

گزرورادیوگرافی (Xero - radiography)

دکتر رضا فتوره چی *

بوسیله اشعه رونتگن (Roentgen rays) میتوان ساختمان درونی و اعمال فیزیولوژیکی بسیاری از قسمتهای بدن را بررسی نمود. این بررسی که در پزشکی معاصر اساس تشخیص و تعقیب خط مشی بسیاری از بیماریها و سندرمهاست چنانکه میدانیم «تشخیص پرتوشناسی پزشکی» Medical radiodiagnosis نامیده میشود.

«گزرورادیوگرافی» یا «گزرورونتگنوگرافی» (Xero-roentgenography) یا «پرتونگاری خشک» Dry radiography یکی از شاخه های نوین و در دست تحقیق و تکامل تشخیص پرتوشناسی پزشکی است که بوسیله آن میتوان در کمتر از یک دقیقه بدون نیاز به فیلم حساس پرتونگاری، داروی ظهور، دمای ثبوت، تاریکخانه و بالاخره آب رادیوگرافی نمود.

گزرورادیوگرافی چیست؟...

اگر بطریقه صنعتی معروف به «تبخیر» (Evaporation) بر روی یک صفحه فلزی از جنس آلومینیوم یا برونز (Bronze) لعاب یاروکش نازکی از یک «نیمه هادی» (Semi-conductor) مناسب خاصه سلنیوم (Selenium) بکشیم، صفحه ای بدست می آید که از آن میتوان بجای فیلم حساس پرتونگاری برای ثبت تصاویر پرتوشناسی استفاده نمود. باین مجموعه که اغلب آنرا از سطح غیرمستور از سلنیوم بر روی یک صفحه چوبی نصب نموده یا درون یک قاب چوبی محاط میکنند اصطلاحاً «صفحه خشک» (Xero-plate) یا «صفحه گزرورادیوگرافی» (Xero-radiographic plate) یا «صفحه

* - دانشیار دانشکده پزشکی.

روننگوگرافی « (Xero-roentgenographic plate) یا « صفحه پرتو نگاری خشک » (Dry radiographic plate) میگویند.

چنانچه با دستگامهای الکتریکی مخصوص بقشر سلنیومی صفحه گزرورادیوگرافی بار الکتریکی اعم از مثبت یا منفی بدهیم، بار مزبور بطرزی کاملاً یکنواخت بر روی سطح آزاد سلنیوم سی نشیند زیرا سلنیوم در شرایط عادی و قبل از تابش « انرژی تابشی » (Radiant energy) کاملاً عایق بوده از هر گونه فرار و نفوذ بار الکتریکی سطح آزاد خود به تکیه گاه آلومینیومی یا برونزی جلوگیری میکند.

هر گاه قسمتی از بدن بین یک منبع اشعه ایکس و یک صفحه گزروروننگو-گرافی که تازه بان بار داده ایم قرار گیرد، بار الکتریکی یکنواخت موجود بر سطح آزاد سلنیوم متناسب با مقدار اشعه ای که بصورت تصویر پرتوشناسی بنقاط مختلف آن میتابد، به تکیه گاه فلزی لایه سلنیومی نفوذ میکند. زیرا یکی از مهمترین خواص نیمه هادیها و از جمله سلنیوم افزایش موقتی و قابل توجه « قابلیت هدایت الکتریکی » آنها در اثر تابش پرتوهای الکترو مغناطیسی پرفرکانس نظیر اشعه رونتگن است. بطوریکه «مقاومت ویژه Specific resistivity» نقاط مختلف روکش سلنیومی صفحه خشک متناسب با مقدار اشعه ای که بان نقاط میتابد به میزان هزار برابر بیشتر، کم شده بلافاصله بعد از قطع تابش پرتو محرك بحد اول بر میگردد. بدین ترتیب تصویر پرتوشناسی عضو مورد معاینه که بعلا کچکی طول موج اشعه ایکس قابل رؤیت نیست بصورت یک « تصویر الکتروستاتیکی Electrostatic image » یا « تصویر الکتریکی Electric image » بر سطح آزاد قشر سلنیومی صفحه پرتو نگاری خشک ثبت میگردد.

