ISSN 2282-5746

Fisica in Medicina

Periodico trimestrale di formazione, informazione e aggiornamento dell' Associazione Italiana di Fisica Medica

Aifm
Associazione Italiana di Fisica Medica
www.aifm.it

n. 3 - 2014

Fisica in Medicina

n. 3/2014
Ottobre-Novembre-Dicembre

Periodico Trimestrale di formazione
Informazione e aggirnamento de lla
Associazione Italiana di Fisica Medica

www.aifm.it

Associazione Italiana
di Fisica Medica

Presidente
Luisa Begnozzi (Roma)

Consiglieri
D. Aragno (Roma)
B. Augelli (Spoleto)
F. Banci Buonamici
(Siena)
A. del Vecchio (Milano)
L. Nocetti (Modena)
L. Pierotti (Bologna)
E. Pignoli (Milano)
L. Strigari (Roma)

Segretario
L. Gastaldi (Biella)

Tesoriere
A. Nitrosi (Reggio Emilia)

Sommario:

Intervista al Direttore Generale delle professioni sanitarie e delle risorse umane del Servizio Sanitario Nazionale del Ministero della Salute Dott. Giovanni Leonardi…….. 1
N. Caretto

Multidisciplinary applications with laser-accelerated beams: the ELIMED network at ELI-Beamlines…….. 16
G. A. P. Cirrone et al.

Il Radon nella nuova direttiva europea……. 32
A Del Vecchio.

La Grande Guerra e i Raggi X: organizzazione della radiologia militare francese, tedesca e italiana…….. 36
M. Reggio.

Lavorare per la IAEA……..…….. 59
P. Mancosu

Periodico
Fisica in Medicina

Direttore Onorario
P. Tosi (Milano)

Direttore Responsabile
F. Levrero (Genova)

Segretario di Redazione
L. Moro (Pavia)

Componenti del Comitato di Redazione

G. Borasi (Reggio Emilia)
N. Canevarollo (Genova)
G. Capelli (Cremona)
N. Caretto (Roma)
C. De Ambrosi (Genova)
A. del Vecchio (Milano)
F. Di Martino (Pisa)
P. Mancosu (Milano)
C. Peroni (Torino)
L. Raffaele (Catania)
M. Reggio (Verona)
F. Turrini (Varese)

Realizzazione digitale e grafica interni.

Trimestrale dell'Associazione Italiana di Fisica Medica, Piazza della Repubblica 32, 20124 Milano – Autorizzazione n. 403 del 20/12/2013 Tribunale di Milano

Pubblicato nel mese di Settembre 2014

Novità ICRP, ICRU, NRCP …….. 64
N. Canevarollo.

Recensione……..……..…….. 66
A. Gentile.

Point/Counterpoint: Rubrica di Medical Physics…… 67
F. Levrero

In copertina: Scala monumentale a doppia spirale elicoidale ideata da Giuseppe Momo per i Musei Vaticani e inaugurata il 7 dicembre 1932

L'occhiale ideale per la **protezione del cristallino dai raggi X**

Tag RFID per la gestione informatizzata

inside iRadProMaP by SAGO MEDICA srl

www.iradpromap.it

Protezione anti rx **laterale** a scelta 0.25 / 0.35 / 0.5 mm Pb

Dosimetro TLD

Lenti al **Piombo** 0.75 mm Pb - 150 kV

Identificazione personalizzata con nome o codice colore

Ci contatti per una dimostrazione

Tel. 051 686 08 11
info@sagomedica.it

www.sagomedica.it

SAGO MEDICA
MEDICAL EQUIPMENT

HEALTH PHYSICS | NUCLEAR MEDICINE | **DIAGNOSTIC RADIOLOGY** | RADIATION THERAPY

Massima precisione al primo colpo.

NOMEX®

Soluzione chiavi in mano per la dosimetria assoluta e il controllo qualità nella radiologia diagnostica

- Due potenti sistemi per uso indipendente o combinato
- RAD/FLU/DENT, DENT-PAN, MAM, CT, CBCT
- Acquisizione di tutti i parametri in un unico passaggio
- Cambio scala automatico per dose, kV e filtrazione totale
- Valutazione della qualità dell'immagine e determinazione CTDI opzionali
- Collegamento esterno di camere di ionizzazione o detettori a semiconduttore PTW tramite dosimetro NOMEX®

Maggiori informazioni su NOMEX®?
Visitate il nostro sito Internet o scrivete all'indirizzo nomex@ptw.de.

WWW.PTWNOMEX.COM USA | LATIN AMERICA | CHINA | ASIA PACIFIC | INDIA | UK | FRANCE | IBERIA | GERMANY

PTW

Knowing what responsibility means

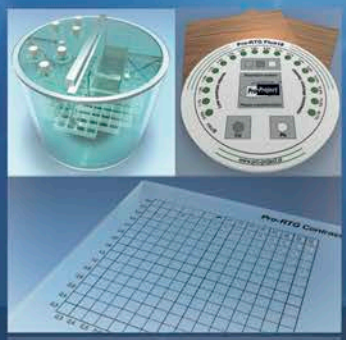
Soluzioni
per i controlli di qualità in diagnostica per immagini

Multimetro TNT 12000

Sistema completo per misure di KV, dose, tempi, HVL e mAs in Radiologia, Mammografia, CT e dentale.
Elevata accuratezza, comunicazione wireless e massima semplicità di utilizzo.

Camera di ionizzazione 451

Camera a ionizzazione per misure di radioprotezione (ad aria libera o pressurizzata). Intensimetro e Integratore.
Tasto freeze per memorizzare il valore di picco della misura di intensità.



Fantocci

Gamma completa di fantocci e accessori per l'esecuzione dei controlli di qualità in RX, Mammografia, RM ed Ecografia.
Possibilità di personalizzare vari modelli per applicazioni particolari.

SLT

S.L.T. s.r.l. Via Torino 30,
20063 Cernusco sul Naviglio (MI)
Tel. (+39) 02.48464064

SLT propone una gamma completa di strumentazioni e sistemi per la verifica di sicurezza e il controllo funzionale delle apparecchiature elettromedicali.
Laboratorio di assistenza tecnica dedicato e staff competente per la formazione tecnica all'utilizzo degli strumenti.

www.slt.eu.com

FLUKE Biomedical
Pro-Project
artinis
KOPP Development Inc.

Servizi Nucleari s.n.c.

Sorgenti alfa, beta e gamma, puntiformi ed estese, soluzioni, gas, prodotti per spettrometria, medicina nucleare, sorgenti per calibrazione PET, sorgenti speciali.

Sorgenti di taratura per la medicina, l'industria, l'ambiente prodotti da CERCA LEA.

Sistemi per irradiazione emoderivati.

Servizi Nucleari s.n.c.
Strada Pranova 6
15030 Conzano (AL)
tel 0142 925630
347 8497358
fax 0142 925933
http://www.servizinucleari.it
e-mail: info@servizinucleari.it

INTERVISTA AL DIRETTORE GENERALE DELLE PROFESSIONI SANITARIE E DELLE RISORSE UMANE DEL SERVIZIO SANITARIO NAZIONALE DEL MINISTERO DELLA SALUTE
DOTT. GIOVANNI LEONARDI

Nicola Caretto

Nell'ambito del Dipartimento della programmazione e dell'ordinamento del Servizio Sanitario Nazionale del Ministero della Salute, è operativa la Direzione Generale delle professioni sanitarie e delle risorse umane del Servizio Sanitario Nazionale diretta dal Dott. Giovanni Leonardi, al quale ci siamo rivolti per questa intervista. Ci preme ringraziare il Direttore e il Suo staff, in particolare il dott. Saverio Proia, per averci permesso questa intervista che riteniamo molto importante per la comprensione della posizione del Ministero rispetto alla nostra professione di Fisici medici.
La Direzione generale delle professioni sanitarie e delle risorse umane del Servizio sanitario nazionale si occupa della disciplina delle professioni sanitarie e svolge varie funzioni che si possono constatare sul sito istituzionale del Ministero all'indirizzo www.salute.gov.it.

NC. Il Titolo V della Costituzione, interessato ad un probabile processo di revisione, assegna le competenze nel campo della sanità alle Regioni che presentano vistose disomogeneità in termini di servizi offerti ai cittadini. In questa fase di grande trasformazione e riorganizzazione sanitaria, qual è il contributo che la Sua Direzione

Generale sta offrendo in termini di programmazione del tipo e del numero di professionalità occorrenti per un efficientamento del sistema?

GL. La definizione del fabbisogno presuppone un iter molto complesso che vede coinvolti vari attori e che tiene conto di numerose variabili, tra le quali la definizione dei LEA, l'analisi dei modelli organizzativi, la domanda di lavoro, considerando il personale in corso di formazione e il personale già formato, non ancora immesso nell'attività lavorativa. Negli anni, in questo complesso processo, sono emerse alcune criticità legate anche alla numerosità e alla eterogeneità dei soggetti proponenti, e alla difficile confrontabilità sul territorio delle metodologie di calcolo del fabbisogno stesso. Per garantire un rigore metodologico nel processo di definizione del fabbisogno, l'Italia ha aderito alla Joint Action europea sulla previsione e pianificazione della forza lavoro sanitaria, promossa dalla Commissione Europea nell'ambito dell'"Action Plan for the EU Health Workforce". In particolare, questa Direzione generale partecipa all'iniziativa comunitaria "EU Joint action on Health Workforce planning and forecasting" realizzata con lo scopo di migliorare la programmazione e la previsione del personale sanitario in Europa e di creare una piattaforma di collaborazione tra gli Stati europei che consenta di affrontare al meglio, prospettando possibili soluzioni, la carenza di professionisti sanitari in Europa prevista per i prossimi anni (quantificata in circa un milione di professionisti sanitari nell'anno 2020). All'interno della Joint action l'Italia (nello specifico, a guidare il gruppo di lavoro è questa Direzione generale, in partnership con AGENAS) è team leader del work package numero cinque denominato "Exchange of good practices in planning and forecasting methodologies", il cui scopo è elaborare una piattaforma volta alla condivisione ed allo scambio di buone pratiche e metodologie previsionali per la definizione del fabbisogno di personale in campo sanitario, analizzando le eccellenze e tenendo conto del contesto culturale e strutturale in cui agiscono. La partecipazione al gruppo di lavoro come partner del progetto di 10 Regioni italiane, che hanno ufficialmente aderito, offre la possibilità di riflettere insieme, "in uno scenario comunitario", sulle metodologie adottate nei vari Paesi per la programmazione del personale, sfruttando la piattaforma di scambio di informazioni sulle migliori pratiche attualmente utilizzate.

Nelle fasi conclusive del progetto le amministrazioni regionali diventeranno protagoniste nella sperimentazione di un modello di pianificazione da effettuarsi oltre che in un Paese partner (Paese candidato: Portogallo), nelle Regioni/P.A. italiane che si renderanno disponibili alla conduzione del trial. L'intento è di pervenire alla definizione di una metodologia condivisa per far sì che il fabbisogno espresso rappresenti oggettivamente le esigenze di personale sanitario del SSN e del sistema sanitario nel suo complesso.

NC. Ci siamo conosciuti nel 2007 in occasione dell'iniziativa culturale "La Fisica Sanitaria in Italia: quali prospettive?" tenutosi all'Università "La Sapienza", come è cambiata la vostra consapevolezza riguardante la Fisica medica e le sue varie applicazioni nel settore sanitario?

GL. Il tumultuoso sviluppo scientifico e tecnologico degli ultimi decenni ha fatto sempre più maturare la consapevolezza che interventi efficaci e di qualità possono essere erogati solo da team che vedano integrate varie professionalità, le cui variegate competenze sinergicamente concorrono alla ottimizzazione degli interventi di prevenzione, diagnosi, cura e riabilitazione e alla corretta gestione dei rischi ad essi collegati sia per i pazienti, che per gli operatori, che per la popolazione nel suo complesso. La professione del Fisico medico si inserisce perfettamente in questo approccio, basti pensare ad es. alla dosimetria nel trattamento radioterapico o all'utilizzo clinico in sicurezza degli impianti di Risonanza Magnetica.
Il contributo della Fisica medica è inoltre essenziale per la complessa valutazione dell'utilizzo delle tecnologie in sanità, nell'ambito dell'HTA e per lo sviluppo di un canale biunivoco con il mondo della ricerca, capace di trasferire alla clinica i risultati e al contempo di acquisire dalla clinica le necessarie indicazioni per individuare le priorità su cui sviluppare le attività.

NC. Si parla sempre più insistentemente della razionalizzazione delle prestazioni radiologiche e di una corretta gestione delle alte tecnologie, quale contributo possono fornire i Fisici medici al processo di ottimizzazione delle risorse tecnologiche installate e

al programma di definizione delle tecnologie radiologiche da installare nei prossimi anni nelle strutture sanitarie?

GL. I molteplici e rilevanti compiti del Fisico medico all'interno del processo di ottimizzazione sono stabiliti, tra l'altro dal d.lgs. 187/2000. Il d.lgs. stabilisce, ad es. che il Fisico medico collabori e affianchi il responsabile dell'impianto radiologico nell'adozione di adeguati programmi di garanzia della qualità, nell'effettuazione delle prove di accettazione prima dell'entrata in uso delle attrezzature radiologiche e delle prove di funzionamento, affianchi il responsabile dell'impianto radiologico, nelle procedure per la valutazione e verifica delle dosi somministrate nei trattamenti di radioterapia, effettui le valutazioni dosimetriche nelle attività che comportano esposizioni di bambini, programmi di screening e alte dosi al paziente. Ugualmente necessario è l'apporto del Fisico medico, tramite gli strumenti dell'Health technology assessment, nel supportare il decisore rispetto all'adozione di programmi inerenti le tecnologie, mediante percorsi di valutazione multidisciplinare.

NC. Uno degli aspetti più rilevanti della nostra professionalità è la radioprotezione del paziente che si declina in uno impegno quotidiano da parte di tutti i colleghi Fisici medici per garantire un adeguato programma di garanzia di qualità come previsto dal d.lgs. 187/00 e dalla più recente direttiva europea BSS. Cosa può fare la sua Direzione Generale affinché si rafforzi l'azione positiva dei Fisici medici nell'ambito dell'organizzazione delle aziende sanitarie?

GL. E' attivo da mesi presso il Ministero della Salute un Tavolo tecnico dell'intera Area Radiologica, composto da rappresentanze scientifiche e professionali delle tre componenti (medici radiologi, Fisici medici e tecnici sanitari di radiologia medica) con il compito di elaborare le linee guida sull'organizzazione della diagnostica per immagini, della radioterapia e della medicina nucleare che il Ministero della Salute dovrà emanare in virtù della specifica direttiva europea. In questo tavolo è fondamentale e determinante il ruolo della componente professionale dei Fisici medici per la corretta interpretazione attuativa della stessa direttiva e, di conseguenza, strategica sarà ed è la loro funzione in ambito aziendale.

NC. Negli ultimi anni, anche per merito del Presidente e del consiglio direttivo dell'AIFM, si sono avuti degli importanti contatti con la Sua Direzione Generale. Il Fisico specialista in Fisica Medica è una professione sanitaria regolamentata per la quale come per tutte dovrebbe essere previsto l'albo? Potrebbe essere una strada alternativa importante creare presso la Sua DG l'elenco degli Specialisti in Fisica medica per rafforzare la nostra riconoscibilità anche verso i cittadini. Che ne pensa?

GL. Il Fisico medico attualmente è un dirigente del ruolo sanitario, la sua non è ancora una professione regolamentata, per questo il Ministero sta predisponendo uno specifico emendamento nel c.d. ddl Lorenzin per l'istituzione della professione di Fisico prevedendo uno specifico albo all'interno dell'ordine dei chimici che diverrà l'ordine professionale dei chimici e dei fisici, vigilato dal Ministero della Salute; è questa la strada maestra, non vi solo soluzioni "b" previste.

Nell'auspicare un confronto sempre più efficace e costruttivo tra Ministero della Salute e Associazione Italiana di Fisica Medica, cogliamo l'occasione per ringraziare il Direttore dott. Giovanni Leonardi e per augurarGli a nome di tutti i colleghi Fisici medici Buon Lavoro.

Nota della Redazione:
Riportiamo il link all'elenco degli emendamenti proposti all'interno della XII Commissione del Senato relativi al DDL 1324:
http://www.senato.it/japp/bgt/showdoc/frame.jsp?tipodoc=ListEmendc&leg=17&id=43994
L'emendamento di nostro interesse è il 4.0.3 che propone l'inserimento dell' art 4 bis.

MULTIDISCIPLINARY APPLICATIONS WITH LASER-ACCELERATED BEAMS: THE ELIMED NETWORK AT ELI-BEAMLINES

G. A. P. Cirrone[a], G. Candiano[a], G. Cuttone[a], S. Bijan Jia[b], G. Korn[c], T. Licciardello[a], M. Maggiore[d], L. Manti[e], D. Margarone[c], A. Musumarra[a], F. Perozziello[e], P. Pisciotta[a], L. Raffaele[af], F. Romano[a], M. G. Sabini[g], F. Schillaci[a], V. Scuderi[ac], A. Tramontana[ah], L. M. Valastro

[a] Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali del Sud, Via Santa Sofia 62, Catania, Italy

[b] Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad, Iran

[c] Department of Experimental Program at ELI-Beamlines, Institute of Physics of the ASCR, ELI-Beamlines project, Na Slovance 2, Prague, Czech Republic

[d] Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Legnaro, Viale dell'Università 2, Legnaro (Pd), Italy

[e] University Federico II of Naples and INFN Sezione di Napoli, Complesso Universitario di M. S. Angelo, Via Cintia - 80133 Napoli, Italy

[f] Azienda Ospedaliera Policlinico Vittorio Emanuele, Catania, Italy

[g] Azienda Ospedaliera Cannizzaro, Catania, Italy

[h] University of Catania, Department of Physics and Astronomy, Via S. Sofia 64, Catania, Italy

ABSTRACT: Nowadays, laser-driven proton beams generated by the interaction of high power lasers with solid targets represent a fascinating attraction in the field of the new acceleration techniques. These beams can be potentially accelerated up to hundreds of MeV and, therefore, they can represent a promising opportunity for medical applications. In particular, the interest has been focused in the possibility of replacing conventional accelerating machines with laser-based accelerators in order to develop a new concept of hadrontherapy facilities, which could result more compact and less expensive. Laser-accelerated proton beams typically show high flux (up to 10^{11} particles per bunch), very short temporal profile (ps), broad energy spectra and poor reproducibility. In order to overcome these limitations, these beams have to be controlled and transported by means of a proper beam handling system. Furthermore, suitable dosimetric diagnostic systems must be developed and tested. With this background the ELIMED (ELI-Beamlines MEDical applications) research project has been launched by LNS-INFN researchers (Laboratori Nazionali del Sud - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Catania, IT) and ASCR-FZU researchers (Academy of Sciences of the Czech Republic-Fyzikální ústar, Prague, Cz), within the pan-European ELI-

Beamlines facility framework. Its main purposes are the demonstration of future applications in hadrontherapy of optically accelerated ions and the realization of a laser-accelerated ion transport beamline for multidisciplinary applications. In the framework of the ELIMED project we started to design a dedicated beam transport line and we have developed a first prototype of a beam line key-element: an Energy Selector System (ESS). It is based on permanent dipoles, capable to control and select in energy laser-accelerated proton beams.

KEYWORDS: Laser-driven; Beam handling, Hadrontherapy, Medical applications.

1. Introduction

Optical acceleration represents, today, an attractive and innovative solution for the generation of ion beams. Over the last decades a lot of effort, both from the theoretical and experimental point of view, has been devoted to charged particle acceleration using high power lasers. High current multi-MeV proton beams can be produced and accelerated from the interaction of ultra-intense (higher than 10^{18} W/cm^2) short pulse (from 30 fs to 10 ps) laser with thin solid foils [1, 2]. Several acceleration regimes have been studied so far in literature as for instance Target Normal Sheath Acceleration (TNSA) [3], Coulomb Explosion [4, 5], Radiation Pressure Acceleration [6], Magnetic Vortex Acceleration [7, 8] and Shock Wave Acceleration [9, 10]. Moreover, other acceleration schemes, generated by the combination of different regimes, like the Break-Out-Afterburner [12] and the Directed Coulomb Explosion [13, 14], have been recently proposed. In the near future, different laser-driven ion acceleration regimes will be investigated at the Extreme Light Infrastructure (ELI)-Beamlines facility in the Czech Republic. The facility represents one of the three pillars of the ELI pan-European project and it is already under construction in Prague. The ELI-Beamlines facility will deliver ultra-short, high-energy laser pulses for the generation and application of high-brightness X-ray sources and accelerate charged particles for fundamental research and for multidisciplinary applications, including the medical field.

