

## فلورسکوپی

### تاریخچه

اولین سیستمهای فلوروسکوپی که به عنوان آشکارساز بود یک پرده فلوروسکوپی بود که پزشک مستقیماً آن را می‌دید. در این سیستمها فوتونهای اشعه ایکس که به پرده می‌رسند تبدیل به فوتونهای نور مرئی میشوند که توسط مشاهده کننده قابل رؤیت بود. جنس پرده ها سولفید کادمیم روی بودند و نورسبز متمایل به زرد متشعشع می کردند. یک شیشه سربی از پرتوهای زیاد اشعه ایکس محافظت می کرد و درجه تفکیک را می کاست. ولی عیب آن این بود که چون پرده، نور ضعیفی را تابش میکرد، پزشکان باید در اتاق تاریک کار می کردند و قدرت تشخیص کنتراست آنها کم بود. در سیستمهای مدرن، یک لوله تشدید کننده نقش آشکارساز را دارد. لوله تشدید کننده دارای یک پرده فلورسنت، کاتد نوری (فوتوکاتد) و پرده فسفوری است. فوتونهای اشعه ایکس پس از برخورد به پرده فلورسنت به فوتونهای نوری تبدیل می شوند. الکترونهای نوری را با پتانسیل 25 kV شتاب می دهند و توسط یک لنز الکترواستاتیکی روی یک پرده فسفوری کوچک متمرکز می کنند. سپس تصویر با یک دوربین تلویزیونی و یک سیستم بزرگ کننده قابل مشاهده است. گاهی به جای دوربین تلویزیونی از دوربین سینمایی 16 mm استفاده میشود که درجه تفکیک بهتری دارد ولی برای مشاهده در طول آزمایش دوربین تلویزیونی بهتر است.



## فلوروسکوپی

### تجهیزات فلوروسکوپی:

ساده ترین شکل دستگاه فلوروسکوپی شامل میز رادیوگرافی، تیوب زیرین تخت و صفحه تشدید کننده در بالای میز می باشد. صفحه حاوی ماده ای نظیر

سولفید کادمیم است که بر روی ورقه نازک پوشش داده شده و پایین صفحه محافظ پلاستیکی در وسط بیمار و صفحه شیشه ای سرب دارد در طرف بیننده قرار گرفته است این مجموعه داخل قاب فلزی که از صفحه محافظت می کند و حرکت تیوب زیرین را با صفحه هماهنگ می کند، قرار می گیرد .

روشنایی صفحه فلورسنت را می توان با افزایش جریان تیوب اضافه کرد چه تصویر مستقیم روی صفحه فلورسنت و چه توسط تقویت کننده و سیستم تلوزیونی مدار بسته دیده شود مسلماً باید تیوب اشعه ایکس و سیستم ثبات بهم متصل باشند و همزمان حرکت کنند.

تعویض کننده سریال (وسیله برای اسپات فیلم):

این قسمت کاست را به محلی که آماده پرتو دهی است می آورد. سیستم اینتراک اطمینان می دهد تا زمانی که تیوب زیر تخت از حالت اسکی به رادیوگرافی تبدیل نشد و نتوان پرتو تولید کرد، اندازه و میدان پرتو بسته به فاصله معین تا کانون به طور اتوماتیک محدود می شود . به کمک سلکتور قالب هر اندازه دلخواه از فیلم را میتوان تحت تابش قرارداد یا توسط پوشش های سربی می توان در قسمت های مختلف یک فیلم پرتو دهی های متعدد داشت یعنی یک فیلم را می توان به دو چهار شش یا هشت قسمت کوچک تقسیم کرد .

