

RADIAZIONI IONIZZANTI

Le **radiazioni ionizzanti** sono, per definizione, radiazioni capaci di causare, direttamente o indirettamente, la ionizzazione degli atomi e delle molecole dei materiali attraversati. In pratica, nell'attraversare la materia, queste radiazioni riescono a strappare, in virtù della loro energia, un elettrone dall'orbita esterna di un atomo creando così una coppia di ioni.

Le *radiazioni ionizzanti* possono essere costituite o da particelle sub-atomiche che si muovono con velocità elevate, spesso prossime alla velocità della luce (radiazioni corpuscolari), o da radiazioni elettromagnetiche, costituite da fotoni che si propagano alla velocità della luce (raggi X e raggi γ). A seconda che la ionizzazione del mezzo irradiato avvenga per via diretta o indiretta tali radiazioni vengono classificate come direttamente ionizzanti o indirettamente ionizzanti.

Vi sono vari tipi e modalità di irradiazione esterna o interna a cui l'uomo può essere esposto nel corso della sua vita. Esse verranno brevemente analizzate nel seguito, sulla base della seguente classificazione:

- Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti;
- Sorgenti artificiali: esposizioni mediche, centrali nucleari etc.
- Sorgenti naturali modificate da tecnologie.

Sorgenti naturali: da sempre l'uomo è soggetto all'azione di radiazioni ionizzanti naturali,

Nella radioattività naturale si distinguono una componente di origine terrestre e una componente di origine cosmica.

Sorgenti artificiali e sorgenti naturali modificate da tecnologia: sono sorgenti prodotte dall'uomo. Le varie sorgenti di radiazioni artificiali o naturali modificate da tecnologia cui l'uomo è abitualmente esposto comprendono:

- sorgenti impiegate in medicina: diagnostica e terapia
- sorgenti da ricadute di bombe atomiche (fallout)
- sorgenti associate con la produzione di energia nucleare (estrazione e trattamento del combustibile, rilasci delle centrali, riprocessamento del combustibile, rifiuti)
- sorgenti in alcuni prodotti di consumo (orologi luminescenti, talune protesi dentarie, taluni vetri per lenti, taluni sistemi antistatici, parafulmini radioattivi etc.)
- sorgenti naturali modificate da tecnologia:
- materiali da costruzione; viaggi in aereo ad alta quota; combustione del carbon fossile

Sorgenti artificiali: Si può trattare di apparecchiature come tubi a raggi X o acceleratori o di radioisotopi prodotti artificialmente (es. Tc-99m, I-131, ...). Sono in genere utilizzate in ambito industriale (analisi di materiali, irraggiamento di cibi, ...) o medico (esami diagnostici, trattamenti terapeutici, ...).

Il personale sanitario esposto a radiazioni ionizzanti è quello che esplica la propria attività nei seguenti reparti:

- radiologia e radioterapia,
- medicina nucleare,
- emodinamica cardiovascolare,
- ortopedia (sala gessi e sala operatoria),
- endoscopia digestiva,
- endoscopia urologica,
- anestesia.

Può essere occasionalmente esposto il personale sanitario che presta assistenza a pazienti sottoposti ad accertamenti diagnostici e/o terapeutici che prevedono l'impiego di radiazioni ionizzanti.

Tipi di Radiazione

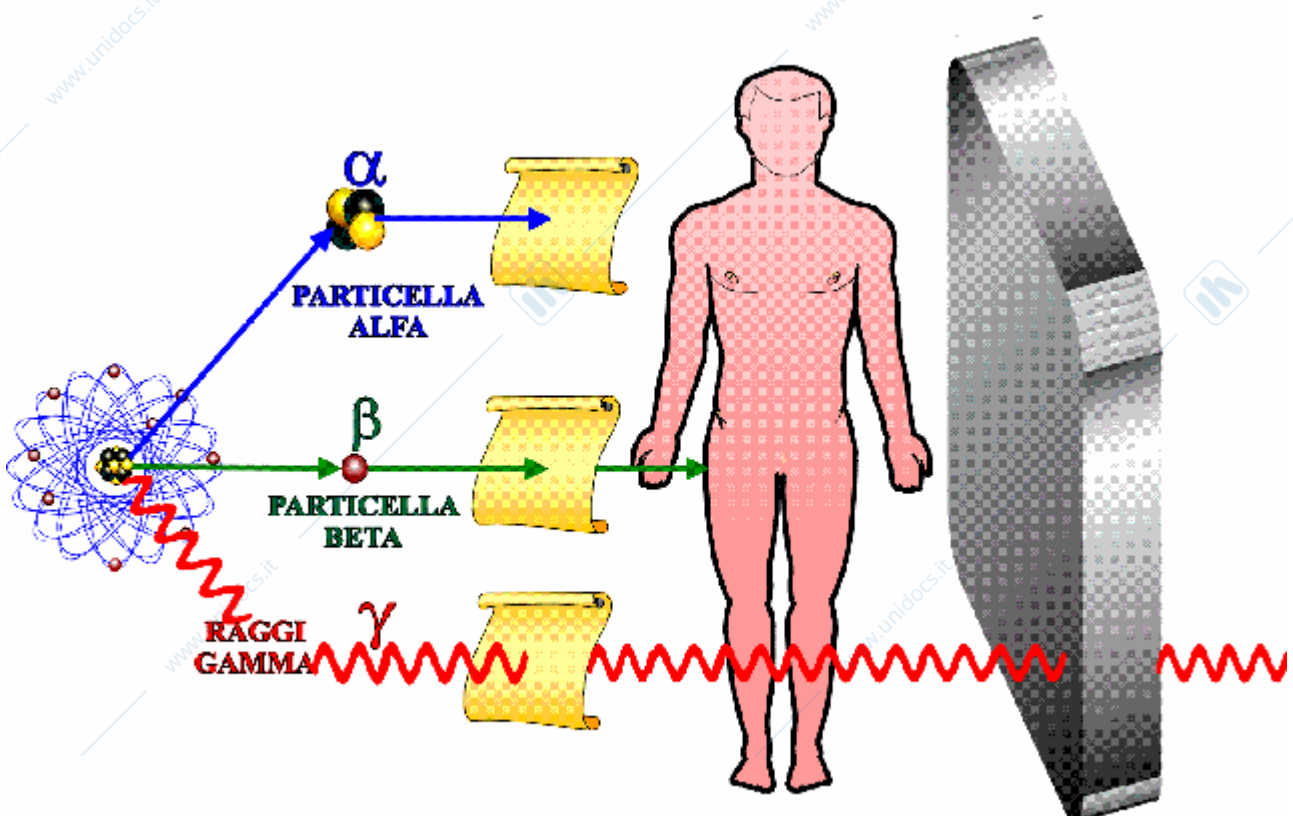
Le più comuni radiazioni ionizzanti sono rappresentate dai raggi X usati da molti anni nella diagnostica radiologica e oggi soprattutto nella tomografia assiale computerizzata (TAC).

