

CORSO: ASSISTENTE ALLA POLTRONA DI STUDIO ODONTOIATRICO
DISPENSA: radiologia e radioprotezione Dott. Lorenzo Monticelli

Sono stati qui inseriti principalmente gli argomenti meno approfonditi in aula e quelli che generalmente vengono reputati maggiormente ostici. Si richiede di confrontare questi appunti con quelli raccolti a lezione ed eventualmente con altri testi.

Si consiglia anche la visione dei seguenti video (link):

uso centratori:

<https://www.youtube.com/watch?v=vy5saNL0olk>

<https://www.youtube.com/watch?v=yms7eEU1IM>

https://www.youtube.com/watch?v=_rEQHDCgtqY

<https://www.youtube.com/watch?v=H0qZVv8It0E>

<https://www.youtube.com/watch?v=xh4OB0rn0cw>

<https://www.youtube.com/watch?v=cqm28VhmwOQ>

OPT: <https://www.youtube.com/watch?v=0AppHZRrj-M>

Radiologia

Il termine **radiologia medica** fa riferimento a un insieme di tecniche che mirano ad indagare il corpo umano attraverso la raccolta di particolari immagini. Queste immagini vengono dette "radiologiche" perché vengono ottenute esponendo le strutture anatomiche a particolari radiazioni, i raggi X.

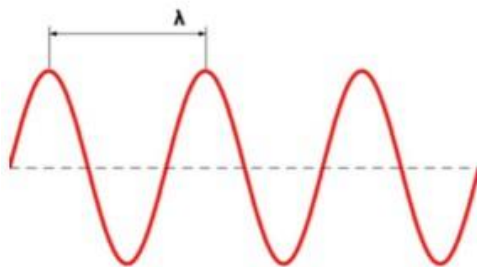
In realtà, essendo state introdotte, nel corso degli anni, anche tecniche non basate sui raggi X (le più importanti delle quali sono **ecografia** e **risonanza magnetica nucleare**), sarebbe più corretto definire tale disciplina medica **diagnostica per immagini**.

La radiologia ha grande importanza in ambito odontoiatrico, dato che l'odontoiatra è tra gli specialisti che più si avvalgono dello studio di immagini radiografiche e, soprattutto, è uno dei pochi a produrle frequentemente in prima persona.

I **raggi X** costituiscono una parte della **radiazione elettromagnetica**, la stessa di cui fa parte la luce visibile. In generale, si definisce "radiazione" la trasmissione di energia nello spazio sotto forma di onde o particelle. La radiazione elettromagnetica (quindi anche luce e raggi X), presentano in realtà una **doppia natura** (onda e particelle), come dimostrato soprattutto dagli studi di Max Planck e Albert Einstein.

Onda: la radiazione si propaga sotto forma di moto ondulatorio, per cui vi si possono misurare i seguenti dati:

- lunghezza d'onda (λ): distanza (in metri e sottomultipli) fra due creste della sua forma d'onda:



- frequenza (ν): indica la ripetitività dell'onda; è inversamente proporzionale*₁ alla lunghezza d'onda (a una bassa lunghezza d'onda corrisponde un'alta frequenza e viceversa).

Particellare: contemporaneamente la radiazione è costituita da quantità discrete, "pacchetti" di energia, più correttamente chiamati **fotoni**. Un fotone potrà essere più o meno carico di energia in base alla frequenza seguita, secondo la seguente formula: $E = hv$

- E: energia della radiazione
- h: costante di Planck (numero non modificabile)
- v: frequenza

L'energia risulta quindi direttamente proporzionale alla frequenza: all'aumentare della frequenza (o al diminuire della lunghezza d'onda*) aumenterà l'energia della radiazione. All'interno della radiazione elettromagnetica, in una scala a lunghezza d'onda crescente, i raggi X trovano posto prima dei raggi ultravioletti, i quali a loro volta precedono la radiazione visibile.

I raggi X coprono quella parte di radiazione con lunghezza d'onda compresa all'incirca fra 10 nanometri (10^{-8} m; 1 nanometro = 1 miliardesimo di metro) e 1 picometro (10^{-12} m): sono quindi una radiazione a **bassa lunghezza d'onda, alta frequenza e alta energia**. Questo dato spiega il fatto che, a differenza della luce visibile, i raggi X siano in grado di attraversare i tessuti di rivestimento (cute, sottocute, muscolatura esterna) e addirittura i tessuti calcificati (ossa, denti). Questo aspetto rappresenta anche il limite d'uso dei raggi X, che a un determinato dosaggio sono anche in grado di arrecare danno ai tessuti (cfr. lezione di **radioprotezione**).