### تغییر از وضعیت فلوروسکوپی به رادیوگرافی :

هنگام این تغییر وضعیت زیر اتفاق می افتد:

- 1- ابتدا با فشار دادن کلید اکسپوژر مدارها برای اکسپوژرها آماده می شوند .
- 2- مدارات فلوروسکوپی از مدار خارج می شوند .
- 3- مدارات رادیوگرافی مورد نظر در مدار قرامی گیرند.
- 4- کاست به محل اکسپوژر کشیده می شود .
- 5- با ادامه فشار کلید اکسپوژر با فشار مجدد کلید، اکسپوژر انجام می شود .

تایمر فلوروسکوپی:

در اغلب بخش ها به مدار فلوروسکوپی تایمری وصل است که زمان فلوروسکوپی هر بیمار را نشان می دهد. کاربر مدت هر آزمایش را روی تایمر انتخاب می کند .

## اندازه گیری دوز بیمار:

وسیله ای که دوز پرتو بیمار را طی آزمایشات تشخیص اندازه گیری می کند Diamentor است. این وسیله شامل اتاقتک یونیزاسیون مسطح، پیش آمپلی فایر، وسیله اندازه گیری و نمایشگر است. با هر شمارش علایم صوتی از میکروفون پخش می شود. زمانی که شمارنده دوز آزمایشی را در یک آزمایش نشان داد، با فشار یک دکمه می توان آن را صفر کرد. هم چنین دوز بیمار را می توان با استفاده از دیسک های ترمولومینسانت اندازه گیری کرد .  
بزرگ نمایی:

با اعمال انرژی به الکتروود متمرکز کننده ثانویه می توان سطح کوچکی از فسفر ورودی را تا حد زیادی برای آنکه تمام سطح فسفر خروجی را بپوشاند بزرگ نمود .  
به علت کاهش اندازه میدان ورودی، تعداد الکترون کمتر برای پوشش فسفر خروجی موجود خواهد بود .

## رویت تصویر خروجی:

به چند طریق میتوان تصویر کوچک خروجی را مشاهده یا ثبت کرد:

- 1- رویت مستقیم با چشم (امروزه کمتر صورت می گیرد)
- 2- روی مانیتور تلویزیونی با استفاده از سیستم مدار بسته تلویزیونی
- 3- فوتوگرافی تصویر روی فیلم های بریده و یا فیلم نواری
- 4- ثبت تصویر روی سینه فیلم
- 5- دوربین های تلویزیونی

در تصویر برداری پزشکی معمولا از دونوع دوربین تلویزیون استفاده میشود:

1- دوربین ویدیکون

2- دوربین پلابیکون

## کینسکوپي:

با استفاده از سینه دوربین میتوان تصویر کوچک روی مانیتور تلویزیون را ضبط کرد. شاتر دوربین باید با باریکه الکترونی که صفحه مانیتور را جاروب می کند هماهنگ باشد .

مزیت روش ضبط سینمایی آن است که لازم نیست بیمار پرتوی بیش از آنچه برای ضبط

تلوزیونی لازم است دریافت کند.

معایب این روش عبارتند از:

1- از دست رفتن اطلاعات، زیرا شاتر دوربین سینمایی تا وقتی که قسمت جدید از فیلم کشیده شود بسته می ماند.

2- احتمالاً روی تصویر لکه ظاهر می شود، زیرا در هر فریم فیلم سینمایی از دوز کمتر استفاده می شود .

3- اگر دوربین و سیستم تلوزیونی کاملاً هماهنگ نباشد ممکن است خطوط افقی روی سینه فیلم ظاهر شود



### ساختار تیوپ تشدید کننده تصویر:

کار این تیوپ :

تبدیل تصویر اشعه ایکس به یک تصویر نوری قابل دیدن که شدت روشنایی آن به حد کافی بوده و بتوان آنرا به راحتی مشاهده کرد.

اجزاء تیوپ :

یک آند یک کاتد و یک یا دو الکتروود متمرکز کننده که همگی درون یک محفظه شیشه ای ناقوسی شکل قرار دارند.

