توموتراپی

تکنولوژی جدید درمان سرطان توسط اشعه

هاله ثمینی
کارشناس ارشد فیزیک، واحد علوم دارویی دانشگاه آزاد اسلامی

واژگان کلیـدی: اشـعه ایکـس، توموتراپـی CT – اسکن، درمان سرطان، فیزیک پزشکی

درمان با اشعه (Radiation therapy) در چند دهه گذشته برای درمان سرطان به کار رفته و چالش اصلی در این زمینه همواره این بوده که پزشکان چگونه می‌توانند مطمئن باشند که اشعه به محل تومور (tumor site) می‌رسد و در این صورت چگونه می‌توان اشعه را به اندازه کافی برای کشتن سلول‌های سرطانی به تومور رساند بدون این‌که به بافت‌های سالم اطراف آن آسیب زیادی برساند. روش موثر برای تحویل اشعه از طریق یک شتاب‌دهنده خطی (Linear accelerator) است که یک پرتو خارجی را در یک ناحیه ویژه‌ای از بدن متمرکز می‌کند. توموتراپی (Tomotherapy) به معنی Slice therapy (مقطع درمانی) است و از واژه توموگرافی (Tomography) یا تصویربرداری از برش‌های قطع شده از یک عضو (Cross-sectional imaging) به‌صورت کامپیوتری می‌باشد. این شتاب‌دهنده خطی اولین مقطع نگاری کامپیوتری (Computed tomography scanner) یا CT-Scan است. اسکن به معنی تقطیع کردن، تومو به معنی برش و گرافی به معنی شکل است و در مجموع CT-Scan به معنی تصویربرداری از برش‌های انتخاب شده از یک عضو به‌صورت کامپیوتری می‌باشد.

توموتراپی یک انقلاب در رادیاسیون‌تراپی است که در آن اشعه X سه بعدی (3DX-rays) برای تایید محل تومور و درمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این درمان بسیار دقیق است زیرا با هر حرکت بیمار یا هر تغییر شکل تومور اشعه تغییر می‌کند و در واقع اونکولوژیست‌های رادیاسیون امروزه قادر به تنظیم در حال پرواز هستند (adjustment on-the-fly) که به این روش Adaptive Therapy (درمان تطبیقی یا مناسب) اطلاق می‌شود. دستگاه طوری طراحی شده که اجازه می‌دهد اشعه به‌طور مداوم از همه زوایای اطراف بیمار به او برسد.

در توموتراپی یک باریکه واحد اشعه به باریکه‌های کوچک‌تر و باریک‌تر متعدد تقسیم می‌شود که دقیقاً به تومور تابانده شده و آسیب به بافت‌های سالم اطراف تومور به حداقل می‌رسد که این واقعیت کم‌تر بودن اثرات جانبی و کوتاه بودن دوره درمان را تعبیر می‌کند. توموتراپی به‌طور موثری در درمان سرطان سر و گردن، پروستات، مغز و سرطان‌های دیگر موثر می‌باشد.

در پاسخ این سئوال که چگونه توموتراپی می‌تواند از اشعه استاندارد متفاوت باشد می‌توان گفت که در این روش دوز اشعه (Radiation dose) در محدوده تومور متمرکز شده است و توانایی پزشکان را در دور نگه داشتن اعضا اطراف تومور هدف (target tumor) افزایش داده است به عبارت دیگر توموتراپی تجسم نهایت دقت است که فرصت افزایش دوز اشعه را فراهم می‌کند. مسلم است که اگر پزشک معالج بداند که فقط تومور را درمان می‌کند و می‌تواند از دسترسی اشعه به بافت‌های نرمال مجاور تومور جلوگیری کند قادر به استفاده از دوز پلکانی (escalate the dose) مطلوب خواهد بود. به این جهت توموتراپی می‌تواند موثرتر و کاراتر از متدهای دیگر باشد. عقیده بر این است که توموتراپی می‌تواند برای درمان انواع سرطان‌ها به کار رفته و غیر از تومورهای مغزی نقش جدیدی در درمان انواع سرطان از جمله سرطان پستان، کبد و پانکراس داشته باشد. در توموتراپی علاوه بر این‌که تحویل اشعه به تومور محدود می‌شود، پزشک قادر است در حال درمان محل درمان را زیرنظر داشته باشد. در توموتراپی فقط موقعی که تومور در موقعیت واقعی خود است (تارگت ممکن است در اثر حرکات تنفسی حرکت کند) اشعه تابش می‌شود. عقیده بر این است که توموتراپی یکی از جالب‌ترین کشفیات ۳۵ سال گذشته می‌باشد.

