

در آگوست ۱۹۷۶ در آزمایشگاه ملی بروکهاون ساخته شد و سپس به فیلدلفیا منتقل شد، جایی که ابتدا توسط پروفیسور عباس علوی در دانشگاه پنسیلوانیا برای دو داوطلب سالم اجرا شد. در آن زمان، علاقه به کاربردهای علوم اعصاب بود و تصاویر به دست آمده جذب FDG را در مغز نشان می داد.

دهه ۱۹۸۰

تکنسیوم-۱۹۹م در طول دهه ۱۹۸۰ بیشتر رشد کرد و در سال ۱۹۸۵، اولین نمونه تصویربرداری جریان خون مغزی با استفاده از اگزامتازیم تکنسیوم-۱۹۹م، توسعه یافته گزارش شد. در سال ۱۹۸۸، سازمان غذا و داروی ایالات متحده این مورد را برای تشخیص سکنه مغزی تأیید کرد. در دانشگاه میشیگان در اوایل دهه ۱۹۸۰، MIBG را برای تصویربرداری و درمان تومورهای نوروبلاستوما^۱ و سایر تومورهای غددی عصبی در بدن و همچنین تصویربرداری میوکارد توسعه دادند. در آنکولوژی، MIBG-123-I برای مرحله بندی بیماری استفاده شد و مشخص شد که ید-۱۳۱ نیز با MIBG می تواند هم برای تصویربرداری و هم برای درمان استفاده شود. در اواخر دهه ۱۹۸۰، MIBG-131-I برای تشخیص و درمان توده های بدخیم فتوکروموسیتوم^۲ و نوروبلاستوما و همچنین تصویربرداری میوکارد استفاده می شد.

دهه ۱۹۸۰ نیز یک دهه فعال برای تحقیقات PET بود. در سال ۱۹۸۹ رویدیم-۸۲ برای تصویربرداری پرفیوژن میوکارد PET تأیید شد و کشف این که FDG در تومورها تجمع می یابد، تکامل PET به عنوان یک ابزار بالینی اصلی در تشخیص سرطان را آغاز کرد که تا امروز ادامه دارد. در این دوران دانشمندان، فلونورو میسونیدازول را برای تصویربرداری هیپوکسی (کمبود اکسیژن) تومور انتشار دادند. دهه ۱۹۸۰ از بسیاری جهات نیز نمایانگر عصر طلایی PET در علوم اعصاب بود. «هنری واگنر» اولین تصویربرداری از گیرنده های عصبی را در انسان گزارش کرد. واگنر با استفاده از خودش به عنوان سوژه، به همراه همکارانش از گیرنده های دوپامین با استفاده از N-۱۱ تصویربرداری کردند. تقریباً در همان زمان در بریتانیا، پروموسپیرون برای تصویربرداری از گیرنده های دوپامین استفاده می کردند.

همزمان با تلاش ها برای تصویربرداری از گیرنده های دوپامین، در دانشگاه مک مستر کانادا اولین توزیع دوپامین در بخش های پایه با استفاده از فلورودوپا توصیف شد. در این دوران، اولین نمونه از تصویربرداری گیرنده عصبی SPECT را برای تصویربرداری در بیماری آلزایمر انجام دادند. همه این کارها استفاده از تصویربرداری عملکردی را در کاربردهای علوم اعصاب ایجاد کرد و باعث ایجاد بسیاری از رادیوداروهای جدید برای تصویربرداری مغز

۱. نوروبلاستوما یکی از شایع ترین تومورهای بدخیم که در کلیه ایجاد شده و بیشترین احتمال بروز آن در کودکان وجود دارد.
۲. فتوکروموسیتوم یک تومور نادر و معمولاً خوش خیم است که در غده فوق کلیوی ایجاد می شود.

شد. در دهه ۱۹۸۰، تصویربرداری برای اندازه گیری جریان خون مغزی با آب O-۱۵ و بوتانول C-۱۱ انجام شد. تمایل به توسعه رادیوداروهای جدید در این دوره باعث نوآوری در سنتز و رادیوشیمی نیز می شود و حتی در دهه ۱۹۸۰، رادیوشیمی دان ها به پیش سازهای جدید برای رادیوشیمی و اتوماسیون فکر می کردند و استراتژی هایی برای خالص سازی ساده شده رادیوداروها انجام داده اند.

