رادیوسرجری و رادیوتراپی استرئوتاکتیک

پرتو دانش
فصلنامه ی تخصصی پزشکی و پیرا پزشکی

■ **دکتر فاطمه زاهدی**
متخصص رادیوتراپی انکولوژی
عضو انجمن رادیوتراپی انکولوژی و انجمن سرطان
مسئول فنی مرکز رادیوتریی صدرا

چکیده:

رادیوسرجری و رادیوتراپی استرئوتاکتیک، پرتودهی دقیق به مناطق هدف از قبیل تومورهای مغزی است. تفاوت آنها با روش‌های مرسوم رادیوتراپی حجم کوچک بافت سالم است که تحت تابش قرار می‌گیرد.

استرئوتاکتیک رادیوسرجری، تابش با شدت زیاد به یک منطقه کوچک است و روشی درمانی برای اختلالات مغزی با تابش دقیق دوز زیادی از اشعه فقط در یک جلسه می‌باشد.

استرئوتاکتیک رادیوتراپی، تابش در چند روز، با شدتی کمتر به یک منطقه بزرگتر است.

تکنیک‌های متفاوت:

۱ـ رادیوسرجری گامانایف

۲ـ سیستم های گامای چرخشی

۳ـ رادیوسرجری با پروتون

۴ـ رادیوتراپی توسط LINAC

۵ـ توموتراپی

۶ـ رادیوتراپی LINAC با هدایت تصویر

کلید واژگان: استرئوتاکتیک رادیوسرجری، استرئوتاکتیک رادیوتراپی.

پیشگفتار:

رادیوسرجری و رادیوتراپی استرئوتاکتیک تکنیک‌هایی برای تجویز دقیق پرتو هستند که با دقت فراوان برای یک هدف (Target) اینتراکرانیال طراحی شده‌اند. به گونه‌ای که پاسخ مناسب رادیوبیولوژیک در کنار کمترین دوز اشعه به بافت‌های سالم اطراف به دست آید.

این تکنیک‌ها از این واقعیت استفاده می‌کنند که تحمل بافت‌های سالم نسبت به اشعه وابسته به حجم است و با استفاده از این تکنیک‌ها ریسک عوارض ناشی از پرتو با کاهش یا حذف مارژین بافت نرمال توسط تکنیک‌های رادیوتراپی کانفورمال کم می‌شود.

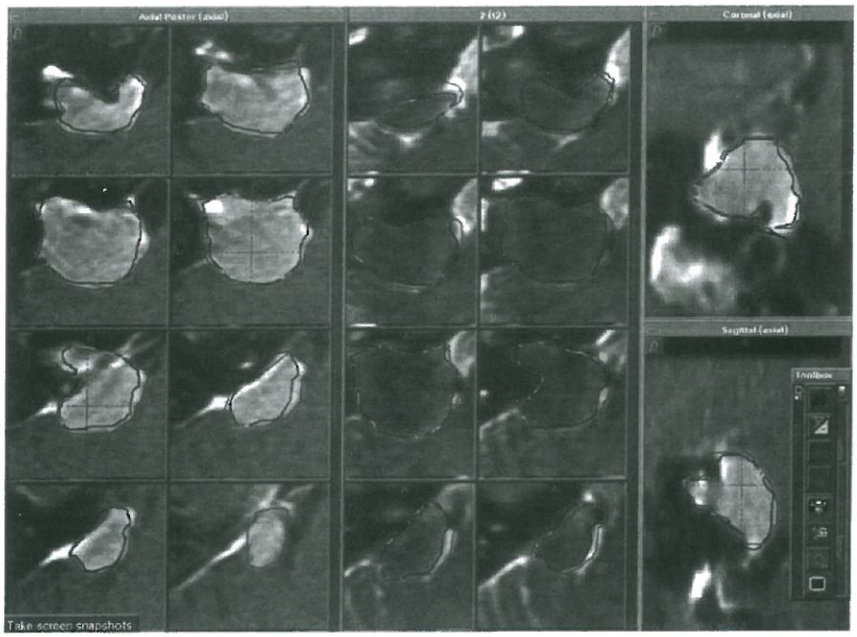
در رادیوسرجری، همه پرتو در یک جلسه داده می‌شود در حالی که در استرئوتاکتیک رادیوتراپی در بیش از یک جلسه داده می‌شود.(جدول ۱) با پیشرفت‌هایی که در دو دهه اخیر در زمینه تصویر برداری، کامپیوترها و طراحی درمان (Treatment planning) اتفاق افتاده‌اند تکنیک‌های رادیوتراپی و رادیوسرجری استرئوتاکتیک پیشرفت نموده و موارد استفاده از آنها نیز بیشتر شده است. تجربه موفق بالینی در زمینه استفاده از رادیوسرجری اینتراکرانیال در بعضی

