



# آشنایی با دستگاه های تصویربرداری

## فصل پنجم

## فهرست مطالب

- ماشین های اشعه X
- دستگاه رادیولوژی
- دستگاه MRI
- دستگاه CT Scan
- پروسسورها و تجهیزات ایمنی کار با آنها
- دستگاه سونوگرافی

## ماشین های اشعه X

- ماشین های اشعه X، دستگاه هایی هستند که امواج الکترومغناطیسی با انرژی زیاد و فرکانس بی نهایت بالا با طول موج کوتاه تولید می کنند که در طی روشهای پزشکی به بدن نفوذ می کنند و در بخشهای رادیولوژی استفاده می شوند.
- این ماشین ها برای هدف تشخیصی و درمانی استفاده می شوند.

## ماشین های اشعه X

- ماشین های اشعه X عموماً به گروههای زیر تقسیم می شوند:
  - (۱) اشعه X تصویر ثابت تشخیصی (رادیوگرافی):
    - بررسی و معاینه استخوان ها و اعضای داخلی ساختارهای بافتی
    - در این دستگاه ها، طول موج ها معمولاً ۱ آنگستروم تا ۰/۰۱ آنگستروم هستند
    - سطح انرژی برای مشاهده بافت های مختلف قابل تغییر است.
    - در این روش استخوان های شکسته و تومورها آشکار می شوند.
  - (۲) اشعه X تصویر پیوسته تشخیصی (فلوروسکوپی):
    - بررسی و معاینه سیستم های عضوی در حالیکه در حال عمل هستند،
    - مواد مشخص کننده ای (مواد حاجب) حفره های پیکری را پر کرده و شکل های آناتومیکی را نشان می دهند.
    - طول موج ها معمولاً شبیه به حالت تصویر ثابت است، اما سطوح انرژی به خاطر زمان های قرار گرفتن طولانی به طول قابل ملاحظه ای کمتر است.
    - تومورها و انسدادها در این روش می توانند مشاهده شوند.

## ماشین های اشعه X

### (۳) اشعه X تصویر متحرک تشخیصی (آنژیوگرافی):

- بررسی و معاینه سیستم های گردش خون در حالی که آنها در حال عمل هستند،
- مایعات مشخص کننده ای (ماده حاجب) داخل خون در گردش از قلب (آنژیوگرافی قلبی)، کلیه (آنژیوگرافی کلیوی) یا مغز (آنژیوگرافی مغزی) تزریق می شوند.
- سپس هر ۵ ثانیه یا زودتر عکس های تصویر ثابت اشعه X گرفته می شود و روی یک ماشین دوباره نشان داده می شود.
- این عمل تأثیر عملکرد دینامیکی گردش خون را از طریق عروق خونی نشان می دهد و بنابراین انسدادها می توانند دیده شوند.

### (۴) اسکن های اشعه X تصویر ثابت تشخیصی (توموگرام):

- بررسی و معاینه استخوان، اعضاء و بافت ها از زوایای مختلف
- مثل اسکن های مغزی. اسکن های کل بدن رادیوگراف هایی هستند که از طریق اسکن کردن متوالی توسط پرتوهای اشعه X تعدیل شده گرفته می شوند،
- اختلافهای مشخص کوچکی در سطوح انتخابی می توانند دیده شوند و اطلاعات قابل ملاحظه تری نسبت به عکس های اشعه X دارند و یک صفحه دوبعدی یا دو صفحه دوبعدی می دهد.

## ماشین های اشعه X

### (۵) اشعه X درمانی:

- اساس اشعه X درمانی شبیه به اشعه X تشخیصی است به جز این که هدف درمانی ریشه کن کردن و تخریب بافتهای سرطانی و تومورها است.
- از آنجا که برخی بافت های سالم نیز در معرض اشعه قرار می گیرند، امید است که این بافت بازسازی شود در حالیکه بافت غیر طبیعی بازسازی نخواهد شد.
- میزان نفوذ و مقدار انرژی اشعه X باید به دقت انتخاب شود.
- با استفاده از یک وسیله اسکن کننده می توان ابتدا برای مشخص کردن مرزهای خیلی جزئی تومور استفاده کرد.

## دستگاه رادیولوژی



7

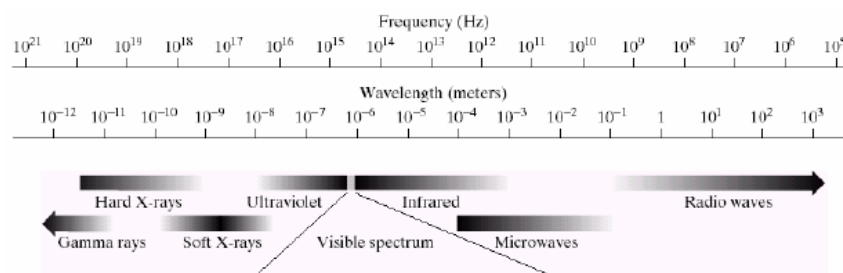
## مقدمه

- بدن انسان شامل بافت ها و ارگان های مختلف از جمله آب، استخوان، خون، چربی و ... است که باید بتوان به نحوی در تصاویر گرفته شده، این قسمت ها را متمایز کرد.
- تا قبل از کشف اشعه X هیچ کوششی در جهت ایجاد تصویری از بدن صورت نگرفته بود.
- اغلب سیستم های اصلی که در تصویربرداری با اشعه X مورد نیازند، در ۲۰ سال اول کشف این اشعه، ابداع و به خدمت گرفته شدند.
- از سال ۱۹۳۰ به بعد اغلب کوشش ها روی بهبود سیستم ها و روش های بالا بردن کیفیت تصویر متمرکز شده و سیستم کلی رادیوگرافی تغییر چندانی نکرده است.

8

## منشاء طبیعت اشعه X

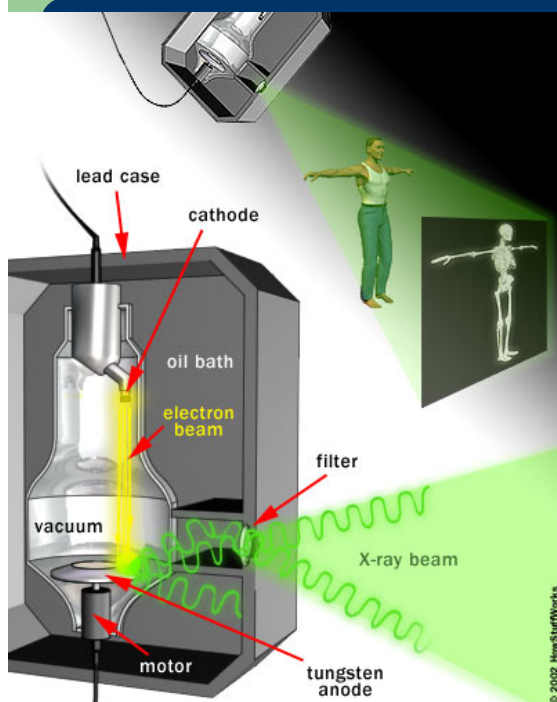
- اشعه X جزو امواج الکترومغناطیسی می باشد و تفاوت اصلی آن با امواج الکترومغناطیسی دیگر مثل امواج رادیویی یا نور، در فرکانس و طول موج آن است.
- شکل زیر طیف امواج الکترومغناطیسی را نشان می دهد:



## منشاء طبیعت اشعه X

- کلیه امواج الکترومغناطیسی می توانند در خلأ یا فضای خارجی حرکت کنند.
- برخی خواص اصلی امواج الکترومغناطیسی به شرح زیر می باشد:
  - از رابطه  $C=U\lambda$  تبعیت می کنند. که C سرعت نور، U فرکانس و  $\lambda$  طول موج است.
  - در مسیر یک خط مستقیم انتشار می یابند.
  - شدت آن با مجذور مسافت رابطه عکس دارد.
  - پراش و تداخل را تولید می کند.
  - توسط محیط های مغناطیسی منحرف می شوند.

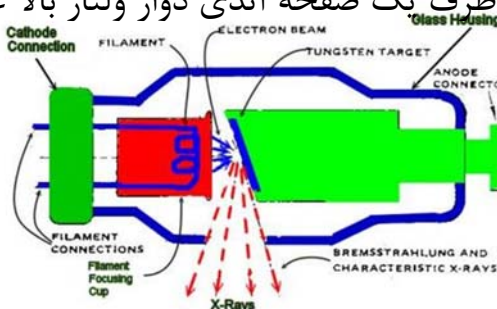
## تولید اشعه X در یک لامپ اشعه X



- اشعه X توسط یک لامپ دیودی اشعه X با خلأ زیاد تولید می شود که در آن الکترون ها با سرعت های بالا (با استفاده از یک منبع تغذیه ولتاژ بالا تا ۱۰۰ کیلو ولت) شتاب داده می شوند.
- قسمت اصلی تشکیل دهنده لامپ اشعه X از یک محفظه ی ضخیم سربی که در داخل آن یک محفظه شیشه ای خلأ همراه با دو الکتروود به نام های آند و کاتد وجود دارد، تشکیل شده است.

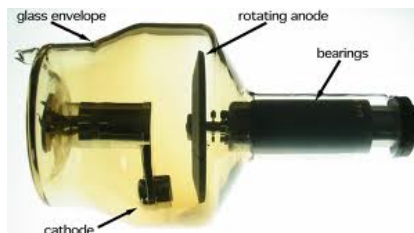
## تولید اشعه X در یک لامپ اشعه X

- اختلاف پتانسیلی که بین دو الکتروود ایجاد میگردد باعث میشود که الکترونهاى معلق در لوله ی خلأ تحت تاثیر نیروی بسیار بزرگ حاصل از میدان الکتریکی قرار بگیرد و آنها را از سمت کاتد به سوی آند که از جنس تنگستن است هدایت کند و در نتیجه موجب جاری شدن جریان بین کاتد و آند گردد.
- لوله خلأ اشعه X بوسیله شتاب گرفتن الکترون ها از یک فلامان تنگستن کاتدی داغ شده به طرف یک صفحه آندی دوار ولتاژ بالا عمل می کند.



## تولید اشعه X در یک لامپ اشعه X

- وقتی اشعه کاتدی به آند برخورد می کند، تنها بخشی از انرژی به انرژی فوتون های پرتو X تبدیل می شود و قسمت بیشتر انرژی به گرما تبدیل می شود.
- راه های جلوگیری از گرم شدن بیش از حد آند:
  - افزایش سطح آند
  - استفاده از آند چرخان: در این روش سرعت چرخش طبیعی آند ۳۶۰۰ دور در دقیقه است .



13

## دستگاه رادیولوژی

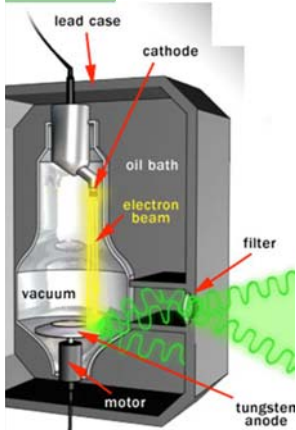
- قسمت های اصلی یک سیستم رادیوگرافی عبارتند از :

- (۱) تیوب مولد اشعه X (لامپ اشعه X)
- (۲) ستون نگه دارنده تیوب
- (۳) کالیماتور
- (۴) ژنراتور ولتاژ بالا
- (۵) کابل های ولتاژ بالا
- (۶) آشکارسازها و تشدید کننده های تصویر
- (۴) تخت رادیولوژی
- (۵) مدارات کنترلی دستگاه
- (۶) میز فرمان اپراتور





## ۱- تیوب مولد اشعه X



- محفظه شیشه ای باید کاملاً از هوا تخلیه شود ، چون هوا وقتی گرم می گردد منبسط شده و می تواند با وارد کردن فشار به جدار شیشه ای تیوب باعث شکستن آن شود.
- تیوب شیشه ای مولد اشعه X، باید درون یک محفظه فلزی که جدار داخلی آن با سرب پوشیده شده، قرار گیرد تا اشعه X که در جهات مختلف پخش می شود توسط محفظه فلزی جذب گردد.
- کار دیگر این محفظه فلزی ایجاد حفاظ برای ولتاژ بالایی است که بین آند و کاتد تیوب اعمال می گردد.
- برای جلوگیری از هر گونه جرقه الکتریکی بین کابل های ولتاژ بالا، فاصله بین تیوب و محفظه فلزی با روغن غلیظی که در برابر ولتاژ الکتریکی کاملاً عایق است، پر میشود.
- روغن مورد استفاده علاوه بر خاصیت عایق الکتریکی دارای خواص خنک کنندگی نیز هست.

15

## ۱- تیوب مولد اشعه X

- اگر گرمای تیوب از حد مجاز بالاتر رود، انبساط روغن داخل محفظه باعث می شود که مدار محافظ به کار افتاده و اجازه تابش اشعه به دستگاه داده نشود.
- میزان حرارت ایجاد شده در تیوب اشعه X بستگی به کیلو ولت ، میلی آمپر تیوب و زمان تابش دارد.
- این میزان حرارت در آند ایجاد می شود و آند باید توان تحمل این میزان حرارت را داشته باشد.
- واحد اندازه گیری این حرارت، ژول، وات ثانیه (w.s) یا HU، (Heat Unit) است که طبق تعریف یک HU برابر  $0.71 \text{ w.s}$  است.

