, 27]. L'insieme delle valutazioni fisiche, effettuate mediante misure radiologiche dirette e l'analisi radiometrica di matrici ambientali, ha portato il CISAM a considerare molto bassa la probabilità di verificare la presenza di uranio impoverito nelle urine escrete dal personale operante in area balcanica e, ancora più bassa, quella di rivelare l'uranio mediante esami con Whole Body Counter (WBC). Esami effettuati su 16 individui subito dopo il loro rientro dal Kosovo, selezionati tra quelli più esposti, sono risultati negativi, con valori inferiori al limite di sensibilità delle metodiche utilizzate, e statisticamente indistinguibili dagli esami effettuati su altri 16 militari, mai impiegati in area balcanica.

Indipendentemente dalle considerazioni radio-protezionistiche per le quali, come si è detto, allo stato attuale delle conoscenze non è dimostrato un collegamento tra l'insorgenza di linfomi di Hodgkin e l'esposizione a radiazioni ionizzanti, va rilevato come a tutt'oggi le analisi effettuate non abbiano evidenziato segni di un'eventuale esposizione dei militari italiani a composti dell'uranio impoverito. Anche lo screening effettuato sui militari tedeschi operanti in Kosovo nel corso del 2000, in aree oggetto di mitragliamenti con dardi a uranio impoverito, ha dato esito negativo [28], così come le analisi effettuate nel corso del 2001, presso i laboratori dell'ENEA [29], su un contingente italiano di 28 individui della Pubblica Sicurezza di stanza in Kosovo (19 uomini e 9 donne). La possibilità che militari italiani siano stati esposti ad uranio impoverito comporta, necessariamente, alcune ipotesi sugli scenari di contaminazione. Fra questi, di particolare rilievo potrebbero essere: a) l'inalazione, resa possibile da un qualche meccanismo di risospensione di particolato prodotto nell'impatto di dardi ad uranio impoverito; b) l'inalazione di particolato prodotto nelle esplosioni di munizionamenti, di cui eventualmente una parte all'uranio impoverito, avvenute nell'ambito di operazioni di bonifica. Come già detto, le indagini effettuate durante le missioni organizzate dall'UNEP hanno escluso la possibilità di esposizioni croniche; anche le analisi del particolato in aria, svolte tra molte altre analisi dal CISAM in Kosovo, in zone ad elevata polverosità e scelte tra quelle in cui era stato accertato l'impiego di dardi ad uranio impoverito, non hanno peraltro riscontrato la presenza di contaminazione. D'altra parte, il particolato fine risultante dall'esplosione di dardi a uranio impoverito ricade al suolo, sulla base delle condizioni meteorologiche, al massimo in pochi giorni, e comunque il clima dei Balcani è sufficientemente piovoso da rendere improbabili significativi fenomeni di risospensione del particolato. Non si può invece del tutto escludere la possibilità di esposizioni episodiche, dall'impatto radiologico comunque difficilmente valutabile.

Conclusioni

Per le neoplasie maligne (ematologiche e non), considerate globalmente, è emerso un numero di casi inferiore a quello atteso. Tale risultato può essere dovuto in parte alla selezione per idoneità fisica alla quale sono sottoposti i militari ed in

parte al fatto che i casi attesi sono stati calcolati in base a Registri Tumori che provengono soprattutto dal nord dell'Italia, dove l'incidenza dei tumori, nel complesso, è più elevata che nel sud (da dove proviene la maggior parte dei militari impegnati in Bosnia e/o Kosovo). Esiste invece un eccesso, statisticamente significativo, di casi di linfoma di Hodgkin, per la cui incidenza non c'è evidenza, in Italia, di una variazione geografica rilevante tra le diverse aree. Sulla base delle conoscenze attuali, una correlazione causale tra la malattia di Hodgkin e l'esposizione interna non è stata dimostrata. Rimangono, però, dubbi sulla validità del modello radioprotezionistico esistente, quando applicato allo scenario dei Balcani. I dati rilevati e le informazioni attualmente disponibili non permettono, quindi, d'individuare le cause dell'eccesso di linfomi di Hodgkin evidenziato dall'analisi epidemiologica svolta. I risultati dell'indagine a campione effettuata sui militari italiani impiegati in Bosnia e Kosovo non hanno evidenziato la presenza di contaminazione da uranio impoverito. Questo risultato è in accordo con quanto rilevato a tutt'oggi dalle altre indagini svolte, sia su militari sia sull'ambiente, a livello nazionale ed internazionale.

