گزرورادیوگرافی (Xero - radiography)

دکتررضا فتوره‌چی*

بوسیله اشعه رونتگن (Roentgen rays) میتوان ساختمان درونی و اعمال فیزیولوژیکی بسیاری ازقسمتهای‌بدن‌را بررسی نمود. این بررسی که درپزشکی‌معاصر اساس تشخیص وتعقیب خط سشی بسیاری ازبیماریها وسندرمهااست چنانکه‌میدانیم «تشخیص پرتوشناسی پزشکی» Medical radiodiagnosis نامیده میشود.

«گزرورادیوگرافی» یا «گزرو رونتگنوگرافی» (Xero-roentgenography) یا «پرتونگاری‌خشک Dry radiography» یکی از شاخه‌های نوین و در دست تحقیق وتکامل تشخیص پرتوشناسی پزشکی است که بوسیله‌آن میتوان درکمترازیک‌دقیقه بدون نیاز به‌فیلم حساس پرتونگاری، داروی ظهور، دوای ثبوت،تاریکخانه‌وبالاخره آب رادیوگرافی نمود.

گزرو رادیوگرافی چیست؟...

اگر بطریقهٔ صنعتی معروف به«تبخیر» (Evaporation) برروی‌یک صفحه فلزی ازجنس آلومینیوم یابرونز (Bronze) لعاب یاروکش نازکی از یک « نیمه هادی » (Semi-conductor) مناسب خاصه‌سلنیوم (Selenium) بکشیم، صفحه‌ای‌بدست میاید که ازآن میتوان‌بجای فیلم حساس پرتونگاری برای ثبت‌تصاویر پرتوشناسی‌استفاده نمود. باین مجموعه که اغلب آنرا ازسطح غیرمستور از سلنیوم برروی یک صفحه چوبی نصب نموده یادرون یک قاب چوبی محاط میکنند اصطلاحاً «صفحه خشک» (Xero-plate) یا « صفحه گزرورادیوگرافی» (Xero-radiographic plate) یا « صفحه

---

* ـ دانشیار دانشکدهٔ پزشکی.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]

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

چنانچه بادستگاههای الکتریکی مخصوص بقشرسلنیومی صفحه گزرورادیوگرافی بارالکتریکی اعم ازمثبت یامنفی بدهیم، بارمزبور بطرزی کاملاً یکنواخت برروی سطح آزاد سلنیوم می‌نشیند زیرا سلنیوم درشرایط عادی وقبل از تابش «انرژی تابشی» (Radiant energy) کاملاً عایق بوده ازهرگونه فرار ونفوذ بارالکتریکی سطح آزادخود به‌تکیه گاه آلومینیومی یا برونزی جلوگیری میکند .

هرگاه قسمتی ازبدن بین یک منبع اشعه ایکس و یک صفحه گزرورونتگنو ـ گرافی که تازه بآن بار داده‌ایم قرارگیرد، بارالکتریکی یکنواخت موجود برسطح آزاد سلنیوم متناسب بامقدار اشعه‌ایکه بصورت تصویر پرتوشناسی بنقاط مختلف آن میتابد، به‌تکیه گاه فلزی لایه سلنیومی نفوذ میکند. زیرایکی ازمهمترین خواص نیمه‌هادیها وازجمله سلنیوم افزایش موقتی وقابل توجه « قابلیت هدایت‌الکتریکی» آنها دراثر تابش پرتوهای الکترومغناطیسی پرفرکانس نظیر اشعه رونتگن است . بطوریکه «مقاومت ویژه Specific resistivity » نقاط مختلف روکش سلنیومی صفحه خشک متناسب بامقدار اشعه‌ایکه بآن نقاط میتابد بمیزان هزاربرابروبیشتر ، کم شده‌بلافاصله بعداز قطع تابش پرتو سحرك بحد اول برمیگردد . بدین ترتیب تصویر پرتو شناسی عضو مورد معاینه که بعلت کوچکی طول موج اشعه‌ایکس قابل رؤیت نیست بصورت یک « تصویر الکتروستاتیک Electrostatic image» یا « تصویر الکتریکی Electric image» برسطح آزاد قشرسلنیومی صفحه پرتونگاری خشک ثبت میگردد .