کاتد همان صفحه بزرگ فسفر ورودی (input phosphor)، آند همان صفحه فسفر کوچک

خروجی (output phosphor) و الکتروود های همان لنزهای الکترو استاتیکی هستند که بین آند و کاتد درون محفظه شیشه ای قرار دارند.

تمام سطوح تیوپ باید دارای کمی انحنای باشند تا در برابر اختلاف فشار بین درون (خلأ) و بیرون محفظه (هوا) مقاومت می کنند.

صفحه فسفر ورودی از یک ماده فلورسانس که بصورت ذرات بخار در آمده و روی یک صفحه نازک آلومینیومی رسوب داده شده تشکیل شده و قطر آن بین 15 تا 20 سانتیمتر است.

ماده فلور سانس در واقع یدور سزیم (CSI) است. در دستگاههای قدیمی تر سولفور کادمیم و روی تقویت شده استفاده می شد. جهت گیری عمودی بلورهای CSI، تراکم بیشتر و عدد اتمی بالاتر از خواص خوب CSI می باشد. همچنین این ماده دارای بهره بالاتر بوده و رزولوشن یا دقت تصویر ایجاد شده توسط آن بیشتر است. تبدیل تعداد بیشتر فوتون های اشعه ی ایکس به فوتون های نوری باعث کاهش نویز تصویر می شود. کار صفحه فسفر تولید نور متناسب با نرون اشعه تابیده شده است.

فوتوکاتد یکی دیگر از اجزاء تیوپ است و از مجموعه ای از ترکیبات آنتیموان و سزیم تشکیل شده است تا تصویر فوتونی ایجاد شده توسط صفحه فسفر ورودی را به یک تصویر الکترونی تبدیل کند، یعنی با برخورد نور، از خود الکترون ساطع نماید.

این الکترونها با اختلا ف پتانسیل 25 تا 35 کیلو وات (که بین آند و کاتد است) به طرف آند شتاب می گیرند. در طول مسیر توسط لnrهای الکتروستاتیکی روی صفحه فسفر خروجی متمرکز می شوند. قطر صفحه فسفر خروجی 15 تا 25 میلیمتر است. این صفحه از بخارات رسوب سولفات کادمیم فعال شده با نقره، روی یک صفحه آلومینیومی نازک تشکیل شده است. تصویر تشکیل شده روی صفحه خروجی شدت روشنایی بسیار زیادتری نسبت به تصویر صفحه ورودی دارد.

محفظه شیشه ای تیوپ 2 تا 4 میلیمتر ضخامت دارد و در یک محفظه فلزی پوشش سرب قرار گرفته است .

### **دو روش برای دیدن تصویر خروجی وجود دارد:**

- 1- استفاده از سیستم نمایش آینه ای
  - 2- استفاده از دوربین فیلمبرداری و صفحه نمایش تلویزیونی
- در سیستم آینه ای تصویر خروجی تیوپ توسط تعداد عدسی و آینه به چشم فرد می رسد. مزیت این روش سادگی و هزینه پائین آن نسبت به سیستم نمایش تلویزیونی است. عیب آن این است که در هر لحظه یک یا دو نفر می تواند تصویر را ملاحظه کنند.
- در سیستم نمایش تلویزیونی تصویر خروجی تیوپ توسط یک دوربین فیلمبرداری می باشد و توسط یک صفحه نمایشگر تلویزیونی به صورت بلادرنگ نمایش داده می شود. مزیت این روش

مشاهده همزمان چند تصویر است. مزایای دیگر امکان بهبود کنتراست تصویر و امکان ذخیره سازی و انتقال تصاویر به محل دیگر می باشد.

عیب آن پیچیده بودن و هزینه بالای تجهیزات آن است .

اولین مسئله در مورد این سیستم کوپل کردن تصویر خروجی صفحه فسفر خروجی به دوربین تصویر برداری است .

این عمل به دوروش قابل انجام است :

1-سیستم فیبر نوری

2-سیستم عدسی

در سیستم فیبر نوری یک صفحه فیبر نوری نازک یک ارتباط خوب بین فسفر خروجی و تیوب تشدید کننده و دوربین تلوزیونی برقرار می کند.