2. The Elimed project

In this framework, an international joint collaboration named ELIMED (MEDical and multidisciplinary applications at ELI-Beamlines) [11] has been proposed and established by INFN-LNS and ELI-Beamlines (IoP- ASCR) researchers. The ELIMED purpose consists in demonstrating that laser-driven high energy proton beams can be potentially used for multidisciplinary applications and, in particular, this includes also the investigation of new approaches for future laser-driven proton beam application in the hadron-therapy field. Actually, clinical applications

have been addressed to be a good candidate as user demonstration case, since the beam requirements needed for therapeutic treatments are the most demanding. So far the proliferation of hadron-therapy facilities has been limited since they are based on conventional accelerators that are huge and expensive machines both in terms of space and economic resources. A significant effort is ongoing today in the physics community to achieve the required ion beam parameters for medical applications reducing the facilities overall cost and complexity compared to currently employed accelerator. On the other hand, the laser-based accelerators can really represent a future alternative for hadron-therapy since they combines several advantages. Indeed, they can be more compact and cost-efficient than conventional accelerator and, moreover, thanks to laser-driven ion beam peculiarities, new potential treatment modalities can be explored.

The ELIMED preparatory phase started in 2013 and is planned to be completed in 2016. During the preparatory phase a beam transport line (BTL) prototype, able to deliver beams fulfilling specific requirements like a wide energy and fluence range and a variable spot size, will be developed and realized. A complete characterization of the BTL prototype will allow to handle and control the beam conditions in order to deliver beams stable and reproducible in terms of energy and fluency distributions. After the preparatory phase, two phases of the project have been identified on the basis of the expected values for the laser- accelerated proton beam energy: phase 1 (30–60 MeV) and phase 2 (60–250 MeV). During the phase 1 of the project, which is planned to start at the end of 2016, proton beams with energy up to 60–70 MeV are expected to be delivered using a 30 fs, 1 PW laser on thin solid foils within the TNSA regime. Therefore, the ELIMED phase 1 aim is to perform proof-of-principle experiments to demonstrate the validity of new approaches for potential future application of laser-accelerated proton beams in the medical field, being the radiation treatment of diseases lying within 3 cm in depth (i.e. 60 MeV proton range in the tissue-equivalent) such as the ocular tumors a demonstration case, as well as the use of such non-conventional proton beams for other multidisciplinary applications.

In order to fulfill these phases a project, financed from INFN, has been launched. Many INFN Sections (LNS, Catania, Milan, Rome, Cagliari, Pisa, Naples, Messina, Lecce and LNF) partecipate in the project, which represents the main Italian initiative in the field of studies and applications of laser-driven ion beams.

3. The transport beam line

The potential availability, in the next years, of laser-driven charged particles suitable for hadron-therapy applications opens new and fascinating technical perspectives in the fight against tumors. However, before any clinical treatment phase might start a big effort in different research fields as

for instance laser–target interaction, beam transport and selection device development will be required. Moreover, since no dosimetry protocol has been already established for laser-driven proton beams it will require development and testing of innovative detector for absolute and relative dosimetry, beam diagnostics together with the study of biological effects.

The laser-accelerated ion beams are characterized by very peculiar features depending on the laser as well as on the target parameters. Up to now, a lot of work has been dedicated to the experimental investigation of the TNSA acceleration mechanism and the maximum energy of protons accelerated from solid targets in the TNSA regime is 67.5 MeV [1]. The laser intensity currently available on target, about 1021 and 1022 W/cm^2 [3,4,6], limits the maximum achievable ion energy, nevertheless the next generation laser facilities will allow higher intensities leading, therefore, towards higher ion energies. On the other hand, other ion beam parameters, such as emittance, brilliance and energy range, have to be improved and controlled for specific applications. The TNSA regime allows to deliver proton beams highly laminar and with very low emittance. However, on the other hand the broad energy spectrum and the large angular divergence represent a concern for application requiring beam transport to a secondary target. Moreover, these features might be particularly critical and have to be precisely handled and controlled to make such kind of beams suitable for those applications, as the hadron-therapy case, that require sufficient high energies coupled with the need of having a sufficiently large number of particles in the energy of interest.

Several groups around the world have already started preliminary investigations on the validity and the methodology of using laser-driven ion source for cell irradiation experiments [15 - 17]. These studies aim to establish a procedure for cell handling, irradiation and dosimetry, compatible with a laser–plasma interaction environment. Furthermore, the use of laser-driven ion beams for clinical treatment purposes may result in non-continuous dose rates, which are several orders of magnitude higher than those usually delivered with conventional beams (up to 10^9 Gy/s). Therefore, due to their peculiarities, laser-driven ion beams represent a new frontier as far as the dosimetric systems are concerned. Based on these assumptions, we started to design and realize a first prototype of a BTL that will allow to deliver laser-accelerated proton beams with optimized properties and sufficient rates to perform first dosimetric and radiobiological irradiations with such kind of beams [18 - 20]. The BTL design and development aim to study innovative solutions for a beam transport system in order to characterize and control the particle beams in terms of collection, focusing and energy selection and to investigate the feasibility for multidisciplinary application. A schematic layout of the BTL prototype is shown in Figure 1 [19]. The BTL consists of a laser-target interaction area, a section dedicated to the beam handling and the diagnostic system and a final part devoted to the dosimetry system and the cell irradiation point. During the first phase of the project proton beams will be accelerated within the TNSA regime up to hundreds of MeV as cut-off limit,

thus a BTL able to transport and deliver protons with energy up to about 60 MeV, which corresponds to the lowest energy limit for the shallow tumors treatment, has to be developed. An intermediate phase has been also foreseen aiming to deliver a proton beam with energy up to about 30 MeV.

The initial section of the BTL for laser-driven ion beam delivering has to be tuneable in order to ensure capturing and collecting beams within a broad incident energy range and also a variable energy spread. Moreover, the BTL has to be characterized by a large acceptance to control the large chromatic emittance due to the energy spread of the transported beam and deliver to the irradiation point a sufficient number of particles. Furthermore, in order to meet the different experimental setup requirements, the modularity of the beam transport elements is also an additional key point. The proposed beam handling configuration consists of 2 main elements: one triplet quadrupole section for focusing and transport the charged particles and a final energy selection that will be provided by means of a proper magnetic device. Depending on the transmission efficiency and on the energy spread which has to be achieved, different layouts for the BTL development have been investigated [20]. The last section of the BTL prototype has been designed in order to reduce and control the energy spread that characterize the outgoing beam by means of a selector system. A first prototype of the energy selection system based on magnetic devices has been already designed and realized at the Laboratori Nazionali del Sud (LNS) in Catania [19,20]. The energy selector system (ESS) is one of the most critical points of the whole beam transport line as it should allow to provide a proton beam with parameters suitable for proof-of-principle experiments of future applications in therapeutic treatments.

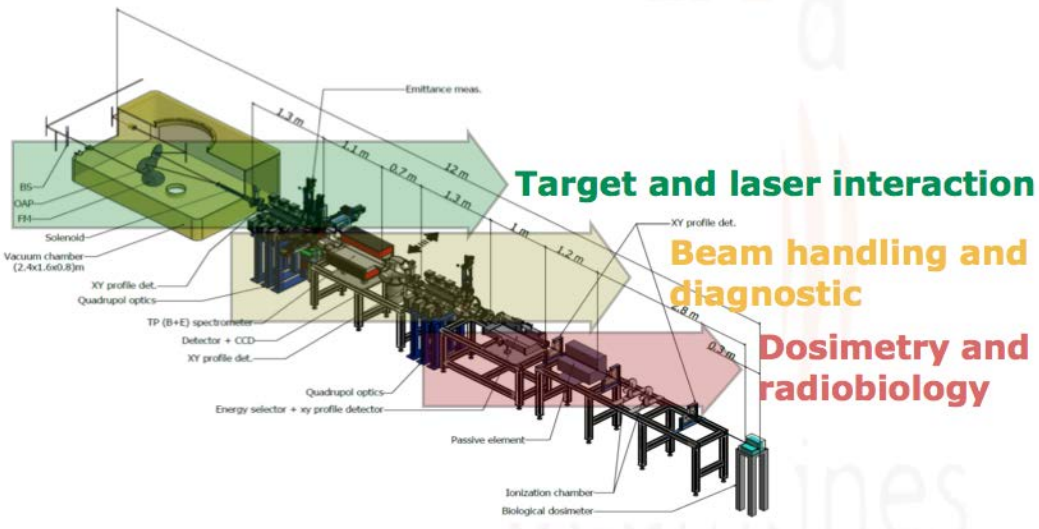


Figure 1. Schematic design of the Eli-Beamlines that will be realized at Prague.

2. The energy selector system

The ESS prototype has been designed to work in the energy range between 1 and 60 MeV allowing to select a beam with an energy spread ranging from 1 to 30% according to the transmission efficiency that one wants to achieve. The prototype is a very compact system based on a series of four permanent magnetic dipoles with alternating gradient producing a magnetic field pattern and a movable slit aperture which is placed between the second and the third dipole. The magnetic fields corresponding to the second and the third dipole are parallel to each other but oriented antiparallel to the magnetic field of the first and the fourth dipole. As it has been pointed out in Refs. [21-23], similar magnetic systems can be particularly suitable for laser-driven ion beam applications. The proton beam enters the first dipole and then is horizontally spectrally dispersed in the first two dipoles. In this way it is possible to achieve a quite good separation between the particle trajectories for the different energies at the exit of the second dipole. Here, a movable slit will be used to let the particles within a narrow energy range enter the next deflecting sector and to stop all the others. The particles passing through the slit collimator are then refocused by the opposite gradient of the third and fourth dipole magnetic fields. The device has been provided with roller guides for the transversal movement of the two central dipoles and the longitudinal movement of the fourth one. In such a way, the two central dipoles can be displaced along the transversal direction allowing to increase the radial displacement and select the lowest energy component of the energy spectrum and the last bending magnet can be moved along the longitudinal axis allowing to compensate for possible magnetic field asymmetries. The slit has been also provided with a remote actuator. The linear actuators are remote controlled by a dedicated software that allows to set and check the relative position of the slit and the magnets.

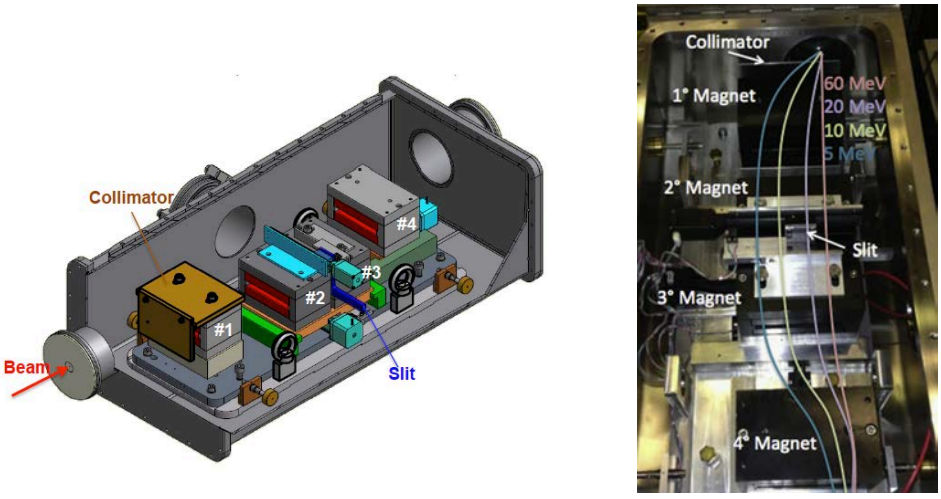


Figure 2. Sketch of the ESS inside its dedicated vacuum chamber (left) and a picture of the ESS with the schematic view of the particle trajectories at different energies (right).

The assembly of the first ESS prototype has been completed in April 2013. The four dipoles are mounted on a platform, the whole system is about 65 cm long and about 20 cm wide. Each dipole is made of Neodymium (NdFeB) magnet, the gap is 100 mm wide and 89 mm long, and produces a magnetic field of about 0.85 T. The distance between the first and the second dipole and the third and the fourth dipole is 85 mm whereas the distance between the second and the third dipole is 10 mm. In order to control the ingoing and the outgoing beam spot sizes and to reduce the spatial mixing effect of the trajectories entering the ESS, as well, two collimators will be placed upstream and downstream the selector system. The collimation system has been already designed and realized and, in particular, the last collimator has been provided with an actuator so as to compensate for any possible beam misalignment. A vacuum chamber has been also specifically designed for the ESS system and it has been delivered at the LNS in May 2013. Figure 2 shows a sketch of the ESS prototype placed inside the vacuum chamber and a picture the realized device, together with a schematic representation of the particle trajectories for different energies.

The ESS has been simulated with the Geant4 Monte Carlo toolkit and preliminary tested at INFN-LNS in Catania with proton beams accelerated by the Superconducting Cyclotron [24, 25]. Moreover, a precise calibration of the device has been carried out with mono-energetic beams delivered by the SMP TANDEM 13 MV at LNS and by the CN accelerator at Laboratori Nazionali di Legnaro. Recently, the ESS has been also characterized with laser-driven proton beams at the TARANIS facility in Belfast, in order to study its performance with non-conventional beams.

References

1. G. Mourou, T. Tajima, S.V. Bulanov, Rev. Mod. Phys 78 (2006) 309.
2. H. Daido, M. Nishiuchi, A.S. Pirozhkov, Rep. Prog. Phys. 75 (2012).
3. S.C. Wilks, et al., Phys. Plasmas 8 (2001) 542.
4. S.V. Bulanov, et al., Phys. Lett. A 299 (2002) 240.
5. E. Fourkal, I. Velchev, C.-M. Ma, Phys. Rev. E 71 (2005) 0364121.
6. T. Esirkepov, et al., Phys. Rev. Lett. 92 (2004) 1750031.
7. Y. Sentoku, et al., Phys. Rev. E 62 (2000) 7271.
8. A.V. Kuznetsov, et al., Plasma Phys. Rep. 27 (2011) 211.
9. D. Haberberger, et al., Nat. Phys. 8 (2012) 95.
10. F. Fiuza, et al., Phys. Rev. Lett. 109 (2012) 50011.
11. D. Margarone, G.A.P. Cirrone, G. Cuttone, G. Korn, AIP Conf. Proc. 1546, 1-1. http://dx.doi.org/10.1063/1.4816599.

12. L. Yin, et al., Phys. Plasmas 14 (2007)
13. S.S. Bulanov, et al., Med. Phys. 35 (2008) 1770.
14. S.S. Bulanov, et al., Phys. Rev. E 78 (2008) 0264121.
15. K.W. Ledingham, W. Galster, R. Sauerbrey, Br. J Radiol. 80 (Nov 959) (2007) 855, Epub 2007 Sep 3.
16. S. Schell, J.J. Wilkens, Med. Phys. 37 (10) (2010) 5330.
17. F. Fiorini, et al., Phys. med. Biol. 56 (2011) 6969.
18. G.A.P. Cirrone, et al., Acta Polytech., submitted for publication.
19. G.A.P. Cirrone, et al., in: Laser Acceleration of Electrons, Protons, and Ions II and Medical Applications of Laser-Generated Beams of Particles II and Harnessing Relativistic Plasma Waves III, 87791I. Proceedings of SPIE 8779, May 9, 2013. http://dx.doi.org/10.1117/12.2026530.
20. M. Maggiore, et al., AIP Conf. Proc. 1546, 34–43.
21. E. Fourkal, J.S. Li, M. Ding, T. Tajima, C.-M. Ma, Med. Phys. 30 (2003) 1660.
22. A. Yogo, et al., Nucl. Instrum. Methods A 653 (2011).
23. A. Yogo, et al., Appl. Phys. Lett. 98 (2011) 053701.
24. S. Agostinelli, et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 536 (3) (2003) 250.
25. V. Scuderi et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 740 (2014) 87.

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A RADIAZIONI IONIZZANTI A SCOPO MEDICO DELLA POPOLAZIONE: esperienza nella Regione Abruzzo CONFRONTO FRA I TRIENNI 2001-2003 / 2004-2006 E PROSPETTIVE FUTURE

Piera Turano[1], Francesco Stromei[2]

[1]U.O.S.D. Fisica Sanitaria - ASL Pescara, [2]U.O.S.D. Fisica Sanitaria - ASL Lanciano-Vasto-Chieti

N.D.R. Pubblichiamo un'integrazione all'articolo apparso nel numero precedente in cui si analizzano anche i dati di un altro triennio e si illustrano futuri sviluppi del lavoro

INTRODUZIONE

Con l'entrata in vigore del D.Lgs.n. 187/2000 [1], si stabilì l'obbligo, per le regioni, di effettuare periodiche *valutazioni dell'esposizione a radiazioni ionizzanti a scopo medico della popolazione*, ai sensi dell'art.12 del citato decreto legislativo. Dopo 13 anni si vuole dare qui una panoramica di quanto sia stato realizzato a tal riguardo nella Regione Abruzzo.

A recepimento di tale norma, la Regione Abruzzo emanò nel 2004 delle Linee Guida Regionali [2] per l'applicazione del D.Lgs. 187/2000, in cui si indicavano tra le altre cose anche le modalità e le poche informazioni che le strutture sanitarie (pubbliche e private) avrebbero dovuto fornire alla Direzione Sanità - Servizio Prevenzione Collettiva della Regione Abruzzo, per consentire la valutazione di dose alla popolazione intesa come stima della Dose Efficace Collettiva derivante dalle esposizioni mediche.

Questo consentì di sensibilizzare alla tematica in oggetto tutti quegli enti che avrebbero dovuto fornire i dati alla base delle valutazioni dosimetriche alla Regione Abruzzo. Fu attuata quindi la rilevazione (2005) di una serie di prestazioni radiologiche e di medicina nucleare, eseguite in Abruzzo nel primo triennio 2001-2002-2003, su cui si effettuò l'iniziale valutazione

dell'esposizione a scopo medico della popolazione Abruzzese [3]. I risultati di tale lavoro vennero prodotti al Ministero nel 2007.

Nel frattempo veniva presentata dal Gruppo di lavoro interregionale "Rischi da radiazioni" per ISS il documento *"Valutazione della dose alla popolazione per scopi medici ai sensi del DL.vo 187/2000: definizione della base dati e delle modalità di calcolo"*, riportato come allegato D5 nel rapporto ISTISAN 07/26 [4].

Con l'ausilio di tale strumento, perfezionata la metodica di raccolta ed elaborazione dei più numerosi dati, forniti dalle strutture sanitarie, con l'apporto di alcune modifiche ed integrazioni, si è arrivati a formulare la seconda valutazione della dose alla popolazione abruzzese, riferita alle indagini radiologiche e di medicina nucleare, eseguite in Abruzzo nel triennio 2004-2005-2006.

I risultati di tale lavoro vennero prodotti al Ministero nel 2013.

In tale occasione per la prima volta si è fatto uso della totalità delle indicazioni tecnico-dosimetriche fornite insieme al numero di procedure provenienti da ogni Struttura Sanitaria Pubblica a Privata della Regione Abruzzo, una laboriosa e prolungata indagine demoscopica che ha messo a dura prova l'esiguità delle forze in campo, ovvero gli scriventi.

Sulla base dell'esperienze precedentemente acquisite e delle problematiche incontrate si stanno mettendo a punto una serie di esemplificazioni che, nella speranza degli scriventi, dovrebbero servire a rendere l'ormai prossima valutazione della dose (2007-2008-2009) alla popolazione meno "macchinosa" ma altrettanto se non maggiormente "affidabile" dal punto di vista dosimetrico.

MATERIALI E METODI

Modalità di raccolta dati

Per entrambe le raccolte dati si è optato, sin dall'inizio, di:

- prendere in considerazione solo le attività di radiodiagnostica e medicina nucleare, escludendo le attività di radioterapia;
- richiedere direttamente i dati alle strutture sanitarie (Aziende Sanitarie pubbliche, Case di Cura e Studi Radiologici privati).

Pur nella difficoltà di coinvolgere gli operatori interessati in questo approccio analitico, si ritiene che ciò abbia consentito l'inclusione, nel numero delle prestazioni fornito, anche della frazione riferibile a gli esami erogati in regime di ricovero e in regime di libera professione; cosa che in genere non è possibile optando per la raccolta dati fatta direttamente dai flussi informativi del Sistema Sanitario Regionale.

I-Valutazione

Basandoci sui dati pubblicati dall'UNSCEAR 2000 [5], è stato selezionato un campione di indagini che rappresentassero almeno il 2% di contributo alla dose alla popolazione, alle quali sono state aggiunte (se non già presenti) le procedure per cui sono previste le verifiche dei Livelli Diagnostici di Riferimento (LDR) ai sensi della normativa vigente. Come già valutato anche in altre Regioni, si riusciva così a coprire col 67% di esami il 90% ca. della dose collettiva prodotta da procedure radiologiche non terapeutiche [6].

Nel dettaglio diciamo che sono state prese in considerazione le prestazioni radiologiche e di medicina nucleare di carattere diagnostico, individuando le procedure con le seguenti caratteristiche[7] :

- quelle per le quali fossero disponibili informazioni in grado di consentire valutazioni dosimetriche di adeguata attendibilità;
- quelle cui sono associate le implicazioni dosimetriche più rilevanti e quindi risultano da un lato maggiormente rischiose per il singolo paziente, dall'altro maggiormente in grado di contribuire alla dose efficace collettiva.

Ovvero:

1) tutte le indagini radiologiche e le procedure di Medicina Nucleare indicate nell'allegato II del D.Lgs 187/00,
2) gli esami del tratto gastro-intestinale superiore e inferiore,
3) le procedure di Angiografia e Radiologia Interventistica.