16



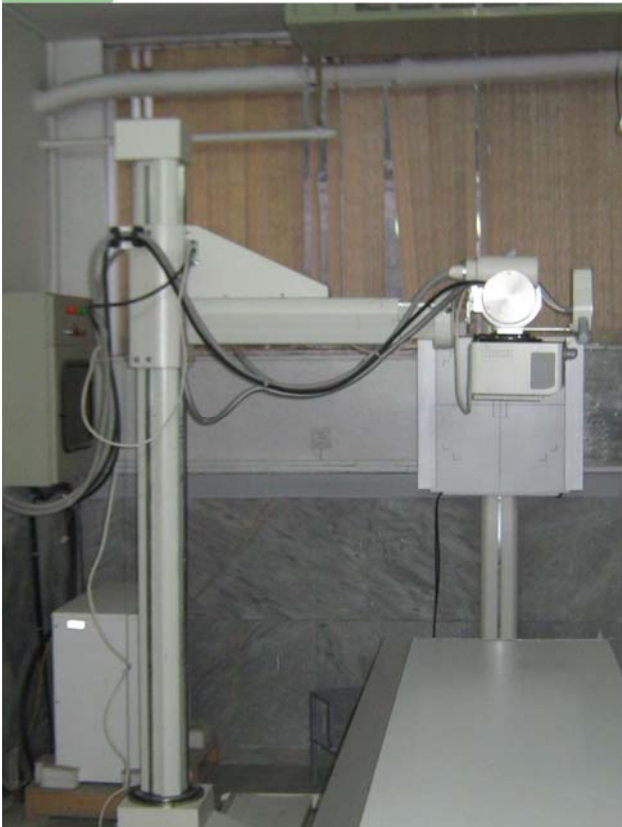
## ۱- تیوب مولد اشعه X

- مساله مهم دیگری که در مورد تیوب مطرح است ، عمر تیوب است . در واقع نمی توان تعریف دقیقی از طول عمر تیوب اشعه X بدون در نظر گرفتن شرایط ثابت ارائه کرد.
- در مورد عمر تیوب اشعه X، استاندارد بین المللی IEC- ۶۱۳ اعلام می دارد که:
  - اگر  $t$  زمان هر بار تابش اشعه باشد، تیوب باید بتواند حداقل  $n=1000/t$  بار تابش انجام دهد.
  - مثلاً اگر هر بار تابش  $0/1$  ثانیه طول بکشد ، تیوب باید بتواند حداقل  $10000$  بار تابش انجام دهد.

17

## ۲- ستون نگهدارنده تیوب

- ستون نگهدارنده تیوب، علاوه بر نگه داری تیوب در وضعیت مناسب و مطمئن ، امکان چرخش و حرکت تیوب در زوایای مختلف را فراهم می کند.
- ستون باید قابلیت حرکت دادن نرم و بدون لرزش تیوب در جهات بالا، پایین، چپ ، راست ، عقب ، جلو و همچنین چرخش تیوب از حالت عمودی به افقی در هر دو جهت را داشته باشد.
- این حرکت ها باید از طریق قفل های الکترومکانیکی یا مکانیکی قابل کنترل باشد. یعنی پس از قرار گرفتن تیوب در وضعیت مطلوب، اپراتور بتواند با قفل کردن آن وضعیت تیوب را ثابت نگه دارد.





## ۲- ستون نگهدارنده تیوب

- بطور کلی این ستون های نگه دارنده به سه دسته تقسیم می شوند:  
**الف) ستون های سقفی (تلسکوپی) :** که توسط چهار چوب هایی به سقف بسته شده است. این چهارچوب ها به صورت ریل درون هم حرکت کرده و امکان حرکت تیوب در جهات مختلف را فراهم می کنند.  
**ب) ستون های زمینی :** این ستونها فقط به کف زمین اتکا دارند و روی یک ریل حرکت می کنند. در یک نوع از این ستون ها، ریل بر روی زمین نصب شده و ستون روی آن حرکت می کند. در نوع دیگر ریل به تخت متصل شده و کل مجموع تخت و ستون یکپارچه است.  
**ج) ستون های زمینی سقفی :** در این نوع ستون یک ریل روی زمین و یک ریل روی سقف نصب گردیده و ستون بین این دو ریل حرکت می کند.

19



## ۳- کالیماتور (Collimator)

- وسیله ای برای محدود کردن اشعه X است که به خروجی تیوب اشعه X در محفظه تیوب وصل شده تا اندازه و شکل شعاع اشعه X را تنظیم کند.
- کالیماتور شامل دریچه ایست که می تواند به کمک دست یا یک موتور باز و بسته شود و محدوده تابش اشعه X را تغییر دهد.
- هر دریچه شامل چهار صفحه سربی است. این صفحات بصورت زوج های مستقل عمل می کنند.
- حرکات این صفحات میتواند دستی یا توسط یک موتور انجام شود.

20

## ۳- کالیماتور (Collimator)



- میدان اشعه X با شعاع نوری یک چراغ روی بدن بیمار مشخص می شود.
- این شعاع نوری بوسیله آینه ای که با زاویه ۴۵ درجه در سر راه اشعه گذاشته شده است، منحرف می شود.
- فاصله چراغ تا آینه باید برابر فاصله منبع X تا آینه باشد. این لامپ معمولاً از نوع dc و با توان ۱۰۰ تا ۱۵۰ وات است.

21

## ۳- کالیماتور (Collimator)



22



## ۴- ژنراتور ولتاژ بالا

- یکی از قسمت های مهم و اصلی در یک دستگاه رادیولوژی مجموعه ژنراتور ولتاژ بالاست که وظیفه ایجاد ولتاژ بالای لازم برای تولید اشعه X در تیوب را به عهده دارد.
- ورودی این مجموعه ، برق شهر با دامنه ۲۲۰ ولت به صورت تک فاز یا سه فاز است که در مدت زمان کوتاهی که می خواهیم تابش انجام گیرد به ورودی ژنراتور ولتاژ بالا اعمال می شود.
- خروجی این مجموعه نیز ولتاژ چندین برابر بزرگ شده تا حداکثر ۱۵۰ کیلو ولت در همان مدت زمان است.
- مجموعه ژنراتور ولتاژ بالا، شامل یک جعبه فلزی متصل شده به زمین و پر از روغن مخصوص است که داخل آن یک ترانسفورماتور ولتاژ کم برای تغذیه فیلمان تنگستن کاتد و یک ترانسفورماتور ولتاژ بالا، یک مجموعه دیودهای یکسو کننده ولتاژ بالا و تعدادی کنتاکتور قرار دارند.

23



## ۴- ژنراتور ولتاژ بالا

- اختلاف پتانسیل ترانسفورماتور ولتاژ بالا گاه به ۱۵۰ کیلو ولت نیز می رسد و بنابراین ترانسفورماتورها را درون روغن مخصوصی که از بروز جرقه الکتریکی بین قسمت های مختلف جلوگیری می کند، غوطه ور می کنند.
- وظیفه اصلی ترانسفورماتور ولتاژ بالا تبدیل ولتاژ برق شهر تک فاز یا سه فاز به ولتاژ بالای مورد نیاز تیوب است.
- ترانسفورماتور ولتاژ بالا در سیم پیچ ثانویه تعداد دورهای بسیار بیشتری نسبت به سیم پیچ اولیه دارد و ولتاژ را به نسبت ۶۰۰ برابر زیاد می کند.
- تعداد دور سیم پیچ ثانویه بسیار زیاد است و با توجه به جریان کمی که از آنها می گذرد ( حداکثر یک آمپر ) برای جلوگیری از زیاد شدن حجم سیم پیچی ، از یک سیم ظریف در آن استفاده می شود.

24



## ۴- ژنراتور ولتاژ بالا

- نسبت دور سیم پیچ در یک ترانسفورماتور ولتاژ بالا ثابت است و برای بدست آوردن کیلو ولت های مختلف ولتاژ اولیه را تغییر می دهند.
- میتوان از یک اتوترانسفورماتور با سرهای مختلف که هر سر آن دارای ولتاژ خاصی است، استفاده کرد و به کمک یک سلکتور، یکی از سرهای مختلف را به اولیه ترانسفورماتور ولتاژ بالا وصل کرد.
- ژنراتورهای ولتاژ بالایی که از ترانسفورماتور سه فاز استفاده می کنند، ولتاژ نسبتاً ثابتی را دو سر تیوب اشعه X ایجاد می کنند. این ترانسفورماتورها سه سیم پیچ اولیه و سه سیم پیچ ثانویه دارند.



## ۴- ژنراتور ولتاژ بالا

- ولتاژ خروجی ترانسفورماتور ولتاژ بالا دارای یک سیکل مثبت و یک سیکل منفی است و باید یکسو شود. این کار بوسیله یکسوکننده های دیودی ولتاژ بالا که درون مجموعه ژنراتور تعبیه شده صورت می گیرد.
- یکسوکننده های ولتاژ بالا می توانند از انواع تیوب های خلاء یا از نوع نیمه هادی باشند.
- یکسوکننده های نیمه هادی معمولاً از جنس سیلیکون ساخته می شوند که در واقع از به هم بستن تعداد زیادی دیود ولتاژ پایین ساخته می شوند تا بتوانند ولتاژ بالا را تحمل کنند.
- ویژگی مهم دیگری که هر یک از این دیودهای ولتاژ پایین دارند، افت ولتاژ بسیار کم دو سر دیود، در حالت بایاس مستقیم است.

## ۵- کابل های ولتاژ بالا



- وظیفه این کابل ها رساندن ولتاژ بالای ایجاد شده در ترانسفورماتور به دو سر تیوب است.
- کابلی که به آند تیوب وصل می شود فقط به یک رشته سیم برای انتقال ولتاژ بالا نیاز دارد
- اما کابل متصل شده به کاتد باید علاوه بر رشته سیم حامل ولتاژ بالا، دو رشته سیم برای تغذیه دو فیلمان فوکوس بزرگ و کوچک داشته باشد.

27

## ۶- فیلم رادیو گرافی

- تصویر اشعه X در واقع تصویر سایه های مختلف بدن است که روی فیلم می افتد و به آن اسیلوگراف نیز می گویند.
- تصاویر اشعه X روی فیلم های رادیوگرافی که فیلم های ویژه ای هستند گرفته می شود.
- اگر فیلم به تنهایی در مسیر اشعه قرار داده شود، تصویری که روی آن ایجاد می شود، بسیار کمرنگ است و برای بهتر شدن آن باید به مقدار زیادی اشعه اولیه را افزایش داد که این برای بیمار مضر است.
- به همین دلیل در سیستم های متداول فیلم را بین دو صفحه تشدید کننده قرار می دهند.

28



## ۶- فیلم رادیو گرافی



- این صفحات تشدیدکننده با مواد فلورسانس پرتوهای X ای که به آنها برخورد می کنند را به نور مرئی تبدیل می کنند.
- هر دو طرف فیلم نیز با امولسیون حساس به نور پوشانده شده است.
- صفحه ها را در یک کاست که دارای پوشش نمدی به هم فشرده ای است قرار می دهند تا فیلم و صفحه ها را کنار هم نگه دارد.
- البته قرار دادن این صفحات تشدیدکننده هم به نحوی باعث مات شدن تصویر می شود. برای کاهش این اثر معمولاً ضخامت این صفحات تشدید کننده را تا حد امکان کم می کنند.

## ۷- تخت رادیولوژی



- یکی دیگر از قسمت های یک دستگاه رادیولوژی ، تخت است که باید دارای امکانات و ویژگی های خاصی باشد، بطور کلی تخت های رادیولوژی را می توان به دو دسته تخت ساده با رویه شناور و تخت رادیولوژی- فلوروسکوپی یا تخت R / F تقسیم بندی کرد.

### تخت ساده با رویه شناور:

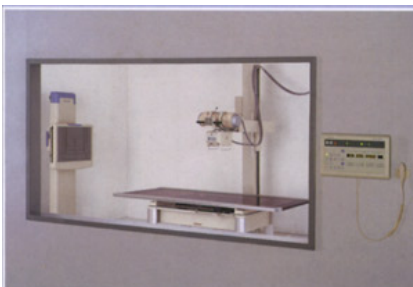
- این تخت در واقع یک میز ساده است که رویه آن قابل حرکت است .
- نحوه حرکت این رویه بدین صورت است که در حالت عادی، رویه تخت توسط قفل های الکترومکانیکی در جای خود ثابت قرار می گیرد. با فشردن نکه داشتن یک کلید توسط اپراتور قفل های الکترومکانیکی رها شده و اپراتور می تواند رویه تخت را در جهت جلو و عقب یا چپ و راست حرکت داده تا در محل مورد نظر قرار گیرد و سپس با رها کردن کلید ، قفل ها دوباره عمل کرده و رویه تخت را در جای مورد نظر ثابت نگه می دارند.