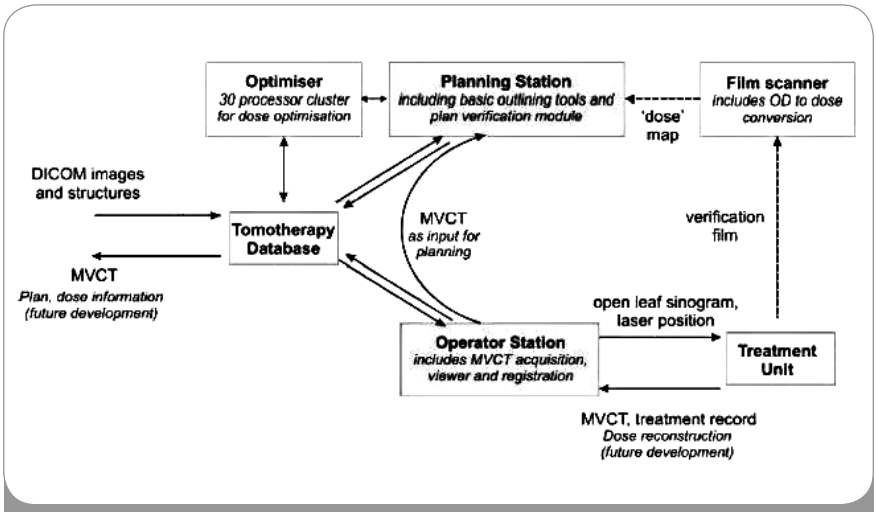
شکل (۱) یک دستگـــــاه توموتراپـــی Hi-Art (Highly Integrated Adaptive Radiotherapy) را نشان می‌دهد که نوعی اشعه درمانی است که در آن اشعه به‌صورت Slice-by-Slice آزاد شده و به تومور رسانده می‌شود و به‌طوری که اشاره شد در زبان یونانی Tomo به معنی Slice می‌باشد. این روش تحویل اشعه با سایر انواع باریکه رادیاسیون تراپی که کل حجم تومور هم‌زمان تحت تاثیر قرار می‌گیرد متفاوت است. چیزی که توموتراپی انجام می‌دهد در واقع با استفاده از این روش امروزه می‌توان یک تصویر سه بعدی کامل از آناتومی بیمار را دید و اندازه، شکل و شدت باریکه اشعه را به موضع دقیق تومور بیمار تنظیم نمود. مشاهده سه بعدی بدن با استفاده از توموتراپی، بلافاصله قبل از درمان باعث می‌شود که اشعه با دقت بیشتر

روی تومور تابانده شده و اثر اشعه روی بافت‌های سالم اطراف تومور کاهش یافته و طول درمان برای بیمار کوتاه باشد. با توجه به توضیح فوق، می‌توان گفت که توموتراپی نوعی CT Guided IMRT یا Intensity Modulated Radiation Therapy است. این سیستم در دانشگاه Wisconsin-Madison توسط پروفسور Thomas Rockwell Mackie و Paul Reckverdt ابداع شد. این سیستم مثل یک اسکن توموگرافی کامپیوتری یک منبع تولید اشعه X دارد که تولید اشعه X مگا ولتاژ می‌کند.

این سیستم اولین دستگاه قادر به تهیه IGRT (Image-guided radiation therapy) بود. کشف اشعه X با اشعه رونگتن در بیش از یک قرن پیش احتمال تعیین محل اعضا درونی بدن انسان و تهیه تصاویر دو بعدی را امکان‌پذیر کرد. کشف اشعه X در عالم پزشکی تحول بزرگی را ایجاد کرد. به‌طوری که پزشکان قادر شدند بدون جراحی شکستگی‌های استخوانی و زخم‌های داخلی را تشخیص دهند.

اشعه X ارتعاشات الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه (حدود ۰/۰۱ تا ۱۰ نانومتر) است که به هنگام حرکت با سرعت زیاد الکترون‌ها و برخورد آن‌ها به یک ماده هدف به ویژه فلزات سنگین تولید می‌شود. این اشعه از جنس نور هستند منتها توسط چشم انسان دیده نمی‌شود و طول موج آن نسبت به نور قابل رویت بسیار کوتاه‌تر است. اشعه ایکس توسط لامپ اشعه ایکس تولید شده و هر ماده هدف بیش از یک طول موج اشعه ایکس تولید می کند. لامپ اشعه ایکس شامل یک منبع مولد الکترون (کاتد)، یک سیستم شتاب‌دهنده الکترون و یک

شکل ۱ ـ توموتراپی Hi Art (Highly Integrated Adaptive Radio-therapy) سرعت تخت پس از قرار گرفتن بیمار روی آن توسط سیستم‌های کنترل تنظیم می‌شود.