Inoltre, di fatto per la prima valutazione di dose alla popolazione i dati, raccolti su apposite schede predisposte all'uopo, comprendevano esclusivamente il numero di procedure effettuate ed erano privi di qualsiasi elemento di carattere tecnico-dosimetrico (tranne che per la Medicina Nucleare per la quale furono forniti anche i valori medi di attività di radiofarmaco somministrata).

II-Valutazione

In occasione della seconda stima di dose alla popolazione, con l'ausilio delle indicazioni contenute nel Rapporto ISTISAN 07/26, si è perfezionata la metodica di raccolta dei dati forniti dalle strutture sanitarie, con l'apporto di alcune modifiche ed integrazioni alle schede precedenti.

È stata dunque richiesta al Responsabile dell'Impianto Radiologico (avvalendosi dell'Esperto in Fisica Medica per le informazioni di carattere dosimetrico) la compilazione delle schede individuate nei seguenti allegati di seguito riportati.

Allegato 1. Esami di Radiologia Tradizionale su pazienti Adulti

Allegato 2. Esami TC su pazienti Adulti

Allegato 3. Procedure Interventistiche Radiologiche su pazienti Adulti

Allegato 4. Esami di Radiologia Tradizionale su pazienti Pediatrici con età compresa tra 6 mesi e 6 anni di vita

Allegato 5. Esami di Radiologia Tradizionale su pazienti in età neonatale - fino a 6 mesi

Allegato 6. Esami di Medicina Nucleare su pazienti Adulti

I dati raccolti comprendevano principalmente:

- Informazioni, per ogni singola procedura, relative alla numerosità indicando eventuali esposizioni multiple (dato necessario per una corretta valutazione della dose efficace al paziente).
- Informazioni tecniche procedurali ed impiantistiche (filtrazione totale del tubo radiogeno e parametri dell'esposizione: kVp, mAs).
- Informazioni fornite dall'Esperto in Fisica Medica, riguardanti gli indicatori dosimetrici (ESD, CTDI, etc…).

Per facilitare la composizione delle schede, è stata inviata inoltre contestualmente una guida alla compilazione a tutte le strutture coinvolte.

A differenza del caso precedente, si ritiene più interessante proporre in tale lavoro la visione delle schede di raccolta dati.

Allegato 1

Valutazione della dose alla popolazione per scopi medici ai sensi del D.Lgs. 187/2000

SCHEDA RACCOLTA DATI - PROCEDURE DI RADIOLOGIA TRADIZIONALE

Anno di riferimento:

Informazioni relative ad esami radiologici su PAZIENTI IN ETÀ ADULTA

Struttura sanitaria:			
Responsabile Impianto Radiologico:		**firma:**	
Esperto in Fisica Medica:		**firma:**	
Tipo apparecchiatura Rx impiegata:			***Indicare con precisione il produttore e il nome commerciale dell'apparecchiatura***
Identificativo Sala radiologica:			

N.B. La scheda va compilata per ogni apparecchiatura e per ogni sala radiologica presente nella struttura sanitaria

A cura del Responsabile dell'Impianto Radiologico						*A cura dell'Esperto in Fisica Medica*		
INFORMAZIONI GENERALI			**Informazioni tecniche**			**Informazioni dosimetriche**		
TIPOLOGIA INDAGINE	Numero esami effettuati: num. proiez. (per esame)*	nota (1)	KVp nota (2)	mAs nota (2)	Filtrazione totale tubo *(mmAl)*	ESD** *(mGy)*	Anno valutaz. LDR	Modalità di misura nota (3)
Rx ADDOME DIRETTO								
UROGRAFIA								
Rx BACINO per anche								
Rx TORACE	***AP***							
	LL							
Rx CRANIO	***AP***							
	PA							
	LL							
Rx RACHIDE LOMBARE***	***AP***							
	LL							
	PLS#							
MAMMOGRAFIA bilaterale *a tripla esposizione*								
MAMMOGRAFIA bilaterale *a doppia esposizione*								
MAMMOGRAFIA monolaterale *a tripla esposizione*								
MAMMOGRAFIA monolaterale *a doppia esposizione*								
Rx digerente 1°tratto								
Rx baritato del colon e/o del tenue								

* Per Rx addome, Urografia, Rx bacino, Rx digerente 1° tratto e Rx baritato del colon e del tenue indicare il numero medio di proiezioni eseguite

** Nel caso l'esame preveda più proiezioni, l'ESD va riferito alla singola proiezione

*** L'esame "rachide lombare" ricomprende anche l'indagine "rachide lombo-sacrale"

PLS: passaggio lombo-sacrale

(1) Indicare il numero degli esami effettuati. Nel caso che un esame preveda più tipi di esposizioni, indicare i dati separatamente

(2) Indicare KVp e mAs mediamente impiegati per esami su pazienti adulti normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale)

(3) Precisare se le misure di ESD sono state effettuate mediante TLD, DAP, misura su fantoccio, misura di rendimento del tubo adiogeno

Allegato 2

Valutazione della dose alla popolazione per scopi medici ai sensi del D.Lgs. 187/2000

SCHEDA RACCOLTA DATI - PROCEDURE DI TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA

Anno di riferimento:

Informazioni relative ad esami TC su PAZIENTI IN ETÀ ADULTA

Struttura sanitaria:			
Responsabile Impianto Radiologico:		**firma:**	
Esperto in Fisica Medica:		**firma:**	
Tipo apparecchiatura TC impiegata:			***Indicare con precisione il produttore e il nome commerciale dell'apparecchiatura TC***
Identificativo Sala radiologica:			

N.B. La scheda va compilata per ogni apparecchiatura e per ogni sala radiologica presente nella struttura sanitaria

A cura del Responsabile dell'Impianto Radiologico				*A cura dell'Esperto in Fisica Medica*		
INFORMAZIONI GENERALI				**Informazioni dosimetriche****		
TIPOLOGIA INDAGINE	Distretto anatomico esplorato	Numero esami effettuati*		$CTDI_w$ *(mGy)*	DLP*** *(mGy· cm)*	Anno valutaz. LDR
TC CRANIO	Encefalo	*Senza mdc*				
		Con mdc				
	Massiccio Facciale	*Senza mdc*				
		Con mdc				
	Rocche petrose	*Senza mdc*				
		Con mdc				
	Dentalscan (1 arcata)	*Senza mdc*				
		Con mdc				
	Collo	*Senza mdc*				
		Con mdc				
TC TORACE		*Senza mdc*				
		Con mdc				
TC ADDOME	Addome superiore*	*Senza mdc*				
		Con mdc				
	Addome inferiore* (pelvi)	*Senza mdc*				
		Con mdc				
TC RACHIDE LOMBARE		*Senza mdc*				
		Con mdc				

* Gli esami contrastografici bifasici o trifasici vanno moltiplicati per 2 o 3

** Indicare $CTDI_w$ e DLP valutati per esami su pazienti adulti normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale)

Allegato 3

Valutazione della dose alla popolazione per scopi medici ai sensi del D.Lgs. 187/2000

SCHEDA RACCOLTA DATI - PROCEDURE INTERVENTISTICHE

Anno di riferimento:

PAZIENTI IN ETÀ ADULTA

Struttura sanitaria:			
Responsabile Impianto Radiologico:		**firma:**	
Esperto in Fisica Medica:		**firma:**	
Tipo apparecchiatura impiegata:			***Indicare con precisione il produttore e il nome commerciale dell'apparecchiatura***
Identificativo Sala radiologica:			

N.B. La scheda va compilata per ogni apparecchiatura e per ogni sala radiologica presente nella struttura sanitaria

A cura del Responsabile dell'Impianto Radiologico			*A cura dell'Esperto in Fisica Medica*	
INFORMAZIONI GENERALI			**Informazioni dosimetriche***	
AMBITO	Tipologia Procedura	Numero procedure nell'anno	Tempo medio di fluoroscopia (min.)	DAP medio (Gy· cm2)
INTERVENTISTICA CARDIOLOGICA	Angiografia coronarica			
	Angiografia coronarica (PTCA) +impianto valvola aortica			
	Studi elettrofisiologici			
	Ablazione cardiaca a radiofrequenza			
	Impianto/sostituzione pacemaker o defibrillatore			
INTERVENTISTICA NEUROLOGICA	Angiografia cerebrale			
	Angiografia delle carotidi			
	Posizionamento stent carotideo			
	Trattamento di ernia discale			
	Embolizzazione cerebrale			
INTERVENTISTICA VASCOLARE	Angiografia periferica			
	Angiografia addominale			
	Embolizzazione vasi addominali			
	Embolizzazione vasi periferici			
	Chemioembolizzazione epatica			
	Angioplastica periferica			
	Stenting arterie periferiche			
	Angioplastica renale (stent a. renali)			
	TIPS			
	Embolizzazione fibroma uterino			
	Scleroterapia varicocele			
	Angiografia degli arti			
	Lombare			
INTERVENTISTICA EXTRAVASCOLARE	Biopsia			
	Termoablazione (RF) epatica			
	Nefrostomia			
	Posizionamento stent uretrale			
	Dilatazione uretrale (uretroplastica)			
	Colangiografia percutanea			
	Drenaggio biliare			
	Posizionamento stent biliare			
	Rimozione percutanea calcoli biliari			
	Drenaggio percutaneo cisti			
	Uretroplastica			
	Drenaggio ascesso percutaneo			

* Indicare tempi di scopia e DAP medi, relativi a procedure su pazienti adulti normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale)

Allegato 4

Valutazione della dose alla popolazione per scopi medici ai sensi del D.Lgs. 187/2000

SCHEDA RACCOLTA DATI - PROCEDURE DI RADIOLOGIA TRADIZIONALE

Anno di riferimento:

Informazioni relative ad esami radiologici su PAZIENTI PEDIATRICI (6 mesi < età < 6 anni)

Struttura sanitaria:			
Responsabile Impianto Radiologico:		**firma:**	
Esperto in Fisica Medica:		**firma:**	
Tipo apparecchiatura Rx impiegata:		***Indicare con precisione il produttore e il nome commerciale dell'apparecchiatura***	
Identificativo Sala radiologica:		**N.B. La scheda va compilata per ogni apparecchiatura e per ogni sala radiologica presente nella struttura sanitaria**	

A cura del Responsabile dell'Impianto Radiologico						*A cura dell'Esperto in Fisica Medica*		
INFORMAZIONI GENERALI			**Informazioni tecniche**			**Informazioni dosimetriche**		
TIPOLOGIA INDAGINE	Numero esami effettuati		KVp nota (2)	mAs nota (2)	Filtrazione totale tubo *(mmAl)*	ESD *(mGy)*	Anno valutaz. LDR	Modalità di misura nota (3)
	num. proiez. (per esame)*	nota (1)						
Rx ADDOME								
Rx BACINO per anche (pelvi)								
Rx TORACE	***AP/PA***							
	LL							
Rx CRANIO	***AP***							
	PA							
	LL							

* Per gli esami "Rx addome" e "Rx bacino" indicare il numero medio di proiezioni eseguite

(1) Indicare il numero degli esami effettuati. Nel caso che un esame preveda più tipi di esposizioni, indicare i dati separatamente

(2) Indicare KVp e mAs mediamente impiegati per esami su pazienti di età pari a 5 anni

(3) Precisare se le misure di ESD sono state effettuate mediante TLD, DAP, misura su fantoccio, misura di rendimento del tubo radiogeno

Allegato 5

Valutazione della dose alla popolazione per scopi medici ai sensi del D.Lgs. 187/2000

SCHEDA RACCOLTA DATI - PROCEDURE DI RADIOLOGIA TRADIZIONALE

Anno di riferimento:

Informazioni relative ad esami radiologici su PAZIENTI NEONATI (età < 6 mesi)

Struttura sanitaria:			
Responsabile Impianto Radiologico:		**firma:**	
Esperto in Fisica Medica:		**firma:**	
Tipo apparecchiatura Rx impiegata:		***Indicare con precisione il produttore e il nome commerciale dell'apparecchiatura***	
Identificativo Sala radiologica:		**N.B. La scheda va compilata per ogni apparecchiatura e per ogni sala radiologica presente nella struttura sanitaria**	

A cura del Responsabile dell'Impianto Radiologico						*A cura dell'Esperto in Fisica Medica*		
INFORMAZIONI GENERALI			**Informazioni tecniche**			**Informazioni dosimetriche**		
TIPOLOGIA INDAGINE	Numero esami effettuati		KVp nota (2)	mAs nota (2)	Filtrazione totale tubo *(mmAl)*	ESD *(mGy)*	Anno valutaz. LDR	Modalità di misura nota (3)
	num. proiez. (per esame)	nota (1)						
Rx TORACE*	***AP***							
Rx BACINO								

* L'esame "Rx torace" ricomprende anche l'indagine dell'addome

(1) Indicare il numero degli esami effettuati. Nel caso che un esame preveda più modalità di esposizione, indicare i dati separatamente

(2) Inserire KVp e mAs mediamente impiegati per esami su pazienti di età neonatale

(3) Precisare se le misure di ESD sono state effettuate mediante TLD, DAP, misura su fantoccio, misura di rendimento del tubo radiogeno

Allegato 6

Valutazione della dose alla popolazione per scopi medici ai sensi del D.Lgs. 187/2000

SCHEDA RACCOLTA DATI - PROCEDURE MEDICO-NUCLEARI | Anno di riferimento:

Struttura sanitaria:			
Responsabile Impianto Radiologico:		**firma:**	
Esperto in Fisica Medica:		**firma:**	
Identificativo Sala radiologica:			

N.B. La scheda va compilata per ogni apparecchiatura e per ogni sala radiologica presente

A cura del Responsabile dell'Impianto Radiologico

INFORMAZIONI GENERALI			Informazioni dosimetriche
Tipo indagine Medico-Nucleare	RADIOFARMACO	**Numero esami nell'anno**	**Attività media * somministrata (MBq)**
Captazione tiroidea	^{123}I-Ioduro		
Captazione tiroidea	^{131}I-Ioduro		
Scintigrafia tiroidea	^{123}I-Ioduro		
Scintigrafia tiroidea	^{99m}Tc- pertecnetato		
Scintigrafia delle paratiroidi	^{201}Tl-cloruro		
Scintigrafia delle paratiroidi	^{99m}Tc-MIBI		
Scintigrafia delle paratiroidi	^{99m}Tc- pertecnetato		
Scintigrafia surrenalica corticale	^{131}I-norcolesterolo (NP59)		
Scintigrafia renale	^{99m}Tc-DMSA		
Scintigrafia sequenziale renale	^{99m}Tc-DTPA		
Scintigrafia sequenziale renale	^{99m}Tc-MAG3		
Scintigrafia epatica	^{99m}Tc-colloidi		
Scintigrafia sequenziale epato-biliare	^{99m}Tc-IDA		
Transito esofago gastroduodenale	^{99m}Tc-ingesti solidi e liquidi		
Transito esofago gastroduodenale	^{111}In-ingesti solidi e liquidi		
Valutazione mucosa gastrica eterotopica	^{99m}Tc-pertecnetato		
Scintigrafia miocardica di perfusione	^{99m}Tc-MIBI (o tetrofosmina)		
Scintigrafia miocardica di perfusione	^{201}Tl-cloruro		
Angiocardioscintigrafia all'equilibrio	^{99m}Tc-emazie		
Tomoscintigrafia cerebrale (SPET)	^{99m}Tc-HMPAO (o ECD)		
Scintigrafia polmonare perfusionale	^{99m}Tc-MAA		
Scintigrafia polmonare ventilatoria	^{99m}Tc-Aerosol		
Scintigrafia ossea o articolare	^{99m}Tc-difosfonati		
Tomoscintigrafia ossea o polifasica	^{99m}Tc-difosfonati		
Scintigrafia del midollo osseo	^{99m}Tc-colloidi		
Scintigrafia con traccianti immunologici	^{99m}Tc-MoAb		
Studio scintigrafico di neoplasie	^{201}Tl-cloruro		
Studio scintigrafico di neoplasie	^{99m}Tc-MIBI (o tetrofosmina)		
Studio scintigrafico di neoplasie	^{67}Ga-citrato		
Studio scintigrafico di neoplasie	^{131}I-MIGB		
Studio scintigrafico di neoplasie	^{131}I-ioduro (total body)		
Studio scintigrafico di neoplasie	^{111}In-ocreotide		
Studio scintigrafico di processi flogistici	^{111}In-leucociti		
Studio scintigrafico di processi flogistici	^{99m}Tc-leucociti		
Scintigrafia linfatica e linfoghiandolare	^{99m}Tc-colloidi		

** Indicare l'attività più frequentemente utilizzata per paziente normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale)*

Modalità di elaborazione e valutazione dati pervenuti

I-Valutazione

Acquisito il numero di indagini radiologiche bisognava associare a ciascuna procedura un "dato dosimetrico" che consentisse poi di stimare il relativo valore di dose efficace.

Per la prima valutazione di dose alla popolazione si scelse [7] di associare a tutte le prestazioni di cui all'allegato II del D.Lgs.187/2000 il relativo Livello Diagnostico di Riferimento, mentre alle procedure non ricomprese negli LDR sono state associati valori medi tipici tratti dalla letteratura [? A chi si riferisce?].

Criticità del Metodo:

La scelta di associare il valore di LDR presente nel D.Lgs. 187/00 è stata presa nella consapevolezza che ciò avrebbe potuto portare a una sovrastima della Dose Efficace Collettiva (gli LDR non sono definiti come valori medi, ma sulla base del 75° percentile). Tale sovrastima appariva confermata dai dati dosimetrici allora disponibili per le ASL di Chieti e Teramo.

II-Valutazione

In occasione della seconda stima di dose alla popolazione, l'obiettivo di interesse è stato individuato nella stima della Dose Efficace Collettiva, da cui ricavare una stima della Dose Efficace pro capite (media) della popolazione abruzzese.

I dati raccolti comprendono principalmente:

- Informazioni sul n. degli esami effettuati nell'anno indicato per ogni singola procedura, con la possibilità di indicare eventuali esposizioni multiple (dato necessario per una corretta valutazione della dose efficace al paziente).
- Informazioni tecniche procedurali ed impiantistiche.
- Informazioni dosimetriche fornite dall'Esperto in Fisica Medica, riguardanti la dose (ESD, CTDI, DLP, DAP).
- Nel caso della Medicina Nucleare il dato che consente di ottenere dose efficace impegnata è il valore di attività somministrata attraverso i coefficienti di conversione mSv/MBq contenuti nella Pubblicazione 80 della ICRP .

La modalità di valutazione della dose:

- Radiologia tradizionale(Adulti e Pediatrica) [8], [9].

- TC [10].
- Radiologia interventistica [10].
- Medicina Nucleare: [11].

Criticità del Metodo:

- *Forma ed esaustività dei dati*

Osserviamo che non tutte le strutture sanitarie hanno inviato la quantità dei dati necessari alla valutazione di dose alla popolazione ed inoltre alcune di esse hanno evidenziato difficoltà a fornire le informazioni nella forma richiesta.

- *Informatizzazione dei dati*

Le schede sono pervenute in forma cartacea erano superiori a quelle informatizzate, conseguentemente per creare un *data base* si sono dovuti trascrivere la maggior parte dei dati, ciò apportando una notevole perdita di tempo e probabili errori di trascrizione.

- *Assunzioni principali*

Per esprimere gli esami cumulati in esami distinti per proiezione si sono inizialmente suddivisi i dati in tre gruppi (corrispondenti alle tre tipologie di strutture sanitarie):

- Strutture Pubbliche .
- Case di Cura private .
- Studi Radiologici privati .

Nell'ambito di ciascun gruppo, applicando il criterio generale espresso in precedenza, si è stimata la dose efficace media.

Tale valore si è poi esteso ai centri di pari categoria con dati non completi o indistinti, pesando successivamente per il numero di esami del centro considerato per trovare il loro contributo alla dose collettiva.

Si ha motivo di ritenere che ciò possa costituire una non trascurabile, ma di difficile quantificazione, fonte di errore nella presente valutazione della dose collettiva.

RISULTATI

Nelle (fig. *7*), (fig. *8*), sono riportate in forma di diagramma le valutazioni dell'esposizione a scopo medico della popolazione abruzzese, relativamente ai due trienni, per le diverse procedure radiologiche considerate.

Nelle tabelle seguenti (fig *9*) e (fig *10*) sono messi a confronto per i due trienni considerati i seguenti indicatori [12]-[13]-[14]-[15]:

- numero di procedure pro-capite
- dose efficace pro-capite.

La dose efficace collettiva alla popolazione della Regione Abruzzo mediata nel primo triennio ed imputabile ad esposizioni mediche è pari a 1362 Sv x persona, corrispondente ad una dose efficace pro capite di circa 1.1 mSv.

La dose efficace collettiva alla popolazione della Regione Abruzzo mediata nel secondo triennio in studio ed imputabile ad esposizioni mediche è pari a 2009 Sv x persona, corrispondente ad una dose efficace pro capite di circa 1.5 mSv.

L'analisi dei risultati delle valutazioni dosimetriche condotte induce alcune riflessioni.

