

CAPITOLO 7. RISCHIO FISICO E PROCEDURE DI SICUREZZA

Nell'ambito dei rischi fisici descritti nel Capitolo 3, le radiazioni ionizzanti, i raggi ultravioletti e le fonti elettromagnetiche, ma anche l'utilizzo di materiali criogenici e gas tecnici, rappresentano argomenti particolarmente rilevanti per le attività cliniche veterinarie, sia sui pazienti in OVUD che nei laboratori del DMV.

7.1 Radiazioni ionizzanti

7.1.1 Sorgenti delle radiazioni ionizzanti e unità di misura

Le radiazioni ionizzanti (RI) includono onde elettromagnetiche, come i raggi X e i raggi γ (gamma), e particelle corpuscolari, come le particelle α (alfa), β (beta), neutroni o protoni. Tra queste, i raggi X e i raggi gamma rappresentano la principale fonte di rischio da radiazioni ionizzanti per i laboratori del settore sanitario. Queste radiazioni vengono generate sia da apparecchiature radiogene che da sorgenti di isotopi radioattivi e trovano applicazione sia nella diagnostica, ad esempio in radiodiagnostica e medicina nucleare, sia nella terapia, come nella radioterapia e nella terapia metabolica. Nel DMV, all'ottobre 2024, sono presenti solo apparecchiature radiogene necessarie alla diagnostica delle patologie muscolo-scheletriche negli animali da affezione, animali non convenzionali e animali da reddito.

Le sorgenti radiogene sono dispositivi che accelerano particelle cariche, come gli elettroni. Quando un fascio di elettroni accelerati interagisce con un materiale ad alto numero atomico, come il tungsteno, si genera un potente fascio di onde elettromagnetiche, comunemente conosciuto come raggi X.

Nell'OVUD, le sorgenti artificiali includono apparecchiature radiografiche convenzionali, tomografi computerizzati e fluoroscopi. La quantità di energia assorbita dall'organismo per unità di massa si chiama "dose assorbita" ed è misurata in Gray (Gy). Tuttavia, poiché le diverse radiazioni ionizzanti hanno capacità biologiche diverse a parità di dose, si utilizza la "dose equivalente", misurata in Sievert (Sv), che considera il fattore di qualità specifico di ogni tipo di radiazione ionizzante. Per i raggi X, questo fattore è pari a 1, permettendo l'uso intercambiabile di Gray e Sievert.

A parità di dose assorbita, i rischi variano a seconda dell'organo colpito. Per tener conto di questi rischi differenziati, si utilizza il concetto di "dose efficace", misurata anch'essa in Sievert. Questa rappresenta la somma delle dosi equivalenti ponderate per il rischio relativo associato a ciascun tessuto o organo. La probabilità di sviluppare effetti stocastici, come mutazioni genetiche o cancro, è direttamente proporzionale alla dose efficace ricevuta.

7.1.2 Effetti delle radiazioni ionizzanti sull'uomo

L'esposizione alle RI può avvenire in modo acuto, con alte dosi in brevi periodi, o in modo cronico, con basse dosi prolungate nel tempo, come accade spesso nella pratica lavorativa. Gli effetti sull'uomo possono variare in base alla modalità e intensità dell'esposizione, classificandosi in tre categorie principali: danni somatici deterministici, danni somatici stocastici e danni genetici stocastici. Mentre i danni somatici interessano solo l'individuo esposto, i danni genetici possono coinvolgere anche la progenie.

7.1.2.1 Danni deterministici

I danni deterministici sono prevedibili: superata una certa soglia di dose, gli effetti si manifestano con gravità proporzionale alla dose assorbita. Gli effetti possono insorgere dopo un periodo di latenza calcolabile e includono patologie acute o croniche. Ad esempio, dosi elevate possono provocare ustioni, sindromi da

irradiazione acuta e disfunzioni organiche. Esposizioni prolungate a basse dosi possono causare radiodermiti croniche (es. "cute del radiologo") o anemie croniche.

7.1.2.2 Danni stocastici

I danni stocastici, al contrario, non sono certi ma probabili: il rischio aumenta con la dose ricevuta, ma senza una soglia deterministica. Questi danni includono leucemie e altri tumori maligni. Tali effetti possono comparire anni o decenni dopo l'esposizione e colpiscono solo una parte degli individui irradiati.

