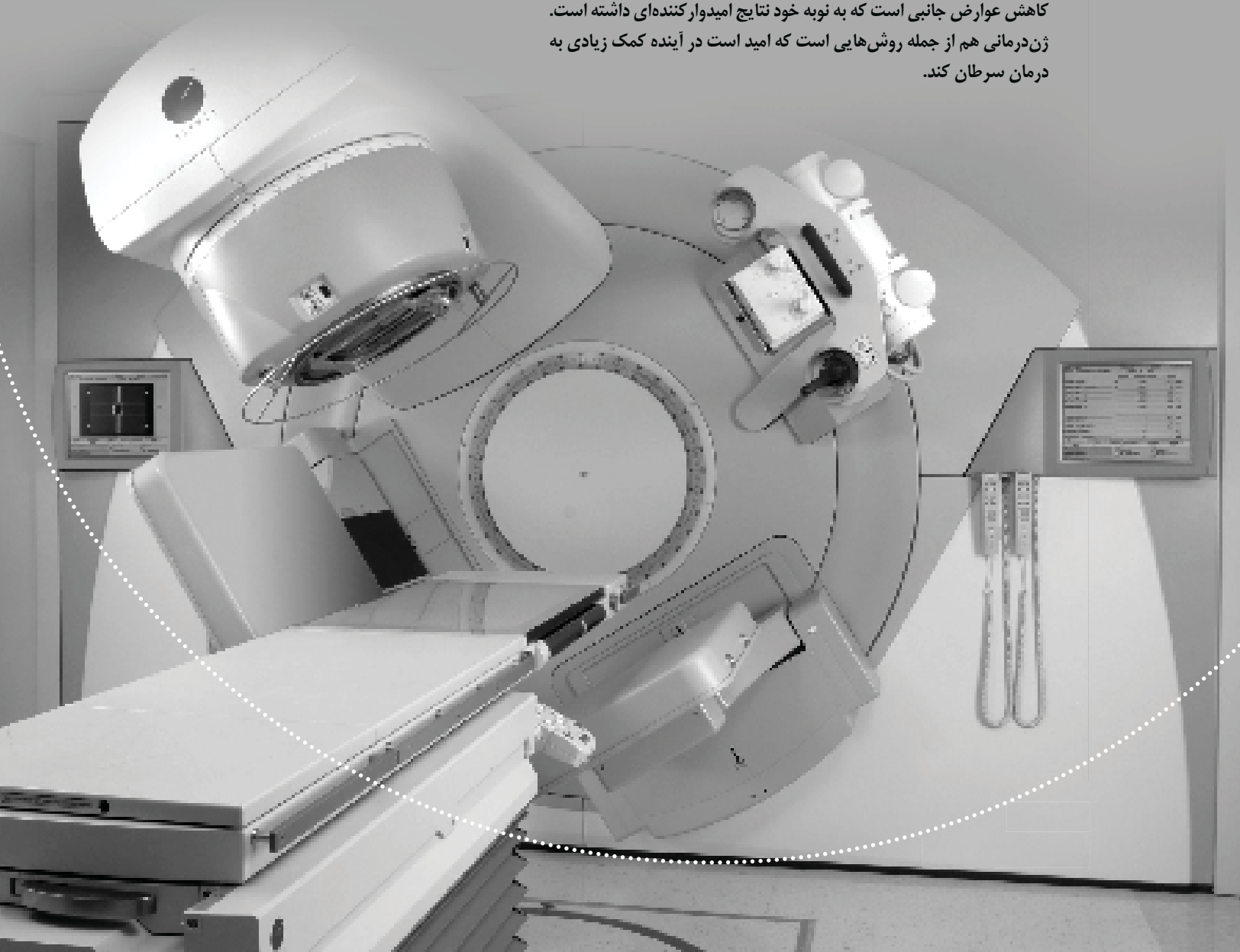




## آشنایی با روش‌های نوین پرتو درمانی

یکی از دلایل اصلی مرگومیر در دنیای امروز سرطان است. برای درمان انواع سرطان از روش‌های متفاوت درمانی از قبیل جراحی، شیمی‌درمانی، پرتو درمانی و هورمون‌درمانی استفاده می‌شود. سرطان به تکثیر نابه‌جا و بدون کنترل سلول در بدن اطلاق می‌شود، به طوری که این سلول‌ها می‌توانند بسته به درجه تمایز مشابه بافتی باشند که از آن منشأ گرفته‌اند، یا کاملاً با آن متفاوت باشند. به طور معمول این سلول‌ها قابلیت دست‌اندازی به بافت، عروق مجاور و در مراحل پیشرفته‌تر، بافت‌های غیر مجاور از طریق عروق خونی و لنفوی را دارند. روش‌های معمول و متداول درمان سرطان با در نظر گرفتن پاتولوژی می‌تواند شامل یک، دو یا هر سه روش، جراحی، شیمی‌درمانی و رادیوتراپی باشد. روش‌های جدیدتر نظیر ایمونوتراپی تحت بررسی جهت کاهش عوارض جانبی است که به نوبه خود نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است. ژن درمانی هم از جمله روش‌هایی است که امید است در آینده کمک زیادی به درمان سرطان کند.



