

Effetti del trattamento con radiazioni ionizzanti e *nanorods* d'oro su cellule di glioblastoma: uno studio di spettroscopia di Risonanza Magnetica ai fini dell'ottimizzazione in Medicina Nucleare

M. Ranaldi^{1,2,3}, L. Binelli^{1,4}, A. Palma^{1,3}, V. Dini^{1,3}, B. De Berardis^{1,3}, M.G. Ammendolia^{1,3}, A. Rosi¹, C. Battocchio^{2,4}, G. Iucci^{2,4}, A. Attili⁴, A. Fabbri⁴, L. Tortora^{2,4}, T. Scotognella⁵, A. Giordano^{5,6}, I. Venditti^{2,4}, S. Grande^{1,3}



¹Centro Nazionale Tecnologie Innovative in Sanità Pubblica, Istituto Superiore di Sanità, 00161 Roma.

²Dipartimento di Scienze, Università Roma Tre, Via della Vasca Navale 79, 446, Roma.

³Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Roma1, Roma.

⁴Università di Roma Tre e INFN Sezione Roma Tre, Roma.

⁵Reparto di Medicina Nucleare, Fondazione Policlinico Universitario, A. Gemelli IRCCS, Roma 00168.

⁶Università Cattolica del S. Cuore, Roma 00168.

marco.ranaldi@iss.it



Introduzione

- La **Spettroscopia di Risonanza Magnetica (MRS)** è una tecnica non invasiva e un potente mezzo per lo studio di **sistemi biologici *in vitro***; può fornire informazioni sul metabolismo delle cellule tumorali in coltura, con l'obiettivo di approfondire la conoscenza della **risposta cellulare alle terapie antitumorali**.
- Con la MRS è possibile identificare **markers spettroscopici** le cui variazioni possono fornire informazioni sulla risposta delle cellule tumorali a diversi trattamenti, tra cui le **radiazioni ionizzanti e i sistemi di drug delivery basati su nanobacchette d'oro (gold nanorods, AuNRs)**. Le AuNRs stanno suscitando grande interesse in campo biomedico, grazie alle loro peculiari proprietà chimico-fisiche e alla possibilità di funzionalizzarne chimicamente la superficie

Scopo del lavoro

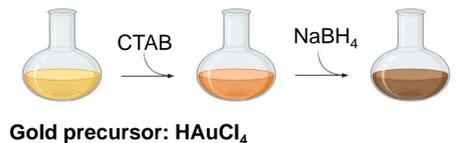
- Caratterizzazione** del profilo metabolico di cellule tumorali di glioblastoma (T98G) mediante ¹H MRS, per identificare i principali markers
- Studio delle variazioni dei markers in seguito a
 - trattamento con **sole radiazioni ionizzanti (raggi gamma, ¹³⁷Cs)**
 - trattamento combinato radiazioni + AuNRs**, al fine di investigare gli effetti della possibile emissione di elettroni Auger nel nucleo della cellula: aumento del danno a livello metabolico?

Metodologia

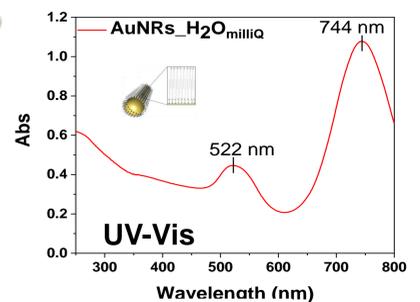
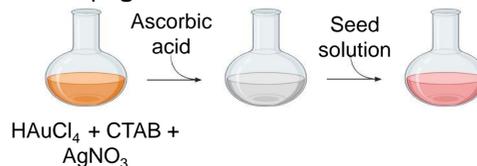
Gli spettri ¹H MR di T98G intatte sono stati acquisiti a diversi tempi dopo **l'incubazione con AuNRs** e successivo **irraggiamento a dose acuta D= 20 Gy**

1) Sintesi AuNRs

1° step: **seed solution**



2° step: **growth solution**



Purificazione

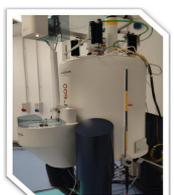
10 min
13000 rpm
(x2)

3) Acquisizione spettri ¹H MR

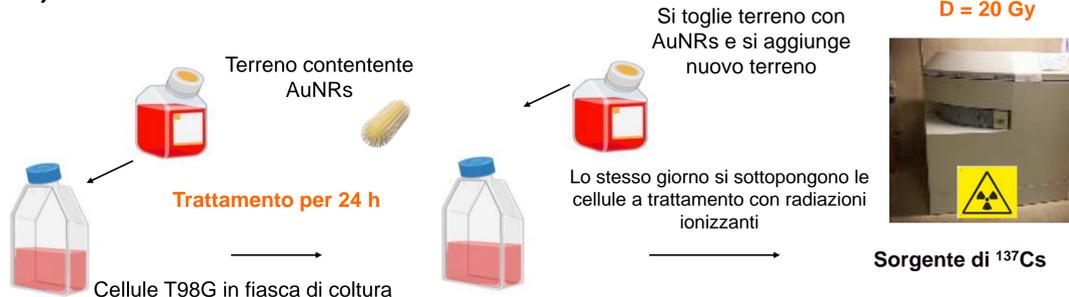
Acquisizione di spettri mono e bidimensionali COSY in tre condizioni:

- 1) Controlli
- 2) Irraggiati
- 3) Trattamento combinato AuNRs+radiazioni

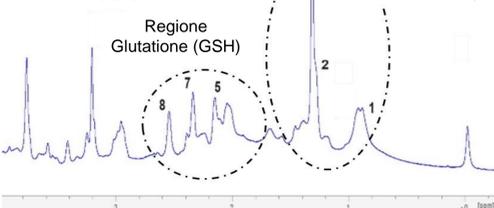
Bruker
14 T
600 MHz
ISS



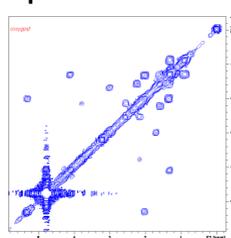
2) Trattamento con AuNRs e Radiazioni



¹H spettro cellule T98G

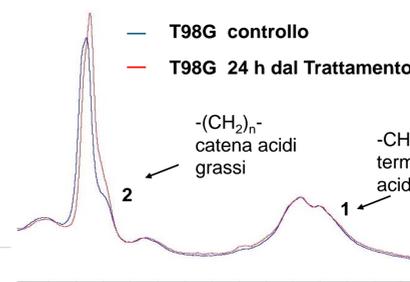
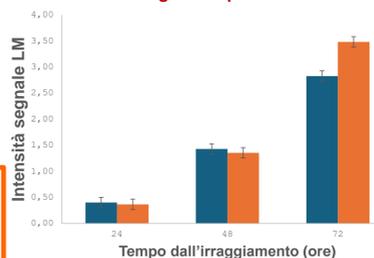


Spettro 2D COSY

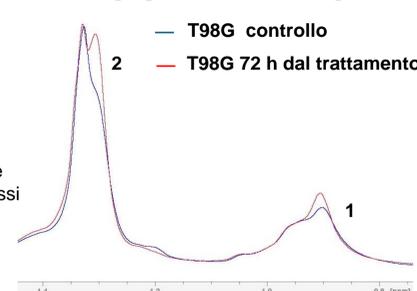


RISULTATI E DISCUSSIONE

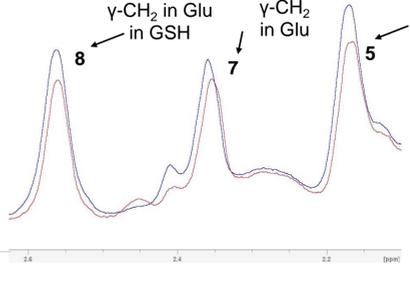
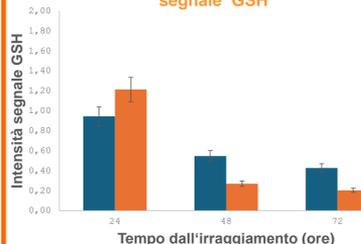
Cellule irraggiate D=20 Gy-variazione segnale Lipidi Mobili



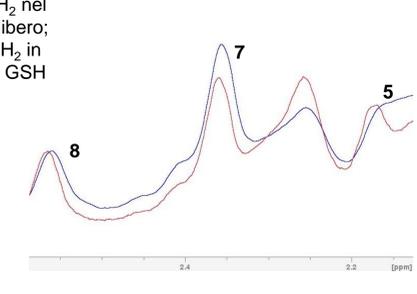
REGIONE LIPIDI MOBILI



Cellule irraggiate D=20 Gy-variazione segnale GSH



REGIONE GLUTATIONE



Il **trattamento con sole radiazioni** ha mostrato principalmente effetti a livello dei **metaboliti lipidici (lipidi mobili, LM) e sul GSH**

- I **segnali LM** a lunghi tempi dall'irraggiamento (72 ore) mostrano un aumento in intensità rispetto al controllo: accumulo di LM, indicativo dell'instaurarsi di **morte cellulare per apoptosi**.
- La parallela **diminuzione dell'intensità del segnale del GSH** indica l'attivazione di un meccanismo protettivo di risposta delle cellule stesse all'aumento della concentrazione di ROS conseguente all'esposizione alle radiazioni: **consumo di GSH che ha funzione antiossidante**.

Risultati preliminari sul **trattamento combinato radiazioni + AuNRs** mostrano un **aumento del segnale LM** già alle 24 ore con **parallela diminuzione del GSH**. A 72 ore dal trattamento l'aumento dell'intensità del segnale LM è particolarmente intenso mentre il meccanismo protettivo del GSH **sembra essersi esaurito: possibile morte cellulare**.

I risultati preliminari danno una prima indicazione di effetto sinergico dei due trattamenti

Ringraziamenti: Gli autori ringraziano l'INFN, CSN5, progetto SEGNAR, che ha parzialmente finanziato questa ricerca



LIVELLI DIAGNOSTICI DI RIFERIMENTO PER LA PRATICA NAZIONALE DI RADIOLOGIA DIAGNOSTICA E INTERVENTISTICA E DI MEDICINA NUCLEARE DIAGNOSTICA: L'AGGIORNAMENTO DEL DOCUMENTO DI RIFERIMENTO RAPPORTI ISTISAN 20|22

Sveva Grande¹, Alessandra Palma¹, Renato Padovani², Gaetano Compagnone³, Loredana D'Ercole⁴, Antonio Orlacchio⁵, Guglielmo Bernardi⁶, Elena De Ponti⁷, Maria Cristina Marzola⁸, Antonella Rosi¹



¹ Centro Nazionale Tecnologie Innovative in Sanità Pubblica, Istituto Superiore di Sanità, Roma; ² International Centre for Theoretical Physics, Trieste; ³ Già Unità Operativa Fisica Sanitaria, AOU di Bologna, Policlinico di S. Orsola, Bologna; ⁴ Struttura Complessa Fisica Sanitaria, Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia; ⁵ Dipartimento di Scienze Chirurgiche, Università degli Studi di Roma Tor Vergata – Radiologia DEA, Policlinico Universitario Tor Vergata, Roma; ⁶ Struttura Sanitaria Polimedica di CODESS Friuli-Venezia Giulia, Pradamano (Udine); ⁷ Struttura Complessa Fisica Sanitaria, Fondazione IRCCS San Gerardo dei Tintori, Monza; ⁸ Servizio di Medicina Nucleare-Centro PET, Ospedale S. Maria della Misericordia, Rovigo