در سیستم عدسی دو عدسی و یک آینه نیمه شفاف به کار می رود. عدسی اول به آن عدسی شیئی میگویند، نور ساطع شده توسط صفحه فسفر خروجی را می گیرد و به یک دسته نور موازی تبدیل می کند. آینه نیمه شفاف در مسیر این نور باعث می شود تا دسته نور به دو دسته تقسیم شود. یک دسته به عدسی دوربین رفته و بعد از همگرایی به ورودی دوربین تصویر برداری می رسد. دسته دوم نیز می تواند به ورودی یک سیستم تصویر برداری دیگر مثل دوربین اسپات فیلم یا دوربین سینمایی تحویل داده شود. با تعیین محل عدسی های چشمی با توجه به اندازه صفحه فسفر خروجی، ورودی دوربین می تواند کوپلینگ مناسب را بین این دو ایجاد کند.

### **تشدید کننده های تصویر مسطح :**

در این حالت یک تصویر با اندازه واقعی و غیر معکوس ایجاد می کند. به جای تصویر برداری الکترونی - نوری از روشی به نام تمرکز نزدیک فوتو الکترونی استفاده می شود. در این روش فوتوکاتدها و صفحات فولورسانس در مقابل هم و به صورت موازی قرار میگیرند و اختلاف ولتاژ 15 کیلو وات بین آنها برقرار است. آنگاه یک میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می شود و یک تصویر یک به یک با لبه های تیز ایجاد می شود .

اشعه ایکس تابیده شده به صفحه ورودی تبدیل به فوتونهای نوری می شود. از برخوردهای

فوتونهاى نوری با فوتوکاتد اول الکترون تولید می شود. الکترونها تحت اثر میدان انرژی جذب می کنند و به صفحه فلورسانس اول برخورد کرده و تصویری روشن تر از تصویر قبلی ایجاد می کنند. این تصویر صفحه فلورسانس دوم را تحریک می کند. صفحه دوم همان صفحه خروجی است که نوری در محدوده سبزی ایجاد می کند .

### دوربین های تلویزیونی:

دو نوع دوربین تصویر برداری وجود دارد :

1- دوربین ویدیکون (vidicon) که متداولتر است .

2- دوربین ارتیکون (orthicom).

اجزا اصلی یک دوربین ویدیکون: یک محفظه شیشه ای تخلیه شده از هوا شامل یک صفحه سیگنال (signal plode) یک هادی نور (photo conductor) و یک تفنگ الکترونی (electron gun) گمی باشد .

با تابش نور به صفحه هادی، مقاومت الکتریکی قسمتهای مختلف صفحه متناسب با نور تابیده شده تغییر می کند. تغییر در مقاومت باعث شارژ بار بین صفحه سیگنال و لایه هادی نور می شود. یک تفنگ الکترونی یک شعاع الکترونی ایجاد می کند که لایه هادی نوری را جاروب می کند. شعاع الکترونی هر نقطه از لایه هادی نور را دوباره تا مقدار اولیه شارژ می کند. مقدار جریان لازم برای شارژ اندازه گیری شده و پس از تقویت به مونتور ارسال می شود، سپس دامنه سیگنال ویدئویی حاصل در هر لحظه متناسب با جریان لازم برای شارژ مجدد یک نقطه از لایه هادی نور و در نتیجه متناسب با شدت نور تابیده شده به آن نقطه می باشد .

تیوب دوربین یک منبع جریان با مقاومت بالاست و مقاومت داخلی آن چند مگا اهم است . برای داشتن تطبیق امپدانس خوب مقاومت ورودی  $R_i$  بالا لازم است . صفحه سیگنال و لایه هادی نور تیوب مشابه یک خازن موازی با این مقاومت عمل می کنند . (Ci) با افزایش فرکانس، ولتاژ در ورودی تقویت کننده کاهش می یابد . اگر پاسخ فرکانسی تقویت کننده عکس پاسخ

فرکانسی ورودی باشد، در خروجی یک پاسخ فرکانسی مسطح داریم. بهره متناسب با حاصلضرب  $Ri * Ci$  افزایش می یابد.

