

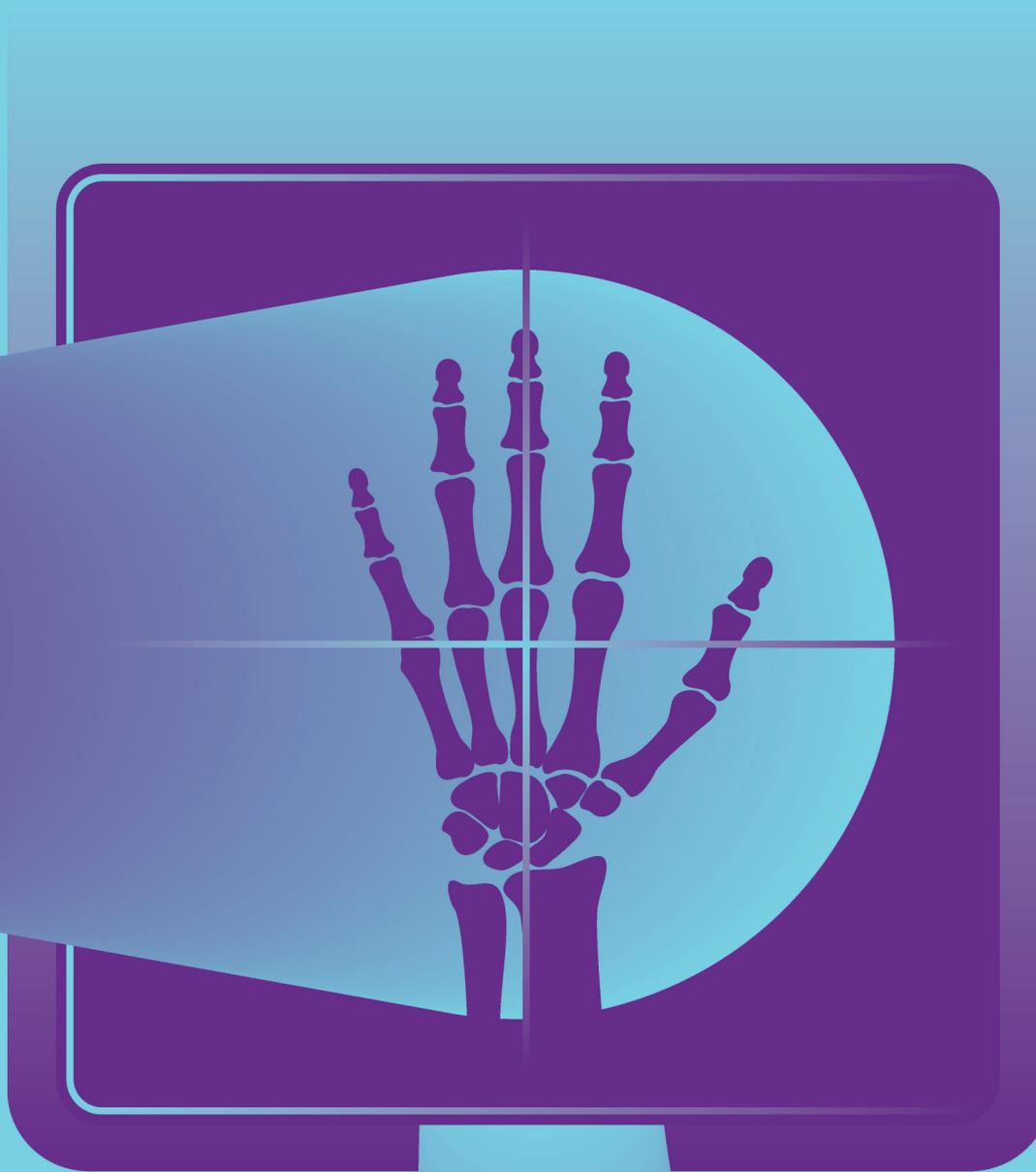


Accademia Italiana Medici Specializzandi

RA

Manuale di

RADIOLOGIA



10^a EDIZIONE

SSM 2024

www.accademiamedici.it

Manuale di Radiologia
Decima edizione - Concorso Nazionale SSM 2024

ISBN

9788833412467

DEPOSITO LEGALE

Come per Legge

ACADEMIA DE ESTUDIOS MIR, S.L.

www.academiamir.com

info@academiamir.com

ACCADEMIA ITALIANA MEDICI SPECIALIZZANDI S.R.L.