## ۷- تخت رادیولوژی

### تخت R / F:

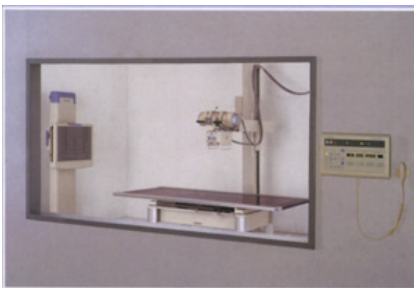
- این گونه تخت ها هم امکان انجام رادیوگرافی و هم فلوروسکوپی را فراهم می کنند. این نوع تخت ها طوری ساخته شده اند که براحتی قادر به ایفای هر دو عمل باشند.
- هنگامی که تخت جهت انجام رادیوگرافی مورد استفاده قرار می گیرد، تیوب دیگری که بر روی ستون نگهدارنده تیوب قرار دارد، از بالا تخت را پوشش می دهد و کار رادیوگرافی توسط این تیوب انجام می گیرد.
- در برخی از انواع تخت ها، رادیوگرافی و فلوروسکوپی توسط یک تیوب انجام می گیرد.



## ۸- مدارات کنترلی دستگاه

- سه پارامتر اصلی که در دستگاه های عکسبرداری اشعه X باید قابل انتخاب، اندازه گیری و کنترل باشند عبارتند از:
  - ولتاژ تیوب
  - جریان تیوب
  - زمان تابش یا اکسپوز
- این سه پارامتر روی کیفیت تصویر اثر مستقیم دارند.
- در دستگاه های قدیمی این پارامترها با روش های بسیار ساده و غیر دقیق کنترل و اندازه گیری می شدند. اما با پیشرفت علم الکترونیک و ساخته شدن ابزار الکترونیکی جدید، بخصوص بعد از ساخته شدن ریزپردازنده ها، عمل کنترل پارامترها با روش های دقیق تر و در حجم کمتر صورت گرفته و امکان انتخاب بیشتری در اختیار اپراتور قرار داده اند.





## ۸- مدارات کنترلی دستگاه

- در واقع می توان گفت که بعد از سال ۱۹۳۰ پیشرفت های اساسی در زمینه دستگاه های عکسبرداری اشعه X، در زمینه ابداع و ساختن مدارات کنترلی الکترونیکی دقیق تر، حساس تر و در ابعاد کوچک تر صورت گرفته و در اصول فیزیکی تصویربرداری اشعه X پیشرفت مهمی ایجاد نشده است.
- وظیفه مدارات کنترلی دستگاه های عکسبرداری اشعه X علاوه بر بوجود آوردن امکان انتخاب و کنترل دقیق سه پارامتر اصلی ، حفاظت از قسمت های حساس دستگاه و یا افزایش بار دستگاه به میزان فراتر از حد مجاز و همین طور حفظ ایمنی الکتریکی اپراتور و بیمار است.

33

## ۹- میز فرمان اپراتور



- بخشی از سیستم رادیولوژی است که در اتاق کنترل قرار گرفته و با اپراتور در ارتباط است و ابزار کنترلی و نمایشی و انتخاب هایی را در اختیار اپراتور قرار می دهد.

34



## دستگاه رادیولوژی پرتابل

- در بعضی موارد به علت وخامت حال بیمار یا تحت کنترل نبودن او توسط دستگاه های پزشکی مختلف، انتقال بیمار به بخش رادیولوژی امکان پذیر نیست.
- لذا باید نوعی دستگاه رادیولوژی ساخته شود که متحرک بوده و بتوان آنرا به بالین بیمار متقل کرد.
- اولین مشکل در ساخت دستگاه های رادیولوژی متحرک، تامین توان مورد نیاز آنهاست.
- این دستگاه باید توان مصرفی خود را از پریزهای معمولی برق که در بخش های مختلف بیمارستان وجود دارد و معمولاً حداکثر جریان ۱۰ آمپر را می توانند تحمل کنند تامین کنند، در حالی که برای گرفتن ساده ترین عکس ها به جریانی بیش از این مورد نیاز است.
- از بحث فوق نتیجه می شود که برای ساخت این سیستم ها نیاز به وسیله ای برای ذخیره سازی انرژی وجود دارد تا در زمان هایی که نیاز به تابش نیست، انرژی برق شهر را در خود ذخیره کرده و در موقع تابش این انرژی را به دستگاه تحویل دهد.

35



## دستگاه رادیولوژی پرتابل

- این وسیله صرف نظر از سایر ویژگی هایی که لازم است داشته باشد، باید از لحاظ وزن و حجم در حد قابل قبولی باشد.
- در سیستم های متحرک متداول از سه روش برای تامین توان استفاده می شود:
  - ۱- باتری قابل شارژ
  - ۲- خازن ولتاژ بالا
  - ۳- خازن ولتاژ پایین
- دستگاه های رادیولوژی متحرک نسبت به دستگاه های رادیولوژی ثابت دارای  $kv$  و  $mA$  کمتری هستند.
- معمولاً در این دستگاه ها جریان تیوب و زمان تابش بصورت دو پارامتر جدا از هم قابل انتخاب نیستند بلکه حاصل ضرب آنها بصورت  $mas$  انتخاب و کنترل می شود.

36

## جدول مقایسه فنی رادیولوژی پرتابل

قیمت	FDA	CE	ابعاد m <sup>3</sup>	وزن	برنامه ریزی آناتومیکی	رنج mAS	رنج کیلوولت	ظرفیت گرمایی	فرکانس زئرا تور	حداکثر توان	حداکثر کیلوولت	حداکثر جریان	کمپانی	مدل
189.5M.R	yes	yes	-	271kg	40 items	0.2-200 26 step	40-120	500kHU	100kHz HF	30kW	120	425ma- 200mAS	ایتالیا IMD	BASIC 100- 30
151MR	-	-	1.084	130kg	Yes	0.4-98	40-100	20kHU	HF	2.4kW	100	98mAS	Econet کره جنوبی	PX-100 CLK
205MR	-	-	-	-	Yes	0.3-100	40-110	50kHU	HF	6.4kW	110	100mAS	Econet کره جنوبی	BMX 1100
240MR	-	-	-	-	Yes	0.1-500	40-125	140kHU	HF	32kW	125	500mAS	Econet کره جنوبی	PX-300
340MR	-	-	1.37	271kg	-	0.2-200 23 step	40-120 80 step	500kHU	100kHz HF	30kW	120	425ma- 200mAS	Apelem فرانسه	RAFALE
220MR	-	-	-	120kg	400 items	1-250	40-110 70 step	-	17kHz HF	4kW	110	60ma- 250mAS	Apelem فرانسه	SAXO
247MR	در دست انجام	-	-	-	72 items	0.32-200 12.5 step	40-125 85 step	140kHU	HF	12.5kW	125	200mAS	Shimadzu ژاپن	MUX-10
248MR	-	yes	-	-	224 items	-	-	-	20kHz HF	30kW	125	300ma	Villa ایتالیا	Visitor AR30
282MR	-	yes	-	180kg	36 items	0.2-200mAS 26step	40-120kV	560kHU	100kHz	15kW	120	375ma- 200mAS	CatMedical ایتالیا	P15
313MR	-	yes	-	-	36 items	0.2-200mAS 26step	40-120kV	560kHU	100kHz	30kW	120	425ma- 200mAS	CatMedical ایتالیا	P30

37

## دستگاه پروسور رادیولوژی



38

## دستگاه پروسور رادیولوژی

- پروسور دستگاهی است که در قسمت رادیولوژی جهت ظهور فیلم رادیولوژی به کار می رود.
- برای ظهور یک فیلم رادیولوژی لازم است که در محیطی تاریک معروف به تاریک خانه فیلم را از کاست خارج کرده و ابتدا داخل محلول ظهور قرار داده و سپس از آن خارج کرده و وارد محلول ثبوت قرار دهیم.
- سپس پس از گذشت زمان معینی آن را از داخل محلول ثبوت نیز خارج کرده و وارد مخزن حاوی آب کنیم و پس از آب کشیدن، فیلم را خشک کنیم.



## اجزای تشکیل دهنده و نحوه کار دستگاه پروسور رادیولوژی

- اجزای تشکیل دهنده دستگاه پروسور شامل: غلطکها، پمپ ها، سوئیچ سطح مایع، هیتر و برد کنترل الکترونیکی است.
- نحوه کار دستگاه بدین صورت است که موتور، غلطکها را وادار به چرخش می کند. سپس توسط حرکت غلطکها، فیلم به داخل مخازن مختلف ظهور، ثبوت و آب فرو رفته و خارج شده و در نهایت از قسمت خشک کن خارج می گردد.
- میزان داروی ثبوت و ظهور و آب توسط سوئیچ کنترل سطح، تنظیم می گردد و در صورت پایین آمدن سطح مایعات، پمپ مربوطه روشن شده و سطح مورد نیاز را تأمین می کند.

## اجزای تشکیل دهنده و نحوه کار دستگاه پرسور رادیولوژی

- این دستگاه از منبع و دو پمپ کوچکتر جهت چرخش مایعات ثبوت و ظهور تشکیل شده است.
- المنت در مسیر چرخش مایعات قرار گرفته و موجب رسیدن دمای مایع به حد نرمالی که در حدود ۲۸-۳۸ درجه سانتی گراد و قابل تنظیم توسط اپراتور است، می گردد.
- خشک کن بدین صورت عمل می کند که یک فن با دمیدن بر روی هیتر موجب ایجاد هوای گرم می شود و با عبور فیلم از روبه روی آن و دمیده شدن هوای گرم روی آن موجب خشک شدن فیلم می گردد.

## دستگاه CTScan (Computerized Tomography Scan)



## دستگاه CTScan

- ردپای توموگرافی را از سال ۱۹۲۰ می توان در تحقیقات مختلفی که در این زمینه صورت گرفته پیدا کرد.
- توموگرافی زمانی جدی گرفته شد که محاسبات آن توسط کامپیوترها انجام پذیرفت و اصطلاح توموگرافی کامپیوتری (Computerized Tomography) وارد عرصه علم و تجربه شد.
- اساس توموگرافی کامپیوتری، بازسازی تصویر یک جسم با استفاده از نظاره های مختلف آن است.
- در توموگرافی کامپیوتری با استفاده از محاسباتی که بر روی نظاره ها انجام می شود، تصویری از یک برش جسم به دست می آید.

## دستگاه CTScan

- افزایش قدرت تفکیک فضایی، کاهش زمان اسکن، افزایش قدرت تفکیک رنگ و تغییرات در توانایی تیوب ها امکان اسکن تمامی بدن با کیفیت بالا را فراهم می آورد.
- افزایش توانایی های الکترونیکی و مکانیکی دستگاه ها، امکان انجام تصویربرداری های دینامیکی (گرفتن تصاویر پیاپی و سریع برای بررسی دینامیکی عملکرد برخی اعضای بدن) در تمامی جهات را فراهم ساخته است.

## اجزای دستگاه CT Scan

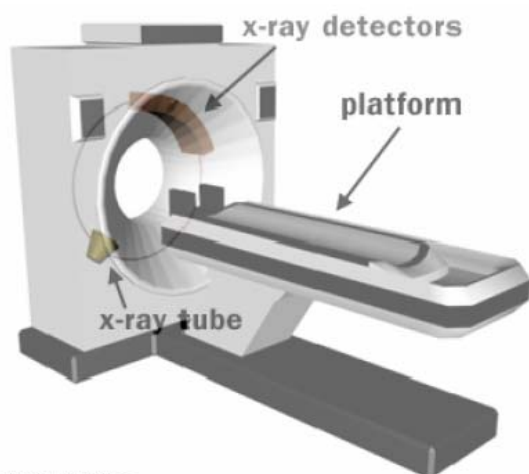
● یک دستگاه سی تی اسکن از اجزای اصلی زیر تشکیل شده است:

(۱) گنتری (Gantry)

(۲) تخت بیمار (Platform)

(۳) کنسول کاربری

(۴) ژنراتور ولتاژ بالا



## ۱- گنتری (Gantry)

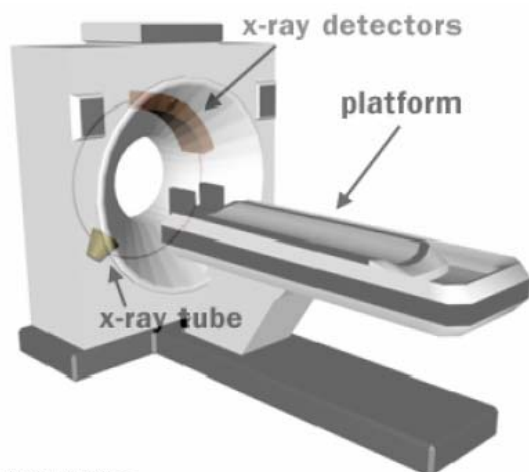
- اصلی ترین و مهم ترین بخش دستگاه است که مجموعه تیوب اشعه X و آشکارسازها (detectors) در آن قرار دارند.
- گنتری دارای دو بخش کلی است:

(۱) قسمت دوار

- ✓ مجموعه تیوب و آشکارسازها و
- ضمایم آنها در قسمت دوار قرار دارند.