In relazione alle precedenti considerazioni, la Commissione ha espresso [6] diverse raccomandazioni, tra cui: 1) seguire, nel tempo, la coorte dei soggetti impegnati in Bosnia e/o Kosovo, per monitorare l'incidenza di tumori solidi ed ematologici, e l'evoluzione del quadro epidemiologico finora emerso; 2) individuare le persone, militari e non, che per diversi motivi possano essere state esposte all'uranio impoverito, per inserirle in un programma di controllo sanitario a lungo termine. Sulla base delle considerazioni precedenti, la Commissione Mandelli ha ritenuto doveroso sottolineare l'importanza di proporre, nelle opportune sedi internazionali, campagne di monitoraggio nei territori in cui siano stati utilizzati proiettili all'uranio impoverito, allo scopo di rivelare a tempi lunghi eventuali contaminazioni delle popolazioni civili residenti [30] e dell'ambiente (possibile presenza futura di questo inquinante nell'acqua ed in genere nella catena alimentare). In effetti, i rischi per la popolazione residente possono venire, a medio e lungo termine, dalla contaminazione del suolo e delle falde acquifere. La prima può causare un'esposizione da inalazione per risospensione, mentre ambedue possono dar luogo ad esposizione da ingestione (trasferi-

mento d'uranio alla catena alimentare). Allo stato attuale delle conoscenze questo trasferimento sembra però essere modesto, una situazione molto diversa da quella verificatasi per i radioisotopi ^{137}Cs e ^{90}Sr a seguito dell'incidente di Chernobyl. Questa preoccupazione porta alla richiesta di proporre, nelle opportune sedi internazionali, per esempio in sede UNEP, l'estensione delle indagini sull'eventuale diffusione nell'ambiente d'uranio impoverito anche alla Bosnia e, in particolare, all'area di Sarajevo. Ulteriore importante raccomandazione è quella di promuovere, a livello nazionale ed internazionale, ricerche sugli effetti dell'esposizione ad uranio impoverito e di svolgere ricerche approfondite sulle possibili altre cause dell'aumentata incidenza di linfomi di Hodgkin rilevata con l'indagine epidemiologica effettuata. E' anche sulla base di questi dati che l'ISS si è fatto promotore, unitamente ad altri partner europei, di diversi progetti di ricerca sui possibili effetti sanitari della contaminazione interna da uranio, in particolare a livello comunitario; purtroppo questi progetti non hanno ancora ricevuto una risposta positiva.

Bibliografia

- Durante M. Uranio impoverito nelle armi utilizzate nella guerra del Kosovo: esiste un rischio di contaminazione radioattiva? Bollettino SIRR, anno II, N. 2 (1999).
- Raabe O. G. Depleted uranium projectiles. Bollettino SIRR, anno IV, N. 1 (2001).
- Grandolfo M., Mele A., Ferrigno L., Nuccetelli C., Risica S. E. Tosti M. E. Uranio impoverito e linfomi di Hodgkin nei soldati italiani in Bosnia e Kosovo: una possibile associazione? Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità, Vol. 16, N. 7/8, luglio-agosto 2003.
- Relazione preliminare della Commissione istituita dal Ministro della Difesa sull'incidenza di neoplasie maligne tra i militari impiegati in Bosnia e Kosovo, 19 marzo 2001.
- Seconda relazione della Commissione istituita dal Ministro della Difesa sull'incidenza di neoplasie maligne tra i militari impiegati in Bosnia e Kosovo, 28 maggio 2001.
- Relazione finale della Commissione istituita dal Ministro della Difesa sull'incidenza di neoplasie maligne tra i militari impiegati in Bosnia e Kosovo, 11 giugno 2002.
- WHO. Depleted Uranium - Sources, Exposures and Health effects, World Health Organization, Geneva, April 2001.
- The Royal Society. The health hazards of depleted uranium munitions. Part I and II. The Royal Society, London, March 2002.
- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionising Radiation. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. New York United Nations (2000).
- Holm L-E, P. Hall, K. Wiklund et al. Cancer risk after iodine-131 therapy for hyperthyroidism. J. Natl. Cancer Inst. 83:1072-1077 (1991).
- Holm L-E, K. E. Wiklund, G.E. Lundell et al. Cancer risk in population examined with diagnostic doses of ^{131}I . J. Natl. Cancer Inst. 81: 302-306 (1989).
- Ron E., M.M. Doody, D.V. Becker et al. Cancer mortality following treatment for adult hyperthyroidism. J. Am. Med. Assoc. 280: 347-355 (1998).
- Andersson, M., B. Carlsensen, H. H. Storm. Mortality and cancer incidence after cerebral arteriography with or without Thorotrast. Radiat. Res. 142: 305-320 (1995).
- Van Kaick G.A., A. Dalheimer, S. Hornik et al. The German Thorotrast study: recent results and assessment of risk. Radiat. Res. 152: S64-S71 (1999).
- Darby S.C., E. Whitley and G.R. Howe et al. Radon and cancers other than lung cancers in underground miners: a collaborative analysis of 11 studies. J. Natl. Cancer Inst. 87: 378-384 (1995).
- Archer V.E., J.K. Wagoner and F.E. Lundin. Cancer mortality among uranium mill workers. J. Occup. Med. 15: 11-14 (1973).
- Waxweiler R.J., V.E. Archer, R.J. Roscoe et al. Mortality patterns among a retrospective cohort of uranium mill workers. p. 428 - 435 in: Epidemiology Applied to Health Physics. CONF - 830101 (1983).
- McGeoghegan G. and K. Binks. The mortality and cancer morbidity experience of workers at the Springfield uranium production facility, 1946-95. J. Radiol. Prot. 20: 111 -137 (2000).
- Gilbert E.S., E. Omohundro, J. A. Buchanan e N. A. Holter. Mortality of workers at the Hanford site:1945-1986. Health Phys. 64(6): 577-590 (1993).
- National Research Council. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR V, Washington DC, National Academic Press (1990).
- Cardis E. and Richardson D. Health effects of radiation exposure at uranium processing facilities. J. Radiol. Prot. 20, 95-97 (2000).
- Preston D., S. Kusumi, M. Tomonaga, S. Izumi, E. Ron, A. Kuramoto, N. Kamada, H. Dohy, T. Matsui, H. Nonaka, D. E. Thompson, M. Soda e K. Mabuchi. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III: leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987. Radiat. Res. 137, 568-597, (1994).
- National Research Council. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Health Risks of Radon and other Internally Deposited Alpha-emitters: BEIR IV, Washington DC, National Academic Press (1988).
- UNEP. Depleted Uranium in Kosovo - Post-Conflict Environmental Assessment. Technical Report. United Nations Environment Programme, Geneva, March 2001.
- UNEP. Depleted Uranium in Serbia and Montenegro - Post-Conflict Environmental Assessment in the Federal Republic of Yugoslavia. Technical Report. United Nations Environment Programme, Geneva, April 2002.
- Sabbatini V. Indagine ambientale sull'impiego del DU nell'area del contingente italiano in Kosovo. Scuola Interforze NBC, Atti del IX Seminario NBC, Rieti, maggio 2000.
- Sabbatini V. Controlli e valutazioni di radioprotezione nelle aree dei contingenti italiani in Bosnia e Kosovo, Centro Studi e Ricerche di Sanità e Veterinaria, Atti del Workshop su «Uranio depleto e marcatori di predisposizione alle radiazioni ionizzanti», Scuola Tramat, Roma, 1° giugno 2001.
- Roth P., E. Werner, H.G. Paretzke. Untersuchungen zur Uranscheidung im Urin. Ueberpruefung von Schutzmassnahmen beim Deutschen Heereskontingent KFOR. Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums der Verteidigung. GSF - Forschungszentrum fuer Umwelt und Gesundheit, Institut fuer Strahlenschutz Neuhberg. GSF-Bericht 3/01.
- Battisti P., Bazzarri S., Calamosca M., Castellani C.M., Ciprani F., Cozzella M.L., Cremisini C., D'Annibale L., D'Ettore A., Galletti M., Lucchetti L., Luciani A., Pettirossi R., and Tarroni G. Urinary excretion of uranium for an Italian contingent in Kosovo: preliminary results. Expert Meeting on "Depleted Uranium in Kosovo: Radiation Protection, Public Health and Environmental Aspects". Bad Honnef, Germany, 19-22 June 2001.
- Priest N.D. and Thirlwall M. Early results of studies on the levels of depleted uranium excreted by Balkan residents. Archive of Oncology 9(4), 237-240 (2001).