Le radiazioni beta e gamma, generate dall'impiego di radionuclidi quali il tecnezio e lo iodio 131, sono utilizzate per procedure diagnostiche e terapeutiche. Esse comportano il rischio di esposizione esterna e/o di contaminazione interna legata quest'ultima all'assorbimento ed incorporamento di radionuclidi.

Si considerano ionizzanti le radiazioni con frequenza maggiore di 3×10^{15} Hertz. Le radiazioni ionizzanti potrebbero essere prodotte con vari meccanismi. I più comuni sono: decadimento radioattivo, fissione nucleare, fusione nucleare, emissione da corpi estremamente caldi (radiazione di corpo nero) o da cariche accelerate (bremsstrahlung, o radiazione di sincrotrone).

Per poter ionizzare la materia la radiazione deve possedere un'energia tale da poter interagire con gli elettroni degli atomi cui viene a contatto. Le particelle cariche possono interagire fortemente con la materia, quindi elettroni, positroni e particelle alfa, possono ionizzare la materia direttamente. Queste particelle possono derivare dai decadimenti nucleari che vengono chiamati decadimento alfa per le particelle alfa e beta per gli elettroni e i positroni. In questi casi il potere di penetrazione di queste radiazioni è limitato, in quanto le particelle alfa (anche se molto ionizzanti) non possono superare strati di materia superiori ad un foglio di carta, mentre le particelle beta possono essere schermate da un sottile strato di alluminio. Anche i fotoni e i neutroni d'altro canto, pur non essendo carichi, se dotati di sufficiente energia possono ionizzare la materia (fotoni con frequenza pari o superiore ai raggi ultravioletti sono ritenuti ionizzanti per l'uomo). In questo caso, queste particelle sono meno ionizzanti delle precedenti, ma possono penetrare molto a fondo nella materia e per quelle più energetiche potrebbe non bastare un grosso muro di cemento armato per schermarle (vedi figura).

RADIAZIONI E LORO POTERE DI PENETRAZIONE



Effetti biologici

Il processo di ionizzazione può causare un danno al DNA cellulare. Tale danno se non adeguatamente riparato, può provocare la morte o una modificazione cellulare. Nel primo caso, se il numero di cellule morte è sufficientemente elevato ne può derivare una compromissione funzionale grave e clinicamente apprezzabile in un tessuto o organo. Nel secondo caso la cellula modificata è ancora in grado di riprodursi e può dare luogo, dopo un periodo di latenza di durata variabile ad una condizione di tipo neoplastico se quella modificata è una cellula somatica o a un danno nella progenie se viene interessata una cellula germinale.

Gli effetti del primo tipo sono definiti deterministici, quelli del secondo tipo stocastici (somatici e genetici).

La radiazione alfa presenta un basso potere di penetrazione, quindi viene facilmente fermata dallo strato superficiale della pelle costituita da cellule morte, quindi non è pericolosa per l'uomo nei casi di irradiazione esterna. Diventa invece pericolosa nelle situazioni in cui la sorgente radioattiva viene inalata o ingerita (irradiazione interna) perché in questo caso può ledere direttamente tessuti radiosensibili.

La radiazione gamma (fotoni) hanno un potere di penetrazione molto elevato, può risultare pericolosa per gli esseri viventi anche in situazioni di irradiazione esterna.

RADIOPROTEZIONE

La protezione del rischio da radiazioni costituisce oggi un ottimo esempio di come possano essere trattati gli aspetti sanitari che quasi sempre accompagnano lo sviluppo e l'evoluzione di nuove tecnologie.

La **radioprotezione** è l'insieme di leggi, regole e procedure tese alla protezione della popolazione e dei lavoratori dagli effetti nocivi delle radiazioni ionizzanti.

I principali cardini della Radioprotezione sono la *giustificazione* della indagine, la *ottimizzazione* del punto di vista tecnico e la *limitazione delle dosi*.

