مجلهٔ دانشکده پزشکی تهران
۱۳۵۰ر۲۵۸ر۲۹

رادیوایزوتوپهای جدیدی که برای تشخیص بیماریها بکار میرود

دکتر حسن عسکری شیرازی*

گالیوم ۶۷ را اخیراً توانسته‌اند بوسیله سیکلوترون یـا نوعی شتاب دهنده ذرات هسته تولید کنند. این‌عمل در بیمارستان هامرسمیت انگلستان انجام گرفته‌است. محققین توانسته‌اند صفحه‌ای ازمس خالص را دربرابر بمباران ذرات پرانرژی آلفاکه انرژی آن برابر ۳۲میلیون الکترون ولت‌است قراردهند. دراثر فعل و انفعال هسته‌ای‌که انجام میگیرد هسته‌های مس تبدیل به‌هسته‌های گالیوم ۶۶ و گالیوم ۶۷ میگردد ولی اگر بمدت سه‌روز نمونه تغییریافته مس‌را نگاه‌داریم چون‌گالیوم ۶۶ نیمه‌عمرفیزیکی‌اش کم است استحاله یافته وفقط گالیوم۶۷ خالص (Carrier Free) باقی می‌ماند. گالیوم ۶۷ بدست آمده را در محلول ۳ر۸ درصد سیترات دوسود حل میکنند و بدین طریق سیترات گـالیوم ۶۷ بدست میآید . با این طریقه توانسته‌اند با بمباران کردن صفحه مسی بمدت یك ساعت درحدود ۴۰ میلی کـوری رادیوایزوتوپ تولید نمایند. نیمه‌عمر فیزیکی این رادیوایزوتوپ درحدود ۷۸ ساعت است . طریقه استحاله این رادیوایزوتوپ تصرف‌الکترون لایه‌های خارجی بوسیله هسته میباشد. انرژی اشعهٔ گامائی که‌ایجاد میشود از۹۳ کیلو الکترون ولت ۴۰درصد تا۳۸۸ کیلوالکترون ولت (۷درصد) تغییرمیکند.

سیترات گالیوم ۶۸ را برای سنتیوگـرافی (سکانینك) Scanning ضایعات توموراال بکارمیبرند معمولا مقداری که‌برای سکانینك بکارمیرود از۲تا۵ میلی‌کوری تغییرمیکند. دوزاشعه‌که بعلت تجویز این‌مقدار رادیوایزوتوپ ببدن میرسد درحدود۸۵ راد (Rad) میباشدکه نسبتاً کم است.

عضوهای بحرانی (Critical organs) برای این رادیو-ایزوتوپ، استخوانها وکلیه‌هامیباشندکه باندازه ۴ر۵ راد اشعه دریافت میکنند. منظور از اعضاء بحرانی اعضائی‌است که قسمت اعظم رادیوایزوتوپ درآن اعضاء متمرکز میشود ۴۸تا۷۲ساعت پس از تزریق داخل وریدی ایـن رادیوایزوتوپ بمقدار ۲ـ۵ میلی‌کوری سکانینك انجام میگیرد . غلظت این رادیوایزوتوپ دربافتهای مرضی بافتهای سالم از۲ر۵ تا ۴۰ تغییر میکند .

درسرطان پستان	غلظت رادیوایزوتوپ در بافت تومورال / غلظت رادیو ایزوتوپ در بافت سالم	از۳تا۵ تغییرمیکند
دربیماریهای هوچکین منتشر	غلظت رادیوایزوتوپ درطحال (نسج بیمار) / » » در بافت سالم (نسج سالم)	برابر با ۴۰میباشد
ودرتومورهای‌سرطانی وبدخیم روده بزرگ	غلظت رادیوایزوتوپ درمرکز تومور / » » در بافت سالم	برابر با ۷ است .