I FENOMENI DEI LAMPI DI LUCE NELLO SPAZIO

Marco Casolino

INFN - Sezione Roma 2

e-mail: Casolino@roma2.infn.it

Le percezioni anomale di fosfeni, o “Lampi di Luce”, sono state osservate dagli astronauti nel corso della maggior parte delle missioni umane nello spazio: esse rappresentano un effetto (direttamente percepibile dall'uomo) dell'interazione tra la radiazione cosmica e il corpo umano. In condizioni di adattamento al buio gli astronauti possono percepire stimoli visivi sotto forma di lampi luminosi di diversa forma, intensità e colore. L'importanza dei Lampi di Luce (Light Flashes - LF) è legata alla loro relazione con il funzionamento del sistema nervoso centrale e del sistema visivo dell'uomo nello spazio. Al momento, infatti, non sono state identificate le strutture nervose ove i fosfeni hanno origine, né sono noti i meccanismi fisiologici coinvolti nella loro percezione; altrettanto ignote sono le potenziali conseguenze a carico del sistema visivo e delle altre strutture cerebrali deputate alla percezione sensoriale e cognitiva.

Già nel 1952 Cornelius Tobias ipotizzava la possibilità che la retina, opportunamente stimolata dal passaggio dei raggi cosmici, potesse produrre sensazioni visive luminose¹, ma la prima osservazione dei LF nello spazio risale alla missione Apollo 11 (1969). Nelle successive missioni lunari² (Apollo 14-17, 1971-1972), le uniche che abbiano portato l'uomo al di fuori della schermatura del campo geomagnetico, fu riscontrata una frequenza di LF relativamente elevata (0.23 LF/min), compatibile con l'ipotesi di un qualche tipo di interazione di raggi cosmici con l'apparato visivo degli astronauti. Era inoltre evidente una certa dipendenza della frequenza del fenomeno dal soggetto in esame; inoltre nella fase di volo verso la Luna l'incidenza dei LF risultava superiore a quella osservata nella fase di rientro verso la Terra. Gli studi sui LF proseguirono poi a bordo dello Skylab³ in cui si misurò un elevato incremento di LF (112 LF in 12 minuti) al passaggio nell'Anomalia del Sud Atlantico⁴, indicando un contributo da parte della componente di protoni al

fenomeno. Questo incremento non fu tuttavia osservato⁵ nella successiva missione Apollo-Soyuz, che però aveva un'orbita inferiore e una capsula maggiormente schermata.