Principio di giustificazione

Secondo il quale ogni attività con radiazioni ionizzanti deve essere giustificata, ovvero il beneficio collettivo ottenuto dall'uso delle radiazioni ionizzanti deve essere superiore al detrimento sanitario dovuto al loro utilizzo.

L'obiettivo è una riduzione del numero di esami radiologici inappropriatamente richiesti ed eseguiti.

“Le esposizioni mediche devono mostrare di essere sufficientemente efficaci mediante la valutazione dei potenziali vantaggi da esse prodotti, inclusi i benefici diretti per la salute della persona e della collettività, rispetto al danno che l'esposizione potrebbe causare, tenendo conto dell'efficacia, dei vantaggi e dei rischi di tecniche alternative disponibili, che non comportano un'esposizione alle radiazioni ionizzanti ovvero ne comportano una minore” ed ancora “tutte le esposizioni mediche individuali devono essere giustificate preliminarmente, tenendo conto degli obiettivi specifici dell'esposizione e delle caratteristiche della persona interessata” (DLgs 187/00).

Il principio di giustificazione è così esplicitato:

- è vietata l'esposizione non giustificata;

- le esposizioni mediche devono mostrare di essere sufficientemente efficaci mediante la valutazione dei potenziali vantaggi diagnostici o terapeutici complessivi da esse prodotti, inclusi i benefici diretti per la salute della persona e della collettività rispetto al danno alla persona che l'esposizione potrebbe causare, tenendo conto dell'efficacia, dei vantaggi e dei rischi di tecniche alternative disponibili, che si propongono lo stesso obiettivo, ma che non comportano un'esposizione, ovvero comportano una minore esposizione alle radiazioni ionizzanti.

In particolare:

- tutti i nuovi tipi di pratiche che comportano esposizioni mediche devono essere giustificate preliminarmente prima di essere generalmente adottate;
- i tipi di pratiche esistenti che comportano esposizioni mediche possono essere riveduti ogni qualvolta vengano acquisite prove nuove e rilevanti circa la loro efficacia o le loro conseguenze;
- il processo di giustificazione preliminare e di revisione delle pratiche deve svolgersi nell'ambito dell'attività professionale specialistica tenendo conto dei risultati della ricerca scientifica.

Il D. Leg. 187/00 prende in considerazione la richiesta di prestazioni radiologiche definendo regole atte a garantire l'appropriatezza delle richieste sotto il profilo protezionistico; in particolare detta regole pratiche per la compilazione, valutazione ed accoglimento delle richieste radiologiche.

- la richiesta di prestazioni può essere avanzata solo da chi ha titolo per farla. Il D. L.vo 187/00 riserva la richiesta al "prescrivente" definito (art. 2.1) come il medico chirurgo e l'odontoiatra iscritti nei rispettivi albi.
- il "prescrivente" medico od odontoiatra deve possedere nozioni adeguate per una corretta prescrizione.

Principio di ottimizzazione

L'ottimizzazione della protezione è uno dei principi fondamentali della protezione radiologica. Nato come atteggiamento prudente per la gestione degli effetti stocastici, la sua formulazione si evolva negli anni sulla base degli insegnamenti prodotti da esperienze acquisite. Dapprima focalizzato su aspetti quantitativi di confronto costi-benefici (introdotti nella ICRP 22 e poi ripresi dalla Raccomandazione ICRP, ha poi progressivamente incorporato procedure operative e approcci qualitativi fino a diventare un processo di tipo decisionale costruito sempre di più anche su giudizi qualitativi.

le esposizioni a radiazioni ionizzanti debbano essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali; (principio ALARA, as low as reasonably achievable).

Limiti di dose

Sono fissati limiti di dose per i lavoratori e la popolazione, che non devono essere superati nell'esercizio di attività con radiazioni ionizzanti. Tale principio non si applica alle esposizioni mediche.

la somma delle dosi ricevute ed impegnate non deve superare i limiti prescritti, in accordo con le disposizioni della normativa vigente e dei relativi provvedimenti applicativi (d.lgs 230/95). I limiti di dose ammessi per i lavoratori e la popolazione non si applicano in caso di:

- esposizione di pazienti nell'ambito di un esame diagnostico o di una terapia;
- esposizione di persone che coscientemente e volontariamente collaborano a titolo non professionale al sostegno e all'assistenza di pazienti sottoposti a terapia o a diagnosi medica (es. la mamma che sosta vicino tavolo radiologico per immobilizzare il proprio bambino);

esposizione di volontari che prendono parte a programmi di ricerca medica o biomedica.

Per i pazienti sono definiti i Livelli Diagnostici di Riferimento, che sono livelli di dose nelle pratiche radiodiagnostiche mediche o, nel caso della medicina nucleare diagnostica, livelli di radioattività, per esami tipici per gruppi di pazienti di corporatura standard e per tipi di attrezzatura. Tali livelli non dovrebbero essere superati per procedimenti standard, in condizioni di applicazioni corrette e normali riguardo all'intervento diagnostico e tecnico.

CAMPI DI APPLICAZIONE

A livello internazionale l'ente che si occupa di promuovere il miglioramento delle conoscenze nel campo della radioprotezione è ICRP (International Commission on Radiological Protection). Questo Organismo autorevole internazionale pubblica report e raccomandazioni che costituiscono la guida in campo radioprotezionistico.

La normativa italiana sulla la radioprotezione della popolazione e dei lavoratori è disciplinata dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i. mentre la radioprotezione del paziente è disciplinata dal D.Lgs. 187/2000.