La scoperta e il nome dei raggi X sono legati principalmente al lavoro del fisico tedesco Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923), che fu anche il primo a intuirne il possibile uso medico realizzando, nel 1895, quella che è riconosciuta come la prima lastra della storia. Contrariamente ad altre fondamentali innovazioni nella storia della medicina (ad esempio, gli antibiotici), i raggi X trovarono da subito una diffusione importante. Da allora, sono stati compiuti diversi passi avanti in termini di miglioramento dell'immagine radiografica e di riduzione della dose radiante.

Qualità dell'immagine radiografica: Idealmente, i raggi X dovrebbero rapportarsi con i tessuti biologici solamente con interazione **fotoelettrica**, in cui cioè il fotone cede alla materia tutto il proprio pacchetto energetico. In realtà, può succedere che un fotone molto carico di energia ne ceda una parte, per poi continuare il proprio movimento in maniera casuale (effetto **Compton**). Questo è il principio della **radiazione diffusa**, che è in grado di disturbare in maniera variabile e, appunto, non prevedibile l'immagine radiografica. Come prevenire la radiazione diffusa:

- riduzione del voltaggio: l'energia della radiazione dipende dalla differenza di potenziale (o voltaggio) fornita alla macchina; la radiazione diffusa non si presenta al di sotto dei 70-80 kV;
- collimazione del raggio: consiste nell'incanalare i raggi in modo che risultino il più paralleli possibile; i raggi risulteranno così molto concentrati e si formeranno meno radiazioni secondarie;
- griglia antidiffusione: va osservato però che anche lo spessore dell'oggetto influenza la radiazione diffusa; in un oggetto sottile (come è, ad esempio, un dente), questa sarà comunque limitata.

Fattori che influenzano la qualità dell'immagine

Vanno ricordati principalmente i **fattori geometrici**:

- dimensioni dell'area focale F (sorgente dei raggi): nell'apparecchio radiografico viene ridotta al minimo; elemento che non viene quindi considerato;
- distanza fuoco/oggetto dFO (in metri o sottomultipli)
- distanza oggetto/pellicola dOP (sempre in metri)

che interagiscono secondo la seguente formula:

$$P = O \frac{dOP}{dFO}$$

- O = dimensioni reali dell'oggetto (in metri quadri)
- P = dimensioni della rappresentazione radiografica dell'oggetto (in metri quadri)

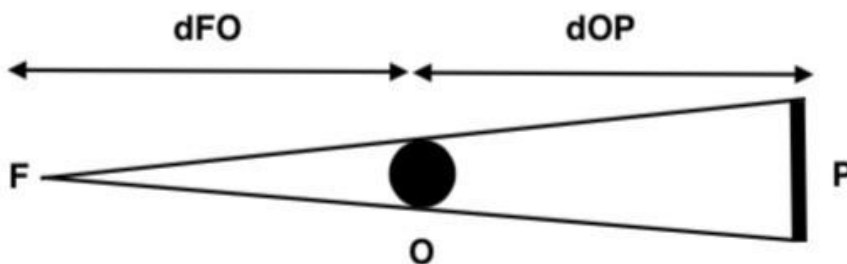
Dato che non esistono lunghezze negative, $P > O$ in tutti i casi: in altre parole, la rappresentazione radiografica sarà necessariamente soggetta a un **ingrandimento** rispetto alle dimensioni reali.

Come **ridurre** l'ingrandimento in modo che non influenzi negativamente la qualità dell'immagine? Rifacendosi alla formula:

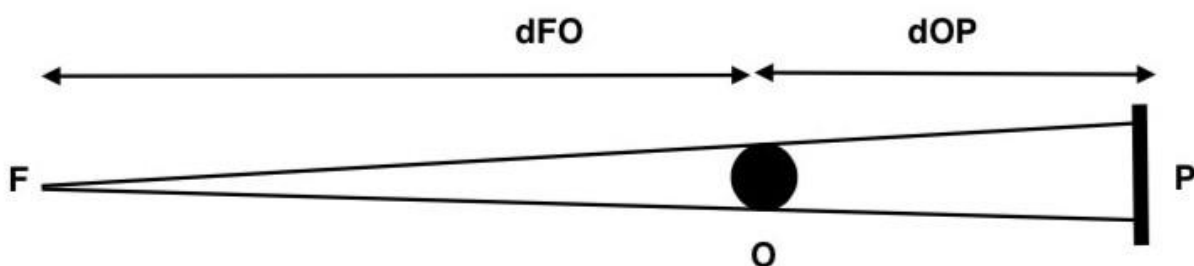
- P inversamente proporzionale a dFO (all'aumentare di dFO, diminuisce l'ingrandimento): immaginando di far arrivare i raggi da un radiogeno a distanza infinita dall'oggetto, non ci sarebbe distorsione; ciò non è ovviamente possibile, ma si può considerare trascurabile l'ingrandimento se $dFO > 1.5 \text{ m}$; si tratta del principio alla base della **teleradiografia** (radiografia a distanza): la teleradiografia **latero-laterale** del cranio viene infatti impiegata per fare misurazioni in ortodonzia;
- P direttamente proporzionale a dOP (al diminuire di dOP, diminuisce l'ingrandimento): se la pellicola potesse trovarsi a distanza nulla dall'oggetto, non ci sarebbe ingrandimento; bisogna quindi avvicinare il più possibile la pellicola all'oggetto; si tratta del principio alla base della radiografia **endorale periapicale**.

Si osservi qualche esempio pratico:

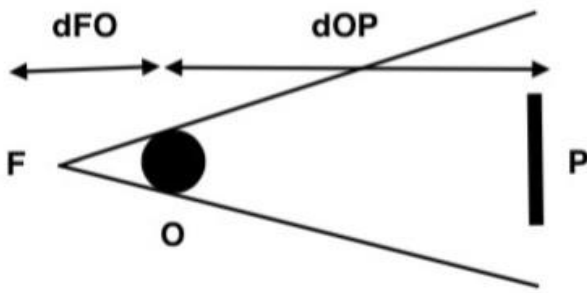
1) oggetto O (dimensione costante) a media distanza fra fuoco F e pellicola P:



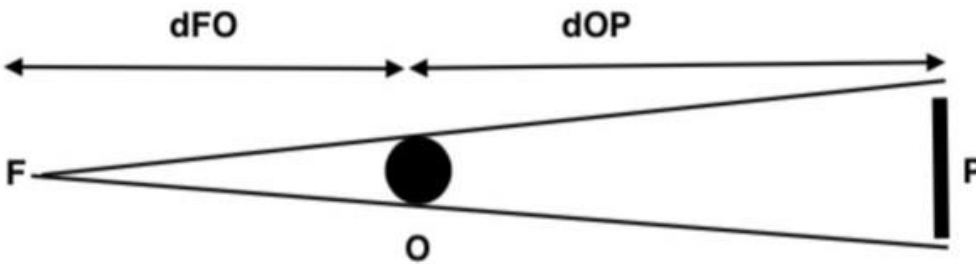
2) allontanano F (aumento dFO), dPO uguale → riduzione ingrandimento:



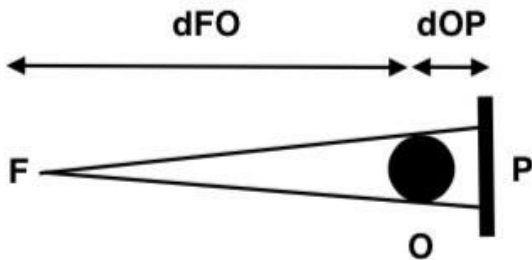
3) avvicino F (diminuisco dFO), dPO uguale → aumento ingrandimento:



4) allontanano P (aumento dOP), dFO uguale → aumento ingrandimento:



5) avvicino P (diminuisco dOP), dFO uguale → riduzione ingrandimento:



Altri fattori geometrici:

- parallelismo sorgente/oggetto
- inclinazione piano di registrazione
- parallelismo oggetto/pellicola

particolarmente importanti nell'ambito della radiografia **endorale**; risolvibili attenendosi al principio del parallelismo: posizionare

- pellicola **parallela** all'oggetto (asse maggiore del dente da esaminare)
- tubo radiogeno **perpendicolare** all'oggetto (asse maggiore del dente da esaminare)

→ il tubo (quindi il fascio radiante) è così **perpendicolare** sia alla pellicola che al dente.