برای ظهور این تصویر الکتریکی که آنرا « تصویر گزرورادیوگرافی » (Xero-radiographic image) میخوانند میتوان از پودرهائی بالوان مختلف که پیشاپیش بانها باری مخالف بار الکتریکی صفحه خشک داده باشند استفاده نمود. بدین طریق که صفحه مزبور را در غباری از یک « گردباردار Charged powder » که ممکن است

سفید (مثل کربنات کلسیم) یا آبی کم رنگ (نظیر بعضی از فرآورده های پلاستیکی) باشد قرار میدهند. در نتیجه این عمل ذرات پودر که باری مخالف بار صفحه خشک دارند بمیزانی متناسب با بار الکتریکی نقاط گوناگون صفحه خشک بنقاط مزبور جذب شده بآنها می چسبند.

حال اگر صفحه گزرورادیوگرافی را بوسیله نور Oblique light مایل روشن نمائیم، از روی طرز توزیع ونحوه آرایش ذرات پودر بر آن، تصویر واضح و مشخص عضو مورد معاینه مشاهده میگردد.

از این تصویر در صورت لزوم میتوان بوسیله عکسبرداری معمولی یا کاغذهای چسب دار ویژه ای که به « کاغذهای انتقال Transfer paper » معروفند نسخه دائمی تهیه نمود. لیکن بهر حال بعد از بررسی های پرتوشناسی وبالینی لازم میتوان صفحه گزرورادیوگرافی را با وسایل مخصوص تمیز و بی بار (Discharged) نموده مجدداً بکار برد.

از آنجا که در این شیوه نوظهور تشخیص پرتوشناسی برخلاف روش رادیوگرافی با فیلم Film radiography از هیچگونه مایع یا محلول ترکننده ای (آب و محلولهای ظهور و ثبوت) استفاده نمیشود وجه تسمیه آن به « گزرورونتگنوگرافی یا « گزرورادیو-گرافی» یا «پرتونگاری خشک» بخوبی مستفاد میشود - پیشوند گزرو (Xero) چنانکه میدانیم در زبان یونانی بمعنی «خشک» است.

شرح افتراقی

همانطور که پرتوهای مرئی با عبور از اجسام شفاف که درجه شفافیت نقاط مختلف آنها یکسان نیست «تصویرنوری Luminous image» آنها را تولید میکنند، اشعه رونتگن نیز با گذشتن از بافتها وساختمانهایی که از نظر عدد اتمی یا درجه تراکم متفاوتند سایه یا «تصویر پرتوشناسی Radiological image» آنها را بوجود میآورند. نهایت چنانکه میدانیم پرتوشناسی بعلت کوچکی طول موج اشعه رونتگن قابل

رؤیت نبوده بهمین جهت آنرا «تصویر مخفی Latent image» میگویند.

برای نمایان ساختن و مطالعه تصویر پرتوشناسی تا کنون از سه خاصیت مهم اشعه رونتگن استفاده شده است:

الف - نمایان ساختن تصاویر پرتوشناسی بوسیله خاصیت فلوئورسانس
 Fluorescence (پرتویننی) - این روش معمولی تشخیص پرتوشناسی که در آن برای سرئی نمودن تصاویر پرتوشناسی از خاصیت فلوئورسانس اشعه ایکس و صفحات فلوئورسان استفاده میشود چنانکه میدانیم «فلوئوروسکوپی Fluoroscopy» یا «رادیوسکوپی» یا «پرتویننی» خوانده میشود.

ب - آشکار کردن تصاویر پرتوشناسی بوسیله خاصیت فوتوشیمیکی
 Photochemical process (پرتونگاری خیس) - این طریقه عادی تشخیص پرتوشناسی که در آن برای نمایان ساختن تصاویر مخفی از اثر شیمیائی اشعه رونتگن بر اسلح نقره فیلم حساس پرتونگاری، داروی ظهور، داروی ثبوت، آب، تاریکخانه و بالاخره شست و شوهای مکرر فیلم نور دیده با آب استفاده میگردد، بطوریکه آگاهیم «رادیوگرافی با فیلم» یا «پرتونگاری معمولی Conventional radiography» یا «پرتونگاری خیس Wet radiography» یا بطور مطلق «رادیوگرافی» نامیده میشود.