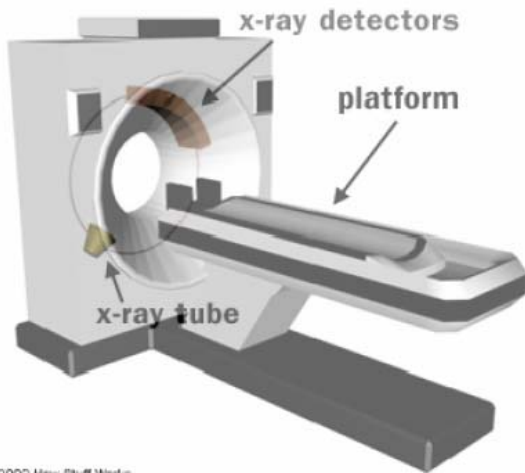
(۲) قسمت ثابت

- ✓ کلیه مدارات رابط و مسیره‌های ارتباطی بین بخش دوار با بخشهای دیگر در این بخش است.



## ۱- گنتری (Gantry)

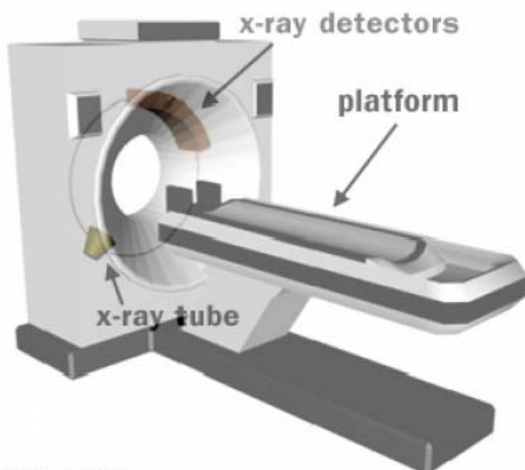
- منبع تولید اشعه X همان تیوب اشعه X است که در دستگاه های مختلف دارای ابعاد و اشکال مختلفی است، اما کلیات و نحوه عملکرد آن یکسان است.



- مقدار جریان تیوب (mA) و اختلاف پتانسیل آن (KV) می تواند توسط اپراتور تغییر کند.
- دامنه تغییرات mA در دستگاه های سی تی اسکن امروزی بین ۰ تا حدود ۸۰۰mA و دامنه تغییرات KV نیز از ۸۰KV تا ۱۴۰KV است.

## ۱- گنتری (Gantry)

- اشعه X توسط کالیماتوری که بلافاصله بعد از تیوب قرار گرفته است محدود شده و شکل گرفته می شود.



- کالیماتور معمولاً ضخامت اشعه را تغییر می دهد.
- ضخامت اشعه در دستگاه های مختلف از ۱mm تا ۴۰mm قابل تنظیم است.
- تعدادی از فوتون های تشکیل دهنده اشعه X در داخل جسم متوقف شده و تعدادی دیگر موفق می شوند که از جسم عبور کنند.
- فوتون های عبور کرده از جسم به آشکارسازها می رسند و در آنجا تبدیل به سیگنال الکتریکی می شوند.



## انواع آشکارسازها:

- آشکارسازهایی که معمولاً در دستگاه سی تی اسکن استفاده می‌شوند:
  - آشکارساز گازی
  - آشکارسازهای حالت جامد

## آشکارساز گازی

- مجموعه آند و کاتد در این آشکارساز تشکیل یک شبه خازن را می‌دهد که الکترولیت این خازن، گاز فشرده ای است که عموماً از عناصر بی اثر تشکیل شده است.
- در اثر ورود فوتون‌ها به محدوده داخل آشکارساز، اتم‌های گاز یونیزه شده و به صورت یک الکترون آزاد و یک یون مثبت در می‌آید و الکترون به علت بار منفی اش به سمت قطب مثبت و یون به سمت قطب منفی حرکت کرده و باعث خنثی شدن بار اولیه صفحات مثبت و منفی می‌شود.
- به هر میزان که یونیزاسیون بیشتری اتفاق افتد، بار صفحات بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته و جریان قوی تری برقرار می‌شود.
- با اندازه‌گیری جریان برقرار شده، شدت اشعه ورودی به آشکارساز مشخص می‌شود.

## آشکارساز حالت جامد

- عمدتاً در سی تی اسکن ها از آشکارسازهای سوسوزن (Scintillation Detectors) استفاده می کنند.
- فوتون های اشعه X پس از برخورد به کریستال های سوسوزن، تبدیل به فوتون های نوری می شود و این فوتون های نوری به روشهای مختلفی آشکار می شوند.
- با تاباندن این فوتون ها به یک فوتودیود نیمه هادی سیگنال الکتریکی تولید شود.
- مشخصه آشکارسازهای سوسوزن بهتر از آشکارسازهای گازی است و امروزه در تمامی دستگاه های سی تی اسکن از این نوع آشکارسازها استفاده می شود.

## الف- چرخش قسمت دوار گنتری

- هر زاویه ای که در آن نمونه برداری می شود، یک نظاره (view) گویند.
- تعداد view ها در یک دوران کامل ثابت است و آنچه باعث تغییر در نرخ نمونه برداری می شود، سرعت چرخش گنتری است.
- هرچه سرعت چرخش گنتری بیشتر باشد، سرعت نمونه برداری بیشتر شده و باعث می شود که زمان اسکن کوتاه تر شود.
- در این حالت کیفیت تصاویر پایین آمده و علاوه بر آن دوز دریافتی بیمار به علت کوتاه بودن زمان هر اسکن، کاهش می یابد.

## الف - چرخش قسمت دوار گنتری

- سرعت چرخش گنتری متناسب با نوع و محل تصویربرداری، توسط کاربر قابل تعیین است.
- به علت سریع بودن آشکارسازهای حالت جامد امکان افزایش viewها به وجود آمده است.
- امروزه تعداد viewها در هر دوران کامل به بیش از ۱۴۰۰ رسیده است. بنابراین جسم از ۱۴۰۰ زاویه مختلف مورد مشاهده قرار می‌گیرد.

## الف - چرخش قسمت دوار گنتری

- پس از تقویت و تصحیح سیگنال (از جمله حذف offset و ...) اطلاعات آنالوگ به دست آمده به یک مبدل آنالوگ به دیجیتال (A/D) سپرده می‌شود.
- اطلاعات تمامی آشکارسازها در تمامی viewها تبدیل به عدد شده و پشت سرهم قطار شده و با ترتیب خاصی به سمت بخش پردازش تصاویر ارسال می‌شود.



## الف - چرخش قسمت دوار گنتری

- مواردی که سازندگان دستگاه سی تی اسکن با آن مواجه هستند:
  - گنتری با چه سرعتی بچرخد؟
  - در تمام طول دوران، سرعت آن ثابت باشد.
  - تا حد ممکن چرخش این بخش بسیار سنگین موجب لرزش نشود.
- این مقوله منجر به تغییر اساسی در سی تی اسکن ها و تبدیل سی تی اسکن های قدیمی (conventional) به سی تی اسکن های مارپیچی (spiral) شد.

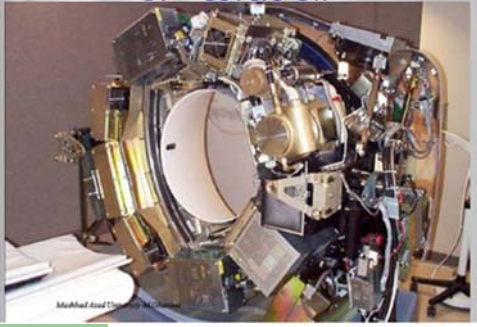
55



## ب - تفاوت سی تی اسکن های قدیمی نسبت به مارپیچی

- چون کابل ها و اتصالاتی از خارج گنتری و قسمت ثابت وارد قسمت دوار می شود، امکان چرخش بیش از حد در سی تی اسکن های قدیمی وجود نداشت.
- در سی تی اسکن های قدیمی اجباراً تصاویر یکی در میان با چرخش گنتری در جهت عقربه های ساعت و خلاف آن انجام می شد.

56



## ب- تفاوت سی تی اسکن های قدیمی نسبت به مارپیچی

- در تکنولوژی های جدیدتر، با استفاده از جاروبک های لغزان این مشکل برطرف گردید.
- در حال حاضر در نوع مارپیچی، امکان چرخش در یک جهت به صورت نامحدود به وجود آمده و در نتیجه سرعت نیز افزایش یافته است و علاوه بر آن امکان تصویر برداری مارپیچی نیز فراهم گردیده است.
- سرعت های متفاوتی برای چرخش گنتری در نظر گرفته شده است، از حدود  $0/3$  ثانیه تا  $5$  ثانیه بر دور، بازه سرعتی است که می تواند توسط کاربر تغییر کند.

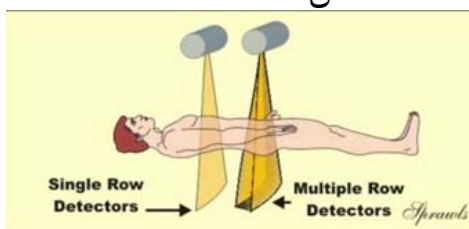
## ج- تغییر زاویه گنتری



- بخش مکانیکی در گنتری سی تی اسکن تعبیه شده است که می تواند کل مجموعه گنتری را زاویه بدهد تا بتوان به صورت اریب توموگرافی انجام داد.
- عمده‌تاً این سیستم به صورت هیدرولیک طراحی می شود.
- زوایای گنتری از  $+30$  تا  $-30$  درجه قابل تغییر است.

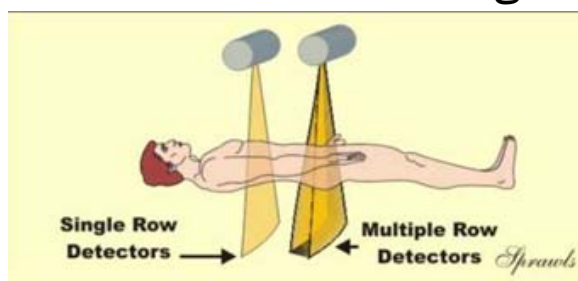
## د- تعداد و شکل آشکارسازها

- از این لحاظ سی تی اسکن ها را به دو نوع کلی تک ردیفی (Single Slice) و چند ردیفی (Multi Slice) تقسیم می کنند.
- مدل تک ردیفی (Single Slice) دارای یک ردیف آشکارساز است که تعداد این آشکارسازها در مدل های مختلف تا حدود ۱۰۰۰ تا هم می رسد.
- در چنین حالتی به ازای هر دوران کامل گنتری، یک تصویر ساخته می شود.
- ضخامتی که تصویر از آن تهیه می شود توسط کالیماتور تعیین می گردد.
- حداکثر ناحیه اسکن شده به ازای هر دوران کامل گنتری، همان حداکثر ضخامت است که عمدتاً معادل ۱۰mm است.



## د- تعداد و شکل آشکارسازها

- در سی تی اسکن های چند ردیفی (Multi Slice)، مجموعه آشکارساز دو ردیفی، چهار ردیفی، هشت ردیفی، شانزده ردیفی و بالاتر است.
- تفاوتی که سی تی اسکن های تک ردیفی با چند ردیفی دارند، تعداد تصویری است که به ازای هر دوران کامل به دست می آید.
- به عنوان مثال با هر دوران گنتری در یک سیستم شانزده ردیفی، شانزده تصویر به دست می آید.

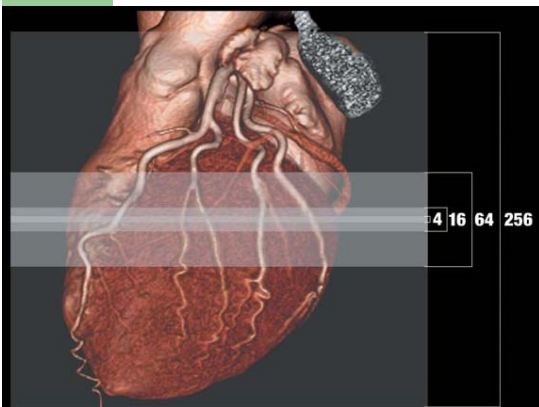


## د- تعداد و شکل آشکارسازها

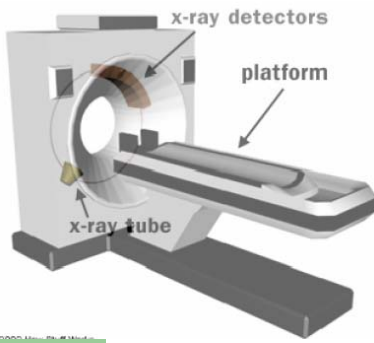
- در سی تی اسکن های چند ردیفی آنچه ضخامت تصویر را تعیین می کند، آشکار ساز است نه کالیماتور.
- به عنوان مثال در سی تی اسکن های ۶۴ ردیفی با توجه به اینکه ضخامت هر ردیف از آشکارسازها ۰/۶۲۵ میلی متر است، ناحیه ای که در یک چرخش گنتری اسکن می شود (۶۴×۰/۶۲۵) ۴۰ میلی متر است.
- امروزه رقابت شرکت های تولیدکننده دستگاه سی تی اسکن روی بالاتر بردن تعداد ردیف آشکار سازها می باشد.