موارد منجر به بررسی‌های بیشتر رادیوبیولوژیک این روش و حتی شناسایی موارد استعمال اکستراکرانیال و نیز روش‌های چند جلسه‌ای شده است.

نیازها	علل
حجم/ هدف کوچک درمان	کم کردن حجم بافت نرمال در کنار رادیوتراپی دوز بالا به بافت هدف
تعریف دقیق هدف	درمان با حداقل مارژین از بافت نرمال اطراف بدون افت دوز غیر عمدی در هدف (Marginal miss)
انجام دقیق رادیوتراپی	عدم نیاز به مارژین بافت نرمال برای رهایی از خطاهای احتمالی در کنار کاهش شانس افت دوز در هدف
دقت فراوان	کم کردن حجم درمان مطابق هدف
خروج بافت های حساس از هدف	تعریف ساختارهای محدود کننده دوز مثل کیاسما و نخاع و خروج آن از حجم درمان برای کاهش صدمات رادیوتراپی

جدول ۱: نیازهای کلیدی برای انجام رادیوتراپی استرئوتاکتیک دقیق

برای کاهش مارژین‌ها در رادیوسرجری و رادیوتراپی استرئوتاکتیک چند جلسه ای باید هدف (Target) با دقت زیاد مشخص شود. به همین علت، جهت رسم کانتورها از تکنیک‌های متنوع تصویر برداری یا از پزشکان مختلف کمک گرفته می‌شود تا خطا در تشخیص هدف به حداقل برسد.(شکل ۱)



شکل ۱: مقایسه‌ی کانتورهای ترسیم شده اکوستیک شوانوم روی تصویربرداری MRI – T1 (هشت تصویر اگزیال در سمت چپ، با تصاویر کرونال و ساژیتال در سمت راست) با کانتورهای رسم شده روی MRI – T2 (تصاویر اگزیال تیره تر در مرکز) کانتورهای T1 گاها می توانند گسترش به کانال داخلی گوش را مختصری بیش از حد تخمین زده و عروق خونی مجاور را به هدف اضافه نمایند.

واژه شناسی :

استرئوتاکتیک یعنی استفاده از نقشه برداری سه بعدی (3D) دقیق برای هدایت یک فرآیند(پروسژر). واژه استرئوتاکتیک رادیوتراپی می‌تواند گیج کننده باشد.

از واژه رادیوسرجری یا استرئوتاکتیک رادیوسرجری (SRS) برای رادیوتراپی کانفورمال یک حجم مشخص به روش استرئوتاکتیک که در طی یک جلسه انجام شود، استفاده می‌شود. SRS می‌تواند توسط Gamma knife، شتاب دهنده تعدیل شده جهت رادیوسرجری (Cyberknife) و سیستم رادیوتراپی با هدایت تصوی، توموتراپی یا بیم پروتون صورت گیرد.

استرئوتاکتیک رادیوتراپی (SRT) نیز به رادیوتراپی بسیار کانفورمال یک هدف یا حجم مشخص به روش استرئوتاکتیک که در چند جلسه انجام شود، بر می‌گردد و معمولا اینکار با روش‌های غیر تهاجمی برای تثبیت وضعیت بیمار انجام می‌شود.

رادیوسرجری استرئوتاکتیک فراکشنه (چند جلسه‌ای) FSR نیز کانفورمال SRS است که طی ۵- ۲ جلسه انجام شود و این در واقع همان

SRT در جلسات کم (هیپوفراکشنه) است و رادیوسرجری به رادیوتراپی در یک جلسه اطلاق می‌شود. وقتی IMRT به این واژگان اضافه می‌شود بسیار گیج کننده‌تر خواهد بود. این نام به طرحی برای رادیوتراپی گفته می‌شود که بیم‌ها تنها قسمتی از هدف را در یک زمان مشخص درمان کنند.

SIMRT نیز همان استرئوتاکتیک IMRT است و در آن از مولتی لیف کولیماسیون استفاده می‌شود.