مونیتور :

مونیتور یک سیستم نمایش تلویزیونی است که در واقع سیگنال ویدئویی مرکب (که عبارت است از سیگنال ویدئویی تقویت شده که پالسهای همزمان افقی و عمودی روی آن سوار شده اند) را از طریق یک کابل کواکسیال با امپدانس 75 اهم دریافت می کند. دو نوع مونیتور در سیستم نمایش تلویزیونی اشعه ایکس بکار می-رود :

1- نمونه استاندارد

2- نمونه با رزولوشن بالا یا 1249 خط

در نمونه استاندارد نسبت عرض به ارتفاع مونیتور 3:4 و در نمونه با رزولوشن بالا 1:1 است. کنتراست و شدت روشنایی مونیتور باید قابل کنترل باشد. کنتراست با بهره تقویت کننده و شدت روشنایی با ایجاد کنتراست و شدت روشنایی مونیتور باید قابل کنترل باشد. کنتراست با بهره تقویت کننده و شدت روشنایی با ایجاد بایاس منفی روی گرید ابتدایی مونیتور نسبت به ولتاژ کاتد تأمین می شود.

سیستم کنترل روشنایی اتوماتیک:

شدت روشنایی یک تصویر فلوروسکوپی بسته به اینکه از کدام ناحیه بدن تصویر برداری کنیم و ضخامت و چگالی آن ناحیه، تغییر می کند. برای ثابت نگه داشتن میزان روشنایی دو راه وجود دارد :

1- کنترل بهره سیستم تقویت کننده تلویزیونی (کنترل اتوماتیک بهره یا AGC)

2- کنترل میزان اشعه تابیده به شخص (کنترل اتوماتیک روشنایی ABC)

### کنترل بهره سیستم تقویت کننده:

به راحتی و با هزینه کم قابل اجراست. اشکال این روش این است که افزایش بهره بدون افزایش میزان اشعه ورودی نسبت سیگنال به نویز را کاهش می دهد. در این روش بهره سیستم تقویت کننده تصویر و پارامترهای قابل تنظیم دوربین تصویر برداری به طور اتوماتیک و با گرفتن فیدبک از مقدار شدت روشنایی تصویر خروجی کنترل می شوند، به طوری که شدت



روشنایی تصویر ثابت بماند .

در روش کنترل میزان اشعه ورودی : ABC با افزایش یا کاهش میزان اشعه ورودی به تیوب تشدید کننده تصویر روشنایی تصویر را تغییر میدهیم. برای انجام این روش سه راه وجود دارد:

1- سیستم کنترل اتوماتیک کیلو وات

در این روش ولتاژ اولین ژنراتور ولتاژ بالا توسط سیگنالی که متناسب با میزان روشنایی تصویر است تغییر داده می شود. روشنایی کمتر باعث افزایش میزان kV و روشنایی بیشتر باعث کاهش میزان kV می شود. تغییر kV با ثابت نگه داشتن میزان mA صورت می گیرد. مزیت اصلی روش: دامنه وسیع دینامیکی حدود 20:1 یا بیشتر و ازدست رفتن کنتراست در تصویر برداری از قسمت‌های ضخیم و چگالتر بدن است.

## 2- سیستم کنترل اتوماتیک میلی آمپر

در این روش میزان kV دو سر تیوب اشعه ایکس ثابت است و با تغییر جریان فیلمان، کنترل روشنایی تصویر صورت میگیرد. گرم و سرد شدن فیلمان طول می کشد و در نتیجه زمان واکنش کند است .