دهه ۱۹۹۰

در دهه ۱۹۹۰ سازمان غذا و داروی ایالات متحده، Tc-99m-Sestamibi را به عنوان اولین عامل تکنسیوم-۱۹۹م تأیید کرد. Tc-99m-Sestamibi امروزه به طور گسترده ای عمدتاً برای تصویربرداری میوکارد استفاده می شود؛ اما همچنین برای شناسایی آدنوم پاراتیروئید، برای جراحی و تصویربرداری سرطان سینه نیز مورد استفاده قرار می گیرد. این دهه نقطه عطفی برای تصویربرداری PET بود، زیرا تأیید FDG توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده و همچنین تأیید آن توسط مراکز خدمات Medicare صورت گرفت. ماژول های سنتز خودکار برای تولید آن معرف و شبکه های داروخانه برای توزیع تجاری به مراکز PET ماهوارهای بدون سیکلوترون ایجاد شدند. استفاده از FDG به طور قابل توجهی رشد کرد و برنامه های کاربردی جدیدی مانند پیش بینی و ارزیابی پاسخ تومور به درمان ظاهر شد. از آن زمان، استفاده از FDG در PET برای کاربردهای تصویربرداری در آنکولوژی، مغز و اعصاب و قلب به طور پیوسته رشد کرده است.

دهه اول قرن ۲۱

اوایل قرن ۲۱ شاهد چند تغییرات اساسی در این زمینه بوده ایم؛ از توسعه تصویربرداری های ترکیبی مثل PET/CT در سال ۲۰۰۰ تا معرفی مقررات عملی تولید خوب (GMP) برای رادیوداروها در سال ۲۰۰۹.

دهه ۲۰۰۰ نیز زمان مهمی برای توسعه تصویربرداری PET بود. کار محققان برای تصویربرداری از پلاک های آمیلوئید در بیماران زوال عقل به نتیجه رسید و اولین مطالعات انسانی در سال ۲۰۰۴ گزارش شد. این کار باعث استفاده گسترده از تصویربرداری PET به عنوان ابزاری در تحقیقات زوال عقل شد و منجر به ایجاد جدیدترین مطالعات بالینی (به عنوان مثال، ابتکار تصویربرداری عصبی بیماری آلزایمر) و استفاده از PET برای حمایت از کارآزمایی های درمانی شد. استفاده از PET به عنوان یک ابزار جدی برای حمایت از تلاش های کشف دارو و نقش نوظهور پرتودرمانی در بالینی عمومی و مراقبت در این دهه آغاز شد.

دهه ۲۰۱۰

دهه ۲۰۱۰ زمان بسیار هیجان انگیزی برای علوم رادیودارو و پزشکی هسته ای بود، زیرا هر دو رشته از تکنیک های تحقیقاتی برای حمایت از استانداردهای قدرتمند مراقبت به بلوغ رسیدند. به عنوان مثال، رادیودارویی که از دهه ۱۹۹۰ در حال توسعه بود، توسط سازمان غذا و داروی آمریکا در

سال ۲۰۱۱ تأیید شد تا به تمایز لرزش اساسی از لرزش ناشی از سندرم پارکینسون کمک کند. در این دهه، تولید رادیوداروهای PET از داروسازی به تولید داروهای تحت نظارت سازمان غذا و داروی آمریکا منتقل شد و داروخانه های هسته ای تجاری و مراکز پزشکی دانشگاهی به طور یکسان تأییدیه سازمان غذا و داروی آمریکا را برای رادیوداروهای تولید شده مانند FDG (برای آنکولوژی، نورولوژی و قلب) دریافت کردند. دهه ۲۰۰۰ شاهد تأیید تعداد زیادی از رادیوداروهای PET جدید برای تصویربرداری توسط سازمان غذا و داروی آمریکا بود.

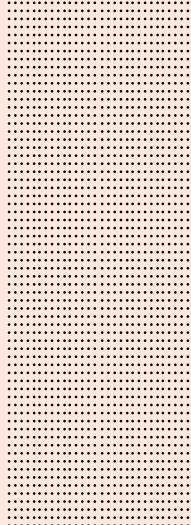
در آنکولوژی، «کلینیک مایو» در آمریکا تأییدیه سازمان غذا و داروی آمریکا را برای تصویربرداری از بیماران مشکوک به عود سرطان پروستات، دریافت کرد. این دهه همچنین شاهد یک تغییر پارادایم در رادیوتراپی و پزشکی تشخیصی بود. در سال ۲۰۱۳ شرکت داروسازی «بایر» تأییدیه سازمان غذا و داروی آمریکا را برای دارویی در درمان بیماران مبتلا به سرطان پروستات مقاوم به اخته و متاستازهای استخوانی علامت دار دریافت کرد و شاید برای اولین بار نشان داد که یک شرکت بزرگ داروسازی می تواند با موفقیت یک داروی پرتودرمانی به بازار عرضه کند.