I campi di applicazione della radioprotezione sono distinti in:

- *Radioprotezione dei lavoratori*, per quanto riguarda le esposizioni derivanti dall'attività lavorativa;
- *Radioprotezione del paziente*, per quanto riguarda le esposizioni derivanti da esami diagnostici o trattamenti terapeutici;
- *Radioprotezione della popolazione generale*, per quanto riguarda gli altri tipi di esposizioni che possono interessare la popolazione.

DOSI

Tra le unità di misura fondamentali della dosimetria radiobiologica va ricordata quella di esposizione che misura la quantità di ionizzazione prodotta in una massa unitaria di aria; la sua vecchia unità di misura, il rontgen (R) è stata progressivamente sostituita dal coulomb/Kg di aria (C/Kg); $1 \text{ C/Kg} = 3876 \text{ R}$. La dose assorbita (D) misura la quantità di energia ceduta in una massa unitaria di tessuto; l'unità di misura corrente è il gray (Gy) pari a 1 Joule/Kg, quella precedente era il RAD (Radiation Absorbed Dose) corrispondente a 1/100 di Gy ($1 \text{ Gy} = 100 \text{ RAD}$). La dose equivalente (H) è una grandezza dosimetrica convenzionale ottenuta moltiplicando la dose assorbita D per un fattore di ponderazione per la radiazione WR ($H = D \times WR$) che esprime la capacità della radiazione di generare effetti biologici nei tessuti non solo in rapporto all'energia ceduta ma anche in rapporto al tipo di radiazione. L'unità di misura è il sievert (Sv) che ha sostituito il REM (Radiation Equivalent Man) corrispondente a 1/100 di sievert ($1 \text{ Sv} = 100 \text{ REM}$).

Il fattore di ponderazione (WR) dei raggi X, gamma e beta è pari all'unità, per cui per tali radiazioni la dose equivalente coincide con quella assorbita ($H = D$). Poiché l'irradiazione del corpo umano non avviene sempre in maniera omogenea in quanto i vari tessuti hanno una diversa suscettibilità al danno radiobiologico, si è resa necessaria l'introduzione di un'altra unità di misura, la dose efficace (DE). La dose efficace esprime la probabilità che un organo irradiato possa subire un effetto stocastico rispetto al

corpo intero; si misura in Sv e tiene conto di ulteriori fattori di ponderazione e WT specifici per i vari organi ($DE = H \times WT$).

La grandezza fisica utilizzata per quantificare l'interazione tra radiazioni e materia è la dose assorbita. Si è tuttavia osservato che gli effetti biologici delle radiazioni non dipendono solo dalla dose assorbita, ma anche dal tipo di radiazione e dal tessuto colpito (i tessuti hanno diversa radioresistenza) dalla radiazione. Per tali ragioni sono state introdotte le grandezze radioprotezionistiche dose equivalente e dose efficace.

6.1 Dose assorbita

La dose assorbita, misura la quantità di energia che la radiazione cede alla materia.

dose assorbita = energia impartita / massa

L'unità di misura nel S.I. (sistema internazionale) è il gray (Gy) che equivale all'assorbimento di 1 joule (J) di energia per kg di materia.

dose assorbita superiore a 5-6 Gy: sopravvivenza impossibile

dose assorbita compresa tra 2 e 4,5 Gy: sopravvivenza possibile

dose assorbita compresa tra 1 e 2 Gy: sopravvivenza probabile

dose assorbita inferiore a 1 Gy: sopravvivenza virtualmente sicura

6.2 Dose equivalente

La dose equivalente tiene conto anche del tipo di radiazione ed è data dal prodotto della dose assorbita (mediata su un organo o un tessuto) per un fattore che dipende dal tipo di radiazione.

*Dose equivalente = dose assorbita * fattore di peso*

L'unità di misura nel S.I. (sistema internazionale) è il sievert (Sv) che equivale all'assorbimento di 1 joule (J) di energia da radiazione elettromagnetica per kg di materia.

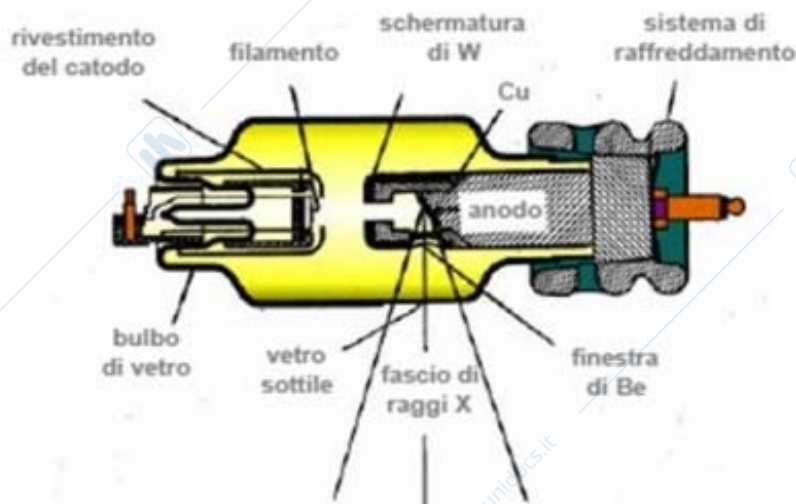
6.3 Dose efficace

La dose efficace tiene conto anche dei tessuti che sono stati investiti dalla radiazione ed è definita come la sommatoria su tutti gli organi della dose equivalente relativa al singolo organo per il suo fattore di ponderazione tissutale.

