ضروریات رادیوگرافی دندانپزشکی

مترجمان :
دکتر زهرا دلیلی
دکتر طاهره محتوی‌پور
دکتر عالیه سادات جوادزاده

مقدمه

کتاب حاضر ترجمه چاپ چهارم کتاب Essentials of Dental Radiography and Radiology که توسط پرفسور Eric whaites نگاشته شده است، می‌باشد.

با توجه به این که کتاب به دو بخش عمده رادیوگرافی و رادیولوژی دنتال تقسیم شده است، لذا ما این کتاب را دو کتاب مجزا ترجمه نمودیم. کتاب اول در بر گیرندهٔ کلیه مطالب مربوط به فیزیک اشعه، تجهیزات، حفاظت در برابر اشعه و انواع رادیوگرافی‌های مختلف می‌باشد و کتاب دوم، کاربردهای کلینیکی رادیوگرافی و تشخیص کلیه ضایعات ساختارهای دندانی- صورتی را شامل می‌شود.

آنچه در طی سال‌ها، دغدغه مشترک اساتید در امر آموزش رادیولوژی دندانپزشکی بوده و می‌باشد، مشترک بودن منابع دانشجویان عمومی دندانپزشکی و دستیاران تخصصی بوده، که به دلیل عدم اشراف دانشجویان بر جزییات، دریافت بعضی از مطالب را در قالب جملات کلی دچار اشکال می‌نماید. لذا لزوم دستیابی به منابعی که در عین سادگی در بر گیرنده کلیه مطالب روز مربوط به پیشرفت تکنولوژی در عرصه رادیولوژی فک و صورت باشد احساس می‌گردد. نکات قابل توجه این کتاب، سادگی مطالب، امکان مرور سریع کلیات و جزییات، وجود اطلاعات مربوط به سیستم‌های دیجیتال در کنار سیستم‌های معمولی، بیان ساده و شیوای تکنولوژی جدید و پیشرفته و تصاویر گویای کتاب بوده که در فهم بهتر کتاب حائز اهمیت است. پیشاپیش از کلیه صاحب نظران و اساتید بزرگواری که این کتاب‌ها را مطالعه می‌نمایند و ما را با نظرات و پیشنهادات مفیدشان راهنمایی می‌فرمایند کمال تشکر را داریم.

امید بر آن است که ترجمه‌های انجام شده ضمن حفظ امانت در ترجمه، حق مطلب را آن گونه که مورد نظر نویسنده کتاب بوده است ادا نموده باشد. در نهایت بر خودمان واجب می‌دانیم که از اساتید گرانقدری که روزگاری در محضرشان شاگردی نمودیم و در اعتلای این رشته تلاش‌های بی‌شائبه‌ای نمودند به ویژه جناب دکتر غلامحسین رهبر و مرحوم جناب دکتر عیسی مظفری نهایت تشکر و تقدیر را داشته باشیم.

مترجمین

دکتر دلیلی- دکتر محتوی‌پور- دکتر جوادزاده

dalili@gums.ac.ir

فهرست

بخش ۱ مقدمه ۵

فصل ۱ تصویر رادیوگرافی ٦

بخش ۲ فیزیک اشعه و تجهیزات ۱۶

فصل ۲ تولید، خواص و تداخلات اشعه ایکس ۱۷

فصل ۳ واحدهای دوز و دوزیمتری ۲۷

فصل ٤ اثرات بیولوژیک و خطرات مربوط به اشعه ایکس ۳۱

فصل ٥ تجهیزات تولید کننده اشعه ایکس دندانپزشکی ۳٦

فصل ٦ گیرنده‌های تصویری ٤۲

فصل ۷ پردازش تصویر ٥٥

بخش ۳ حفاظت در برابر اشعه ۶۸

فصل ۸ حفاظت در برابر اشعه و قوانین مربوط به آن ٦۹

بخش ۴ رادیوگرافی ۸۳

فصل ۹ رادیوگرافی دندانی- ملاحظات کلی بیمار شامل کنترل عفونت ۸٤

فصل ۱۰ رادیوگرافی پری اپیکال ۹۰

فصل ۱۱ رادیوگرافی بایت وینگ ۱۲۳

فصل ۱۲ رادیوگرافی اکلوزال ۱۳۲

فصل ۱۳ رادیوگرافی لترال ابلیک (مایل طرفی) ۱۳۹

فصل ۱٤ رادیوگرافی فک و صورت و جمجمه ۱٤٦

فصل ۱٥ رادیوگرافی سفالومتری ۱٦٦

فصل ۱٦ توموگرافی ۱۷٥

فصل ۱۷ رادیوگرافی پانورامیک (توموگرافی پانورامیک دندانی) ۱۸۳

فصل ۱۸ کیفیت تصاویر رادیوگرافی و کنترل کیفی ۲۰٤

فصل ۱۹ روش‌های تصویربرداری جایگزین و اختصاصی ۲۲۰

بخش ۱

مقدمه

شامل فصل زیر :

۱- تصویر رادیوگرافی

فصل ۱
تصویر رادیوگرافی

مقدمه

استفاده از اشعه ایکس مکمل معاینات کلینیکی در دندانپزشکی است و رادیوگرافیهای متعددی بنا به وضعیت بیماران وجود دارد. پس تصاویر رادیوگرافی به عنوان کمک اصلی تشخیصی کلینیسین هستند. دامنهٔ آگاهی مورد نیاز در ارتباط با رادیوگرافی و رادیولوژی دندانی به طور معمول به ۴ دسته اصلی تقسیم می شود:

- *فیزیک پایه و تجهیزات :* یعنی تولید اشعه ایکس، خواص و واکنش هایی که منجر به تشکیل تصویر رادیوگرافی می شوند.
- *محافظت در برابر رادیاسیون :* یعنی محافظت بیماران و کارکنان دندانپزشکی از اثرات مخرب اشعه ایکس
- *رادیوگرافی :* یعنی تکنیکهایی که جهت تولید تصاویر مختلف رادیوگرافی به کار می رود.
- *رادیولوژی :* یعنی تفسیر تصاویر رادیوگرافی.

دریافت و فهم رادیوگرافی مهم ترین مسئله است. این فصل مقدمه ای راجع به ماهیت این تصاویر و برخی از فاکتورهایی که می توانند روی کیفیت و مشاهده آن تأثیر بگذارند، در اختیارمان قرار می دهد.

ماهیت تصویر رادیوگرافی

به طور معمول، این تصویر با عبور اشعه ایکس از بیمار و برخورد آن به امولسیون فتوگرافیک روی فیلم که نهایتاً منجر به تیره شدن فیلم می شود تولید می گردد. کم کم سنسورهای دیجیتالی جایگزین فیلم شده و تصاویر در کامپیوتر ایجاد می‌شوند. آن بخش از سنسور دیجیتال که اشعه ایکس بدان برخورد می یابد در تصویر کامپیوتری به صورت سیاه ظاهر می‌گردد. و نسبت سیاهی امولسیون یا تصویر کامپیوتری به تعداد اشعه ایکسی که به فیلم یا سنسور(در واقع گیرندهٔ تصویر) می‌رسد بستگی دارد که به نوبهٔ خود بسته به دانسیته شیء می‌باشد.

به هر حال تصویر نهایی را می‌توان به عنوان یک تصویر دو بعدی از سایه های سوپرایمپوز شده سیاه، سفید و خاکستری توصیف کرد که در برخی مواقع به آن Shadowgraph می گویند(شکل ۱-۱).

