

دانشگاه پیام نور

مرکز مشهد

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

فیزیک هسته‌ای

عنوان:

برآورد دُز جذبی ناشی از جیوه جذب شده در کلیه‌ها

به روش MIRD

استاد راهنما:

دکتر علی اصغر مولوی

استاد مشاور:

مهندس علیرضا بینش

نگارش:

ابوالفضل موسی زاده

۱۳۸۶ / ۱۲ / ۱۰

شهریور ۱۳۸۶



۷۰۸۶۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به

جویندگان علم و دانش،

و با سپاس از

پدر و مادرم که پشتیبان من در تمام مراحل زندگی بوده‌اند،

و با تشکر از

اساتید گرامی و مهربانم جناب آقای دکتر علی‌اصغر مولوی و

جناب آقای مهندس علیرضا بینش که نه تنها در انجام این پایان‌نامه

مرا راهنمایی و ارشاد نمودند، بلکه با اخلاق نیک و صبر فراوان،

شیوه‌ی تحقیق و پژوهش را به من آموختند.

از خداوند مهربان، شادی و سعادت این عزیزان را خواستارم و امیدوارم با تلاش و

سعی بیشتر، باعث افتخار و سربلندی آنها شوم.

موسی زاده

چکیده

روش‌های نوین درمان سرطان‌ها و تسکین دردها، به طور وسیعی از رادیوداروها استفاده می‌کنند؛ اما اشتباه و خطا در نوع و میزان استفاده از آنها می‌تواند خطر آفرین باشد، به این گونه که باید رادیودارویی به بیمار داده شود که در عضو مورد نظر تجمع پیدا کند و میزان استفاده از آن، با توجه به محاسبات دُز (انرژی جذبی) رسیده به عضو(های) هدف تجویز می‌شود. روش‌های گوناگونی برای محاسبه دُز جذبی در دسترس می‌باشد؛ روش نوینی که در ایران کمتر مورد توجه بوده، اما در سایر کشورها روز به روز بر میزان استفاده از آن افزوده می‌شود، روش MIRD است. در این پایان‌نامه به بررسی نحوه محاسبه دُز در روش MIRD پرداخته شده و بر اساس این روش و کُد MCNP، دُزسنجی جیوه‌ی جذب شده در کلیه‌ها انجام گرفته است. نتایج دُزسنجی روش MIRD برای شش گروه سنی مختلف، در کنار نتایج دُزسنجی کُد MCNP، به صورت مقایسه‌ای برای چهار عضو هدف شامل کلیه‌ها، ریه‌ها، کبد و قلب آورده شده است. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که دُز محاسبه شده، به روش دُزسنجی و فانتوم بکار رفته بستگی دارد و اگرچه نتایج حاصل از کُد MCNP با کُد MIRD متفاوت است ولی در حد قابل قبولی با یکدیگر همخوانی دارند. بنابراین برای پیشگیری از عوارض بافتی و دقت بیشتر دُزسنجی‌های محاسباتی، پیشنهاد می‌شود که با تصویربرداری‌های پی در پی از بافت‌ها، میزان واقعی برداشت هر عضو با دقت خوبی مشخص شود و سپس عملیات محاسبات دُز انجام پذیرد.

فهرست مطالب

فصل اول: پرتودرمانی

۲	..... ۱-۱ تاریخچه پرتوپزشکی
۳	..... ۲-۱ پرتوپزشکی
۳	..... ۳-۱ رادیوداروها و چشمه‌های رادیواکتیو
۴	..... ۴-۱ تشخیص در پزشکی هسته‌ای
۶	..... ۵-۱ رادیوداروهای تشخیصی
۸	..... ۶-۱ پرتودرمانی و اهمیت دزیمتری
۹	..... ۷-۱ زمینه‌های پرتودرمانی
۱۱	..... ۸-۱ ایزوتوپ‌های مورد استفاده در پرتوپزشکی
۱۴	..... ۹-۱ تصویربرداری در پرتوپزشکی
۱۵	..... ۱۰-۱ دوربین گاما

فصل دوم: مبانی روش دزسنجی MIRD

۱۹	..... ۱-۲ مقدمه
۱۹	..... ۲-۲ فرهنگ لغات و لیست علائم
۲۲	..... ۳-۲ مبانی اولیه روش دزسنجی MIRD
۲۴	..... ۴-۲ رادیواکتیویته و دز جذب شده
۲۵	..... ۵-۲ روش MIRD و معادلات ساده شده
۳۰	..... ۶-۲ معادلات کامل روش MIRD
۳۳	..... ۷-۲ کسر جذبی، Φ_i
۳۵	..... ۸-۲ کسر جذبی ویژه، Φ_i
۳۶	..... ۹-۲ دز میانگین بر واحد اکتیویته انباشته، S
۳۷	..... ۱۰-۲ اکتیویته انباشته، \tilde{A}_h
۳۸	..... ۱۱-۲ زمان اقامت، τ_h
۴۰	..... ۱۲-۲ یکاها - تجاری و SI
۴۲	..... ۱۳-۲ مثال‌هایی از کاربرد روش MIRD
	..... ۱-۱۳-۲ محاسبه دز جذبی برای یک رادیودارو که عمدتاً در یک عضو انباشته شده است (کلوئید تکنسیوم-۹۹m - سولفور)
۴۲	.....