In parallelo agli esperimenti nello spazio furono effettuati una serie di studi su acceleratore utilizzando soggetti umani. Lampi di Luce furono osservati per la prima volta utilizzando fasci di neutroni a 3 MeV⁶ e successivamente a 14 MeV⁷ e a 300 MeV⁸, indicando la produzione di protoni di “knock-on” come uno dei possibili meccanismi di produzione dei LF. Le osservazioni di fosfeni proseguirono utilizzando muoni cosmici^{9, 10} e su acceleratore ad alta¹¹ (6 GeV) e bassa¹² (7 MeV) energia. In quest'ultimo caso furono osservati LF di forma circolare con un centro scuro (osservati anche nelle missioni Apollo), dando credito all'ipotesi di emissione di luce Cherenkov nell'occhio come ulteriore possibile meccanismo¹³. Utilizzando fasci di carbonio a 595 e 470 MeV/n¹⁴ la frequenza di LF risultò maggiore nel primo caso, in cui l'energia dei nuclei di carbonio era sopra la soglia per produrre luce Cherenkov nell'occhio. D'altro canto facendo incidere un fascio di azoto di pochi millimetri di diametro sulle varie parti dell'occhio¹⁵ furono osservati LF solo quando il fascio attraversava la parte posteriore dell'occhio, indice di un processo di ionizzazione diretta della retina.

Dai test su acceleratore (sospesi negli anni '70 per motivi di sicurezza dei soggetti esposti) emersero dunque come più probabili tre tipi di interazione: 1) ionizzazione diretta della retina o del nervo ottico; 2) interazione nucleare di un protone che produce particelle secondarie dando luogo a uno stimolo complessivo; 3) emissione di luce Cherenkov nel bulbo oculare. Non fu tuttavia possibile escludere o confermare alcuna di queste tre ipotesi, né mostrare il ruolo che tali processi hanno nello spazio e soprattutto come vengano modificati dalle condizioni fisiologiche degli astronauti.

Un passo in avanti verso la comprensione di questi fenomeni è stato compiuto a partire dagli anni '90 con il programma Sileye a bordo delle stazioni spaziali Mir e Internazionale. L'INFN, in collaborazione con vari enti di ricerca (CNR) e Università italiane (Roma Tor Vergata, Firenze, Trieste) e straniere (KTH, Mephi), ha realizzato e posto sulla Mir due apparati che hanno effettuato misure di Lampi di Luce tra il 1995 ed il 2000. Altro obiettivo scientifico di questo programma di ricerca è la misura del flusso di raggi cosmici e della dose assorbita dagli astronauti all'interno delle stazioni spaziali. L'apparato consiste in un casco con annesso un rivelatore di particelle al silicio: il cosmonauta indossa il casco, si pone in condizioni di buio e preme un bottone ogniqualvolta osserva un Lampo di Luce. In parallelo viene misurata la specie nucleare (dall'idrogeno al ferro) e l'energia (sopra i 40 MeV/n) di tutti i nuclei che attraversano il telescopio al silicio. Il progetto Sileye ha sino ad ora coinvolto 7 astronauti in 35 sessioni di osservazioni di LF, raccogliendo ad oggi il più alto numero di osservazioni distribuite in un'ampia porzione dell'orbita terrestre. In particolare si è voluto investigare il ruolo dei protoni intrappolati nell'Anomalia del Sud Atlantico e della componente galattica dei raggi cosmici nel produrre LF. In Tabella 1 sono confrontati i risultati delle varie osservazioni di LF nello spazio: da essa è possibile vedere come la frequenza di fosfene a bordo della Mir è inferiore a quella degli esperimenti precedenti (0.13 LF/min), probabilmente a causa dell'orbita più bassa e della maggiore schermatura della stazione stessa.

Da un'analisi dei LF osservati sulla Mir (Figura 1) emerge una relazione di dipendenza lineare tra il flusso di particelle e la frequenza di LF in tutte le zone al di fuori dell'Anomalia del Sud Atlantico. In questa regione, all'enorme incremento di particelle dovuto ai protoni intrappolati non segue un corrispondente incremento di Lampi osservati, segno che dunque i protoni non possono essere l'unica causa di LF. Tuttavia l'incidenza di LF all'interno dell'Anomalia ($0.15 \pm 0.03 \text{ min}^{-1}$) è comunque superiore a quella riscontrata nelle regioni analoghe di orbita al di fuori di essa ($0.06 \pm 0.03 \text{ min}^{-1}$), segno che anche i nuclei galattici (il cui flusso non aumenta all'interno dell'Anomalia) non possono essere l'unica causa di Lampi di Luce. Queste osservazioni indicano dunque¹⁶ la presenza di almeno due cause distinte di Lampi di Luce, legate a due meccanismi distinti. La prima è probabilmente dovuta alla ionizzazione diretta di nuclei pesanti di origine galattica: è infatti più frequente quando la stazione si trova alle alte latitudini, ove lo schermo del campo geomagnetico è minore e il flusso di nuclei aumenta. La seconda componente è invece causata da interazioni nucleari di protoni nell'apparato visivo dell'astronauta. A causa della bassa sezione d'urto di questo processo, il ruolo dei protoni risulta significativo solo all'interno dell'Anomalia, ove il flusso è molto maggiore¹⁷.