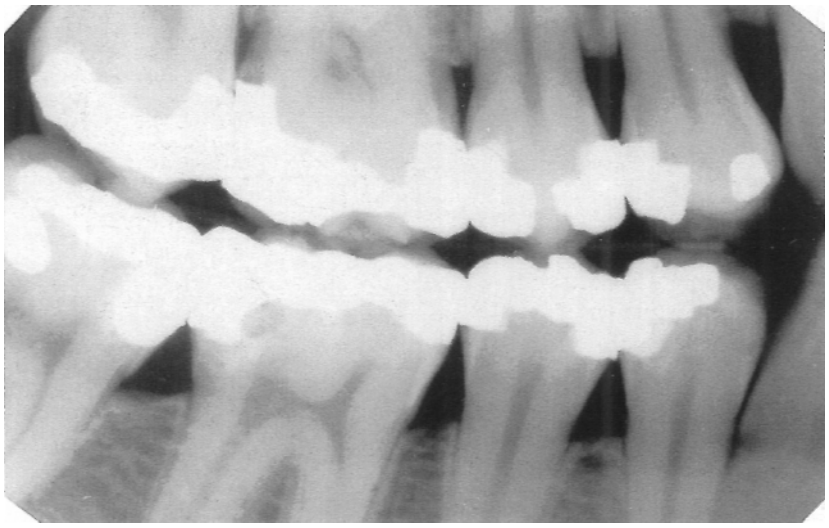
درک ماهیت Shadowgraph و تفسیر اطلاعاتی که از آن می توان بدست آورد نیاز به دانستن موارد زیر دارد:

- سایه های رادیوگرافی
- بافت های آناتومیکی سه بعدی
- محدودیت هایی که در رابطه با تصاویر دو بعدی و سوپرایمپوزیشن ها و جود دارد.

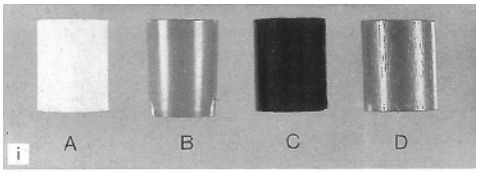
سایه‌های رادیوگرافی

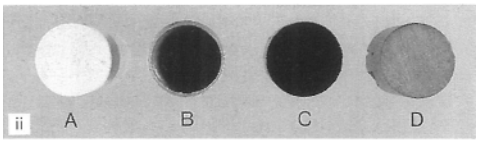
میزان اشعه ایکسی که توسط یک شی متوقف یا تضعیف می‌شود، رادیودانسیتهٔ سایه‌ها را تعیین می‌کند.

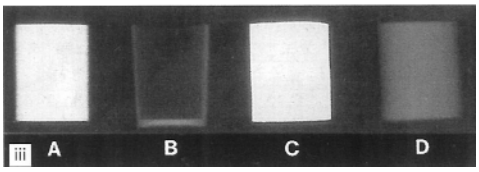
- سایه سفید یا رادیواُپک روی تصویر مشخص کننده‌ی ساختارهای متراکم مختلفی است که دسته اشعهٔ ایکس با برخورد به آنها متوقف می‌شود.
- سایه سیاه یا رادیولوسنت وقتی ایجاد می‌شود که اشعهٔ ایکس از آن ساختار عبور می‌کند و به هیچ وجه متوقف نمی‌شود.
- سایه خاکستری زمانی ایجاد می شود که اشعه در درجات مختلفی متوقف شوند.



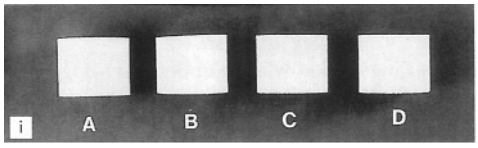
شکل ۱-۱ رادیوگرافی تیپیک دندان : این تصویر سایه‌های رایوگرافیک سیاه، خاکستری وسفید مختلف را نشان می‌دهد.

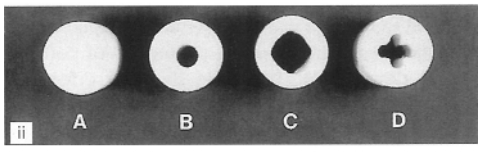


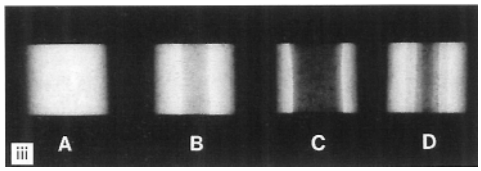




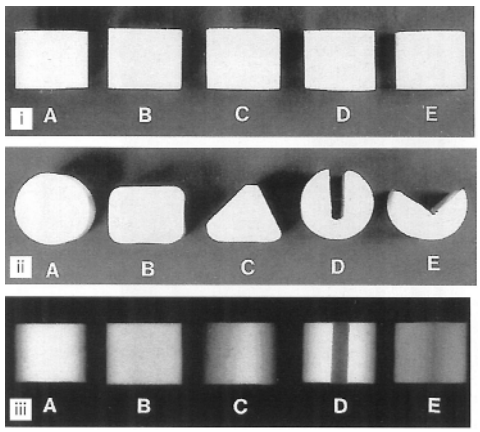
شکل ۲-۱ (i) نمای روبرو (ii) نمایی از سیلندرهای مختلف با شکل یکسان، اما با مواد سازنده مختلف A- پلاستر پاریس B- پلاستیک C- فلز D- چوب (iii) تصاویر رادیوگرافی این سیلندرها نماهایی با شکل یکسان را نشان می‌دهند به علت مواد سازنده متفاوت تصاویر مختلف رادیوگرافی ایجاد شده است.







شکل ۳-۱ (i) نمای روبرو از ٤ سیلندر ظاهراً مشابه که از پلاستر پاریس ساخته شده اند. (ii) سیلندرها در این نما طراحی و ضخامت داخلی متفاوتی دارند (iii) تصاویر رادیوگرافی این سیلندرهای ظاهراً مشابه نشان می‌دهد که چگونه اجسامی با شکل و جنس یکسان دانسیته متفاوت را در تصویر رادیوگرافی نشان می‌دهند.



شکل ۴-۱ (i) نمای روبرو از چهار سیلندر ظاهراً مشابه که از پلاستر پاریس ساخته شده‌اند. (ii) در این نما این سیلندرها شکل متفاوت دارند. (iii) رادیوگرافی حاصله از این سیلندرها با مواد مشابه اما با شکل مختلف با هم متفاوت است.

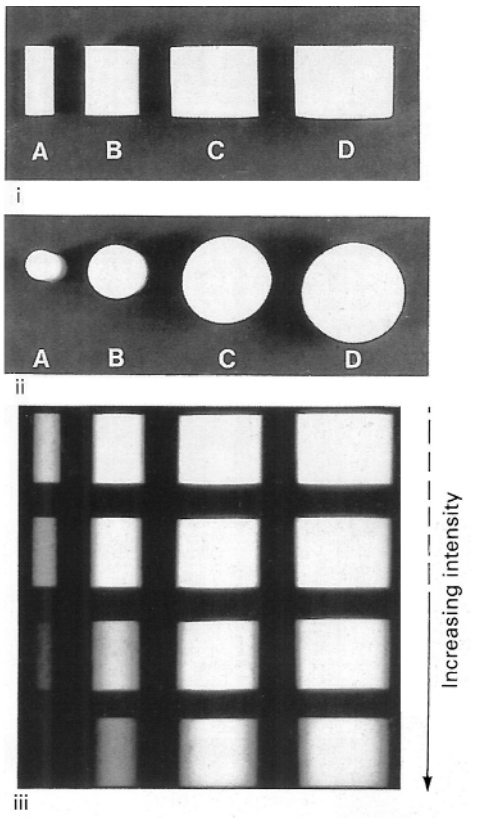
بنابراین دانسیته تصویر نهایی هر جسم متأثر از عوامل زیر است :

- نوع موادی که جسم از آن ساخته شده
- ضخامت و دانسیته آن مواد
- شکل جسم
- شدت دسته اشعه ایکس استفاده شده
- موقعیت بیمار نسبت به دسته اشعه ایکس و گیرنده تصویر
- حساسیت و نوع گیرنده تصویر

اثر مواد مختلف، ضخامت و دانسیته متفاوت، شکل های گوناگون و شدت های متفاوت دسته اشعه ایکس روی تصویر رادیوگرافی در شکلهای ۲-۱ تا ۵-۱ نشان داده شده است.