BACKGROUND

- L'Istituto Superiore di Sanità è stato fortemente impegnato nell'elaborazione della Direttiva 2013/59/Euratom e nel suo recepimento nel D.Lvo 101/2020, attraverso membri esperti designati dal Presidente dell'ISS.
- Per quanto attiene agli aspetti legati alla **esposizione a radiazioni in campo medico**, in ISS è presente una competenza pluridecennale nell'ambito della **Assicurazione di Qualità (AQ) nelle scienze radiologiche**, che si è sviluppata attraverso il coordinamento di **Gruppi di Studio (GdS) multidisciplinari** per l'elaborazione, tra l'altro, di indicazioni per l'ottimizzazione della radioprotezione del paziente e, in alcuni casi, congiuntamente con INAIL, del lavoratore.
- Questa competenza si è proposta per dare un supporto scientifico alla definizione dei **Livelli Diagnostici di Riferimento (LDR)**, uno degli strumenti più importanti nella **ottimizzazione** della radioprotezione del paziente e utili nell'individuare pratiche diagnostiche non ottimizzate, ed in alcuni casi non accettabili, dal punto di vista dell'esposizione del paziente stesso.



Ai fini della individuazione di un elenco di valori di **LDR per la pratica radiologica italiana**, l'ISS ha individuato un gruppo di lavoro composto da medici radiologi, di cardiologia interventistica, medicina nucleare; fisici medici ed esperti dell'ISS e del INAIL scelti all'interno del GdS per l'AQ in radiologia interventistica coordinato da ISS e INAIL, per la redazione di un **documento tecnico** da promulgare come indicazione dell'ISS

L'art. 7 del DL.vo 101/2020 (2), al punto 83 così definisce i livelli diagnostici di riferimento:

"livelli diagnostici di riferimento": i livelli di dose nelle pratiche radiodiagnostiche mediche o nelle pratiche di radiologia interventistica o, nel caso dei radiofarmaci, i livelli di attività, per esami tipici per gruppi di pazienti di corporatura standard o fantocci standard"

LDR livelli diagnostici di riferimento

Gruppo di Lavoro ISS sui Livelli Diagnostici di riferimento (LDR)



La prima edizione del documento risale al 2017 **Rapporti ISTISAN 17|33**: dovrà essere periodicamente aggiornato per fornire valori di LDR rispondenti alla evoluzione della pratica radiologica italiana e a supporto degli obiettivi di ottimizzazione delle esposizioni mediche.

E' giunto nel 2023 alla sua seconda revisione come **Rapporti ISTISAN 20|22** rev,

Il documento e i suoi aggiornamenti sono stati citati nel DL.vo 203/2022 Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, divenendo di fatto riferimenti di legge

Art. 35
Modifiche all'articolo 158 del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, relativo all'applicazione del principio di ottimizzazione alle esposizioni mediche



Livelli diagnostici di riferimento per la pratica nazionale di radiologia diagnostica e interventistica e di medicina nucleare diagnostica



Scaricabile gratuitamente da <https://www.iss.it/rapporti-istisan>

Il responsabile dell'impianto radiologico, ai fini dell'ottimizzazione dell'esecuzione degli esami in radiodiagnostica e medicina nucleare nonché delle procedure di radiologia interventistica, garantisce che si tenga conto dei livelli diagnostici di riferimento, laddove disponibili, tenendo conto delle indicazioni più aggiornate pubblicate dall'Istituto Superiore di Sanità e, in particolare, dei rapporti **ISTISAN 17|33** "Livelli diagnostici di riferimento nazionali per la radiologia diagnostica e interventistica" e **ISTISAN 20|22** "Livelli diagnostici di riferimento per la pratica nazionale di radiologia diagnostica e interventistica e di medicina nucleare diagnostica. Aggiornamento del Rapporto ISTISAN 17|33" e **loro successivi aggiornamenti nonché della linea guida in allegato XXV**

NEW!

Gli aggiornamenti principali dell'ultima revisione:

KAP per rachide lombare

Tabella 4.1. Valori di LDR per la radiografia proiettiva dell'adulto nella pratica radiologica italiana

Regione anatomica	Proiezione	Valori LDR	
		K _{AP} mGy	KAP o P _{Ka} Gycm ²
Cranio	AP o PA	3,5	1,0
	LAT	2,5	1,0
Torace	PA	0,4	0,25
	LAT	1,2	1,0
Addome	AP o PA	6	3,0
	AP	7	2,3
Rachide lombare	LAT	18	4,0
	AP	6	3,0
Intra-orale	Molare della mandibola	1,2 (K _{av})	
Ortopantomografia			0,081

Modificata Tabella 4.5

Tabella 4.5. Valori LDR espressi in KAP (mGy^{cm}) per TC Cone Beam del primo molare superiore dell'adulto nella pratica radiologica italiana

Regione anatomica	Valori LDR FOV 4 cm x 4 cm*
TC Cone Beam impianto del primo molare superiore	250

* A livello locale il valore di LDR deve essere normalizzato se il FOV è diverso da 4cm x 4cm

DGM per spessore eq. mammella 2,1 cm

Tabella 4.2. Valori di LDR in termini di dose ghiandolare media (DGM) per la mammografia digitale nella pratica radiologica italiana