Dopo il rientro della Mir nell'atmosfera, le ricerche sono proseguite nel 2002 a bordo della Stazione Spaziale Internazionale nell'ambito della missione ASI Marco Polo. Qui è stato realizzato un terzo apparato, Sileye-3/Alteino, con lo scopo di effettuare le prime osservazioni sistema-

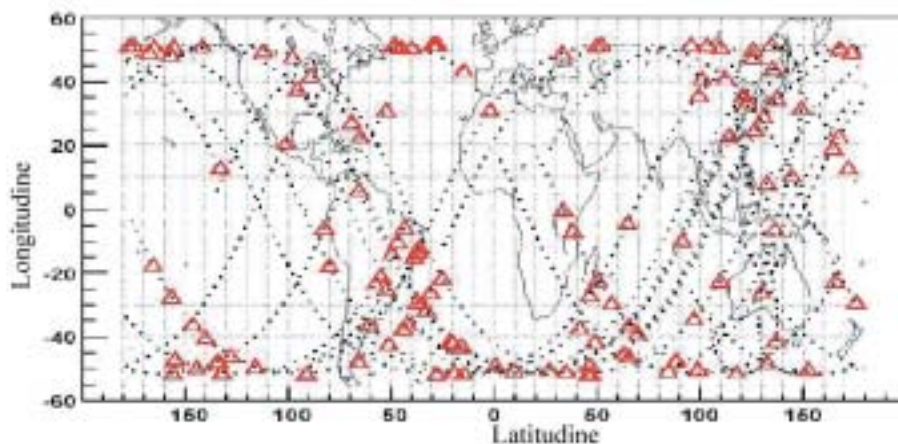


Figura 1: Osservazioni di LF a bordo della Mir con l'esperimento Sileye-2. E' possibile vedere l'incremento di LF alle alte latitudini e nell'Anomalia del Sud Atlantico.

Tabella 1: Quadro riassuntivo delle osservazioni di Lampi di Luce nello spazio.

Cosmonauta / Missione	Numero di sessioni	Tempo di adattamento al buio (min)	Durata della sessione (min)	LF Osservati	Frequenza di LF (LF/min)	Schermatura (g/cm ²) / Altezza orbita
Sileye-3 ISS (2002)	7	-	464	44	0.09±0.01	400 km
Sileye-2 totale (1998-1999)	19	13.5±8	1050	145	0.13±0.01	>0.81 300-400 km
Sileye-1 totale (1995-1996)	9		492	87	0.18±0.02	>0.81 300-400 km
ASTP (1975)	2	≅15	180	82	0.46±0.05*	3-3.5 (0.27πsr); 3.5-5.5 (0.77πsr) 225 km ⁶
Skylab-4 (1974)	2	≅10	125	168	1.3±0.1	1.5-2.0 (1.5πsr) 443 km ⁶
Apollo 14-17 (1971-1972)	20	19±9‡	1161	268	0.23±0.1†	3-3.5 (0.27πsr); 3.5-5.5 (0.77πsr) (Terra-Luna) ⁶

*112 LF furono osservati nel corso dei 12 minuti di passaggio nella SAA.

‡Nelle rotte translunari (verso la Luna) il periodo di adattamento al buio è minore (11.0 min) e la frequenza di LF è maggiore (tempo tra due LF 2.58 min) che nel corso di quelle transterrestri (DA 22.6 min, tempo tra LF 2.91 min).

†Tiene conto del fatto che nel corso della sessione transterrestre dell'Apollo 17 nessuno dei tre astronauti osservò LF. Se si esclude questa sessione la frequenza sale a 0.27±0.02 LF/min.

tiche di Lampi di Luce sulla Stazione Spaziale e correlarle con l'attività cerebrale dell'astronauta, misurata tramite un elettroencefalografo. Le prime misure sono state effettuate durante il volo del cosmonauta italiano Roberto Vittori; l'analisi dati è tuttora in corso. L'apparato è ancora a bordo della Stazione Spaziale, in attesa di essere nuovamente utilizzato per compiere nuove osservazioni; sarà affiancato nel 2004 da una più ampia facility per lo studio dei raggi cosmici, dei Lampi di Luce e degli effetti dell'ambiente spaziale sulle funzioni visive e cerebrali degli astronauti: l'esperimento Altea.

1 C. Tobias, Journ. of Av. Medicine, **23**, 345, 1952. Riportiamo qui il brano più significativo: "Of particular interest here is the retina. The dark adapted retina can detect even x-ray ionization (al bluish diffuse light). It is conceivable that very densely ionizing tracks would produce small flash-like light sensations. If the retina, fibers of the optic nerve, and certain brain cells are regarded as performing as a unit, there is a possibility for greater damage to vision than to either component of the visual system, since vision from a given sensitive element of the retina might be affected, if either the retina, or the impulse carrying nerve fibers and synapses or brain cells were affected."