7.1.2.3 Danni genetici

L'esposizione alle RI durante lo sviluppo embrionale o fetale può causare effetti di gravità variabile, a seconda del momento dell'irradiazione:

- Prima dell'impianto: effetti "tutto-o-niente", con morte embrionale o assenza di conseguenze.
- Durante l'organogenesi (fino alla fine del 2° mese di gravidanza): rischio di malformazioni degli organi in formazione.
- Dal 3° mese fino alla nascita: possibilità di neoplasie, come leucemie, o danni al sistema nervoso centrale, con conseguente ritardo mentale. In questo periodo, la gravità e la frequenza delle malformazioni tendono a ridursi.

Inoltre, i danni genetici possono instaurarsi anche prima del concepimento direttamente sui gameti degli irradiati.

Questi effetti dimostrano l'importanza della prevenzione e dell'adozione di misure di protezione in ambienti con rischio di esposizione a radiazioni ionizzanti.

7.1.3 Principi di radioprotezione

Il sistema di protezione radiologica si fonda su tre principi fondamentali: giustificazione, ottimizzazione e limitazione delle dosi individuali.

- Giustificazione: ogni attività che comporta esposizione a radiazioni ionizzanti deve essere giustificata da un beneficio netto e positivo. In altre parole, l'utilizzo delle radiazioni deve rappresentare un vantaggio che supera i rischi associati.
- Ottimizzazione: le esposizioni devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile (ALARA - As Low As Reasonably Achievable), tenendo conto delle implicazioni economiche e sociali. Questo principio richiede una continua revisione delle pratiche per ridurre le dosi ricevute.
- Limitazione delle dosi individuali: la dose annuale assorbita dai lavoratori esposti non può superare i limiti stabiliti dalla legge. Sebbene questi limiti siano definiti, si deve sempre agire per mantenere le esposizioni il più basse possibile.

Questi principi sono recepiti dalla normativa italiana tramite il D.Lgs. 101/2020 e s.m.i., che regola l'impiego delle RI con l'obiettivo di prevenire i danni per i lavoratori, i pazienti sottoposti a esami o terapie, la popolazione generale e l'ambiente. Il D.Lgs. 101/2020 e s.m.i. definisce i principali soggetti coinvolti nella radioprotezione, ciascuno con ruoli e responsabilità specifiche:

- Autorità competente: include vari enti governativi come il Ministero della Salute, il Ministero della Difesa, il Ministero dell'Ambiente, il Ministero del Lavoro, e altri organismi, comprese le Regioni e le Province autonome. Ciascun ente agisce nell'ambito delle proprie competenze definite dal decreto.

- Datore di lavoro (esercente): è la persona fisica o giuridica legalmente responsabile dei lavoratori e delle pratiche relative alle sorgenti di radiazioni, in conformità alla normativa vigente.
- Esperto di radioprotezione: figura incaricata dal datore di lavoro per la sorveglianza fisica della protezione radiologica di lavoratori e popolazione. Questa figura, che corrisponde all'"esperto qualificato" nella normativa precedente, deve possedere formazione, competenze ed esperienza specifiche come previsto dalla legislazione vigente.
- Medico autorizzato: è il medico responsabile della sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti, qualificato secondo le norme previste per garantire la tutela della salute dei lavoratori.
- Lavoratore esposto: qualsiasi lavoratore, inclusi i lavoratori autonomi, che è sottoposto a esposizione sul lavoro superiore ai limiti previsti per la popolazione generale.
- Lavoratore esterno: lavoratore esposto che opera in zone sorvegliate o controllate, ma che non è dipendente diretto dell'esercente responsabile di tali aree.
- Apprendista o studente: persona che riceve istruzione o formazione presso un esercente, finalizzata al conseguimento di qualifiche o all'esercizio di un mestiere.