Spessore di PMMA cm	Spessore equivalente della mammella cm	DGM mGy
2,0	2,1	1,2
3,0	3,2	1,5
4,0	4,5	2,0
4,5	5,3	2,5
5,0	6,0	3,0
6,0	7,5	4,5
7,0	9,0	6,5

Aggiunte le Attività minime consigliate

Tabella 3.19. Attività (in MBq) di base per il calcolo dell'attività da somministrare e minime consigliate per i radiofarmaci di interesse in ambito pediatrico (Dosage card EANM)

Radiofarmaco	Attività di base	Attività minima
F-18 FDG (cerebrale)	14	14
F-18 FDG (oncologico)	25,9	26
Ga-68 Peptidi	12,8	14
I-123 (blonde)	0,6	3
I-123 MIBG	28	37
Tc-99m DMSA	6,8	18,5
Tc-99m DTPA	34	20
Tc-99m HSP-MDP	35	40
Tc-99m HIDA (scintigrafia epato-bilare)	10,5	20
Tc-99m HMPAO (cerebrale)	51,8	100
Tc-99m HMPAO Globuli bianchi per infezioni/inflamazioni	35	40
Tc-99m MAA	5,6	10
Tc-99m MUGS	11,9	15
Tc-99m MIBI Tetrofosmina protocollo 2 giorni (stress-rest)	42	80
Tc-99m MIBI Tetrofosmina protocollo 1 giorno (stress)	64	80
Tc-99m MIBI Tetrofosmina protocollo 1 giorno (rest)	28	80
Tc-99m nanocolloidi	21	20
Tc-99m colloid (reflusso gastrico)	2,8	10
Tc-99m Ov	5,6	10
Tc-99m Ov (per ricerca mucosa gastrica ectopica)	10,5	20

Work in progress



National survey to update the diagnostic reference levels in interventional radiology procedures in Italy: working methodology

L. D'Ercole¹, A. Rosi², G. Bernardi³, G. Compagnone⁴, A. Orlacchio⁵, R. Padovani⁶, A. Palma⁷ and G. Grande¹
Published 29 January 2024 • © 2024 Society for Radiological Protection. Published on behalf of SRP by IOP Publishing Limited. All rights reserved.
Journal of Radiological Protection, Volume 44, Number 1
October 1, 2024 • doi:10.1088/1361-6480/ad11e1
DOI: 10.1088/1361-6480/ad11e1



CONVEGNO NAZIONALE AIRP DI RADIOPROTEZIONE
La radioprotezione della popolazione: esposizioni pianificate ed esistenti in un'ottica di sostenibilità
LUCCA 25 - 27 settembre 2024

Esposizioni mediche: sviluppo di indicatori di autovalutazione per l'implementazione di un audit clinico pilota in attuazione dell'art.168 del D.lgs. 101/2020 in radiologia interventistica



Alessandra Palma¹, Sveva Grande¹, Loredana D'Ercole², Barbara Petracchi², Sergio Zucca³, Simone Comelli³, Silvia Mazzocchi⁴, Stefano Michelagnoli⁴, Stefania Delle Canne⁵, Lorenzo Steri⁵, Piera Turano⁶, Fabio Fulgenzi⁶, Osvaldo Rampado⁷, Andrea Doriguzzi Breatta⁷, Rossana Bona⁸, Carlo Giordano⁹, Paola Isoardi¹⁰, Nicoletta Paruccini¹¹, Anna Balsamo¹², Angela Coniglio¹², Antonella Rosi¹

¹CN Tecnologie Innovative in Sanità Pubblica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

³ARNAS G. Brotzu, Cagliari;

⁵Ospedale Isola Tiberina- Gemelli Isola, Roma;

⁷A.O.U. Città della Salute e della Scienza, Torino

⁹Azienda Unità Sanitaria Locale Piacenza

¹¹Fondazione IRCCS San Gerardo dei Tintori, Monza

²Fondazione I.R.C.C.S. Policlinico San Matteo, Pavia;

⁴Azienda USL Toscana Centro, Firenze

⁶ASL Pescara

⁸Azienda Ospedaliero-Universitaria di Sassari

¹⁰A.O.U. di Alessandria Santi Antonio e Biagio e Cesare Arrigo

¹²Ministero della Salute, Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria, Ufficio 4

INTRODUZIONE

- L'Istituto Superiore di Sanità (ISS), di concerto con il Ministero della Salute, promuove la creazione di strumenti di valutazione periodica (**audit clinici**), per monitorare il quadro nazionale di radioprotezione del paziente, al fine di garantire elevati standard di sicurezza e qualità, anche in adempimento al D.lgs. 101/2020 (art. 168, commi 6 e 7)
- In tale ambito, è attivo un progetto Ministero Salute CCM-Area Azioni centrali: "Ottimizzazione dell'esposizione medica a radiazioni ionizzanti: progetto pilota per l'implementazione di audit clinici e prima attuazione dell'art. 168 del d.lgs. 101/2020 in Radiologia Interventistica", capofila l'ISS, che coinvolge sei strutture di Fisica Sanitaria italiane.



OBIETTIVO

Implementare un audit clinico pilota in radiologia interventistica, per evidenziare eventuali limiti o problematiche all'interno delle strutture al fine di individuare azioni correttive atte all'ottimizzazione dell'esposizione medica a radiazioni ionizzanti, e definire un modello di audit da estendere a livello nazionale per il miglioramento continuo della qualità in radiologia interventistica.

METODOLOGIA

Il Comitato Scientifico del progetto, composto da figure multidisciplinari ha sviluppato **quattordici indicatori clinici di autovalutazione in sei ambiti, su diciannove procedure interventistiche** tra quelle più diffuse a livello nazionale e con elevate dosi al paziente.