2 L. Pinsky et al., *Science*, **183**, 1974, 957.
 3 R.A. Hoffman et al., NASA SP-377, 133 (1977).
 4 L'Anomalia del Sud Atlantico è una regione di spazio ove il campo geomagnetico risulta meno intenso a causa dell'asimmetria e dei termini di multipolo del campo stesso. In questa regione i protoni intrappolati nella fascia interna di Van Allen raggiungono le altezze tipiche (300-400 km) delle navicelle spaziali, sottoponendo l'equipaggio a un flusso di particelle fino a 3 ordini di grandezza superiore rispetto agli altri punti dell'orbita.
 5 T.F. Budinger, et. al, NASA TM X-58173, 13-1 (1976), NASA SP-412, 193 (1977).
 6 J.H. Fremlin, *New Scientist*, **47**, 42 (1970).
 7 W.N. Charman et al., *Nature* **230**, 522 (1971).
 8 C.A. Tobias et al., *Nature* **230**, 596 (1971).
 9 F.J. D'Arcy and N.A. Porter, *Nature* **196**, 1013 (1962).
 10 W.N. Charman and C.M. Rowlands, *Nature*, **232**, 574 (1972).
 11 P.J. McNulty, *Nature* **234**, 110 (1971).
 12 P.J. McNulty et al., *Science* **189**, 453 (1975).
 13 G.G. Fazio et al., *Nature* **228**, 260 (1970).
 14 P.J. McNulty et al., *Science* **201**, 342 (1978).
 15 T.F. Budinger et al., *Nature* **239**, 209 (1972).
 16 M. Casolino et al., *Nature*, **422**, 2003, 680.
 17 L'incremento del numero di LF all'interno della regione del Sud Atlantico è stato anche confermato da più astronauti in missioni Shuttle: in un caso i Lampi di Luce sono stati osservati anche in assenza di condizioni di adattamento al buio.

12TH INTERNATIONAL CONGRESS OF RADIATION RESEARCH

Francesca Ballarini

Università di Pavia, Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica

e-mail: francesca.ballarini@mi.infn.it

Si è tenuto a Brisbane (Australia) dal 17 al 22 agosto il “12th International Congress of Radiation Research”, che ha visto la partecipazione di più di 1000 ricercatori attivi nel campo degli studi sulle radiazioni. I vari argomenti trattati si possono raggruppare entro 4 tematiche principali: I) danno al DNA; II) aberrazioni cromosomiche; III) effetto bystander e instabilità genomica; IV) effetti a livello di tessuti e organi, tipicamente carcinogenesi.

I) Danno al DNA

Il ruolo giocato dalla struttura di traccia della radiazione nel modulare l'induzione di vari endpoint biologici è stato discusso da D. Goodhead (MRC, UK), che ha sottolineato come la struttura di traccia determini la complessità e la riparabilità del danno iniziale, nonché la sua distribuzione spaziale e temporale. Nello specifico il ruolo della qualità della radiazione è stato analizzato da J. Kiefer (University Giessen, Germany), che ha presentato dati relativi a dsb e mutazioni indotte da ioni leggeri e pesanti. I risultati hanno mostrato una crescita lineare con il LET fino a 200 keV/micron, con un RBE massimo pari a 2 per i dsb e 25 per le mutazioni, quest'ultimo dovuto alla presenza di lesioni clusterizzate. Analogamente M. Belli (ISS, Roma) ha discusso la frammentazione del DNA in fibroblasti umani irraggiati con radiazione gamma, protoni e ioni ferro. I risultati indicano che le distribuzioni di frequenza dei frammenti indotti da ioni sono spostate verso frammenti più piccoli rispetto a quelle dei raggi gamma. Il ruolo del danno clusterizzato al DNA è stato discusso nella sessione di P. O'Neill (MRC, UK). La questione del danno radioindotto al DNA è stata affrontata dal punto di vista modellistico-computazionale nella sessione di M. Spothheim-Maurizot (CNRS, France). In particolare: M. Begusova (Nuclear Physics Institute, Prague) ha presentato un modello di danno indotto da radicali liberi a complessi DNA-proteina, sottolineando

l'esistenza di una modulazione dell'effetto indiretto della radiazione; F. Ballarini (Università di Pavia) ha discusso uno studio quantitativo sul ruolo protettivo degli scavengers, degli istoni e della compattazione della cromatina, che si è mostrata più radioresistente del DNA “nudo”; M. Terrissol (CPAT, France) ha presentato un lavoro di simulazione relativo a ssb e dsb indotti dalla fotoattivazione del CDDP (Cis-diaminedichloroplatinum, un farmaco antitumorale), di interesse in quanto la terapia per fotoattivazione comincia ad essere usata nel trattamento dei tumori. Sempre in ambito modellistico, H. Nikjoo (MRC, UK) ha fornito una review sullo stato dell'arte della modellizzazione a livello di struttura di traccia, danno al DNA ed effetto bystander, enfatizzando l'importanza di approcci meccanicistici e quantitativi che permettano di comprendere meglio i passi intermedi tra la deposizione di energia iniziale e l'induzione di un determinato endpoint biologico.