یافته‌ها:

ملاحضات رادیوبیولوژیک

قبل از به خدمت گرفتن رادیوسرجری، همه موارد رادیوتراپی اهداف اینتراکرانیال با فراکشن های بین ۳-۱/۲ Gy انجام می‌شد و برای موارد اکسترا اکرانیال نیز از فراکشن‌های ۴-۱/۲ Gy و حتی گاهی ۸-۶ Gy برای درمان متاستاز های استخوانی یا ملانوم بدخیم استفاده می‌شد.

قبل از رایج شدن رادیوسرجری در کلینک در اواخر ۱۹۸۰، اکثر رادیوتراپئوتیک انکولوژیست‌ها و بیولوژیست‌ها بر این باور بودند که ضرورتا رادیوتراپی چند جلسه‌ای (فراکشنه)آسیب به بافت نرمال را ـ در مقایسه با تومور در همه موارد ـ کمتر می کند. آنالیزهای رادیوبیولوژیک مواردی محدود از تومورهای بدخیم در محیط کشت سلولی و تجارب بالینی با رادیوتراپی تومورهای سریع الرشد در فراکشن‌های مرسوم باعث ایجاد این عقیده غلط شده بود.

افزایش جلسات رادیوتراپی در تومورهای خوش خیم با سرعت رشد پایین ضرورتا باعث بهبود تعادل بین کنترل تومور و عوارض رادیوتراپی نمی‌شود. مطالعه روی این تومورها در محیط کشت سلولی یا مدل‌های حیوانی به علت مشخص نبودن اثر فراکشناسیون (افزایش جلسات) روی آنها سخت است. رادیوسرجری استرئوتاکتیک به پزشکان اجازه داد تجویز تک دوزهای بالای رادیوتراپی به اهداف اینتراکرایتال با ایمنی نسبی را تجویز کنند. مطالعات آزمایشگاهی پیشنهاد می کنند که پاسخ به رادیوتراپی در این موارد عمدتا مربوط به سلول های اندوتلیال حمایتگر است و مطالعات پاتولوژیک روی تومورهای خوش خیم و بدخیم درمان شده توسط رادیوسرجری نیز از وجود پاسخ عروقی حمایت می نمایند.

آنالیز اطلاعات بالینی برای یافتن ارتباط دوز ـ پاسخ خطی و تعریف پارامترهای رادیوبیولوژیک در مورد رادیوسرجری همراه با مشکلاتی است. طرح های درمانی رادیوسرجری مرسوم باعث ایجاد توزیع دوز یکنواختی در ۱۰۰-۹۰ ٪ حجم هدف می‌شود و کمترین دوزی که به هدف می‌رسد معمولا ۳۰- ۵ ٪ پایین‌تر از دوز تجویز شده است. لازم به ذکر است ترسیم کانتورهای حجم یا هدف توموری یکسان یا ارگان‌های حیاتی فقط مختصری از یک پزشک تا دیگری ممکن است تفاوت داشته باشد.

تکنیک های رادیوسرجری:

رادیوسرجری برای درمان ضایعات اینتراکرانیال به کار می‌رود که در آن دوز بالایی از اشعه یونیزان در یک جلسه توسط بیم‌های متعددی که دقیقا هدف اینتراکرانیال را پوشش می‌دهند، آزاد می‌شود. پیشرفت در تکنیک‌های تصویر برداری و کامپیوترها باعث گسترده شدن موارد استفاده از رادیوسرجری شده است، بطوری که اکنون تکنیک‌های جدید SRS و SRT در دسترس هستند تا در درمان ضایعات اکستراکرانیال و اینتراکرانیال مورد استفاده قرار گیرند.

رادیوسرجری گامانایف:

پس از تجربه درمان استرئوتاکتیک با استفاده از رادیوتراپی ارتوولتاژ و پروتون،Larson، Leksell اولین نسل از گامانایف‌ها را در سال ۱۹۶۷ ارائه کردند. در گامانایف ازیک آرایش نسبتا نیمکره‌ای بیم‌های ثابت متعدد کبالت ۶۰ (۲۰۱ عدد در اکثر مدل‌ها) استفاده می‌شود که به دقت برای شکل گیری اهداف درمانی نسبتا کروی کوچک با اقطار گوناگون طراحی شده اند و قادر به ایجاد یک افت دوز ناگهانی هستند. مدل‌های اولیه به عنوان U style شناخته می شوند که حاوی منابعی از کبالت بوده است که در یک آرایش نیمکره ای طراحی شده و شامل منابعی در قطب نیمکره بودند.

