Archive of SID

طراحی درمان در استرئوتاکتیک رادیوسرجری: انتخاب طول قوس ها، فاصله بین قوس ها و وزن آنها در درمان با چند ایزوسنتر

سید محمدتقی بحرینی طوسی(PhD)*[1]، علیرضا خوش‌بین خوش‌نظر، (MSc)[2] عبدالرضا هاشمیان، (PhD)[3]
رهام سالک (PhD)[2]، مارکو موتی(PhD)[5]

۱- دانشیار بخش فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
۲- دانشجوی دکترای فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
۳- استادیار بخش فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
۴- استادیار گروه انکولوژی تابشی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
۵- فیزیسیت بخش رادیوتراپی، بیمارستان سانتا ماریای ترنی در ایتالیا

چکیده

مقدمه: استرئوتاکتیک رادیوسرجری ضایعات داخل مغزی یک روش درمانی است که در آن یک حجم با حدود مشخص دز بالایی را طی یک جلسه دریافت می‌کند. در این مطالعه هدف با قوس‌های غیر هم صفحه با کولیماتورهای مدور تحت تابش دز درمانی قرار داده شد.

مواد و روشها: جهت انجام درمان از شتابدهنده خطی فیلیپس مدل SL 57 و مجموعه ابزارهای اختصاصی رادیوسرجری محصول شرکت Line 3D ایتالیا استفاده شد. همچنین از نرم افزار طراحی درمان به نامErgo محصول همین شرکت جهت طراحی درمان بهره برده شد. پارامترهای قابل تنظیم جهت طراحی درمان عبارتند از: مکان ایزوسنتر طول قوس‌ها، زاویه شروع و پایان قوس‌ها، فاصله بین قوس‌ها، زاویه تخت، اندازه کولیماتور. در پرتو درمانی هدف اصلی از طراحی درمان تحویل حداکثر دز به حجم هدف و حداقل دز به بافت‌های طبیعی اطراف است. در این مقاله تأکید نویسندگان بر طراحی درمان با چند ایزوسنتر است.

نتایج و بحث: بر طبق الگوریتم پیشنهادی پارامتر اصلی در شکل دادن به منحنی‌های ایزودز انتخاب صحیح قوس‌ها در چهار ربع سر می‌باشد. از سوی دیگر در درمان با چند ایزوسنتر باید حتی‌الامکان از برخورد قوس‌ها جلوگیری گردد و فاصله مناسبی بین ایزوسنترها انتخاب شود. از عامل وزن قوس‌ها در تنظیمات ظریف منحنی‌های ایزودز استفاده گردید. از میان بیش از پنجاه طراحی درمان هفت مورد نوعی برای نمایش چگونگی طرح درمان در مقاله مطرح گردیده است. ارزیابی طرح‌های درمان بوسیله نمایش منحنی‌های ایزودز روی تصاویر و نیز هیستوگرام‌های دز. حجم صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: استرئوتاکتیک رادیوسرجری، طراحی درمان سه بعدی، درمان با چند ایزوسنتر، طول قوس، فاصله بین قوس‌ها.

۱- مقدمه

در استرئوتاکتیک رادیوسرجری یک حجم هدف کوچک داخل مغزی تحت تابش دز بالا و متمرکز قرار می‌گیرد بطوریکه شیب دز شدیدی بین هدف و بافت سالم اطراف ایجاد گردد و بافت‌های سالم اطراف دز کمی، در حد قابل تحمل، دریافت کنند (۱).

استرئوتاکسی رادیوسرجری به دو روش گامانایف[1] و یا با شتابدهنده انجام می‌شود.

مالفورماسیون‌های شریانی وریدی[2] (۲)، اکوستیک نورینوما[3] (۳)، آدنوم هیپوفیز[4]، ضایعات متاستاتیک منفرد[5] و بعضی تومورهای اولیه بدخیم از ضایعاتی هستند که با این تکنیک درمان می‌شوند. برای به حداقل رساندن آسیب به بافت‌های سالم اطراف از چندین قوس غیر هم صفحه با یک مرکز مشترک (ایزوسنتر) استفاده می‌شود. بسیاری از اوقات بدلیل شکل غیرمتقارن هدف از چندین ایزوسنتر[6] استفاده می‌شود. در این مقاله بر طراحی درمان با چند ایزوسنتر تأکید بیشتری شده است چرا که از پیچیدگی بیشتری برخوردار است و بسیاری از اوقات در صورتیکه به اصول اساسی آن توجه نشود ممکن است زمان طراحی درمان ساعت‌ها بطول انجامد.

بطور کلی در هر مرکز درمانی از یک الگوریتم خاص برای طراحی درمان استفاده می‌شود. در مراکز مختلف از نه قوس، هفت قوس و حتی از چهار قوس غیر هم صفحه برای ضایعات متقارن و کروی استفاده می‌کنند. انتخاب این الگوریتم‌ها به عوامل متعددی

* **نشانی مکاتبه:** گروه فیزیک و پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

1. Gamma knife
2. Arteriovenous mal formation
3. Acoustic neurinoma
4. Hypophysis adenoma
5. Single metastatic lesions
6. Mutiple isocenter

www.SID.ir

Archive of SID

بستگی دارد که عبارتند از:
۱- سلیقه رادیوتراپیست
۲- نسبت MU/degree شتابدهنده مورد استفاده
۳- شکل و محل ضایعه نسبت به نواحی بحرانی
همچنین پارامترهای متعددی بر دز دریافتی هدف و توزیع دز، شکل منحنی ایزودز و دز دریافتی توسط بافت نرمال تأثیر می‌گذارد (۴) که عبارتند از:
الف = تعداد ایزوسنترها
ب= موقعیت ایزوسنتر در دستگاه محورهای مختصات سه بعدی (x, y, z)
ج= تعداد قوس‌ها بازای هر ایزوسنتر
د= زاویه شروع و آغاز هر قوس
ذ= طول هر قوس
ر= قطر میدان تابشی
و= وزن قوس
ژ=زاویه تخت

۲- ابزار و روش‌ها

شتابدهنده. در این تحقیق از دستگاه شتابدهنده خطی فیلیپس مدل SL 57 با فوتون ۵ MV متعلق به بیمارستان سانتاماریای شهر ترنی[1] ایتالیا استفاده گردید. از این دستگاه برای رادیوتراپی عمومی و نیز همراه با DMLC استفاده می‌شود.