Lettera	Descrizione
A	Strumenti di raccolta dati
B	Dosi erogate al paziente
C	Monitoraggio delle dosi ai pazienti a rischio per superamento dei livelli soglia per reazioni tissutali in cute
D	Implementazione di un sistema di FU
E	Qualità dell'immagine
F	Formazione degli operatori coinvolti nell'ottimizzazione della procedura

Gli indicatori, nella logica del Miglioramento Continuo di Qualità (MCQ), sono stati inviati, ai fini della **validazione**, a quattro Strutture di Fisica Sanitaria esterne al progetto, per verificarne la facilità di compilazione e individuarne le eventuali criticità.

Gli indicatori validati sono stati inviati ai partner del progetto pilota che hanno provveduto alla raccolta dei dati.

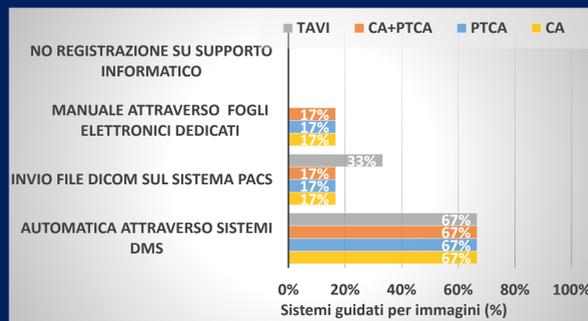
RISULTATI

Indicatore A1 – Modalità di registrazione del dato dosimetrico

Razionale: l'applicazione dell'art. 168 (comma 1, D.Lgs. 101/2020) (registrazione su supporto informatico dei trattamenti con radiazioni ionizzanti e dei principali parametri tecnici per valutazione della dose alla popolazione e dei LDR) permette di monitorare in modo comparativo e continuo le dosi erogate permettendo la messa in atto di azioni correttive se necessarie.

Dato richiesto: riportare, per ciascuna apparecchiatura utilizzata e per la specifica procedura, il tipo di registrazione.

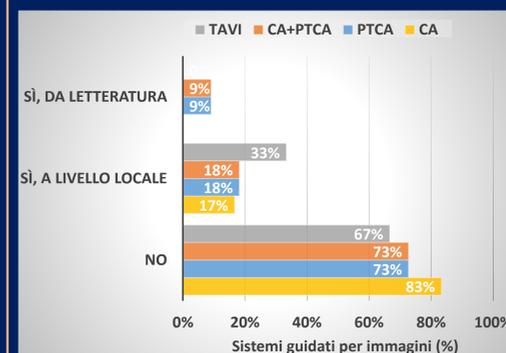
Per tutte le apparecchiature impiegate nel settore cardiologico nei 6 centri partecipanti i risultati mostrano che il Dose Management System (DMS) è il metodo più utilizzato per la registrazione del dato dosimetrico.



Indicatore Gruppo B - B3 LDR COMPLESSITA'

Razionale: la dose impartita al paziente dipende dalla complessità della procedura interventistica; l'adozione di LDR da letteratura graduati in funzione della complessità è auspicabile in termini di ottimizzazione della dose erogata.

Dato richiesto: indicare se nelle procedure con criterio di complessità definito, se non disponibili LDR nazionali, si adottano LDR di letteratura o altri valori di riferimento locali.



Nel settore cardiologico i risultati evidenziano che nelle strutture, nella maggioranza dei casi, non si adottano LDR graduati per complessità (per le PTCA e CA si adottano LDR derivati da letteratura nel 9% dei casi).



Indicatore Gruppo F1- Formazione degli operatori sanitari in Radiologia Interventistica

Razionale: l'Art. 162 del D.Lgs 101/2020 prevede la formazione continua nell'ambito del programma di educazione continua in medicina (ECM) per gli operatori sanitari. La formazione può essere implementata con corsi interni o organizzati da provider ECM accreditati promossi dalla struttura o demandata al singolo.

Dato richiesto: indicare come è organizzata nella propria struttura la formazione del professionista sanitario in termini di radioprotezione del paziente.

Per tutte le figure professionali la formazione è demandata in gran parte al singolo professionista (unica eccezione il medico elettrofisiologo per il quale la formazione demandata al singolo e organizzata dalla struttura di appartenenza si equivalgono).

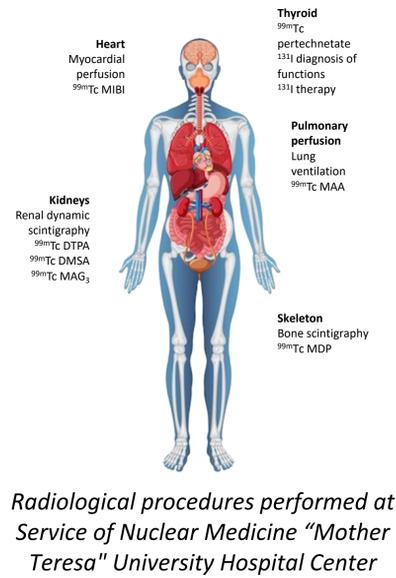
CONCLUSIONI

I risultati dell'audit pilota permetteranno di definire gli strumenti per effettuare, in maniera sistematica, regolari audit in radiologia interventistica da estendere a livello nazionale, ricordando che l'implementazione e la conduzione di un audit efficace non può prescindere da un approccio collaborativo e standardizzato tra le diverse figure professionali coinvolte a qualunque livello nelle prestazioni cliniche.