۲-۱۳-۲: محاسبه دُز جذبی برای اکتیویته توزیع شده در تعدادی عضو،

با زمانهای اقامت مشخص برای رادیوداروی با برچسب ید-۱۳۳..... ۴۵

فصل سوم: معرفی مدل چندناحیه‌ای کلیه

۴۸	..... ۱-۳ مقدمه
۵۰	..... ۲-۳ فیزیولوژی و تشریح کلیه
۵۲	..... ۳-۳ مدل‌های قبلی دُزیمتری کلیه
۵۳	..... ۴-۳ تشریح مدل‌های دُزیمتری تجدید نظر شده
۵۵	..... ۵-۳ شکل بیرونی مدل‌های کلیه
۵۶	..... ۶-۳ هرم‌های مرکزی و برجستگی‌ها
۵۷	..... ۷-۳ لگنچه کلیوی
۵۸	..... ۸-۳ قشر کلیه‌ای

فصل چهارم: جیوه و خواص آن

۶۴	..... ۱-۴ اطلاعات اولیه
۶۴	..... ۲-۴ تاریخچه
۶۵	..... ۳-۴ پیدایش
۶۵	..... ۴-۴ خصوصیات قابل توجه جیوه
۶۵	..... ۵-۴ کاربردها
۶۶	..... ۶-۴ ایزوتوپها
۶۷	..... ۷-۴ ایمنی در کاربرد جیوه

فصل پنجم: محاسبات دُز مربوط به چشمه‌ی ^{203}Hg در کلیه‌ها

۶۹	..... ۱-۵ مقدمه
۶۹	..... ۲-۵ روش مونت کارلو
۷۰	..... ۳-۵ کُد مونت کارلوی MIRD
۷۱	..... ۴-۵ نتایج بدست آمده از کُد MIRD
۷۳	..... ۵-۵ کُد مونت کارلوی MCNP
۷۴	..... ۶-۵ داده‌های ورودی و خروجی در MCNP
۷۴	..... ۷-۵ دُزسنجی توسط کُد MCNP
۷۸	..... ۸-۵ مقایسه نتایج روش MIRD و کُد MCNP
۸۱	..... ۹-۵ نتیجه‌گیری
۸۳	..... مراجع

فصل اول

پرتو درمانی

۱-۱ تاریخچه پرتوپزشکی

با کشف اشعه ایکس توسط ویلهلم کونراد رونتگن در سال ۱۸۹۵، بلافاصله استفاده از آن در رادیولوژی آغاز شد. اولین رادیوگرافی از انسان، از دست خانم Berth همسر رونتگن، در ۲۲ دسامبر ۱۸۹۵ بعمل آمد. رونتگن در اولین روز سال ۱۸۹۶ گزارشی از تحقیقات اولیه خود و اولین تصویر X-Ray را به دانشگاه‌های اروپا فرستاد که باعث شور و هیجان خاصی شد. بعد از ماه‌های اولیه کشف اشعه X که همراه با تجربیات مجذوب‌کننده و کاربردی بود بعضی از کاربران متوجه تغییرات در پوست به سبب کاربرد زیاد اشعه X شدند. این تغییرات پوستی، دردست بوجود آمد چون پرتوکاران اولیه از دست بعنوان وسیله‌ای برای سنجش میزان قدرت نفوذپذیری دستگاه استفاده می‌کردند و چندین نفر در اوایل جان خود را از دست دادند.

یکی از روشهای تشخیصی و درمانی ارزشمند در طب، پزشکی هسته‌ای می‌باشد. اولین استفاده کلینیکی مواد رادیواکتیو، در سال ۱۹۳۷ جهت درمان لوسمی (سرطان خون) در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی بود. بعد از آن در ۱۹۴۶ با استفاده از این مواد توانستند در یک بیمار مبتلا به سرطان تیروئید از پیشرفت این بیماری جلوگیری کنند. متخصصین و فیزیک‌دانان به این واقعیت پی بردند که می‌توان از تجمع رادیوداروها در ارگان هدف تصاویری از آن تهیه نمود و یا به درمان بافت آسیب دیده کمک نمود. در دهه ۱۹۷۰ توانستند با اسکن نمودن ارگانهای دیگر بدن مانند کبد و طحال، تومورهای مغزی و مجاری گوارشی تصاویری را تهیه نمایند، و در دهه ۱۹۸۰ از رادیوداروها

جهت تشخیص بیماری‌های قلبی استفاده نمودند و هم‌اکنون نیز با ضریب اطمینان بسیار بالایی از پزشکی هسته‌ای در درمان و تشخیص و پیگیری روند درمان بیماریها استفاده می‌شود [۱].