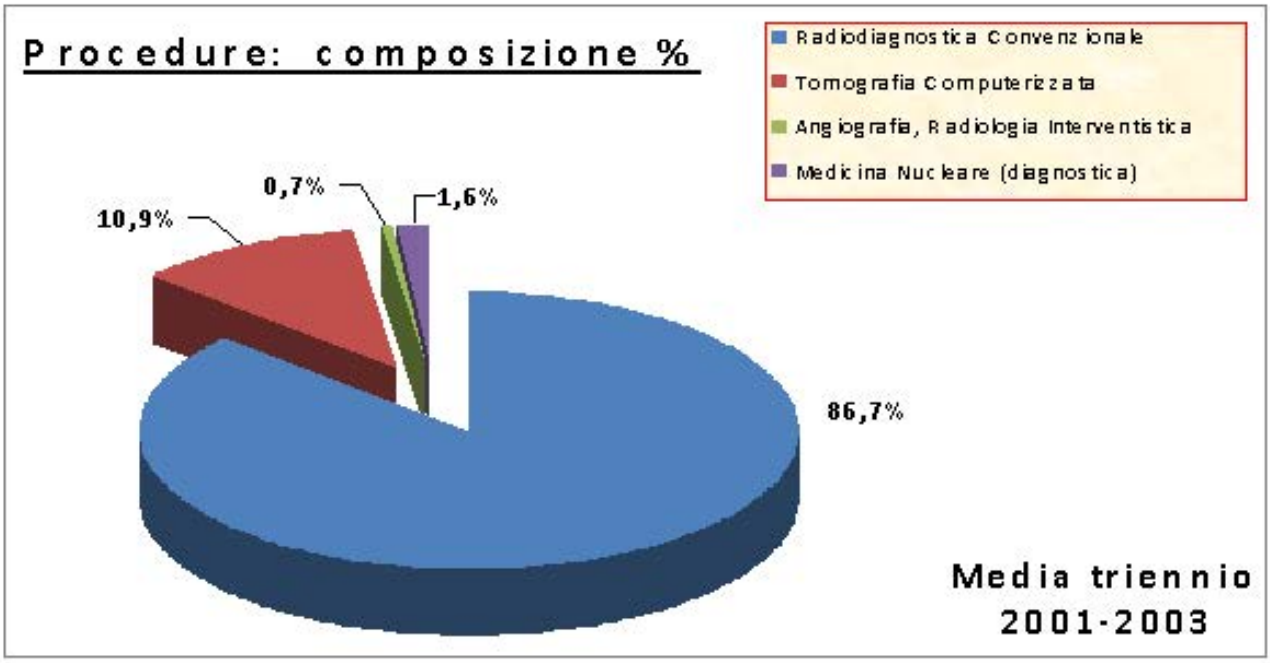
1) La stima della dose efficace individuale appare congruente con valutazioni effettuate a livello internazionale: ad esempio, nel rapporto UNSCEAR [1] si afferma che il valore di dose efficace assorbita pro-capite nell'anno 2000 per la diagnostica medica è pari a 0,4 mSv (media mondiale), mentre per i paesi di livello 1 (massima attenzione per la salute umana) il valore sale mediamente a 1,3 mSv con punte in EUROPA di 1.9 mSv (Germania)[12] e negli Stati Uniti addirittura di 3.1mSv [13] .

   Si rileva peraltro che la stima dosimetrica effettuata, pur riguardando gli esami che per numerosità e impegno dosimetrico contribuiscono maggiormente alla dose efficace individuale e collettiva, non ha comunque riguardato la totalità delle prestazioni radiologiche. Pur nell'ambito dei limiti sopra indicati, i risultati ottenuti mostrano che il maggior contributo alla Dose Efficace Collettiva risulta legato alla effettuazione di esami di radiodiagnostica e che in tale ambito la tomografia computerizzata (TC) da sola contribuisce per circa il 75%.

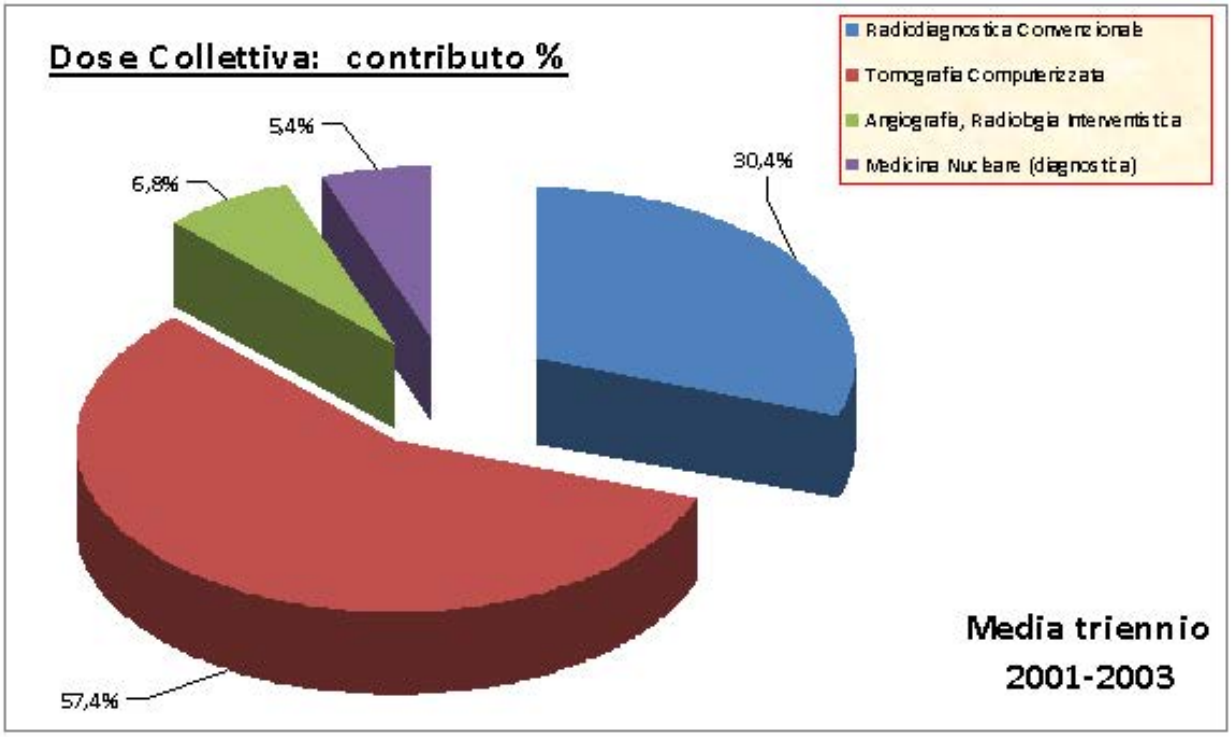
   Si evidenzia che in questa occasione, a differenza del triennio precedente, il dato dosimetrico è stato moltiplicato per un fattore due oppure tre in tutti quei casi in cui l'esame effettuato è avvenuto con m.d.c., così come indicato dal Rapporto ISTISAN 07/26 [4].

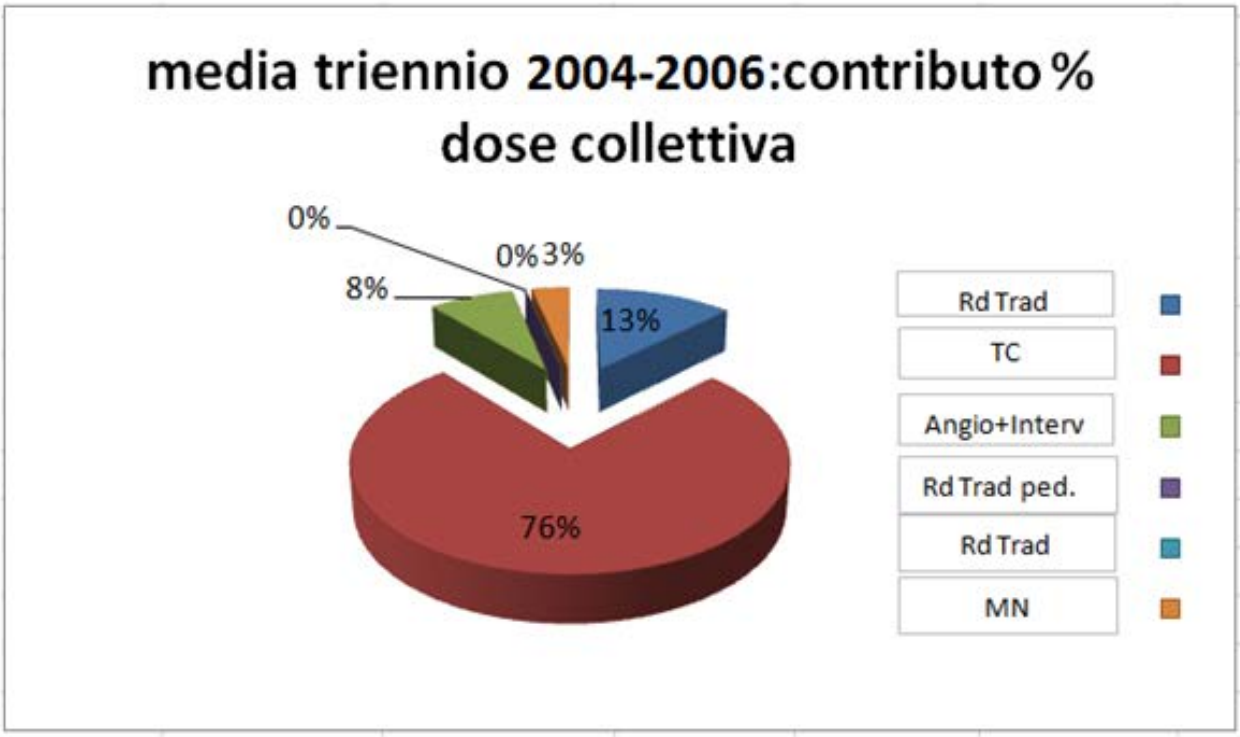
   Conseguentemente l'aumento dosimetrico dovuto a questo tipo di procedura potrebbe non essere imputabile ad un reale incremento di dose, anche se nel primo triennio il valore di dose associato era di fatti sovrastimato poiché ricavato dai LDR.
2) Risulta importante il contributo alla dose efficace collettiva da parte delle procedure di medicina nucleare ed interventistica rispettivamente con il 3.3% 7.6%; inoltre è in tale ambito che si effettuano, anche se numericamente limitate, le procedure che comportano le più elevate dosi efficaci assorbite dal paziente.
3) Per quanto attiene la radiodiagnostica l'esame radiologico del torace, come atteso, risulta il più diffuso, seguito dall'esame del rachide L/S e la mammografia.

(fig. *7*), (anni a confronto 2001-2002-2003 e 2004-2005-2006)



(fig. *8*), anni a confronto 2001-2002-2003 e 2004-2005-2006)


Dose Collettiva: contributo %
Radiodiagnostica Convenzionale
Tomografia Computerizzata
Angiografia, Radiologia Interventistica
Medicina Nucleare (diagnostica)
5,4%
6,8%
30,4%
57,4%
Media triennio
2001-2003


media triennio 2004-2006:contributo %
dose collettiva
0%
0%
3%
8%
13%
76%
Rd Trad
TC
Angio+Interv
Rd Trad ped.
Rd Trad
MN

(fig. 9),

Triennio 2001-2002-2003	n. esami in %	contr. Dose collettiva in %	Dose efficace media
Convenzionale	86,72%	30,37%	1,1
T.C.	10,92%	57,44%	
Angiografia, R.I.	0,75%	6,76%	
Radiologia neonati	0,00%	0,00%	non pervenuto
Radiologia bambini	0,00%	0,00%	non pervenuto
Medicina Nucleare	1,61%	5,43%	

(fig. *10*),

Triennio 2004-2005-2006	n. esami in %	contr. Dose collettiva in %	Dose efficace media
Convenzionale	78,833%	12,492%	1,5
T.C.	16,592%	76,455%	
Angiografia, R.I.	1,099%	7,677%	
RadiologiaPediatrica	1,286%	0,024%	
RadiologiaPediatrica	0,527%	0,002%	
Medicina Nucleare	1,663%	3,350%	

CONCLUSIONE

Pur tenendo presente la non omogeneità dei dati utilizzati per la stima alla dose alla popolazione nei trienni differenti, (con particolare riferimento ai dati acquisiti relativamente alle TC con mdc), può risultare interessante un confronto tra i risultati ottenuti nel presente elaborato con quelli della precedente valutazione.

Le frequenze delle singole tipologie d'esame risultano modificate; in particolare, le procedure complesse ad alta dose hanno subito un incremento: gli esami TC sono passati dal 10.9% al 16.6%; insieme alle procedure angiografiche ed interventistiche, che nel 2001-2003 rappresentavano lo 0.7% mentre nel 2004-2006 costituiscono l'1.1%. Diminuito di contro il numero di tutti quegli esami a proiezione (la cosiddetta radiologia convenzionale) che passa da 86.7% al 78.8%.

Stazionario il volume di attività della Medicina Nucleare da 1.6% ad 1.7%. Per la prima volta valutato il volume percentuale di esami per la radiologia pediatriche che tra bambini e neonati costituisce l'1.8% con un contributo alla dose globale dello 0.02%.

Con i dati a nostra disposizione e coscienti delle diverse criticità metodologiche illustrate in precedenza, possiamo immaginare che l'aumentata frequenza di tutte le procedure al alta dose si ripercuoterebbe sulla dose pro capite che risulta infatti aumentata di circa un terzo del valore stimato nel triennio precedente, correlandosi con gli aumenti di un terzo delle procedure TC rilevate (con mdc). Si evidenzia infatti che il contributo alla dose totale di questa tipologia di esame passa dal 57% al 76%. Per la radiologia interventistica e la Medicina Nucleare l'incidenza resta mediamente intorno rispettivamente al 7.6% (contro il 6.7% del triennio precedente) e 3.3% (contro il 5.4% del triennio precedente).

Alla luce di quanto detto, per emettere delle stime più realistiche avendo alla base dati più precisi, si preferisce aspettare l'esito dell'elaborazione del triennio 2007-2008-2009, ormai in dirittura di arrivo.

L'indagine consigliabile da intraprendere sembra essere quella campionaria, selezionando quelle strutture che meglio hanno fornito le informazioni dosimetriche in maniera definita. Ai fini del calcolo della dose collettiva sarà necessario effettuare raggruppamenti omogenei rispetto alle tecniche di esecuzione e successivamente estendere quanto stimato all'intero campione, che almeno quello deve essere a disposizione come dato.

In questa maniera si spera di produrre un risultato annualmente.

La numerosità dei dati e l'esiguità del personale dedicato da parte della Regione Abruzzo, impone questo tipo di scelta, utile tra l'altro anche per ottenere stime basate su dati si spera sempre più omogenei tra loro ed arrivare quindi a conclusioni più consistenti.

BIBLIOGRAFIA

1. Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n.187: "Attuazione della direttiva 97/43/Euratom in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse a esposizioni mediche"; G.U.R.I. n.157, 7/07/2000.
2. Delibera della Giunta Regionale n.129 : "Linee Guida per l'applicazione del D. Lgs. 26 maggio 2000, n.187 in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse ad esposizioni mediche"; BURA del 12/03/2004.

3. F. Stromei, P. Turano et al.: "Valutazione dell'esposizione a scopo medico della popolazione abruzzese"; Poster – VI Congresso Nazionale AIFM, Reggio Emilia 2009.
4. Istituto Superiore di Sanità - Gruppo di studio per l'assicurazione di qualità in radiodiagnostica Rapporto ISTISAN 07/26 "Linee guida per la garanzia di qualità in radiologia diagnostica e interventistica"-2007.
5. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Annex D: Medical radiation exposures.
6. R. Padovani: "Valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione del Friuli-Venezia Giulia"; Fisica in Medicina I/2003.
7. Regione Lombardia – Direzione Generale Sanità - Unità Organizzativa Prevenzione, "La radioprotezione in campo sanitario in Lombardia" , novembre 2002
8. D. Hart, D.G Jones, B.F Wall, "Estimation of effective dose in diagnostic radiology from entrance surface dose and dose-area product measurements", NRPB R262, 1994
9. EUR 16262 : "European Guidelines on quality criteria for computed tomography", 1999.
10. ICRP Pubblication 80: "Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals", Addendum to ICRP 53, 1998
11. R.E Toohey, M.G Stabin: "Comparative Analysis of Dosimetry Parameters for Nuclear Medicine", aprile 1996
12. Tofani et al : "Valutazione dell'impatto radiologico delle esposizioni mediche della regione Toscana", , Congresso Nazionale AIFM, giugno 2005.
13. De Crescenzo et al: "Modalità di valutazione della dose collettiva alla popolazione per esposizioni mediche", , Congresso nazionale di Radioprotezione 2004 Verona.
14. G. Belli e F, D'Elia : "Danni da radiazioni ionizzanti: esposizione individuale e collettiva", Corso di aggiornamento Arezzo 2011.
15. G. Compagnone, P. Angelini, S. Boni : "Valutazione della dose efficace collettiva alla popolazione Emiliano-Romagnola per esposizioni a scopo medico", - .AIFM 2003, Poster.

Il Radon nella nuova direttiva europea

Antonella del Vecchio

L'esposizione al RADON è considerata una fonte di rischio sempre più importante non solo dalla direttiva europea sulla radioprotezione, ma anche dalle leggi nazionali degli stati membri sulla protezione dei lavoratori e sulla tutela della salute della popolazione in genere. Al centro di tutti gli articoli della nuova BSS riguardanti l'esposizione al radon c'è l'idea di salute nel senso più ampio del termine, al punto che viene chiesto agli stati membri di prendere coscienza che il tabagismo, in combinazione con l'inalazione di radon, moltiplica il rischio di carcinoma polmonare e si invitano i governi a porre rimedio ad entrambi i problemi.

Il campo d'applicazione del decreto diviene quindi molto vasto : non si parla più solamente di lavoratori ma di protezione della popolazione in tutti gli ambienti chiusi in cui le persone possono essere soggette ad esposizioni da Radon e/o da altri emettitori gamma; si supera il concetto di ambiente di lavoro e si parla esplicitamente di ambiente nel senso generale del termine.

Enfatizzando l'idea di salute, la direttiva afferma che : *"..La contaminazione dell'ambiente può rappresentare una minaccia per la salute umana. Lo stato dell'ambiente può incidere sulla salute umana a lungo termine ed occorre quindi una politica di protezione dell'ambiente dagli effetti dannosi delle radiazioni ionizzanti. Ai fini della protezione della salute umana a lungo termine, occorre tener conto di criteri ambientali basati su dati scientifici riconosciuti a livello internazionale."*

Per la prima volta è presente un articolo specifico (74) che riguarda la concentrazione di radon nelle abitazioni e che impone agli Stati membri di promuovere interventi volti a individuare le abitazioni che presentino concentrazioni di radon superiori al livello di riferimento nazionale e ad incoraggiare misure di riduzione della concentrazione di radon in tali abitazioni. E' prevista anche una mappatura delle zone in cui si prevede che la concentrazione di radon superi il livello di riferimento nazionale in un numero significativo di edifici.

Come azione preventiva, al fine di limitare l'ingresso negli edifici nuovi del radon e di altri emettitori che invece emettono gamma, i legislatori europei hanno ritenuto opportuno stabilire livelli di riferimento anche per le emissioni da materiali da costruzione ed introdurre indicazioni specifiche per quanto riguarda la concentrazione dei residui industriali radioattivi che tali materiali

possono contenere. La direttiva raccomanda che vengano introdotte anche specifiche prescrizioni nell'ambito delle norme edilizie nazionali.

Sempre in riferimento ai materiali da costruzione considerati “pericolosi”, prima della loro immissione sul mercato sarà necessario : determinare le concentrazioni dei radionuclidi in essi presenti, fornire su richiesta alle autorità competenti informazioni sui risultati delle misure effettuate e, qualora si accerti il possibile superamento delle dosi massime ammissibili, adottare misure appropriate atte a contenere tali dosi.

Riguardo alla determinazione dei livelli di riferimento da adottare, la normativa cita i risultati di recenti studi epidemiologici che segnalano un aumento significativo del rischio di carcinoma polmonare dovuto all'esposizione prolungata al radon in ambienti chiusi. Sebbene il valore di concentrazione riportato negli studi sia dell'ordine di soli 100 Bq/m^3, il valore consigliato per la media annua della concentrazione di attività aerea è 300 Bq/m^3. Gli Stati membri saranno poi liberi di stabilire i livelli di riferimento nazionali, e, qualora uno stato decidesse di stabilire un livello di riferimento superiore a 300 Bq/m^3, deve informarne la Commissione Europea.

In ambito lavorativo è previsto che l’esposizione al Radon debba essere monitorata e sommata alle dosi derivanti da tutte le esposizioni professionali pianificate derivanti da tutte le pratiche autorizzate nello stabilire la dose ed i limiti di dose per i lavoratori.

Nel caso in cui il radon penetri nei luoghi di lavoro dal sottosuolo, tale situazione dovrebbe essere considerata una situazione di esposizione esistente (la presenza di radon è indipendente dalle attività umane) e quindi non è da considerarsi pratica radiologica. Se però ci fosse una situazione di costante superamento del livello di riferimento nazionale, oltre ad adottare misure appropriate per ridurre l'esposizione, i suddetti luoghi di lavoro devono essere notificati e, se la dose efficace ai lavoratori dovesse superare i 6 mSv/anno, la loro esposizione deve essere gestita come per le situazioni di esposizioni pianificate.