## د- تعداد و شکل آشکارسازها

- با فرض اینکه اندازه کرونال قلب ۱۶۰ میلی متر باشد، در یک سی تی اسکن ۲۵۶ ردیفی با یک چرخش گنتری، کل قلب اسکن می شود.
- سی تی اسکن های امروزی وارد مقوله قلبی-عروقی شده و اصطلاح سی تی آنژیو بر سر زبان ها افتاده است.



- در سی تی اسکن های چند ردیفی امکان تغییر ضخامت تصویر با گروه بندی ردیف آشکارسازها وجود دارد.
- به عنوان مثال، با انتخاب ۳۲ ردیف ۲ تایی از آشکارسازها امکان دریافت ۳۲ تصویر با ضخامت ۱/۲۵ میلی متر فراهم می شود (و یا ۱۶ ردیف ۴ تایی، ۸ ردیف ۸ تایی و ...)



## ۲- تخت بیمار

- وظیفه عمده تخت، حرکت دادن بیمار در زمان اسکن است.
- چهار جهت حرکت تخت شامل حرکت به سمت گنتری و در جهت دور شدن از گنتری و بالا و پایین شدن تخت است.
- ارتفاع تخت قبل از شروع اسکن تعیین می شود و در زمان اسکن تخت بالا و پایین نمی شود.
- کاربر باید ارتفاع تخت را به گونه ای تنظیم کند که ناحیه مورد نظرش در مرکز دایره گنتری قرار بگیرد.
- میزان مانور تخت در جهت افقی در حدود ۲ متر و در جهت عمودی ۱ متر است.
- جنس رویه تخت باید دارای حداقل ضریب تضعیف فوتونی باشد و معمولاً از جنس فیبرهای کربنی است.

## ۳- کنسول کاربری یا کنسول گنتری

- در دستگاه های قدیمی بخش کنترل مرکزی و کامپیوتر اصلی و قسمت پردازش تصاویر به طور جداگانه در کابینت های مستقلی تعبیه می شدند، ولی امروزه تمامی این اجزاء در داخل کنسول قرار داده شده است.
- کنسول کاربر علاوه بر کنترل کل سیستم سی تی اسکن، وظیفه پردازش اطلاعات وارد شده از واحد دریافت داده (DAS) و بازسازی تصاویر را به عهده دارد.
- علاوه بر آن واسط ای است بین سیستم و کاربر به گونه ای که کاربر تمامی فرامین مورد نظر خود اعم از مشخصات اسکن شامل میزان mA، KV، سرعت اسکن، ضخامت اشعه و یا ضخامت تصویر، ناحیه ای که تصویر باید از آن گرفته شود و غیره را از طریق آن انجام می دهد.



## ۴- ژنراتور ولتاژ بالا

- عملکرد ژنراتور ولتاژ بالا مشابه عملکرد این بخش در دستگاه رادیولوژی است که در بخش رادیولوژی به طور کامل این بخش شرح داده شده است.

## انواع اسکن در دستگاه CT scan

- در سی تی اسکن های امروزی سه نوع اسکن امکان پذیر است:
  - (۱) پایلوت اسکن (Pilot Scan)
  - (۲) اسکن محوری (Axial Scan)
  - (۳) اسکن مارپیچی یا Helical scan

## ۱- پایلوت اسکن (Pilot Scan)

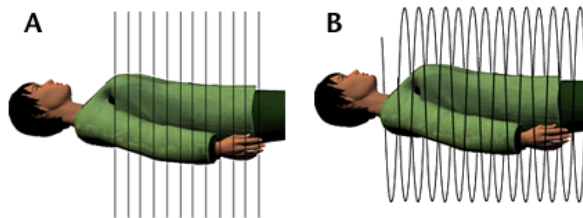
- در این نوع اسکن گنتری دوران نمی کند و مجموعه تیوب و آشکارساز به طور ثابت در زاویه ای که کاربر تعیین کرده است، می ایستد و تنها تخت است که در تمام مدت اشعه دهی حرکت می کند.
- در این نوع اسکن تصویر به دست آمده، مشابه تصویر رادیولوژی است، چون تنها شمایی از بدن از یک جهت مشاهده می شود.
- تصاویر این نوع اسکن چندان جنبه تشخیصی ندارند و تنها به کاربر کمک می کنند که به سیستم، محل مورد نظری که باید توموگرافی شود، اعلام کند.

## ۲- اسکن محوری (Axial Scan)

- در تصویربرداری محوری یا slice by slice تخت حرکتی ندارد و گنتری به دور ناحیه مورد نظر یک دوران کامل کرده و از آن ناحیه یک تصویر تولید می کند.
- سپس تخت به طور اتوماتیک حرکت کرده و عملیات تصویر برداری محوری تکرار می شود تا تصاویر از برشهای مختلف بدن به دست آید.

## ۳- اسکن مارپیچی (Helical Scan)

- در این نوع اسکن تخت و کنتری به طور همزمان در اسکن حرکت می کنند تا تیوب و آشکارساز به صورت مارپیچی دور بیمار بچرخند.
- این روش تصویربرداری تنها در سی تی اسکن های اسپیرال امکان پذیر است.
- در شکل زیر تفاوت تصویربرداری محوری (شکل A) با تصویر برداری مارپیچی (شکل B) نشان داده شده است.



## مراحل عملکردی دستگاه CTScan

- مراحل عملکردی دستگاه سی تی اسکن را می توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد:
  - (1) دریافت داده ها (Data Acquisition System)
  - (2) پردازش داده ها (Data Processing)
  - (3) نمایش تصاویر (Image Display)
  - (4) ذخیره سازی و مستندسازی اطلاعات

## ۱- دریافت داده ها (Data Acquisition)

- دریافت داده ها به جمع آوری سیستماتیک اطلاعات از بیمار برای تولید تصویر گفته می شود.

- دو روش برای دریافت داده ها در دستگاه های سی تی اسکن وجود دارد:

الف- روش Slice-by-Slice

ب- روش حجمی

## ۱- دریافت داده ها (Data Acquisition)

الف- روش Slice-by-Slice

- در این روش تیوب اشعه X یک دوران به دور بیمار انجام داده و اطلاعات جمع آوری می شود.

- سپس تیوب متوقف شده و بیمار یک گام توسط تخت حرکت داده شده و در موقعیت جدید مجدداً تیوب یک دوران دیگر انجام می دهد و این فرایند ادامه می یابد تا تمام مقاطع مورد نظر تصویر برداری شوند.

- در دستگاه های قدیمی از این روش جهت دریافت داده ها استفاده می شد.

## ۱- دریافت داده ها (Data Acquisition)

### ب- روش حجمی

- در این روش به جای تصویر برداری از یک مقطع در هر مرحله، حجمی از بدن در یک مرحله تصویربرداری می شود.
- در طول اسکن، تیوب اشعه X و آشکارسازها به دور بیمار دوران می کنند تا از زوایای مختلف اطلاعات جمع آوری کنند.
- در دستگاه سی تی اسکن نسبت شدت اشعه عبور کرده به شدت اشعه اولیه است که در واقع همان میزان تضعیف اشعه خواهد بود.
- این مقدار اندازه گیری شده، به کامپیوتر ارسال شده و به عنوان داده های خام ذخیره می شود.

## ۱- دریافت داده ها (Data Acquisition)

- در هر دوران تعداد زیادی اسکن انجام می شود که در هر اسکن تعداد زیادی عدد معادل تعداد آشکارسازها ایجاد می شود.
- هریک از این اعداد ضریب تضعیف خطی فوتونی نامیده می شود که با حرف  $\mu$  نمایش داده می شود.
- ضریب تضعیف خطی فوتونی ( $\mu$ ) را می توان طبق روابط زیر به دست آورد:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \Rightarrow \mu = -\frac{1}{x} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

- در این رابطه،  $I$  شدت اشعه عبوری،  $I_0$  شدت اشعه اولیه و  $X$  ضخامت مقطع می باشد.
- مقادیر  $I$  و  $I_0$  توسط آشکارسازها اندازه گیری می شود و مقدار  $X$  نیز مشخص است، بنابراین در هر اسکن  $\mu$ ها قابل محاسبه خواهند بود.

## ۲- پردازش داده ها (Data Processing)

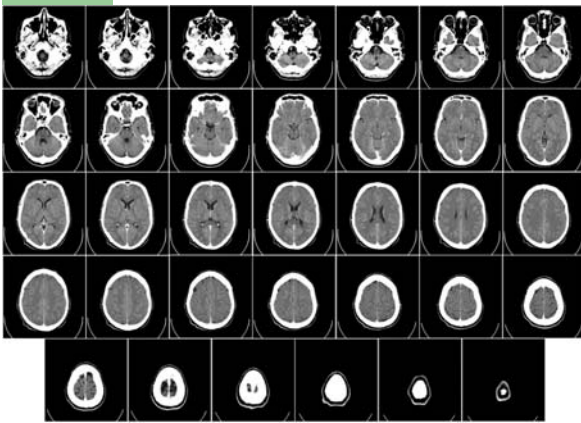
- در این بخش ضرایب تضعیف خطی ( $\mu$ ) محاسبه شده در بخش قبل به اعداد ساده تر و قابل فهم تر برای سیستم تبدیل می شوند.
- این اعداد قابل فهم را اصطلاحاً عدد سی تی (CT Number) یا عدد هانسفیلد می گویند.
- در تعیین عدد سی تی، ضریب تضعیف خطی آب به عنوان مرجع پذیرفته شده و به این ترتیب عدد سی تی خود آب صفر خواهد بود.
- در دستگاه های امروزی معمولاً عدد سی تی هوا (کمترین ضریب تضعیف) را  $-1000$  و عدد سی تی استخوان (بیشترین ضریب تضعیف) را حدوداً  $+1000$  در نظر می گیرند.
- کامپیوتر اعداد داخل فایل های داده خام (که همان نسبت اشعه عبور کرده به اشعه اولیه است) را خوانده و آنها را تبدیل به عدد عدد سی تی می کند.

## ۲- پردازش داده ها (Data Processing)

- پارامتری به نام فاکتور کنتراست ( $k$ ) وجود دارد که بیانگر تعداد سطوح خاکستری در تصاویر بازسازی شده است.
- به عنوان مثال اگر فاکتور کنتراست را  $k=1000$  در نظر بگیریم، در تصاویر ثبت شده، عدد سی تی  $+1000$  به صورت رنگ سفید و عدد سی تی  $-1000$  رنگ سیاه در نظر گرفته خواهد شد و  $2000$  سطح خاکستری بین این دو سطح به وجود خواهد آمد که می تواند در تصویر، نشان دهنده ضرایب تضعیف متفاوت در مقطع تصویربرداری شده باشد.

## ۳- نمایش تصاویر (Image Display)

- در این بخش بر اساس فاکتور کنتراست اعداد سی تی تبدیل به سطوح خاکستری (gray scale) قابل فهم توسط کاربر خواهند شد.
- رابطه بین عدد سی تی و سطوح خاکستری متناسب با درخواست کاربر قابل تغییر است که با تعیین مقدار kمشخص می شود.



- قدرت تفکیک مکانی (رزولوشن مکانی) یک پارامتر فیزیکی مهم در صفحه نمایش است که بستگی به ابعاد پیکسل دارد.
- ابعاد تصویر می تواند از  $64 \times 64$  تا  $2048 \times 2048$  پیکسل تغییر کند.

## ۳- نمایش تصاویر (Image Display)

- اگر بخواهیم نسبت هر پیکسل در نمایشگر به اندازه واقعی آن در مقطع تصویربرداری شده را پیدا کنیم، لازم است بدانیم که کاربر چه FOV (Field Of View) را پیش از آغاز تصویربرداری انتخاب کرده است.
- FOV ناحیه دایروی است که ضرایب تضعیف در آن ناحیه اندازه گیری شده است.
- به این ترتیب خواهیم داشت  $\text{Pixel size} = \text{FOV} / \text{matrix size}$
- به عنوان مثال اگر کاربر مقدار FOV را ۲۵ سانتی متر انتخاب کرده باشد و ماتریس تصویر  $512 \times 512$  باشد، اندازه هر پیکسل  $0.5$  میلی متر خواهد بود.

## ۴- ذخیره سازی و مستندسازی اطلاعات

- بعد از بازسازی تصاویر با تعداد سطوح خاکستری و رزولوشن (تعداد پیکسل) مورد نیاز پزشک، لازم است این تصاویر ذخیره و مستند سازی شوند تا در مراجعات بعدی بیمار قابل استناد و بررسی باشند.
- با توجه به توسعه روزافزون کامپیوتر، مستند سازی و ذخیره سازی اطلاعات به صورت دیجیتال بسیار ساده تر و به صرفه تر از مستندسازی و ذخیره سازی تصاویر سی تی اسکن به صورت دستی و فیزیکی است.

