سی تی سیمولاسیون در رادیوتراپی

■ دکتر سعید کریمخانی زندی ـ متخصص رادیوتراپی و آنکولوژی ،مسئول فنی بخش آنکولوژی بیمارستان کامکار قم

رادیوتراپی بعنوان یکی از درمانهای اصلی سرطانها از بدو کشف مواد رادیواکتیو از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته است. رادیوتراپی درمان سرطان با اشعه های X،b، g، الکترون ، a، پروتون بصورت تابش اشعه از فاصله‌ی ۵۰-۱۰۰ سانتی متری بصورت اکسترنال رادیوتراپی و یا تابش های با فاصله ی کوتاه بصورت انتقال مواد رادیواکتیو به داخل بدن و در نزدیکی سلولهای سرطانی بصورت براکی تراپی بعنوان یک درمان لوکال در اکثر موارد و گاهی درمان سیستمیک در بعضی موارد بکار گرفته می شود و بنابراین اولین موضوع مهم در کیفیت درمان تعیین دقیق حجم هدف و رساندن یکنواخت دوز اشعه به این حجم می باشد. روش هایی که برای تعیین دقیق Target volumeبکار گرفته می شود شامل مشاهده ، لمس ، سونوگرافی ، سی تی اسکن ، PET ، MRI ، و غیره می باشد و در این بین سی تی اسکن با توجه به آنکه از قانون تضعیف اشعه‌ی X بر اساس نفوذ در مواد و عدد هانسفیلد استفاده می کند علاوه به تقلید درمان رادیوتراپی امکان بهتری در بابت اکثر محاسبات کامپیوتری این درمان فراهم میکند و بعنوان پایه ی سیمولاسیون (طراحی درمان) رادیوتراپی در نظر گرفته می شود بهرحال سی تی اسکن بهترین مودالیتی برای تعیین CTV و ژئومتری بدن و ارگانها می باشد. دستگاه های رادیوتراپی بر اساس تابش اشعه‌یg از یک ماده‌ی رادیو اکتیو (کبالت ، سزیم ، رادیوم و ...) یا بر اساس تابش اشعه‌ی X به وسیله‌ی شتاب الکترونها و برخود آنها به یک تارگت و سپس خروج اشعه‌ی X براساس کاهش شتاب حرکت آنها و یا مستقیما از تابش خود الکترونهای شتاب گرفته طراحی می شوند. این دستگاه ها یا بصورت دستی بوسیله ی تنظیم های مکانیکی اپراتور بر روی ناحیه ی هدف فوکوس می شوند و یا از طریق اطلاعاتی که از طریق کامپیوتر و بدون واسطه دریافت می کنند تنظیم می گردند.

مقدمه

از حدود ۲۰ سال پیش احساس نیاز برای سیستم Planning (طراحی درمان) در رادیوتراپی مدرن بطور کامل فرق کرده است.پزشکان با دقت بیشتری حجم هدف را مشخص می کنند که هم بصورت دوبعدی و هم بصورت سه بعدی مشخص می شود و دیدن آناتومی در سه جهت که دوز اشعه داده شده حجم تارگت را در بربگیرد باعث می شود که بتوان در حالیکه بافتهای نرمال را محافظت میکنیم حداکثر دوز ممکن را به تومور برسانیم.

برای دستیابی به این وضعیت عوامل ذیل لازم است:

۱. تعیین ساختمان های حیاتی توسط کاربرد متدهای تصویربرداری آناتومیکال و فانکشنال

۲. به تصویر کشیدن هدف درمانی با افتراق از ساختمانهای دیگر در هر سه جهت

۳. تعیین کافی و دقیق حدود تومور با بکارگیری ابزار Contouring

۴. اضافه کردن مارژینهای سیمتریک و غیر سیمتریک بصورت حجمی

۵. Beam's eye view (BEW) تارگتها و ساختمانها (دید مستقیم

از طریق بیم)

۶. شکل دادن فیلترها در اطراف تارگت یا حجم هدف

۷. اضافه کردن beamهای متعدد به یکدیگر

۸. گرفتن Dose volume histogram (DVH) که منحنی تعیین مقداری از تارگت که دوز بخصوصی را دریافت می کند می باشد.