نرم‌افزار طراحی درمان. جهت طراحی‌درمان استرئوتاکسی رادیوسرجری از نرم افزار Ergo-3.0 ساخت شرکت 3Dline ایتالیا استفاده گردید و از مجموعه سخت‌افزاری ساخت همین شرکت شامل: لوکالایزر[2]، سنترینگ پلیت[3]، کچ استند[4]، مجموعه کولیماتورها[5]، هدرینگ[6] و مجموعه وسایل کنترل کیفی نیز برای انجام درمان استفاده شد.

تصویربرداری. برای تمام موارد درمان از دستگاه MRI ساخت کمپانی فیلیپس با قدرت 1.5 Tesla برای تصویر برداری ناحیه سر استفاده شد. انتقال تصاویر به کامپیوتر مورد استفاده برای نرم افزار طراحی درمان از طریق سیستم PACS انجام شد.

محاسبه دز. نرم افزار طراحی درمان از رابطه زیر برای محاسبه دزDs در یک نقطه (P) داخل مغز استفاده می‌کند.

$$Ds(P)=\left(\frac{SID}{SID+b}\right)^2\times OF_c\times TPR_c(d)\times OAF_c(q)$$

که $TPR_c(d)$ نسبت بافت- فانتوم برای کولیماتورc در عمقd، $OAF_c(q)$، فاکتور خارج از مرکز برای کولیماتور(c) در فاصله جانبیq از مرکز،OFc فاکتور خروجی برای کولیماتور(c)، SID، فاصله منبع تابشی تا ایزوسنتر وb فاصله نقطه مورد نظر تا ایزوسنتر می‌باشد.

نکات اولیه در طراحی درمان در استرئوتاکسی رادیوسرجری:

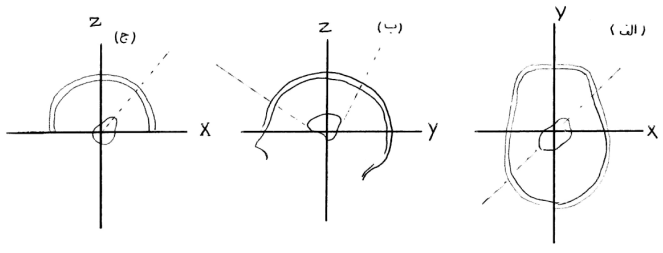
۱- مشاهده هدف: پس از آنکه حدود بیمار، هدف و نواحی بحرانی در مدول IMM[7] از نرم افزار ERGO دیجیتایز گردید و تصویر بازسازی شده سه بعدی تهیه گردید باید هدف مورد درمان از سه جهت عمود برهم در امتداد محور طولی بدن، محور جانبی و محور قدامی- خلفی مورد بررسی دقیق قرار گیرد. در این بررسی باید محور عمده هدف، زاویه هدف در هر محور با صفحات عرضی، ساجیتال و کرونال و نهایتاً مجاورت‌های آن مورد توجه قرار گیرد.

از سوی دیگر برای درک صحیح‌تر از نقش قوس‌ها در تعیین شکل منحنی‌های ایزودز سر به چهار ربع قدامی راست، قدامی چپ، خلفی راست و خلفی چپ تقسیم گردید. حداکثر طول قوس‌ها ۱۸۰ است که بطور قراردادی قوس‌های سمت چپ از ۰ تا ۱۸۰ و قوس‌های راست از °۱۸۰ تا °۳۶۰ اندازه‌گیری می‌شوند.

همچنین همه قوس‌ها بالای صفحه عرضی یا اکسیال سر قرار می‌گیرند و بنابراین امکان انتخاب °۱۸۰ قوس وجود دارد. برحسب قرارداد زاویه قوس‌هایی که سمت چپ سر را تحت تابش قرار می‌دهند از °۰ تا °۹۰ و قوس‌های سمت راست از °۲۷۰ تا °۳۶۰ تغییر می‌کنند. این زوایا همان زوایای تخت هستند که تعیین کننده محل قوس‌ها می‌باشند.

به تبعیت از تقسیم سر به چهار ربع، قوس‌ها را نیز به همین ترتیب می‌توان نامگذاری کرد.

فرض کنیم در بررسی ضایعه در امتداد محور طولی بدن جهت کلی آنرا از ربع خلفی راست به ربع قدامی چپ یافتیم. در صورتیکه از قوس‌هایی که در همین نواحی قرار دارند استفاده شود می‌توان منحنی‌های ایزودز را در همین امتداد شکل داد. این قاعده در همه موارد صدق می‌کند (شکل ۱- الف).