بافتهای آناتومیکی سه بعدی

شکل، دانسیته و ضخامت بافتهای بیمار مخصوصاً بافت سخت، روی تصویر رادیوگرافی اثر می‌گذارند. بنابراین وقتیکه به یک تصویر دو بعدی رادیوگرافی نگاه می‌کنیم آناتومی سه بعدی بافت را باید مدنظر قرار دهیم(شکل ۶-۱). در نظر گرفتن وضعیت آناتومیک جهت تفسیر رادیولوژیکی تصاویر ضروری است.



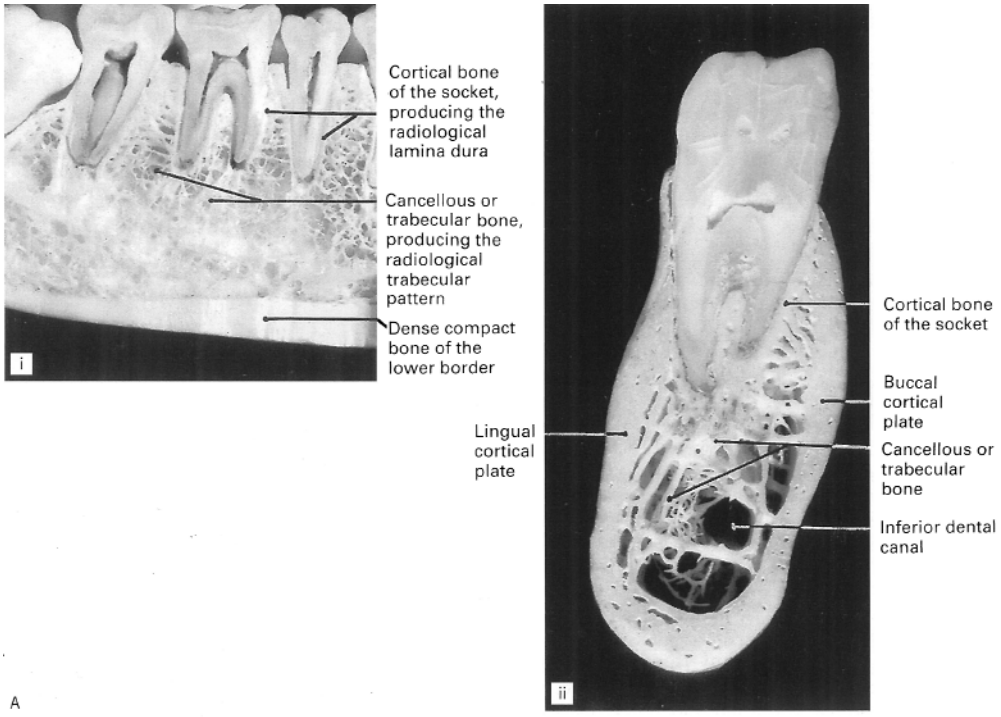
شکل ۵-۱ (i) نمای روبرو (ii) نمایی از چهار سیلندر ساخته شده از پلاستر پاریس با ابعاد مختلف (iii) چهار رادیوگرافی با شدت‌های متفاوتی از اشعه ایکس نشان می‌دهد که چگونه افزایش شدت اشعه ایکس سبب نفوذ بیشتر آن در شیء و تضعیف کمتر اشعه می‌شود و سایه‌هایی با رادیواپسیته کمتر مخصوصاً از کوچکترین سیلندرها حاصل می شوند.

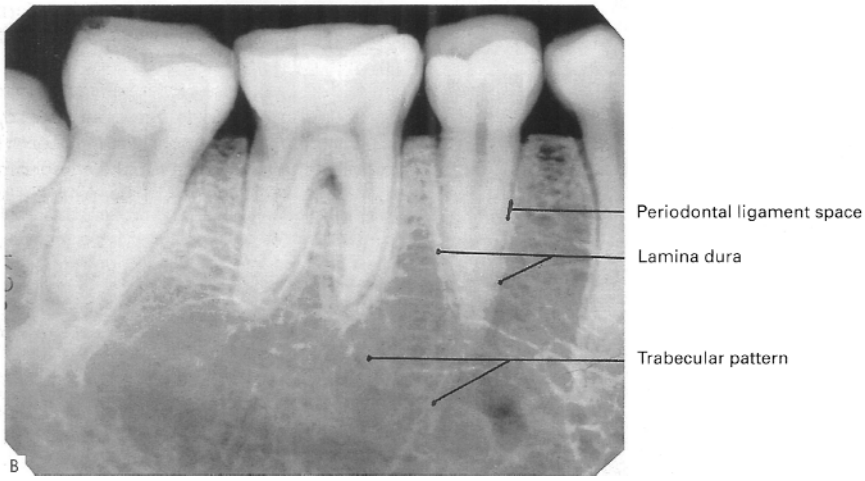
محدودیت های ایجاد شده توسط تصویر دو بعدی و سوپرایمپوزیشن‌ها

هنگامیکه یک تصویر دو بعدی از یک جسم سه بعدی را مشاهده می کنیم مشکل اصلی این است که درک شکل کلی جسم و ارزیابی موقعیت و شکل ساختارهایی که در جسم می باشند مشکل می‌باشد.

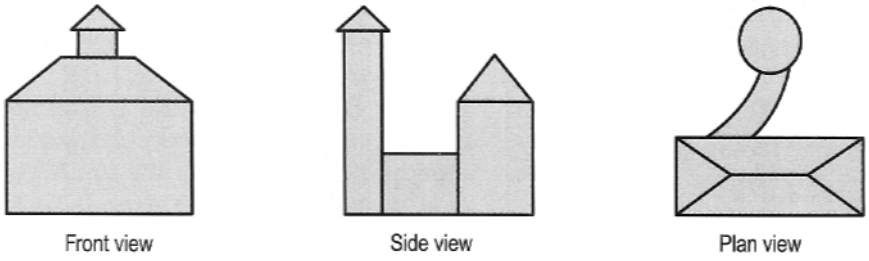
درک شکل کلی

جهت تشخیص تمام ابعاد هر جسم سه بعدی لازم است

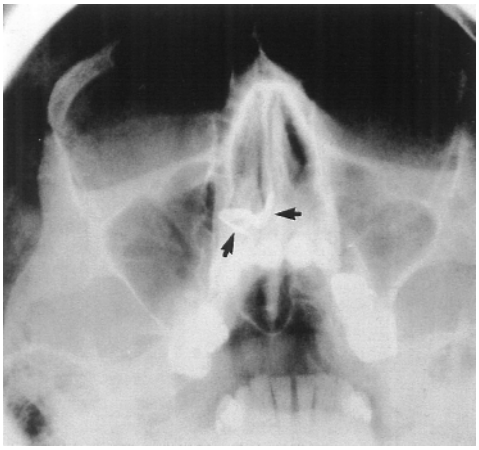




شکل ۶-۱ A– (i) نمای ساجیتال و (ii) کرونال از تنه مندیبل خشک، آناتومی بافت سخت و الگوی داخلی استخوان را نشان می‌دهد. B– تصویر دو بعدی رادیوگرافی از آناتومی سه بعدی مندیبل.