7.1.4 Obbligo di partecipazione al corso sulle radiazioni ionizzanti nel DMV

I lavoratori e le figure ad essi equiparate, come gli studenti e gli apprendisti, classificati esposti alle RI devono essere formati in materia di radioprotezione ai sensi dell'art. 111 del D.Lgs. 101/2020 e s.m.i. Tale formazione è effettuata con periodicità almeno quinquennale e, comunque, in occasione dell'inizio dell'attività comportante esposizione alle RI e dell'introduzione di nuove attrezzature o di nuove tecnologie che modifichino il rischio di esposizione alle RI. Nel DMV questa formazione obbligatoria viene erogata tramite la somministrazione di un corso on-line tenuto dall'Esperto di radioprotezione e dal Medico autorizzato che viene obbligatoriamente seguito da tutto il personale classificato come radioesposto e da tutti gli studenti prima dell'inizio del III anno di studi.

7.1.4.1 Classificazione degli operatori e delle aree di lavoro

Nell'Università degli Studi di Perugia, la classificazione dei lavoratori rispetto al rischio da RI si basa sui dati forniti attraverso la scheda occupazionale dei rischi, indicante il rischio di esposizione alle RI durante le proprie mansioni. Questa scheda include informazioni sulle attività pregresse o svolte contemporaneamente presso altri enti, oltre ai dati forniti dal Responsabile della struttura (Direttore) riguardanti il tipo di attività prevista e la posizione dell'operatore.

Ai sensi dell'art. 133 del D.Lgs. 101/2020 e s.m.i., i lavoratori sono distinti in lavoratori esposti e lavoratori non esposti: i lavoratori non esposti sono coloro che, nell'ambito delle attività svolte, non sono suscettibili di superare i limiti di dose fissati per gli individui della popolazione; i lavoratori esposti, invece, sono coloro che, per le mansioni svolte, possono superare in un anno solare i seguenti valori di dose:

- 1 mSv di dose efficace,
- 15 mSv/anno di dose equivalente per il cristallino,
- 150 mSv/anno di dose equivalente per la pelle,
- 50 mSv/anno di dose equivalente per le estremità.

I lavoratori esposti sono ulteriormente suddivisi in due categorie:

La Categoria A include i lavoratori suscettibili di esposizione superiore ai seguenti valori annuali sulla base degli accertamenti dell'Esperto di radioprotezione dell'Ateneo:

- 6 mSv di dose efficace,
- 15 mSv di dose equivalente per il cristallino,
- 150 mSv di dose equivalente per la pelle o per le estremità.

I lavoratori esposti alle RI non classificati in Categoria A sono classificati in Categoria B.

Ai sensi dell'art. 8 del D.Lgs. 151/2001, le donne in gravidanza non possono svolgere attività lavorativa che comporta l'esposizione alle radiazioni ionizzanti e le donne che allattano non possono svolgere attività che comportano rischi di contaminazione. Le lavoratrici devono, inoltre, comunicare tempestivamente il proprio stato di gravidanza al datore di lavoro, mentre le lavoratrici che intendono allattare devono segnalarne l'intenzione, così da permettere l'adozione di tutte le misure necessarie a proteggere la salute del neonato. Le donne in età fertile vanno informate dei rischi per il feto derivanti dall'esposizione a sostanze radioattive. In ogni caso, le lavoratrici in stato di gravidanza o in allattamento devono seguire le procedure riportate sul sito del Servizio di Prevenzione e Protezione dell'Ateneo disponibili all'indirizzo: <https://www.unipg.it/ateneo/organizzazione/servizio-di-prevenzione-e-protezione>.

L'impiego di macchine radiogene o di radioisotopi crea campi di radiazione negli ambienti di lavoro, classificati dall'Esperto di radioprotezione secondo il D.Lgs. 101/2020 e s.m.i. Gli ambienti sottoposti a regolamentazione per motivi di protezione contro le RI sono definiti Zone Classificate e devono essere delimitati e segnalati (Figura 51). Le Zone Classificate si suddividono in:

- Zona Sorvegliata: area in cui esiste la possibilità di superare uno dei valori limite di dose fissati per il pubblico, senza superare i valori di classificazione in Zona Controllata.
- Zona Controllata: area in cui i lavoratori possono superare i limiti di dose stabiliti per i lavoratori esposti di Categoria A, secondo gli accertamenti dell'Esperto di Radioprotezione.



Figura 51. Pittogrammi di rischio radiazioni ionizzanti

Il simbolo internazionale di rischio Radiologico deve essere esposto sulla porta di ogni stanza, dove si ha produzione di RI o dove si manipolano radioisotopi, sul frigorifero di stoccaggio dei radioisotopi e in ogni contenitore dove sia presente materiale radioattivo (Figura 52).