*dose efficace = \sum dose equivalente * fattore di ponderazione tissutale*

La dose efficace ha utilizzo esclusivamente in campo radioprotezionistico per la stima dell'insorgere di effetti stocastici a seguito di esposizione a radiazioni.

APPARECCHIATURE RADIOLOGICHE



Le radiazioni elettromagnetiche ionizzanti, note come raggi X, sono comunemente prodotte dalle macchine radiogene. Esse sono apparecchiature nelle quali vengono accelerate particelle elementari cariche, che, interagendo su opportuni bersagli, producono i fasci di radiazione da utilizzare. L'esempio più noto è quello dei **tubi a raggi X**, utilizzati nella radiologia medica, o nelle radiografie industriali. Il tubo a raggi X è costituito da un'ampolla di vetro da cui è stata evacuata l'aria ed in cui sono inserite due piastre metalliche, dette elettrodi. Le particelle che vengono accelerate sono elettroni che si sprigionano dal metallo riscaldato di una delle piastre, detta catodo. Questi elettroni, sfuggiti alla massa metallica riscaldata (effetto termoionico), si muovono liberamente nel vuoto. La differenza di potenziale fra gli elettrodi viene stabilita connettendo il catodo al polo negativo del generatore di alta tensione, e l'altra piastra metallica, detta anodo o anticatodo, al polo positivo. In tal modo gli elettroni, che hanno carica negativa, vengono accelerati in direzione dell'anodo, con una velocità direttamente proporzionale alla tensione fornita dalla sorgente. Quanto più è alta la tensione applicata ai due elettrodi (catodo e anodo), tanto maggiore sarà la velocità acquisita dagli elettroni, che vanno a colpire l'anodo, da cui sono attratti. Quando gli elettroni accelerati arrivano sul bersaglio (l'anodo) danno origine a raggi X di frenamento, caratterizzati da uno spettro continuo di energie, comprese tra zero e l'energia massima degli elettroni incidenti. A tale spettro continuo di raggi X di frenamento, si aggiungono i raggi X emessi dall'anodo, caratteristici del metallo di cui questo è costituito: essi hanno energie ben definite, in relazione alle caratteristiche fisiche del metallo di cui è costituito l'anodo (fig. 2), e vengono pertanto detti "raggi X caratteristici". I raggi X utilizzati in radiologia diagnostica hanno energie comprese tra le decine e le centinaia di keV. Ad esempio per far funzionare un normale apparecchio radiografico a raggi X, è necessaria una tensione di alimentazione del tubo di circa 70 kV. L'energia massima dei raggi X emessi dal tubo sarà pertanto di 70 keV.

Le macchine radiogene:

- quando sono “spente” non emettono radiazioni;
- quando sono accese producono flussi di radiazioni molto intensi ed in direzioni ben precise;
- possono dare solo irradiazione interna.

Le sostanze radioattive:

- l'emissione delle radiazioni è continua “non c'è acceso/spento”;
- una sorgente non schermata emette radiazioni in tutte le direzioni;
- possono dare sia irradiazione esterna che interna.

ADEMPIMENTI AI FINI DELLA RADIOPROTEZIONE

La radiografia è un esame diagnostico molto preciso, dotato di buona sensibilità e alta specificità, che affianca validamente il dentista nel suo percorso di analisi e valutazione del paziente. Avendo però un costo biologico non indifferente, è indispensabile usarlo correttamente tenendo sempre ben presenti vantaggi e svantaggi di ogni singolo esame. Gli esami radiologici si distinguono in esami di primo e di secondo livello, in ordine di complessità tecnologica, di informazioni diagnostiche fornite, di dosi di radiazioni erogate al paziente.

In campo odontoiatrico la radiografia endorale periapicale o iuxtagengivale è l'esame di primo livello più eseguito in odontoiatria. È un'indagine di semplice esecuzione e garantisce un risultato prevedibile.

La radiografia panoramica, o ortopantomografia, offre una visione d'insieme indispensabile per la pianificazione del trattamento e, particolare non da poco, con costi biologici non molto lontani da quelli di un'endorale. Rappresenta il principale esame diagnostico per l'odontoiatra perché consente una visione completa delle arcate e dell'anatomia dei denti.

Bisogna osservare particolare cautela quando gli accertamenti radiologici riguardano soggetti in età pediatrica o donne in età fertile: in particolare, nelle donne con gravidanza dichiarata non è consentito alcun impiego a scopo diagnostico delle radiazioni ionizzanti che comporti l'esposizione dell'embrione o del feto, se non in situazioni di urgenza o in casi di necessità.

Il datore di lavoro/titolare che intenda utilizzare un apparecchio radiologico (tubo radiogeno) è quello di incaricare un Esperto Qualificato della sorveglianza fisica e del controllo di qualità (art. 77, D.Lgs. 230/1995).

La nomina deve essere comunicata all'Ispettorato provinciale del lavoro competente per territorio, allegando la dichiarazione di accettazione dell'incarico.

Ottenuta questa relazione iniziale (valutazione di radioprotezione, benessere sui progetti di installazione del radiografico ed esito della prima verifica), è fatto obbligo al possessore del tubo radiogeno di comunicare alla Azienda Sanitaria competente per territorio, all'Ispettorato del lavoro competente per territorio, Vigili del fuoco e INAIL, la detenzione dell'apparecchio radiografico almeno 30 gg prima dal suo possesso/messa in esercizio, indicando il tipo di apparecchiatura posseduta e le finalità della detenzione; nel caso dell'odontoiatra: attività radiodiagnostica complementare all'esercizio clinico dell'odontoiatria.