کاربرد اصلی پرتودرمانی در معالجه امراض سرطانی است. رادیوتراپی، به قرارداد سلول‌ها در معرض پرتوهای یونیزان به قصد درمان اطلاق می‌شود. تمام بیماران مبتلا به سرطان در جریان مداوای خود از پرتودرمانی استفاده نمی‌کنند، ولی می‌توان گفت بسیاری از این بیماران در مرحله‌ای از دوره درمان خود به‌عنوان درمان اصلی با تسکینی یا همراه و هم‌زمان با سایر روش‌های درمانی تحت رادیوتراپی قرار خواهند گرفت. ابتلا به سرطان تحت تأثیر دو گروه عوامل مؤثر اعم از فاکتورهای درونی و بیرونی قرار دارد که این موارد پیوسته بر هم تأثیر می‌گذارند. این رو در صورت وجود یک عامل سرطان‌زا در محیط، تمامی افرادی که در معرض این عامل قرار گرفته‌اند به سرطان مربوط به آن عامل مبتلا نخواهند شد.

این امر نشان‌دهنده نقش و تأثیر عواملی نظیر تغذیه، آلودگی‌های زیست‌محیطی، بهداشت، وراثت و عوامل ژنتیک و ... در ابتلا یا عدم ابتلا به بدخیمی‌ها است. عدم مصرف دخانیات، واکسیناسیون، امتناع از نوشیدن الکل، اصلاح عادات غذایی، رعایت دستورهای ایمنی محیط کار، حفاظت مؤثر در برابر نور به‌عنوان روش‌های اولیه پیشگیری از ابتلا به سرطان است. همچنین جلوگیری از ابتلا به بیماری‌هایی که از طریق ارتباط جنسی منتقل می‌شوند، مانند: هپاتیت B و ایدز، رعایت بهداشت و جلوگیری از ابتلا به بیماری‌های عفونی که می‌توانند در ایجاد سرطان مؤثر باشند نیز در این بین حائز اهمیت هستند.

تشخیص زودهنگام و به‌موقع از راه‌های دیگری چون غربالگری (تشخیص زودهنگام سرطان‌های خاص و ضایعه‌های پیش‌سرطانی در افراد بدون علامت)، انجام خودآزمایی پستان، پاپ اسمیر، آزمایش خون مخفی در مدفوع، آزمایش پروستات و اندازه‌گیری Prostate-Specific Antigen (PSA)، ماموگرافی بعد از ۴۰ سالگی، امکان‌پذیر است. انجام این موارد، در تمامی افراد بسته به سن و جنس توصیه می‌شود. همچنین سن شروع و روش بررسی و معاینات فوق در افرادی با سابقه فامیلی ابتلا به سرطان‌های تخمدان، پستان، روده بزرگ یا سایر سرطان‌ها با نظر و تشخیص پزشک متخصص، می‌تواند متفاوت باشد.

در مواردی نیاز به بررسی ژنتیک جهت اثبات احتمال ابتلا به سرطان و در صورت وجود زمینه ژنتیکی، استفاده از دارو یا جراحی به‌منظور جلوگیری از ابتلا به سرطان خواهد بود. همچنین رادیوتراپی در کنترل درمان و گاه پیشگیری از بروز بعضی از بیماری‌های خوش‌خیم کاربرد دارد، جلوگیری از بروز کلویید در محل اسکار جراحی نیز از جمله کاربردهای پرتودرمانی به‌شمار می‌رود. بنابراین پرتودرمانی یکی از روش‌های درمان سرطان است که از پرتوهای پرنرژی برای از بین بردن سلول‌های سرطانی بهره می‌گیرد. در پرتودرمانی عمدتاً از انرژی پرتوهای ایکس استفاده می‌شود، اما استفاده از انرژی پروتون‌ها یا منابع دیگر هم رایج است. در رادیوتراپی عمدتاً پرتو از خارج بدن به نقطه‌ای کوچک و دقیق تابانده می‌شود، اما در نوع خاصی از آن که براکی‌تراپی یا نزدیک‌درمانی نام دارد، منبع تابش در داخل

بدن قرار می‌گیرد. پرتودرمانی با هدف قراردادن پایه‌های ژنتیکی کنترل‌کننده رشد و تقسیم سلولی، سلول هدف را از بین می‌برد. با توجه به این نکته که در طی پرتودرمانی برخی سلول‌های سالم نیز آسیب می‌بینند، یکی از اصلی‌ترین اهداف رادیوتراپی کاهش صدمات وارده به سلول‌های سالم است. بیش از نیمی از افراد مبتلا به سرطان در طول روند درمانی خود از پرتودرمانی استفاده می‌کنند. پرتودرمانی تقریباً در درمان تمامی انواع سرطان کاربرد دارد. هم‌چنین از پرتودرمانی در درمان توده‌های غیرسرطانی (خوش‌خیم/بی‌خطر) استفاده می‌شود. پرتودرمانی می‌تواند در مراحل مختلفی از روند درمانی افراد مبتلا به سرطان استفاده شود. Neadjuvant therapy به‌عنوان تنها درمان (یا درمان اصلی)، قبل از جراحی و برای کوچک کردن اندازه تومور، پس از جراحی و برای توقف رشد سلول‌های سرطانی باقی‌مانده احتمالی و Adjuvant therapy. به‌همراه سایر روش‌های درمانی، مثل شیمی‌درمانی، و برای تخریب سلول‌های سرطانی، برای کاهش غلظت در سرطان‌های پیشرفته به‌کار می‌روند.