Via Ettore Carafa, 57

70124 - Bari (Ba) - Italia

P.IVA: 07625410720

www.accademiamedici.it

GRAFICA, IMPAGINAZIONE ED ILLUSTRAZIONI

Iceberg Visual Diseño, S.L.N.E., Marika Perazzetti

STAMPA

Finito di stampare ad Ottobre 2023 da Imedisa

È vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, di quest'opera.
Qualsiasi copia o riproduzione effettuata con qualsiasi procedimento (fotografia, microfilm, nastro magnetico, disco o altro) costituisce una contraffazione passibile delle pene previste dalla legge sulla tutela dei diritti d'autore.

La protezione dei diritti d'autore si estende sia ai contenuti redazionali della pubblicazione sia alla grafica, alle illustrazioni ed alle fotografie della stessa: ne è, pertanto, vietata la riproduzione totale o parziale senza il consenso del titolare dei diritti d'autore.

La traduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm, i film, le fotocopie, etc.), nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.



Questo manuale è stato stampato con carta ecologica, sostenibile e senza cloro, ed è stato certificato secondo gli standard di FSC (Forest Stewardship Council).



RA

RADIOLOGIA



RA RADIOLOGIA

AUTORI

Direzione editoriale

MANCINI ANTONIO (87)
MAGGIORE MARIA ELENA (87)
MELE ALFONSO (25)
MASTROLEO FEDERICO (21)

Autori

MECCIA DONATO VITO (58)
ANDRESCIANI FLAVIO (83)
BERTOLOTTI LORENZO (84)
FAGGIAN GUIDO (85)
MASTROLEO FEDERICO (21)
GUIDA ILARIA (64)

Relazione generale degli autori

Abbenante Diego (53)	Coltorti Andrea (45)	Germano Francesco (74)	Marino Annalisa (42)	Rindone Andrea (47)
Aguzzi Alberto (89)	Condello Francesco (9)	Giotta Massimo (69)	Martinelli Canio (34)	Romano Claudia (57)
Airola Carlo (70)	Conte Ennio (49)	Girardi Antonia (22)	Mastroleo Federico (21)	Romozzi Marina (56)
Andresciani Flavio (83)	Crapisi Angelo (8)	Giurazza Roberto (2)	Meccia Donato Vito (58)	Rotundo Fioramante Lello (44)
Angelotti Giustina (64)	De Francesco Luca (12)	Grosso Antonio (86)	Mele Alfonso (25)	Santalucia Roberto (23)
Anzivino Roberta (77)	Del Bono Chiara (31)	Guida Ilaria (59)	Meschi Claudia (79)	Sarli Walter Maria (78)
Arcidiacono Maria Grazia (64)	Di Domenico Pasquale (41)	Iacono Elisa (35)	Nasillo Vincenzo (65)	Scalia Giovanni (44)
Baratto Luigi (72)	Diana Alfredo (3)	Iannone Claudia (47)	Nocilla Federica (67)	Scalia Lorenzo (61)
Barchi Alberto (40)	Egididi Silvia (17)	Intonti Chiara (13)	Novarese Cristina (51)	Scalvini Davide (88)
Barillà Giovanni (81)	Facco Matteo (5)	Lavorgna Mariarosaria (66)	Orlandi Riccardo (48)	Sciancalepore Pasqua Irene (38)
Bertolotti Lorenzo (84)	Faggian Guido (85)	Leonardi Giuseppe (39)	Paccione Andrea (60)	Scrima Ottavio (18)
Bertuglia Giuseppe (28)	Favretti Martina (55)	Libretti Alessandro (7)	Paturelli Marta (20)	Stella Leonardo (70)
Binello Nicolò (90)	Ferrante Bannera Anna (44)	Loi Federico (29)	Pecoraro Alessio (86)	Tramontana Filippo (32)
Bonizzoni Matteo Aldo (10)	Filippello Giulia (52)	Lovisolo Stefano (26)	Pelaia Corrado (44)	Trojan Francesco Giuseppe (44)
Cascella Raffaella (80)	Filippi Nicola (27)	Macellaro Monica (46)	Petrella Giacomo (73)	Trovato Federica (54)
Causio Francesco Andrea (36)	Filomia Simone (12)	Maggiore Maria Elena (87)	Petrone Paolo (15)	Vagelli Filippo (6)
Cavalli Silvia (47)	Fimiano Federica (19)	Magnaterra Elisabetta (14)	Pigoni Alessandro (82)	Venuti Francesco (91)
Celsa Ciro (68)	Fioccola Antonio (4)	Malvaso Antonio (11)	Pilla Laura (78)	Vergara Andrea (62)
Ceraso Alessia (92)	Fischetti Giuseppe (63)	Mancini Antonio (87)	Pinelli Matteo (50)	Vitale Carolina (71)
Cerchione Claudio (24)	Forlani Davide (1)	Mancini Giuseppino (30)	Porro Giuseppe (76)	Vodola Emanuele (16)
Coco Salvatore (43)	Garbaro Francesco Manlio (75)	Mariani Alessandro (33)	Priano Andrea (37)	