Figura 52. Esempi di contenitori di rifiuti radioattivi.

7.1.4.2 Dosimetria

Per garantire il rispetto dei limiti di dose e monitorare l'efficacia delle procedure di radioprotezione, l'Esperto di radioprotezione effettua sorveglianza tramite dosimetria a luminescenza. Questo controllo si articola in due modalità principali:

- a. La dosimetria ambientale, necessaria per la radioprotezione, utilizza strumenti di monitoraggio come contatori Geiger-Muller, camere a ionizzazione, rilevatori e integratori, che possono essere fissi o mobili.
- b. La dosimetria personale che prevede l'uso di uno o più dosimetri che ogni lavoratore deve portare durante l'attività lavorativa (Figura 53). I dati raccolti sono periodicamente trasmessi al datore di lavoro e al medico autorizzato, fornendo così informazioni essenziali per il monitoraggio della radioprotezione.



Dispositivo per controllo dell'esposizione
"CORPO"
Da inserire dentro apposito involucro trasparente



Dispositivo per controllo
dell'esposizione "MANI"
A forma di braccialetto

Figura 53. Esempio di dosimetri per l'uso sulla persona.

Per un corretto utilizzo dei dosimetri, è fondamentale seguire precise indicazioni:

- I dosimetri devono essere indossati sempre durante l'attività lavorativa, ma non al di fuori di essa.
- Quando non in uso, vanno conservati in luoghi lontani da sorgenti di radiazioni o fonti di calore.
- Eventuali smarrimenti devono essere immediatamente segnalati all'esperto di radioprotezione.
- La restituzione e il ritiro dei dosimetri devono rispettare i tempi e le modalità stabilite dall'esperto di radioprotezione.

Il dosimetro del corpo deve essere applicato al di sotto del camice di protezione piombato, durante le procedure di radiodiagnostica, o applicato sul camice, per le procedure del Laboratorio RIA; il bracciale o la fascia devono essere posizionati al polso, e al di sotto dei guanti piombati, o al braccio (Figura 54).



Figura 54. Esempio di applicazione dei dosimetri.

7.1.5 Procedure nell'utilizzo delle radiazioni ionizzanti

La normativa vigente, all'Art. 118, disciplina gli obblighi dei lavoratori durante le attività che comportano esposizione a RI. Le norme di protezione e sicurezza devono essere disponibili nelle zone sorvegliate e controllate (Allegato 3). Per garantire una protezione adeguata, è fondamentale rispettare regole generali di comportamento che seguono il principio dell'ottimizzazione. Gli operatori sono tenuti a:

- Informarsi sulle sorgenti di radiazione e sulle relative procedure operative.
- Leggere le norme interne e procedurali relative all'impiego delle RI.
- Allontanarsi il più possibile dalla sorgente primaria e secondaria, compatibilmente con le attività da svolgere.
- Ridurre il tempo di esposizione al minimo indispensabile.
- Ridurre al minimo, ove possibile, il tempo di manipolazione delle sorgenti e di presenza nel laboratorio RIA.
- Svolgere le manipolazioni di sostanze radioattive in aree ben definite, delimitate e segnalate adottando tutte le precauzioni per contenere la dispersione del materiale.
- Allontanarsi o uscire dalla sala se la propria presenza non è necessaria durante procedure diagnostiche o chirurgiche.
- Utilizzare correttamente i DPI e i dosimetri forniti.
- Partecipare a corsi di formazione specifici sui rischi delle RI, come riportato nel Paragrafo 7.1.4
- Contribuire alla descrizione dei processi lavorativi e alla valutazione dei carichi radiologici individuali, con particolare attenzione a distanze, tempi di esposizione e procedure operative.

È importante sottolineare che una protezione totale dalle RI non è raggiungibile. La dose assorbita in un punto dipende da vari fattori, quali:

- Distanza dalla sorgente primaria e secondaria (paziente).
- Durata dell'esposizione.
- Parametri tecnici delle apparecchiature radiologiche.
- Presenza di materiali attenuatori tra la sorgente e il punto di interesse.

I minori di 18 anni non possono essere impiegati in attività con esposizione a RI. Il numero di lavoratori esposti deve essere limitato a coloro per i quali tale esposizione è strettamente indispensabile e deve essere garantita la turnazione, ove applicabile.