شکل ۷-۱ دیاگرام ۳ نما از یک خانه را نشان می‌دهد. نمای طرفی یک کوریدور را در پشت خانه نشان می‌دهد که به یک برج بزرگ می‌رسد. نمای فوقانی نشان می‌دهد که سقف برج گرد است و کوریدور انحنا دارد.



شکل ۸-۱ تصویر رادیوگرافی از نمای روبرو (نمای اکسیپتومنتال) که با بردن سر به عقب گرفته شده است. این موقعیت سر باعث می‌شود استخوانهای متراکم قاعده جمجمه پایین تر و استخوانهای صورت بالاتر بیفتند و از سوپرایمپوز شدن آنها جلوگیری می‌کند. فلشی که رادیواپسیته را نشان می‌دهد در قاعده حفره بینی سمت راست واقع شده است.

آنرا از موقعیت های مختلف ببینیم. برای فهم بهتر، جسم را مثل یک خانه در نظر بگیرید، حداقل اطلاعات، زمانی بدست می‌آید که معمار تمام نماهای این ساختمان سه بعدی را در دو بعد طراحی کند(شکل۷-۱). متأسفانه، کلینیسین به راحتی فراموش می کند که دندانها و بیماران سه بعدی هستند. اگر انتظار داشته باشیم که یک رادیوگرافی تمام اطلاعات لازم راجع به شکل دندان و بیمار را به ما بدهد مانند این است که از معمار بخواهیم تمام خانه را از نمای روبرو برایمان توصیف کند.

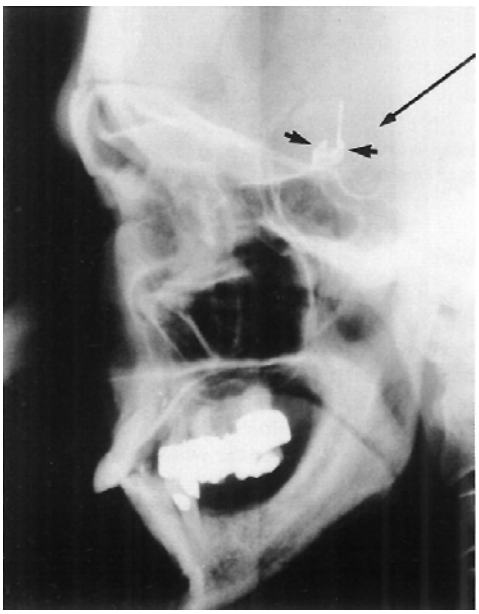
سوپرایمپوزیشن و ارزیابی موقعیت و شکل ساختارهای داخل جسم

سایه هایی که توسط اجزاء مختلف جسم (یا بیمار) ایجاد می‌شوند به صورت سوپرایمپوزیشن برروی تصویر می‌افتند. بنابراین تصویر، اطلاعات محدود یا حتی اشتباه در مورد مکان یا شکل یک ساختار داخلی خاص فراهم می‌کند (شکل ۸-۱).

بعلاوه یک سایه رادیواُپک متراکم روی یک طرف از سر ممکن است ناحیه رادیولوسنت طرف دیگر را بپوشاند و رادیولوسنسی را محو کند یا ممکن است سوپرایمپوزیشن یک سایه رادیولوسنت باعث شود که یک سایه رادیواُپک کمتر اُپک به نظر برسد. راه حل کلینیکی این مشکل این است که از دونما تصویر تهیه کنیم (از نمای روبرو و طرفی) (شکل ۹-۱ و ۱۰-۱).

متأسفانه حتی تهیه دو نما هم ممکن است اطلاعات مورد نیاز برای تشخیص را برایمان فراهم نکند. محدودیتهایی که برای رادیوگرافی معمولی (conventional) وجود دارد منجر به گزارشاتی منفی از رادیوگرافی می‌شود(شکل ۱۱-۱).

این حقیقت که یک موقعیت یا ویژگی خاص روی رادیوگرافی واضح نمی‌افتد به این معنی نیست که آن موقعیت یا ویژگی وجود ندارد بلکه نمی‌تواند دیده شود. اخیراً بسیاری از روشهای تصویر برداری پیشرفته



شکل ۹-۱ تصویر رادیوگرافی سر از نمای لاترال (نمای حقیقی لاترال جمجمه) از همان بیمار، شکل ۸-۱ فلش یک رادیواپسیته را نشان می‌دهد که قسمتی از داخل کرانیوم را درست بالای بیس اسکال مشخص می‌کند. درحقیقت این یک گیره فلزی آنوریسم است که در شریانی در قاعده مغز واقع شده است. فلش مشکی بلند جهت اشعه ایکس مورد نیاز برای ایجاد تصویر شکل ۸-۱ برای نشان دادن گیره در بینی را نشان می‌دهد.

و اختصاصی جهت غلبه بر این محدودیت‌ها طراحی شده‌اند (در فصل ۱۹ شرح داده شده است).

کیفیت تصویر رادیوگرافی

کیفیت کلی تصویر و مقدار جزئیاتی که در تصویر رادیوگرافی دیده می‌شود به چندین فاکتور بستگی دارد از جمله:

- کنتراست: تفاوت در مشاهده سایه‌های مختلف سیاه، سفید و خاکستری
- ژئومتری تصویر: موقعیت نسبی فیلم، جسم و سرتیوب اشعه ایکس
- ویژگی‌های دسته اشعه ایکس
- وضوح (Sharpness) و رزلوشن (Resolution) تصویر

همه این فاکتورها به چندین متغیر که مرتبط با تراکم جسم، نوع گیرنده تصویر و تجهیزات اشعه ایکس می‌باشد وابسته هستند. اما اینکه دقت ژئومتریکال و جزئیات تصویر نهایی از چه فاکتورهایی متأثر می‌شود، بسته به دو فاکتور است که در زیر شرح داده شده است:

تعیین موقعیت گیرنده تصویر، جسم و اشعه ایکس

در این رابطه یک سری اصول ژئومتریکال باید مد نظر قرار گیرد از جمله اینکه:

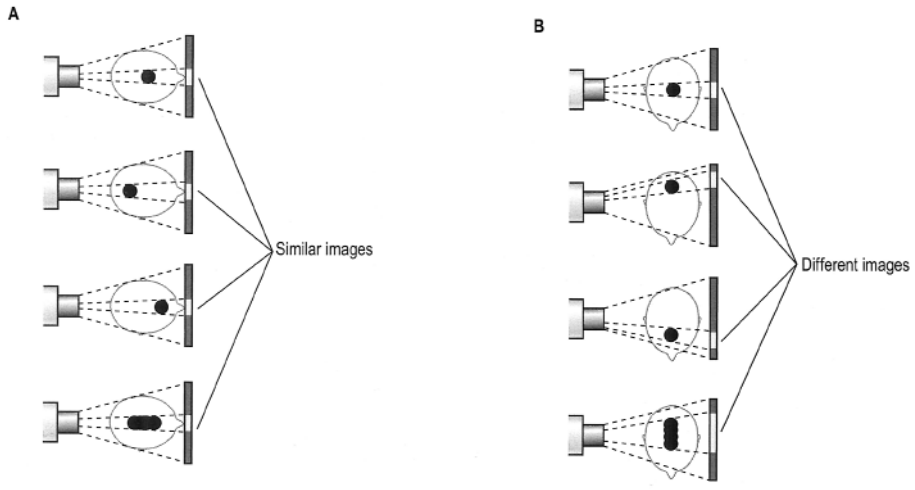
- جسم و گیرنده تصویر باید درتماس با هم وتا جاییکه ممکن است به هم نزدیک باشند.
- جسم و گیرنده تصویر باید با هم موازی باشند.
- سرتیوپ باید به گونه‌ای قرار بگیرد که دسته‌های اشعه ایکس موازی و به صورت مستقیم به فیلم و جسم برخورد کنند.