- (1) Alma Mater Studiorum - Università di Bologna CSM Borgo-Reno, Bologna. IT
- (2) AO dei Colli - Ospedale Monaldi-Catugno, Napoli AOU "Luigi Vanvitelli", Napoli, Napoli. IT
- (3) AOU Federico II, Napoli. IT
- (4) AOUC Careggi, Università degli Studi di Firenze, Firenze. IT
- (5) Azienda Ospedale-Università degli Studi di Padova, Padova. IT
- (6) Azienda Ospedaliera Universitaria Pisana, Pisa. IT
- (7) Azienda Ospedaliera Universitaria Maggiore della Carità, Novara. IT
- (8) Azienda USL di Piacenza, Piacenza. IT
- (9) Cardio Center, IRCCS Humanitas Research Hospital, Rozzano, Milano. IT
- (10) Department of Anesthesia and Intensive Care, IRCCS San Raffaele Scientific Institute, Milano. IT
- (11) Department of Brain and Behavioral Sciences, IRCCS Fondazione "C. Mondino" - Istituto Neurologico Nazionale, Pavia. IT
- (12) Department of Cardiovascular and Pulmonary Sciences, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma. IT
- (13) Department of Clinical, Internal Medicine, Anesthesiology and Cardiovascular Sciences, Università La Sapienza di Roma, Roma. IT
- (14) Dipartimento di Scienze della Salute, Sezione di Dermatologia, Università di Firenze, Firenze. IT
- (15) Direzione Generale, ASL BA, Bari. IT
- (16) Endocrinologia e malattie del metabolismo, Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS, Roma. IT
- (17) Endocrinologia e Malattie del Metabolismo, Università Campus Bio-Medico di Roma, Roma. IT
- (18) Fondazione Policlinico Universitario "A. Gemelli" IRCCS - UCSC, Roma. IT
- (19) Gastroenterologia ed Endoscopia Digestiva - AOU Città della Salute e della Scienza di Torino, Università di Torino, Torino. IT
- (20) Gastroenterologo
- (21) IEO - Istituto Europeo di Oncologia, Milano. IT
- (22) Istituto Europeo di Oncologia, IEO, IRCCS, Milano. IT
- (23) Istituto Europeo di Oncologia, Milano. IT
- (24) Istituto Romagnolo per lo Studio dei Tumori "Dino Amadori" - IRST IRCCS, Meldola. IT
- (25) OMCeO Cosenza, Cosenza. IT
- (26) Ospedale Civile SS Antonio e Margherita, Tortona. IT
- (27) Ospedale di Belcolle, Viterbo. IT
- (28) Ospedale Malinette Torino, Torino. IT
- (29) Ospedale Policlinico Sant'Orsola-Malpighi, Bologna. IT
- (30) Pediatra ASL Barletta-Andria-Trani. IT
- (31) Policlinico "S. Orsola", Bologna. IT
- (32) Policlinico Paolo Giaccone, Palermo. IT
- (33) Policlinico Umberto I di Roma, Roma. IT
- (34) Policlinico Universitario G. Martino, Messina. IT
- (35) Policlinico Universitario, Catania. IT
- (36) Sezione di Igiene Generale e Applicata, Dipartimento Universitario Scienze della Vita e Sanità Pubblica, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma. IT
- (37) U.O. Clinica Dermatologica, Università di Genova, Genova. IT
- (38) U.O. Foniatria e Riabilitazione dei disturbi della Comunicazione, ASL Lecce, Lecce. IT
- (39) U.O.C. Nefrologia e Dialisi ASL Brindisi, Brindisi. IT
- (40) Unità di Gastroenterologia ed Endoscopia Digestiva-IRCCS Ospedale San Raffaele, Milano - Università Vita e Salute San Raffaele, Milano. IT
- (41) Unità di Gastroenterologia, Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Odontoiatria "Scuola Medica Salernitana", Università degli Studi di Salerno, Salerno. IT
- (42) Università Campus Biomedico di Roma, Roma. IT
- (43) Università degli Studi di Catania, Catania. IT
- (44) Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia", Catanzaro. IT
- (45) Università degli Studi di Messina - Policlinico Gaetano Martino, Messina. IT
- (46) Università degli Studi di Milano - Ospedale Luigi Sacco, Milano. IT
- (47) Università degli Studi di Milano, Medicina e Chirurgia -ASST Gaetano Pini-CTO, UOC di Reumatologia, Milano. IT
- (48) Università degli Studi di Milano, Milano. IT
- (49) Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli. IT
- (50) Università degli Studi di Siena, Siena. IT
- (51) Università degli Studi di Torino - AOU Città della Salute e della Scienza di Torino, Torino. IT
- (52) Università di Catania, Catania. IT
- (53) UOC Dermatologia Ravenna-Lugo-Faenza, AUSL della Romagna, Rimini. IT
- (54) UOC Dermatologia, Università La Sapienza di Roma, Roma. IT
- (55) UOC di Reumatologia, Dipartimento di Scienze Cliniche Internistiche, Anestesiologiche e Cardiovascolari, Sapienza Università di Roma, Roma. IT