Il progetto è condotto con il supporto tecnico e finanziario del Ministero della Salute- Programma-CCM 2022 - "Ottimizzazione dell'esposizione medica a radiazioni ionizzanti: progetto pilota per l'implementazione di audit clinici e prima attuazione dell'art. 168 del d.lgs. 101/2020 in Radiologia Interventistica".



Introduction



Mo-Tc Generator	Isotope	Activity (GBq)	Half-life (h)	Energy (keV)
	^{99m} Tc	20	6.02	Gamma 140.5 (89.0%) IT

Mo-Tc Generator	Isotope	Γ (μSv m ² MBq ⁻¹ h ⁻¹)	HVL (mmPb)	TVL (mmPb)
	^{99m} Tc	0.022	0.3	0.9

Capsules	Isotope	Activity (GBq)	Half-life (h)	Energy (keV)
	¹³¹ I	12.21	197.72	Gamma 364.5 (81.2%) β

Capsules	Isotope	Γ (μSv m ² MBq ⁻¹ h ⁻¹)	HVL (mmPb)	TVL (mmPb)
	¹³¹ I	0.064	3	11

Supply frequency: every 2 weeks

Monitoring

Monitoring of Work Environments

This monitoring served as a test of the plan and was conducted when there was an activity of 12.21 GBq of I-131 in the NMD, and when this dose was administered to 15 patients who returned for their follow-up examination at least 3 days after receiving the dose prescribed by the doctor. The measured environmental results were compared with the values established in Regulation No. 801, dated December 11, 2019, for supervised and controlled zones, as specified in Articles 28 and 29 of this regulation. The measured environmental values are below the limits allowed by the regulator for each of the zones.

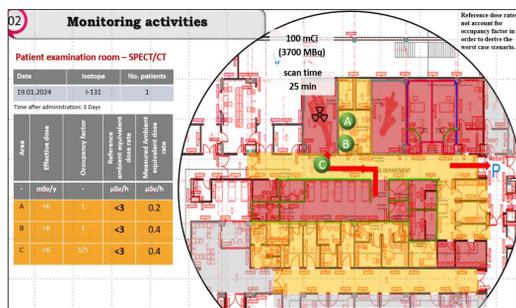


Fig.1 Results of monitoring ambient equivalent doses during patient examination in SPECT/CT

Monitoring of Patient Doses

The literature review on the methodology for determining Diagnostic Reference Levels (DRL) was completed, and tasks for its implementation were outlined. As a practical exercise in implementing the methodology, a study of the DRL for bone scintigraphy was conducted. This study serves as preliminary information and helped create a database to collect the necessary information for determining DRLs. The local DRL for bone scintigraphy was found to be 666 MBq, compared to 600 MBq (500-1110 MBq) reported at the European Union level.

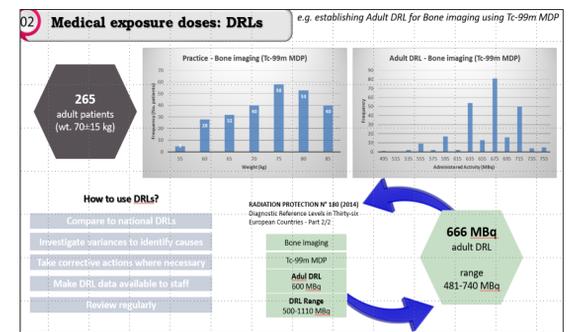


Fig.3 Determination of local DRLs at for Center of Nuclear Medicine

Monitoring of Staff Doses

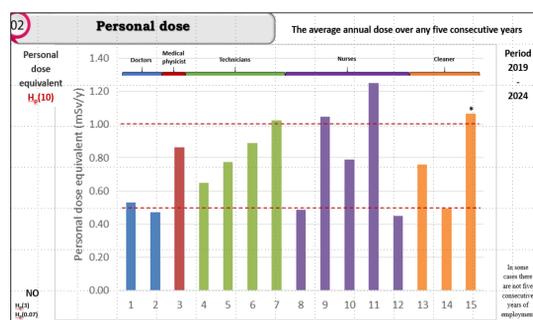


Fig 2 Results of monitoring personal effective doses for Center of Nuclear Medicine personnel."

Management of Radioactive Waste

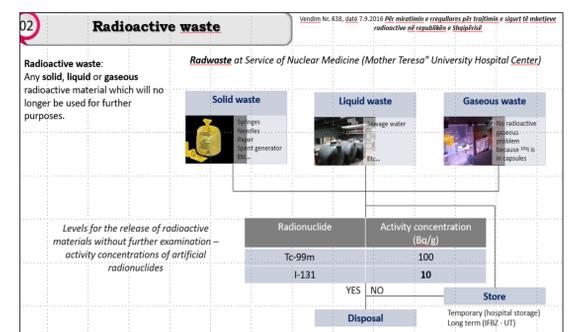


Fig4. Radioactive waste management plan at Center of Nuclear Medicine

Conclusion:

This is the first time the dose monitoring program within the Department of Nuclear Medicine is being conducted with the University of Tirana. Tasks are set for the future. There will be continuous monitoring of ambient doses, which should be extended for a longer period of surveillance. Meanwhile, staff monitoring will continue using the same method. As for the Diagnostic Reference Levels (DRL), data will be collected over a longer period and for a broader range of examinations. Additionally, doses from radioactive waste produced in nuclear medicine will also be monitored and presented to provide necessary recommendations for the future. Monitoring is part of the quality controls that will be carried out in nuclear medicine, along with continuous staff training.