۱-۲ پرتوپزشکی

پرتوپزشکی شاخه‌ای از پزشکی است که در آن از خواص هسته‌ای نوکلئیدهای رادیواکتیو و نوکلئیدهای پایدار، هم برای تشخیص و هم برای درمان امراض استفاده می‌شود. این امر می‌تواند با پرتودهی مستقیم مریض با یک چشمه رادیواکتیو خارجی و یا با تزریق داروهای نشاندار با رادیواکتیویته‌ی مشخص به مریض تحقق یابد.

از تابش برای تهیه اطلاعاتی درباره کارکرد عضوهای خاصی از شخص یا برای درمان بیماری استفاده می‌کنند. در اکثر موارد، اطلاعات توسط فیزیک‌پزشکان بکار برده می‌شود تا تشخیصات سریع و مناسبی از بیماری مریض انجام شود. تیروئید، استخوانها، قلب، کبد، و بسیاری از اعضای دیگر به آسانی می‌توانند عکس‌برداری شوند و اختلال در کارکردشان آشکار گردد. در برخی موارد نیز می‌توان از رادیوداروها برای درمان عضوهای مریض یا تومورها استفاده کرد.

در کشورهای پیشرفته (۲۶٪ جمعیت جهان) فراوانی استفاده از پزشکی هسته‌ای برای تشخیص بیماریها، ۱/۹٪ از کل موارد تشخیص می‌باشد، و فراوانی درمان با رادیوایزوتوپها تقریباً یک دهم این مقدار است. استفاده از رادیوداروها در تشخیص رشدی بیشتر از ۱۰٪ در هر سال دارد [۲].

۱-۳ رادیوداروها و چشمه‌های رادیواکتیو

داروهای نشاندار رادیواکتیو که به مریض تزریق یا خورانده می‌شوند، به نام رادیوداروها معروف هستند. دارویی هسته‌ای یا رادیوفارماکولوژی روش دارویی خاصی است که با ترکیبات،

آزمایش یا تزریق مناسب رادیودارو به مریض ارتباط دارد. سودمندترین رادیوایزوتوپها در پزشکی هسته‌ای رادیوایزوتوپهای تابش‌کننده گاما می‌باشند، زیرا پرتوهای تابش شده از این مواد در درون بدن را می‌توان از بیرون بدن به سادگی آشکار نمود. مقدار مواد رادیواکتیو بکار رفته در روشهای تشخیص از لحاظ جرم بسیار اندک است - نزدیک به میکروگرم - به‌گونه‌ای که این مواد بر روند کارهای فیزیولوژیک بدن اثری ندارند. چشمه‌های خارجی تابش در حال حاضر اساساً شامل چشمه‌های الکترونیهای با انرژی بالا یا گاما است که از شتابدهنده‌های خطی کوچک تولید شده و بیشترین کاربرد را دارند. الکترونیهای با انرژیهای ۴ تا ۱۵ میلیون الکترون ولت برای درمان سرطان‌هایی که نزدیک سطح بدن هستند، مانند سرطان‌های پوست، سینه، سر و گردن بکار می‌روند.

تابش داخلی از تزریق رادیوداروها حاصل می‌شود. علاوه بر تابش خارجی به یک عضو، ممکن است یک سوزن یا دانه رادیواکتیو را در داخل بدن مریض کاشت و لذا تنها مقاطع خاصی را که باید نابود شوند، پرتودهی نمود. رادیودارویی که به مریض تزریق می‌شود، باید برای مدت به اندازه کافی طولانی در عضو هدف باقی بماند و بافت‌های آسیب دیده را پرتودهی نماید یا در فرآیند تشخیص، وقت مناسب برای عکس‌برداری وجود داشته باشد. مدت زمان مناسب برای یک رادیودارو نیز به نیم‌عمر رادیولوژیکی و نیم‌عمر بیولوژیکی آن بستگی دارد [۱].

۱-۴ تشخیص در پزشکی هسته‌ای

تکنیک‌های تشخیصی در پزشکی هسته‌ای از ردیاب‌های رادیواکتیوی که تابش‌های گاما منتشر می‌کنند، در داخل بدن استفاده می‌کنند. این ردیاب‌ها عمدتاً ایزوتوپ‌های با عمر کوتاه هستند که به ترکیبات شیمیایی خاصی پیوند خورده‌اند تا به لحاظ بیولوژیکی با بدن سازگار باشند و مجاز به