این اصول در شکل ۱۲-۱ به صورت دیاگرام نشان داده شده‌اند. در شکل ۱۳-۱ اثر تغییر موقعیت جسم و گیرنده تصویر یا اشعه ایکس روی تصویر نهایی نشان داده شده است.

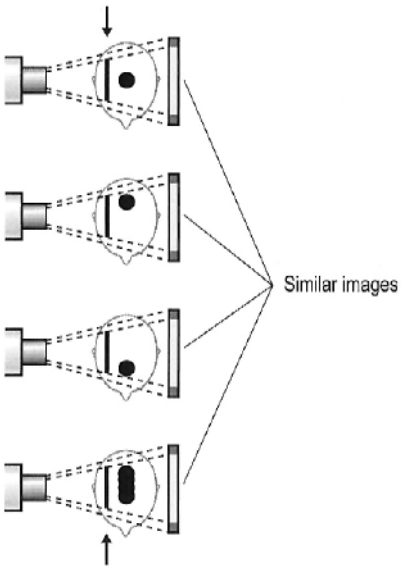
ویژگیهای دسته اشعه ایکس

اشعه ایکس ایده‌آل برای تصویر برداری باید:

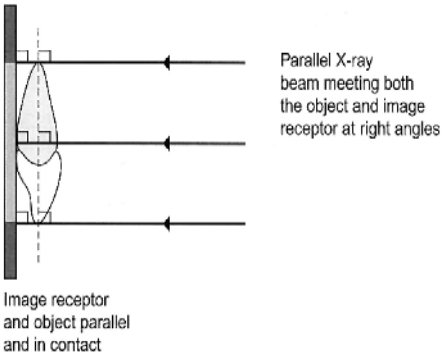
- بطور کافی در جسم (بیمار) نفوذ کند تا از آن بگذرد و با امولسیون فیلم یا سنسور دیجیتال واکنش دهد و یک کنتراست خوب بین سایه‌های مختلف ایجاد کند (شکل ۱۴-۱).
- باید اشعه‌ها موازی باشند یعنی از هم جدا نشوند تا روی بزرگنمایی تصویر اثر نگذارند.
- از یک منبع نقطه‌ای تولید شوند تا محو شدگی گوشه‌های تصویر کاهش یابد که اصطلاحاً به آن اثر پنامبرا (penumbra) می‌گویند.



شکل ۱۰-۱ این دیاگرام محدودیت تصاویر دو بعدی را نشان می‌دهد. A- نمای خلفی سر که دارای توده‌های مختلفی است. توده‌ها به صورت تصویر اپاک با سایز یکسان بدون اینکه تفاوتشان در اندازه و موقعیت معین باشد به نظر می‌رسد B- نمای طرفی مشکل ایجاد شده در نمای A را حل می‌کند.



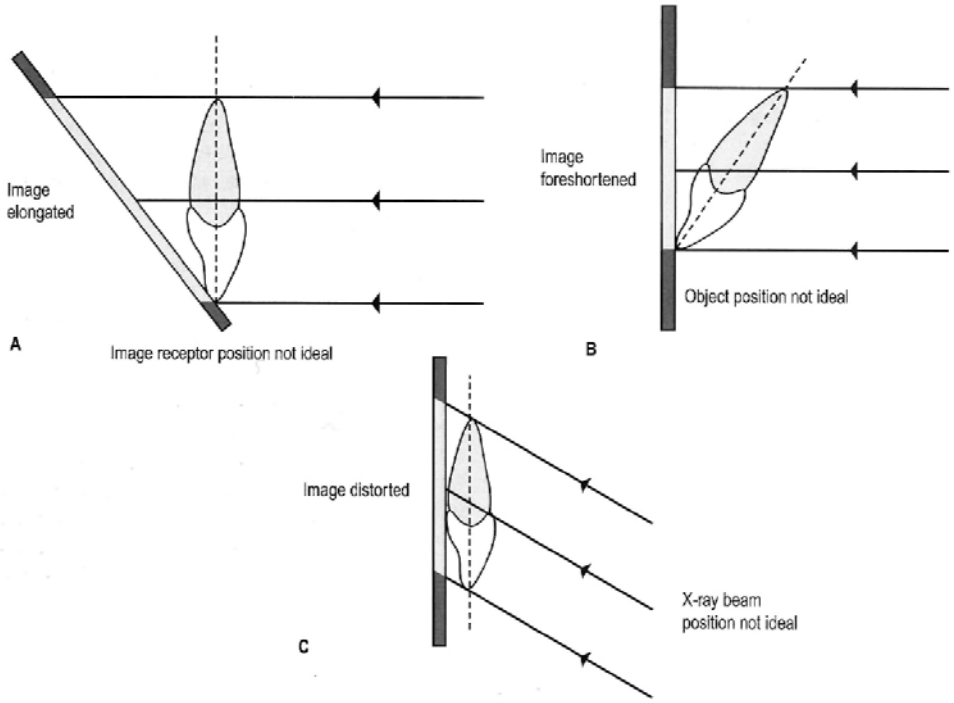
شکل ۱۱-۱ این دیاگرام مشکلات ناشی از سوپر ایمپوزیشن را نشان می‌دهد. نمای طرفی از توده‌های مشابه شکل ۱۰-۱ با سوپر ایمپوزیشن‌های اضافی(فلش). این حالت تصاویر مشابهی از هر بیمار بدون شواهدی از وجود توده ایجاد می‌کند. اطلاعات راجع به توده محو شده‌اند و ضمناً مفید واقع شدن دونما با زاویه مستقیم باید مدنظر قرار بگیرد.



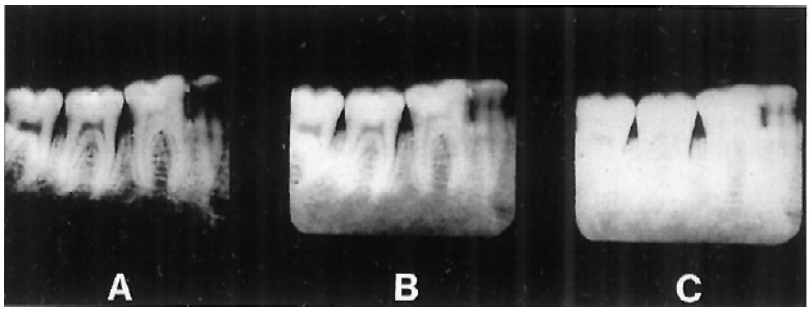
شکل ۱۲-۱ این دیاگرام ارتباط ژئومتریکال ایده‌آل را بین گیرنده تصویر، شی و اشعه ایکس را نشان می‌دهد.

درک تصویر رادیوگرافی

لغت Precieve به معنای درک کردن با فکر با استفاده از یک حس یا بیشتر می‌باشد. درک یا Perception یعنی فهمیدن واقعی و حقیقی. در رادیولوژی ما از حس بینایی برای درک تصاویر استفاده می‌کنیم اما متأسفانه نمی‌توانیم به آنچه که می‌بینیم بطورکلی اعتماد کنیم. تظاهرات سایه‌های سیاه، سفید و خاکستری ناشی از



شکل ۱۳-۱ این دیاگرام تمایز روی تصویر نهایی با تغییر در موقعیت گیرنده تصویرA، شی B ، و اشعه ایکس C را نشان می‌دهد.