شکل ۱ بررسی هدف در امتداد محور الف- طولی، ب- عرضی، ج- قدامی خلفی

همچنین با بررسی هدف در امتداد محور عرضی سر می‌توان زاویه شروع و پایان قوس‌ها را تعیین کرد. این نما همچنین به

1. Ospedale Sonta Maria di Terni
2. Localizer
3. Centering Plate
4. Couch Stand
5. Collimators assembly
6. Headring
7. Image Management Module

SID.ir

Archive of SID

مجاورت هدف با چشم و عصب اپتیک کمک می کند که در صورت نیاز (در مواردیکه که هدف در کف جمجمه قرار داشته باشد) می توان از بخش‌های جلویی قوس‌ها کاست (شکل ۱.ب).

بالاخره، بررسی هدف در امتداد محور قدامی خلفی علاوه بر کمک به شناسایی مجاورت هدف با نواحی بحرانی تعیین کننده محدوده قوس‌های مورد انتخاب در صفحه کرونال می‌باشد.

بعبارت دیگر برای ضایعه‌ای که محور عمده‌اش در صفحه کرونال از راست به چپ واقع شده است بهتر است از قوس‌های°۰ تا °۹۰ (یا زوایای تخت) استفاده گردد (شکل ۱. ج). در همه موارد فوق نباید از نقش وزن قوس‌ها غافل ماند. در واقع وزن قوس‌ها کار تغییرات ظریف روی منحنی‌های ایزودز را انجام می‌دهد که در بسیاری از موارد کارگشاست.

همچنین با حذف یا افزودن قوس‌ها در یک سمت، تغییر زوایای شروع و پایان برای قوس‌ها می‌توان منحنی‌های ایزودز را به یک طرف منحرف و از طرف دیگر دور کرد.

و بالاخره با بررسی هدف از وجوه مختلف می‌توان تعداد ایزوسنترهای لازم را تعیین کرد که از اهمیت بسزایی برخوردار است. قطعاً در بسیاری از اوقات بدلیل شکل هندسی[1] هدف نمی‌توان آنرا با یک ایزوسنتر تحت پوشش قرار داد. ضمن اینکه به همین دلیل غالباً اندازه کولیماتورها می‌تواند یکسان نباشد. در این مورد در بخشهای بعدی توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.

۲- تجویز دز[2]: از آنجا که لایه ایزودز ۸۰٪ از بیشترین شیب دز خارج از حجم هدف برخوردار است عموماً تجویز دز برای این لایه صورت می‌گیرد. دزهای تجویز شده در رادیوسرجری نوعاً بین ۱۰ تا ۳۰ گری متغییر است بنابراین شیب دز باید بیشترین تندی را داشته باشد تا اعضای بحرانی اطراف بهتر حفاظت شوند (۵).

با توجه به نکات فوق‌الذکر هنگام ارزیابی طرح‌های درمان باید منحنی‌های ایزودز ۸۰٪ به لحاظ پوشاندن هدف مورد بررسی قرار گیرند.

در مورد طرح‌های درمان با چند ایزوسنتر بدلیل هم پوشانی منحنی‌های ایزودز افزایش ناهمگنی اجتناب ناپذیر است و داخل حجم هدف نقاط داغ بیشتر مشاهده می‌گردد در چنین حالتی پس از نرمالیزاسیون مقادیر دز امکان آنکه هدف با منحنی ۸۰٪ پوشانده شود بعید است و در چنین حالتی از منحنی‌های ایزودز پایین‌تر برای تجویز دز استفاده می‌شود و لذا شاخص اعتبار طرح درمان منحنی‌های ایزودز ۵۰ تا ۷۰ درصد خواهد بود (۶).

۳- استفاده از هیستوگرام دز حجم: ابزاری قدرتمند در بررسی کمی طرح‌های درمان می‌باشد که باید بخوبی از آن سود جست. البته بسیاری از اوقات انتخاب یک طرح از بین چند طرح درمان خوب مشکل است که در اینجا سلیقه رادیوتراپیست و پروتکل درمانی بخش رادیوتراپی نقش تعیین کننده دارد (۷).

۴- نمای چشم پرتو: (BEV)[1] بسیاری از اوقات علیرغم آنکه هدف بخوبی تحت پوشش دز تجویز شده قرار گرفته است با اینحال دز دریافتی ارگانهای بحرانی از حد قابل تحمل افزایش یافته است که این امر می‌تواند بدلیل در مسیر پرتو قرار گرفتن این اندام‌ها باشد (۸).

قابلیتBEV از ابزارهایی است که امروزه در تمام نرم افزارهای طراحی درمان به کمک طراح درمان می‌آید تا با مشاهده بخش‌هایی از قوس تابشی که ارگانها و بخش‌های بحرانی را تحت تابش قرار می‌دهد آنها را از آرایش درمان حذف کند. البته بسیاری از اوقات با اینکار پوشش دز لازم برای هدف فراهم نمی آید که باید به روش سعی و خطا بهترین آرایش درمانی را انتخاب کرد.

۵- قابلیت شتابدهنده خطی: یکی از عوامل مهم که بر طراحی درمان در رادیوسرجری تاثیر می گذارد نسبت MU/degree شتابدهنده است. هر چه تعداد قوس ها بیشتر باشد MU/degree لازم جهت درمان کمتر می گردد که متناظر با افزایش سرعت چرخش گنتری است که دارای یک حد مشخص برای هر شتابدهنده است (۹). بنابراین برای انتخاب تعداد قوس ها باید بین حفظ ارگانهای حیاتی و نرمال و از سوی دیگر کاهشMU/degree دستگاه باید بین یک موازنه منطقی برقرار گردد.