## دستگاه تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) (Magnetic Resonance Imaging)



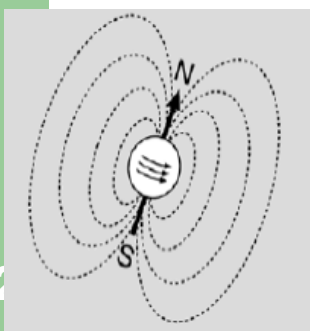


## تاریخچه

- اصول تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) بر پایه تشدید مغناطیسی NMR در سال ۱۹۴۰ به وسیله Bloch و Purcell به طور جداگانه کشف شد و از آن پس به عنوان یکی از شاخه های مهم علوم فیزیک و شیمی در آمد.
- در ابتدا شیمیدانها از NMR برای درک بهتر خواص مواد استفاده می کردند، اما کاربرد آن در سیستم های بیولوژیک در اوایل سال ۱۹۷۱ مرسوم شد.
- از آن زمان تا کنون NMR به مدد پیشرفت تکنولوژی به عنوان یکی از روشهای بسیار مفید در تشخیص بیماریها مورد استفاده قرار می گیرد.

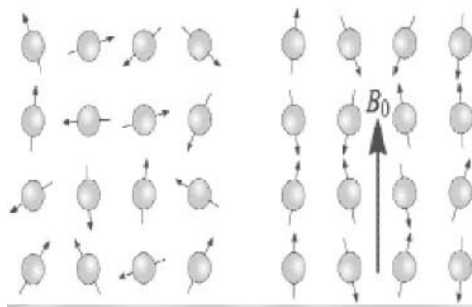
## اصول اساسی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)

- بدن انسان مانند تمام مواد دیگر از میلیون ها اتم ساخته شده است.
- هسته هر اتم به تنهایی همانند یک مغناطیس کوچک عمل می کند.
- در هسته هراتم پروتونها، به صورت زوج دارای اسپین های مخالف بوده و لذا خاصیت مغناطیسی یکدیگر را خنثی می کنند.
- لذا هسته هایی که دارای پروتون با تعداد فرد هستند، دارای اسپین یا ممتمم زاویه ای در جهت خاص هستند.
- بنابراین تنها عناصر و ایزوتوپ هایی مانند هیدروژن ( $Z=1$ )، کربن ( $Z=13$ )، اکسیژن ( $Z=17$ )، سدیم ( $Z=23$ )، فسفر ( $Z=31$ ) و کلسیم ( $Z=43$ ) دارای خاصیت اسپین هستند و سایر هسته ها فاقد آن می باشند.



## اصول اساسی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)

- در بدن انسان از بین این عناصر، هیدروژن بیشترین مقدار را دارا است.
- همچنین اتم هیدروژن تنها دارای یک پروتون بوده و دارای ممان مغناطیسی بزرگ می باشد.
- بنابراین وقتی اتم هیدروژن در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، اسپین های آن تمایل زیادی به هم جهت شدن با میدان مغناطیسی دارند.



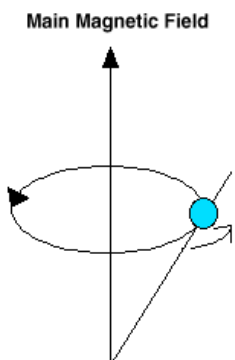
83

## اصول اساسی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)

- در اثر قرار گرفتن اتم هیدروژن در میدان مغناطیسی، پروتونهای آن علاوه بر حرکت چرخشی به دور خود می توانند تحت شرایط خاص، دارای حرکت گردشی به دور محور میدان مغناطیسی B نیز بشوند.
- فرکانس گردش پروتون به دور محور B را می توان از رابطه Larmor به دست آورد.
- طبق رابطه Larmor داریم:

$$f = \gamma B$$

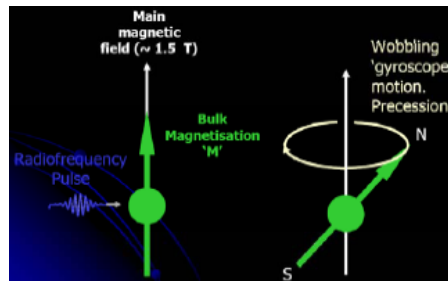
که در آن B شدت میدان مغناطیسی بر حسب تسلا،  $\gamma$  مشخصه اتم به نام نسبت ژیرومغناطیسی و f فرکانس گردش پروتون به دور محور میدان مغناطیسی می باشد.



84

## اصول اساسی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)

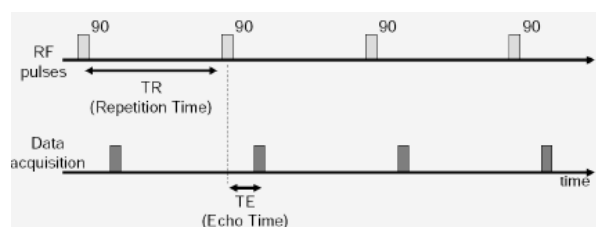
- نسبت ژیرومغناطیس اتم هیدروژن برابر  $\gamma = 42.57 \text{ MHz/T}$  است.
- در صورتیکه اتم هیدروژن را به عنوان مثال در میدان مغناطیسی با شدت  $B = 1.5 \text{ T}$  قرار دهیم، فرکانس لارمور  $f = 63.86 \text{ MHz}$  خواهد شد.
- برای اینکه پروتون ها با فرکانس لارمور شروع به گردش دور محور میدان مغناطیسی کنند، لازم است یک پالس RF (Radio Frequency) با فرکانسی دقیقاً برابر با فرکانس لارمور به آن تابیده شود.



85

## اصول اساسی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)

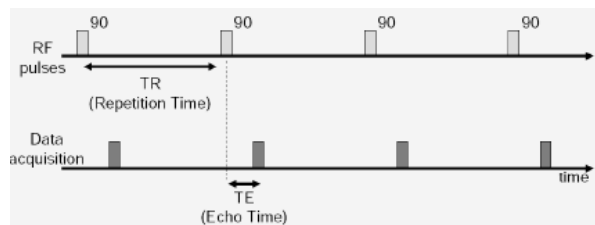
- در دستگاه MRI، پالس RF دقیقاً به بخشی از بافت مورد نظر که قرار است تصویربرداری شود، ارسال می شود.
- این پالس باعث می شود پروتونهای اتم هیدروژن آن ناحیه پس از جذب انرژی شروع به گردش دور محور میدان مغناطیسی با فرکانس لارمور کنند.



86

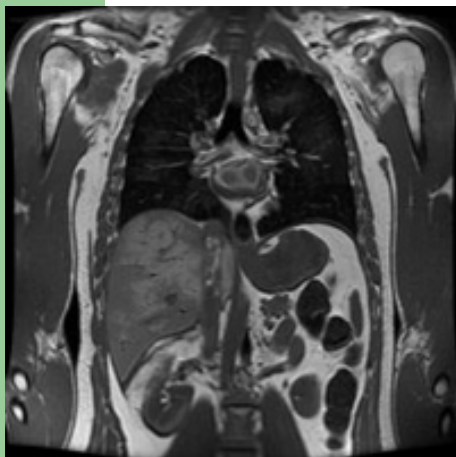
## اصول اساسی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)

- وقتی که پالس RF قطع شد، پروتونهای اتم هیدروژن شروع به برگشتن به حالت اولیه کرده و انرژی ذخیره شده در خود را با یک ثابت زمانی مشخص آزاد می کنند.
- به محض انجام این کار، سیگنالی از آنها ساطع می شود که این سیگنال ثبت شده و پس از تقویت و دیجیتالی شدن برای پردازش به کامپیوتر ارسال می شود.
- سپس با گرفتن تبدیل فوریه از سیگنال های دریافتی، دامنه آن در فرکانسهای مختلف آشکار شده و پس از انجام پردازش بعدی این مقادیر به تصویر MRI تبدیل می شوند.



87

## اصول اساسی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)



- مقدار انرژی که توسط پروتونهای بافت هدف جذب می شود وابسته به شدت و مدت زمان موج RF متفاوت است.
- همچنین مقدار و مدت زمانی که از پروتونهای بافت هدف انرژی آزاد می شود بستگی به ترکیبات شیمیایی و مواد اطراف آن دارد.
- بنابراین تصویر به دست آمده از هر بافت با بافت دیگر متفاوت خواهد بود.

88

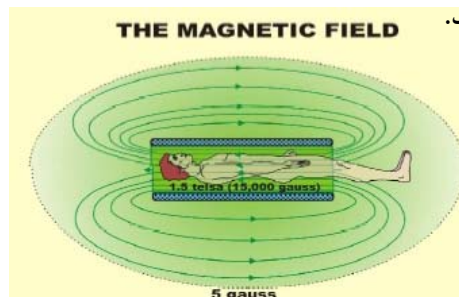
## اجزای دستگاه MRI

● دستگاه MRI شامل بخشهای زیر است:

- (۱) مغناطیس آهنربا
- (۲) سیم پیچ های فرکانس رادیویی (RF Coils)
- (۳) سیم پیچ های گرادیان (Gradient Coils)
- (۴) کنسول اپراتور
- (۵) تخت بیمار
- (۶) نمایشگرهای تصویر

## ۱- مغناطیس آهنربا

- برای انجام تصویربرداری تشدید مغناطیسی، باید نمونه در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد.
- میدان مغناطیسی مورد استفاده باید کاملاً یکنواخت باشد تا کیفیت تصاویر کاهش پیدا نکند.
- شدت میدان مغناطیسی مورد نیاز در دستگاه MRI بین ۰.۵ تا ۲ تسلا است. که این میدان در مقایسه با میدان مغناطیسی زمین که برابر ۰.۵ گاوس (هر گاوس برابر یک ده هزارم تسلا می باشد) است مقدار بسیار بزرگی است.
- شدتهای بیش از ۲ تسلا در زمینه های تحقیقاتی مورد استفاده قرار می گیرند و کاربرد تشخیصی ندارند.



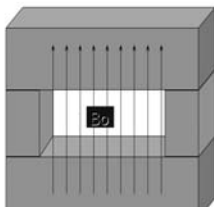
## ۱- مغناطیس آهنربا

- در دستگاه های MRI برای ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت و با شدت زیاد از یکی از روشهای زیر استفاده می شود:  
الف) مغناطیس های دائمی (permanent magnet)  
ب) مغناطیس های مقاومتی (resistive magnet)  
ج) مغناطیس های فوق هادی (super conductive magnet)

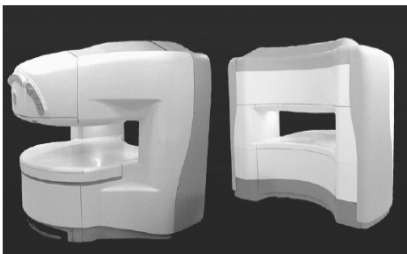
## الف- مغناطیس های دائمی (permanent magnet)

The Magnet

Permanent Magnet



Permanent Magnet



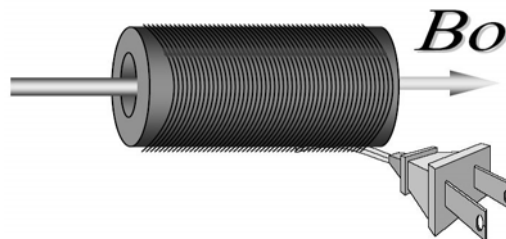
- آهن ربای دائمی از آلیاژهای مغناطیسی دائمی یا مواد سرامیکی آهنی مغناطیسی ساخته شده اند که در داخل یک قاب استیل قرار می گیرند و ایجاد میدان مغناطیسی در آنها نیازمند هیچگونه نیروی مغناطیسی نیست.
- تقریباً میدان مغناطیسی فرعی (میدان مغناطیسی خارج از خود ساختمان آهن ربا) در این موارد وجود ندارد.
- بنابراین در هنگام انتخاب محل، هیچگونه ضرورتی به در نظر گرفتن اثر مغناطیسی بر تجهیزات مجاور وجود نخواهد داشت.

## ب- مغناطیس های مقاومتی (resistive magnet)

- در آهن رباهای الکتریکی مقاومتی جریان الکتریکی عبور کننده از چهار تا شش سیم پیچ حلقوی یک میدان مغناطیسی را ایجاد می کند.
- مقاومت الکتریکی سیم پیچ ها، قدرت میدان در آهن رباهای مقاومتی را تا ۰.۵ تسلا یا کمتر محدود می کند.
- جریان موجود موجب ایجاد گرما می شود که باید توسط عناصر خنک کننده (آب موجود در داخل سیم پیچ ها) آهن ربا را خنک کند.