### مکانیسم فعالیت پرتو

رادیوتراپی با آسیب به DNA سلول‌های تومورال، تأثیر خود را می‌گذارد. این آسیب به DNA توسط یکی از دو صورت انرژی، فوتون یا ذرات باردار، ایجاد می‌شود. این آسیب می‌تواند به‌صورت یونیزاسیون مستقیم یا غیرمستقیم زنجیره DNA را تحت تأثیر قرار دهد. در درمان با فوتون، اثرگذاری پرتوها بیشتر از طریق ایجاد رادیکال‌های آزاد و در نتیجه آسیب رساندن به DNA است. از آنجاکه سلول‌ها دارای مکانیسم ترمیم آسیب DNA تک‌رشته‌ای هستند، دیده شده است که آسیب به دو رشته DNA، مهم‌ترین تکنیکی است که منجر به مرگ سلولی می‌شود. معمولاً سلول‌های سرطانی که تمایز نیافته و مشابه سلول‌های بنیادی هستند، بیشتر از سلول‌های سالم تمایز یافته، تکثیر پیدا می‌کنند و توانایی کمی برای بازسازی آسیب‌ها دارند. آسیب رشته DNA در حین تقسیم سلولی به سلول‌های جدید منتقل می‌شود؛ آسیب‌های DNA سلول سرطانی منجر به مرگ سلول‌ها یا کاهش سرعت تکثیر آن‌ها می‌شود. یکی از محدودیت‌های رادیوتراپی با فوتون آن است که سلول‌های تومورهای توپر دچار کمبود اکسیژن می‌شوند. تومورهای توپر می‌توانند در نتیجه کاهش اکسیژن (هایپوکسی) رگ‌های خونی خود را تقویت کنند. اکسیژن یک حساس‌کننده قوی به پرتو است و تأثیر دز تابشی را با ایجاد رادیکال‌های آزاد آسیب‌زننده به DNA افزایش می‌دهد. سلول‌های تومورال در یک محیط هایپوکسیک نسبت به پرتو، ۲ تا ۳ برابر مقاوم‌تر از سلول‌های سرطانی که در محیط دارای اکسیژن هستند، ظاهر می‌شوند. تحقیقات زیادی از جمله استفاده از مخازن فشار قوی اکسیژن، جایگزین‌های خون که اکسیژن زیادی حمل می‌کنند، داروهای حساس‌کننده سلول‌های هایپوکسیک مانند میزونی‌دازول و مترونی‌دازول، و سایتوتوکسین‌های هایپوکسیک (سموم بافتی) مانند تیراپازامین، برای غلبه بر کمبود اکسیژن، اختصاص داده شده است.

## رادیوتراپی داخلی Brachytherapy

در این روش منبع تشعشع که در یک پوشش نگهدارنده کوچک پیچیده شده در داخل تومور یا بسیار نزدیک به آن قرار می‌گیرد و Implant یا ماده کاشتنی نامیده می‌شود. مواد کاشتنی ممکن است در شکل‌های مختلف مانند سیم‌های کوچک، تیوب‌های پلاستیکی (کاترها) Ribbons (رشته‌ای) کپسول یا به شکل دانه‌ای وجود داشته باشد. مواد کاشتنی مستقیماً در داخل بدن گذاشته می‌شوند. در رادیوتراپی داخلی ممکن است بیمار نیاز به بستری شدن داشته باشد. رادیوتراپی داخلی معمولاً به یکی از روش‌های زیر انجام می‌شود که هر کدام به‌طور جداگانه توضیح داده شده‌اند. در هر سه روش از مواد کاشتنی سربسته استفاده می‌شود.

### رادیوتراپی داخل نسجی Interstitial Radiotherapy

در این روش ماده رادیواکتیو در داخل بافت یا نزدیک محل تومور قرار می‌گیرد. این روش در درمان تومورهای سر و گردن، پروستات، گردن رحم (Cervix)، تخمدان، پستان، نواحی لگن و اطراف مقعد استفاده می‌شود. در رادیوتراپی خارجی پستان ممکن است یک دوز بیشتر (Boost) به روش داخل نسجی یا خارجی به بیمار داده شود.

### رادیوتراپی داخل حفره‌ای Therapy Intracavitary

در این روش منبع رادیواکتیو به‌وسیله یک اپلیکاتور در داخل بدن قرار می‌گیرد. این روش معمولاً در درمان تومورهای رحم استفاده می‌شود. محققان در حال مطالعه و بررسی انواع رادیوتراپی داخلی برای درمان دیگر سرطان‌ها شامل پستان، Bronchial، گردنی، مثانه، دهانی، Tracheal، Rectal، رحم و واژن هستند.