تحت این شرایط در صورتیکه طراحی درمان از حداقل MU/degree شتابدهنده کمتر باشد باید طرح درمان را عوض کرد. از طرف دیگر هرگاه شرایط طراحی درمان بنحوی باشد که منجر به MU/degree بالایی شود این امر محدودیتی در انجام درمان ایجاد نمی کند. براحتی می توان قوس‌ها را تکرار کرد و MU لازم برای هر قوس را در چند قوس بطور مساوی یا غیرمساوی توزیع کرد. به بیان دیگر همواره این حداقل MU/degree قابل انجام بوسیله شتابدهنده است که محدودیتهایی برای طراح درمان ایجاد می کند، به عکس حداکثر MU/degree این گونه نیست.

در دستگاه شتابدهنده خطی فیلیپس مدل SL 57 مورد استفاده در این تحقیق حداقل و حداکثر نسبت مذکور بترتیب برابر MU/degree ۰/۵ و MU/degree ۱۰ بود. در اینجا براساس تعداد ایزوسنترها به چند مورد نوعی و طراحی درمان آنان اشاره می‌شود:

الف) درمان با یک ایزوسنتر

الف-۱- هدف کروی: معمولاً برای یک ضایعه کروی از پنج یا هفت قوس بطول مساوی با یک ایزوسنتر استفاده می‌شود. در صورتیکه ضایعه به کف جمجمه نزدیک باشد برای احتراز از دریافت دز توسط چشم و عصب اپتیک از طول قوس‌ها در جلو کاسته می‌شود. بعنوان نمونه از زاویه °۳۳۰-°۱۸۰ استفاده می‌گردد. چنانچه گفته شد بطور استاندارد از لایه ایزودز ۸۰٪ جهت تجویز

1. Geometry
2. Dose Prescription

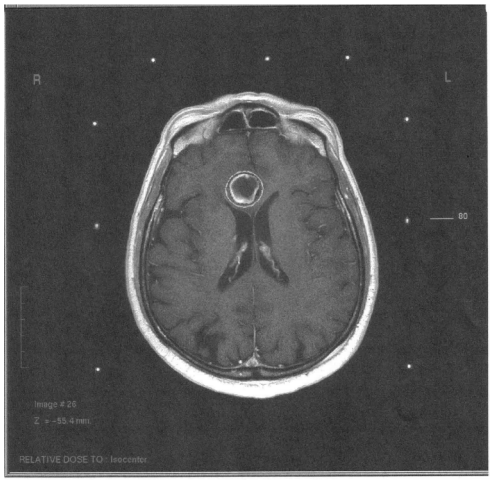
www.SID.ir

Archive of SID

دز استفاده می‌شود. قطر این لایه تقریباً معادل قطر ایزوسنتر در محل ضایعه می‌باشد.

مورد اول: مربوط به مردی ۶۴ ساله با ضایعه منفرد متاستاتیک در لب قدامی۱ مغز در مقابل شاخ قدامی بطن‌های جانبی و حجم ضایعه معادل $۴/۳cm^۳$ می‌باشد. چنانکه در شکل (۲) ملاحظه می‌گردد این ضایعه در مجاورت ناحیه بحرانی قرار ندارد بنابراین براحتی می‌توان آنرا با پنج تا هفت قوس درمان کرد. تنها تفاوتی که عملاً می‌تواند بین طرح‌های درمانی وجود داشته باشد آنست که با افزایش تعداد قوس‌ها MU/degree کاهش می‌یابد و باید مراقبت گردد تا از حداقل قابل انجام بوسیله شتابدهنده کمتر نشود. از سوی دیگر بدلیل پخش دز در بافت سالم اطراف محافظت بهتری انجام می‌شود.

Setup Data در جدول (۱) آمده است. تنها نکته قابل تعمق آنکه از قوس کامل ۱۸۰ بخش‌های جلویی و عقبی حذف گردیده است که این بدلیل عمق ضایعه در صفحه ساجیتال و کرونال و در نتیجه حفظ کشیدگی لازم در جهت بالا می‌باشد. ضمن آنکه سبب تمرکز منحنی‌های ایزودز در صفحه ساجیتال می‌شود. دز تجویز شده ۲۶۰۰cGy در مرکز ضایعه می‌باشد. اندازه کولیماتور انتخاب شده ۵۲mm است و قوس‌ها از وزن یکسانی برخوردارند.



شکل ۲ پوشش خوب هدف با منحنی ایزودز ۸۰٪

الف-۲- هدف کشیده: بطور کلی ضایعات کشیده در رادیوسرجری را می‌توان با یک ایزوسنتر درمان کرد. آنچه که در درجه اول اهمیت قرار دارد انتخاب محل قوس (که با زاویه تخت تعیین می‌شود) و طول قوس (که با زاویه شروع و پایان قوس تعیین می‌شود) است (۱۰).

در مورد ضایعات کشیده باید در جهت محور عمده ایجاد کشیدگی کرد. بدین جهت در صورتیکه هدفی با محور خلفی قدامی و از راست به چپ داشته باشیم با استفاده از قوس‌های ربع قدامی چپ و خلفی راست می‌توان کشیدگی لازم را ایجاد کرد. همچنین با تغییر طول قوس‌ها می‌توان میزان کشیدگی را تغییر داد و در مورد تغییرات ظریف روی منحنی‌های ایزودز از اثر وزن قوس استفاده کرد.