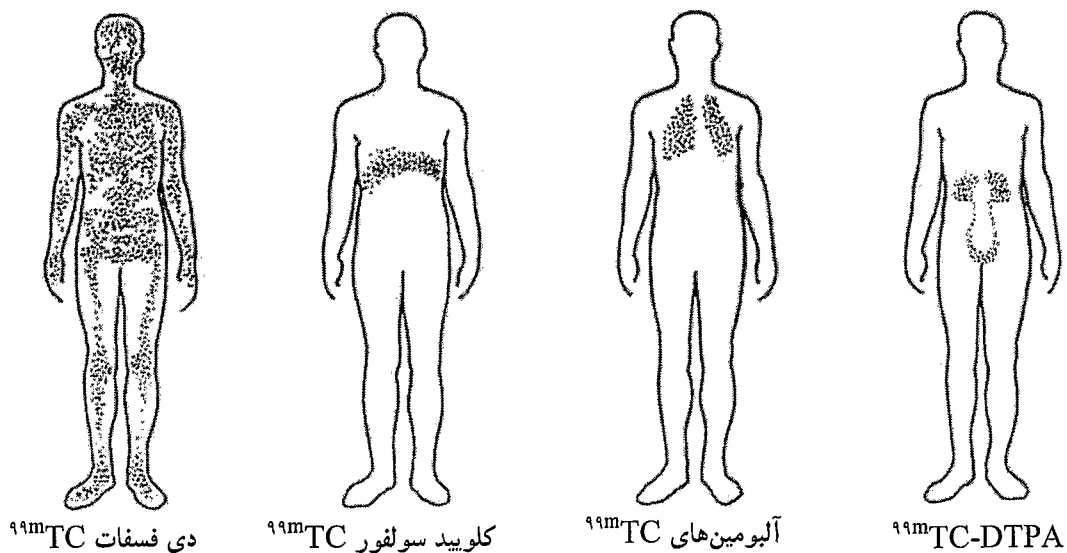
فرآیندهای فیزیولوژیکی خاصی هستند. این ترکیبات می‌توانند از راه تزریق، استنشاق و یا بصورت خوراکی تجویز شوند. فوتون‌های منتشر شده، بوسیله یک دوربین گاما آشکارسازی می‌شوند که این دوربین می‌تواند از عضوها از زاویه‌های مختلف تصویر بگیرد. دوربین تصویری از نقاطی که تابش منتشر شده را ایجاد می‌کند؛ این تصویر توسط یک کامپیوتر کامل می‌شود و توسط فیزیک‌پزشکان بر روی مانیتور برای یافتن آثار شرایط غیرعادی دیده می‌شود.

یک مورد جدید توموگرافی مبتنی بر تابش پوزیترون (PET) است که تکنیکی دقیق‌تر و پیشرفته‌تر است و از ایزوتوپ‌های بتازای مثبت (β^+) تولید شده در یک سیکلوترون استفاده می‌کند. یک رادیونوکلئید تابش‌کننده پوزیترون معمولاً به بیمار تزریق شده و در بافت هدف انباشته می‌شود. در زمان واپاشی هسته‌ها یک پوزیترون گسیل شده که سریعاً با یک الکترون ترکیب شده و موجب انتشار همزمان دو تابش گاما با انرژی‌های 0.511 MeV در دو جهت مخالف می‌شود. این گاماها بوسیله یک دوربین PET آشکار می‌شوند و محل بسیار دقیق منشأشان را می‌دهند. مهمترین نقش بالینی PET ها در تومورشناسی، با استفاده از فلئوئور- 18 بعنوان ردیاب، می‌باشد.

پرونده‌های جدید ترکیب PET با CT اسکن برای تصویربرداری، موجب تشخیص‌هایی ۳۰٪ بهتر از حالتی که تنها دوربین گاما مورد استفاده قرار بگیرد، شده است. یک مزیت مشخص تصویربرداری هسته‌ای بر تکنیک‌های اشعه X اینست که هم از استخوان و هم از بافت نرم می‌تواند با موفقیت زیادی تصویربرداری نماید. این امر موجب استفاده رایج آن در کشورهای پیشرفته شده است [۳].

۵-۱ رادیوداروهای تشخیصی

هر عضوی در بدن ما از نقطه نظر شیمیایی متفاوت با دیگر عضوها عمل می‌کند. محققان عرصه‌های پزشکی و شیمیدان‌ها تعدادی از مواد شیمیایی را تشخیص داده‌اند که توسط ارگان‌های خاصی جذب می‌شوند. برای مثال، تیروئید ید را جذب می‌کند، مغز مقادیری از گلوکوز را مصرف می‌نماید، و اعضای دیگر نیز به همین صورت هستند. با این دانش، رادیوداروشناس‌ها قادرند تا رادیوایزوتوپ‌های مختلفی را به مواد بیولوژیکی فعال بچسبانند. وقتی که شکلی رادیواکتیو از این مواد به بدن وارد می‌شود، با فرآیندهای بیولوژیکی عادی بدن همراه شده و از راههای طبیعی دفع می‌گردد. نمونه‌ای از توزیع‌های منطقه‌ای یک رادیودارو با برچسب ^{99m}Tc در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۱): تکنسیوم- ^{99m}Tc رادیونوکلئیدی است که می‌تواند بعنوان یک برچسب برای بسیاری از لیگاندهای مختلف

استفاده شود. مثلاً نشان می‌دهند که توزیع منطقه‌ای می‌تواند قویاً به شکل شیمیایی بستگی داشته باشد.