II) Aberrazioni cromosomiche

Relativamente al danno a livello cromosomico, M. Cornforth (Houston University, USA) ha discusso l'applicazione di tecniche recenti come la multi-FISH, che permette di colorare ogni coppia di omologhi con un diverso colore; l'attenzione è stata focalizzata sulla peculiarità degli ioni pesanti, che sono particolarmente efficaci nell'indurre scambi complessi generati da un alto numero di rotture e possono indurre aberrazioni “miste” di tipo cromosomico-cromatidico. Anche R. Anderson (MRC, UK) ha presentato dei dati mFISH; i risultati, relativi ad aberrazioni indotte da 0.5 Gy di particelle alfa (1 particella/cellula), supportano l'ipotesi di un meccanismo sequenziale nell'induzione di scambi complessi, che sarebbero prodotti da una stessa traccia che attraversa più territori cromosomici. In questo contesto J. Boei (LUMC, The Netherlands) ha discusso l'importanza dell'organizzazione dei cromosomi in

interfase (localizzazione in territori distribuiti in modo non casuale) e ha mostrato dati che indicano un appaiamento di particolari coppie di omologhi subito dopo l'irraggiamento. P. Bryant (St Andrews University, UK) ha invece analizzato i meccanismi che governano le aberrazioni di tipo cromatidico, concludendo che un singolo dsb può portare a un "chromatid break", considerato come prodotto di un riarrangiamento tra strands in corrispondenza di un punto di crossover di loop di cromatina.

III) Effetto bystander e instabilità genomica

Nell'ambito dei meccanismi che governano fenomeni quali effetto bystander e instabilità genomica, M.H. Barcellos-Hoff (LBNL, USA) ha discusso il ruolo del "Transforming Growth Factor- β 1", che può essere attivato extracellularmente in seguito a esposizione in vivo a radiazioni ionizzanti. In particolare, studi recenti mostrano che l'apoptosi e il rallentamento del ciclo cellulare sono assenti in topi "knock-out" per TGF- β 1, suggerendo che TGF- β è un regolatore dell'integrità genomica e che la sua diminuzione nel processo di carcinogenesi potrebbe contribuire all'instabilità del genoma, mediata da una riduzione dell'azione di p53. L'instabilità genomica radioindotta è stata discussa da W. Morgan (Maryland University, USA), che ha mostrato dati sull'alterazione dell'espressione genica nella progenie di cellule irraggiate; tali dati sono stati interpretati sulla base del cosiddetto "Death Inducing Effect" (DIE), che prevede l'induzione di danni in cellule non irraggiate in seguito alla secrezione di fattori da parte di cloni di cellule instabili. In questo contesto B. Michael (Gray Lab, UK, premiato con il "Bacq and Alexander Award") ha sottolineato l'importanza dei microbeams, che consentendo l'irraggiamento di cellule specifiche o addirittura specifiche regioni subcellulari permettono di comprendere meglio i meccanismi che governano l'effetto bystander e altri fenomeni tipici delle basse dosi. Sull'effetto bystander, C. Mothersill (DIT, Ireland) ha fornito una review e ha discusso le possibili implicazioni in termini di rischio. Risultati specifici relativi a questo fenomeno sono stati presentati da T. Hei (Columbia University, USA) sulle mutazioni indotte da particelle alfa, E. Blakely (LBNL, USA) sull'induzione di p21 in seguito a irraggiamento con un microbeam a raggi X, K. Prise (Gray Lab, UK) sull'induzione di micronuclei in fibroblasti irraggiati con un micro-

beam di particelle alfa, E. Azzam (UMDNJ, USA) sull'alterazione dell'espressione genica mediata da "Gap-Junction Intercellular Communication", e O. Belyakov (Columbia University, USA) su apoptosi, differenziazione e proliferazione in sistemi 3-D di tessuti artificiali umani irraggiati con un microbeam di particelle alfa.

IV) Effetti a livello di tessuti e organi-carcinogenesi

Sulla relazione dose-risposta per la carcinogenesi, E. Hall (Columbia University, USA, premiato con il "Kaplan Award 2003") ha discusso il problema dell'estrapolazione sia a basse dosi (sotto 0.1 Gy) sia ad alte dosi (sopra 2.5 Gy), sottolineando l'importanza dell'esistenza di sottopopolazioni radiosensibili e dell'effetto bystander. Sullo stesso problema M. Fry (Indiana School of Medicine, USA), premiato con la "Gray Medal", ha ricordato tra l'altro il ruolo ambivalente della morte cellulare, che da un lato riduce il numero di cellule cancerose ma dall'altro può favorire l'espansione del tumore in caso di morte di cellule dei tessuti sani circostanti. La questione della carcinogenesi è stata affrontata anche a livello modellistico. In particolare H. Paretzke (GSF, Germany) ha esaminato le potenzialità e le limitazioni dei modelli meccanicistici, S. Moolgavkar (Hutchinson Cancer Research Center, USA) ha presentato un'analisi dell'incidenza di cancro al polmone in lavoratori esposti basata sul modello "Two-Stage Clonal Expansion", e W. Hofmann (Salzburg University, Austria) ha presentato un modello meccanicistico relativo all'incidenza di tumore al polmone in seguito all'inalazione di radon; particolarmente interessante il fatto che la risposta prevista dal modello sia sub-lineare a basse dosi. Una sessione apposita è stata dedicata agli effetti della radiazione spaziale sul corpo umano. In particolare F. Cucinotta (NASA JSC, USA) ha analizzato le incertezze che ancora caratterizzano gli effetti degli ioni pesanti di alta energia presenti nello spettro dei raggi cosmici galattici e ha discusso le principali questioni aperte, C. Zeitlin (LBNL, USA) ha presentato i dati forniti da "2001 Mars Odyssey" (che orbita intorno a Marte monitorandone i livelli di radiazione), e P. Chang (SRI International, USA) ha fornito una review sugli effetti degli ioni pesanti in cellule, tessuti e animali, sottolineando l'importanza della ricerca traslazionale.