برای ظهور این تصویر الکتریکی که آنرا « تصویر گزرورادیوگرافی » (Xero-radiographic image)میخوانندمیتوان ازپودرهائی بالوان مختلف که پیشاپیش بآنها باری مخالف بارالکتریکی صفحه خشک داده باشند استفاده نمود . بدینطریق که صفحه مزبور را درغباری ازیک « گردباردار Charged powder » که ممکن است

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]

سفید (مثل کربنات کلسیم) یاآبی کم‌رنگ (نظیربعضی ازفرآورده‌های پلاستیکی) باشد قرارمیدهند. درنتیجه این عمل ذرات پودرکه باری مخالف بار صفحه خشک دارند بمیزانی متناسب با بارالکتریکی نقاط گوناگون صفحه خشک‌بنقاط مزبورجذب شده بآنها می‌چسبند.

حال اگر صفحه گزرورادیوگرافی‌را بوسیله نور Oblique light مایل روشن نمائیم، ازروی طرز توزیع ونحوهٔ آرایش ذرات‌پودر برآن، تصویر واضح ومشخص عضو مورد معاینه مشاهده میگردد.

ازاین تصویر درصورت لزوم‌میتوان بوسیله عکسبرداری معمولی یا کاغذهای چسب‌دار ویژه‌ای که به « کاغذهای انتقال Transfer paper » معروفند نسخه دائمی تهیه نمود. لیکن بهرحال بعداز بررسی‌های پرتوشناسی وبالینی لازم‌میتوان صفحه گزرورادیوگرافی‌راباوسایل مخصوص تمیز وبی‌بار (Discharged) نموده مجدداً بکاربرد.

ازآنجاکه دراین شیوه نوظهور تشخیص پرتوشناسی‌برخلاف‌روش‌رادیوگرافی بافیلم Film radiography ازهیچگونه مایع یامحلول ترکننده‌ای (آب و محلولهای ظهور وثبوت) استفاده نمیشود وجه تسمیه‌آن به« گزرورونتگنوگرافی‌یا « گزرورادیو-گرافی» یا «پرتونگاری‌خشک» بخوبی‌مستفادمیشود - پیش‌وند گزرو (Xero)چنانکه میدانیم درزبان یونانی بمعنی «خشک» است.

شرح افتراقی

همانطورکه پرتوهای مرئی با عبور ازاجسام شفافی که درجه شفافیت نقاط مختلف آنها یکسان نیست «تصویرنوری Luminous image » آنها را تولید میکنند ، اشعه رونتگن نیزباگذشتن ازبافتها وساختمانهائی که ازنظر عدد اتمی‌یادرجه‌تراکم متفاوتند سایه یا «تصویر پرتوشناسی Radiological image» آنها را بوجود میآورند. نهایت چنانکه میدانیم پرتوشناسی بعلت کوچکی طول موج اشعه رونتگن قابل

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]

رؤیت نبوده بهمین‌جهت آنرا «تصویرمخفی Latent image» میگویند.

برای نمایان ساختن ومطالعه تصویر پرتوشناسی تاکنون ازسه خاصیت مهم اشعه رونتگن استفاده شده است:

الف ـ نمایان ساختن تصاویر پرتوشناسی بوسیله خاصیت فلوئورسانس Fluorescence **(پرتوبینی)** ـ این روش معمولی تشخیص پرتوشناسی که درآن برای مرئی نمودن تصاویر پرتوشناسی از خاصیت فلوئورسانس اشعه ایکس و صفحات فلوئورسان استفاده‌میشود چنانکه میدانیم «فلوئوروسکوپی Fluoroscopy» یا «رادیوسکپی» یا «پرتوبینی» خوانده میشود.

ب ـ آشکارکردن تصاویر پرتوشناسی بوسیله خاصیت فوتوشیمیک Photochemical process **(پرتونگاری خیس)** ـ این طریقه عادی تشخیص پرتوشناسی که درآن برای نمایان ساختن تصاویر مخفی ازاثر شیمیائی اشعه رونتگن براملاح نقره‌فیلم حساس پرتونگاری، داروی ظهور، داروی ثبوت، آب ، تاریکخانه وبالاخره شست‌وشوهای‌مکررفیلم نوردیده‌باآب استفاده میگردد، بطوریکه‌آگاهیم «رادیوگرافی بافیلم» یا «پرتونگاری معمولی Conventional radiography» یا «پرتونگاری خیس Wet radiography » یابطورمطلق «رادیوگرافی» نامیده میشود.