### رادیوتراپی سیستمیک (پزشکی هسته‌ای)

در این روش از مواد رادیواکتیو مانند  $^{89}Sr$  یا  $^{131}I$  به‌صورت خوراکی یا تزریقی استفاده می‌شود. این روش درمانی گاهی اوقات برای درمان سرطان تیروئید و لنفوم غیر هوچکینی بزرگسالان استفاده می‌شود. محققان در حال بررسی موادی هستند که بتوانند برای درمان دیگر انواع سرطان مورد استفاده قرار گیرند.

### آشنایی با دستگاه‌های پر تودرمانی

#### دستگاه اشعه ایکس سطحی

از این دستگاه‌ها برای درمان بیماری‌های بدخیم در سطح پوست استفاده می‌شود، محدوده و لثاژ این دستگاه‌ها ۵۰ الی ۱۵۰ کیلو ولت است. میدان درمان این دستگاه‌ها معمولاً در اندازه‌های ثابت و دایره‌ای شکل است.

ذرات باردار مانند پروتون، بورون، کربن و یون‌های نئون باعث آسیب مستقیم به DNA سلول‌های سرطانی می‌شوند، مستقل از میزان اکسیژن بافت، اثری ضد تومور دارند چون بیشتر از طریق شکستن دو رشته DNA تأثیر خود را می‌گذارد. در پروتون‌تراپی، آسیب‌های وارده به بافت‌های سالم اطراف تومور بسیار پایین است. این موضوع کمک می‌کند تا تومورهایی که در نواحی حساس هستند (مانند تومورهای سر و گردن) با دقت بیشتر و با حداقل آسیب به بافت‌های اطراف درمان شوند. تابش پرتو برای کودکان مضر است، چون در حال رشد هستند.

### تفاوت بین انواع رادیوتراپی

پرتودهی ممکن است توسط دستگاهی خارج از بدن (رادیوتراپی خارجی) یا توسط منبع پرتو در داخل بدن (رادیوتراپی داخلی) یا توسط مواد رادیواکتیو باز در داخل بدن (رادیوتراپی سیستمیک) انجام شود. نوع پرتودهی به نوع تومور، تحمل بافت‌های سالم اطراف محل آن، مسافتی که پرتو باید در داخل بدن طی کند و همچنین به سلامت عمومی بیمار، تاریخچه بیماری و اینکه آیا بیمار از روش‌های دیگر درمان استفاده خواهد کرد یا نه و مجموعه‌ای عوامل دیگر بستگی دارد. در بیشتر بیماران از روش پرتودرمانی خارجی و در تعدادی از بیماران از سه روش پرتودرمانی خارجی، داخلی، سیستمیک همراه با هم یا جداگانه استفاده می‌شود.

### رادیوتراپی خارجی

پرتودرمانی یا رادیوتراپی خارجی معمولاً در بیماران سرپایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بیشتر این بیماران نیازی به بستری شدن در بیمارستان نیست. رادیوتراپی خارجی برای درمان انواع سرطان شامل سرطان مثانه، مغز، پستان، رکتوم، پانکراس، معده، گردن رحم، حنجره، ریه، پروستات و رحم استفاده می‌شود. علاوه بر این رادیوتراپی خارجی ممکن است برای کاهش دردهای متاستاتیک یا مشکلات دیگر ناشی از گسترش تومورها مورد استفاده قرار گیرد.

### رادیوتراپی جین جراحی

#### Intraoperative Radiotherapy

این روش نوعی پرتو درمانی خارجی همراه با جراحی است. IIORT برای درمان تومورهای متمرکز که نمی‌توان آن‌ها را به‌طور کامل خارج کرد یا خطر عود مجدد وجود دارد، استفاده می‌شود. بعد از خارج کردن تمام یا بیشتر بافت تومورال، در حین جراحی یک دوز زیاد با انرژی بالا مستقیماً به محل تومور داده می‌شود (بافت‌های سالم اطراف به‌وسیله شیلدهای مخصوصی حفاظت می‌شوند). بیمار بعد از عمل جراحی در بیمارستان بستری می‌شود. این روش ممکن است در درمان تومورهای تیروئید، Gynecological، Colorectal، روده باریک و لوزالمعده (پانکراس) استفاده شود. این روش برای درمان برخی از انواع تومورهای مغز و سارکومای لگن در بزرگسالان تحت بررسی است.

مختلف درمان را انجام دهند و قابلیت درمان با الکترون را دارا هستند. همچنین از طریق الکترون‌تراپی، بهترین درمان سطحی را انجام می‌دهند. ضخامت حفاظ ساختمانی آن‌ها به‌طور قابل توجهی نسبت به دستگاه‌های کبالت‌درمانی افزایش پیدا می‌کند.