The Magnet

Resistive Magnet

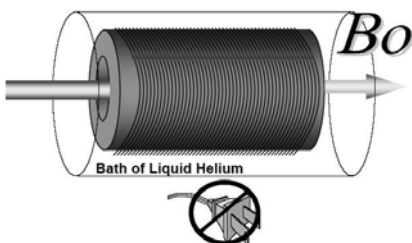


93

## ج- مغناطیس های فوق هادی (super conductive magnet)

The Magnet

Superconductive Magnet



Superconductive Magnet



- آهن رباهای ابررسانایی مشابه آهن رباهای الکتریکی مقاومتی عمل می کنند به جز آنکه سیم پیچ های انتقال دهنده جریان در آنها از آلیاژ نیوبیوم - تیتانیوم ساخته شده اند که در حرارت های پایین مقاومت صفر دارند و قادرند بدون نیاز به ولتاژ محرکه جریان را به طور دائمی به گردش در آورند.

- این سیم پیچها در هلیوم مایع در دمای ۲۶۹- درجه سانتیگراد نگه داشته می شوند.
- کل سیم پیچ داخل داخل حمامی از نیتروژن مایع عایق با دمای ۲۰۰- درجه سانتیگراد قرار دارد.

## ۲- سیم پیچ های فرکانس رادیویی (RF Coils)

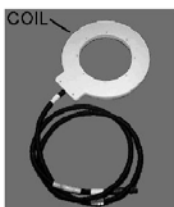
- در میدان مغناطیسی ثابت نیاز به یک پالس RF برابر با فرکانس لارمور اتم هیدروژن است که در پروتون های آن ایجاد برانگیختگی کند.
- همچنین یک گیرنده RF نیز برای آشکارسازی سیگنال های پالس برگشتی از بدن بیمار لازم است.
- سیم پیچ های RF برای تولید فرکانس رادیویی، از دستگاه انتقال دهنده جریان که انرژی خود را به صورت ناگهانی آزاد می کند، پالس تحریکی دریافت می کنند.
- سیگنال برگشتی از بدن بیمار نیز در سیم پیچ های RF پالس میکروولت کوچکی القاء می کند که سپس تقویت شده و به صورت دیجیتال تبدیل می شود و برای ارائه به کامپیوتر آماده می شود.

95

## ۲- سیم پیچ های فرکانس رادیویی (RF Coils)

- از آنجا که حجم تصویربرداری شده و به عبارت دیگر اندازه جثه بیمار، کارایی سیم پیچ RF را تحت تأثیر قرار می دهد اغلب دستگاه های MRI از سیم پیچ های مجزایی برای تصویربرداری سر و تنه استفاده می کنند.
- سیم پیچ های RF کوچکتر موسوم به سیم پیچ های صفحه ای به منظور تصویربرداری با قدرت تفکیک بالا از مهره ها، صورت، زانو، شانه ها و اندام ها طراحی شده اند.
- سیم پیچ های کمربندی یا زینی، سیم پیچ های حلقوی یا دورگرد، سیم پیچ های سلنویید و یا سیم پیچ های قابل انعطاف نیز در دسترس می باشند که توسط تولیدکنندگان دستگاه ارایه می شوند.

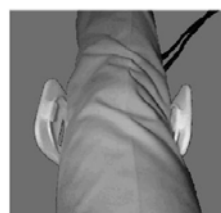
Circular Surface Coil



Wrist Coil



Knee Coil



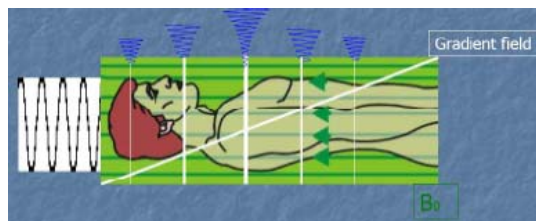
Head Coil





## ۳- سیم پیچ های گرادیان (Gradient Coils)

- علاوه بر میدان های مغناطیسی یکنواخت در MRI میدان های متغیر دیگری به نام گرادیان نیز وجود دارند.
- این سیم پیچ ها معمولا الکترومگنت های مقاومتی هستند که توسط تقویت کننده هایی با قابلیت تنظیم دقیق و سریع جهت و اندازه میدان ، تغذیه می شوند.
- این گرادیان ها دارای قدرتی در حدود ۲۰ تا ۱۰۰ میلی تسلا بر متر هستند.
- در واقع آنها جهت میدان مغناطیسی اصلی را در یک سطح محلی تغییر میدهند و این گرادیان است که صفحه تصویر برداری را تعیین می کنند.
- سرعت اسکن به عملکرد سیستم گرادیان وابسته است به طوری که گرادیان های قوی تر دارای سرعت تصویر برداری بیشتری هستند .



## ۴- کنسول اپراتور

- کلیه مدارات مربوط به پردازش داده و تبدیل آن به تصویر قابل فهم توسط کاربر در این بخش قرار دارد.
- علاوه بر این کنترل کل سیستم MRI و نیز تنظیم تمام فرامینی که توسط کاربر تعیین می شود در این بخش انجام می شود.



## ۵- تخت بیمار

- در دستگاه MRI بر خلاف سی تی اسکن نیازی به حرکت دادن تخت بیمار حین اسکن نیست.
- وظیفه تخت فراهم کردن شرایط مناسب برای بیمار حین تصویر برداری MRI می باشد به نحویکه بیمار حین عملیات تصویر برداری حرکتی نداشته باشد.

## ۶- نمایشگرهای تصویر

- پس از اینکه سیگنال های RF توسط کامپیوتر دریافت و پردازش شدند نیاز به نمایش تصاویر بازسازی شده به کاربر می باشد.
- این کار توسط نمایشگرهای مختلفی که در اختیار کاربر در اتاق جداگانه ای قرار داده شده اند انجام می شود.

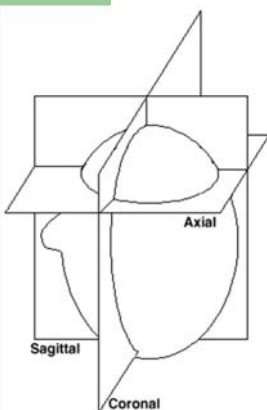
## مراحل تصویربرداری به روش MRI

- (۱) قسمت مورد نظر از بدن بیمار در یک میدان مغناطیسی ثابت و قوی قرار می‌گیرد.
- (۲) یک سری میدانهای مغناطیسی متغیر با شدت کم به بیمار اعمال می‌شوند.
- (۳) در همان حال یکدسته امواج رادیویی با طول موج معین، به صورت پالس تابیده می‌شود.
- (۴) پس از هر پالس امواج رادیویی، از بدن بیمار سیگنالهای الکتریکی دریافت می‌گردد.
- (۵) این علائم توسط کامپیوتر پردازش شده و به صورت تصویر در روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود.

10  
1

## مزایای تکنیک MRI نسبت به سایر روشهای تصویرنگاری

- هیچ آمادگی قبلی خاصی، مثل تزریق ماده حاجب و غیره برای بیمار ضروری نیست.
- به کمک این سیستم، نه تنها آناتومی عضو مورد نظر، بلکه بیوشیمی و فیزیولوژی آنرا نیز می‌توان بررسی کرد.
- به کمک این روش علاوه بر مقاطع عرضی می‌توان مقاطع sagittal، coronal و axial از هر ناحیه مورد نظر تهیه کرد.
- این تکنیک خطرات ناشی از اشعه X را به همراه ندارد.
- این سیستم ابعاد حقیقی عضو را در اختیار ما می‌گذارد.



## نکات ایمنی در استفاده از دستگاه MRI

- میدان مغناطیسی دستگاه MRI در مقایسه با میدان مغناطیسی زمین مقدار بسیار بزرگی است.
- تحت این میدان مغناطیسی قوی هر جسم فلزی که در اتاق MRI قرار داشته باشد، با شدت زیاد به سمت آن کشیده می شود.
- به عنوان مثال گیره های کاغذ، خودکار فلزی، دسته کلید، قیچی و هر جسم کوچک فلزی دیگر می توانند با سرعت بالا به سمت مغناطیس آهنربای دستگاه MRI و جایی که بیمار در آن قرار گرفته است، پرتاب شوند.

10  
3

## نکات ایمنی در استفاده از دستگاه MRI

- اجسامی مثل سطل فلزی، کپسول اکسیژن، برانکاره، دستگاه مانیتور قلبی، و اجسام بی شمار دیگری از این قبیل ممکن است به سمت آهنربای مغناطیسی دستگاه با شدت زیاد کشیده شوند.



10  
4

## نکات ایمنی در استفاده از دستگاه MRI

- برخی از گیره های جراحی که در درمان آنوریسم های مغزی مورد استفاده قرار می گیرند، می توانند تحت تأثیر میدان مغناطیسی، حرکت کنند و صدمات بالقوه مرگباری را برای بیمار ایجاد کنند.
- بنابراین باید افراد به دقت مورد غربالگری قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که این گیره ها از جنس مواد آهنی، نظیر آلیاژهای استیل ضد زنگ نباشد.
- پروتزهای دندانی، سیم کشی های دندان، یا هر گونه ابزار کاشتنی در بدن، می توانند کیفیت تصویر را به نحو قابل ملاحظه ای تحت تأثیر قرار دهند یا برای بیمار خطرناک باشند.
- اغلب پروتزهای ارتوپدی، از اجزای استیل ضد زنگ غیر آهنی و مواد غیرفلزی تشکیل شده اند و به میزان مختصری در تصویربرداری، تداخل ایجاد می کنند.

10  
5

## نکات ایمنی در استفاده از دستگاه MRI

- ضربان سازهای قلبی، نباید تحت تأثیر نامطلوب ناشی از قدرت های میدان مغناطیسی بیش از ۰/۰۰۱ تسلا قرار می گیرند.
- بنابراین تمام بیماران دارای ضربان ساز قلبی، نباید در نواحی دارای آهن ربا قرار داشته باشند و باید از دستگاه MRI نیز اجتناب کنند.
- سایر ابزارهای مکانیکی یا الکترونیکی کار گذاشته شده در بدن نظیر حلزون کاشته شده، محرک های عصبی و یا پمپ های انفوزیونی قابل کاشت نیز می توانند متأثر از مغناطیس آهنربای دستگاه MRI شوند.

10  
6

## دستگاه سونوگرافی



10  
7

## اصول امواج اولتراسوند

- واژه اولتراسوند (Ultrasound) یا فراصوت به امواج مکانیکی گفته می شود که فرکانس آنها بالاتر از حد شنوایی انسان باشد.
- فرکانس هایی که در سونوگرافی مورد استفاده قرار می گیرند بین ۱ تا ۱۵ مگاهرتز قرار دارند.
- انتخاب فرکانس در سونوگرافی با در نظر گرفتن قابلیت تفکیک و عمق نفوذ موج صوتی در بافت انجام می گیرد.

10  
8

## اصول امواج اولتراسوند

- سرعت انتشار موج آکوستیکی در محیط مادی از رابطه زیر به دست می آید:

$$c = \lambda f$$

- که در این رابطه  $C$  سرعت حرکت موج در محیط مادی بر حسب متر بر ثانیه،  $\lambda$  طول موج بر حسب متر و  $f$  فرکانس موج بر حسب هرتز می باشد.

## اصول امواج اولتراسوند

- سرعت امواج آکوستیکی در بافت‌های نرم تقریباً به هم نزدیک است در حالی که سرعت در استخوان بسیار زیادتر است.
- هرچه چگالی محیط بیشتر باشد، سرعت انتشار موج بالاتر است.

چگالی	سرعت m/s	ماده
0.001339	330	هوا
0.2	1570	خون
0.9	1570	مغز
0.6	1450	چربی
2.3	1590	ماهیچه
13	4080	استخوان جمجمه
1	1480	آب

## اصول امواج اولتراسوند

- امپدانس آکوستیکی محیط طبق رابطه زیر تعریف می شود:

$$Z = \rho c$$

- که در این رابطه  $Z$  امپدانس آکوستیکی،  $\rho$  چگالی محیط و  $C$  سرعت انتشار موج در محیط است.

$$\rho \rightarrow \text{kg} / \text{m}^3$$

$$c \rightarrow \text{m} / \text{s}$$

$$Z \rightarrow (\text{kg} / \text{m}^2 \text{s}) * 10^6 \rightarrow \text{MRayl}$$

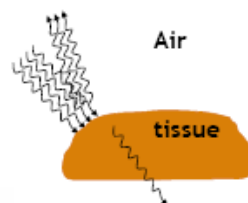
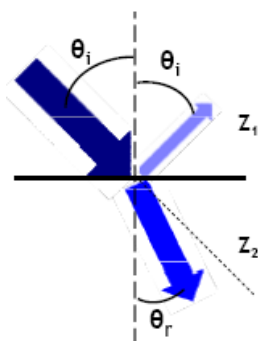
Medium	Acoustic Impedance (kg/m <sup>2</sup> .s) x10 <sup>6</sup>
Air	0.0004
Blood	1.66
Bone	3.75-7.38
Brain	1.55-1.66
Fat	1.33
Kidney	1.62
Lung	0.26
Liver	1.66
Muscle	1.65-1.74
Water	1.48

- امپدانس آکوستیکی بر حسب واحد ریلی یا مگا ریلی بیان می شود.