- (56) UOC Neurologia, Fondazione Policlinico Universitario A. Gemelli IRCCS, Roma - Dipartimento Universitario di Neuroscienze, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma. IT
- (57) UOC Pneumologia clinica e interventistica, AOU Sassari, Sassari. IT
- (58) UOSD Radiologia vascolare ed interventistica, AOU San Giovanni di Dio e Ruggi d'Aragona, Salerno. IT
- (59) Azienda Ospedaliera Universitaria Consorziale Policlinico di Bari, Bari. IT
- (60) Division of Cardiology, Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori "Fondazione Giovanni Pascale" IRCCS, Napoli. IT
- (61) Centro Alte Specialità e Trapianti (CAST), Divisione di Cardiologia, Policlinico Universitario G. Rodolico - S. Marco, Catania. IT
- (62) Cardiologia Clinica Universitaria, AORN Sant'Anna e San Sebastiano, Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli", Caserta. IT
- (63) Department of Emergency and Organ Transplants Cardiac Surgery Unit, University of Bari Medical School, Bari. IT
- (64) Azienda Ospedaliera Universitaria Consorziale Policlinico di Bari, Bari. IT
- (65) Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena, Modena. IT
- (66) Unità di Endocrinologia, Diabetologia e Andrologia, Dipartimento di Medicina Clinica e Chirurgia, Università Federico II di Napoli, Napoli. IT
- (67) Divisione di Endocrinologia, Diabetologia e Malattie del Metabolismo Dipartimento Medico Generale Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata di Verona, Verona. IT
- (68) Sezione di Gastroenterologia ed Epatoepatologia, Dipartimento di Promozione della Salute, Materno-Infantile, Medicina Interna e Specialistica di Eccellenza (PROMISE),
- Dipartimento di Discipline Chirurgiche, Oncologiche e Stomatologiche (DICHIRONI) Università di Palermo, Palermo. IT
- (69) Dipartimento Interdisciplinare di Medicina, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari. IT
- (70) Medicina Interna e Gastroenterologia, Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS Roma, Roma. IT
- (71) Medicina Interna Dipartimento di Scienze Mediche Policlinico Tor Vergata Roma, Roma. IT
- (72) UOC Neurologia e Stroke Unit Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli. IT
- (73) UOC Neurochirurgia - ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Università degli Studi di Milano, Milano. IT
- (74) Department of Neurology IRCCS Policlinico San Martino, Genova. IT
- (75) Department of Biomedical Sciences, Humanitas University, Pieve Emanuele, Milano. IT
- (76) U.O.C. Otorinolaringoiatria, Ospedale V. Fazzi, Lecce. IT
- (77) U.O.C. Otorinolaringoiatria, Ospedale Di Venere, ASL BA, Bari. IT
- (78) Azienda Ospedaliera Universitaria Anna Meyer, Firenze. IT
- (79) Azienda Ospedaliera Universitaria Pisana - UO Pneumologia, Pisa. IT
- (80) Dipartimento di Scienze Biomediche, Università Cattolica Nostra Signora del Buon Consiglio, Tirana. AL
- (81) Azienda Ospedaliera-Universitaria Senese di Santa Maria alle Scotte, Siena. IT
- (82) Department of neurosciences and mental health, Fondazione IRCCS Ca' Granda, Ospedale Maggiore Policlinico, Milano. IT
- (83) UOC Radiologia diagnostica e interventistica Ospedale S.M. Goretti, Latina. IT
- (84) UOC Radiologia, Dipartimento Diagnostico AOU di Parma, Parma. IT
- (85) UOC Diagnostica per immagini e Radioterapia AOU "Federico II", Napoli. IT
- (86) Ospedale Careggi, Università degli Studi di Firenze, Firenze. IT
- (87) Department of Interdisciplinary Medicine (D.I.M.), Università di Bari Aldo Moro, Bari. IT
- (88) S.C. Gastroenterologia - Endoscopia Digestiva, Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia - Università degli Studi di Pavia, Pavia. IT
- (89) IRCCS Azienda Ospedaliera Universitaria di Bologna, Bologna. IT
- (90) High Impact Epidemics Unit Health Emergencies Programme World Health Organization, Geneva, CH. *Institutional affiliation is provided for identification purpose only and does not constitute institutional endorsement. Any views and opinions expressed are personal and belong solely to the individual and do not represent any people, institutions or organizations that the individual may be associated with in a personal or professional capacity unless explicitly stated.
- (91) Unità di Malattie Infettive Dipartimento di Scienze Mediche Ospedale Amedeo Savoia Università di Torino, Torino. IT
- (92) Struttura ó ASP, Palermo. IT