7.1.5.1 Norme di sicurezza di carattere generale

Gli ambienti destinati alla radiodiagnostica, come la sala radiologia e la sala per tomografia assiale computerizzata, e il laboratorio RIA devono essere accessibili esclusivamente al personale autorizzato. Le attività radiodiagnostiche o che includono l'utilizzo di traccianti radioattivi e/o la manipolazione di radioisotopo (sorgenti non sigillate presso il laboratorio RIA) possono essere eseguite solo da personale munito di DPI specifici previsti (vedi paragrafo 7.1.4.2 e 7.1.5.2) e dosimetri individuali. L'uso di dosimetri personali è obbligatorio durante l'impiego delle apparecchiature radiologiche o la manipolazione di isotopi radioattivi. Se l'operatore sospetta un'esposizione accidentale, deve informare immediatamente l'Esperto di radioprotezione, che valuterà la dose assorbita e prenderà le misure necessarie per tutelare la sicurezza e la salute del lavoratore.

Ambienti di radiodiagnostica

Prima di iniziare qualsiasi attività, è indispensabile verificare il funzionamento di tutti i dispositivi di sicurezza, come interruttori alle porte, luci di segnalazione, sistemi di blocco e cartelli di segnalazione. All'ingresso delle sale radiologiche deve essere applicata una luce a bandiera suddivisa in due parti: una bianca che si illumina quando non è presente emissione di RI e una rossa che si accende ogni qualvolta vengono emesse RI. Prima dell'emissione dei raggi X, è necessario accertarsi che le porte della sala siano chiuse e allontanare tutte le persone non autorizzate o non coinvolte. Durante gli esami radiodiagnostici, le porte devono rimanere chiuse, impedendo l'accesso dall'esterno per tutta la durata della procedura. Nella sala radiologica possono sostare solo le persone strettamente necessarie per l'esecuzione dell'esame. È vietato entrare in sala durante l'esecuzione di un esame senza verificare che le luci di sicurezza non segnalino un'attività in corso. Durante la permanenza in sala radiologica, il personale deve posizionarsi dietro barriere protettive fisse o mobili quando possibile. Qualora sia necessario stazionare in un'area non protetta, è obbligatorio indossare i DPI mantenendo la massima distanza possibile dal fascio primario e dal paziente. È vietato esporre qualsiasi parte del corpo al fascio diretto di radiazioni. Prima di comandare l'erogazione dei raggi X, l'operatore deve verificare la collimazione del fascio primario e assicurarsi che le procedure di sicurezza siano rispettate. È fondamentale utilizzare i diaframmi con l'apertura minima necessaria e controllare che l'erogazione dei raggi X cessi immediatamente una volta rilasciato il pedale o il pulsante. In caso di guasto, l'apparecchiatura deve essere immediatamente spenta tramite l'interruttore centrale e il responsabile del servizio deve essere informato per coinvolgere l'Esperto di radioprotezione.

Laboratorio RIA

Gli isotopi radioattivi devono essere custoditi nell'apposito contenitore di detenzione a pareti metalliche (frigorifero chiuso a chiave). L'isotopo non utilizzato va subito riposto nel contenitore di detenzione. Le operazioni con liquidi radioattivi devono essere effettuate sotto la cappa chimica (Figura 42), con superficie ricoperta con carta assorbente e da un lato impermeabilizzata (consigliato l'utilizzo di traversine

assorbenti), al fine di confinare l'eventuale contaminazione in caso di rovesciamento di materiale radioattivo. Le manipolazioni di sostanze radioattive devono essere svolte in aree ben definite, delimitate e segnalate adottando tutte le precauzioni per contenere la dispersione di materiale. È buona norma, evitare di lavorare con tagli o abrasioni non protette sulle mani e sugli avambracci. In caso di contaminazione la zona deve essere delimitata ed è necessario avvertire il Preposto e l'Esperto di radioprotezione per procedere alla decontaminazione secondo la procedura adottata.