Gli Stati membri dovranno inoltre definire un piano d'azione nazionale che affronti i rischi di lungo termine dovuti alle esposizioni al radon nelle abitazioni, negli edifici pubblici e nei luoghi di lavoro per qualsiasi fonte di radon, sia essa il suolo, i materiali da costruzione o l'acqua.

Nell’ elaborazione del piano d'azione, sarà necessario tenere in considerazione alcuni elementi elencati nella direttiva europea, quali ad esempio:

“…

1) Strategia per l'esecuzione di indagini sulle concentrazioni di radon in ambienti chiusi o concentrazioni di gas nel suolo al fine di stimare la distribuzione delle concentrazioni di radon in ambienti chiusi, per la gestione dei dati di misurazione e per la determinazione di altri parametri pertinenti (quali suolo e tipi di roccia, permeabilità e contenuto di radio-226 della roccia o del suolo).

2) Metodologie, dati e criteri utilizzati per la classificazione delle zone o per la determinazione di altri parametri che possano essere utilizzati come indicatori specifici di situazioni caratterizzate da un'esposizione al radon potenzialmente elevata.

3) Identificazione delle tipologie di luoghi di lavoro ed edifici pubblici, ad esempio scuole, luoghi di lavoro sotterranei e luoghi di lavoro o edifici pubblici ubicati in determinate zone in cui sono necessarie misurazioni della concentrazione di radon sulla base di una valutazione del rischio, tenendo conto ad esempio delle ore di occupazione.

4) Le basi per la determinazione di livelli di riferimento per le abitazioni e i luoghi di lavoro. Se del caso, le basi per la determinazione di diversi livelli di riferimento per i diversi usi degli edifici (abitazioni, edifici pubblici, luoghi di lavoro) e per gli edifici esistenti e nuovi.

5) Assegnazione di responsabilità (governative e non governative), meccanismi di coordinamento e risorse disponibili per la messa in atto del piano d'azione.

6) Strategie per la riduzione dell'esposizione al radon nelle abitazioni e per affrontare in via prioritaria le situazioni di cui al punto 2.

7) Strategie volte a facilitare interventi di risanamento dopo la costruzione.

8) Strategia, compresi i metodi e gli strumenti, perprevenire l'ingresso del radon nei nuovi edifici, inclusa l'identificazione di materiali da costruzione con esalazione di radon significativa.

9) Tempistiche delle revisioni del piano d'azione.

10) Strategia per la comunicazione finalizzata a sensibilizzare maggiormente l'opinione pubblica e a informare i responsabili delle decisioni a livello locale, i datori di lavoro e i dipendenti in merito ai rischi del radon, anche associati al consumo di tabacco.

11) Orientamenti riguardanti i metodi e gli strumenti per le misurazioni e gli interventi di risanamento. Occorre considerare anche l'opportunità di definire criteri per l'accreditamento dei servizi di misurazione e dei servizi che effettuano interventi di risanamento.

12) Se del caso, sostegno alle indagini finalizzate al rilevamento del radon e agli interventi di risanamento, soprattutto per quanto concerne le abitazioni private con concentrazioni di radon estremamente elevate.

13) Obiettivi di lungo termine in termini di riduzione del rischio di cancro dei polmoni attribuibile all'esposizione al radon (per fumatori e non fumatori).

14) Se del caso, presa in considerazione di altre questioni associate e programmi corrispondenti, quali programmi sul risparmio energetico e la qualità dell'aria in ambienti chiusi.IT L 13/66 Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 17.1.2014 ".

Da notare infine che per la prima volta viene data particolare importanza all'informazione sia degli addetti ai lavori che della popolazione. Gli argomenti oggetto della campagna di sensibilizzazione devono riguardare l'esposizione al radon in ambienti chiusi, i rischi per la salute

che ne derivano, l'importanza di effettuare misurazioni ed i mezzi tecnici disponibili per ridurre le concentrazioni esistenti.

La Grande Guerra e i Raggi X: organizzazione della radiologia militare francese, tedesca e italiana

Cento anni fa, la prima guerra mondiale

Mario Reggio

Le premesse e l'innesco. A conclusione della guerra Russo-Turca del 1877-1878, il Cancelliere tedesco Otto von Bismarck promuove il congresso di Berlino del 1878, con lo scopo di favorire la stabilizzazione della zona dei Balcani. Il congresso si conclude il 13 luglio 1878 con il trattato, detto appunto di Berlino, firmato da Italia, Germania, Austria, Francia, Inghilterra, Russia e Impero Ottomano. In base al Trattato l'Austria riceve il mandato di amministrare le province della Bosnia-Erzegovina, mentre l'Impero Ottomano ne mantiene la sovranità ufficiale. La scarsa chiarezza della situazione porta ad una serie di dispute territoriali e politiche, finché l'Impero Austro-Ungarico, approfittando nell'ottobre 1908 di un colpo di stato in Turchia ad opera dei "Giovani Turchi", decide di procedere unilateralmente alla definitiva annessione della Bosnia-Erzegovina. L'Austria si assicura l'appoggio di Germania e Italia, ma crea un forte malcontento in alcune frange estremiste: nel maggio 1911, in decisa opposizione all'impero Austro-Ungarico e con predominanti tendenze panslaviste, nasce in Serbia la società segreta "Mano Nera" (in serbo "Crna Ruka" [(1)]), di impronta espressamente terroristica; il suo motto sarà "unificazione o morte".

Il 28 giugno 1914 l'Arciduca Francesco Ferdinando, nipote ed erede al trono di Francesco Giuseppe, si reca in visita ufficiale a Sarajevo, in Bosnia, per seguire le manovre delle truppe imperiali che si svolgevano in quella zona. Nonostante circolassero già alcune voci sulla possibilità di un attentato, il giorno della visita di Francesco Ferdinando è annunciato con largo anticipo dai giornali, precisando orari, tappe e percorso del corteo imperiale, probabilmente per consentire l'impianto di un'ampia azione di propaganda. La messa in moto così imprudente del meccanismo propagandistico, consentirà ad un minuscolo gruppo di sette giovanissimi indipendentisti (tra 17 e 27 anni di età), appartenenti ad una associazione politico-rivoluzionaria, la "Giovane Bosnia", di progettare per tempo un articolato piano per l'uccisione dell'Arciduca. Privi di mezzi e del tutto inesperti sull'uso delle armi, ricevono però istruzioni, armi ed esplosivi, dalla "Mano Nera", tramite un suo emissario, Milan Ciganović.

Il giorno stabilito per l'attentato il gruppo, che si era distribuito lungo il percorso del corteo imperiale, compie alcuni tentativi maldestri, causando solo alcuni feriti. Alla fine l'obiettivo prefissato viene raggiunto dall'ultimo dei componenti del gruppo, il diciannovenne Gavrilo Princip, che è favorito da una serie di circostanze eccezionalmente fortuite. Gavrilo riesce ad uccidere a colpi di pistola l'Arciduca Ferdinando e la moglie Sofie Chotek von Chotkowa, venendo immediatamente catturato[(2)].

Quasi un mese dopo l'uccisione dell'erede al trono, il 23 luglio, l'Austria invia in duro ultimatum alla Serbia articolato in quindici richieste, che verranno accolte solo in parte dalla Serbia, in quanto alcune erano giudicate lesive della sua sovranità; il fatto, considerato solo come un occasionale innesco, darà il via ad una inarrestabile reazione a catena, coinvolgendo un tragico gioco di alleanze e di ostilità consolidatisi nel tempo a partire dalle guerre e dagli interessi coloniali degli ultimi decenni a cavallo del XIX secolo. Questi sono solo primi inneschi iniziali del 1914:

28 luglio 1914: L'Impero d'Austria Ungheria dichiara guerra alla Serbia.

1 agosto: La Germania dichiara guerra alla Russia.

3 agosto: La Germania dichiara guerra alla Francia e invade il Belgio, mettendo in atto il piano Schlieffen.

4 agosto: L'Inghilterra dichiara guerra alla Germania; entrano in guerra il Belgio, l'Australia, il Canada (compresi Terranova e Labrador), la Nuova Zelanda, il Sudafrica.

5 agosto: L'Austria, l'Ungheria ed il Montenegro dichiarano guerra alla Russia.

6 agosto: La Serbia dichiara guerra alla Germania.

12 agosto: L'Inghilterra e la Francia dichiarano guerra all'Impero d'Austria-Ungheria.

23 agosto: Il Giappone entra in guerra a fianco della Triplice Intesa (Impero Britannico, Terza Repubblica Francese e Impero Russo, alleanza creata nel 1907).

29 ottobre: Gli ottomani attaccano la Russia, a fianco degli Imperi Centrali (Germania, Austria-Ungheria, Impero Ottomano, Regno di Bulgaria e, come alleato dell'Impero Ottomano, il Regno africano del Darfur, attualmente parte del Sudan).

2-3 novembre: La Triplice Intesa dichiara guerra alla Turchia.

L'Italia, dichiaratasi neutrale il 2 agosto 1914, entrerà in guerra come è noto nel 1915; con l'entrata in guerra degli Stati Uniti, il 6 aprile 1917, la situazione delle nazioni coinvolte nel conflitto è eloquentemente illustrata in fig.1.

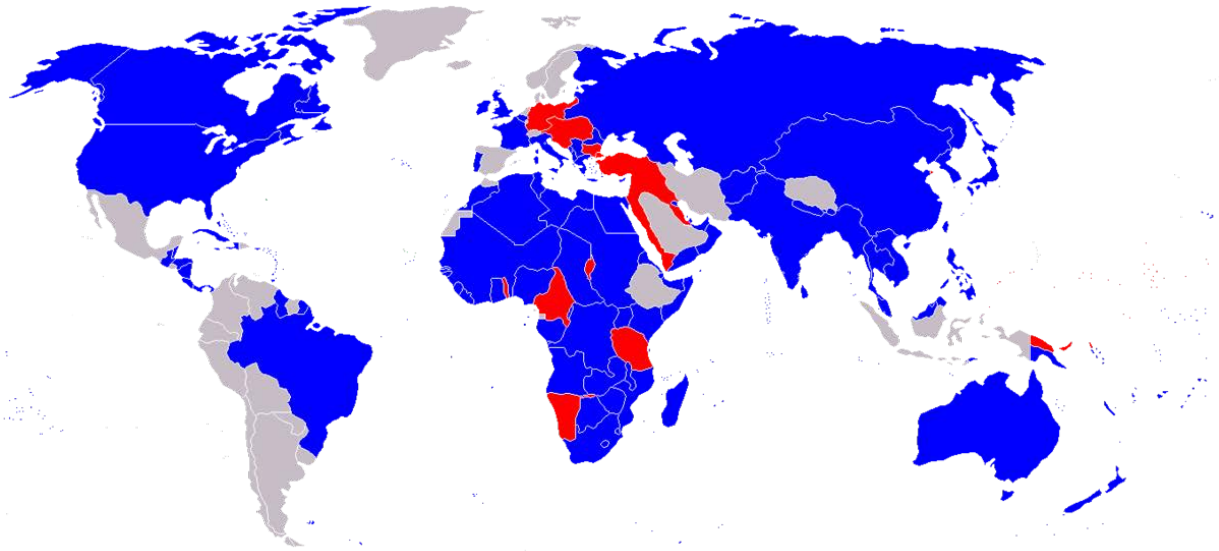


Fig.1. *Nazioni partecipanti alla prima guerra mondiale: gli Alleati sono indicati con il colore blu, mentre gli Imperi Centrali con il colore rosso*[3]

Era opinione diffusa che la guerra sarebbe finita a Natale o tuttalpiù a Pasqua del 1915: si svilupperà invece in uno dei più sanguinosi conflitti della Storia dell'umanità:

*"La stima del numero totale di vittime della prima guerra mondiale non è determinabile con certezza e varia molto: le cifre più accettate parlano di un totale, tra militari e civili, compreso tra 15 milioni e più di 17 milioni di morti…. Il totale delle perdite causate dal conflitto si può stimare a più di 37 milioni, contando più di 16 milioni di morti e più di 20 milioni di feriti e mutilati, sia militari che civili … Il numero dei militari uccisi nel conflitto viene di solito stimato tra gli 8 milioni e mezzo e più di 9 milioni, con le stimi più alte che arrivano oltre i 12 milioni e mezzo*http://it.wikipedia.org/wiki/Conteggio_delle_vittime_della_prima_guerra_mondiale - cite_note-necrometrics-2*; le potenze Alleate ebbero all'incirca tra i 5 e i 6 milioni di soldati uccisi, mentre gli Imperi centrali ebbero più di 4 milioni di caduti militari. Le stime sui morti civili, causati sia direttamente dalle azioni belliche che da cause collegate come malattie, malnutrizione e incidenti vari, sono molto più difficili da calcolare, variando da un minimo di 5 milioni a quasi 13 milioni con valori medi attestati tra i 6 milioni e mezzo (una delle cifre generalmente più accettate) e i 9 milioni*http://it.wikipedia.org/wiki/Conteggio_delle_vittime_della_prima_guerra_mondiale - cite_note-necrometrics-2*: il calcolo delle morti civili varia molto a seconda che si consideri nel computo una parte più o meno ampia delle vittime causate da eventi correlati al conflitto ma non ricompresi totalmente in esso, come la guerra civile russa o il genocidio armeno"*[4].

La Fig.2. illustra molto bene il clima di euforia che circondava l'ipotesi di "guerra lampo" (anche se il termine andrebbe più propriamente attribuito alla seconda guerra mondiale), come era inizialmente considerata.

Fig.2. Truppe tedesche in partenza da Monaco verso la Francia nel mese di agosto 1914. Sul vagone le scritte: "Da Monaco via Metz fino a Parigi" e "Vagone letto con birra HB di Monaco" (Fonte: Bundesarchiv). "Tornerete alle vostre case prima che siano cadute le foglie dagli alberi" (Guglielmo II alle truppe tedesche in partenza per il fronte nella prima settimana di agosto 1914) *(5)*

I piani preparatori e le prime fasi della guerra. Anche se è indiscutibile che l'innesco fu dato dall'attentato di Sarajevo, il potenziale esplosivo, pronto a deflagrare, si andava accumulando da tempo nelle stanze segrete degli Stati Maggiori delle varie nazioni.

In conseguenza dell'alleanza tra Francia e Russia e dell'accordo stipulato nel 1904 con l'*Entente Cordiale* tra Francia e Gran Bretagna, lo Stato Maggiore tedesco, nella figura del suo capo, Alfred Graf von Schlieffen (da cui prederà il nome il piano strategico germanico), fin dal 1905 ipotizzava una guerra su due fronti: ad ovest contro la Francia e la Gran Bretagna e ad est contro la Russia.

Il piano prevedeva la rapida invasione di Belgio e Olanda (senza tener conto della loro neutralità) per poi dilagare in Francia, sfruttando l'effetto sorpresa, attraverso le Fiandre verso Parigi. L'operazione, secondo le previsioni di von Schlieffen, sarebbe durata non più di 42 giorni. Messa in

ginocchio la Francia, il grosso delle truppe si sarebbe rapidamente schierato sul fronte orientale, confidando nei lunghi tempi previstio per la mobilitazione della gigantesca macchina militare russa.

Ritiratosi Schlieffejn nel 1906, il suo posto fu assunto da Helmuth von Moltke, che, nel 1911 attuò diverse modifiche al piano Schlieffen, in qualche modo informato dei piani d'attacco predisposti dalla Francia: dal piano venne eliminata l'invasione dell'Olanda, con lo scopo di rafforzare l'apparato offensivo sul fronte belga e di distogliere alcune divisioni dirottandole verso il confine russo.

Da parte francese, con la perdita dell'Alsazia-Lorena nella guerra franco-prussiana del 1870-71, la situazione sul confine franco-tedesco si era chiaramente indebolita; nel 1891 la Francia attuò una stretta alleanza con l'Impero russo che avrebbe potuto attaccare la Germania alle spalle in caso di attacco militare alla Francia. Queste considerazioni strategiche presero corpo nel 1898 con il cosiddetto piano XIV, con intenti prevalentemente difensivi-controffensivi. Nel tempo il piano subì continui aggiornamenti, tuttavia la Francia non seppe sfruttare le importantissime informazioni fornite da una spia tedesca col nome in codice "*Le Vengeur*" ("*Il vendicatore*"), la cui identità rimarrà misteriosa. Dietro un forte compenso in denaro *Le Vengeur* rivelò il contenuto del primo piano Schlieffen, in cui l'esercito tedesco programmava l'invasione del Belgio e l'aggiramento dell'esercito francese sul fianco sinistro con lo scopo di marciare direttamente su Parigi. Tuttavia le rivelazioni non furono prese in considerazione, in quanto ritenute inattendibili. Dopo varie riedizioni, lo Stato Maggiore francese, al comando del generale Joseph Joffre, adottò il 15 aprile 1914 il cosiddetto Piano XVII, che si limitava a delineare le aree di schieramento della armate in caso di di guerra contro la Germania. Il piano però presentava diverse gravi lacune, tra cui si rivelerà fondamentale la pesante sottovalutazione delle forze che la Germania avrebbe messo in campo, e, di converso, sopravvalutando la capacità di impatto delle forze francesi sulle armate tedesche.

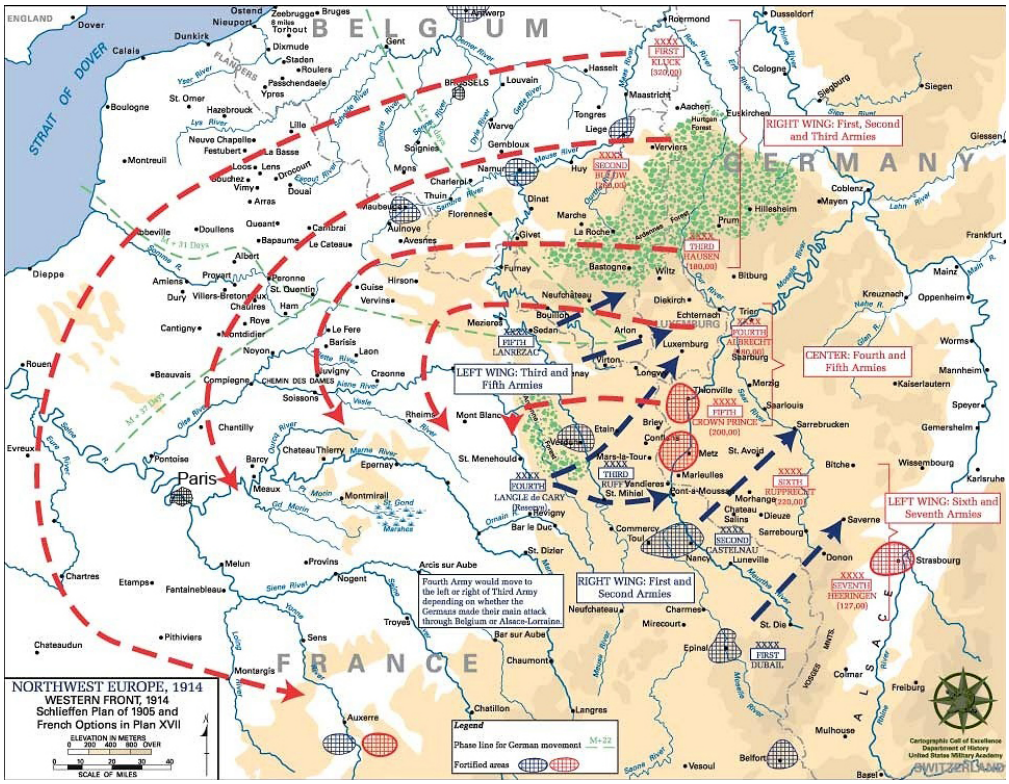


Fig. 3. In rosso il piano d'attacco tedesco, secondo il piano Schlieffen, in blu il piano francese, denominato "Piano XVII" (6).

Il 4 agosto 2014 le truppe tedesche entrano in Belgio, il quale aveva respinto un ultimatum della Germania che ne imponeva la neutralità. Le truppe germaniche al comando del generale von Klück raggiunta Brussels il 19 agosto 1914 sfilarono per le vie cittadine per 72 ore ininterrotte(7).

L'invasione del Belgio fu caratterizzata dalla grande durezza del comportamento delle truppe tedesche che, esasperate da una inattesa opposizione e sollecitate a velocizzare al massimo l'avanzata per rispettare i tempi del piano Schlieffen, ricorsero anche a metodi brutali di rappresaglia e repressione per intimidire la popolazione del territorio invaso e paralizzarne la resistenza. Il 25 agosto 1914, l'intera città di Lovanio, con la sua antica università e la preziosa biblioteca ricca di 1000 incunaboli, fu abbandonata alla brutalità delle truppe tedesche che in cinque giorni consecutivi di incendi e saccheggi la ridussero in cumuli di rovine. Ben 246 abitanti, senza distinzione di sesso o di età, furono giustiziati: il ministro degli esteri tedesco, G. Von Jagow, dichiarerà che le truppe avevano reagito legittimamente a causa di una rivolta su larga scala della popolazione, che aveva violato in questo modo le convenzioni di guerra! (7)

Vinta infine, con difficoltà, la strenua resistenza del Belgio, mentre i resti dell'esercito si ritirano nella fortezza di Anversa, le armate tedesche continuano l'avanzata verso sud-ovest e il 21 agosto inizia la "battaglia delle Frontiere" contro l'esercito francese in avvicinamento da sud.