* گروه فیزیك پزشکی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-01]

بنابراین میتوان بآسانی این ضایعات را درتصویرهای سکانینیك تشخیص داد.

رادیوایزوتوپ دیگری که اخیراً دارای موارد استعمال زیادی‌است تکنیسیوم m_۹۹ میباشد . «Atomic number» یا شماره اتمی این عنصر ۴۳ است یعنی تعداد پرتونهای هسته آن ۴۳ میباشد. «mass number» یا عدد جرمی‌آن ۹۹ میباشد یعنی **تعداد مجموع پرتون‌ها ونوترنهای** آن ۹۹ میباشد . **هسته** آن متاستابل (**metastable**) یا **نیمه‌پایدار** میباشد و حرف m معرف این‌خاصیت‌است. منظور**ازهسته**نیمه پایدار هسته‌ای درحال تحریك است‌که عبور بحالت‌های پائین‌تر و کمتر تحـریك شدهٔ **طبق** قواعد انتخابی (selection rules) غیرممکن است . ایـن عنصر درطبیعت وجود ندارد و نخستین بار درسال ۱۹۳۷ توسط سگر (Sègre)ساخته شده ودرسال۱۹۶۲ بوسیله‌هارپر(Harper) درپزشکی و بیولژی مورد استفاده قرار گرفته است . نیمه عمر فیزیکی این‌عنصر ۶ساعت است وازهسته آن اشعه گاما با انرژی ۱۴کیلو الکترون ولت منتشرمیشود . برای تهیه این عنصر از مولدهائی‌که درآن مولیبدن ۹۹ (Molybdène 99) قرار دارد استفاده‌میکنند. هسته‌های مولیبدن درحین‌استحاله‌ایجادتکنیسیوم m_۹۹ مینماید. نیمه‌عمرفیزیکی‌مولیبدن۲٫۷ روزاست. تکنیسیوم را بصورت‌یون پرتکنیتات (pertechnitat) برای‌اسکانینیك بکار میبرند معمولادوزی‌که برای‌اسکانینیك بکارمیرود درحدود ۱۰میلی کوری است وعضو بحرانی دستگاه گوارش «معده و روده‌ها»است

این رادیوایزوتوپ را اخیراً برای نشان دادن وریدهای اجوف تحتانی و وریدهـای ایلیاك و ریه بصورت ذرات درشت آلبومین (سرم آلبومین انسانی) کـه به‌آن تکنسیوم m_ ۹۹ متصل شده است بکار برده‌اند با این روش میتوان‌محل وجود ترمبوزهای ورید ایلیاك و ورید اجوف تحتانی و ترمبو آمبولی ریتین را مشخص ساخت . معمولا ۳ تا ۴ میلی‌کوری تکنیسوم m ـ ۹۹ راکه به ذرات درشت سرم آلبومین انسانی ثابت شده است نصف نموده وددریك زمان در داخل وریدهای پشت پائی‌هر دوپا (Pedal Veins)تزریق‌کرده وبادوربین‌عکاسی‌سنتیلاسیون گاما (Gamma Scintillation camera) یـك سری عکس از شکم بیمار میگیریم وسپس از ریه‌های بیمار نیز با همان مـاده تزریق شده عکس برمیداریم. بااین‌روش از ترمبوسهای ناآشکار (occult thrombi) با اشعه گامـا عکسبرداری میکنند . در صورتیکه درریتین‌ترمبوآمبولی وجود داشته‌باشد رادیوایزوتوپ در ناحیه ضایعه پرفوزیون پیدا نخواهدکرد وحتی ممکن است میکروآمبولی های متعددی وجود داشته باشدکه بآسانی قابل مشاهده است.

تکنسیوم m_۹۹ را برای اسکانینك غده تیروئید با نتایج خوب بکار برده‌اند زیرا برخلاف ید ـ۱۳۱ این رادیوایزوتوپ ازخود ذرات بتا منتشر نمی‌سازد وچون انرژی اشعه گاما کم‌است خطرکاربرد آن‌کمتر بوده ودرتصاویر قدرت تمیز(resolution) را افزایش میدهد.