È severamente vietato:

- pipettare con la bocca liquidi contenenti sostanze radioattive o fare uso di pipette o altri strumenti che presuppongono contatto diretto con la bocca o altre parti del corpo che non possono essere efficacemente protetti.
- toccare telefoni, maniglie, rubinetti, strumenti, libri o manuali di consultazione etc. con le mani o con i guanti contaminati.
- fare uscire dal laboratorio i materiali contaminati, se non nei contenitori dei rifiuti radioattivi.

Ed è altresì obbligatorio:

- Lasciare gli effetti personali fuori dal laboratorio.
- Chiudere le porte del laboratorio durante il lavoro ed esporre, se possibile, un segnale luminoso rosso o altra segnalazione che indica la manipolazione in corso di materiale radioattivo.
- Lavare le mani dopo ogni manipolazione, anche se durante le attività erano protette da guanti.
- Posizionare in prossimità di ogni postazione di lavoro idonei contenitori per la raccolta dei rifiuti radioattivi suddivisi tra: bidone dei solidi (carta, provette vuote, guanti, puntali etc.) e bidone dei liquidi (liquidi contenenti sostanze radioattive in soluzione).
- Tenere sempre chiuse tutte le soluzioni o i preparati radioattivi.
- Mantenere al minimo necessario il tempo delle operazioni di prelievo e diluizione dallo stock originario.
- Utilizzare vassoi per contenere le possibili fuoriuscite, nel caso si debbano spostare i contenitori o le provette.
- Riporre al termine del lavoro le sorgenti radioattive nei loro contenitori di schermo e sistemarli negli appositi alloggiamenti.
- Verificare al termine di ogni esperimento e in caso di incidenti nella procedura l'eventuale contaminazione.
- Segnalare tempestivamente al Preposto e/o al Responsabile ogni eventuale contaminazione che permanga dopo decontaminazione.
- Compilare sempre ed accuratamente i registri di carico e scarico delle sorgenti radioattive, indicando il tipo di radionuclide e l'attività impiegata.

Rimane sempre obbligatorio rispettare e far rispettare ogni altra disposizione attinente alla protezione e la sicurezza impartita dal Responsabile.

7.1.5.2 Utilizzo dei DPI e DPC

I DPC includono schermature in piombo, vetro piombato, o equivalenti in muratura (Figura 55), progettate per rispettare i limiti di dose stabiliti dalla legislazione, cappe chimiche con schermo in plexiglass trasparente dello spessore superiore a 1 cm.



Figura 55. Esempio di schermature in piombo mobili.

I DPI comprendono camici piombati, collarini o paratiroide, occhiali piombati (quando prescritti), e guanti piombati, utilizzabili in particolari circostanze, come in presenza di fascio diretto con apparecchiature radiologiche in modalità manuale (Figura 56).



Figura 56. Esempi di DPI per la protezione individuale per esposizione a rischio di radiazioni ionizzanti.

Al termine dell'esame radiografico riporre gli indumenti di radioprotezione puliti sugli appositi sostegni e nella corretta posizione.

Per le attività del laboratorio RIA è obbligatorio indossare gli occhiali di sicurezza (Figura 56), guanti in lattice/nitrile che consentano buona manualità, camici con maniche lunghe e polsini elastici cui vanno sovrapposti i guanti.

MANUALE DI BIOSICUREZZA E ANALISI E PREVENZIONE DEI RISCHI

Versione 01/2025 - Aprile 2025

Università degli Studi di Perugia
Dipartimento di Medicina Veterinaria

Redazione a cura della Commissione Sicurezza sui luoghi di Lavoro e Biosicurezza



Membri della Commissione Coinvolti nella Stesura

F. Beccati (Delegato Dipartimentale)

S. Businelli (Addetto del Servizio di Prevenzione e Protezione dell'Ateneo di Perugia), M.B. Conti, M. Diaferia, D. Miraglia, M. Sforza, V. Stefanetti, L. Terracina, M. Gatti (studentessa), A. Quartesan (studentessa)

Revisionato da:

Servizio di Prevenzione e Protezione dell'Ateneo di Perugia, Esperto di Radioprotezione e Esperto responsabile della sicurezza in Risonanza Magnetica (Dr. A. Chiappiniello) dell'Ateneo di Perugia, Personale strutturato docente e tecnico-amministrativo del Dipartimento di Medicina Veterinaria, Contrattisti dell'Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Perugia

Approvato da:

Consiglio di Dipartimento di Medicina Veterinaria Allargato