تکنسیوم ^{99m}Tc ، رادیونوکلئیدی است که در روشهای تشخیص پزشکی هسته‌ای بیشتر از همه‌ی رادیونوکلئیدها مورد استفاده قرار گرفته است. تکنسیوم، دارای خواصی است که کاربرد آن را در تشخیص امراض مناسب می‌سازد. نیمه‌عمر آن ۶/۰۱ ساعت است که برای گرفتن اطلاعات پزشکی مدت زمان کافی است، ولی آن اندازه طولانی نیست که مریض دچار پرتوگیری غیرضروری گردد. تابش گاما با انرژی ۱۴۲/۷KeV که بوسیله تکنسیوم گسیل می‌شود، دارای انرژی کافی برای عبور از نسوج و آشکارسازی است و هزینه تولید ^{99m}Tc در حد معقولی می‌باشد. این رادیوایزوتوپ بطور وسیع در پزشکی بکار برده می‌شود و تقریباً در ۸۰٪ از فرآیندهای پزشکی هسته‌ای - در هر روز ۴۰۰۰۰ مورد - به خدمت گرفته می‌شود.

رادیوداروهای تشخیصی می‌توانند برای تست جریان خون در مغز، کارکرد کبد، ریه‌ها، قلب یا کلیه‌ها، تشخیص رشد استخوان، و در تایید سایر فرآیندهای تشخیصی بکار برده شوند. استفاده مهم دیگر از آنها اینست که در پیشگویی آثار جراحی و تشخیص تغییرات پس از درمان، بکار برده می‌شوند. از جمله مزایای استفاده از رادیوداروهای تشخیصی اینست که دُز تابشی ناچیزی به بیمار رسیده و بیمار هیچ ناراحتی‌ای در زمان تست تجربه نمی‌کند و در زمانی کوتاه پس از آن هیچ اثری از این که تست انجام شده وجود نخواهد داشت. طبیعت غیرتهاجمی و غیر مخرب این فناوری، به‌مراه قابلیت مشاهده کارکرد یک عضو از خارج از بدن، این تکنیک را ابزار تشخیصی قدرتمندی نموده است [۴،۱].

۱-۶ پرتودرمانی و اهمیت دُزیمتری

کاربردهای درمانی تابش‌ها و رادیوداروها نسبت به کاربردهای تشخیصی محدودتر هستند. زمانی که تشعشع برای درمان بکار می‌رود، مقصود نابود نمودن یک قسمت خاص از نسوج مریض با تابش است؛ چشمه می‌تواند داخلی یا خارجی باشد.

سرطان رشد بی‌رویه، خارج از کنترل و غیرطبیعی تعدادی از سلول‌هاست که می‌تواند در هر قسمتی از بدن انسان رخ دهد. جهت درمان سرطان چهار روش جراحی، رادیوتراپی، شیمی‌درمانی و هورمون‌درمانی وجود دارد؛ که بسته به نظر پزشک، یک یا ترکیبی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیمی از بیماران به‌وسیله جراحی، بیش از ۴۰٪ تحت رادیوتراپی و ۱۰٪ به‌وسیله شیمی‌درمانی و سایر روش‌ها مورد درمان قرار می‌گیرند. با پیشرفت رادیوتراپی بر تعداد بیماران رادیوتراپی افزوده شده و تدریجاً پرتودرمانی همپای جراحی در درمان سرطان اهمیت پیدا کرده است. رادیوتراپی یا پرتودرمانی عبارتست از به‌کار بردن پرتوهای یونساز جهت از بین بردن سلول‌های سرطانی و جلوگیری از رشد و تقسیم آنها در ناحیه‌ای که پزشک متخصص تجویز می‌کند. به هنگام عبور اشعه از ماده یا سلول، مقدار معینی از انرژی به ماده یا سلول منتقل می‌شود و این باعث یونش اتم‌های تشکیل‌دهنده سلول و از بین رفتن آنها می‌شود. میزان انرژی انتقال‌یافته نقش بسیار حساسی در انهدام سلول‌ها دارد و چون سلول‌ها از نظر ساختاری یکسان نیستند، از حساسیت متفاوتی در مقابل پرتوهای یونساز برخوردارند. هدف اصلی در رادیوتراپی رساندن بیشترین دُز به سلول‌های تومور و کمترین دُز به بافت طبیعی است. از آنجا که ارتباط تنگاتنگی بین احتمال کنترل موضعی تومور (Local Tumor Control) و آسیب بافت طبیعی با دُز جذبی وجود دارد، بنابراین

