

# La Radioterapia Veterinaria

Giovanni Buccolieri<sup>1</sup>, Domenico Delle Side<sup>1</sup>, Agostino Nassisi<sup>1</sup>, Francesca Nassisi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Matematica e Fisica, Leas, Università del Salento, SS. Monteroni 73100 Lecce

<sup>2</sup> Dipartimento di Medicina Veterinaria, Valenza, Ba, Università di Bari

## Sommario

La radioterapia per la cura di molte patologie tumorali è estesa anche al campo veterinario. Intervenire su un animale domestico, cane, gatto o altro, è differente rispetto all'uomo. La situazione attuale però, non assicura un intervento su tutto il territorio nazionale. In questo lavoro presento la tecnica della radioterapia veterinaria e le problematiche sociali connesse.

## Introduzione

Oggi il welfare si è esteso anche al campo veterinario. Gli animali domestici sono integralmente incardinati nella famiglia e ciò comporta anche un impegno, rispetto ad un familiare, forse anche più gravoso. Un animale non parla e l'assistenza pubblica è quasi inesistente.

La radioterapia consiste nel bombardamento di un bersaglio neoplastico con radiazione elettromagnetica e di massa. Generalmente la radiazione utilizzata è la radiazione ionizzante: alfa, protoni, beta, raggi  $\gamma$  e raggi X. I primi tre tipi sono radiazioni di massa, mentre la  $\gamma$  e la X sono radiazioni elettromagnetiche. Si chiamano ionizzanti perché l'energia posseduta consente di strappare un elettrone all'atomo che, conseguentemente è portato a legarsi con altri atomi appartenenti alla cellula e ad ucciderla. La radiazione elettromagnetica invece non sempre è ionizzante.

Per strappare un elettrone esterno da un atomo è necessaria un'energia di qualche eV. Poiché l'energia dell'onda elettromagnetica è legata alla lunghezza d'onda della relazione[1, 2]

$$E = \frac{1240}{\lambda(nm)} [eV] \quad (1)$$

ne risulta una radiazione con lunghezza d'onda dell'ordine del 1000 nm. La lunghezza d'onda della radiofrequenza (RF) è milioni di volte più grande (a 100 MHz corrisponde una  $\lambda = 3 m$ ), e la corrispondente energia è dell'ordine di  $10^{-6}$  eV. Questi valori di energia non sono ionizzanti e quindi non particolarmente nocivi. Essi interagiscono solo con gli elettroni liberi ed ecco perché le antenne per la radiofrequenza sono realizzate con metalli aventi una buona conduzione.

Una panoramica dello spettro delle onde e della radiazione UV[2] è riportato in Fig. 1.

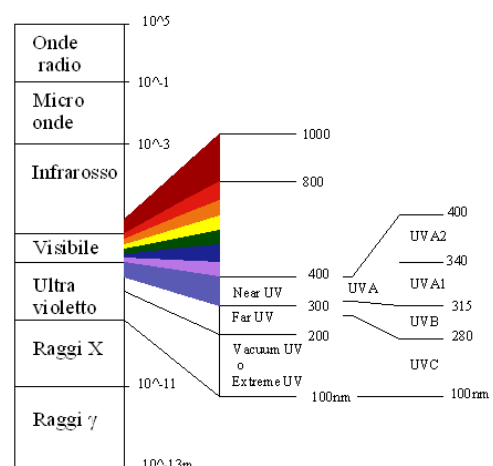


Fig. 1: Spettro delle onde e della radiazione UV

Si può vedere che lo spettro della radiazione X va da qualche 10 eV fino a qualche MeV.

Energie più alte appartengono ai raggi gamma.

Per trattare un organo, specie se è al centro del corpo, è purtroppo necessario interessare anche il tessuto circostante. Ne consegue che l'energia che la radiazione possiede, viene ceduta lungo tutto il suo cammino. La tipologia di cessione dell'energia dipende dal tipo di radiazione. Studi condotti hanno dimostrato che la radiazione elettromagnetica da raggi X cede in maniera decrescente la sua energia, mentre fotoni  $\gamma$  cedono il massimo dell'energia nei primi centimetri per poi diminuire con la profondità. La radiazione avente massa ha uno spettro di cessione più articolato; all'inizio cede una dose molto limitata poi raggiunge un massimo alla profondità di alcuni centimetri, fino spegnersi, Fig. 2. Vedere curva degli elettroni e dell'adroterapia.