Tuttavia, nonostante I gravi errori di impostazione del piano francese, neppure il piano tedesco funzionò: la Germania aveva messo in campo una forza d'urto poderosa, ma alla fine anche I suoi piani si rivelarono inefficaci a favorire una rapida avanzata.

Le cause del fallimento della guerra lampo preconizzata dai tedeschi furono molteplici: a) La forte resistenza posta in atto dal piccolo esercito e dai civili del Belgio, b) l'efficienza del corpo di spedizione britannico, intervenuto in appoggio sul fronte belga, c) l'inattesa rapidità della reazione russa sul fronte orientale, e la resistenza offerta dalla Serbia, d) l'efficiente struttura della rete ferroviaria francese, che consentì ai francesi, anche grazie alla coraggiosa resistenza belga e all'intervento delle truppe britanniche, rapidi e tempestivi movimenti di truppe verso il fronte a contrastare l'avanzata tedesca.

La prima battaglia della Marna, combattuta tra il 5 e il 12 settembre 1914 con l'aiuto del contingente britannico, si conclude con la sanguinosa prima battaglia di Ypres e il ripiegamento generale delle truppe tedesche: si sancisce così la sconfitta definitiva del Piano Schlieffen e della "guerra lampo" sul fronte occidentale.

Non meglio procedevano le vicende sul fronte orientale, affidato anche alle forze dell'impero Austro-Ungarico, che subirà pesanti perdite nel vano tentativo di invasione del territorio serbo e negli attacchi sul fronte polacco contro I Russi. Dal canto loro le armate prussiane, nonostante gli importanti successi a Tannenberg e nella battaglia vittoriosa dei laghi Masuri (9-14 settembre), saranno infine costrette ad arenarsi su lunghi e saldi sistemi trincerati.

A questo punto la Germania si trova a dover affrontare proprio ciò che più temeva: l'attacco sui due fronti, con la Russia ad oriente, e le forze alleate ad occidente. Ha inizio così sul continente europeo la lunga, snervante e micidiale guerra di trincea, che si consoliderà come tale anche a causa della mancata determinazione degli alti comandi francesi nello sfruttare la situazione favorevole venutasi a creare con la iniziale ritirata delle truppe tedesche.

«Come era diverso qualche settimana fa quando entrammo così baldanzosamente in guerra: oggi siamo tutti pervasi da un'immensa amarezza...la battaglia su due fronti, a est e a ovest, ci distruggerà» (Frase scritte dal generale Helmuth von Moltke in una lettera alla moglie dopo la battaglia della Marna)[(8)].

La guerra industriale, la guerra totale. Quella che verrà chiamata "la grande guerra" o la "prima guerra mondiale", fu in gran parte una guerra industriale, preparata con largo anticipo e con un grosso coinvolgimento dell'industria pesante, impegnata in particolare nella realizzazione di potenti corazzate, soprattutto da parte germanica, preoccupata di contrastare la supremazia inglese in questo campo: il Kaiser Guglielmo II aveva affidato al grande ammiraglio Alfred von Tirpitz il compito di preparare *"… una poderosa marina militare, prevista in quaranta corazzate e sessanta incrociatori*

pesanti, senza spiegare perché un Paese con scarso sviluppo costiero e poche colonie, doveva avere una flotta tanto agguerrita"[8a]. All'inizio della guerra la Germania aveva inoltre 5 sottomarini (U-Boot) operativi, 2 completati ma non operativi e 7 commissionati[8b]. Un altro settore considerato di grande importanza strategica fu quello ferroviario, predisposto prima ancora delle ostilità sia da parte tedesca (compresa l'Austria-Ungheria), sia da parte francese in previsione della necessità di movimentare grandi masse di soldati e di rifornimenti. Non fu da meno l'impegno industriale sul piano delle armi leggere e delle armi pesanti: per esempio un ruolo fondamentale nella prima battaglia della Marna fu sostenuto dalla efficienza e dalla precisione dei cannoni da 75mm francesi. Da parte tedesca una prima versione (dal nome in codice M 14) della "*grande Berta*" il grosso cannone realizzato dalle industrie Krupp fu impiegata con successo contro le fortificazioni di Liegi, Namur, Anversa, Longwy, Manovillier, nonché sul fronte orientale, mentre si rivelerà del tutto inefficace ai fini della conclusione della guerra la seconda versione della "*grande Berta*" (nome in codice L/162 e noto anche col nome di "*cannone di Parigi*"), il gigantesco cannone realizzato sempre dalle industrie Krupp verso la fine del conflitto, con la canna lunga ben 40 metri, in grado di sparare proiettili da 210mm del peso di oltre 100kg fino a circa 130km di distanza[9].

Il termine di "*guerra totale*", che verrà utilizzato per definire anche la seconda guerra mondiale, fu coniato dal generale tedesco Erich Ludendorff, il quale collaborò con von Schlieffen alla stesura dell'omonimo piano strategico tedesco. Il concetto di "*guerra assoluta*" formulato da Ludendorff comportava la mobilitazione di tutte le risorse, includendo l'intero sistema civile, attraverso il più completo coinvolgimento delle forze politiche, con la convinzione che *la guerra totale* fosse l'unico modo per sopravvivere al conflitto e prevaricare il nemico[10]. E purtroppo fu proprio questa la piega assunta dal conflitto fin dalle primissime fasi.

Crollata rovinosamente l'idea della guerra lampo, si presentò sul piano sanitario la necessità di affrontare il problema dell'enorme afflusso di feriti provenienti dai campi di battaglia e dalle città devastate. Da un lato si erano prodotti potenti strumenti di morte, dall'altro si mobilitarono uomini e strutture per cercare di salvare vite umane o di attenuare gli effetti di ferite invalidanti.

Con la fulminea occupazione del Belgio e la ritirata dell'esercito verso Ostenda e Zeebrugge, con la conseguente perdita del controllo delle principali strutture sanitarie del paese, verso la metà di ottobre 1914 più di diecimila feriti saranno trasportati via mare o per via ferroviaria verso ospedali francesi ed inglesi messi prontamente a disposizione[7].

Tuttavia le risorse sanitarie del momento non risultarono comunque sufficienti e, come del resto si verificò in tutte le nazioni in conflitto, si dovette fare ricorso a strutture private o di volontari tra cui, in particolare, ebbe un ruolo preponderante la Croce Rossa.

L'enorme afflusso di feriti da proiettili e da schegge di granate portò in primo piano l'esigenza di un vasto impiego di apparecchiature radiologiche per aiutare I chirurghi nell'individuazione della posizione di corpi estranei da estrarre dal corpo dei feriti.

Le apparecchiature radiologiche avevano già in precedenza dimostrato ampiamente la loro utilità nell'ambito militare, a partire dal primo impiego in assoluto, operato nel maggio 1896 da parte del colonnello Giuseppe Alvaro all'ospedale militare di Napoli su due soldati feriti il 1 marzo 1896 nella battaglia di Adua: la scoperta dei raggi X era stata annunciata ufficialmente da Röntgen il 28 dicembre 1895[(11)], appena cinque mesi prima dell'intervento effettuato da Alvaro.

I successivi impieghi si conformeranno alle esigenze delle numerose guerre avvicendatesi tra la fine dell'800 e I primi anni del secolo ventesimo: solo per citare i primissimi esempi di ulteriori impieghi in ambito militare, apparecchi radiologici sul campo di battaglia furono impiegati dai Greci nella guerra contro i Turchi nel 1897, nello stesso anno gli Inglesi utilizzarono apparecchi RX portatili sull'altopiano di Tirah, fra India e Afghanistan, e nel 1898 sempre dagli Inglesi, sul Nilo, nella cosiddetta "guerra del fiume", combattuta contro un gruppo di fondamentalisti islamici[(12)].

All'inizio della prima guerra mondiale quasi tutti gli eserciti si erano dotati di apparecchiature radiologiche, sia con impianti mobili sia con impianti fissi presso gli ospedali militari, tuttavia nessuno aveva ipotizzato la necessità di un impiego così massiccio e diffuso che coglieva radicalmente impreparate le strutture sanitarie militari.

La consapevolezza tuttavia della assolutamente eccezionale novità della "guerra totale", come si era da subito manifestata, e così tecnologicamente avanzata, aveva convinto gli stati maggiori di tutte le parti in campo a coinvolgere direttamente sul piano militare le figure più esperte di allora sull'impiego dei raggi X selezionandole tra le più competenti sul piano scientifico.

La radiologia militare in Francia. Il ministro della guerra, Alexandre Millerand, aveva contattato fin dall'inizio delle ostilità Maria Curie, già Premio Nobel per la Fisica nel 1903 e Premio Nobel per la Chimica nel 1911, che aveva dato immediatamente la sua piena disponibilità per la progettazione e la realizzazione del piano radiologico militare. Il primo di gennaio 1915 Maria Curie scriveva al Fisico Paul Langevin, suo amico e brillante collaboratore (in particolare inventore per conto dell'esercito di una tecnica per l'individuazione dei sommergibili mediante ultrasuoni):

"*Sono decisa a mettere tutte le mie forze a disposizione della mia patria d'adozione, poiché in questo momento non mi è possibile fare nulla per la mia sfortunata patria nativa …"*[(13)].

Maria Curie descriverà la sua esperienza in un celebre volumetto di 143 pagine, con 11 figure e 16 tavole fuori testo, pubblicato nel 1921, dal titolo "*La radiologia e la Guerra*", in cui l'autrice figura curiosamente come "Signora Pierre Curie" [(14)].

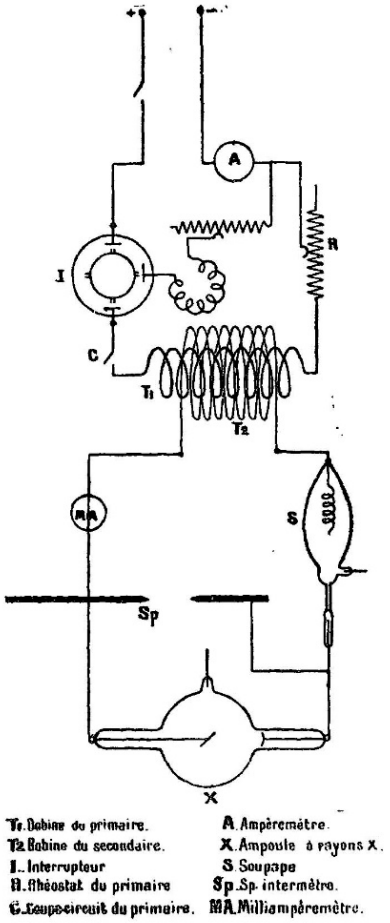


Fig.4: Schema di un tipico impianto radiologico installato sulle "Petites Curie"; con la lettera s ("soupape") è indicata la valvola raddrizzatrice a gas tipo Villard [14]
X = Tubo RX tipo Crookes, T1,T2 = Rocchetto di Ruhmkorff

Le difficoltà che la Nostra si trovò ad affrontare furono subito numerose: prima di tutto non fu possibile progettare un unico tipo di impianto fisso, in quanto la distribuzione dell'energia elettrica in Francia era tutt'altro che uniforme: in alcune zone la rete era a tensione continua e in altre era di tipo alternato, e lo stesso voltaggio cambiava da zona a zona. Nei casi in cui la corrente elettrica di rete non era disponibile furono predisposti dei gruppi elettrogeni che fornivano anche l'illuminazione negli ospedali da campo. I gruppi elettrogeni per le postazioni semi-fisse fornivano una tensione alternata di 110V con una potenza di 3kW, Altri gruppi da 1 o 2kW, più leggeri e meno ingombranti venivano trasportati a bordo di autovetture. I gruppi elettrogeni più potenti venivano utilizzati anche presso gli ospedali di piccole città come fonte alternativa in caso di mancanza dell'energia elettrica principale. La Nostra descrive in questo volume anche un'insolita "valvola raddrizzatrice" di tipo elettrolitico, con lo scopo di alimentare gli apparecchi radiogeni con tensione pulsata a senso unico.

Risolto il problema dell'alimentazione elettrica, Maria Curie si occupò direttamente del progetto delle sale radiologiche negli ospedali militari, ma dove riuscì ad essere particolarmente sorprendente fu nella progettazione di ambulanze radiologiche destinate all'assistenza in vicinanza delle prime linee. L'idea delle apparecchiature radiologiche su autovetture non era nuova per l'esercito francese, che ne aveva sperimentato almeno un esemplare nel 1904; tuttavia anche

sporadici modelli successivi non supereranno il livello di prototipo. Maria Curie riuscirà lei personalmente ad allestire 18 vetture radiologiche, realizzate con l'aiuto di donazioni da parte di privati cittadini, che, oltre a fornire le vetture, in alcuni casi forniranno anche i fondi per l'allestimento radiologico; un aiuto prezioso sarà costituito dalle risorse messe a disposizione dal "Patronage National des Blessée", il patronato nazionale dei feriti di guerra. Ad ulteriore testimonianza del totale coinvolgimento a tutti i livelli della popolazione civile, Maria Curie ricorderà con orgoglio che "*la prima vettura radiologica realizzata di mia iniziativa è stata fornita dall'Unione delle Donne Francesi ed equipaggiata a loro spese*"[(14)]. Le ambulanze radiologiche mobili leggere passeranno alla storia con il nome di "Petites Curie".

Contemporaneamente, sempre sotto la direzione di Maria Curie, il Servizio Sanitario allestiva degli impianti più complessi montati su automezzi più pesanti con funzione di postazioni semi-fisse.

Fig.5: Maria Curie alla guida di una delle sue ambulanze Radiologiche le "Petites Curie".

Maria Curie non si limitò alla pregettazione e alle direttive sulla gestione delle apparecchiature, ma curò con grande cura e attenzione la preparazione del personale medico e ausiliario coadiuvata efficacemente dalla figlia primogenita Irene (premio Nobel per la Chimica nel 1935), appena diciottenne agli inizi delle ostilità. Ponendosi non di rado lei stessa alla guida delle vetture (Fig. 5), Maria si recherà anche al fronte, accompagnata da Irene, per istruire e formare il personale militare non abituato ad utilizzare apparecchiature radiologiche.

Organizzati nel 1917 corsi specifici per giovani donne presso l'Istituto del Radium, da lei diretto, preparerà 150 ausiliarie di radiologia, o "*manipulatrices en radiologie*" (in qualche modo corrispondenti agli attuali tecnici sanitari di radiologia medica). I programmi comprendevano lezioni teoriche sull'elettricità e i raggi X, e lezioni di anatomia, con esercizi pratici, per una durata complessiva di sei mesi. La formazione era destinata soprattutto a personale femminile

infermieristico, sia militare che della Croce Rossa, ma anche a giovani donne senza titoli particolari[16].

"Le métier de manipulatrice en radiologie, convient parfaitement à des femmes d'instruction moyenne, à condition qu'elles aient de l'intelligence, de l'activité et une certaine capacité de dévouement indispensable dans les relations avec les malades" [14].

Accompagnata dalla figlia Irene, Maria non disdegnerà di occuparsi direttamente della esecuzione di esami radiologici, sia in grafia che in scopia, e sia lei che la figlia si esporranno a dosi di radiazioni tutt'altro che trascurabili. A questo proposito vale la pena di ricordare che l'unico tipo di tubo generatore dei raggi X disponibile in quel momento era il tubo a catodo freddo e pressione residua di gas, più noto con il nome di tubo di Crookes. Le condizioni di funzionamento di questo tipo di tubo radiogeno venivano obbligatoriamente controllate esaminando il tipo di fluorescenza che si produceva al suo interno durante l'emissione di radiazioni, il che impediva la possibilità di racchiuderlo in una conveniente schermatura, che in ogni caso poteva essere solo parziale; in certe situazioni, con alcune tipologie di tubi, poteva essere richiesto l'intervento diretto dell'operatore per ripristinare il corretto valore della pressione del gas all'interno del tubo. Nonostante gli addetti fossero dotati di protezioni alquanto rudimentali (ma talvolta nemmeno di queste), la possibilità di forti esposizioni era tutt'altro che remota, anche considerando le condizioni di pesante emergenza in cui si potevano trovare a dover operare.

La radiologia militare in Germania (con qualche doverosa divagazione). La patria di Wilhelm Conrad Röntgen, non si presentava del tutto impreparata sul piano della radiologia militare.

Già nel 1902 l'esercito aveva attrezzato dei carri trainati da cavalli in cui l'attrezzatura radiologica veniva trasportata in perfetto ordine[7]. Nel 1903 il Generale Medico W. Stechow, pubblica un importante trattato dal titolo "*Il Metodo Röntgen nell'impiego militare*". Nel 1907 carri ferroviari appositamente attrezzati e completi di accessori e camera oscura erano divenuti uno standard per il Servizio Medico dell'esercito germanico. All'inizio della guerra, nel 1914, erano già disponibili 12 vagoni di questo tipo e ne furono predisposti altri 20[7]. Poco più tardi entreranno in funzione le autovetture radiologiche, equipaggiate con gruppi elettrogeni, inizialmente dotati di dinamo in grado di fornire 65V a 15A in tensione continua[7], e successivamente attrezzati con alternatori. In alcuni casi, come per le ambulanze leggere francesi, le dinamo erano azionate direttamente dal motore dell'automobile ed erano situate sotto il sedile del guidatore (nel caso francese le dinamo erano installate sul predellino della macchina) [7].

Le ditte fornitrici delle apparecchiature si occupavano anche di fornire il personale appositamente preparato: spesso si trattava di Ingegneri, o di professori di Fisica, che venivano arruolati forzatamente, ma anche di altri Fisici.

Tra questi ultimi merita ricordare brevemente Lise Meitner (Fig. 6), un'altra figura di donna-scienziato che venne coinvolta ad operare nel campo radiologico durante la guerra.

La vita di Lise Meitner seguì un percorso ed un destino molto diverso da quello di Maria Curie.

Nata a Vienna nel 1878, di famiglia ebraica, fu allevata nella religione protestante. Poiché le donne non erano ammesse agli studi superiori, concluse la sua formazione scolastica con la scuola media; riuscirà tuttavia a diplomarsi da autodidatta nel 1901, a 22 anni, presso il Ginnasio Accademico di Vienna.

Fig. 6. Lise Meitner e Otto Hahn in laboratorio nel 1913[17]

Ottenuto il diploma, potrà iscriversi all'Università, dove seguirà gli studi di Fisica, Matematica e Filosofia, e dove avrà tra gli insegnanti Ludwig Boltzmann. Nel 1906 sarà la seconda donna a conseguire il dottorato in Fisica all'Università di Vienna. Presenterà la domanda per inserirsi nel prestigioso Istituto del Radio di Parigi, diretto da Maria Curie, ma la sua richiesta non verrà accolta. Entrerà comunque a far parte dell'Istituto di Fisica Teorica di Vienna.

Nel 1907 Lise Meitner si trasferisce a Berlino, per seguire le lezioni di Max Planck. Nella capitale germanica conosce un giovane chimico, Otto Hahn, con il quale inizia una collaborazione che durerà trent'anni. Dato che a quell'epoca in Prussia le donne non erano ammesse all'Università, Lise sarà accettata solamente come "ospite non pagato": doveva entrare dalla porta di servizio e non poteva accedere alle aule e ai laboratori degli studenti. Il divieto verrà annullato solo nel 1909, quando verra ufficialmente il diritto allo studio anche alle donne.

In questo periodo Lise produrrà importanti lavori nell'ambito della radioattività e della Fisica nucleare, entrando in contatto anche con Albert Einstein e Maria Curie.

Con lo scoppio della Prima guerra mondiale viene reclutata come infermiera di radiologia per l'esercito austriaco in un ospedale militare del fronte orientale, mentre Otto Hahn viene chiamato a partecipare ai progetti di ricerca sui gas asfissianti.

Non sarebbe giusto concludere questi brevi cenni sulla biografia di Lise Meitner senza ricordare l'importanza, spesso drammaticamente misconosciuta, di questa donna nella Storia della Fisica.

Mentre era in corso la guerra, e Hahn era ancora al fronte, Lise scoprì l'isotopo a lunga emivita del Protoattinio, il $^{231}Pa_{91}$; l'elemento, che in un primo trempo era stato chiamato "Brevio", era stato osservato per la prima volta nel 1913 nella sua forma instabile (^{234m}Pa, $t_{½}$ 1,17 minuti). Nel 1949 la scoperta verrà attribuita anche a Otto Hahn, e l'elemento prenderà definitivamente il nome di "Protoattinio".

Nel 1933, a causa delle sue origini ebraiche, anche se convertita al protestantesimo, a Lise viene ritirato il permesso di insegnamento; poteva tuttavia continuare, nel laboratorio diretto da Hahn, gli esperimenti e le ricerche sull'irraggiamento della materia mediante neutroni. Nel 1938 con l'annessione dell'Austria alla Germania, Lise diviene cittadina tedesca: le sue origini ebraiche non erano più tollerate. In fuga attraverso l'Olanda e la Danimarca, si rifugia in Svezia, senza perdere I contatti con il laboratorio di Hahn. Il 19 dicembre 1938, Hahn, che aveva proseguito gli esperimenti iniziati da Enrico Fermi nel 1934, le scrive di uno strano fenomeno osservato irradiando l'Uranio con neutroni lenti e che non riusciva a spiegare.