انواع مختلفی از شتاب‌دهنده‌های خطی طراحی و ساخته شده‌اند اما نمونه‌ای که در پرتودرمانی استفاده می‌شود، الکترون‌ها را یا به‌وسیله امواج الکترومغناطیسی ایستاده (Standing wave linear accelerator) یا متحرک (Travelling wave linear accelerator) در بازه بسامدی میکروموج (تقریباً ۳۰۰۰ مگاسیکل بر ثانیه) شتاب می‌دهد. تفاوت این دو در طراحی ساختار سیستم شتاب‌دهنده است. نوع شتاب‌دهنده با موج متحرک، در انتها دارای یک بخش یا Dummy است که جاذب توان باقی‌مانده است. این بخش باعث پیشگیری از بازگشت مجدد و انعکاس موج الکترومغناطیس می‌شود. به بیانی دیگر شتاب‌دهنده موج ایستاده امکان انعکاس بیشینه امواج در دو انتها را فراهم می‌کند به‌طوری که امواج رفت و برگشت با یکدیگر تداخل کرده و باعث ایجاد موج ایستاده می‌شوند. در شتاب‌دهنده با موج ایستاده، توان میکروموج به‌جای آنکه از طریق روزنه پرتو الکترون به سیستم متصل شود، از طریق روزنه‌های جفت‌کننده (Coupling cavities) به شتاب‌دهنده متصل می‌شود. شتاب‌دهنده‌های موج ایستاده قیمت بیشتری دارند علاوه بر این لازم است یک گرداننده (Circulator) یا عایق میان چشمه میکروموج و ساختمان شتاب‌دهنده قرار گیرد تا از رسیدن موج منعکس شده به چشمه جلوگیری کند.

### دستگاه سیمولاتور (شبیه‌ساز)



این دستگاه‌ها توانایی شبیه‌سازی تمام حرکات دستگاه‌های درمانی، اندازه میدان پرتو و غیره را دارند. به جای تیوب اشعه ایکس درمانی،



### دستگاه اشعه ایکس عمقی

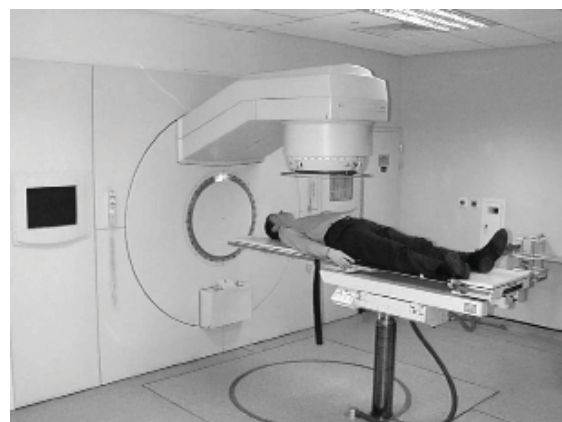
از این دستگاه‌ها برای درمان بیماری‌های بدخیم در لایه‌های عمیق‌تر بدن استفاده می‌شود. محدوده ولتاژ این دستگاه‌ها ۲۰۰ الی ۵۰۰ کیلو ولت است. میدان درمان این دستگاه‌ها مربع شکل است و در برخی مدل‌ها ثابت و در برخی قابل تغییر است. دستگاه‌های اشعه ایکس در محدوده ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلو ولت را نیمه عمقی یا ارتوولتاژ نامیده می‌شوند.

### دستگاه کبالت درمانی

در ایران دستگاه‌های کبالت بیشترین کاربرد را در پرتودرمانی انواع سرطان‌ها دارند. این دستگاه‌ها مجهز به چشمه کبالت ۶۰ هستند. اشعه گامای چشمه کبالت ۶۰ تقریباً برابر اشعه ایکس با انرژی ۲۵/۱ میلیون الکترون ولت است. در هنگام خاموش بودن دستگاه، چشمه کبالت باید داخل حفاظ قرار گیرد. حفاظ چشمه این دستگاه اغلب از جنس سرب با ترکیبی از اورانیوم تهی شده است. در یک طرف حفاظ، حفره‌ای تعبیه شده است و در زمان اکسپوز، چشمه روبروی حفره قرار می‌گیرد.

### شتاب‌دهنده خطی

### (Linear Accelerator, linac)



این دستگاه‌ها اشعه ایکس با انرژی‌های بسیار بالا تولید می‌کنند (۴ میلیون ولت به بالا). باریکه پرتو تولیدشده بدون نیم سایه است. مدار الکترونیکی این دستگاه‌ها پیچیده است و نیاز به نگهداری‌های ویژه توسط متخصص دارد. این مدل‌ها می‌توانند با چند انرژی

تیوب اشعه ایکس تشخیصی دارند و امکان فلوروسکپی اعضای داخلی بدن بر روی صفحه تلویزیون وجود دارد. امکان دریافت تصاویر رادیوگرافی نیز توسط این دستگاه‌ها وجود داشته و امکان دریافت دو تصویر رادیوگرافی عمود برهم جهت شبیه‌سازی سه‌بعدی را دارند. همچنین امکان تغییر فاصله بر روی دستگاه وجود داشته لذا امکان استفاده از شعاع‌های چرخش متفاوت برای دستگاه‌های مختلف میسر خواهد بود.