دهه ۲۰۲۰ و پس از آن

رشد در علوم رادیودارو و پزشکی هسته ای در ۵۰ سال گذشته چشمگیر بوده است. با این حال همان طور که نگاه خود را به آینده معطوف می کنیم، این امکان وجود دارد که بهترین ها هنوز در راه باشد. رادیوداروهای جدید تشخیصی و درمانی تولید می شود و ما انتظار داریم این روند ادامه یابد. پیشرفت ها در تولید و در دسترس بودن ایزوتوپ های جدید مانند Zr89، Mn52g، Y86، Sc47، Co55 و بسیاری دیگر در حال گسترش جعبه ابزار شیمی برای سنتز مواد رادیوداروهای جدید است. درعین حال، پیشرفت های فناوری (مانند مینی سیکلوترون ها، پارادایم های ماژول سنتز جدید و تجهیزات کوچک سازی شده برای آزمایش کنترل کیفیت خودکار) دسترسی گسترده تری به مواد رادیودارو، به ویژه در کشورهای در حال توسعه را تسهیل می کند. این پیشرفت ها در ارتباط با فناوری های جدید مانند PET کل بدن، می تواند پارادایم رادیوداروها را تغییر دهد. علاوه بر تأثیر بر تصویربرداری بالینی، PET کل بدن ممکن است پیامدهایی برای توزیع تجاری سنتی رادیوداروها داشته باشد. به عنوان مثال، افزایش حساسیت این تصویربردارهای جدید امکان استفاده از مقادیر کمتری از فعالیت تریقی را فراهم می کند.

این تغییر می تواند توزیع برد طولانی تری از رادیوایزوتوپ های تولید شده مانند ۱۸F- (برای تصویربرداری توموگرافی از مغز) را فراهم کند و همچنین به طور بالقوه توزیع معمول رادیوایزوتوپ های با عمر کوتاه تر مانند ۱۱C- و گالیوم ۶۸ (رادیودارو جهت تصویربرداری تشخیصی با هدف مانیتورینگ عفونت های بافت نرم و بافت سخت) را برای اولین بار ممکن سازد. همه این پیشرفت ها باعث می شود که عصر حاضر برای حضور در حوزه علوم رادیوداروسازی زمان بسیار هیجان انگیز و مفیدی باشد.

به وضوح می توان دید که کاربردهای صلح آمیز صنعت هسته ای به ویژه در حوزه درمان و سلامت بسیار گسترده است و تلاش روزافزونی برای توسعه رادیوداروها به عنوان بخش برجسته و ویژه پزشکی هسته ای صورت گرفته و امروزه نیز در حال تداوم است. همان گونه که تاکنون شرح آن رفت، تولید رادیوداروها وابسته به وجود رآکتورها و شتاب دهنده ها است و بدون وجود این تجهیزات امکان دستیابی درونزا به این رادیوداروها میسر نیست؛ از این رو بسیاری از کشورهای برخوردار از فناوری هسته ای به دنبال توسعه رآکتورهای تحقیقاتی در سطح مقیاس کوچک و همچنین ایجاد شتاب دهنده ها هستند. در جدول زیر می توان رادیوداروهای تولید شده در رآکتورهای تحقیقاتی و شتاب دهنده ها را مشاهده کرد.



رشد در علوم

رادیودارو

پزشکی هسته ای

در ۵۰ سال

گذشته چشمگیر

بوده است. با این

حال همان طور

که نگاه خود را به

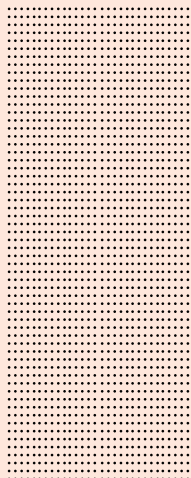
آینده معطوف

می کنیم، این

امکان وجود دارد

که بهترین ها

هنوز در راه باشد



رادیوداروهای تولید شده در رآکتورهای تحقیقاتی		رادیوداروهای تولید شده در شتاب دهنده ها (سیکلوترون)	
بیسموت-۲۱۳	هولمیوم-۱۶۶	اسکاندیم-۴۷	اکتینیم-۲۲۵
سزیم-۱۳۱	ید-۱۲۵	سدیم-۲۴	گالیوم-۶۷
سزیم-۱۳۷	ید-۱۳۱	تکنسیوم-۱۹۹م	گالیوم-۶۸
چرمیوم-۵۱	ایریدیم-۱۹۲	توریوم-۲۲۷	ژرمانیوم-۶۸
ایتريوم-۹۰	آهن-۵۹	ایتريوم-۱۷۷	اینديوم-۱۱۱
دیسپروزیوم-۱۶۵	سرب-۲۱۲	سلنیوم-۷۵	ید-۱۲۳
اریبوم-۱۶۹	لوتشیوم-۱۷۷	استرانسیوم-۸۹	ید-۱۲۴
مولیبیدن-۹۹	پالادیوم-۱۰۳	زنون-۱۳۳	کریبتون-۸۱م
فسفر-۳۲	پتاسیم-۴۲	ایتريوم-۱۶۹	رویدیم-۸۲
رادیوم-۲۲۳	زنیوم-۱۸۶	-	استرانسیوم-۸۲
ساماریوم-۱۵۳	زنیوم-۱۸۸	-	تالیوم-۲۰۱