IT=Italia / CH= Svizzera / AL=Albania

CAPITOLO 1	INTRODUZIONE ALLE TECNICHE RADIOLOGICHE	9
1.1.	Radiologia tradizionale	9
1.2.	Ecografia.....	11
1.3.	Tomografia computerizzata.....	13
1.4.	Risonanza magnetica nucleare	14
CAPITOLO 2	RADIOLOGIA TORACICA.....	17
2.1.	Radiografia del torace	17
2.2.	Metodologia dell'interpretazione.....	19
2.3.	Pattern di malattia polmonare	21
2.4.	Segni in radiologia toracica.....	22
2.5.	Tomografia computerizzata.....	23
2.6.	Risonanza magnetica.....	26
2.7.	Manifestazioni delle patologie.....	26
CAPITOLO 3	RADIOLOGIA ADDOMINALE	38
3.1.	Radiografia diretta dell'addome.....	38
3.2.	Ecografia dell'addome.....	53
3.3.	TC dell'addome.....	53
CAPITOLO 4	NEURORADIOLOGIA	78
4.1.	Patologia cerebrovascolare.....	78
4.2.	Neoplasie	82
4.3.	Sclerosi multipla.....	87
4.4.	Disturbi degenerativi	88
4.5.	Idrocefalo	89
4.6.	Patologia infettiva.....	90
4.7.	Patologia rachimidollare.....	91
CAPITOLO 5	RADIOLOGIA MUSCOLOSCHILETRICA	94
5.1.	Introduzione	94
5.2.	Traumatologia	94
5.3.	Valutazione radiologica per ogni distretto in traumatologia.....	94
5.4.	Ortopedia infantile	104
5.5.	Ortopedia dell'adulto.....	105
5.6.	Patologia dei tessuti molli	106
5.7.	Patologia del rachide.....	107
5.8.	Ortopedia pediatrica.....	107
5.9.	Patologia tumorale	108
CAPITOLO 6	RADIOLOGIA SENOLOGICA E GINECOLOGICA.....	111
6.1.	Radiologia della mammella.....	111
6.2.	Diagnostica per immagini in ginecologia	115
BIBLIOGRAFIA		119
CASI CLINICI.....		121
INDICE DEGLI ACRONIMI		181