پ - مرئی نمودن تصاویر پرتوشناسی بوسیله خاصیت فوتوالکترونیکی
 Photoelectric process (پرتونگاری خشک) - این شیوه جالب و نوظهور تشخیص پرتوشناسی که در آن برای سرئی نمودن تصاویر مخفی بجای خواص «فلوئورسانس» و «فوتوشیمیکی» اشعه ایکس که بترتیب در رادیوسکوپی و رادیوگرافی معمولی بکار میروند از اثر «فوتوالکترونیکی» اشعه مزبور بر نیمه هادیها و بویژه سلیوم استفاده میگردد چنانکه اشاره شد «گزرورادیوگرافی» یا «گزرورونتگنوگرافی» یا «پرتو-نگاری خشک» نام دارد.

تعبیر فیزیکی گزرورادیوگرافی

از نظر فیزیکی، گزرورونتگنوگرافی مبتنی بر دو خاصیت فوق العاده جالب توجه زیر است :

الف - خاصیت فوتوالکترونیکی اشعه رونتگن - تابش پرتوهای الکترو-مغناطیسی (نظیر اشعه زیر قرمز، نور سرئی، و راء بنفش، گرنز (Grenz rays)، رونتگن، گاما و کیهانی Cosmic rays) بمواد مختلف سبب کندن الکترون از اتمهای آنها میشود. در فیزیک معاصر باین اثر «پدیده فوتوالکترونیکی» و به الکترونهائی که در نتیجه آن بخارج از اتمها پرتاب میگردد « فوتوالکترون Photoelectron » یا « الکترون نوری » میگویند. برای کندن الکترون نوری از هر عنصر یک حداقل فرکانس که آنرا «فرکانس آستانه فوتوالکترونیکی» مینامند لازم است. بهمین جهت تنهاعده کمی از فلزات مانند سزیم، پتاسیم، سدیم و کادمیوم در برابر نور سرئی حساسیت فوتوالکترونیکی داشته در برخورد بآن فوتوالکترون پرتاب میکنند. بعبارت فیزیکی، برای اینکه الکترونی که تراز انرژی آن W است از اتم کنده شود میبایست کوانتوم (Quantum) پرتو تابنده از این تراز انرژی بزرگتر و یا لااقل با آن مساوی باشد یعنی :

$$Q = h \cdot f \geq W$$

که در اینصورت بر طبق رابطه «اینشتین» ما زاد کوانتوم نسبت بتراز انرژی الکترون با انرژی سینتیکی الکترون کنده شده از اتم برابر است یعنی :

$$\frac{1}{2} mv^2 = h \cdot f - W$$

در فرمولهای فوق W تراز انرژی الکترون، Q کوانتوم انرژی پرتو، f فرکانس پرتو، h ضریب ثابت پلانک (Planck)، m جرم الکترون و v سرعت فوتوالکترون است.

از سوی دیگر فرکانس لازم برای کندن حداکثر الکترون از یک عنصر مشخص نیز متفاوت است. از اینرو برای استفاده از اثر فوتوالکترونیکی هر پرتو باید فلزی برگزید

که نه تنها در برابر آن پرتو حساسیت فوتوالکترونیک داشته باشد بلکه حد اعلاي آن نیز در منطقه تواتر پرتو مورد نظر باشد.

ب - خاصیت هدایت نوری Photoconductivity نیمه هادیها - یکی از مشخصات اصلی عایقها و هادیها پایداری فوق العاده خواص الکتریکی آنها در برابر عوامل و تغییرات فیزیکی فاحش محیط خارجی است. در سالهای اخیر محققین به گروه دیگری از اجسام پی برده اند که خواص الکتریکی آنها در اثر عوامل فیزیکی مختلف موقتاً و بمقدار قابل اندازه گیری تغییر میکنند. در الکترونولوژی معاصر باین دسته از اجسام که از نظر الکترونیکی در حد فاصل عایقها و هادیهای متعارفی بوده و تا کنون صدها دگرگونی صنعتی و علمی شگرف بوجود آورده اند اصطلاحاً «نیمه هادی Semiconductor» میگویند.