مزیت این روش: پیاده سازی آسان و کم خرج آن است .

تنظیم همزمان: kV , mA

امروزه بعضی از دستگاهها از ترکیب دو سیستم فوق بهره می گیرند، مثلا mA در حداکثر مقدار خود و kV از مقدار کم به زیاد افزایش می یابند تا به روشنایی دلخواه برسیم.

## ضبط تصاویر فلوروسکوپي:

تطابق تصاویر مانیتور با چشم مشاهده کننده و روشنایی اتاق کمتر است و شدت روشنایی (brightness) مانیتور باید قابل کنترل باشد. مانیا به ضبط تصاویر به عنوان مدرک در پرونده پزشکی بیمار داریم.

روشهای مختلفی برای ضبط تصاویر فلوروسکوپي وجود دارد:

1- ضبط کننده اسپات فیلم (spot film recorders)

تجهیزات اسپات فیلم بین بیمار و تشدید کننده و تصویر قرار می گیرند و یک یا چند لحظه

ازتصویر زنده فلوروسکوپی را روی فیلم رادیولوژی ضبط می کنند. دارای محلی برای قرار دادن کاست فیلم است. در موقع فلوروسکوپی رادیو لوژیست ممکن است هر زمانی بخواهد کاست را از محل استقرار خود به محل آماده تابش حرکت دهد. حرکت کاست از محل استقرار اولیه تا محلی که کاست به طور کامل بین بیمار و تشدید کننده تصایر قرار گیرد حدود یک ثانیه طول می کشد. زمانی که کاست به محل تابش برسد بایسته شدن یک کلید فرمان تابش صادر می گردد. در طول این یک ثانیه چندین عمل می بایست انجام گیرد.

1-مدارات کنترل  $kV, mA$  و زمان از حالت کنترل فلوروسکوپی به حالت کنترل رادیوگرافی تغییر وضعیت دهند.

2-جریان فیلمان متناسب با  $kV$  و  $mA$  در خواستی رادیولوژی تغییر کرده و گرمای فیلمان به حد نهایی خود برسد.

3-آند دوار تیوب شروع به چرخش نموده و به سرعت نهایی خود برسد.

به دلیل نیاز به زمانی جهت انجام آماده سازی ها رادیوگرافی ها دارای دو نقطه ضعف اساسی است.

1-زمان تابش و گرفتن عکس رادیو گرافی حدود یک ثانیه از زمانیکه رادیولوژیست تصمیم به ضبط تصایر روی فیلم می کند عقب تر است و ممکن است دراین یک ثانیه تصویر تغییر کرده باشد.

2-حرکت مکانیکی کاست از حالت اولیه به حالت تابش باعث ایجاد لرزش خفیفی در سریوگراف شده و این امر باعث تارشدگی در تصویر می شود.

3-دوربین فوتو اسپات (photospot camera):

دوربین فوتواسپات تصویر خروجی تشدید کننده تصویر را روی فیلم ضبط می کند.

تیوب های تشدید کننده تصویر با قطر فسفر گیرنده تا 16 اینچ اجازه می دهند نوار بزرگ بدون حرکت تیوب تشدید کننده و تصویر ازیک نقطه به نقطه دیگر در یک تصویر به نمایش در آیند. یک مزیت دوربین فوتواسپات کاهش قابل ملاحظه میزان اشعه تابیده شونده در یک یا چند عمل تابش رادیوگرافی صورت گرفته است و نمی گذارد اشعه زیادی به بیمار تابانده شود .

یک عیب این روش وزن زیاد تجهیزات فیلمبرداری است و باید تعادل مجموعه دوربین و تشدید کننده را به صورتی به وجود آورد .

3- روشهای دیگر ضبط تصاویر فلوروسکوپی عبارتند از:

ضبط تصاویر بر روی فیلم سینمایی یا سینه فلوروروگرافی

ضبط تصاویر بر روی نوارهای مغناطیسی و دیسک های نوری