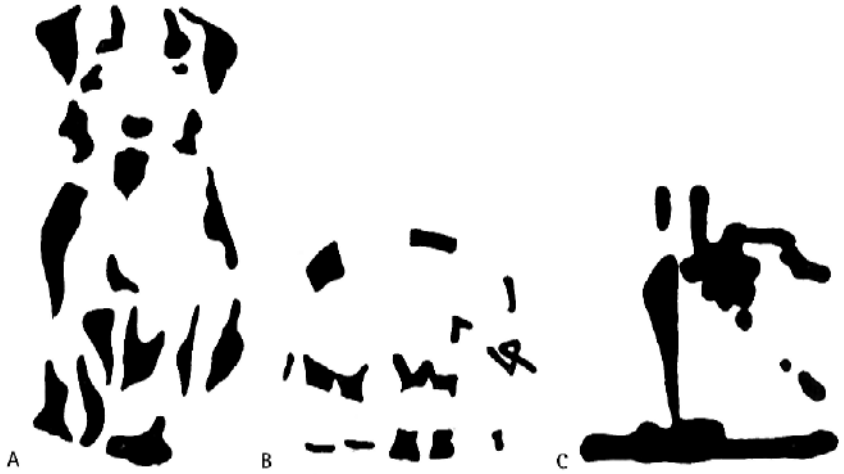


شکل ۱۴-۱ رادیوگرافی ها از یک ناحیه با کنتراست های مختلف اند. تفاوت در سایه‌های سیاه، سفید و خاکستری در نتیجه نفوذ اشعه ایکس می‌باشد. A- اکسپوژر زیاد (نفوذ زیاد) B- اکسپوژر نرمال. C- اکسپوژرکم (نفوذپذیری کم)

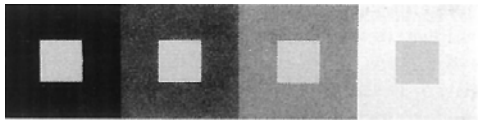
خطای بینایی است. تصویر رادیوگرافی می‌تواند حس ما را به طرق مختلف دچار خطا کند. مشکلات اصلی می‌توانند به وسیله اثرات *تصاویر جزیی*، *کنتراست* و *بافت* (Context) ایجاد شوند.

تأثیر تصاویر جزیی (partial image)

همانطور که ذکر شد تصویر رادیوگرافی تنها تصاویر جزئی با اطلاعات محدود به فرم سایه‌هایی با دانسیته مختلف در اختیار کلینیسین قرار می‌دهد. برای کامل



شکل ۱۵-۱ برای حل مشکل تصاویر جزئی لازم است که مشاهده کننده قطعات را کنار هم بچیند. به این سه تصویر غیر کلینیکی نگاه کنید شما چه چیز را تشخیص می‌دهید؟ این تصاویر A- یک سگ B- یک فیل C- یک کشتی بخار را نشان می‌دهند. ما تصاویر جزئی مشابهی را می بینیم اما تصویر اصلی را ضرورتاً نمی توانیم تشخیص دهیم. بسیاری از مردم سگ را تشخیص می دهند برخی فیل را و تنها تعداد اندکی کشتی را تشخیص می دهند اگر مشاهده کننده تصویر را درست تشخیص دهد غیر ممکن است که بار دیگر آنرا تشخیص ندهد.



شکل ۱۶-۱ اثر کنتراست. ٤ مربع داخلی کوچک یک رنگ خاکستری دارند اما به علت تأثیر کنتراست، مختلف دیده می‌شوند. وقتیکه مربع اطراف سیاه است مشاهد کننده مربع داخل را روشن می‌بیند در حالیکه وقتی که مربع اطراف خاکستری کم رنگ است مشاهده کننده مربع داخلی را تیره تر می‌بیند.

کردن تصویر، کلینیسین قطعات را کنار هم می‌چیند. متأسفانه همه کلینیسین‌ها ضرورتاً این کار را با یک روش انجام نمی‌دهند و بنابراین ممکن است به نتایج مختلفی برسند. سه مثال غیر کلینیکی در شکل ۱۵-۱ نشان داده شده است. از نظر کلینیکی درک متفاوت افراد از تصاویر جزئی منجر به تشخیص‌های مختلفی می‌شود.

تأثیرکنتراست (contrast)

دانسیته ظاهری یک سایه رادیوگرافیک خاص می‌تواند تحت تأثیر تراکم سایه‌های اطراف قرار بگیرد. به عبارت دیگر کنتراست بین ساختارهای مجاور هم می‌تواند روی تراکم یک یا هر دوی آنها تأثیر بگذارد (شکل ۱۶-۱). این یک مسئله مهم در دندانپزشکی است مثلاً جایی که ترمیم‌های فلزی داریم سایه‌ی ایجاد شده بسیار رادیواُپک است و می‌تواند روی تظاهر تراکم بافت دندان کناری‌اش تأثیر بگذارد. این مسئله دوباره در فصل ۲۱ در ارتباط با تشخیص پوسیدگی‌ها بحث خواهد شد.

تأثیر محتوایی (Context)

محیط یا محتوایی که ما در آن تصویری را می‌بینیم می‌تواند روی تفسیر ما از تصویر تأثیر بگذارد. مثال غیر کلینیکی آن در شکل ۱۷-۱ نشان داده شده است. در دندانپزشکی محیطی که می‌تواند روی درک ما از

شکل ۱۷-۱ اثر محتوایی. وقتیکه از شما خواسته شود که این دو خطا را بخوانید مشاهده کند، حروف A/B/C/D/E/F و سپس اعداد 10/11/12/13/14 را می‌خواند. این امتحان تشخیص B و13 را از هم ممکن می‌سازد. آنها درست B و13 را تشخیص می دهند که این به علت اثر محتوایی (اعداد و حروف اطراف) می باشد.

رادیوگرافی تأثیر بگذارد بوسیله توصیف بیمار از آن شکایت تعیین می‌شود.

مشکلات مختلف ادراکی به عنوان یک اخطار ساده، معرف آن است که تفسیر یک رادیوگرافی به سادگی آنچه که در ابتدا به نظر می‌رسد نیست.

انواع رایج رادیوگرافی‌های دندان

تصاویر رادیوگرافی مختلف از دندان و فک به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند :

- *داخل دهانی :* گیرنده تصویر، داخل دهان بیمار قرار می‌گیرد، مثل:
  - رادیوگرافی‌های پری اپیکال
  - رادیوگرافی‌های بایت وینگ
  - رادیوگرافی‌های اکلوزال
- *خارج دهانی:* گیرنده تصویر خارج دهان بیمار قرار می‌گیرد، مثل:
  - رادیوگرافی‌های لترال ابلیک
  - رادیوگرافی پانورامیک

روش و نحوهٔ فرمت فصل‌های این کتاب بر مبنای آگاهی‌های کلینیکی، عملی و بر اساس دانش پایه برای کلینیسین می‌باشد. از جمله :

- *چرا* یک نمای خاص گرفته می‌شود یعنی اندیکاسیون اصلی گرفتن تصویر چیست؟
- *چگونه* یک تصویر گرفته می‌شود یعنی پوزیشن بیمار، گیرنده تصویر و سر تیوب اشعه ایکس چگونه است؟
- رادیوگرافی‌های نهایی باید شبیه چه چیز باشند و چه ویژگی‌های آناتومیکی را نشان دهند.