همینطور برای‌عکسبرداری ازتومورهای مغزی بسیارمفید است

تکنسیوم m_۹۹را به‌سیستین ومتیونین متصل‌کرده وبرای سکانینك **لوزالمعده** بکاربرده‌اند. رادیوایزوتوپ دیگری که‌اخیراً زیاد بکاربرده شده‌است ایندیوم_m۱۱۳است.این‌رادیوایزوتوپ مانندتکنسیوم m_ ۹۹ ازلحاظ سکانینیك وسیع‌الطیف‌است یعنی میتوان تصویراعضاء مختلف بدن را باآن بدست آورد. نیمه‌عمر فیزیکی آن۱٫۷ ساعت است وازخود فوتونهای گامائی به‌انرژی ۳۹۰ کیلو الکترون ولت منتشرمیسازد. این رادیوایزوتوپ را ازمولد (Generator) که دارای قلع m_ ۱۱۳ است بدست می‌آورند خوشبختانه نیم عمر این رادیوایزوتوپ که مولداییندیوم m_ ۱۱۳ است نسبتاًطولانی یعنی درحدود ۱۸۰ روز میباشد و برای استخراج آن از یك ستون مبادله‌کننده یونی از سلیکاژل (silicagel ion exchange column) که ترکیبات قلع۱۳۰ در روی آن‌ریخته شده‌است استفاده میکنندبدین‌طریق که باین‌ستون محلول اسیدکلریدریك N ۰٫۵ نرمـال اضافه میکنیم . ابعـاد میسل‌های کلوئیدی که‌خارج میشودبستگی‌به Ph محیط دارداگر Ph محلول۶ باشد جذب‌این‌ماده‌توسط‌طحال‌زیاداست‌وآنرا برای سکان‌طحال بکارمیبرند اگر ph را به۷٫۳افزایش‌دهیم‌ابعادمیسل‌ها کمتر از یك میکرن خواهد بود و میتوان آنرا برای سکانینك کبد بکار برد اگر Ph را به ۶٫۸ برسانیم ابعاد ذرات به ۱۰ میکرن رسیده برای سکان‌کردن ریتین بکـار میرود بنابراین ایندیوم m_۱۱۳ ازلحاظ سکانینك اعضاء بدن یك رادیوایزوـ توپ وسیع‌الطیف است معمولا ۲تا۱۰ میکروکوری ازاین ماده را برای سکانینیك بکار میبرند و دوزاشعه‌ای که به‌کبد میرسد کوچکتر از ۵۰ میلی راد برای هرمیلی‌کوری است همینطوراین عنصر را برای تشخیص پریکاردیت ترشحی و تعیین محل جفت بکاربرده‌اند. میتوان بااییندیوم m_۱۱۳ ازاستخوانها اسکانینك نمود وفعالیت رتیکولوآندوتلیال مغز استخوانها را سنجید.

بوسیله ایندیوم‌که بعامل‌چیلتینگ Chelating بنام DTPA

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-01]

متصل شده می‌توان ازمغز استخوان اسکان نمود.