شکل ۲ ـ اجزا شماتیک یک واحد توموتراپی

ماده هدف که توسط الکترون‌ها بمباران می‌شود، می‌باشد. اشعه ایکس قادر به نفوذ به اکثر مواد است ولی میزان نفوذ برای مواد مختلف متفاوت است و صفحه عکاسی را متاثر می‌کند. بافت‌های انسان از اتم‌ها ساخته شده است. بافتی مثل استخوان که اتم کلسیم فراوان دارد تمایل بیشتری به جذب فوتون‌های اشعه X (یا گاما) دارد. این خاصیت‌ها استفاده از اشعه ایکس را در گرفتن رادیوگراف از قسمت‌های مختلف بدن را امکان‌پذیر کرده و باعث می‌شود که وجود و موقعیت شکستگی‌ها یا وجود اجسام خارجی یا مواد حاجب (radiopaque) را که عمدتاً وارد بدن شده‌اند نشان دهد تابش اشعه X همچنین موجب ایجاد فلورسانس می‌شود و امکان فلوروسکپی (Fluoroscopy) را فراهم می‌کند که توسط آن سایز، شکل و حرکات اعضا مختلف مثل قلب، معده و روده را می‌توان مشاهده نمود.

البته از اشعه ایکس در موارد غیرپزشکی مثل بازدید محتویات داخل چمدان‌ها در فرودگاه و تشخیص ترکیدگی در لوله‌ها، در ماشین‌آلات بزرگ و ... استفاده می‌شود. اشعه ایکس به علت انرژی زیاد کوانتوم‌های آن هنگام عبور از بافت‌ها باعث یونیزه شدن اتم‌های سازنده بافت‌ها و ایجاد تغییرات شیمیایی شده و به همین جهت در درمان سرطان از آن استفاده می‌شود.

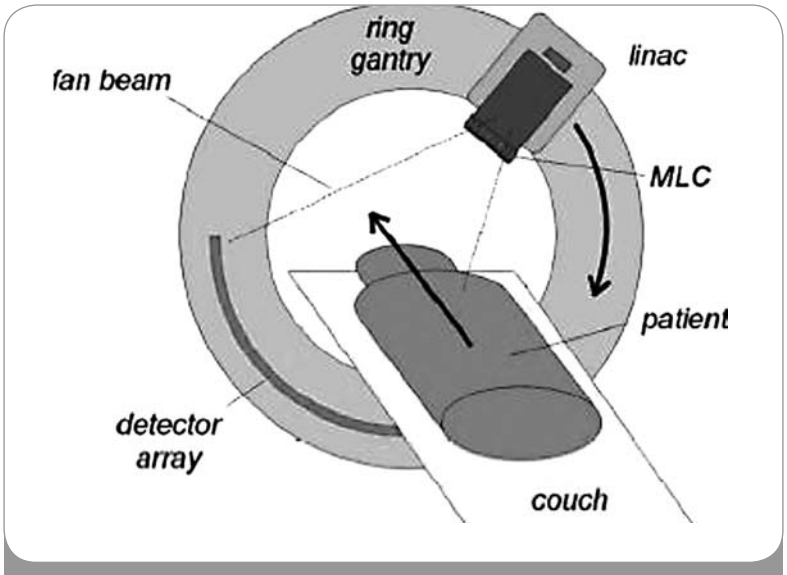
پیشرفت‌های تکنولوژیکی در رادیاسیون تومورها (radiation onchology) مثل اشعه درمانی تطبیقی سه بعدی (3OCRT) یا Three-dimensional conformal radiation therapy و اشعه درمانی

با تنظیم شدت (IMRI) یا intensity-modulated radiation therapy امکان شکل دادن به انتشار دوز در بیماران با دقت زیاد به وجود آورده‌اند. توموتراپی یا HT (Helical tomotherapy) روش جدید رادیوتراپی است که تلفیقی از یک اسکنر CT مارپیچی با یک شتاب دهنده خطی مگاولتاژ (MV) است. اجزا اصلی سازنده یک سیستم هلیکال توموتراپی در شکل ۲ نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به CT بیمار و Structure Set به HT database منتقل می‌شود. باریکه اشعه ایکس از بدن بیمار رد می‌شود که مقداری از آن جذب بدن شده و بقیه به‌عنوان پرتو خروجی از بدن عبور و توسط آشکارساز که مقابل اشعه ایکس قرار دارد اندازه‌گیری و توسط کامپیوتر اندازه‌گیری و ذخیره می‌شود.