این دستگاه‌ها مشکل حفاظت در برابر اشعه را داشتند. در نتیجه دستگاه‌ها پیشرفت نمودند تا در سال ۱۹۹۹ مدل c از گامانایف با کمک ربات‌ها برای تنظیم مختصات درمان معرفی شدند ولی هنوز نیاز به تنظیمات دستی جهت بعضی از اهداف دور از مرکز سر بود. مدل c-۴ که در سال ۲۰۰۵ ارائه شد طراحی بهتری برای بهبود تنظیمات، افزایش دقت و تکمیل قابلیت های تصویربرداری بود. مدل Perfexion که در سال ۲۰۰۶ ، به بازار عرضه شد از یک دهانه بزرگتر برای بیمار و کولیماتورهای ثانویه داخلی استفاده نمود که توانایی درمان کلیه ضایعات اینتراکرانیال و مهره‌های گردنی را با دقت و سرعت زیاد توسط ربات ها داشت.

سیستم‌های گامای چرخشی:

این دستگاه که در چین تولید شده است از ۳۰ منبع کبالت ۶۰ در یک سقف نیمکره‌ای دورانی تشکیل شده است. کولیماتور ثانویه یک سقف نیمکره‌ای هم محور بوده که شامل ۶ گروه متشکل از ۵ کولیماتور مختلف است که بتوانند حجمی کروی با اقطار متفاوت تولید کنند. ولی تجربه استفاده از این سیستم کم است.

رادیوسرجری با پروتون:

فایده‌ی اصلی این روش این است که بیم ها در عمقی که به انرژی بیم ها وابسته است، متوقف می‌شوند. و بیم های الکترون نیز از ذرات شارژ شده که فاقد لبه تیز بیم ها پروتون است استفاده می کنند.

فقدان دوز خروجی و الگوی تیز بیم پروتون اجازه رادیوتراپی هدف را با کمترین دوز جمعی به ارگان های سالم نسبت به فوتون (LINAC یا گاما با استفاده از کبالت) به ما می دهد. اولین بار در سال ۱۹۵۷ از آن برای درمان تومورهای بدخیم و سپس در ۱۹۵۸ توسط نروسرجری فانکشنال برای درمان پارکینسون استفاده شد. در حال حاضر از رادیوتراپی توسط بیم پروتون در مراکز محدودی استفاده می‌شود و آن به علت هزینه بالای تجهیزات مرتبط و نگهداری آنها است. که در صورت کاهش قیمت آنها از رادیوتراپی توسط بیم پرتون به علت مزایای دوزیمتریک آن بطور فزاینده‌ای استفاده خواهد شد.

رادیوتراپی توسط LINAC (شتاب دهنده‌های خطی):

اقدامات اولیه محققان در دهه ۱۹۸۰ منجر به اصلاح تدریجی شتاب دهنده‌های خطی رادیوتراپی جهت استفاده در رادیوسرجری شد. تکنولوژی‌های LINAC با بهبود وسایل بکار رفته در استرئوتاکتیک، روش‌های اندازه‌گیری و کیفیت اجزای مختلف تعدیل شد. در اکثر تکنیک‌های رادیوسرجری اولیه که بر پایه LINAC بودند از قوس‌های متعدد رادیوتراپی با کولیماتورهای ثانویه مدور برای ایجاد توزیع دوز دایره‌ای استفاده می‌شد تا اهداف سه بعدی به روش استرئوتاکتیک تعریف شوند.

بهبود سخت افزاری و پیشرفت در نرم افزارهای طراحی دوز باعث تقویت این تکنیک شدند که آنها شامل شکل گیری بیم های حاوی مولتی لیف کولیماتور و IMRT و استفاده از الگوریتم های طراحی درمان معکوس بودند. اکثر سیستم‌های بر پایه LINAC از قبیل X knife، Peacock ، cyberknife و Novalis از دیدگاه تجاری در دسترس هستند.