La verifica periodica o prove di costanza, hanno, di solito, cadenza biennale.

La documentazione deve essere così conservata:

- per almeno 5 anni dalla data di compilazione i verbali di verifica periodica, con le valutazioni delle zone sorvegliate e della dose ricevuta dai lavoratori (non esposti) in essi contenute;
- sino a 5 anni dalla cessazione dall'attività radiodiagnostica la relazione relativa all'entità di rischio e all'esame preventivo dei progetti (relazione iniziale) e delle eventuali modifiche di installazione.

In caso di cessazione definitiva dall'attività professionale, i documenti predetti devono essere consegnati entro 6 mesi all'Ispettorato provinciale del lavoro competente per territorio che ne assicurerà la conservazione.

Tutti gli oneri economici derivanti dalla sorveglianza fisica della radioprotezione, recita la legge, sono a carico dell'odontoiatra. La vigilanza sull'applicazione delle disposizioni che disciplinano l'uso delle radiazioni ionizzanti in campo medico è di competenza esclusiva degli organi del servizio sanitario nazionale competenti per territorio (ASL/ASP/AUSL).

Le prove idonee a verificare le prestazioni funzionali di un'apparecchiatura sono classificate in tre tipologie:

- a. prova di accettazione e di collaudo: all'atto di installazione (nuovi radiografici) o dopo l'apporto di importanti modifiche;
- b. prova di verifica o di stato: per verificare il livello di funzionamento dell'apparecchiatura in rapporto alla funzione che deve svolgere (apparecchi in uso);
- c. prova di mantenimento o di costanza: per verificare periodicamente il corretto funzionamento, attraverso singoli test (controlli periodici).

Tutte queste prove sono riportate in un registro denominato "manuale di qualità" che deve essere custodito per almeno 5 anni dalla data dell'ultima registrazione".

Il risultato delle prove di partenza servirà per valutare lo stato di funzionamento e affidabilità dell'apparecchiatura, al fine di programmare i successivi controlli periodici e la loro cadenza.

Infatti, su questa base l'Esperto Qualificato predispose un protocollo per il tipo di apparecchiatura posseduta che preveda quali parametri verificare, le procedure e la periodicità dei controlli.

La frequenza dei controlli da espletare viene determinata sulla base della norma di buona tecnica e, comunque, deve essere congrua al carico di lavoro e alla complessità delle apparecchiature.

Generalmente tutti i protocolli prevedono un controllo ogni anno.

Verifiche sulle modalità dei controlli di qualità vengono effettuate a campione dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e Sicurezza del Lavoro.

Per avviare l'attività radiodiagnostica in piena regolarità è inoltre necessario il versamento della tassa di concessione regionale e il pagamento del premio assicurativo INAIL:

- tassa di concessione regionale: il titolare dello studio odontoiatrico è tenuto a pagare una tassa annua di concessione regionale in misura variabile da Regione a Regione, per il primo apparecchio con una tensione inferiore ai 100 Kvolt (DLgs n. 230/1991);
- assicurazione obbligatoria INAIL.

SORVEGLIANZA FISICA DELLA RADIOPROTEZIONE

La normativa di radioprotezione così definisce la sorveglianza fisica della radioprotezione: "l'insieme dei dispositivi adottati, delle valutazioni, delle misure e degli esami effettuati, delle indicazioni fornite e dei

provvedimenti formulati dall'esperto qualificato al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione” nei confronti delle radiazioni ionizzanti.

Il fondamento della normativa italiana sull'impiego pacifico dell'energia nucleare è il D.Lgs. 230/95 s.m.i. In particolare la normativa prevede **due figure professionali** per tutte quelle attività che comportano l'utilizzo di sostanze radioattive od apparecchi a raggi x: l'Esperto Qualificato e l'Esperto in Fisica Medica:

1. il primo ha il compito di **proteggere i lavoratori e la popolazione dai rischi derivanti dall'impiego delle radiazioni ionizzanti**,
2. mentre il secondo svolge **l'attività di protezione dei pazienti sottoposti ad indagini cliniche mediante apparecchi radiografici**, anche attraverso la garanzia di una qualità minima degli apparecchi verificata attraverso specifici controlli.

La sorveglianza fisica della radioprotezione, affidata all'Esperto Qualificato, viene istituita dal datore di lavoro ogni qualvolta l'attività esercitata generi un rischio di esposizione dei lavoratori e/o della popolazione all'azione dannosa delle radiazioni ionizzanti.

Esperto Qualificato

La figura professionale dell' Esperto Qualificato per la radioprotezione è nata storicamente con la necessità di tutelare prioritariamente la salute dei lavoratori esposti agli effetti delle radiazioni ionizzanti sul luogo di lavoro e, in subordine, di gruppi ristretti della popolazione che potessero in qualche modo esserne interessati.

Le competenze dell'Esperto Qualificato sono indicate nel D. Lgs. 230/95 s.m.i., dove è definito come *persona che possiede le cognizioni e l'addestramento necessari sia per effettuare misurazioni, esami, verifiche o valutazioni di carattere fisico, tecnico o radiotossicologico, sia per assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi di protezione, sia per fornire tutte le altre indicazioni e formulare provvedimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione.*

La precedente legislazione attribuiva all'Esperto Qualificato anche responsabilità nel campo della radioprotezione dei pazienti in ambito medico, consentendo in particolare di effettuare controlli di qualità sulle apparecchiature radiogene medicali. La legislazione vigente ha attribuito queste competenze all'Esperto in Fisica Medica. Possono tuttavia continuare a esercitare l'attività di controlli di qualità coloro che hanno conseguito il titolo di Esperto Qualificato entro l'anno 2000.