Il contributo dei ricercatori italiani, alcuni dei

quali al momento all'estero, si e' mostrato particolarmente significativo. Oltre a quelle già menzionate, ricordiamo le relazioni di F. Groppi (Università di Milano) sulla produzione di radionuclidi per applicazioni in terapia e diagnostica, O. Greco (Wayne State University, USA) su specifiche molecole-vettore per la terapia genica e R. Amendola (ENEA) su nuovi approcci molecolari per riconoscere l'espressione di geni potenzialmente utili come markers di esposizione e radio-resistenza. Tra i poster ricordiamo quelli di S. Gerardi e R. Cherubini (INFN -Legnaro) sul microbeam dei Laboratori di Legnaro, A. Ottolenghi (Università di Pavia) sulla modellizzazione di

aberrazioni cromosomiche radioindotte, G. Simone (ISS, Roma) sulla frammentazione indotta da ioni azoto, A. Campa (ISS, Roma) sulla modellizzazione di DSB indotti da radiazioni di diversa qualità, M. Bonardi (Università di Milano) sul Renio-186 nella terapia palliativa delle metastasi ossee, M. Pinto (UMDNJ, USA) sull'inattivazione clonogenica da attraversamenti singoli di ioni Litio, L. Manti (Università di Napoli -poster presentato da G. Grossi) sull'influenza della microgravità, e infine G. Schettino (Gray Lab, UK) sulla morte cellulare indotta da raggi X ultrasoft prodotti da microbeam.

QUOTA ASSOCIATIVA S.I.R.R. 2003

...E QUELLE ARRETRATE!

Carissimo Socio,

come sai, la quota sociale, oltre ad essere la principale fonte di finanziamento per il funzionamento della nostra Società, è anche un segno annuale di adesione e partecipazione.

La quota sociale, attualmente ad un livello minimo, è un dovere che ogni Socio deve assolvere **entro il 31 marzo** di ogni anno, onde evitare che la gestione delle quote con relativi solleciti e verifiche abbia un costo superiore alla stessa quota. La quota per il 2003 è di euro 30,00 e potrà essere versata tramite assegno circolare o bancario, non trasferibile, intestato a S.I.R.R. oppure tramite versamento in contanti alla Segreteria. Fiduciosi della tua collaborazione e partecipazione, cogliamo l'occasione per inviarti i nostri più cari saluti.

LA SEGRETERIA

CONVEGNI E CORSI

2-4 febbraio 2004: Molecular cross talk among chromosome fragility syndromes, Madrid, Spain, www.march.es/ciencia/ARCHIVOS/03%20Molecular%20Cross%20Talk.pdf.

16-18 febbraio 2004: International Workshop on Radiation Health Effects at Low Doses or Low Dose Rates, GSF, Neuherberg, Germany, www.gsf.de/institute/ISS/workshop.lowdose

9-14 maggio 2004: 10th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-10) and 13th Topical Meeting on Radiation Protection and Shielding (RPS-2004), Funchal, Madeira Island (Portugal), www.itn.mces.pt/ICRS-RPS

16-20 maggio 2004: 3rd International Workshop on Space Radiation Research and 15th Space Radiation Health Investigators' Workshop, Port Jefferson, NY, www.dsls.usra.edu/dsls/meetings/radiation2004

18-24 luglio 2004: 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, www.copernicus.org/COSPAR/COSPAR.html

25-28 agosto 2004: 33rd Annual Meeting of the European Society for Radiation Biology, Budapest, Hungary, www.osski.hu/esrb2004

26 settembre-1 ottobre 2004: International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Santa Fe, New Mexico, <http://t16web.lanl.gov/nd2004/>



Oltre 10 anni di fattiva presenza nella distribuzione di prodotti per la diagnostica di laboratorio hanno consolidato la reputazione e l'affidabilità della Soc. Valter Occhiena.

Dalla medicina nucleare alla anatomia patologica, oggi specializzata nel settore degli anticorpi monoclonali per citometria a flusso, la Valter Occhiena è sempre stata attenta agli sviluppi delle nuove tecnologie e tesa all'innovazione delle metodologie applicate, fianco a fianco con i ricercatori dei laboratori nazionali, soprattutto quelli di diagnostica delle neoplasie ematologiche e di ricerca applicata all'oncologia umana.

Alle indiscutibili caratteristiche tecniche dei prodotti che propone, la Valter Occhiena abbina un servizio tecnico e commerciale ai più alti livelli, elementi fondamentali per una azienda oggi all'avanguardia.

I traguardi raggiunti e la soddisfazione dei risultati acquisiti, permettono oggi alla Valter Occhiena di ampliare la già vasta gamma di prodotti offerti in modo tale da soddisfare le crescenti necessità di altri specifici settori garantendo la qualità, l'affidabilità e il servizio di sempre.

VALTER OCCHIENA srl

Via Rosta 7 bis - 10143 Torino (Italy)
Numero Verde 800 26 46 46 - vo@valterocchiena.com