پ ـ مرئی نمودن تصاویر پرتوشناسی بوسیله خاصیت فوتوالکترونیک Photoelectronic process **(پرتونگاری خشک)** ـ این شیوه جالب ونوظهورتشخیص پرتوشناسی که درآن برای مرئی نمودن تصاویرمخفی بجای خواص «فلوئورسانس» و«فوتوشیمیک» اشعه ایکس که بترتیب در رادیوسکوپی ورادیوگرافی معمولی‌بکار میروند ازاثر «فوتوالکترونیک» اشعه مزبور برنیمه هادیها و بویژه سلنیوم استفاده میگردد چنانکه اشاره شد «گزرو رادیوگرافی» یا «گزرو رونتگنوگرافی» یا «پرتو-نگاری خشک» نام دارد.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]

تعبیرفیزیکی گزرو رادیوگرافی

ازنظرفیزیکی، گزرو رونتگنوگرافی مبتنی بردوخاصیت فوق‌العاده جالب‌توجه زیراست :

الف ـ خاصیت‌فوتو الکترونیک اشعه رونتگن ـ تابش پرتوهای الکترو ـ مغناطیسی (نظیراشعه زیرقرمز، نورمرئی، وراء بنفش، گرنز (Grenz rays) ، رونتگن، گاما و کیهانی Cosmic rays) بموادمختلف‌سبب کندن‌الکترون ازاتمهای‌آنهامیشود . درفیزیک معاصر باین اثر «پدیده فوتو الکترونیک» و به‌الکترونهائی که درنتیجه آن بخارج از اتمها پرتاب میگردد « فوتوالکترونPhotoelectron » یا « الکترون‌نوری » میگویند . برای کندن‌الکترون‌نوری‌ازهرعنصر یک‌حداقل‌فرکانس که‌آنرا «فرکانس آستانی فوتوالکترونیک» مینامند لازم است . بهمین‌جهت تنهاعده کمی ازفلزات‌مانند سزیم، پطاسیم، سدیم و کادمیوم دربرابر نورمرئی حساسیت فوتوالکترونیک داشته دربرخورد بآن فوتوالکترون پرتاب میکنند . بعبارت فیزیکی ، برای اینکه الکترونی که تراز انرژی‌آن W است‌ازاتم کنده‌شود میبایست کوانتوم (Quantum) پرتوتابنده ازاین تراز انرژی بزرگتر ویالااقل باآن مساوی باشد یعنی :

$$Q = h.f \geqslant W$$

که دراینصورت برطبق رابطه «اینشتین» مازاد کوانتوم نسبت بتراز انرژی الکترون باانرژی سینتیک‌الکترون کنده شده ازاتم برابر است یعنی :

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

درفرمولهای فوق W ترازانرژی‌الکترون، Q کوانتوم‌انرژی‌پرتو، f فرکانس پرتو ، h ضریب ثابت پلانک (Planck) ، m جرم الکترون و V سرعت فوتوالکترون است .

ازسوی دیگرفرکانس لازم برای کندن حداکثرالکترون ازیک عنصرمشخص نیزمتفاوت است . ازاینرو برای استفاده ازاثرفوتوالکترونیک هرپرتو بایدفلزی‌برگزید

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]

که نه‌تنها دربرابرآن پرتو حساسیت فوتوالکترونیک‌داشته باشد بلکه حد اعلای‌آن نیزدرمنطقه‌تواترپرتومورد نظرباشد .

ب ـ خاصیت‌هدایت‌نوری Photoconductivity **نیمه هادیها**ـ یکی‌ازمشخصات اصلی عایقها وهادیها پایداری فوق‌العاده خواص الکتریکی آنها در برابر عوامل و تغییرات فیزیکی فاحش محیط خارجی است . درسالهای اخیرمحققین به گروه دیگری ازاجسام پی‌برده‌اند که خواص الکتریکی آنها دراثر عوامل فیزیکی مختلف موقتاً و بمقدار قابل اندازه گیری تغییرمیکنند . درالکتروتکنولوژی معاصربا ین دسته ازاجسام که ازنظرالکترونیکی درحدفاصل عایقها وهادیهای متعارفی بوده و تاکنون صدها دگرگونی صنعتی‌وعلمی‌شگرف‌بوجود آورده‌اند اصطلاحاً«نیمه هادی‌Semiconductor» میگویند .