پس از این که مقدار پرتویی که باید توسط تومور دریافت شود محاسبه شد، به‌منظور مشخص کردن وضعیت بیمار در مقابل دستگاه شتاب‌دهنده، بیمار به دستگاه سیمولاتور یا شبیه‌ساز منتقل می‌شود. با استفاده از سیمولاتور و تصاویری که توسط آن تهیه می‌شود، اطمینان حاصل می‌شود که تومور در موقعیت صحیح قرار گرفته و دوز درمانی مورد نیاز را دریافت می‌کند.

### دستگاه براکی تراپی



هدف، کاهش پرتوگیری ناخواسته بافت‌های سالم اطراف غده و اعمال دز کافی و متمرکز به غده است. گاهی براکی تراپی تنها روش مناسب برای اعمال بیشترین دز به غده است. در این روش، چشمه‌های پرتوزا در ابعاد کوچک و اشکال مختلف در فاصله بسیار کم از غده سرطانی یا داخل آن قرار می‌گیرند. با توجه به قانون عکس مجذور فاصله، غده سرطانی نزدیک به چشمه بیشترین دز و بافت‌های سالم دورتر حداقل پرتوگیری را خواهند داشت. یکی دیگر از کاربردهای براکی تراپی در حوزه درمان سرطان‌های پوستی است. در این روش با استفاده از یک قالب (مولد) و قراردادن کاترهای براکی در داخل این مولد، امکان درمان سطحی پوست میسر می‌شود. تهیه قالبی از پوست

که بتواند هم به‌صورت کامل سطوح و ناهمواری‌های سطح پوست را ایجاد کرده، از نظر خواص دوزیمتری برای کاربرد براکی تراپی مناسب باشد و با تصویربرداری توسط مودالیتیه‌هایی مانند CT و MRI مطابقت داشته باشد و هم قابلیت مناسب تکرارپذیری را دارا باشد، از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. به‌دست آوردن تمام این موارد با اپلیکاتورهای متداول براکی تراپی امکان‌پذیر نبوده و به همین دلیل باید از اپلیکاتورهای اختصاصی برای بیماران استفاده شود. کمپانی AnatGE اسپانیا برای حل این مشکل راهکار استفاده از خمیر exaSkin را ارائه کرده است. این خمیر در دمای معمولی بسیار نرم است و پس از ترکیب با ماده دوم و گذشت زمان مشخص، کاملاً سخت خواهد شد، به‌دلیل شکل‌پذیری بسیار بالای آن، امکان تکرارپذیری درمان را فراهم می‌آورد، و از نظر مشخصات دوزیمتری به‌دلیل مشابهت آن به ضریب جذب بافت، انتخابی ایده آل برای کاربرد براکی تراپی خواهد بود.

سیستم‌های براکی تراپی امکان رساندن دوز مورد نیاز به بافت‌های تومورال از نزدیک و کاهش دوز بافت‌های سالم را ایجاد می‌کند. سیستم‌های براکی تراپی اتوماتیک که به Afterloader نیز مشهور هستند معمولاً همراه با سورس رادیواکتیو (کبالت و یا ایریدیم)، سیستم طراحی درمان و نیز اپلیکاتورهای مورد نیاز برای قسمت مورد درمان عرضه می‌شوند. سیستم‌های کمپانی Bebig قابلیت کار با هر دو سورس ایریدیم و کبالت را دارا هستند. کمپانی Bebig رنج وسیعی از اپلیکاتورهای مورد نیاز در درمان قسمت‌های مختلف را با سیستم‌های براکی تراپی خود عرضه می‌کند. دستگاه SagiNova دارای ۲۵ کانال خروجی است که به‌صورت نرم‌افزاری، قابلیت افزایش به ۵۰ کانال خروجی را خواهد داشت. سیستم می‌تواند به‌صورت اختیاری قابلیت Invivo dosimetry را هم داشته باشد. سیستم طراحی درمان SagiPlan قابلیت انجام تمام تکنیک‌های Reconstruction شامل تکنیک بدون تصویر، تصویر دوبعدی، سه‌بعدی و هم چنین فیوژن تصاویر را دارد، قابلیت درمان Real-Time برای پروستات نیز می‌تواند به‌صورت گزینه جانبی در صورت نیاز به سیستم اضافه شود. این سیستم قابلیت دریافت تمامی تصاویر با مودالیتیه‌های مختلف (سونو، سی تی اسکن، و ام آر آی) با فرمت Dicom RT را خواهد داشت.

### تکنیک‌های نوین رادیوتراپی

بخش پرتودرمانی با فراهم آوردن آخرین امکانات مورد نیاز جهت انجام انواع روش‌های پرتو درمانی پیشرفته مانند TSET@IMRT، IGRT، CRT3 و نیز قابلیت انجام تکنیک VMAT، مرکزی ویژه در کشور است که آخرین روش‌های درمانی روز دنیا را در دسترس بیماران کشور قرار می‌دهد تا این بیماران بتوانند به بهترین نحو ممکن و با بیشترین دقت در داخل کشور درمان شده و نیازی به ارجاع به خارج از کشور نداشته باشند.