کنترل صحت دُز رسیده به حجم هدف، یک بخش حیاتی از برنامه کنترل کیفی در فرآیند رادیوتراپی است. دُز تابشی باید به گونه‌ای انتخاب شود که حداکثر تأثیر بر تومور و در عین حال حداقل صدمه را به بافت طبیعی داشته باشد. خطای موجود در اجرای این هدف منجر به خطای دُزیمتری خواهد شد. خطای دُزیمتری به مفهوم عدم تطابق دُز تجویز شده با دُز واقعی است. این عدم تطابق منجر به اجرای غیر صحیح پرتودرمانی و به دنبال آن نتایج نامطلوب در درمان خواهد شد. بنا به گزارش ۲۴-ICRU حداکثر خطای مجاز در دُز داده شده به حجم هدف در انتهای درمان بیمار $\pm 5\%$ توصیه شده است. بنابراین اجرای صحیح و بدون خطای پرتودرمانی از اهمیت به سزایی برخوردار است، در غیر این صورت با وجود طی مراحل متعدد و صرف هزینه‌های بسیار در نهایت به نتیجه مطلوب در درمان نمی‌رسیم [۵،۱].

۱-۷ زمینه‌های پرتودرمانی

سلولهایی که سریع تقسیم می‌شوند بطور خاص به آسیب ناشی از تابش حساسند. به این علت، برخی پیشرفت‌های سرطانی می‌تواند توسط تابش‌دهی ناحیه‌ای که رشد دارد کنترل شده یا نابود گردد. تابش‌دهی خارجی می‌تواند با استفاده یک پرتو گاما ناشی از یک چشمه کبالت-۶۰ انجام شود، با این وجود در کشورهای پیشرفته شتاب‌دهنده‌های خطی بسیار متنوعی هم‌اکنون بعنوان چشمه پرتو X اشعه و الکترون جهت درمان استفاده می‌شوند.

پرتودرمانی داخلی عبارتست از تجویز یا کاشت چشمه‌های تابشی کوچک در ناحیه هدف، که معمولاً تابش‌کننده‌های گاما یا بتا هستند. رادیوایزوتوپ مناسب می‌تواند در عضوی که نیاز دارد به همان روشی که برای تشخیص بکار می‌رود - از راهی که یک عنصر رادیواکتیو مسیر بیولوژیکی

معمولش را دنبال می‌کند، یا از طریق چسبیدن به یک ترکیب بیولوژیکی مناسب- قرار گیرد. در اکثر موارد، این تابش بتا است که باعث نابودی سلول‌های آسیب دیده می‌شود. پرتودرمانی با برد کوتاه تحت عنوان براکی‌تراپی شناخته می‌شود، و اینها ابزارهای اصلی درمان هستند. اگرچه پرتودرمانی کمتر از تشخیص با مواد رادیواکتیو در پزشکی استفاده می‌شود، ولی در حال توسعه و رشد می‌باشد. یک رادیوایزوتوپ درمانی ایده آل یک تابش‌کننده قوی بتا و نیز گاما برای قابلیت تصویربرداری، مثل لوتیسیم-۱۷۷ می‌باشد. ید-۱۳۱ که عموماً برای درمان سرطان تیروئید بکار می‌رود، شاید موفق‌ترین نوع از درمان سرطان باشد. همچنین از آن در درمان اختلالات غیر بدخیم تیروئید استفاده می‌شود. کاشت ایریدیم-۱۹۲ بطور خاص در مورد تومورهای سر و سینه بکار می‌رود. آنها به شکل مفتولی تهیه شده و از طریق یک میل جراحی به ناحیه هدف وارد می‌شوند. این فرآیند براکی‌تراپی که تابش سرتاسری کمتری به بدن می‌دهد، بیشتر به تومورهای هدف محدود می‌شود و مقرون به صرفه‌تر است. درمان لوسمی ممکن است نیازمند پیوند مغز استخوان باشد، که در این مورد مغز استخوان معیوب در ابتدا باید با یک دُز تابشی زیاد (بعبارت دیگر مهلک) قبل از جایگذاری مغز استخوان سالم نابود شود.

بسیاری از پروسه‌های درمانی تسکین‌دهنده موقتی هستند. برای مثال از استرانسیوم-۸۹ و اکثراً ساماریوم-۱۵۳ برای تسکین درد ناشی از سرطان استخوان استفاده می‌شود. رنیم-۱۸۶ نیز محصول جدیدی برای این منظور می‌باشد.

زمینه جدیدی که بطور خاص برای کنترل سرطان‌های پراکنده مورد توجه قرار گرفته، آلفا درمانی هدف¹ (TAT) است. برد کوتاه تابش‌های آلفای پرتو انرژی در بافت به این معنی است که

کسر بزرگی از آن انرژی رادیواکتیو به سلول‌های سرطانی هدف می‌رود، زمانی که یک حامل رادیونوکلئید تابش‌کننده آلفا در محل کاملاً درستی واقع شود. مطالعات آزمایشگاهی دلگرم‌کننده‌اند و پژوهش‌های بالینی در مورد لوسمی، غدد کیسه‌ای و ملانوما (تومور سیاه رنگ قشر عمیق پوست) در دست اقدام می‌باشند. یکی از موارد نوظهور آزمایشی در این باره، گیراندازی نوترون با استفاده از بور-۱۰ می‌باشد که برای تومورهای بدخیم مغز استفاده می‌شود؛ در این فرآیند بیمار توسط نوترون-های حرارتی که شدیداً توسط بور جذب می‌شوند، پرتودهی می‌شود، و ذرات آلفای پرانرژی تولید می‌شود که سرطان را از بین می‌برد. این نیازمند اینست که بیمار به یک راکتور هسته‌ای برده شود، بجای این که رادیوایزوتوپ‌ها به بیمار داده شوند.