مورد دوم: یک ضایعه متاستاتیک به حجم $۳/۵cm^۳$ مربوط به مردی ۶۵ ساله می‌باشد. ضایعه در پشت ساقه مغز قرار دارد و دارای محور عمدة عرضی است. نکته اول آنکه باید ترجیحاً از قوس‌های خلفی سر استفاده شود تا حفاظت بیشتری از ساقه مغز بعمل آید لذا چنانکه در Setup Data ملاحظه می‌گردد برای نیمه چپ زاویه گنتری حداقل از ۷۰ و برای نیمه راست حداکثر از ۲۸۰ بیشتر نمی‌شود. از سوی دیگر از آنجا که ضایعه دارای محور عمده عرضی می‌باشد باید سعی شود از زوایای حول صفحه کرونال استفاده شود بنابراین چنانکه ملاحظه می‌گردد از زوایای قدامی و خلفی استفاده نشده است. بطوریکه برای نیمه چپ سر زوایای گنتری از حداقل ۷۰ تا حداکثر ۱۴۰ و برای نیمه راست سر از حداقل ۲۴۰ و تا حداکثر ۲۸۰ متغییر است. کوچک بودن طول قوس‌ها برای حفظ کشیدگی لازم در منحنی‌های هم دز است. چنانکه ملاحظه می‌گردد زاویه تخت برای نیمه چپ بین ۰° تا ۶۰° و برای نیمه راست ۳۰۰° تا ۳۶۰° درجه متغییر است. برای کشیدگی لازم بطرف راست قوس‌های این سمت از وزن بیشتری برخوردار شده‌اند. دز تجویز شده در ایزوسنتر ۲۲۰۰cGy است. متوسط درصد دز عمقی ساقه مغز ۱۰٪ است که با توجه به دز تجویز شده بسیار کمتر از دز قابل تحمل این بخش در رادیوسرجری می‌باشد. تنها نکته قابل ذکر در مورد وزن بالای قوس‌های سمت راست و بالا بودن MU/degree برای این

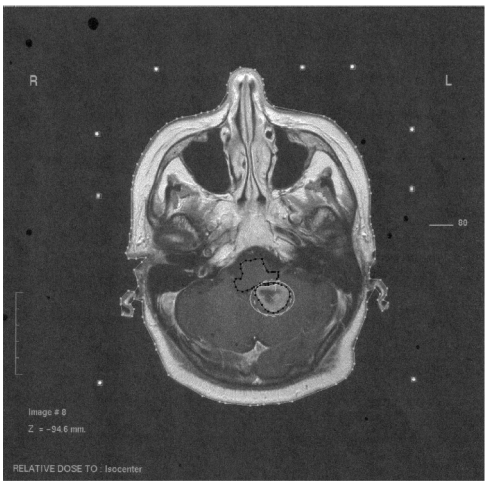
جدول۱ Setup Data در درمان با یک ایزوسنتر برای یک هدف کروی

قوس	کولیماتور (mm)	کولیماتور اولیه	زاویه تخت	شروع گنتری	پایان گنتری	وزن
۱	۲۵	۶۰×۶۰	۲۰	۳۰	۱۳۰	۱۰۰
۲	۲۵	۶۰×۶۰	۵۰	۳۰	۱۳۰	۱۰۰
۳	۲۵	۶۰×۶۰	۲۷۰	۲۱۰	۳۱۰	۱۰۰
٤	۲۵	۶۰×۶۰	۳۱۰	۲۱۰	۳۳۰	۱۰۰
۵	۲۵	۶۰×۶۰	۳٤۰	۲۱۰	۳۱۰	۱۰۰

SID.ir

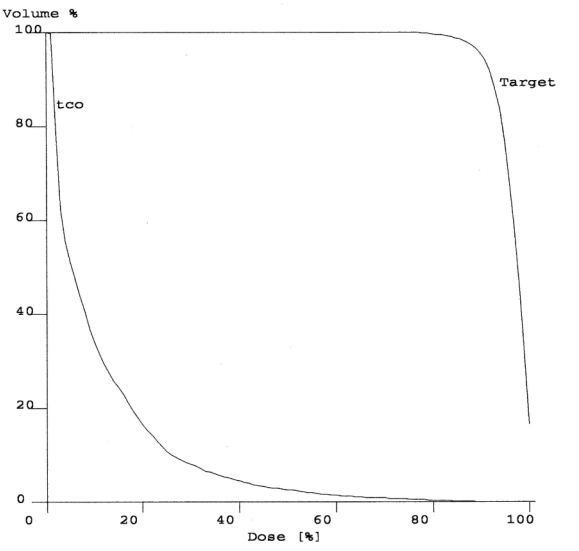
Archive of SID

قوس‌هاست که براحتی با توزیعMU در چند قوس تکراری قابل انجام است.



(۳- الف)

vOI	Vol. (CC)	Area	Dose (%) Max	Min	Avg.
tco	۱۹/۲	۱۱	۸۸	۰	۱۰
Target	۳/۵	۹۷	۱۰۱	۶۸	۹۶



(۳- ب)

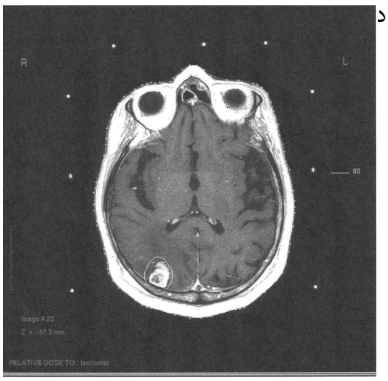
شکل ۳ الف) هدف طولی با محور عرضی و ب) هیستوگرام دز حجم مربوط به آن