Due mesi dopo, l'11 febbraio 1939, Lise Meitner pubblica sulla rivista *Nature,* insieme a suo nipote Otto Robert Frisch, un articolo in forma di lettera di sole due pagine intitolato "*Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction*", in questo breve articolo, in cui si spiegavano le ragioni teoriche del fenomeno osservato da Hahn, si ponevano le basi per lo studio della fissione del nucleo e per i successivi sviluppi dell'impiego dell'energia nucleare!

Durante la seconda guerra mondiale, Lise, da convinta pacifista come del resto fu anche Hahn, si rifiutò di partecipare agli studi per la realizzazione della prima "bomba atomica"; nonostante le pressanti richieste degli Stati Uniti rimase in esilio in Svezia.

Per gli studi sulla fissione, Otto Hahn riceverà nel 1945 il Premio Nobel per la Chimica, ma non sarà fatto nessun accenno al ruolo avuto da Lise Meitner.
Dopo la seconda guerra sarà messa a capo della sezione di Fisica Nucleare del Policlinico di Stoccolma, e interverrà con incarichi di insegnamento, in qualità di ospite, presso numerose Università americane.
Lise morirà nel 1968 a Cambridge, dove aveva passato gli ultimi otto anni della sua vita ospite di suo nipote. Nello stesso anno morirà anche Otto Hahn[(17)] .

La radiologia militare in Italia. In seguito al già citato episodio dell'Ospedale di Napoli, l'esercito italiano non aveva trascurato l'attenzione verso l'impiego della radiologia nell'ambito militare. Valutata l'importanza di poter disporre di apparecchiature radiologiche accanto alle linee del fronte per gli interventi più urgenti, l'esercito aveva commissionato la produzione di un'apparecchiatura radiologica mobile alla Ditta Balzarini di Milano (Fig. 7). L'apparecchiatura era immagazzinata in sei casse destinate ad essere trasportate a dorso di due muli, e comprendeva tutto il necessario per impiantare un gabinetto radiologico da campo [(18)].
L'apparecchiatura radiologica mobile della Ditta Balzarini si fece onore nel corso della guerra italo – turca del 1911, nota anche col nome di "guerra di Libia" o "della Tripolitania", in cui l'Italia si confrontò vittoriosa contro l'Impero Ottomano per conquistare le regioni nordafricane della Tripolitania e della Cirenaica. In questa guerra si assisterà in particolare ad un prepotente sviluppo dell'impiego di elementi, per l'epoca tecnologicamente molto avanzati, che coglieranno impreparate le forze ottomane: oltre all'impiego dell'apparecchiatura radiologica da campo, per la prima volta sarà utilizzato l'aereo per bombardamenti (consistenti nel lancio di granate a mano dall'aereo), ma anche risulteranno determinanti per l'esito della guerra l'utilizzo di apparecchiature radio per le comunicazioni, e, soprattutto il primissimo impiego militare di automobili e motociclette per il movimento di truppe[(19)]. Non si può escludere che questo conflitto abbia determinato un effetto destabilizzante di sui territori delle colonie originando la serie di concause che daranno l'avvio alla grande guerra [(19a)].
L'apparecchio radiologico da campo, denominato "*tipo Ferrero di Cavallerleone*" si metterà in evidenza anche nella prima guerra dei Balcani scoppiata nel 1912, combattuta dalla Lega Balcanica (Montenegro, Bulgaria, Serbia e Grecia) contro l'Impero Ottomano: l'apparecchiatura verrà utilizzata su militari feriti nel conflitto che saranno inviati dalla Croce Rossa austrica, francese, russa, e montenegrina[(20)].

Fig. 7. L'apparecchio radiologico militare tipo "Ferrero di Cavallerleone" della prima guerra mondiale esposto al Museo Storico Italiano della Guerra, a Rovereto.

Il 24 maggio 1915, rotti gli accordi difensivi sanciti nel 1882 con la "*triplice alleanza*", tra Germania Austria e Italia, l'Italia si schiera a fianco della "*triplice intesa*" (un patto che dal 1907 legava Inghilterra, Francia e Russia), e dichiara guerra all'Austria-Ungheria. All'Italia vengono promesse espansioni territoriali in caso di vittoria, con l'acquisizione del Trentino, del Tirolo del sud, di Trieste, Istria e Dalmazia.
Il Servizio Sanitario Militare dell'Esercito Italiano era costituito dai soldati del Corpo di Sanità Militare, sotto il Comando del gen Della Valle, al quale si univano i sanitari militarizzati dell'apparato della Croce Rossa Italiana (personale medico e "Dame della Croce Rossa", cioè crocerossine volontarie) coadiuvato dal personale infermieristico sempre volontario facente parte di vari comitati assistenziali quali i Cavalieri di Malta, quelli dell'Ordine dei SS Maurizio e Lazzaro, i Gesuiti[21]. Il Sovrano Militare Ordine di Malta (S.M.O.M.) metterà a disposizione anche un proprio treno ospedale, che fornirà un servizio molto apprezzato sul fronte franco – italiano[22].

"Nel territorio dove già si disponeva in tempo di pace di 28 ospedali militari principali, di 2 ospedali militari succursali, di 31 infermerie presidiarie e di 6 depositi di convalescenza – si dovette cominciare con l'ampliare questi stabilimenti e quindi ad aumentarne il numero: per modo che l'Intendenza Generale dell'Esercito mobilitato aveva già, fin dal 1916, a sua disposizione, 948 Ospedali di riserva dell'Esercito, 146 Ospedali territoriali della Croce Rossa, un ospedale del Sovrano Militare Ordine di Malta e 21 Depositi di convalescenza, con una capacità complessiva dì 259.570 posti letto per uomini di truppa e 8.874 per

ufficiali. Negli anni 1917-1918 i posti letto vennero portati a 306.963, ripartiti in 1.412 stabilimenti sanitari …"[(23)].

Agli inizi ci fu una certa discussione su come attrezzare le apparecchiature di radiologia da utilizzare sui campi di battaglia: se aumentare la dotazione di apparecchiature trasportabili dovunque, a dorso di mulo, come quelle della ditta Balzarini, o se affidarsi alle più veloci unità radiologiche autotrasportate, che però erano vincolate alla disponibilità di strade percorribili e di rifornimenti di carburante. Alla fine fu deciso di adottare entrambe le soluzioni, da impiegare secondo le esigenze del momento. La progettazione delle prime autoambulanze radiologiche militari italiane fu affidata ad un radiologo di chiara fama, il prof. Felice Perussia[(24)]. Il Perussia, libero docente di Patologia Medica, primo docente di Radiologia in Italia presso gli atenei di Pavia e di Milano, aveva avuto modo di collaborare con Röntgen nei suoi primi esperimenti ed era stato nel 1913 il fondatore de "La Radiologia Medica", la prima rivista italiana di radiologia[(24a)].
"Come mezzi ausiliari diagnostici furono allestite 9 autoambulanze radiologiche, con personale tecnico e con gli apparecchi più moderni e più perfezionati per l'esecuzione di radioscopie e di radiografie che potevano così praticarsi anche in zona molto avanzata. Peraltro, ogni ospedale da campo disponeva dell'apparecchio portatile che, ideato dal generale medico Ferrero di Cavallerleone, portava il suo nome." [(25)]

Molto spesso erano gli stessi medici radiologi che si ponevano alla guida delle ambulanze, mentre alcuni militari addetti alle apparecchiature venivano inquadrati in squadre speciali individuate da particolari fregi apposti sul braccio sinistro e costituiti dall'immagine di un tubo di Crookes che sormontava una grande X ricamata[(26)]. *" … Per curiosita' ti dico che la X del fregio e' di colore rosso mentre il tubo e' color argento per la truppa e color oro per gli ufficiali che si occupavano di radiazioni, con i ricami interni di colore nero …"*[(27)].

Note finali. Nonostante l'Italia abbia allestito alcune navi ospedale all'inizio del conflitto, non risulta che a bordo fossero installati apparecchi radiologicici. Poche anche le notizie su quegli apparecchi radiologici che effettivamente furono installati a bordo di navi ospedale francesi e tedesche: probabilmente la relativa fragilità delle apparecchiature dell'epoca ne sconsigliava la diffusione a bordo delle navi. Scarso successo avrà anche il tentativo di trasporto su aereoplani: in Francia l'allestimento di aereoplani adibiti al trasporto di apparecchiature radiologiche non supererà il livello sperimentale [(28)].

Una poco nota conseguenza dell'invasione del Belgio fu la crisi della disponibilità di lastre di vetro di qualità per il supporto delle emulsioni fotografiche utilizzate in radiografia: infatti, prima dello scoppio della Grande Guerra la quasi totalità di queste lastre proveniva dal Belgio. Nel 1905, infatti, un belga, di nome Fourcault aveva escogitato una procedura per la produzione a costi ragionevoli di lastre di vetro a superfici piane e parallele, particolarmente precise ed uniformi, apprezzate ed esportate dovunque. In seguito all'invasione del Belgio, la produzione cessò, mettendo in crisi tutta la radiologia mondiale. Per la registrazione delle immagini radiologiche si sviluppò quindi una ricerca di supporti diversi dal vetro, che fossero meno fragili e quindi più adatti ai campi di battaglia. La ditta belga Gevaert realizzerà una speciale carta sensibile. Alcuni fogli di carta radiografica, oltre alle normali lastre in vetro, facevano parte della normale dotazione degli apparecchi radiologici tipo *Ferrero di Cavallerleone.* Dopo una prima realizzazione di supporti in cellulosa, prodotti nel 1914 dalla americana Eastman Kodak, nel 1918 la stessa ditta produrrà dei supporti a film a doppia emulsione, mettendo definitivamente la parola "fine" all'uso delle lastre in vetro , di cui resterà solo il nome, ancora oggi utilizzato per i supporti trasparenti delle immagini radiologiche[(29)].

Nonostante il tubo radiologico a catodo caldo e a vuoto spinto (alla base della tecnologia in uso ancora oggi) venisse proposto per il brevetto da William D. Coolidge già nel 1913 (sarà poi ufficialmente brevettato nel 1916: U.S. Pat. No. 1,203,495, oct. 31, 1916), per tutta la durata della Grande Guerra saranno utilizzati (quasi?) esclusivamente i tubi a catodo freddo e pressione residua di gas (tubi di Crookes). Come si è accennato più sopra, i tubi di Crookes per le loro specifiche caratteristiche di funzionamento, contrariamente ai ben più stabili ed efficienti tubi di Coolidge, non potevano essere completamente schermati: se da un lato questo fatto portò allo sviluppo di specifici dispositivi di protezione individuali, questi dispositivi a causa del loro peso, costo ed ingombro erano raramente utilizzati, e soprattutto nell'impiego campale erano ridotti a quello che allora si riteneva fosse il minimo indispensabile[(30)]. Questo fatto comporterà numerose pericolose sovraesposizioni non solo per il personale addetto, ma anche per le stesse persone sottoposte ad esami radiologici; tuttavia è innegabile che, nelle particolari circostanze della guerra, i benefici tratti con le vite salvate furono molto maggiori dei danni collaterali, che comunque non furono trascurabili.

Oltre a **Maria e Irene Curie** e a **Lise Meitner**, altre figure femminili di alto livello scientifico-professionale faranno la loro parte nell'ambito della radiologia militare della prima guerra mondiale, contribuendo al superamento inarrestabile del ruolo delle donne rispetto l'immagine di subordine a loro attribuita fino a quel momento:

Florence Ada Stoney; la prima donna medico radiologo del regno unito; si offrì volontaria nella Croce Rossa Inglese, ma, nonostante la sua pluriennale esperienza in ambito radiologico la sua collaborazione fu rifiutata perché donna. Si arrulò allora nella Croce Rossa Belga, recandosi ad Anversa, dove diresse un'unità chirurgica in un ospedale di fortuna. Ritornata in Inghilterra nel 1915, iniziò un lavoro a tempo pieno nell'Ospedale miltare di Fulham con 1000 letti[(30a)].

Edith Anne Stoney; sorella di Florence, è considerata come la prima "Fisico Medico" donna. Nel 1898 era lettore di Fisica all'Università di Londra; oltre a preparare i corsi, tra i suoi primi compiti c'era quello di predisporre il laboratorio di Fisica. Anche lei, come la sorella, fu respinta dalla Croce Rossa Inglese perché donna. Dopo aver operato in varie organizzazioni femminili a supporto dei soldati al fronte, Edith si occuperà di pianificare e gestire le unità radiologiche presso un ospedale da campo a Troyes. Promuoverà la tecnica stereoscopica per l'individuazione radiologica di proiettili e schegge di bombe, e, sempre in ambito radiologico, scoprirà una specifica metodica diagnostica per individuare gli inizi di cancrena nelle ferite, in modo da consentire un tempestivo intervento chirurgico[(30b)(30c)].

Gertrude Dunn; nata a Vittoria, in Australia. Educata in Inghilterra, studia radiologia in America, all'Università di Stanford. Membro dell'Unità Chirurgica di Harward, con l'intervento in guerra degli Stati Uniti nel 1917 giunge in Europa al seguito della Croce Rossa Americana; presterà servizio sul fronte occidentale nell'armata inglese, venendo posta a capo dell'Unità Radiologica nell'Ospedale Generale n.22[(30d)].

Agnes Forbes Blackadder-Savill; laureatasi in medicina nel 1898, Agnes Forbes sposa nel 1901 Thomas Dixom Savill, anche lui medico, e inizia la sua carriera a Londra, dove diviene consulente in dermatologia ed elettro-terapia. Qui matura anche una grande esperienza nell'ambito radiologico. E' membro dal 1904 del Collegio Reale dei Medici d'Irlanda. Agli inizi della guerra si unisce allo staff degli Ospedali Scozzesi Femminili (Scottish Women's Hospotals) ed entra in Francianel maggio 1915 ponendosi al servizio dell'Ospedale Royaumont, a circa 40 chilometri da Parigi, dove è messa a capo dei reparti di radiologia e di elettroterapia. Assieme a quelli di Edith Anne Stoney, sono considerati pionieristici i suoi lavori sulla diagnosi radiologica

della cancrena gassosa, diagnosi di importanza fondamentale per prendere decisioni sulla eventuale amputazione di arti feriti nei combattenti[30e].

A rimarcare le sue competenze scientifiche in ambito radiologico, riconosciute a livello internazionale, Agnes viene per esempio citata per le sue conoscenze sulla dosimetria dei raggi X in un lavoro di Giulio Ceresole del 1920 [30f].

La grande varietà di mezzi offensivi e la enorme varietà nella tipologia delle ferite prodotte comportarono una conseguente evoluzione nelle conoscenze mediche: in particolare la speciale tipologia delle ferite prodotte in conseguenza della guerra di trincea, con una prevalenza di ferite alla testa, costituirà un terreno "ideale" per lo sviluppo delle conoscenze neurologiche. Anche la radiologia si troverà ad affrontare nuove problematiche con la necessità di individuare mediante lo studio geometrico delle proiezioni radiologiche la posizione degli oggetti estranei nei corpi dei feriti.

Racconterà a questo proposito Irene Curie:

"Mia madre mi ha insegnato a usare le apparecchiature, le quali non assomigliavano granché agli strumenti perfezionati in uso attualmente, e mi portò con sé come operatrice in molte delle sue spedizioni, tra il novembre 1914 e il marzo 1915. […] Mia madre non dubitava delle mie capacità più di quanto non dubitasse delle sue e mi lasciò sola, a 18 anni, con la responsabilità del servizio di radiografia in un ospedale anglo-belga a pochi chilometri dal fronte, presso Ypres, con il compito improbo, per giunta, di insegnare i metodi di localizzazione a un medico militare belga nemico delle più elementari nozioni di geometria."[31].

Per aiutare anche i chirurghi "… *nemici delle più elementari nozioni di geometria"* furono escogitati numerosi dispositivi: tra i più noti sul fronte francese, oltre al "compasso" (o "bussola"?) di Hirtz, utilizzato in grafia, è spesso citato il "compasso" di Nemirowsky, da utilizzare in scopia[28].

Sul fronte italiano veniva utilizzata una tecnica, utilizzabile solo in scopia, suggerita da Carlo Baese: "*In 1915 Carlo Baese, an Italian military physician, moved the patient during fluoroscopy to localize metallic foreign bodies more precisely"*[32]. La tecnica inventata dal fiorentino Baese, ingegnere e non medico, consisteva in realtà nel muovere simultaneamente il tubo radiogeno e uno schermo fluoroscopico collegati da una leva; a questa tecnica, citata da Alessandro Vallebona[33], fa anche riferimento in un suo lavoro R. Van Tiggelen[34]. Carlo Baese è anche spesso ricordato negli studi sulla storia delle tecniche di ricostruzione tridimensionali per un suo brevetto sulla ricostruzione di oggetti tridimensionali con tecniche fotografiche (U.S. pat. No. 774.594, nov. 8, 1904).

Bibliografia. La vastità e complessità dell'argomento da trattare, ha richiesto necessariamente un drastico lavoro di riduzione e sintesi. A questo proposito sono state di fondamentale aiuto le risorse disponibili in internet (in particolare quelle fornite da Wikipedia) alle cui pagine riportate in elenco si rinvia il lettore interessato ad approfondimenti sugli argomenti trattati.

(1) http://it.wikipedia.org/wiki/Crna_ruka

(2) http://it.wikipedia.org/wiki/Attentato_di_Sarajevo

(3) http://it.wikipedia.org/wiki/Imperi_centrali

(4) http://it.wikipedia.org/wiki/Conteggio_delle_vittime_della_prima_guerra_mondiale

(5) http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Bundesarchiv_Bild_146-1994-022-19A,_Mobilmachung,_Truppentransport_mit_der_Bahn.jpg

(6) http://it.wikipedia.org/wiki/Piano_Schlieffen

(7) René Van Tiggelen, "*Radiology in a Trench Coat, Military Radiology on the Western Front During the Great War*", Academia Press, Brussels, 2013, 220 p., ISBN 9789038219394

(8) http://it.wikipedia.org/wiki/Prima_battaglia_della_Marna

(8a) Alberto Torresani, *"1914: la luce si spense sul mondo"*, Studi Cattolici, 641/42, Luglio-Agosto 2014, pp. 526 – 529

(8b) http://it.wikipedia.org/wiki/U-Boot_nel_Mediterraneo_(1914-1918)

(9) http://www.earmi.it/balistica/berta.htm

(10) http://it.wikipedia.org/wiki/Guerra_totale

(11) Una dettagliata descizione dell'intervento si trova alle pagg. 26- 33 del volumetto *"I Raggi Roentgen"* di M. Ciutiis, 1896, consultabile sul sito http://www.amber-ambre-inclusions.info/nuova%20raggi_x__radon.htm

(12) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/03_rd/a_RX_15_18_Presentazione_radiologia_militare_sa%20per_pdf.pdf

(13) http://www.aip.org/history/curie/war1.htm

(14) "*La Radiologie et la Guerre*", par M.me Pierre Curie, professeur à la Sorbonne, Librairie Félix Alcan, Paris, 1921.

(15) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/2009_1_Chicotot.pdf

(16) http://jose.punter.free.fr/lerledu.htm

(17) *http://it.wikipedia.org/wiki/Lise_Meitner*

(18) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/index.php?page=03_rd_01

(19) http://it.wikipedia.org/wiki/Guerra_italo-turca

(19a) Franco Cardini, Sergio Valzania, "La Scintilla", Edizione Mondadori, 2014

(20) Cardinale A. E., "Immagini e segni dell'uomo. Storia della Radiologia Italiana", Idelson – Gnocchi; 1995 citato da:

http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/2008_4b_RX_Roveretо.pdf

(21) http://www.cimeetrincee.it/sanita.htm

(22) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/Radiologia%20al%20fronte%201.pdf

(23) http://www.difesa.it/GiornaleMedicina/Documents/0_2014_05/festa_sanita_2014/Il_Servizio_Sanitario_Militare_nella_Guerra.pdf

(24) Felice Perussia, "*La prima automobile radiologica italiana*", Radiologia medica, vol. 2, fasc.

6, giugno 1915

(24a) http://it.wikipedia.org/wiki/Felice_Perussia

(25) *http://www.difesa.it/GiornaleMedicina/Documents/0_2014_05/festa_sanita_2014/Il_Servizio_Sanitario_Militare_nella_Guerra.pdf*

(26) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/Radiologia%20al%20fronte%201.pdf

(27) Massimo Zambianchi, comunicazione privata

(28) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/2009_1_Chicotot.pdf

(29) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/03_rd/g_RX_15_18_camera_oscura_sa_per_pdf.pdf

(30) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/03_rd/f_RX_15_18_accessori_sa_per_pdf.pdf

(30a) http://en.wikipedia.org/wiki/Florence_Stoney

(30b) http://sciencegrrl.co.uk/edith-stoney/

(30c) http://en.wikipedia.org/wiki/Edith_Anne_Stoney

(30d) http://www.vlib.us/medical/xray/dunn.htm

(30e) http://camc.wordpress.com/2013/01/28/doctor-agnes-forbes-blackadder-savill/

(30f)http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/Art_Ceresole%20IV%20Parte.pdf

(31) http://oggiscienza.wordpress.com/2014/06/19/la-donna-che-curo-il-fronte

(32) http://www.arrs.org/publications/HRS/diagnosis/RCI_D_c15.pdf

(33) http://www.fisicamedica.it/museo_virtuale/02_sezioni/articoli/data/Stratigrafia.pdf

(34) R. Van Tiggelen, "*In search for the third dimension: from radiostereoscopy to three-dimensional imaging*", JBR-BTR. 2002 Oct-Nov;85(5):266-70.