هدف هر کدام از این فرآیندهای درمانی این است که تابش تنها به آن حجم‌های هدفی که تعریف شده، محدود شود. دُز هر فرآیند درمانی معمولاً در حدود ۲۰-۶۰ Gy می‌باشد [۲].

۱-۸ ایزوتوپ‌های مورد استفاده در پرتوپزشکی

مولیبدنوم-۹۹: با نیمه عمر ۶۶ ساعت بعنوان "مادر" در یک ژنراتور برای تهیه تکنسیوم-۹۹m بکار می‌رود.

تکنسیوم-۹۹m: با نیمه عمر ۶ ساعت بطور خاص در تصویربرداری اسکلت و عضلات قلب بکار می‌رود، اما برای مغز، تیروئید، ریه‌ها، کبد، طحال، کلیه (ساختار و آهنگ تصفیه)، کیسه صفرا، مغز استخوان، غدد بزاقی و اشکی، گردش خون قلب، پیشگیری و مطالعات پزشکی هم استفاده می‌شود.

بیسموت-۲۱۳: با نیمه عمر ۴۶ دقیقه که در TAT استفاده می‌شود.

کروم-۵۱: با نیمه عمر ۲۸ روز برای نشاندار کردن سلول‌های قرمز خون و تعیین میزان اتلاف پروتئین روده و معده بکار می‌رود.

کبالت-۶۰: با نیمه عمر ۱۰/۵ ماه سابقاً در پرتودرمانی با تابش خارجی مورد استفاده بود.

مس-۶۴: با نیمه عمر ۱۳ ساعت برای مطالعه بیماریهای ژنتیکی در اثر متابولیسم مس بکار می‌رود.

دیسپروزیوم-۱۶۵: با نیمه عمر ۲ ساعت بعنوان یک هیدروکسید تجمعی برای درمان سینوکتومی در مفاصل بکار می‌رود.

هولمیم-۱۶۶: با نیمه عمر ۲۶ ساعت برای تشخیص و درمان تومورهای کبد بکار می‌رود.

یُد-۱۲۵: با نیمه عمر ۶۰ روز در براکی ترابی سرطان‌ها (از جمله پروستات و مغز) استفاده می‌شود، همچنین در تشخیص برای برآورد نرخ تصفیه کلیه‌ها و تشخیص گرفتگی عروق در پا استفاده می‌شود. همچنین این ایزوتوپ بطور وسیعی در تست‌های رادیوایمو برای نشان دادن وجود هورمون‌ها در مقادیر بسیار کوچک بکار می‌رود.

یُد-۱۳۱: با نیمه عمر ۸ روز بطور وسیعی در درمان سرطان تیروئید و در تصویربرداری از تیروئید بکار رفته است؛ و نیز در تشخیص کارکرد کبد، جریان خون کلیه و انسداد مسیر ادراری بکار می‌رود. این ایزوتوپ انتشاردهنده قوی گاما است اما برای درمان با اشعه بتا استفاده می‌شود.

ایریدیم-۱۹۲: با نیمه عمر ۷۴ روز به شکل مفتولی برای استفاده بعنوان یک چشمه داخلی پرتودرمانی در درمان سرطان به خدمت گرفته می‌شود.

لوتیسم- ۱۷۷: با نیمه عمر ۶/۷ روز بطور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است زیرا این ایزوتوپ تشعشع گاما با انرژی کافی برای تصویربرداری ساطع می‌کند، همچنین دُز تابش بتای آن برای درمان تومورهای کوچک (مانند غدد درون ریز) مناسب است. نیمه عمر آن به اندازه کافی طولانی است که اجازه یک تدارک ماهرانه برای استفاده از آن را بدهد.

پالادیوم- ۱۰۳: با نیمه عمر ۱۷ روز در ایجاد کاشت دائمی براکی تراپی در مراحل اولیه سرطان پروستات استفاده می‌شود.

فسفر- ۳۲: با نیمه عمر ۱۴ روز در درمان پلی‌سیتمایورا (فزون‌ی سلولهای قرمز خون) استفاده می‌شود و یک منتشر کننده بتا است.

پتاسیم- ۴۲: با نیمه عمر ۱۲ ساعت برای تعیین پتاسیم قابل تبادل در انسداد شرایین بکار می‌رود. رنیم- ۱۸۶: با نیمه عمر ۳/۸ روز در تسکین درد سرطان استخوان استفاده می‌شود و یک منتشر کننده بتا به‌مراه تابش ضعیف گاما برای تصویربرداری می‌باشد.