References

- Quality Control Of Nuclear Medicine Instrumentation And Protocol Standardization. (n.d.). Retrieved from https://www.eanm.org/contentteam/uploads/2017/11/EANM_2017_TechGuide_QualityControl
- International Atomic Energy Agency. (2023). Basics of Quality Management for Nuclear Medicine Practices. IAEA Human Health Series No. 43. Vienna.
- Report No. 147 – Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. (2004). ISBN 0-929600-83-5.
- Acceptance testing for nuclear medicine instrumentation. (2010). Retrieved from https://www.eanm.org/publications/guidelines/3_EJNMMI_Physics_GL_AcceptTesting_fulltext_03_2010.pdf
- Routine quality control recommendations for nuclear medicine instrumentation. (2010). Retrieved from https://www.eanm.org/publications/guidelines/4_EJNMMI_Physics_GL_RoutineQC_fulltext_03_2010.pdf
- IAEA. (n.d.). A MODEL TO ASSESS STAFFING NEEDS IN NUCLEAR MEDICINE. Human health report 19. Retrieved from <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/training-material>
- IAEA safety standard for protection people and the environment. Storage of Radioactive waste. Safety Guide No. WS-G-6.1.
- IAEA safety standard for protection people and the environment. Management of Waste from the Use of Radioactive material in Medicine, Industry, Agriculture, Research, And Education. Safety Guide No. WS-G-2.7.
- COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom.
- Knight, A. (n.d.). Nuclear Medicine Technologist Job Satisfaction. Department of Radiology, University of Iowa Hospitals and Clinics. Retrieved from [https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/training-material](https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/training-materialhttps://www.iaea.org/resources/rpop/resources/training-material)

Efficiency Evaluation of Lead Aprons for Cardiologists in the Hemodynamics Department at "Mother Teresa" University Hospital Center

Brikena Vuçaj¹, Kozeta Tushe²

¹Radiation Protection Officer of "Mother Tereza" University Hospital Centre

²Institute of Applied Nuclear Physics

brikenavucaj@hotmail.com

INTRODUCTION

The increase in the use of angiographic procedures in medical practices has underscored the importance of radiation safety for healthcare professional. This exposure, if not properly managed, can lead to serious health risks including radiation-induced cancer.

LEAD APRON EFFICENCY

Table 1 - Average TLD Dosimeters Readings (cardiologist 1)

Year	Under Apron (mSv)	Over Apron (mSv)
2021	1.504	11.862
2022	0.97	6.24
2023	1.67	22.54
(½)2024	0.5	2.79

Lead aprons are a primary defense against radiation exposure in interventional cardiology. By absorbing and attenuating scattered radiation, lead aprons significantly reduce the radiation dose that reaches the body

Table 2 - Average TLD Dosimeters Readings (cardiologist 2)

Year	Under Apron (mSv)	Over Apron (mSv)
2021	1.897	9.339
2022	1.56	8.07
2023	1.95	18.11
(½)2024	0.57	1.9

RADIATION EXPOSURE IN INTERVENTIONAL CARDIOLOGY

Interventional cardiology procedures, involve the use of fluoroscopy, a continuous X-ray technique that provides real-time imaging to guide the procedure. While fluoroscopy is invaluable for visualizing the cardiovascular system, it also exposes both patients and medical staff to ionizing radiation.

Figure 1 – A craced lead apron

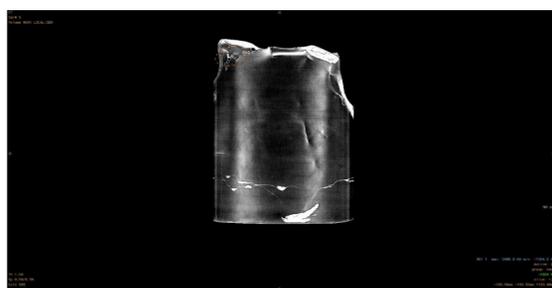


Figure 2 – An effective lead apron



CONCLUSION

This study has demonstrated that the use of lead aprons significantly reduces radiation exposure for cardiologists performing angiographic procedures. The findings underscore the importance of high-quality, well-maintained protective equipment in minimizing the risks associated with occupational radiation exposure. Moreover, while lead aprons are an essential component of radiation safety, they should not be the sole measure relied upon. A comprehensive approach that includes dose optimization, proper technique, and the use of additional protective equipment is crucial in minimizing radiation risks to healthcare workers

Sviluppo di un sistema *real-time* per la stima della dose ai *caregiver* di pazienti di medicina nucleare

G. Stendardo^{1*}, T. Falcone¹, P. Fattibene¹, E. Cisbani¹, G. Venoso¹, C. De Angelis¹, S. Grande¹, C. Andenna³, C. Zicari³, G. Iaccarino², B. Cassano², S. Ungania², V. Bruzzaniti², A. Soriani², A. Palma¹

¹Istituto Superiore di Sanità (ISS), Roma, Italia; ²IRCCS Regina Elena-IFO, Roma, Italia; ³INAIL-DIT, Roma, Italia