### پرتودرمانی تطبیقی سه‌بعدی (3DCRT)

یک روش درمانی پایه در بحث پرتودرمانی است که کلیه مراحل طراحی درمان و بارگذاری آن با کمک تصاویر سه‌بعدی و سیستم‌های طراحی درمان کارآمد در این زمینه انجام می‌گیرد.

### پرتودرمانی تمام بدن با بیم الکترونی (TSET)

این تکنیک از دسته پرتوهای الکترونی جهت درمان تومورهای پوستی که ناحیه وسیعی از پوست بیماران را در بر می‌گیرد، استفاده می‌کند.

### پرتو درمانی با شدت تعدیل یافته (IMRT)

نقطه‌عطف روش‌های پرتودرمانی جدید روش IMRT است که در آن اصل درمان بر افزایش دوز تجویزی به بافت تومورال و حفظ حداکثری بافت‌های سالم اطراف آن از آسیب ناشی از پرتو استوار است.

در رادیوتراپی‌های سنتی، درمان‌ها به‌صورتی بود که پرتوها با شدتی یکسان بر سطح مورد نظر می‌تابیدند. البته می‌توان تا حدی به‌کمک وج یا سایر جبران‌کننده‌ها شدت دز را در نقاطی کم و زیاد کرد. IMRT به تکنیکی از رادیوتراپی اطلاق می‌شود که در آن پرتوهایی با شدت‌های متفاوت از زوایای مختلف به ناحیه مورد نظر در بدن تابیده می‌شوند. در این تکنیک، از طراحی درمان معکوس استفاده می‌شود. هدف تکنیک IMRT درمان بیمار با تابش پرتوهایی با اثرگذاری‌های غیر یکنواخت از جهات مختلف است، که باعث می‌شود دز زیادی با دقت فراوان به ناحیه هدف و دز کمی به بافت‌های سالم اطراف آن برسد. برنامه طراحی درمان آن به صورتی است که هر پرتو به تعداد زیادی پرتوهای کوچک‌تر تقسیم می‌شود و دز مورد نظر و اثرگذاری هرکدام از آن‌ها تعریف می‌شود. در IMRT، کولیماتور به‌صورت سنتی خود نیست و به‌صورت MLC (Multi leaf Collimator) است. MLC باعث می‌شود تا بتوان شکل دلخواه را به بیم مورد نظر داد و به‌خوبی با تکنیک IMRT همکار و هماهنگ است.

### میکروترون

میکروترون یک شتاب‌دهنده الکترون است که از ترکیب قوانین حاکم بر شتاب‌دهنده خطی و سیکلوترون استفاده می‌کند. با کمک یک میدان مغناطیسی متغیر، به الکترون‌ها شتاب داده می‌شود و پس از انتخاب انرژی مورد نظر، یک لوله منحنی‌کننده به‌صورت خودکار به سمت مدار متناسب با آن انرژی حرکت می‌کند تا پرتو الکترونی بتواند از آن خارج شود. مزیت اصلی میکروترون نسبت به شتاب‌دهنده خطی، ساده بودن انتخاب انرژی، کوچک بودن دسته پرتو آن و کوچک بودن اندازه سیستم است.

### کمان درمانی با حجم بهینه‌شده (VMAT)

این روش درمانی جزو روش‌های کاملاً نوین در دنیا است که خوشبختانه سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آن در کشور فعال

است و قابلیت انجام این تکنیک را داراست.

### پرتودرمانی مبتنی بر تصویر (IGRT)

هر مرکز پرتودرمانی با توجه به دارا بودن سیستم تصویربرداری aSi\_500 این توانایی را دارد که درمان مبتنی بر تصویربرداری همزمان را با بالاترین دقت ممکن فراهم آورد، به‌گونه‌ای که می‌توان با این روش دقت درمان را به بالاترین حد ممکن که لازمه یک درمان بهینه و با کیفیت است، رساند.

### ستریوتاکتیک رادیوتراپی

این تکنولوژی، پرتو را به‌صورت بسیار دقیق به بدن می‌رساند. این روش بیشتر برای تومورهای سر و گردن استفاده می‌شود ولی برای سایر نقاط بدن هم قابل استفاده است. در استریوتاکتیک رادیوتراپی از سیستمی سه‌بعدی استفاده می‌شود تا به‌خوبی هدف مشخص شود، در این حالت علامتی هم در آن ناحیه قرار می‌گیرد تا محل تومور کاملاً مشخص شود؛ این کار باعث می‌شود دز تابش دقیقاً به محل تعیین شده، برسد. هدف این کار رساندن دز مناسب به کل تومور و حفظ بافت‌های سالم اطراف است. رادیوتراپی استریوتاکتیک با تکنیک‌های درمانی مختلفی از جمله گاما نایف که از کبالت ۶۰ استفاده می‌کند، یا سایبرنایف و غیره انجام می‌شود. درمان می‌تواند در یک یا چند جلسه انجام شود. این تکنولوژی کمک می‌کند تا سلول‌های تومورال تنها در یک جلسه درمانی از بین بروند و تومور ریشه‌کن شود.