ایندیوم معمولا بصورت کاتیون سه ظرفیتی درمحلول‌های آبی میباشد وچیلیتهای (chelate) پایداری با دی‌اتیلین تترامین پنتا اسیداستیك (DTPA) میسازد. پس ازتزریق حداکثر غلظت درکلیه‌ها است وسپس‌بترتیب درکبد، ریه‌ها، استخوانها وعضلات مخطط ومغز متمرکز میشود. سکان مغز با این رادیوایزوتوپ نسبت به پرتکنیتات ۹۹m دارای مزایای زیادی‌است بدین‌شرح اولا ازجریان خون زودتر خارج میشود ثانیاً نسبت تمرکز آن درتومور و بافت سالم مغز بزرگتر ازتکنیسیوم است. درپلکسوس کوروئید وغدد بزاقی متمرکز نمیشود ازلحاظ اقتصادی باصرفه‌تر از تکنسیوم است زیرا نیم عمر عنصر تولید کننده ایندیوم قلع ۱۱۳m_زیاداست ولی درمقایسه با تکنیسیوم‌دارای‌معایبی‌میباشد اولا نسبت γ/e یعنی مقداری ازاشعه گاماکه بعلت جذب الکترون مدارها توسط هسته ایجاد میشود زیادتر از تکنیسیوم است و دوز اشعه‌ایکه به بافت‌های بدن میرسدکمی بیشتر است مقدار اشعه‌ای که بعضو بحرانی میرسد برای ایندیوم ۱۱۳ m_(این عضومثانه میباشد) زیادترازتکنیسیوم ۹۹m_است‌که عضوبحرانی آن معده وروده هااست . بعلت‌کوتاه بودن نیم‌عمرایند یوم نمیتوان سکان را تکرارکرد .

اخیرا باروش‌دتکسیون‌بوسیله فلوئورسانس‌توانسته‌اندبدون اینکه رادیوایزوتوپی به بیمار بخورانند ازتیروئید عکسبرداری کرده و نیز جریان خون مغز را با این روش مورد مطالعه قراردهند. در مورد عکسبرداری از تیروئید این‌غده را ازخارج بتوسط امریسیوم ـ ۲۴۱ که یك عنصر رادیواکتیو وراء اورانیوم (Transuranic elements) است تحت‌تاثیراشعه قرار داده‌یعنی اشعه امریسیوم‌را به‌غده تیروئید تابانده وید پایدار (ید-۱۲۷) که در این غده قرار دارد تحریك میکنند در نتیجه تحریك ید ۱۲۷ از خود اشعه X به انرژی ۲۸/۵ کیلو ولت منتشر میکند و چون انرژی این اشعه ضعیف است تصاویر سکان بسیار واضح جزئیات غده دراین تصویر بخوبی‌نمایان است همینطور میتوان برای دتکسیون این اشعه از یك دتکتور حالت جامد (Solid States) که ازلیتیوم وسیلیس ساخته شده است استفاده‌کرد. بااین روش میتوان عبور خون را ازاعضاء مختلف مخصوصاً مغز مورد مطالعه قرارداد. برای‌انجام‌این‌آزمایش‌بایدچشمه یامنبع‌حلقه‌ای شکل‌امریسیوم-۲۴۱ راکه شدت‌رادیواکتیویته‌آن۳/۳ کوری‌است است از خارج روی جمجه قرار داد و کانولی را وارد شریان کاروتیدداخلی کرده‌ومقداره‌معینی‌رنوگرافین-۷۶ Renographin (76 تزریق میکنند و اشعه X حاصل از تحریك ید این‌ماده را بوسیلهٔ دتکتورلیتیوم وسیلیس‌می‌سنجند.