جدول۲ Setup Data در درمان با یک ایزوسنتر برای یک هدف با محور طولی جانبی

قوس	کولیماتور (mm)	کولیماتور اولیه	زاویه تخت	شروع گنتری	پایان گنتری	وزن
۱	۲۵	۶۰×۶۰	۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰
۲	۲۵	۶۰×۶۰	۰	۲۳۰	۲۶۰	۱۰۰
۳	۲۵	۶۰×۶۰	۰	۲۶۰	۲۹۰	۳۵۰
٤	۲۵	۶۰×۶۰	۱۵	۷۰	۱۰۰	۱۰۰
۵	۲۵	۶۰×۶۰	۱۵	۱۰۰	۱۴۰	۱۰۰
٦	۲۵	۶۰×۶۰	۳۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰
۷	۲۵	۶۰×۶۰	۶۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰
۸	۲۵	۶۰×۶۰	۳۰۰	۲۳۰	۲۶۰	۱۰۰
۹	۲۵	۶۰×۶۰	۳۰۰	۲۶۰	۲۹۰	۳۵۰
۱۰	۲۵	۶۰×۶۰	۳۳۰	۲۴۰	۲۷۰	۱۰۰
۱۱	۲۵	۶۰×۶۰	۳۳۰	۲۷۰	۳۰۰	۳۵۰

مورد سوم: هدف کشیده با محور عمده قدامی- خلفی. این مورد ضایعه‌ای بدخیم در لب اکسیپیتال مغز مربوط به خانمی ۷۰ ساله است. حجم هدف $6/9cm^3$ است که برای درمان آن کولیماتوری به قطر ۵۲mm انتخاب گردید.

با توجه به شکل (۴) درمی‌یابیم که هدف در بخش قدامی خود زاویه‌دار است یا بعبارتی به صورت یک لوزی کشیده است. با توجه به قواعدی که ذکر شد برای شکل دادن به منحنی ایزودز در جهت قدامی خلفی از قوس‌های قدامی و خلفی استفاده شده است و قوس‌های مرکزی حذف گردیده است به ترتیبی که از قوس‌های سمت چپ (که بفاصله ۳۰ از هم قرار دارند) قوسی بطول °۴۰ از °۷۰ تا °۱۱۰ و از قوس‌های سمت راست بهمین اندازه از °۲۳۰ تا °۳۱۰ خارج شده است. تحت این شرایط چنانکه در شکل ملاحظه می‌گردد منحنی ۸۰٪ بشکل لوزی ضایعه را بخوبی تحت پوشش قرار داده است. برطبق هیستوگرام دز حجم حداقل دز دریافتی هدف ۷۵٪است. جدول (۳) Setup Data و هیستوگرام دز حجم را نشان می‌د

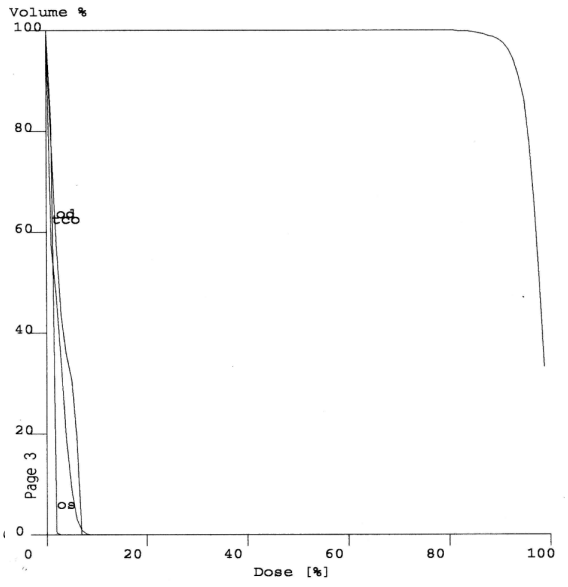


(۴- الف)

www.SID.ir

Archive of SID

vOI	Vol. (CC)	Area	Dose (%)		
			Max	Min	Avg.
Target	۳/۰	۹۷	۱۰۰	۷۵	۹۶
tco	۱۸/۱	۲	۸	۰	۱
od	۶/۹	۳	۶	۰	۲
os	۷/۸	۱	۲	۰	۰



(۴- ب)

شکل ۴ الف) پوشش لوزی شکل ایزو دز ۸۰٪ و ب) منحنی دز حجم

ب) درمان با چند ایزوسنتر: بطور کلی در درمان با چند ایزوسنتر نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

۱- جلوگیری از تداخل قوس‌ها (۵): بعنوان مثال اگر لازم باشد از دو ایزوسنتر کنار یکدیگر استفاده شود بهتر است قوس‌های مجاورهم (مدیال) حذف شوند. چنانچه در شکل (۵- الف) ملاحظه می‌گردد. برای ایزوسنتر چپ از زاویه تخت‌های 0°, 45°، 90° و برای ایزوسنتر راست زاویه تخت 270°، 315° و 360° استفاده شده است.

همچنین در حالتی که دو ایزوسنتر روی یکدیگر قرار می‌گیرند باید از همین قاعده استفاده کرد. چنانچه در شکل (۵- ب) دیده می‌شود برای ایزوسنتر بالایی از زوایای تخت 30° تا 330° و برای ایزوسنتر پایینی قوس‌های فوقانی حذف شده و تنها از قوس‌های کناری استفاده شده است. بطوریکه برای نیمه چپ زاویه تخت 0° و 30° و برای نیمه راست زاویه تخت 330° و 360° استفاده شده است.

بالاخره، برای ایزوسنترهایی که در موقعیت قدامی خلفی نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند در ایزوسنتر قدامی تنها از قوس‌های نیمه قدامی و برای ایزوسنتر خلفی از قوس‌های نیمه خلفی استفاده می‌شود.