Rubrica: uno sguardo sull'estero

Lavorare per la IAEA

Rassegna a cura di Pietro Mancosu

In questo numero abbiamo intervistato il collega Gian Luca Poli. Dopo la laurea in fisica ha conseguito il PhD in fisica nucleare a Milano, con una tesi sulla radioattività esotica. Prosegue l'attività di ricerca con un postdoc negli Stati Uniti (Argonne National Laboratory) dove si occupa di esperimenti finalizzati alla scoperta di nuovi isotopi emettitori di protoni [1, 2].

La scuola di specializzazione in fisica medica lo fa approdare nel 2000 all'ospedale di Bergamo, dove si occupa prevalentemente di medicina nucleare [3, 4]. E' autore di 40 pubblicazioni e da inizio 2013 lavora nella sezione Dosimetry and Medical Radiation Physics (DMRP) della IAEA.

Come sei finito a lavorare per la IAEA?

La possibilità di lavorare alla IAEA mi ha affascinato fin dai tempi dell'università, ma non ho mai osato fare domanda, intimorito dalle competenze ed esperienza richieste. Questo fino a quando, durante un congresso americano di medicina nucleare, ho conosciuto quasi per caso il Dr. Maurizio Dondi, allora a capo della sezione Nuclear Medicine and Diagnostic Imaging. E' lui che mi ha parlato di un posto vacante per un fisico medico che avrebbero annunciato di lì a poco, ed ora, eccomi qua.

Cosa fanno i fisici medici alla IAEA e come trascorri la tua giornata tipo?

Ci sono attualmente sette fisici medici che lavorano nella sezione DMRP diretta dal Dr. Ahmed Meghzifene. Alcuni si occupano del laboratorio di dosimetria, altri di radioterapia o radiodiagnostica, e io di medicina nucleare. In quest'ambito mi occupo di realizzazione di linee guida, Technical Cooperation, istruzione e formazione di fisici medici e coordinamento di attività di

ricerca. La giornata tipo, quando non ci sono meeting, corsi o workshop, la trascorro di fronte al computer per gestire queste attività.

Curare l'edizione di pubblicazioni IAEA è la parte del lavoro che sinora mi ha dato le soddisfazioni maggiori. Da una semplice idea si passa ai meeting con gli autori, le prime bozze, le revisioni, i contatti con gli editori, per trovarsi, infine, la copia stampata fra le mani.

La Technical Cooperation è un programma della IAEA che gestisce vari progetti in diversi stati membri, alcuni dei quali riguardano la fisica medica e la medicina nucleare (ad esempio, l'attivazione di corsi in fisica medica, la realizzazione di un reparto di MN o di un centro PET/CT). In quest'ambito mi occupo di alcuni aspetti quali la valutazione tecnica del progetto, corsi di formazione, borse di studio per fisici medici, missioni di esperti, ecc.

L'istruzione e la formazione dei fisici medici sono ovviamente di fondamentale importanza per la IAEA. In quest'ambito, ho dedicato molto del mio tempo alla pubblicazione "Nuclear Medicine Physics: a Handbook for Teachers and Students" che sarà presto disponibile. Questo libro, che ambisce ad essere uno dei testi di riferimento per la formazione di un fisico medico, sarà accompagnato da una serie di slide, utili a chi questa materia la deve insegnare. Organizzo inoltre corsi con una grossa componente pratica presso i laboratori di Seibersdorf, dove esiste un laboratorio equipaggiato con strumentazione di medicina nucleare, inclusa una gamma camera SPECT a doppia testa.

Infine, sono coinvolto in alcuni progetti di ricerca che riguardano la fisica medica e la medicina nucleare (ad esempio, "Development of Quantitative Nuclear Medicine Imaging for Patient Specific Dosimetry" o "Advances in Medical Imaging Techniques").

Quanto tempo pensi di fermarti alla IAEA?

Sinceramente non lo so e, con una certa incoscienza, non mi sto ponendo il problema. Per ora ho un contratto di tre anni e sto usufruendo di un periodo di aspettativa dall'ospedale. Questo, oltre al sostegno del Dr. Renzo Moretti, che ringrazio, ha reso molto più semplice la decisione di venire

qua. Ad ogni modo, la IAEA ha una politica di turn-over tale per cui non ci si deve aspettare di rimanere per più di sette anni.

Cosa ti porti dietro dall'esperienza alla IAEA?

Il solo fatto di lavorare in un ambiente internazionale e multiculturale è già di per sé appagante. Nello svolgere il mio lavoro, inoltre, ho la possibilità di imparare molto e di accumulare una serie di informazioni di cui farò sicuramente tesoro. Sto avendo la fortuna di conoscere fisici medici da tutto il mondo e di poter lavorare con alcuni fra i più autorevoli esperti a livello mondiale.

A tal proposito, in base alla tua esperienza internazionale, cosa potrebbe essere migliorato nella realtà della fisica medica italiana?

Mentre il ruolo del fisico medico in radioterapia è chiaro, nell'ambito dell'imaging ci potrebbe essere in alcuni casi una maggior integrazione con la clinica, per assicurare quel valore aggiunto che la presenza di un fisico medico può garantire in un reparto di radiodiagnostica o medicina nucleare. Qui troppo spesso il nostro ruolo è identificato con i soli controlli di qualità.

Inoltre, mentre alcuni paesi dedicano molte risorse e molti fisici medici alla ricerca, in Italia questa è portata avanti egregiamente da fisici medici che spesso però devono sacrificare parte del loro tempo libero.

La situazione a livello mondiale è molto eterogenea: esistono molti paesi dove non ci sono fisici medici o dove questa figura non è riconosciuta. Noi italiani non ci possiamo quindi lamentare, dato che il livello della nostra fisica medica è molto elevato.

Che consiglio dai ai giovani Fisici Medici?

Consiglierei loro di non smettere mai di aggiornarsi e di dedicare costantemente parte del proprio tempo a leggere articoli ed esplorare l'immenso materiale disponibile sul web. A volte, e questo

succedeva spesso anche a me, ci si fa travolgere dalla routine quotidiana e ci si dimentica di quanto la nostra sia una professione in evoluzione.

La pratica clinica può offrire, inoltre, molti spunti per approfondire argomenti, risolvere problematiche e condividere le informazioni e la propria esperienza con i colleghi.

Infine, come possiamo aiutarti noi fisici dall'Italia nel lavoro che fai?

In realtà sto già ricevendo supporto dai fisici medici italiani. Alcuni hanno accettato la mia proposta di partecipare a meeting o di insegnare a corsi di formazione, altri sono andati in missione come esperti (a volte in paesi remoti), altri ancora hanno fatto da tutor presso il loro centro a fisici medici di altre nazionalità. Credo che la preparazione dei fisici medici italiani sia molto buona e le varie attività da loro svolte sono state sempre ben apprezzate.

Un'ultima domanda: dove possiamo trovare informazioni del lavoro svolto dalla IAEA?

Approfitto di questa bella occasione che mi è stata data per salutare i colleghi italiani e segnalare alcune pagine web della IAEA dove si possono trovare informazioni utili e maggiori dettagli sulle attività di cui vi ho raccontato:

- www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/publication.html
- www.iaea.org/technicalcooperation/Home/index.html
- cra.iaea.org
- humanhealth.iaea.org
- rpop.iaea.org

Referenze:

1. Poli, et al. Proton and α radioactivity below the Z = 82 shell closure. Physical Review C, 1999, 59(6): p. R2979-83
2. Poli, et al. Proton and α radioactivity of ^{185}Bi. Physical Review C, 2001, 63(4): p. 044304
3. Poli, et al. Use of the BasGan algorithm for [^{123}I]FP-CIT SPECT quantification: A phantom study. Quarterly Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 2013, 57(4): p. 391-400
4. Poli, et al. Radretumab Radioimmunotherapy in Patients with Brain Metastasis: A ^{124}I-L19SIP Dosimetric PET Study. Cancer immunology research, 2013, 1(2): p. 134-143

Novità ICRP, ICRU, NCRP

Rassegna a cura di Nuccia Canevarollo

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

Mentre è disponibile l'Annual Report 2013 ed è in consultazione il draft report *" Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenesis. Aspects of Radiological Protection*", è stato pubblicato il Report 125 " *Radiological Protection in Security Screening"* . L'uso di tecnologie nello screening di sicurezza per uomini ed oggetti è cresciuto rapidamente, insieme all'attenzione mondiale sui temi della sicurezza. Nello spettro delle tecnologie adottate è peraltro cresciuto l'impiego di radiazioni ionizzanti, per tecniche di screening trasmissive o di backscattering. La Commissione ha recentemente stabilito numerosi *statement* a proposito, più in generale sull'esposizione deliberata di individui per finalità non mediche.

Il report indica come dovrebbero essere applicati nelle situazioni di screening di sicurezza i principi di giustificazione, ottimizzazione e limitazione delle dosi, cardini del sistema della radioprotezione. Vengono inoltre descritte situazioni specifiche, come l'esposizione di individui che possono essere esposti perché nascosti in container o cargo che vengono sottoposti a controllo. Se si decide che un dato impiego di radiazioni ionizzanti per finalità di controlli di sicurezza è giustificato, si può impiegare la configurazione dell'esposizione pianificata, in cui l'ottimizzazione della radioprotezione prevede la definizione di vincoli di dose e di clausole appropriate sia per le autorizzazioni che per le ispezioni.

I C R U

International Commission on Radiation Units and Measurements, Inc.

E' disponibile il Report 86 "*Quantification and Reporting of Low Dose and Other Heterogeneous Exposure"*.

La dose assorbita, valor medio dell'energia impartita al volume di interesse, diviso per la massa del volume, è spesso molto efficace per descrivere l'esposizione alle radiazioni. In radioterapia, per esempio, e in applicazioni industriali la dose assorbita è di solito adeguata nel predire i risultati dell'irradiazione. Comunque, in situazioni in cui le strutture bersaglio presentano una eterogeneicità di deposizione energetica (come avviene spesso sulla cellula o sul nucleo cellulare), con un assorbimento di energia drammaticamente differente dal valor medio, la dose assorbita non

permette di comprendere al meglio le conseguenze e di definire i modelli di risposta dell'irraggiamento. In alcuni casi, come nell'uso di microfasci, viene creata un'irradiazione eterogenea intenzionale per studiare i meccanismi di risposta. In altre situazioni, come l'esposizione alla radiazione di fondo , l'eterogeneicità deriva dal basso livello di radiazione o dalla piccola concentrazione locale diradioattività. In tali casi, la descrizione in termini convenzionali di dose assorbita può portare erroneamente a ritenere che le strutture vicine subiranno lo stesso danno, e che la dose ricevuta da un target individuale possa essere abbassata quanto si voglia. In realtà, i target individuali possono ricevere energie altamente variabili, con una media ed una varianza determinate dalle proprietà fisiche della radiazione e del target. Affidarsi al valor medio piuttosto che allo spettro reale di deposizione di energia può comportare conclusioni sbagliate sulla relazione tra energia deposta e risposta biologica. Anche con la stessa quantità di energia, lo spettro del danno iniziale dipende dalla qualità della radiazione (talvolta indicata attraverso il LET) . Comunque, la complessa combinazione di processi biomolecolari che avvengono in seguito all'irradiazione rende improbabile che la descrizione tramite ogni singolo parametro sarà soddisfacente.

Il report raccomanda che , nei casi di deposizione eterogenea, venga data un'accurata descrizione del sistema irradiato e del campo radiante, in termini di distribuzione di energia della particella radiante, in funzione del tempo e del tipo di particella. La distribuzione del rateo di fluenza , la densità di probabilità dell'energia lineale e il rateo dell'evento sono descrizioni semplificate utili in molti casi.

NCRP
National Council on Radiation Protection & Measurements

E' stato pubblicato il Report 109 "*Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organism*", preparato a seguito del fatto che mentre il controllo degli scarichi di effluenti radioattivi in ambiente acquatico si basa su esposizioni potenziali di esseri umani, il razionale richiede invece che sia considerata ed inclusa l'esposizione potenziale delle popolazioni di organismi acquatici in qualunque valutazione dell'accettabilità globale delle pratiche di smaltimento rifiuti. Il Report rivede la letteratura disponibile sugli effetti delle radiazioni ionizzanti sugli organismi acquatici, fornisce indicazione su come mantenere il rateo di dose a livelli tali che gli effetti deleteri su tali organismi rimangano a livelli accettabilmente bassi e presenta una serie di semplici modelli dosimetrici. Il Report persegue la finalità di valutare la validità del principio per il quale un' appropriata protezione degli esseri umani comporta anche l'appropriata protezione degli altri esseri viventi. Le principali sezioni trattano delle esposizioni acute, croniche, effetti citogenetici e genetici, dosimetria ambientale e dose agli organismi acquatici e all'uomo, derivanti dalla radioattività ambientale. In appendice vengono esposte le stime dei ratei di dose al biota acquatico in siti identificati.

Recensione di “La scienza sotto l’ombrellone”

Codice Edizioni

Andrea Gentile

Presentazione dell’editore:

Un libro per conoscere il mondo che circonda la nostra sdraio o semplicemente per stupire gli amici in vacanza.
Dai trucchi per costruire un castello di sabbia perfetto ai cambiamenti del nostro corpo in immersione, dalla mappa dei migliori posti per fare surf fino alla composizione del nero di seppia, Andrea Gentile ci regala uno sguardo inedito e divertente sulla vita da spiaggia.
Fisica, chimica, biologia e scienze ambientali diventano lo strumento per spiegare cosa succede in riva al mare e nelle profondità degli oceani.

Tante curiosità sorprendenti e altrettanti miti da sfatare: sott’acqua, per esempio, vediamo meglio da lontano che da vicino e non è vero che si possono mangiare solo le femmine dei ricci di mare. Ancora: paradossalmente bere l’acqua salata ci disidrata.

Un libro illustrato bello da leggere e da vedere, scritto con un linguaggio alla portata di tutti e dedicato a chi si chiede sempre il perché delle cose.

Andrea Gentile è giornalista professionista e si occupa di scienza, cultura e attualità per il sito della rivista “Wired Italia”. Dopo una laurea in neuroscienze computazionali e un master in comunicazione della scienza alla SISSA di Trieste, ha fatto parte delle redazioni del giornale ondine “Galileo” e del programma *Radio3 Scienza*. Dal 2010 è a “Wired”, dove segue anche la sezione dedicata ai comics originali. Con il fumetto *Il caso Stamina*, scritto insieme a Francesco Barilli e Matteo Fenoglio, ha vinto nel 2014 il premio giornalistico O.Ma.R. per malattie e tumori rari, nella sezione “Politiche sanitarie”.

POINT/COUNTERPOINT: RUBRICA DI *MEDICAL PHYSICS*

Rassegna a cura di Fabrizio Levrero
U.O.C. Fisica Medica e Sanitaria

IRCCS Azienda Ospedaliera Universitaria S. Martino – IST Genova

Gli specializzandi in Fisica Medica dovrebbero essere reclutati utilizzando un programma di assegnazione

Med. Phys. 41 (6), Giugno 2014

Da quando il diploma di specializzazione conseguito in una struttura accreditata è diventato un prerequisito per la certificazione da parte delle Commissioni Professionali, trovare le migliori strutture da parte degli specializzandi e reclutare i migliori laureati da parte delle strutture è diventata un'attività altamente competitiva e, secondo taluni, anche caotica. Molti anni fa la situazione si era presentata nel caso dei Medici e la soluzione adottata è stata quella di istituire un programma nazionale per l'assegnazione degli studenti. Qualcuno auspica che la stessa cosa avvenga per la Fisica Medica e questo è l'argomento del mese.

Per questa opinione interviene S Sapareto, Professore e Direttore di Fisica Medica alla *Division of Radiation Oncology*, Banner MD Anderson Cancer Center a Gilbert, Arizona. Negli anni '20 il reclutamento degli studenti di medicina da parte degli ospedali avveniva in maniera alquanto turbolenta: le strutture accettavano studenti avendo poca conoscenza delle loro reali capacità e gli studenti accettavano posizioni senza sapere se nel prossimo futuro sarebbero state offerte loro migliori opportunità. Il primo tentativo di organizzazione avvenne negli anni '40, quando si fece un tentativo di stabilire un accordo per avere un'unica data di accettazione delle domande da parte di tutti gli ospedali: la cosa fallì miseramente! Fu nel 1952 che si abbozzò il primo Programma Nazionale di Assegnazione degli Specializzandi (NRMP - *National Resident Matching Program*) che, attraverso tutta una serie di perfezionamenti avvenuti nelle decadi successive, mira a realizzare la migliore convergenza tra le aspettative degli studenti e quelle delle strutture ospitanti. La situazione attuale degli specializzandi in Fisica Medica assomiglia molto a quella dei Medici nel 1940: istituire un programma di assegnazione porterebbe vantaggi a entrambe le parti coinvolte.

Di parere contrario è invece XR Zhu, Professore di Fisica delle Radiazioni al Dipartimento di Fisica delle Radiazioni dell'Università del Texas (MD Anderson Cancer Center) a Houston. Egli non si dichiara contrario in linea di principio al Programma di Assegnazione, ma considera che allo

stato attuale delle cose esso non sia applicabile. La principale obiezione da lui mossa è che la durata degli studi in Fisica è molto variabile e la laurea avviene in periodi dell'anno molto diversi: uniformare la data di reclutamento comporterebbe per qualcuno il rischio di restare anche sei mesi o un anno senza la possibilità di frequentare una struttura. Si potrebbe pensare di standardizzare la durata degli studi in Fisica, ma questo comporterebbe senz'altro una penalizzazione della preparazione degli studenti, a tutto discapito di quanto possono offrire ai pazienti e alla struttura che li ospita.

L'esposizione a basse dosi di radiazioni è benefica, non dannosa

Med. Phys. 41 (7), Luglio 2014

La recente tendenza a sposare la tesi che la richiesta di esami radiologici sia eccessiva o che le dosi siano troppo elevate e debbano essere ridotte, si basa sull'assunto che bassi livelli di esposizione alle radiazioni siano dannosi. Ma qualcuno sostiene, al contrario, che basse dosi di radiazioni siano benefiche e questo ribalterebbe completamente quanto scritto sopra! Questo è l'argomento del dibattito di questo mese.

Per l'opinione del titolo interviene M Doss, Professore Associato al Fox Chase Cancer Center di Philadelphia in Pennsylvania. Egli richiama il fatto che i processi ossidativi possono condurre alla produzione di radicali liberi i quali a loro volta possono causare danni ossidativi. Il nostro organismo è dotato di un complesso sistema antiossidante in grado di neutralizzare questi effetti, ma una piccola percentuale di questi danni può sfuggire alla riparazione e il relativo accumulo contribuisce a causare le malattie degenerative legate all'età. In realtà, a un limitato incremento della produzione di radicali liberi, consegue un aumento dei meccanismi di protezione (antiossidanti, enzimi che riparano il DNA, risposta immunitaria) che risultano in una diminuzione dei danni cumulati. Questo effetto preventivo è ben noto in caso di aumento dell'attività fisica/mentale, ma esistono ormai evidenze che lo stesso meccanismo valga per bassi livelli di esposizione alle radiazioni ionizzanti (*Low Dose Radiation* – LDR). L'autore dell'intervento cita al riguardo tutta una serie di lavori, che riguardano studi su animali, trattamenti LDR adiuvanti in caso di linfomi non-Hodgkin, ridotta insorgenza di tumori secondari legati alla radioterapia nei tessuti irraggiati LDR.

Al contrario si pronuncia MP Little, *Senior Investigator* al Radiation Epidemiology Branch del National Cancer Institutes of Health di Bethesda nel Maryland. Egli ribadisce la posizione maggiormente consolidata circa gli effetti delle radiazioni: sul detrimento e il danno legato all'esposizione a dosi moderate e alte non ci sono dubbi; le organizzazioni scientifiche a tutt'oggi

assumono che non ci sia una soglia o addirittura un effetto benefico legato a basse dosi ma una componente lineare positiva (il noto modello LNT – *Linear No Threshold*). L'intervento prosegue citando una serie di evidenze di aumento di incidenza tumorale in presenza di basse dosi di radiazioni: L'Oxford Survey of Childhood Cancer ha rilevato eccedenza di manifestazioni cancerogene nei bambini che hanno subito esposizioni di 10-20 mGy in utero; aumento del rischio di leucemia nei bambini che vivono in zone a elevato fondo ambientale (5 mGy); analoghe evidenze nei bambini che hanno effettuato ripetuti esami TC. In conclusione l'autore ribadisce che i dati disponibili sui meccanismi radiobiologici non ci autorizzano a pensare a una dose soglia al di sotto della quale non ci sia comparsa di effetti o all'ormesi.