Una radiografia che non risponde ai criteri di parallelismo (in gergo "**sproiettata**"), per quanto non permetta di rilevare lunghezze neanche approssimativamente, può essere utile per studiare, ad esempio, la posizione delle radici o dei canali (cfr. tecnica di Clark).

Tecniche radiografiche extraorali principali

Ortopantomografia:

Ci si riferisce a questo esame chiamandolo semplicemente "OPT" o anche "panoramica dentale". Le arcate dentali sono una struttura che segue un'anatomia unica nell'organismo.

L'OPT permette di valutare mascellari e arcate dentarie nella loro interezza e, in più, alcune delle strutture adiacenti. Questa ripresa prevede l'accoppiamento di 2 tecniche:

- tomografia rotatoria: il termine "tomografia" indica l'acquisizione radiografica di un solo piano corporeo. L'OPT ha invece il preciso obiettivo di portare a due dimensioni una struttura tridimensionale complessa come le arcate mascellari. Ciò si può ottenere solamente con una **rotazione** accoppiata della sorgente radiante e del rivelatore (pellicola in passato, sensore con il digitale) attorno alla testa immobile del paziente;
- radiografia a fessura: emissione di un raggio particolarmente sottile e collimato, così da evitare sovrapposizioni fra i tessuti, che potrebbero formarsi – anche a cranio immobile – con un raggio di uso comune. La tecnica comporta comunque il limite della **distorsione**, che risente di un fattore di ingrandimento che cambia lungo le arcate.

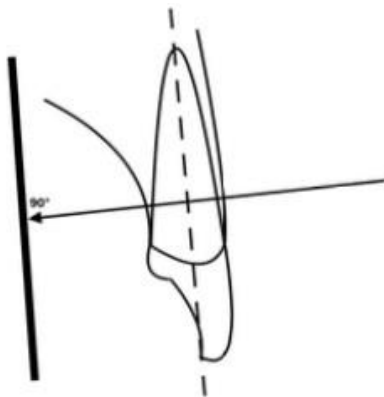
TC cone beam (CBCT):

Tecnica di tomografia computerizzata impiegata in maniera specifica per la regione testa-collo. Rispetto alla TC spirale (utilizzata in ambito ospedaliero, impiega un fascio radiante a ventaglio), la CBCT emette un fascio pulsato (esposizione discontinua) a forma conica o piramidale. È una tecnica esclusivamente **digitale** basata su raggi X. Durante l'esposizione, vengono raccolti dati. Un computer dotato di uno specifico software può eseguire diverse **ricostruzioni** bidimensionali o tridimensionali (su cui si possono eseguire misurazioni reali) a partire da questi dati. L'immagine che ne risulta presenta una scala di grigi che dipende dalla densità dei tessuti. La ricostruzione più conosciuta è detta **Dentascan** e permette di osservare diverse sezioni assiali dei mascellari: trova fondamentale impiego in implantologia.

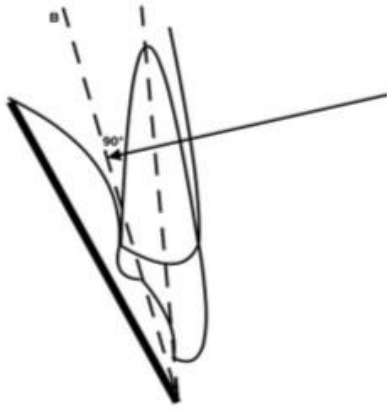
Radiografie endorali:

Le radiografie endorali – principalmente periapicali – possono essere eseguite secondo 2 tecniche:

- tecnica a raggi paralleli (/cono lungo): prevede che la lastra endorale (solitamente misura standard 2) venga inserita nel cavo orale in modo che sia parallela all'asse maggiore del dente interessato. Il tubo radiogeno si posiziona perpendicolarmente alla lastra (e quindi anche al dente). Oggi la tecnica prevede normalmente l'uso dei **centratori di Rinn**;



- tecnica della bisettrice: oggi utilizzata soprattutto nel caso di palato stretto e alto. La lastrina viene appoggiata sulla gengiva e solitamente mantenuta in posizione da un dito del paziente. Il tubo radiogeno è perpendicolare alla **bisettrice** che si forma fra lastra e asse maggiore del dente.