*giorgia.stendardo@iss.it

IL CONTESTO

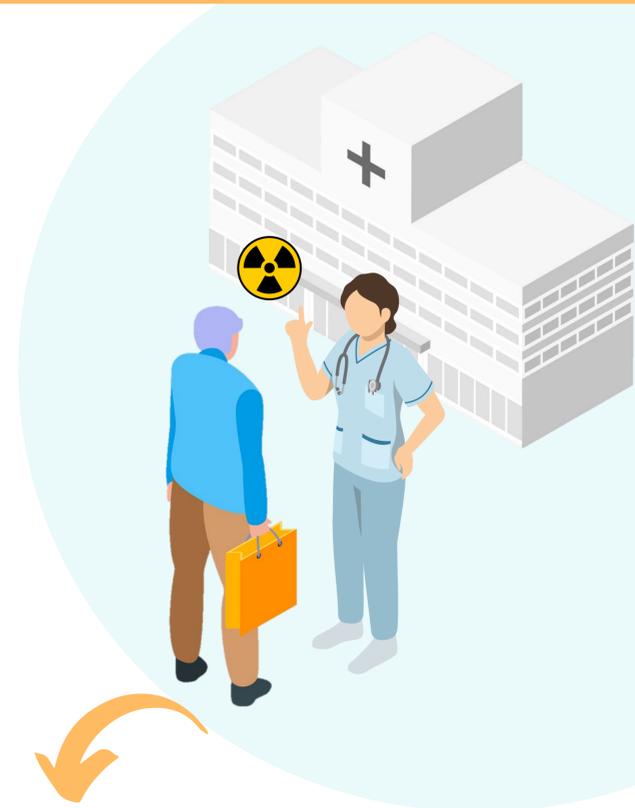
I pazienti di medicina nucleare sottoposti a trattamento con radionuclidi possono esporre a radiazioni ionizzanti le persone che vivono con loro o che li assistono, a causa della radioattività residua nel loro corpo alla dimissione.

LA SOLUZIONE PROPOSTA

Un sistema integrato, basato su algoritmi di IA e modelli di calcolo, per la stima della dose dovuta all'interazione con pazienti di medicina nucleare in ambiente domestico e in assenza di dosimetri fisici.

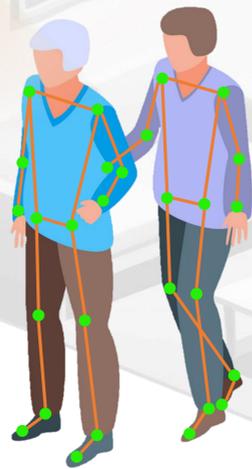
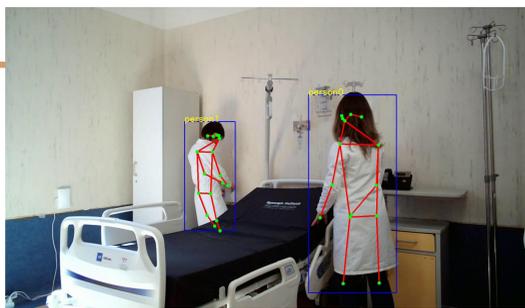
LE PROBLEMATICHE ATTUALI

- Il D.Lgs. 101/2020 stabilisce specifici vincoli di dose per la popolazione e i *caregiver*, su cui si basano gli attuali criteri per la dimissione dei pazienti^{1,2}.
- Il rispetto dei vincoli di dose dipende dall'osservanza di norme comportamentali e raccomandazioni, ricevute alla dimissione per minimizzare l'esposizione.
- Non viene fornita una soluzione per stimare la dose reale che i *caregiver* riceveranno.



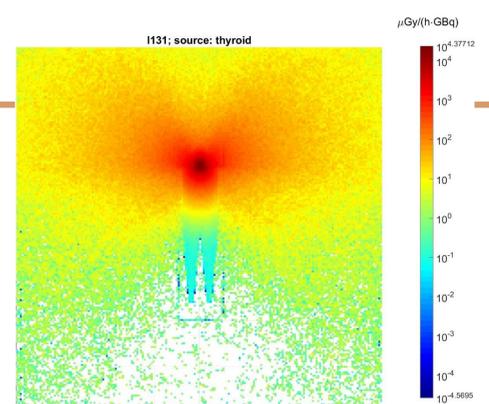
TRACCIAMENTO DELLA POSA

Sviluppo di un codice basato su algoritmi di **Computer Vision** e **reti neurali CNN (IA)** per l'identificazione e la ricostruzione 3D in tempo reale della posizione di paziente e *caregiver* da acquisizioni video, già testati su operatori in medicina nucleare³.



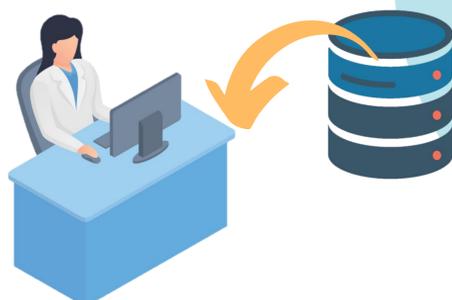
MAPPE DI RADIAZIONE

Creazione di una libreria di mappe del campo di dose ambientale generato dal paziente per diversi scenari *indoor*, a partire da **simulazioni Monte Carlo**, considerando il decadimento effettivo del radionuclide e il possibile impatto dell'ambiente domestico.



APPLICAZIONE MOBILE

- Integrazione delle coordinate di posizione del *caregiver* rispetto al paziente nella mappa di radiazione opportuna, per la **stima in tempo reale della dose**.
- Visualizzazione del campo di radiazione e **monitoraggio del rischio radiologico** mediante notifiche su schermo.
 - Raccolta dei dati dosimetrici in un **database ospedaliero** per l'analisi successiva da parte di *decision maker*.



I RISULTATI ATTESI

- Sensibilizzare pazienti e *caregiver* sul rischio radiologico.
- Ottimizzare gli attuali criteri per la dimissione dei pazienti.

¹D.Lgs 101/2020, art. 156, comma 3 e allegato XXV;

²IAEA, Safety report series No. 63 (2009).

³G. Stendardo, P. Fattibene, Atti del Convegno Nazionale AIRP, 119-124 (2023).

Il lavoro è finanziato dal Bando ISS Ricerca Indipendente 2023 e dal Progetto Rome Technopole, PNRR Miss. 4 Comp. 2 Inv. 1.5, finanziato dall'UE – «NextGenerationEU»