به عبارت دیگر برای ایزوسنتر جلویی در ربع چپ از زوایای گنتری 0° تا 90° و در ربع راست از زوایای گنتری 270° تا 360° و برای ایزوسنتر عقبی در ربع چپ از زوایای گنتری 90° تا 180° و در ربع راست از 180° تا 270° استفاده می‌شود. با اینحال ذکر این نکته ضروری است که بسیاری از اوقات برای پوشش دز مناسب تداخل قوس‌ها اجتناب ناپذیر است.

نکته کلی که دراینجا باید یادآور شد آن است که در درمان با چند ایزوسنتر بسیاری از اوقات بدلیل تداخل منحنی‌های ایزودز ناهمگنی دز[1] و نیز نواحی با درصد دز عمقی بیش از ۱۰۰ ملاحظه می‌گردد که در این موارد لازم است تجویز دز برای منحنی‌های ایزودز پایین حتی تا ۵۰٪ صورت گیرد (۵).

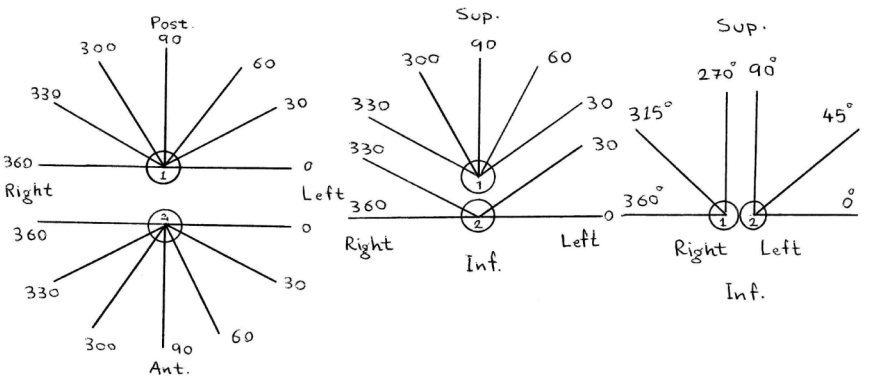
۲- فاصله مناسب بین ایزوسنترها: فاصله بین ایزوسنترها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. این فاصله نباید آنچنان زیاد

جدول ۳ Setup Data در درمان با یک ایزوسنتر برای هدف با محور طولی قدامی خلفی

قوس	کولیماتور(mm)	کولیماتور اولیه	زاویه تخت	شروع گنتری	پایان گنتری	وزن
۱	۲۵	۶۰×۶۰	۱۰	۰	۷۰	۱۰۰
۲	۲۵	۶۰×۶۰	۱۰	۱۱۰	۱۸۰	۱۰۰
۳	۲۵	۶۰×۶۰	۳۰	۰	۷۰	۱۰۰
۴	۲۵	۶۰×۶۰	۳۰	۱۱۰	۱۸۰	۱۰۰
۵	۲۵	۶۰×۶۰	۳۳۰	۱۸۰	۲۳۰	۱۰۰
۶	۲۵	۶۰×۶۰	۳۳۰	۳۱۰	۳۵۰	۱۰۰
۷	۲۵	۶۰×۶۰	۳۳۰	۱۸۰	۲۳۰	۱۰۰
۸	۲۵	۶۰×۶۰	۳۳۰	۳۱۰	۳۵۰	۱۰۰

SID.ir

Archive of SID



(۵- ج) (۵- ب) (۵- الف)

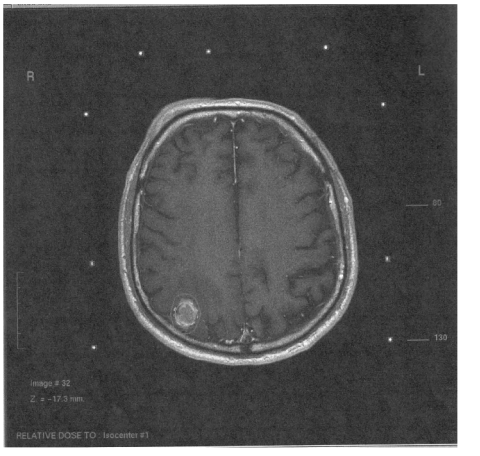
شکل ۵ الف) ایزوسنتر کنار یکدیگر، ب) ایزوسنترها روی یکدیگر و ج) ایزوسنتر مقابل هم

باشد که در منحنی‌های ایزودز در فاصله بین ایزوسنترها ایجاد فرورفتگی کند و نه آنقدر نزدیک باشد که سبب ایجاد نواحی با دز بالا کند.

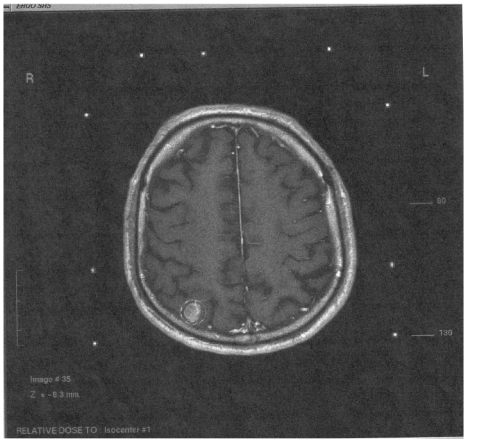
بعنوان مثال اگر دو ایزوسنتر به فاصله ۲۵mm داشته باشیم. در فاصله ۶۰mm ایزوسنترها برهم بی‌تأثیرند. در فاصله ۳۰mm منحنی‌های ۲۰٪ بدور دو ایزوسنتر یک پوشش ایجاد می‌کنند و در فاصله ۲۵mm منحنی‌های ۸۰٪ و ۹۰٪ بهم متصل می‌شوند و نهایتاً در فاصله ۱۰mm و کمتر منحنی‌های روی یکدیگر منطبق می‌شوند.