روش‌تازه‌ای‌برای تشخیص تومورهای نخاعی باتزریق پرتکنیتات ـ۹۹m : درحدود ۱۵ میکروکوری برای هر کیلو گرم وزن بدن ازماده مذکور را داخل ورید تزریق‌کرده و ۳۰ دقیقه بعد ، ازنخاع سکان میکنیم بایستی ۲ ساعت قبل ازتجویز ماده رادیوایزوتوپ ۶۰۰ میلی‌گرم پرکلرات دوپتاس از راه خوراکی‌به‌بیمار داد. درهنگام سکان بایستی‌باورقه سربی‌نواحی اطراف نخاع را بپوشانیم وفقط فاصله‌ای برای ۴ـ۵ ناحیه‌ستون فقرات‌را باز بگذاریم. درهنگام‌سکان بیمار روبه‌شکم درازمیکشد سکانری (Scanner) که بکار میبرند ازبلور یدورسدیم به‌ابعاد ۵اینچ‌وکلیماتورسربی‌بافاصله‌کانونی‌کم‌بکارمیبرند. یك اسکان در حدود ۳۰ تا ۴۵ دقیقه طول میکشد در ناحیه تومورال تمرکز این رادیوایزوتوپ بیشتر ازناحیه سالم است . برای سکان مغز مقدار ۵ تا ۱۰ میلی‌کوری از پرتکنیتات تکنیسیوم ـ۹۹ را در داخل ورید تزریق‌کرده و میتوان عکسهای متعددی تا ۲ ساعت پس‌ازتزریق ازمغز گرفت. معمولا درناهنجاریهای شریانی‌وریدی (Arteriovenous Anomalies) و منتژیومها وآنژیومها تجمع رادیوایزوتوپ بسرعت پس ازتزریق‌کم و درگلیومها (Glioma) وکانسرهای‌متاستاتیك و انفارکتوس وآبسه‌های مغز تمرکزرادیو-ایزوتوپ پس‌ازتزریق زیاد میشود. نسبت تمرکز رادیوایزوتوپ درمغز به نسج سالم برابر با ۲۰ است. برای سکان مغز رادیو-ایزوتوپ دیگری بنام یتربیوم (Yterbium) Yb-۱۶۹ استفاده کرده‌اند. هسته این رادیوایزوتوپ ازخود فوتونهای گامامنتشر میکند ونیمه عمرفیزیکی آن ۳۲ روز است. انرژی اشعه گامای آن ۱۷۷ و۱۹۸ کیلوولت‌است. برای‌سکان مغزازترکیب DTPA (دی‌اتیل‌تترامین پنتااستیك‌اسید) استفاده‌میکنند. اسکانهائی که بااین رادیو ایزوتوپ بدست میاید شبیه اسکانهائی است که با In-۱۱۳m بدست میاید.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-01]

ذیلا رادیو ایزوتوپهائیکه برای سکان مغز بکار میرود خلاصه میشود

نام رادیوایزوتوپ	نیم عمر	مقدار رادیوایزوتوپ استعمال شده	دوز کل اشعه‌که دریك‌سکان ببدن میرسید برحسب راد Rad	دوز اشعه‌که به عضو بحرانی میرسد برحسب راد Rad
ید ـ ۱۳۱ متصل بسرم‌آلبومین‌انسانی I_{113} ـ HSA	۸ روز	۳۷۵ میکروکوری	۰٫۷۲	۲٫۵ (خون)
کلرومرودین جیوه ۲۰۳ chlormerodin Hg-203	۴۷ روز	۷۵۰ «	۰٫۴۶	۴۰٫۰ (کلیه‌ها)
کلرومرودین جیوه ۱۹۷ chlormerodin Hg-197	۲/۷روز	۷۵۰ «	۰٫۰۹	۴٫۰ (کلیه)
پرتکنیتات‌تکنیسیوم ۹۹m	۶ ساعت	۱۰ میلی‌کوری	۰٫۰۹	۱٫۰ (معده و روده‌ها)
ایندیوم ۱۱۳m ـ DTPA	۱/۷ ساعت	۱۰ «	۰٫۱۶	۳٫۰ (مثانه)
یتربیوم ۱۶۹ـDTPA	۳۲ روز	۱۰ «	۰٫۲۰	۳٫۰ (مثانه)

REFERENCES

1- Lavender, J. P. et al. *J. Radiology*., 521:361, 1971.

2- Rosenthal, L. *Radiology*., 98:623., 1971

3- Quinn, J. L. , Year book of Nuclear Medicine, 970, Year book Medical publishers, Chicago., 1970.

4- Holt, J. F. et al , Year book of Radiology, 197, Year book Medical publishers Chicago., 1970.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-01]