بخش ۲

فیزیک اشعه و تجهیزات

شامل فصول زیر :

۲- تولید، خواص و تداخلات اشعه ایکس

۳- واحدهای دوز و دوزیمتری

۴- اثرات بیولوژیک و خطرات مربوط به اشعه ایکس

۵- تجهیزات تولیدکننده اشعه ایکس دندانپزشکی

۶- گیرنده‌های تصویری

۷- پردازش تصویر

فصل ۲
تولید، خواص و تداخلات اشعه ایکس

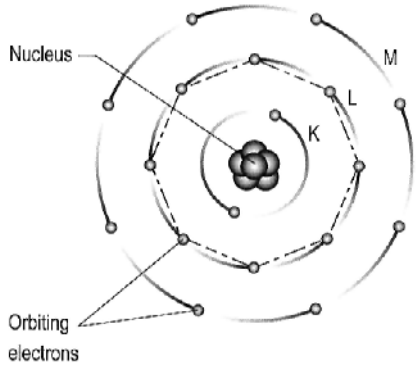
مقدمه

اشـعه ایکـس و توانایـی نفـوذ آن بـه بافت های انسان، توسـط رونتگـن در سـال ۱۸۹۵ کشف شد او آنرا اشعه ایکـس نامـید چرا که ماهیت آن ناشناخته بود. این اشعه در واقـع یـک نوع اشعه الکترومغناطیس با انرژی بالا و بعنوان بخشی از طیف امواج الکترو مغناطیس می‌باشد. امـواج الکترومغناطـیس شامل امواج کم انرژی رادیویی، تلویزیونی و نور مرئی هستند (جدول ۱-۲).

اشـعه ایکـس بـه عنوان مجموعه‌ای از بسته‌های موجی انـرژی تعـریف مـی‌گـردد. هـر بسته یک فوتون نامیده می‌شود و معادل یک کوانتوم انرژی است. اشعه ایکسی کـه در رادیولوژی تشخیصی استفاده می شود از میلیونها فوتـون مـنفرد سـاخته شده است. جهت درک تولید و تداخل اشعه ایکس به آگاهی پایه نسبت به فیزیک اتمی نیازمـندیم. بحـث بعدی خلاصه‌ای از اطلاعات زمینه‌ای مورد نیاز راجع به این مسئله را فراهم می‌کند.

ساختار اتم

اتم‌ها بنیادی‌ترین جزء سازنده ماده هستند و شامل اجزاء کوچکـی مـی‌باشـند کـه اجزاء مقدماتی یا اصلی نامیده مـی‌شـوند و کـنار همدیگر توسط نیروهای الکتریکی و هسـته‌ای قـرار گرفـته‌انـد. آنها شامل یک هسته متراکم مرکزی‌اند که از اجزاء هسته‌ای پروتون و نوترون ساخته



شکل ۱-۲ دیاگرامی که ساختار اتم را با هسته مرکزی و الکترون‌های موجود در اربیتالها را نشان می‌دهد.

جـدول ۱-۲ طـیف امـواج الکترومگنتیک که امواج رادیویی با انرژی پایین (طول موج بلند) با اشعه ایکس پر انرژی (با طول موج کوتاه) و اشعه گاما را شامل می‌شود.

انرژی فوتون	طول موج	امواج
$۴/۱\times^{-۱۱}$eV تا $۱/۲\times۱۰^{-۲}$eV	۱۰۰μm تا ۳×۱۰^{۴} m	رادیو،تلویزیون، رادار
۱/۸ eV تا $۱/۲\times۱۰^{-۲}$eV	۷۰۰ nm تا ۱۰۰ μm	مادون قرمز
۳/۱ eV تا ۱/۸ eV	۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm	نور مرئی
۱۲۴ eV تا ۳/۱ eV	۱۰ nm تا ۴۰۰ nm	ماوراء بنفش
۱۲۴ MeV تا ۱۲۴ eV	۰/۰۱ pm تا ۱۰ nm	اشعه ایکس و گاما

شده است و توسط الکترون‌هایی که در لایه‌های خاصی قرار دارند محاصره شده‌اند (شکل ۱-۲).

تعاریف مفید

- *عدد اتمی(Z)*: تعداد پروتون‌های موجود در هسته اتم
- *عدد نوترونی(N)*: تعداد نوترون‌های موجود در هسته اتم
- *عدد جرمی(A)*: مجموع پروتون و نوترون موجود در اتم (A= Z+N)
- *ایزوتوپ*: اتمهایی که عدد اتمی یکسان دارند اما عدد جرمی شان متفاوت است و شامل تعداد نوترونهای متفاوت می باشند.
- *رادیو ایزوتوپ*: ایزوتوپهایی که هسته‌های ناپایدار دارند و تحت تجزیه رادیواکتیو قرار می‌گیرند.

ویژگی‌های اصلی اجزاء اتم

اجزاء هسته (نوکلئون) شامل:

پروتون :

- جرم= $۱/۶\times۱۰^{-۲۷}$ kg
- با بار مثبت $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولمب

نوترون :

- جرم= $۱/۷\times۱۰-۲۷$kg
- با بار خنثی
- نوترون‌ها به عنوان باندینگ در هسته عمل می‌کنند و علیرغم نیروهای دافعه بین پروتونها آنها را در کنار هم قرار می‌دهند.

الکترونها :

- جرم= ۱/۱۸۴۰ برابر جرم پروتون
- با بار منفی و معادل $-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولمب در اطراف هسته
- الکترون‌ها در لایه‌های کروی یا بیضوی از پیش تعیین شده حرکت می‌کنند.
- این لایه را سطوح انرژی می‌نامند و به لایه های K/L/M/N/O که در خارج از هسته قرار دارند تقسیم بندی می‌شوند.
- هر لایه می‌تواند شامل حداکثر الکترون به صورت زیر باشد :

  ۲ ← K

  ۸ ← L

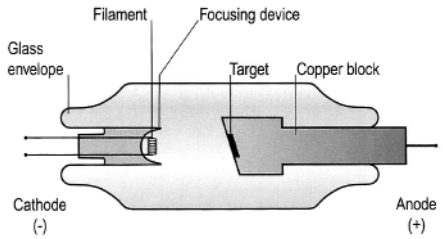
  ۱۸ ← M

  ۳۲ ← N

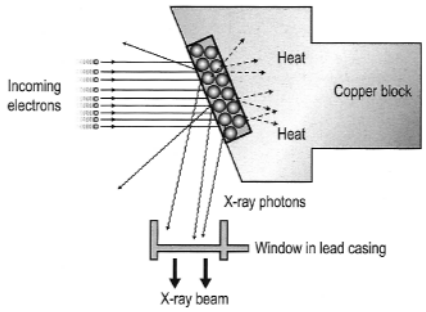
  ۵۰ ← O
- الکترون‌ها می‌توانند از لایه‌ای به لایه‌ی دیگر بروند اما بین لایه‌ها نمی توانند قرار بگیرند که این ناحیه را به عنوان ناحیه ممنوعه می‌شناسیم.
- برای اینکه الکترون از اتم جدا شود باید برای غلبه بر انرژی باندینگ آن که باعث می‌شود الکترون در لایه‌اش بماند به آن انرژی بدهیم.

خلاصه نکات مهم راجع به ساختار اتم

- در اتم خنثی تعداد الکترونها با پروتونهای موجود در هسته برابر است. از آنجایی که تعداد الکترون ها مشخص کننده رفتار شیمیایی اتم است پس در اتم خنثی *عدد اتمی* (Z) هم می‌تواند رفتار شیمیایی را تعیین کند. هر عنصری خواص شیمیایی متفاوتی دارد بنابراین هر عنصر عدد اتمی متفاوتی دارد. این مسئله اساس جدول تناوبی را تشکیل می‌دهد.
- اتم ها در وضعیت پایه از نظر الکتریکی خنثی هستند چون تعداد پروتون (بار مثبت) و الکترونها (بار منفی) با هم برابر است.
- اگر الکترون از اتم جدا شود، اتمی که تا چندی پیش خنثی بود دارای بار مثبت شده و *یون مثبت* نامیده می شود. پروسه جدا کردن الکترون از اتم *یونیزاسیون* نامیده می شود.
- اگر الکترون از لایهٔ داخلی به لایهٔ خارجی‌تر برود (یعنی به سطح انرژی بالاتر برود) اتم همچنان خنثی است اما اگر در وضعیت برانگیخته قرارگیرد به این پروسه *برانگیختگی* می‌گویند.