RA RADIOLOGIA

Curiosità

La scoperta dei raggi X fu un caso di serendipità. Nel 1895 il fisico tedesco Wilhem Conrad Röntgen mentre stava conducendo degli esperimenti su un prototipo di tubo catodico in una stanza completamente buia, notò che una lastra cosparsa di una sostanza fluorescente e situata a qualche metro da lui, aveva iniziato a brillare. In quel momento intuì che questo fenomeno fosse provocato da una particolare radiazione fino ad allora sconosciuta, alla quale diede il nome di "raggi X", dalla lettera utilizzata in matematica per indicare una incognita. Fu immediatamente chiara la potenzialità della scoperta, ma ci volle tempo per comprenderne gli effetti dannosi dovuti all'esposizione incontrollata alle radiazioni.

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE ALLE TECNICHE RADIOLOGICHE

Le metodiche utilizzate in diagnostica per immagini sono essenzialmente quattro:

- **RX**
Rientra nella cosiddetta radiologia tradizionale e utilizza raggi X.
- **TC**
Tomografia computerizzata, utilizza anch'essa raggi X.
- **Ecografia**
Basata sull'impiego di onde ultrasonore (energia meccanica).
- **RMN**
Risonanza magnetica, che sfrutta le modificazioni indotte da impulsi di radiofrequenza sui nuclei d'idrogeno sottoposti ad un campo magnetico statico.

Vediamo nel dettaglio queste metodiche.

1.1. Radiologia tradizionale

Si tratta di un insieme di tecniche diagnostiche radiologiche che permette di ottenere immagini di tessuti e organi interni impressionando rilevatori sensibili ai **raggi X**.

I raggi X sono **radiazioni elettromagnetiche**, ovvero fotoni, che sono generate da un tubo radiogeno contenente un catodo – polo negativo con una spirale di tungsteno portata all'incandescenza (effetto termoelettrico) – e un anodo (polo positivo costituito da una piastra anch'essa in tungsteno, o molibdeno). Le unità di misura fondamentali dei raggi X sono il KiloElettronVolt (KeV, che misura la differenza di potenziale tra catodo e anodo e quindi, l'energia cinetica – penetranza – dei fotoni) e il milliAmpere (mA, che misura l'intensità di corrente che attraversa la spirulina e, di conseguenza, il numero dei fotoni emessi).

In ambito diagnostico le due principali modalità di interazione dei raggi X con la materia che concorrono alla formazione dell'immagine sono:

- **Effetto fotoelettrico**
Il fotone interagisce con un elettrone di un atomo del paziente che attraversa la sua traiettoria e gli cede tutta la sua energia; il primo scompare, il secondo si "eccita" (sale di livello energetico orbitale atomico) o "ionizza" (lascia il proprio atomo di appartenenza, che si trasforma in un radicale, molto reattivo nei confronti degli atomi circostanti). Tale effetto è responsabile della gran parte del contrasto di un radiogramma.
- **Effetto Compton**
Il fotone cede parzialmente la sua energia all'elettrone urtato continuando il suo cammino e provocando ulteriori interazioni; non è favorevole perché crea artefatti nel radiogramma. Inoltre rappresenta la principale causa di esposizione professionale del personale che opera in Radiologia (scattered radiation).