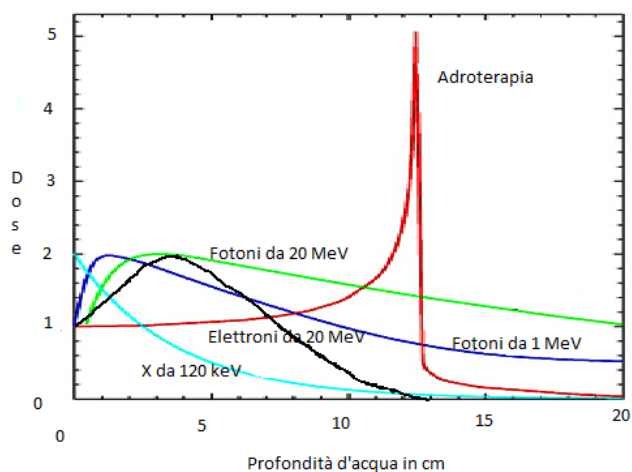


Fig. 2: Panoramica della cessione di energia per differenti tipi di radiazione.

La radiazione beta (elettroni) presenta un massimo di cessione a bassa profondità, ma la distribuzione è piuttosto larga.

### Materiali e metodi

Cosa si usa oggi per ottenere una radiazione? Esistono le sorgenti naturali, e.g. il cobalto 60, ma sono difficili da manovrare poiché emettono continuamente. Invece, spesso, si sente parlare di acceleratore lineare (LINAC).

L'acceleratore lineare è una macchina acceleratrice che permette di generare elettroni con energie di milioni di eV, vedere Fig. 3[4].

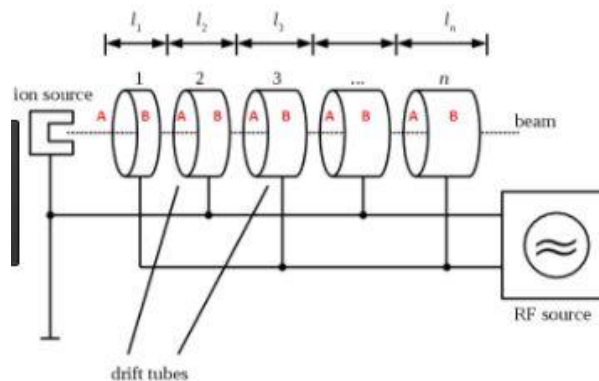


Fig. 3: Schema di un acceleratore lineare . LINAC

Esso è formato da un array di elettrodi cilindrici di dimensione crescente alimentati da una RF di periodo  $T$ [4]. La sorgente può essere di elettroni o di ioni. Tra la sorgente e il primo elettrodo il campo elettrico favorevole della RF accelera le particelle. Dopo un intervallo di tempo  $T/2$  le particelle raggiungono il gap formato dal primo e secondo elettrodo, ma nello stesso tempo la radiofrequenza ha cambiato polarità fornendo, al questo gap, un campo accelerante. Dopo un altro periodo di  $T/2$  le particelle raggiungono il gap tra il terzo e quarto elettrodo e sono soggette ancora ad un campo accelerante poiché la radiofrequenza ha cambiato polarità, e così via. Per raggiungere lo scopo però gli elettrodi devono essere sempre più lunghi poiché le particelle acquisendo energia aumentano la propria velocità e nello stesso periodo percorrono una distanza più lunga. Le particelle accelerate, elettroni o ioni, possono essere fatte propagare all'esterno della macchina ed utilizzate per scopi terapeutici. In questo caso però è necessaria una finestra d'uscita opportuna, solitamente di berillio, per far passare le particelle. In questo caso l'energia di accelerazione delle particelle deve essere pari a quella di utilizzo più quella ceduta nel berillio. Questa

radiazione è usata per trattamenti superficiali, pochi centimetri di penetrazione. Quando invece si vuole utilizzare la radiazione X, il sistema viene modificato. Il fascio di elettroni accelerato e collimato si fa incidere su un bersaglio metallico detto anticatodo. Il fascio provoca una ionizzazione in profondità dell'atomo bersaglio facendogli perdere uno degli elettroni più interni. Ciò comporta la creazione di una lacuna nel corrispondente livello di energia  $E_i$ . Conseguentemente un elettrone di un livello più esterno di energia  $E_e$  raggiunge la lacuna cedendo la differenza di energia pari a  $E_i - E_e$  sotto forma di onda elettromagnetica, cioè un fotone X. Dalla relazione di Planck,  $f = (E_e - E_i)/h$ , si trova che la lunghezza d'onda del fotone X risulta  $\lambda = ch/\Delta E$ , dove  $h$  è la costante di Planck.

Un generatore di raggi X presenta uno spettro di emissione continuo oltre alle righe specifiche del materiale dell'anticatodo. La componente continua è dovuta agli urti degli elettroni accelerati che sono frenati dagli atomi dell'anticatodo cedendo parte della loro energia. L'energia viene emessa sotto forma di fotoni distribuiti su un range di frequenza molto alto detta radiazione di frenamento o bremsstrahlung più delle righe di emissione proprio dell'anticatodo,  $K\alpha$  e  $K\beta$ .