Differenze fra analogico e digitale

Il principio di base e, quindi, le differenze che intercorrono, riprendono le basi della fotografia. Una pellicola radiografica analogica è trattata con minuscole particelle contenenti sali d'argento, che possono essere impressionate dai raggi X: l'immagine che ne risulta sarà quindi praticamente continua. Un'immagine digitale è formata invece da una griglia (matrice) di riquadri dotati di dimensioni discrete, detti **pixel**. Più sono piccoli i pixel, più nitida e definita risulterà l'immagine. A partire da una certa dimensione, l'occhio umano non sarà più in grado di distinguere i diversi pixel. Esistono, in realtà, più metodiche per campionare un'immagine radiografica in formato digitale. Attualmente, l'immagine viene acquisita direttamente in formato digitale: la pellicola analogica viene sostituita da un sensore digitale. Sono disponibili in commercio due metodiche diverse, basate su due tipologie di sensore:

- CCD / RVG: il sensore, direttamente collegato al computer tramite un cavo, viene rivestito con una guaina monouso e inserito direttamente nella bocca del paziente;
- fosfori a memoria: lamine contenenti cristalli, del tutto simili alle pellicole analogiche, ma riutilizzabili (vanno inserite in bustine monouso). Lo "sviluppo" avviene con uno scanner collegato al computer.

Radioprotezione

Costituisce la disciplina che studia gli effetti biologici e, in particolare, quelli nocivi delle radiazioni ionizzanti su ambiente ed esseri viventi, uomo in primis. Da tale studio consegue la messa a punto di misure di protezione dalle radiazioni stesse.

Rappresenta un insieme di normative di legge e protocolli operativi, tutti basati su due principi fondamentali:

- **giustificazione**: qualsiasi esame radiante deve essere eseguito sulla base di una precisa **motivazione** clinica e in assenza di **alternative** più costo-efficaci; in sostanza, non si richiedono esami inutili o che non aggiungono nulla a una diagnosi già raggiunta;
- **ottimizzazione**: l'esame deve essere condotto in modo da esporre il paziente al minor dosaggio possibile al fine di ottenere una risposta, dunque da personale addestrato con l'ausilio di mezzi tecnologicamente aggiornati e sottoposti a regolare manutenzione; il principio viene riassunto dalla sigla ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

Al fine di inquadrare i rischi in maniera quantitativa, è necessario avere a disposizione delle **grandezze radioprotezionistiche**:

- Dose assorbita (D): quantità di energia che la radiazione cede alla materia; unità di misura Gray (Gy, sottomultiplo mGy): $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/Kg}$

- Dose equivalente (HT): dose media in un tessuto o organo $T = \text{dose assorbita dall'organo (Gy)} \times \text{fattore di qualità (1-20)}$ della radiazione u.m. Sievert (Sv, sottomultiplo mSv); per i raggi X, $1 \text{ Gy} \equiv 1 \text{ Sv}$
- Dose efficace (E): tiene conto anche del tipo di tessuto (fattore di ponderazione); u.m. sempre Sievert (Sv, sottomultiplo mSv)

Al fine di predisporre i macchinari radiografici, con i rispettivi spazi, e i meccanismi di protezione, per il paziente e per il lavoratore, è necessario individuare delle **figure specializzate**:

- **datore di lavoro**: predisporre ambienti con i cartelli di segnalazione (es. gravidanza presunta o accertata), definisce protocolli e sistemi di valutazione dosimetrica e radioprotezione (anche nominando le altre figure), istruisce i lavoratori, avvisa di nuove o cessate collaborazioni professionali;
- **responsabile dell'impianto radiologico**: radiologo o, quantomeno, specialista abilitato a eseguire l'indagine clinica; in tal caso, può coincidere con il datore di lavoro;
- **esperto qualificato**: ad esempio un ingegnere. Indica con relazione scritta al datore di lavoro zone, classifica i lavoratori sulla base del rischio, mette in atto provvedimenti di prevenzione e sorveglianza;
- **medico autorizzato/competente**: riceve valutazioni dosi ogni 6 (lavoratori esposti cat. A) o 12 (cat. B) mesi ed eventualmente effettua visite di controllo.

Il riferimento normativo, valevole per tutte le condizioni di rischio di esposizione, è stato recentemente aggiornato (D.Lgs. 101/2020).