۹. ابزاری برای بهینه ساختن (Optimize کردن) طراحی های درمان با تکنیک‌های Forward (یعنی تغییرات براساس احتمالات تا رسیدن به وضعیت مطلوب) یا inverse (ایجاد تغییرات براساس وضعیت مطلوب)

۱۰. انتقال طراحی درمان به دستگاه شتاب دهنده‌ی خطی

۱۱. محاسبات Monitor unit یا واحدهای اندازه گیری اشعه

۱۲. انتقال دیجیتالی رادیوگرافی‌های بازسازی شده (DDRs) به یک پایگاه اطلاعات تصویری جهت بررسی On-line تصویر و افزایش دقت درمان

CT Planning development

از زمانی که سی تی اسکن برای اولین بار در رادیوتراپی بیماران در سال ۱۹۷۰ بکار گرفته شد نقش آن برای طراحی درمان به سرعت پیشرفت کرد و از زمانی که transverse cross-section ها تولید شد که دقیقا مقاطع لازم برای رسم ایزو دوزها (نواحی با دوزهای یکسان) بود این نقش مهمتر شد.

بهرحال سالها طول کشید تا نقش کامل سی تی اسکن در طراحی درمان آشکار شود و از آن موقع تاکنون پیشرفت سی تی اسکن‌های سریعتر و افزایش قدرت کامپیوترهای بسیار سریع جهت محاسبات مهم‌ترین اجزاء طراحی درمان با سی تی اسکن و پیشرفت آنها بطرف CT sim بوده است.

انتقال اطلاعات طراحی درمان (مارکرهای رفرانس ، نقطه ی ورود اشعه و غیره) از CT sim به بیمار قبل از شروع درمان مهمترین پله در این مسیر می‌باشد ، بدون یک متد دقیق و قابل اعتماد در این موارد ، سودمندی طراحی درمان توسط سی تی اسکن به مقدار زیادی کاهش می‌یابد و در واقع ممکن است موجب خطا شود. تمرین با سیمولاسیون مجازی (Virtual simulation) (VSIM) این موضوع را واقع گرایانه تر می کند.

دو موضوع اصلی VSIM که دقت و درستی درمان یک فرد را مشخص می کند شامل :

۱. انتقال مختصات (تعیین دقیق مراکز بیم ها ، لبه های فیلدها ، محل بلوکها در صورت لزوم)

DDR در واقع مقادیر ناچیز (Traceهای کوچک) از اشعه ی X می‌باشد که از طریق یک مدل سه وجهی از بدن بیمار در سی تی اسکن که وکسل‌ها را ایجاد می کند تشکیل می گردد.

نرم افزار DDR بخصوص همچنین کمپانتهای فتوالکتریک و کامپتون را جدا می کند این دو کمپانت در واقع بر اثر انرژی های مختلف الکترون بوجود می آید که در مورد اول DDR شبیه یک تصویر بازسازی شده در CT سیمولاتور است و DDR مورد دوم بیشتر شبیه رادیوگرافی پورتال پرانرژی می باشد که برروی شتابدهنده ی خطی (با انرژی N) قرار دارد.

در پردازش DDR، بخصوص کاربرد انواع مختلف فیلتر که ظاهر تصویر را تغییر می‌دهد اکنون بنظر می‌رسد که بعنوان یک فایده‌ی بزرگ VSIM مطرح است. با این روش اطلاعات بیشتری از رادیوگرافی معمولی می‌تواند دیده شود حتی اگر بعضی جزئیات کوچک در حین دیجیتال کردن تصویر با تعداد محدود پیکسل‌ها (که بطور تیپیک ۵۱۲×۵۱۲ است) از دست برود.این ساختار بر رادیوگرافی معمولی برتری دارد بخصوص اگر استخوان ناحیه ی مورد نظر را پوشانده باشد. یک علت کاربرد CT sim سرعت بازسازی DRR است ، که باید یک تا چند دقیقه طول بکشد ، در حال حاضر ممکن است یک بیم حرکت کند و DRR جدید دوباره شود و تقریبا بصورت real time انجام شود.

فایده‌ی دیگر طراحی درمان با CT scan و VSIM کاربرد بیم های درمانی non coplanar می‌باشد. این بیم ها قبلا در درمان بیماران بکار می‌رفته است ، اما verification تصویر بکار رفته عموما قابل دستیابی نبوده است. سایز تصویر بزرگ شده روی سیمولاتور اغلب قرارگیری بیم با ژئومتری صحیح با ارتباط بین تارگت و بیمار را مانع میشود. تفسیر تصویر را مشکل می کند. هر دو این مشکلات می‌تواند در VSIM برطرف شود. بخصوص ، تفسیر تصویر ممکن است نه تنها جهت بهبود کیفیت پردازش شود بلکه همچنین در مقاطع عرضی به دقت مشاهده شود ، ارگان‌های مختلف و ساختمانها که توسط بیم اشعه پوشش داده می‌شوند به دقت رویت گردند.

در شماره بعدی خصوصیات سی تی سیمولاتور و پروسه سیمولاتور ، چند مثال عملی و پیشرفت عملی در سیمولاسیون بررسی خواهد شد. ■