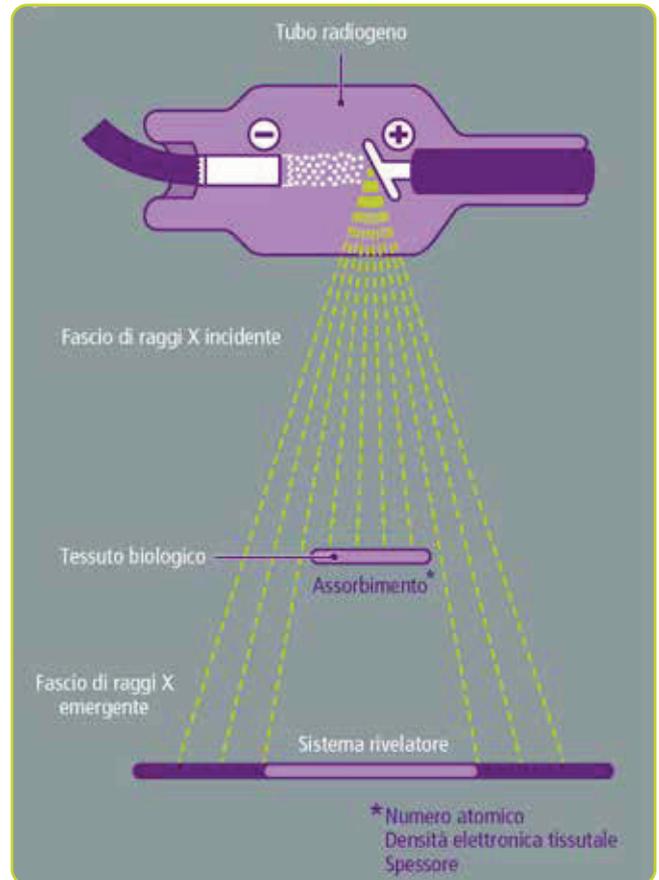


Figura 1.1: Schema di funzionamento di un tubo radiogeno per l'emissione di raggi X.

I raggi X prodotti incidono sul tessuto biologico che incontrano e lo attraversano in misura maggiore o minore a seconda delle **caratteristiche del tessuto** stesso (densità atomica, spessore e composizione molecolare del tessuto, in particolare numero atomico o "Z" degli atomi delle molecole che lo compongono). Al di là del soggetto in studio è posto un sistema rivelatore, che fino ad alcuni anni fa era una lastra di bromuro di argento, che veniva impressionata e sulla quale si "forma" l'immagine radiografica.

Misurando l'entità della radiazione captata dal sistema rivelatore e dunque, indirettamente, quella assorbita dal corpo anteposto, il sistema permette di risalire alla **radiodensità** del tratto di tessuto attraversato.

Il risultato è un cosiddetto radiogramma, ovvero un'immagine di sommissione bidimensionale nella quale si proiettano strutture tridimensionali complesse. In altre parole, quello che vediamo in una radiografia è il risultato della sovrapposizione delle diverse strutture anatomiche che il fascio di raggi X incontra nel suo percorso attraverso la regione corporea in esame.

Le diverse strutture dell'organismo saranno dunque rappresentate con diverse tonalità di grigio in funzione della loro densità atomica, che dipende sostanzialmente dalle sostanze che la compongono e dal loro spessore. In ordine crescente di densità troveremo dunque:

- aria (nero, viene attraversata completamente dai raggi X, senza assorbire nulla);
- tessuto adiposo (grigio scuro);
- tessuti molli/acqua (grigio medio);
- calcio/metallo (grigio chiaro/bianco, si tratta delle strutture più dense che impediscono quasi completamente il passaggio dei raggi X).

Ricorda...

Linguaggio radiologico

Nero= radiotrasparente o iperdiafano in radiologia tradizionale, ipodenso in TC

Bianco= radiopaco o ipodiafano in radiologia tradizionale, iperdenso in TC

L'asse d'incidenza del fascio di raggi X determina il piano della proiezione. In questo modo, un fascio incidente che attraversa il soggetto secondo un asse antero-posteriore dà origine a una proiezione *frontale* o *coronale*, un asse d'incidenza latero-laterale dà origine a una proiezione *sagittale* e un asse caudo-craniale realizza una proiezione *assiale*.

I raggi X generati dal tubo radiogeno vengono emessi con una conformazione "a ventaglio", creando un **fascio divergente** a partire dalla sorgente radiogena (**vedere la figura 1.1 alla pagina precedente**). Tale divergenza altera la proiezione dell'oggetto sulla pellicola determinandone un aumento apparente delle dimensioni. Per ridurre tale fenomeno è necessario ridurre al minimo la distanza tra l'oggetto e la pellicola (ad es. avvicinando il paziente il più possibile alla pellicola nell'esecuzione di un RX del torace, per evitare uno slargamento dell'ombra cardiaca) o aumentare la distanza fuoco-oggetto per ottenere un'immagine quanto più possibile simile a quella reale.

Principi di radioprotezione

Le radiazioni ionizzanti possono provocare due tipi di danni:

- Somatico

Può accadere a qualsiasi tessuto dell'organismo e si manifesta più tipicamente con una neoplasia; le cellule più radiosensibili in assoluto sono i linfociti.

- Genetico

Colpisce le cellule sessuali e viene trasmesso alla discendenza tramite i gameti.