یکی‌ازخواص مهم نیمه هادیها که درگزرو رادیوگرافی نیز ازآن استفاده میشود افزایش موقت وقابل توجه «قابلیت هدایت‌الکتریکی‌Electric conductivity» آنها دراثر تابیدن « انرژی تابشی Radiant energy » است . بطوریکه دراثر تابش پرتوهای‌الکترومغناطیسی‌پرفرکانس برنیمه هادیها«مقاومت‌ویژه‌Specific resistivity» آنها بمیزان هزاربرابر ویابیشتر، کم شده بلافاصله پس‌ازقطع تابش پرتومحرك بحد اول‌میگردد . درالکترونیک باین‌خاصیت«قابلیت هدایت‌نوری» وبکلیه‌نیمه هادیهائی که درحالت عادی عایقهای بسیارباثباتی بوده لیکن دراثر تابش پرتوهای‌الکترو ـ مغناطیسی (مثل اشعه‌ایکس) هادی میشوند «هادی نوری Photoconductive » میگویند .

برای تعبیروتوجیه چگونگی عمل نیمه هادیها امروزه از نظریه «الکترونهای آزادFree or unbound electron»و«الکترونهای‌بستهBound electron»استفاده‌میکنند . بموجب این فرضیه درنیمه هادیها الکترونهای طبقات محیطی اتمها درحال عادی بااتمهای همسایه رفت‌وآمد نداشته باصطلاح «بسته»اند وتنها دراثرتحریک تابشی مناسب که انرژی کوانتوم‌آن کافی‌باشد «آزاد» میگردند . بدین‌ترتیب دراثرپیدایش

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]

محرك تابشی مناسب الکترونهای بسته جسم نیمه‌هادی آزاد شده جسم‌سزبورهادی میشود وبالعکس با ازبین رفتن محرك تابشی الکترونهای آزاد مجدداً بسته و نیمه هادی دوباره عایق میگردد.

***

سلنیوم که چنانکه دیدیم ازآن درگزرو رادیوگرافی استفاده اساسی میشود یکی‌از نیمه هادیها وهادیهای نوری بسیارجالبی است که اتفاقاً حداکثر حساسیت فوتوالکترونیک آن نیز درقلمرو فرکانس اشعه رونتگن است . صرفنظر ازاین نکته بسیارمهم که روشنگر وجه انتخاب ونقش‌اساسی سلنیوم درپرتونگاری خشک‌میباشد، تعبیروتوجیه آنچه درمراحل مختلف این شیوه نوظهور روی‌داده وبالاخره به‌تشکیل ومرئی‌شدن «تصویرالکتروستاتیک»عضومورد معاینه منجرمیگرددنیزبمدد دوخاصیت فوق وقوانین ساده الکتروستاتیک به‌آسانی صورت‌پذیر است.

خلاصه و نتیجه

تشخیص پرتوشناسی پزشکی برحسب خاصیتی ازاشعه ایکس که‌برای‌نمایان ساختن تصویرپرتوشناسی بکارمیرود به‌سه‌شاخه بزرگ تقسیم میشود:

الف ـ اگربرای نمایان ساختن تصاویر پرتوشناسی از اثر فلوئورسانس اشعه مجهول برمواد فلوئورسان‌استفاده گردد این روش‌را «فلوئوروسکوپی» یا«رادیوسکپی» یا«پرتوبینی» میخوانند.

ب ـ چنانکه برای نمایان ساختن تصاویر پرتوشناسی ازاثر فوتوشیمیک اشعه ایکس براملاح نقره فیلم عکاسی استفاده شود، این طریقه را «پرتونگاری بافیلم» یا «رادیوگرافی معمولی» یا «پرتونگاری‌خیس» یابطورمطلق «رادیوگرافی» مینامند.

ج ـ هرگاه برای مرئی نمودن تصاویر پرتوشناسی ازاثر فوتوالکترونیک اشعه رونتگن براجسام نیمه‌هادی ودر رأس‌آنها سلنیوم استفاده شود این شیوه نوظهور را «گزرو رادیوگرافی» یا «گزرو رونتگنوگرافی» یا «پرتونگاری خشک» میگویند.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]

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, Ilinois,

7) Hendrson, S. T., Phys. Med. Biol., 4, 339, 1960.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-01-05]