Il titolo di Esperto Qualificato si consegue sostenendo un esame orale presso il Ministero del Lavoro e sono previsti 3 gradi di abilitazione:

- 1° grado, per la sorveglianza fisica delle sorgenti costituite da apparecchi radiologici che accelerano elettroni con tensione massima, applicata al tubo, inferiore a 400 KV;
- 2° grado, per la sorveglianza fisica delle sorgenti costituite da macchine radiogene con energia degli elettroni accelerati compresa tra 400 KeV e 10 MeV, o da materie radioattive, incluse le sorgenti di neutroni la cui produzione media nel tempo, s tutto l'angolo solido, sia non superiore a 10^4 neutroni al secondo;
- 3° grado, per la sorveglianza fisica degli impianti nucleari e delle altre sorgenti di radiazioni diverse dalle precedenti.

Per sostenere l'esame è necessario possedere diploma o laurea in discipline scientifiche ed effettuare un tirocinio di 120 giorni lavorativi per ciascun grado per cui si chiede l'abilitazione. Il tirocinio non è necessario per chi ha conseguito il titolo di Esperto in Fisica Medica.

Dopo aver superato un esame di abilitazione deve essere iscritto in uno speciale elenco depositato presso l'Ispettorato medico centrale del lavoro.

L'art. 79 dal D.Lgs. 230/95 s.m.i. prevede i compiti dell'Esperto Qualificato che sono:

1. progettazione delle barriere protettive
2. classificazione degli ambienti di lavoro (zona controllata dove è presente l'apparecchio radiologico endorale);
3. valutazione della dose individuale dei lavoratori esposti e dei gruppi particolari della popolazione
4. esame dell'idoneità delle attrezzature di protezione utilizzate;
5. esame delle caratteristiche tecniche delle apparecchiature a raggi X;
6. verifica dell'efficacia dei dispositivi e delle tecniche di radioprotezione;
7. sorveglianza ambientale di radioprotezione;
8. relazione sulla sicurezza dei lavoratori in base a quanto stabilito dall'D.Lgs 626/94 (oggi D. Lgs 81/08).

L'Esperto Qualificato, in base alle valutazioni relative all'entità di rischio, fornisce una relazione scritta, contenente le valutazioni e le indicazioni di radioprotezione inerenti l'attività radiodiagnostica specificando:

- il benessere sui progetti di installazione del radiografico;
- l'esito della prima verifica;
- l'individuazione e la classificazione delle zone ove sussiste rischio di radiazioni;
- la classificazione dei lavoratori addetti (per l'attività nello studio odontoiatrico saranno classificati come *non esposti*);
- la frequenza delle valutazioni di sorveglianza fisica;
- tutti i provvedimenti/prescrizioni di cui ritenga necessaria l'adozione, al fine di assicurare la sorveglianza fisica.

Sulla base di queste indicazioni, il datore di lavoro provvederà ai necessari adempimenti, e in particolare egli dovrà:

- assicurare che gli ambienti in cui sussista un rischio da radiazioni vengano individuati, delimitati, classificati e segnalati;
- verificare che la classificazione dei lavoratori (associati, collaboratori) non differisca da quella di lavoratori "non esposti";
- predisporre norme interne di protezione e sicurezza adeguate al rischio (di solito fornite dall'Esperto Qualificato);
- curare che copia di dette norme sia consultabile nei luoghi frequentati dai lavoratori, in particolare nelle zone sorvegliate, e provvedere affinché vengano osservate;
- assicurarsi che siano indicate, mediante appositi contrassegni, le sorgenti di radiazioni ionizzanti.

Questi adempimenti vengono solitamente predisposti e attuati direttamente dagli esperti qualificati, a eccezione del controllo sull'osservanza delle norme interne da parte dei lavoratori.

In sintesi:

- effettua la valutazione di radioprotezione per conto del datore di lavoro e lo coadiuva nell'espletamento dei suoi obblighi e nell'individuazione e nell'adozione delle azioni da compiere in caso di incidente;
- procede all'esame preventivo e rilascia il relativo benestare, dal punto di vista della sorveglianza fisica:
 - dei progetti di installazioni che comportano rischi di esposizione a radiazioni ionizzanti;
 - dell'ubicazione delle medesime all'interno dello stabilimento in relazione a tali rischi;
 - delle modifiche alle installazioni che implicano rilevanti trasformazioni delle condizioni, dell'uso o della tipologia delle sorgenti;
- effettua la prima verifica, dal punto di vista della sorveglianza fisica, di nuove installazioni e delle eventuali modifiche apportate alle stesse;
- esegue la verifica periodica dell'efficacia dei dispositivi e delle tecniche di radioprotezione;
- effettua la verifica periodica delle buone condizioni di funzionamento degli strumenti di misurazione;
- effettua una sorveglianza ambientale di radioprotezione nelle zone controllate e sorvegliate;
- procede alla valutazione delle dosi e delle introduzioni di radionuclidi relativamente ai lavoratori esposti;
- procede alle analisi e valutazioni necessarie ai fini della sorveglianza fisica della protezione della popolazione effettuando:
 - la valutazione preventiva dell'impegno di dose derivante dall'attività;
 - la valutazione delle dosi ricevute o impegnate dai gruppi di riferimento della popolazione in condizioni normali;
 - la valutazione delle esposizioni in caso di incidente.