یکی از خواص مهم نیمه هادیها که در گزرو رادیوگرافی نیز از آن استفاده میشود افزایش موقت و قابل توجه «قابلیت هدایت الکتریکی Electric conductivity» آنها در اثر تابیدن «انرژی تابشی Radiant energy» است. بطوریکه در اثر تابش پرتوهای الکترومغناطیسی پرفرکانس بر نیمه هادیها «مقاومت ویژه Specific resistivity» آنها بمیزان هزار برابر و یا بیشتر، کم شده بلافاصله پس از قطع تابش پرتو محرك بحد اول میگردد. در الکترونیک باین خاصیت «قابلیت هدایت نوری» و بکلیه نیمه هادیهای که در حالت عادی عایقهای بسیار باثباتی بوده لیکن در اثر تابش پرتوهای الکترو-مغناطیسی (مثل اشعه ایکس) هادی میشوند «هادی نوری Photoconductive» میگویند.

برای تعبیر و توجیه چگونگی عمل نیمه هادیها امروزه از نظریه «الکترونهاي آزاد Free or unbound electron» و «الکترونهاي بسته Bound electron» استفاده میکنند. بموجب این فرضیه در نیمه هادیها الکترونهاي طبقات محیطی آنها در حال عادی با اتمهای همسایه رفت و آمد نداشته باصطلاح «بسته» اند و تنها در اثر تحریک تابشی مناسب که انرژی کوانتوم آن کافی باشد «آزاد» میگردند. بدین ترتیب در اثر پیدایش

محرک تابشی مناسب الکترونهاى بسته جسم نیمه هادی آزاد شده جسم سزبورهادی میشود و بالعکس با ازین رفتن محرک تابشی الکترونهاى آزاد مجدداً بسته و نیمه هادی دوباره عایق میگردد.

سلنیوم که چنانکه دیدیم از آن در گزرورادیوگرافی استفاده اساسی میشود یکی از نیمه هادیها و هادیهای نوری بسیار جالبی است که اتفاقاً حداکثر حساسیت فوتوالکترونیک آن نیز در قلمرو فرکانس اشعه رونتگن است. صرفنظر از این نکته بسیار مهم که روشنگر وجه انتخاب و نقش اساسی سلنیوم در پرتونگاری خشک میباشد، تعبیر و توجیه آنچه در مراحل مختلف این شیوه نوظهور روی داده و بالاخره به تشکیل و مرئی شدن «تصویر الکتروستاتیک» عضو مورد معاینه منجر میگردد نیز بمدد دو خاصیت فوق وقوانین ساده الکتروستاتیک به آسانی صورت پذیر است.

خلاصه و نتیجه

تشخیص پرتوشناسی پزشکی بر حسب خاصیتی از اشعه ایکس که برای نمایان ساختن تصویر پرتوشناسی بکار میرود به سه شاخه بزرگ تقسیم میشود:

الف - اگر برای نمایان ساختن تصاویر پرتوشناسی از اثر فلورسانس اشعه مجهول بر مواد فلورسان استفاده گردد این روش را «فلوروسکوپى» یا «رادیوسکپی» یا «پرتوینی» میخوانند.

ب - چنانکه برای نمایان ساختن تصاویر پرتوشناسی از اثر فوتوشیمییک اشعه ایکس بر املاح نقره فیلم عکاسی استفاده شود، این طریقه را «پرتونگاری با فیلم» یا «رادیوگرافی معمولی» یا «پرتونگاری خیس» یا بطور مطلق «رادیوگرافی» مینامند.

ج - هرگاه برای مرئی نمودن تصاویر پرتوشناسی از اثر فوتوالکترونیک اشعه رونتگن بر اجسام نیمه هادی و در رأس آنها سلنیوم استفاده شود این شیوه نوظهور را «گزرورادیوگرافی» یا «گزرورونتگنوگرافی» یا «پرتونگاری خشک» میگویند.

مراجع و مآخذ

- 1) Campbel, C. J. Roach, Bone and joint Surgery, 41-A : 271-277, 1959.
- 2) Stanton, radiology, 81: 1-16, July 1963.
- 3) Mc Master, R. C., non - destructive testing hand book, Ronaid, New York. 1951.
- 4) Farmer, F. T., and Fowler, J. F. Nature, 1954, Sanders Co., Lond. 173-417.
- 5) Francis F. Ruzicka, radiology. 85, 260-269, 1965.
- 6) Johns, The Physics of Radiology, 1961, Thomas publisher, Banner - stone House, Illinois,
- 7) Hendrson, S. T., Phys. Med. Biol., 4, 339, 1960.