### گامانایف

دستگاهی است که دارای ۲۰۱ چشمه کبالت ۶۰ است که درون محفظه‌ای به شکل نیم‌کره چیده شده‌اند. هرکدام از این چشمه‌ها می‌توانند حول محور خاصی تا فاصله ۴۰ سانتیمتری تابش داشته باشند. هرکدام از این چشمه‌ها دارای کولیماتور مخصوص خود هستند و این محفظه کلاهخود شکل دارای ۲۰۱ کولیماتور است و روی سر بیمار قرار می‌گیرد. باتوجه به محل تومور، شکل آن و دزی که مورد نظر است، تعدادی از کولیماتورها باز می‌شوند. گامانایف به‌علت سیستمی که دارد فقط برای سر (مغز) و درمان تومورهای تا ۴ سانتیمتر استفاده می‌شود.

### سایبرنایف

تکنیک دیگری که روزبه‌روز بیشتر در حال گسترش است، سایبرنایف است. ساختار این دستگاه به این صورت است که شتاب‌دهنده‌ای روی یک بازوی رباتیک قرار دارد و در حدود ۶ درجه قدرت گردش دارد. دقت این دستگاه بسیار بالاست و مستقیماً ناحیه‌ای که نشانه‌گذاری شده را هدف قرار می‌دهد. این دستگاه مانند گامانایف فقط برای تومورهای کوچک قابل استفاده است. استفاده از سایبرنایف برای تومورهایی که در نواحی حساس هستند (مانند نخاع) بسیار مناسب است چون در عین حفظ بافت‌های سالم اطراف، دز مناسبی

را به تومور می‌رساند.

نحوه کلی درمان به وسیله سیستم رباتیک سایبر نایف به صورتی است که در مرحله اول بسته به نوع تومور سرطانی از بیمار ام آر آی یا سی تی اسکن تهیه می‌شود و در ادامه اطلاعات سی تی اسکن و ام آر آی جهت برنامه‌ریزی درمان به سیستم کامپیوتری سایبرنایف داده می‌شود. نرم‌افزار پیشرفته این سیستم رباتیک به صورت بسیار دقیق برای نابود کردن تومور نوع، مقدار و جهت تابش پرتو را برنامه‌ریزی می‌کند. در این مرحله با نظر متخصص مشخص می‌شود چند جلسه برای درمان تومور کافی است. در نهایت بیمار به اتاق سایبرنایف انتقال پیدا کرده و بر روی تخت دراز می‌کشد و درحالی‌که ماسکی بر روی صورت دارد و به موسیقی گوش می‌کند، بدون درد مورد درمان قرار می‌گیرد. معمولاً هر دوره کمتر از ۵۰ دقیقه به طول می‌انجامد و بیمار می‌تواند بعد از درمان، محل را ترک کند. تعداد جلسات درمان با سایبرنایف بسته به نوع تومور مشخص می‌شود که به‌طور معمول بین ۳ تا ۱۰ جلسه متغیر خواهد بود. اما برای درمان تومورهای پیشرفته‌تر به جلسات بیشتری نیاز است.

منابع

- [1] <http://tehrancancer.com>
- [2] <http://samantabesh.com>
- [3] <http://smart-en.ir>
- [4] <https://hidocotr.ir>
- [5] Khan F. Handbook of the physics of radiation therapy. Baltimore:Williams and Wilkins; 2009. Pp.36-53.
- [6] Schlyer DJ, Van den Winkel P, Ruth TJ, Vora MM. Cyclotron produced radionuclides: Principles and practice. Technical Reports Series No.465, Vienna: IAEA; 2008. P.31-57.
- [7] Haddadi Gh, Haddadi MB, Vardian M, Different Radiotherapy Methods: A Review Journal of Fasa University of Medical Sciences,2012, Vol.2 I No.4.

**NeekAzma Co. (Ltd)**شرکت مهندسی (هاورد نیک آزما)

### کنترل کیفی، آزمون و سنجش کالیبراسیون

تجهیزات پزشکی، بیمارستانی، رادیولوژی، آزمایشگاهی، صنعتی و کمیت های پایه (جرم، دما، شیمی و ...)

✓ مجوز رسمی فعالیت کنترل کیفی از اداره کل تجهیزات پزشکی وزارت بهداشت ایران

✓ پروانه اشتغال کنترل کیفی تجهیزات پرتونگاری از سازمان انرژی اتمی ایران

✓ قرارداد هندینگ با شرکت بهسا دارنده گواهینامه تأیید صلاحیت از اداره استاندارد ایران به شماره NACI/Lab/413



Behineh Sanjesh Azma Eng.  
مهندسی بهینه سنجش آزما (بهسا)



نیک آزما  
Neek Azma

تلفن: ۰۲۷-۴۷۸۴۱۰۲۷ - ۰۲۷-۴۷۸۴۱۰۲۷

تهران، خ جمهوری، خ کمالی، نبش جوانشیر، پلاک ۳

فکس: ۰۲۷-۴۷۸۴۱۰۲۹ - ۰۲۷-۴۷۸۴۱۰۲۹

شهریور ۹۷