Tutte le misure devono essere effettuate con strumentazione adeguata e sottoposta a regolare manutenzione e taratura.

Per inadempienze sono previste sanzioni.

ESPERTO IN FISICA MEDICA

L'Esperto in fisica medica è una persona esperta nella fisica e nella tecnologia delle radiazioni applicata alle esposizioni in campo medico e il titolo di Esperto in Fisica Medica si consegue, al termine di una Scuola di Specializzazione post-laurea della durata di 4 anni.

Agisce e consiglia sulla dosimetria dei pazienti, sullo sviluppo e l'impiego di tecniche ed attrezzature complesse, sull'ottimizzazione, sulla garanzia della qualità e su altri problemi riguardanti la radioprotezione relativa alle esposizioni che rientrano nel campo di applicazione del D. lgs. 187/00.

I tre principali settori di impiego dell'Esperto in Fisica Medica sono in Radioterapia, Radiodiagnostica e Medicina nucleare. Spesso l'Esperto in Fisica Medica è provvisto del titolo di Esperto Qualificato e si occupa anche di Radioprotezione dei lavoratori. L'introduzione di sistemi informativi di imaging digitale (Picture Archiving and Communication System o PACS) in radiologia ed in radioterapia ha visto la figura del fisico sanitario impegnata nella gestione delle problematiche di carattere tecnico-sanitario.

Il ruolo principale del fisico sanitario in radioterapia è la consulenza sull'ottimizzazione del piano di cura (o di trattamento) radioterapico. Le attività che competono al fisico sanitario riguardano, in somma sintesi, la dosimetria dei pazienti e la garanzia di qualità del sistema, compreso il controllo di qualità.

I compiti dell'Esperto in Fisica Medica sono:

1. affianca il responsabile dell'impianto radiologico in ordine alla predisposizione di programmi di garanzia e controllo della qualità; in particolare è fondamentale che il responsabile dell'impianto radiologico, con la necessaria collaborazione dell'esperto in fisica medica, allestisca un manuale di qualità dell'Unità Operativa che riguardi l'intero processo diagnostico. Una sezione del manuale verrà redatta dall'Esperto in Fisica Medica e riguarderà la documentazione di riferimento sul programma di controllo di qualità che contiene le modalità di prova con riferimento alla specifica situazione operativa ed alla strumentazione in dotazione con indicazione delle responsabilità e dei compiti degli operatori.
2. effettua le prove di accettazione prima dell'entrata in uso delle apparecchiature radiologiche e le prove di stato al fine della verifica del corretto funzionamento delle stesse.
3. effettua le prove di costanza e definisce con il responsabile dell'impianto radiologico il protocollo da utilizzarsi.
4. verifica gli LDR (livelli di dose di riferimento).
5. affianca il responsabile dell'impianto radiologico nella predisposizione di programmi di valutazione della dose o dell'attività somministrata.
6. effettua le valutazioni dosimetriche nelle attività che comportano esposizioni a bambini, programmi di screening e alte dosi al paziente.
7. valuta le dosi all'embrione o al feto.

In sintesi:

- valutazione preventiva, ottimizzazione e verifica delle dosi ai pazienti (art.7);
- definizione delle procedure e realizzazione del programma di qualità dal punto di vista tecnico (art.8);
- effettuare le prove di accettazione e di stato (art.8);
- effettuare le prove di costanza (art.7).

Tutte le misure devono essere effettuate con strumentazione adeguata e sottoposta a regolare manutenzione e taratura.

Per inadempienze sono previste sanzioni.

RESPONSABILE IMPIANTO RADIOLOGICO

Il Responsabile dell'impianto radiologico (RIR) è il medico specialista in radiodiagnostica, radioterapia o medicina nucleare individuato dall'esercente. Il responsabile di impianto radiologico può essere lo stesso esercente qualora questo sia abilitato a svolgere direttamente l'indagine clinica (nel campo odontoiatrico può essere il titolare dello studio).

I compiti del RIR, avvalendosi dell'esperto in fisica medica, prevedono:

- che siano intrapresi adeguati programmi di garanzia della qualità, compreso il controllo di qualità, nonché di valutazione della dose o dell'attività somministrata ai pazienti;

- che siano effettuate prove di accettazione prima dell'entrata in uso delle attrezzature radiologiche e quindi prove di funzionamento sia a intervalli regolari che dopo ogni intervento rilevante di manutenzione. In base ai risultati delle prove il responsabile dell'impianto esprime il giudizio di idoneità all'uso clinico delle attrezzature.

Il RIR, avvalendosi dell'incaricato dell'esecuzione dei controlli di qualità, predispone il protocollo di esecuzione delle prove necessarie ad esprimere il proprio giudizio di idoneità.

Inoltre:

- verifica dei livelli diagnostici di riferimento (LDR art.6 D. Lgs 187/00);
- segnala interventi correttivi all'esercente (art.8 D. Lgs 187/00);
- redazione del manuale di qualità (art.8 D. Lgs 187/00);
- responsabilità esposizioni, scelta metodologie ottimizzate o metodiche alternative (art.5 D. Lgs 187/00);
- avvalersi dell'Esperto in Fisica Medica nelle attività di radioterapia e di medicina nucleare in vivo (art.6 D. Lgs 187/00);

Per inadempienze sono previste sanzioni.