Il motivo fondamentale che sta alla base del rischio biologico dei raggi X è che la loro lunghezza d'onda ha la stessa identica dimensione del passo d'elica del DNA, il che aumenta la probabilità di interazione e, di conseguenza, un danno. Inoltre, sia con l'effetto fotoelettrico che con quello Compton, vengono creati ioni capaci di radicalizzare l'ossigeno, i cui radicali liberi interagiscono con le strutture cellulari e con gli acidi nucleici, danneggiandoli.

Gli effetti delle radiazioni sull'uomo possono essere classificati in due differenti tipologie: *effetti di tipo deterministico* ed *effetti di tipo stocastico* o *probabilistico*. Per quanto riguarda i primi, esiste una dose-soglia al di sopra della quale si manifesta l'effetto, ed è possibile definire una relazione tra la dose assorbita e l'intensità dell'effetto. Tra questi si annoverano radiodermite e cataratta da radiazioni. Al contrario, gli effetti stocastici possono verificarsi con qualunque dose (teoricamente, anche un solo fotone può determinare un danno di tipo stocastico, per quanto improbabile) e per questo non è possibile stabilire una soglia di esposizione. In

questo secondo caso, quanto maggiore è l'esposizione alle radiazioni, maggiore è la probabilità di comparsa di un danno, ma non l'entità del danno stesso. Inoltre, possono avvenire a carico sia dei tessuti somatici che di quelli germinali.

La radiosensibilità di un tessuto è associata al suo grado di turnover cellulare (**SSM19, G, 133**). Le cellule muscolari ad esempio, così come le cellule nervose, sono poco radiosensibili in quanto cellule perenni. Cellule con elevato turn-over, come quelle del tessuto ematopoietico, sono molto radiosensibili.

Ricorda...

Effetti **DETERMIN**istici: soglia **DETERMIN**ata
Effetti probabilistici: legge della probabilità

I tre principi fondamentali su cui si basa la **radioprotezione** sono stati stabiliti dal decreto legislativo 230/1995 e dal decreto legislativo 187/2000:

- Giustificazione

Il danno potenziale da radiazioni deve essere compensato dal vantaggio diagnostico potenziale.

- Ottimizzazione

È necessario ricercare le condizioni ottimali per il massimo contenimento della dose.

Ricorda...

ALARA= As Low As Reasonably Achievable
ALADA= As Low As Diagnostically Achievable

- Limitazione delle dosi

La somma delle dosi ricevute non deve superare i limiti prescritti dalla legge.

Unità di misura in radioprotezione

Il LET (linear energy transfer) rappresenta l'energia depositata dalla radiazione lungo il suo percorso all'interno dei tessuti attraversati. Raggi X, gamma ed elettroni sono radiazioni a basso LET (determinano ionizzazione sparsa), mentre protoni, neutroni e particelle alfa sono ad alto LET (determinano ampia ionizzazione della materia).

Le radiazioni inoltre vengono suddivise in direttamente ionizzanti (agiscono direttamente sugli atomi bersaglio) e indirettamente ionizzanti (agiscono sulle molecole d'acqua i cui radicali perossidi sono responsabili del danno al DNA). Gli effetti nocivi delle radiazioni ionizzanti si manifestano quando si verifica una cessione di energia al mezzo attraversato, e per quanto riguarda i tessuti biologici si parla comunemente della quantità di **energia assorbita per unità di massa**.

I concetti di esposizione, dose assorbita, intensità, ed equivalenza di dose ricorrono frequentemente quando si parla di protezione radiologica.

L'**esposizione** è un concetto che dovrebbe essere utilizzato solo quando si parla di radiazioni elettromagnetiche.

Per **dose assorbita** (D) s'intende in termini fisici la quantità di energia assorbita da un mezzo a seguito di esposizione a radiazioni ionizzanti, per unità di massa del materiale irradiato. Si misura in **gray** (Gy). (**SSM15, G, 4**)

Un gray corrisponde all'assorbimento di
un joule di energia in un Kg di materia (1 Gy = 1 J/Kg)

$$D = E/m \rightarrow (\text{Gy}) \text{ o } (\text{J/Kg})$$

Poiché la dose assorbita è il risultato dell'interazione radiazioni-materia, essa dipenderà dalle radiazioni e dalle proprietà del materiale irradiato.