ساماریوم- ۱۵۳: با نیمه عمر ۴۷ ساعت بسیار موثر در تسکین درد سرطان‌های ثانوی مقیم در استخوان است، همچنین در مورد سرطان‌های پروستات و سینه خیلی موثر می‌باشد. این ایزوتوپ منتشر کننده بتا است.

سلنیوم- ۷۵: با نیمه عمر ۱۲۰ روز به شکل سلنو- متونین برای مطالعه تولید آنزیم‌های گوارشی بکار می‌رود.

استرانسیم- ۸۹: با نیمه عمر ۵۰ روز بسیار موثر در کاهش درد سرطان‌های پروستات و استخوان است و نیز منتشر کننده بتا می‌باشد.

گزنون- ۱۳۳: با نیمه عمر ۵ روز برای مطالعه تهویه ریه‌ها بکار می‌رود.

ایتیریم- ۱۶۹: با نیمه عمر ۳۲ روز برای مطالعات مایع مغزی نخاعی در مغز کاربرد دارد.

ایتیریم- ۹۰: با نیمه عمر ۶۴ ساعت در براکی تراپی سرطان بکار می‌رود و بعنوان کلوتید سیلیکات برای تسکین درد ورم مفاصل در مفصل‌های بزرگ استفاده می‌شود و نیز یک تابش‌کننده خالص بتا است.

علاوه بر اینها رادیوایزوتوپ‌های سیکلوترونی مانند کربن ۱۱، نیتروژن ۱۳، اکسیژن ۱۵ و فلورور ۱۸ وجود دارند. رادیوایزوتوپ‌ها به روش‌های متعددی می‌توانند تهیه شوند. معمولی‌ترین راه توسط فعال‌سازی نوترونی در یک راکتور هسته‌ای می‌باشد. این کار مستلزم گیراندازی یک نوترون بوسیله هسته یک اتم است که منجر به فزونی نوترونی می‌شود. برخی از رادیوایزوتوپها بطور مصنوعی در یک سیکلوترون تهیه می‌شوند که پروتونها به هسته داده می‌شوند و منجر به کاستی نوترونها می‌گردد. هسته‌های رادیوایزوتوپ معمولاً توسط انتشار ذرات آلفا و یا بتا (یا پوزیترون) به پایداری می‌رسند. این ذرات ممکن است همراه با انتشار انرژی به شکل تابش الکترومغناطیسی باشند که بعنوان تابش گاما شناخته می‌شود [۲].

۹-۱ تصویربرداری در پرتوپزشکی

مشکل تصویربرداری از بدن انسان این است که ماده‌ای کدر و غیرشفاف است، نگاه کردن درون بدن انسان نیز بطور کلی دردناک است. در گذشته روش معمول دیدن درون بدن انسان جراحی بود، اما امروزه با استفاده از انبوهی از روشهای جدید دیگر نیازی به این روشهای وحشتناک نیست. تصویربرداری اشعه X، MRI و مافوق صوت برخی از این تکنیکها هستند. هر کدام از این

تکنیک‌ها مزایا و معایبی دارند که باعث می‌شود هر یک برای شرایط مختلف و اعضای مختلف بدن مفید باشند. تکنیک‌های تصویربرداری پزشکی هسته‌ای روش‌های جدیدی را برای نگاه کردن به درون بدن انسان برای پزشکان فراهم می‌کند. این تکنیک‌ها ترکیبی از استفاده از کامپیوتر، حسگرها و مواد رادیواکتیو هستند، این روشها عبارتند از:

- توموگرافی با استفاده از تابش پوزیترون (PET)

- اسپکت SPECT

- تصویربرداری قلبی - عروقی

- اسکن استخوان

هر کدام از این روشها از یکی از خصوصیات عناصر رادیواکتیو برای تولید یک تصویر استفاده می‌کند.

تصویربرداری در پزشکی هسته‌ای برای شناسایی موارد زیر بسیار مفید است:

- تومورها

- آنوریسم (Aneurysms) یا انبساط غیرعادی رگ‌های خونی دارای لخته‌ی خون

- نارسایی سلول‌های خونی و اختلال در عملکرد دستگاه‌های بدن مثل غده تیروئید و ریه

استفاده از هر کدام از این روشها یا مجموعه‌ای از آنها بستگی به علائم بیمار و نوع بیماری دارد [۲].

۱-۱۰ دوربین گاما

یکی از ابزارهای مهم در پزشکی هسته‌ای دوربین گاما است. این وسیله برای به تصویر کشیدن

پرتوهای گامای ساطع شده از عضو هدف به کار می‌رود. پس از آن‌که در بخش پزشکی هسته‌ای

بیمار را روی تخت خاص خود مستقر کردند رادیوایزوتوپ را تجویز می‌کنند. رادیواکتیویته در بافت