شکل ۳ نقشه شماتیک یک واحد توموتراپی هلیکال را نشان می‌دهد.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت که هلیکال توموتراپی یک وسیله جدید اشعه درمانی است که تلفیقی از درمان IMRT، 3-D-inverse tretment planning و 3-D MVIT می‌باشد که در یک ماشین واحد قرار دارند.

فیزیک پزشکی (medical physics) شاخه‌ای از فیزیک کاربردی است که اصولاً در ارتباط با کاربرد مفاهیم و متدهای فیزیکی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها و به ویژه سرطان (Cancer)



شکل ۳ ـ MLC = multileaf collimator

می‌باشد. امروزه در موارد درمان سرطان فیزیک‌دان‌های پزشکی (medical physicists) به‌عنوان یک عضو مکمل تیم درمان پزشکی انجام وظیفه می‌کنند، به این معنی که در ارتباط نزدیک با پزشکان مشغول خدمت هستند تا بیمار از بالاترین درجه احتیاط ممکن برخوردار باشد. قسمتی از برنامه آموزشی فیزیک پزشکی نیز در ارتباط با جنبه‌های تکنیکی پیشرفته دستگاه‌های رادیولوژیکی و قسمتی نیز درباره تحقیق درباره ابداع تکنولوژی‌های جدیدی است که بتواند کیفیت زندگی بشر را بالا برده و برای درمان سرطان کارآیی بیشتری داشته باشند. یکی از زمینه‌های مهم و کاربردی فیزیک پزشکی، توموتراپی است که نوع نسبتاً جدیدی از درمان با شدت تعدیل شده با اشعه (IMRT) است که در این روش بیماران با اشعه ایکسی درمان می‌شوند که تقریباً ۶۰ بار قوی‌تر از تست‌های تشخیصی متعارف است. در ابتدا، توموتراپی برای تاباندن اشعه به سطح دیواره سینه به دنبال برداشتن پستان (mastectomy) در بیماران مبتلا به سرطان پستان و تاباندن اشعه به پوست سر برای درمان بعضی سرطان‌های پوست سر به کار گرفته شد. به‌طوری که اشاره شد در درمان با توموتراپی، دوز بسیار یکنواخت و هدف‌گیری شده‌ای از اشعه فقط به ناحیه مبتلا به سرطان تابانده می‌شود بدون این‌که بافت نرمال اطراف تومور تحت تاثیر قرار گیرد و به این ترتیب این بافت‌ها از هرگونه آسیب مخرب مخافظت می‌شوند. در برنامه فیزیک پزشکی برای توموتراپی، فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک پزشکی به همراه فارغ‌التحصیلان سایر رشته‌های مکمل به‌طور مشترک شرکت کرده و در یک کار مشترک درمان با باریکه الکترون (electron beam) توسط توموتراپی برای پرتودرمانی دیواره سینه پس از ماستکتومی را به وجود آورند. پروژه‌های مختلف برای بهبود این روش در دانشگاه‌های مختلف دنیا ادامه دارد و دانشکده‌های فیزیک پزشکی و پرسنل این دانشکده‌ها در حال گسترش بوده و حمایت مالی قابل توجهی از آن‌ها می‌شود تا شرایط خوبی برای درمان بیماران سرطانی فراهم شود. از مراکز مهم توموتراپی در دنیا Johns Hopkins Tomotheray، مرکز رادیاسیون ـ اونکولوژی Meridian Park و توموتراپی در London Regional Cancer Program می‌باشند.

منابع

1. Yartser S. Kron T. VanDyk J. Tomotherapy as a tool in image-guided radiation therapy (IGRT): theoretical and technological aspects. Biomed Imag Interv J 2007; 3(1): e16.

2. www.LSV.edu/departments/highlights/2007/SEC 2007/medicalphysics.

3. www altabatessummit.org/clinical/cancer topotherapy

4. http://en.winkipedia.org/wiki Tomotherapy.

5. www.foredtert.com/Health Resources/Reading Everyday.