در سیستم Peacock از طراحی درمان معکوس و بیم های حاوی مولتی لیف و وج جهت تعدیل شدت استفاده می‌شود. Cyberkinfe از LINAC مینیاتوری که روی یک روبات صنعتی سوار شده است تشکیل می‌شود که در آن سیستمی برای دنبال کردن هدف وجود دارد که در آن از یک شتاب دهنده ۶ Mev با کولیماتورهای مدور در سایزهای مختلف با یک دست ماشینی روباتیک با ۶ محور استفاده می‌شود. در پلان های Cyberkinfe از پوزیشن‌های متعدد ثابت و ایزوسنترهای مختلف کمک گرفته می‌شود. قبل از اینکه اشعه در هر پوزیشنی تابیده شود موقعیت هدف توسط تصویر جامعی که با کمک سیستم پردازش شده، دنبال می‌شود. این موقعیت با کمک دو دوربین اشعه X در وضعیت عمود بر هم و یک سیستم ردیابی نوری تصویربرداری شده است. در خلال درمان، سیستم پردازش تصویر، عکس‌های اشعه X بدن بیمار را به دفعات دریافت نموده تا نرم افزار، تصاویر حقیقی را با تصاویر هدف مطابقت داده و اصلاحات لازم در راستای بیم به عمل آید.

توموتراپی:

توموتراپی یا اسلایس تراپی، شکلی جدید از رادیوتراپی است که در آن نقشه CT اسکن تشخیصی را در یک ماشین درمان بگونه‌ای ترکیب می کند که درمان دقیق با هدایت تصویر CT بدست آید. برای این کار از یک LINAC مگا ولتاژ به همراه منبع اشعه x چرخان و تخت CT اسکن متحرک که معمولا فقط در بیم اشعه X کیلو ولتاژ تشخیصی کاربرد دارد.

بر خلاف سیستم‌های مرسوم رادیوتراپی که گانتری خارجی با حرکات آرام در این جهت طراحی شده‌اند که بیم آنها فقط می‌تواند از جهات محدودی برای درمان تومور پوزیشن داده شود. در توموتراپی بیم به سرعت حول بیمار می‌چرخد(در کنار بدنه دستگاه) بنابراین بیم اجازه ورود بیمار در زوایای مختلف به صورت پیاپی را به ما می‌دهد. IMRT با استفاده از سیستمی با مولتی لیف کولیماتور ممکن می‌باشد. استفاده از تکنولوژی تصویربرداری با CT در دستگاه توموتراپی امکان لوکالیزه کردن دقیق هدف را قبل و در حین درمان برقرار می کند.

رادیوتراپی LINAC با هدایت تصویر:

ترکیب کردن تصویربرداری سه بعدی تشخیصی با درمان بسیار

کانفورمال در یک واحد درمانی جمعا به عنوان رادیوتراپی با هدایت تصویر (IGRT) شناخته می‌شود که پایه تکنیک‌های مختلف درمان توده بوده و جهت افزایش دقت بکار می‌رود. اگرچه توموتراپی که نوعی از IGRT است تلفیقی از یک واحد CT تعدیل شده در یک ماشین رادیوتراپی مگا ولتاژ است ولی دیگر تکنیک‌های IGRT فقط قابلیت تصویربرداری CT را به یک واحد رادیوتراپی LINAC جهت استفاده در IMRT استرئوتاکتیک اضافه می‌نماید.(یعنی این دو تلفیق نشده، بلکه در کنار هم استفاده می شوند.)

سیستم‌های IGRT از وسایل غیرمتحرک سازی غیر تهاجمی و روش‌های دنبال کردن وضعیت بیمار استفاده می‌نمایند چون هر حرکت بیمار بین انجام تصویربرداری و درمان (یا درخلال) ایجاد خطا می‌نماید...

(ادامه دارد)

نتیجه:

رادیوسرجری و رادیوتراپی استرئوتاکتیک روش‌هایی برای درمان ضایعات کوچک اینتراکرانیال و اکستراکرانیال هستند که به روش‌های مختلف و با کمک تکنولوژی‌های متفاوت قابلیت انجام پیدا می کنند که ماحصل آنها درمان تومورهای کوچک با دوز بالا در حالی است که بافت سالم اطراف کمترین دوز اشعه را دریافت نمایند.

Refrences:
1. Principles and practice of Radiation oncology Perez and Brady's sixth edition 2013 , Vol 1
2. Treatment planning in Radiation Oncology: khan and Gerbi, third edition.
3. Principles and practice of oncology , Devita, Hellman and Rosenbergs , ninth edition.