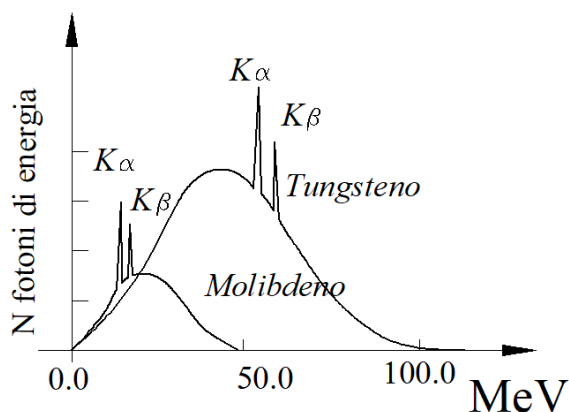


Fig. 4: Panoramica della cessione di energia per differenti tipi di radiazione. *W*:  $K\alpha = 58$  keV e  $K\beta = 67$  keV; *Mo*:  $K\alpha = 17$  keV e  $K\beta = 19$  keV

Esso è un metallo pesante con un numero atomico elevato, spesso tungsteno o molibdeno. Un tipico spettro è illustrato in Fig. 4.

## Risultati

La dose di trattamento in genere varia da caso a caso. I risultati non sempre ottimali sono promettenti[5, 6]. A differenza dell'uomo, gli animali sono sedati con medetomidina. In casi eccezionali si ricorre a induzione con propofol e mantenimento con anestesia gassosa.

La radioterapia però, comporta l'insorgere di lesioni dette radioindotte e sono classificate in due categorie: acute e tardive.

Le acute sono dovute al fatto che le radiazioni non colpiscono solo i campioni neoplastici ma anche quelli sani circostanti la zona trattata. Variano a seconda della dose somministrata, della durata, del trattamento e della sensibilità del tessuto coinvolto, i danni possono essere più o meno ingenti e negli animali si possono manifestare come dermatite da ustione in un primo momento, per sfociare in piodermite, richiedendo così un ulteriore trattamento terapeutico.

Le lesioni radioindotte tardive sono quelle che modificano la struttura del tessuto sano, ma insorgono dopo alcuni mesi dal trattamento, perfino dopo anni. Esse sono a carico dei tessuti a basso tasso di proliferazione: osso, cuore, polmone, reni e nervi. Ecco che la dose di radiazione utilizzabile per un trattamento radioterapico dipende anche dalla sensibilità dei tessuti sani.

Oggi cresce sempre di più l'affanno a minimizzare gli effetti secondari ed una tecnica molto semplice consiste nel porre un filtro di forma sul percorso del fascio di radiazione salvaguardando i tessuti circostanti[7]. Questa tecnica è molto più facile utilizzarla per l'uomo, mentre per l'animale si deve prima intervenire per l'immobilizzazione mediante anestesia.

## ***Conclusioni***

La radioterapia quindi prevede una buona valutazione dei pro e dei contro del trattamento: se da una parte permette una certa maneggevolezza nella procedura e nei trattamenti per quanto riguarda la terapia delle neoplasie (si pensi a una chirurgia invasiva o all'amputazione di un arto), dall'altra la ionizzazione determinata dai raggi emessi causa lesioni precoci che richiedono un'ulteriore cura e attenzione da parte del proprietario; se non un ennesimo ciclo di radioterapia qualora le lesioni tardive dovessero comparire sotto forma di neoformazioni. Sebbene lasci una certa finestra di controllo dei rischi (adattando la profondità di penetrazione dei raggi e schermato quanto più possibile il tessuto sano), gli effetti collaterali sono una costante del trattamento.

## ***Bibliografia***

- [1] R.A. Serway, "Principi di Fisica" EdiSES, Napoli, (2003)
- [2] V. Nassisi, "Principi di Fisica I" ed. Gruppo Editoriale L'Espresso, Roma (2014)
- [3] V. Nassisi, "Principi di Fisica II" ed. Gruppo Editoriale L'Espresso, Roma (2014)
- [4] W. Scharf, "Particle Accelerators and Their Uses" part. 1, Harwood Academic Publishers (1991)
- [5] M. Martano, E. Morello, P. Buracco, Veterinaria, Anno 13, n. 6, Dicembre (1999)
- [6] R. Terragni, M. Vignoli, F. Rossi, M. Rassoni, Veterinaria, Anno 20, n. 1, Febbraio (2006)
- [7] E. Donno, A. Papaleo, E. Cavalera, S. Leo e D. Russo, proceeding PSBA V, Lecce (2016)