شکل ۲-۲ دیاگرام تیوب اشعه ایکس ساده اجزاء اصلی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲ دیاگرام بزرگ شدهٔ آند که تارگت و تداخلات در تارگت را نشان می‌دهد.

- واحد انرژی در سیستم اتمی الکترون ولت است. ژول $۱\ eV=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$

تولید اشعه ایکس

هنگامی که الکترون های پر انرژی با سرعت بالا یک ماده را مورد هدف قرار می‌دهند و ناگهان به حالت استراحت می‌رسند اشعهٔ ایکس تولید می‌شود. این اتفاقات در یک محوطهٔ کوچک خلاء صورت می‌گیرد که *تیوب اشعه ایکس* نامیده می‌شود (شکل ۲-۲).

مشخصات و نیازمندیهای اصلی تیوب اشعه ایکس

- *کاتد* (قطب منفی) دربرگیرنده *فیلامنت* تنگستن داغ شده می‌باشد که منبع الکترونی را فراهم می‌کند.
- *آند* (قطب مثبت) دربرگیرنده *تارگت* (یک قطعه کوچک تنگستن) می‌باشد که درون سطح زاویه‌دار در یک قطعه مسی بزرگ قرار گرفته تا خروج مؤثر گرما امکان پذیر گردد.
- یک وسیله متمرکز کننده، جریان الکترونها را در *focal spot* روی تارگت متمرکز می‌کند.
- ولتاژ بالا که بین کاتد و آند وصل می‌شود باعث شتاب الکترونها از فیلامنت منفی به سمت تارگت مثبت می‌شود. که گاهی بعنوان KVp و یا Kilovoltage peak نامیده می‌شود که بعداً در فصل ۵ توضیح داده خواهد شد.
- جریان بر حسب میلی‌آمپر (mA) از سمت کاتد به سمت آند حرکت می کند و معیاری از کمیت الکترونهایی که شتابدار شده‌اند می‌باشد.
- یک محفظه‌ی سربی احاطه کننده، اشعه ایکس ناخواسته را جذب می‌کند. از آنجاییکه اشعه ایکس در تمامی جهات منتشر می‌شود محفظه‌ی سربی حفاظت در برابر رادیاسیون را فراهم می‌آورد
- روغن اطراف، خروج گرما را تسهیل می‌کند.

ملاحظات عملی

تولید اشعه ایکس را می‌توان به ترتیب در مراحل زیر خلاصه کرد :

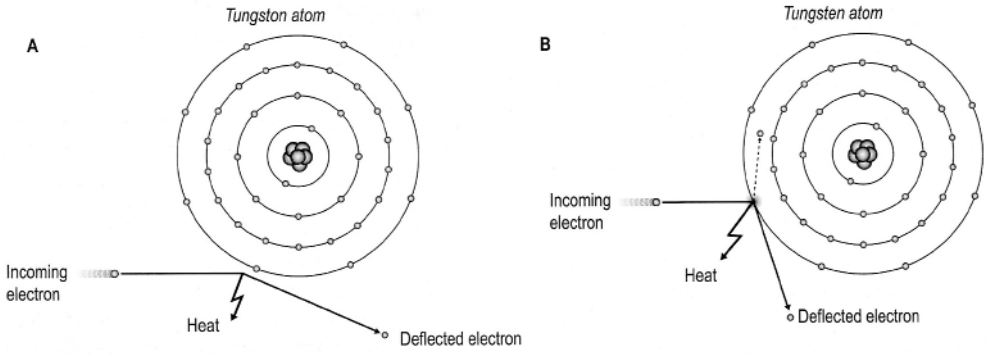
۱- فیلامنت توسط جریان الکتریکی گرم شده و ابری از الکترونها در اطراف فیلامنت تشکیل می شود.

۲- ولتاژ بالا اختلاف پتانسیلی را در تیوب ایجاد می‌کند و الکترونها با سرعت بالا به سمت آند حرکت می‌کنند.

۳- وسیله‌ی متمرکز کننده سبب تمرکز جریان الکترونها در focal spot روی تارگت می‌شود.

٤- الکترونها آنرا بمباران می‌کنند و ناگهان متوقف می‌شوند.

۵- ۹۹٪ انرژی از دست رفته از الکترونها به گرما و حدود ۱٪ به اشعه ایکس تبدیل می‌شود.



شکل ۴-۲ A- تصادم تولید کنندهٔ گرما: الکترون ورودی توسط ابر الکترونی تنگستن منحرف می‌شود. B- تصادم تولید کنندهٔگرما: الکترون ورودی با الکترون لایهٔ خارجی تنگستن برخورد می‌کند و آن را جابجا می‌کند.

۶- گرمای تولید شده توسط صفحهٔ مسی و روغن احاطه کننده خارج و منتشر می‌شود.

۷- اشعه ایکس از تارگت در تمامی جهات تابش می‌یابد آنهایی که از پنجره‌ی کوچک در محفظه‌ی سربی خارج می‌شوند اشعه‌ای را تشکیل می‌دهند که برای اهداف تشخیصی به کار می‌رود.

تداخلات در سطح اتمی

الکترونهای با سرعت بالا که هدف را بمباران می‌کند (شکل ۳-۲) به دو حالت اصلی با اتمهای تنگستن برخورد می‌کنند :

- برخوردهای تولید کننده‌ی گرما
- برخوردهای تولید کننده‌ی اشعه ایکس

برخوردهای تولید کننده گرما

- الکترونهای ورودی در برخورد با ابری از الکترونهای موجود در لایه‌های خارجی تنگستن با از دست رفتن کمی از انرژی به شکل گرما، منحرف می‌شوند.
- الکترونهای ورودی که با الکترونهای لایه‌ی خارجی تنگستن برخورد می‌کنند و سبب جابجایی آنها به لایه‌های محیطی‌تر (برانگیختگی) و یا جابجایی آنها از اتم (یونیزاسیون) می‌شوند باعث از دست رفتن کمی از انرژی به شکل گرما می‌گردند (شکل ۴B-۲).

نکات مهم

- تداخلات تولید کننده‌ی گرما جزء شایع‌ترین تداخلات می‌باشند چرا که میلیونها الکترون ورودی و تعداد زیادی الکترون در لایه‌ی خارجی تنگستن وجود دارد که با هم تداخل می کنند.
- هر الکترون بمباران شده می‌تواند تحت واکنشهای مختلف تولید گرما قرار گیرد که در نتیجه گرمای زیادی حاصل می‌شود. گرمای تولید شده باید به سرعت و بطور مؤثر خارج شود تا به تارگت آسیب نرسد.
- این کار به کمک قرار دادن تنگستن در بلاک مسی به علت هدایت گرمایی و ظرفیت بالای گرمایی مس فراهم می‌شود.

برخوردهای تولید کننده‌ی اشعه ایکس

- الکترونهای ورودی به لایه‌ی خارجی نفوذ کرده و از نزدیکی هسته اتم عبور می‌کنند. سرعت الکترونهای ورودی به شدت توسط هسته کاسته می‌شود و با از دست دادن مقدار زیادی انرژی به شکل اشعه ایکس منحرف می شوند (شکل ۵A-۲)
- الکترون‌های ورودی با الکترون لایه‌ی داخلی‌تر تنگستن برخورد می‌کند که یا الکترون را به لایه‌ی خارجی‌تر جابجا کرده (برانگیختگی) و یا آن را از اتم