11  
1

## اصول امواج اولتراسوند (انعکاس)

- وقتی یک موج آکوستیکی از یک محیط با امپدانس  $Z_1$  به محیط دیگر با امپدانس  $Z_2$  وارد شود، بخشی از موج منعکس شده و بخشی دیگر عبور می کند.
- از طرفی هرچه اختلاف امپدانس بین بافتهای مختلف بیشتر باشد، درصد بیشتری از موج منعکس می شود.



11  
2



## اجزای دستگاه سونوگرافی



- دستگاه سونوگرافی از سه قسمت اصلی تشکیل شده است:

- (۱) مانیتور
- (۲) پروب
- (۳) یونیت اصلی

3

## ۱- مانیتور



- مانیتور وظیفه نمایش سیگنالهای تصویری ارسالی از یونیت اصلی بر عهده دارد.

4

## ۲- پروب

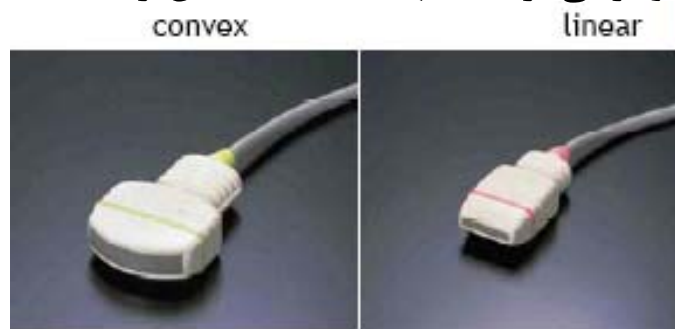
- وظیفه آن تولید و ارسال امواج اولتراسوند و نیز دریافت امواج بازگشتی (echo) و تبدیل آن به علایم الکتریکی و انتقال آن به یونیت اصلی است.
- تولید امواج توسط یک مبدل (Transducer) که معمولاً یک کریستال پیزوالکتریک است انجام می پذیرد.
- خصوصیات مانند ابعاد، ضخامت و نوع کریستال پیزو، تعیین کننده مشخصات موج اولتراسوند تولیدی آن، از جمله فرکانس آن است.

## ۲- پروب

- عمق نفوذ و کیفیت تصویر بستگی به فرکانس مبدل دارد.
- به طور کلی مبدلهای با فرکانس بالا، قدرت تفکیک خوبی برای تصاویر دارند، اما قدرت نفوذ آن‌ها کم است.
- در مبدل‌های با فرکانس پایین، کیفیت تصویر پایین آمده ولی عمق نفوذ بیشتر خواهد شد.
- به همین دلیل برای بدست آوردن تصویر از بافتهای عمقی از فرکانسهای پایین و برای بدست آوردن تصویر از بافتهای سطحی از فرکانسهای بالا استفاده می کنند.

## ۲- پروب

- به عنوان مثال برای سونوگرافی کبد و کلیه از پروب ۵.۳ مگا هرتز و برای سونوگرافی از سینه از پروب ۵.۷ مگا هرتز استفاده می گردد.
- تفاوت دیگر پروبها در شکل ظاهری آنهاست تا قابلیت انطباق جهت سونوگرافی از قسمت‌های مختلف بدن را داشته باشند.



11  
7

## انتخاب نوع پروب

براساس ورودی‌های مختلف و میدان دید متفاوت می توان پروب ها را به انواع زیر تقسیم بندی کرد:

### ۱- پروب خطی:

- این نوع پروب ها چهار گوشه ای هستند؛ در نتیجه مورفولوژی میدان دید چهار گوشه‌ای است.
- معمولاً از تعداد زیادی کریستال (تا ۴۰۰ عدد) کاملاً مشابه ساخته شده اند و به طور الکترونیکی یکی پس از دیگری فعال می شوند. برای این که بتوان خطوط دید بی‌شماری را به دست آورد، باید کریستال های خیلی کوچک به کار برد.
- از مشکلات این پروب، بزرگی آن است، که در بعضی نواحی آناتومیک مشکل آفرین است، خصوصاً در فضاهای بین دنده ای



11  
8

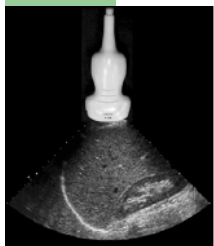
## انتخاب نوع پروب

### ۲- پروب کانوکس (Convex)

- نوع متغیری از مبدل خطی است. سرامیک های پیزوالکتریک به شکل محدب چیده شده اند و امواج صوتی به طور شعاعی از میدان ژئومتری خارج می شود.
- از این پروب برای دیدن فضاهاى بین دنده ای استفاده می شود.
- ایراد این پروب از دست دادن قدرت تفکیک جانبی در قسمت های سطحی تر میدان دید.

### ۳- پروب درون حفره ای

- برای بررسی بعضی از حفره های داخلی بدن استفاده می شود.



11  
9

## ۳- یونیت اصلی

- یونیت اصلی دستگاه سونوگرافی شامل مدارات پیچیده مجهز به نرم افزارهای تخصصی است.
- این قسمت سیگنالهای الکتریکی را دریافت و پس از پردازش نرم افزاری آنها را بصورت تصویری در مانیتور نمایش می دهد.



12  
0

## نحوه تهیه تصاویر اولتراسوند از بدن

به منظور یافتن اطلاعات تشخیصی به کمک اولتراسوند ، روش های تصویربرداری متفاوتی وجود دارد:

### :A.Scan

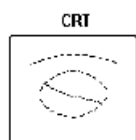
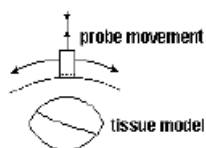
- مخفف واژه Amplitude Scan است که ساده ترین نوع نمایشی اولتراسوند بوده و با دامنه اکوهای بازگشتی سروکار دارد.
- در این روش دامنه امواج بازتابی به عنوان یک مقیاس ضبط می شود و سپس تصاویر به صورت یک بعدی نمایش داده می شوند.

12  
1

## نحوه تهیه تصاویر اولتراسوند از بدن

### :B.Scan

- به منظور تهیه تصاویر ماورا صوتی دو بعدی از بافت های بدن، از اسکن B استفاده می شود.
- به طور ساده منظور از مد B نمایش روشنایی بازتاب ها است. سیگنال های بازتاب شده در اسکن B روی مانیتور به صورت نقاط روشن نمایش داده می شوند.



12  
2

## نحوه تهیه تصاویر اولتراسوند از بدن

- در تهیه تصاویر ماورا صوتی با روش اسکن B دو فرض در مورد مکان بافت ها (بازتاب ها) در نظر گرفته می شود:  
(۱) بازتاب ها از امتداد محور ترانسدیوسر (امتداد پرتو تابشی) به ترانسدیوسر باز می گردند.  
(۲) زمان بین ارسال پالس و دریافت بازتاب آن با فاصله بین مانع و ترانسدیوسر نسبت مستقیم دارد.



- اسکن B مجموعه ای از اسکن های A بوده که در آن دامنه ها به نقاط روشن تبدیل شده اند.  
● در این مد وجود نقطه روشن، نشان دهنده مرز ناحیه، شدت روشنایی بیان کننده درصد انعکاس و نوع بافت، و مکان نقطه روشن بیانگر عمق بافت است.

12  
3

## نحوه تهیه تصاویر اولتراسوند از بدن

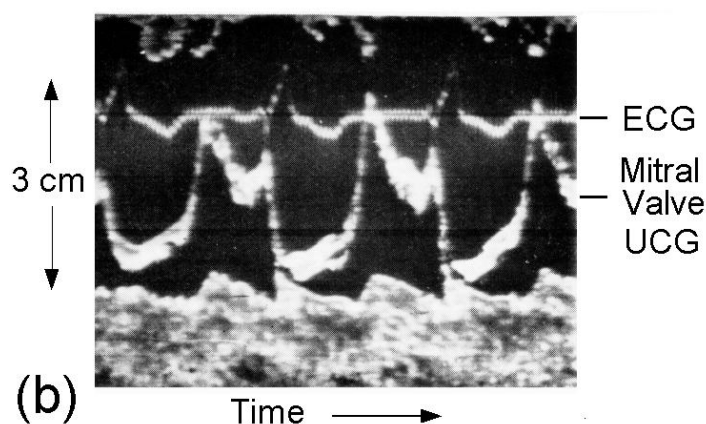
### مد - M:

- مد M برای اندازه گیری سرعت عضوهایی مثل قلب و دریچه های آن و معده استفاده می شود.
- این مد برای نمایش حرکت نیز استفاده می شود و ترانسدیوسر به طور ثابت روی عضو مورد نظر که در حال حرکت یا نوسان است، قرار می گیرد.
- سپس یک پالس ماوراصوتی در مدت حدود یک تا پنج میکروثانیه به طرف عضو فرستاده شده و ترانسدیوسر برای مدت حدود ۳۰۰ میکروثانیه (بستگی به عمق مورد مطالعه دارد) برای دریافت بازتاب ها به عنوان گیرنده عمل می کند.

12  
4

## نحوه تهیه تصاویر اولتراسوند از بدن

- پس از دریافت بازتاب ها ، که به صورت پالس های مد A است ، این پالس ها بسته به شدت به نقاط روشن تبدیل شده و روی اسیلوسکوپ به صورت عمودی نمایش داده می شوند.
- به عبارتی اسکن M مجموعه ای از خطوط اسکن های B ساکن است که طی زمان روی صفحه اسیلوسکوپ به وجود می آید.



12  
5

## نحوه تهیه تصاویر اولتراسوند از بدن

### روش D یا مد داپلر

- مد داپلر بیشتر برای اندازه گیری سرعت سیالات بدن مانند خون و صفرا به کار می رود.
- در مد داپلر، ترانسدویسر یک موج ماوراصوتی با فرکانس مشخص به سمت گلبول درون یک رگ می فرستد.
- از روش داپلر برای تعیین سرعت جریان خون در رگها و نیز جهت جریان خون (خون سرخرگی و یا سیاهرگی) استفاده می شود.

12  
6

## پارامترهای کیفیت تصویر

### تعداد سطوح خاکستری

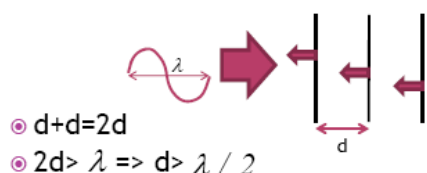
- بر اساس ساختار دستگاه، تعداد سطوح خاکستری ایجاد شده در دستگاه می تواند روی کیفیت تصویر تأثیر داشته باشد.
- تعداد سطوح خاکستری وابسته به دامنه سیگنال دریافتی و تعداد بیت‌هایی است که در بخش دیجیتال دستگاه برای آن در نظر گرفته شده است.
- هرچه تعداد بیت‌های مبدل آنالوگ به دیجیتال دستگاه بالاتر باشد، کیفیت تصویر بیشتر و قابلیت تفکیک بافتهای مختلف از یکدیگر بهتر خواهد بود.

12  
7

## پارامترهای کیفیت تصویر

### رزولوشن محوری

- رزولوشن محوری به حداقل فاصله مکانی دو نمونه متوالی در روی محور عمق که بتوان از هم تفکیک کرد گفته می شود.



- در ارسال موج سینوسی بایستی موج ارسالی تمام شود تا انعکاس از اولین لایه که فاصله  $2d$  دارد به گیرنده برسد.
- برای بهبود رزولوشن محوری باید فرکانس را افزایش داد.
- با افزایش فرکانس طول موج کوتاهتر و تشخیص لایه های نزدیک به هم بهتر خواهد بود.

12  
8



## پارامترهای کیفیت تصویر

### رزولوشن جانبی

- حداقل فاصله مکانی بین دو نمونه متوالی در یک عمق ثابت که بتوان از هم تفکیک کرد را رزولوشن جانبی گویند.
- رزولوشن جانبی با فاصله چینش مبدل های آرایه ای در کنار هم وابسته است.
- در رزولوشن جانبی بایستی نرخ نایکوئیست مکانی رعایت شود.



12  
9

## کاربردهای دستگاه سونوگرافی

### • بیماریهای زنان و زایمان

- مانند بررسی قلب جنین ، اندازه گیری قطر سر (سن جنین)، بررسی جایگاه اتصال جفت و محل ناف، تومورهای پستان.

### • بیماریهای مغز و اعصاب

- مانند بررسی تومور مغزی ، خونریزی مغزی به صورت اکوگرام مغزی یا اکوانسفالوگرافی.

### • بیماریهای چشم

- مانند تشخیص اجسام خارجی در درون چشم ، تومور عصبی ، خونریزی شبکیه ، اندازه گیری قطر چشم، فاصله عدسی از شبکیه.

13  
0

# کاربردهای دستگاه سونوگرافی

- **بیماریهای کبدی**
  - مانند بررسی کیست و آبسه کبدی.
- **بیماریهای قلبی**
  - مانند بررسی اکوکار دیوگرافی.
- **دندانپزشکی**
  - مانند اندازه‌گیری ضخامت بافت نرم در حفره‌های دهانی.
- این امواج به علت اینکه مانند تشعشعات یونیزان عمل نمی‌کنند. بنابراین برای زنان و کودکان بی‌خطر هستند.