مورد چهارم: درمان با دو ایزوسنتر روی یکدیگر. این مورد یک ضایعه متاستاتیک به عمق ۲۶mm در ناحیه خلفی پاریتال مربوط به مردی ۸۰ ساله می‌باشد. ضایعه تقریباً به دو بخش فوقانی و تحتانی تقسیم می‌شود. در بخش بالایی‌هدف حالتی کروی و در بخش تحتانی با کشیدگی قدامی- خلفی است. ضایعه با دو ایزوسنتر درمان گردید.با ایزوسنتر بالایی توسط سه قوس (دوطرفی و یک عمودی) و پایینی چهار قوس عرضی هدف تحت تابش قرار گرفت. نکته قابل توجه در مورد ایزوسنتر تحتانی آنکه بدلیل کشیدگی قدامی خلفی هدف در این ناحیه از قوس‌های قدامی و خلفی استفاده و قوس‌های میانی حذف گردیدند بطوریکه برای نیمه چپ از زوایای گنتری ۷۰°- ۰° و ۱۸۰°- ۱۱۰° و برای نیمه راست از ۲۸۰° - ۱۸۰° و ۳۶۰° - ۲۹۰° استفاده شد. این قوسها عرضی (زاویه تخت ۰° و ۳۶۰°) بودند.

بدیهی است برای احتراز از تداخل قوس‌ها در ایزوسنتر پایینی از قوس‌های نزدیک به صفحه ساجیتال استفاده نگردیده است. منحنی ۸۰٪ بخوبی بخش فوقانی و تحتانی را تحت پوشش قرار داده است. با این حال بدلیل استفاده از دو ایزوسنتر و تداخل‌های اجتناب ناپذیر نواحی با دز بالا البته داخل ضایعه وجود دارند و بافت سالم تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد.شکل (۶) و جدول (۴) مؤید توضیحات است.



(۶- الف)



(۶- ب)

شکل ۶ پوشش مناسب ایزودز ۸۰٪ برای الف) بخش فوقانی با محور طولی قدامی خلفی و ب) بخش تحتانی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴ Setup Data در درمان با دو ایزوسنتر روی یکدیگر

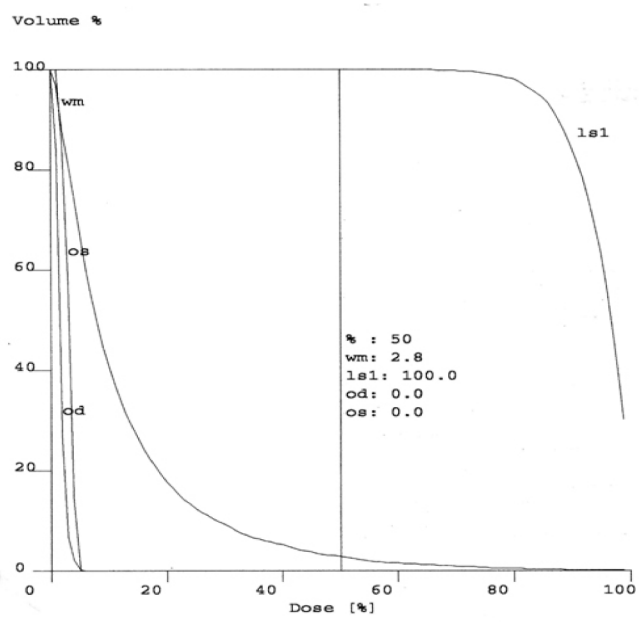
ایزوسنتر	قوس	کولیماتور (mm)	کولیماتور اولیه	زاویه تخت	شروع گنتری	پایان گنتری	وزن
۱	۱	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۰	۰	۱۸۰	۱۰۰
۱	۲	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۴۰	۰	۱۸۰	۱۰۰
۱	۳	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۳۶۰	۱۸۰	۳۶۰	۱۰۰
۲	۴	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۰	۰	۷۰	۱۰۰
۲	۵	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۰	۱۱۰	۱۸۰	۱۰۰
۲	۶	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۳۶۰	۱۸۰	۲۵۰	۱۲۰
۲	۷	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۳۶۰	۲۹۰	۳۶۰	۱۰۰

مورد پنجم: درمان با دو ایزوسنتر با اندازه مختلف کنار یکدیگر. این مورد مربوط به ضایعه‌ای به حجم $4cm^3$ در لب فرونتال مردی پنجاه ساله می‌باشد. در نزدیکی هدف اندام بحرانی وجود ندارد. محور عمده ضایعه از گوشه خلفی راست به گوشه قدامی چپ است. بنابراین باید از قوس‌های قدامی چپ و خلفی راست استفاده شود. البته با توجه به شکل ضایعه که از کشیدگی کمی برخوردار است و در بخش خلفی و راست خود کشیدگی کمتری نسبت به ربع قدامی چپ برخوردار است بنابراین از طول قوس‌های بزرگتری استفاده شده است بطوریکه برای سمت چپ طول قوس‌ها $^\circ$۱۰۰ ($^\circ$۱۰۰-$^\circ$۰) و در نیمه راست $^\circ$۱۵۰ ($^\circ$۳۳۰-$^\circ$۱۸۰) می‌باشد.

از سوی دیگر از آنجا که این آرایش از قوس‌ها برجستگی خلفی ضایعه را تحت پوشش قرار نداده است از یک ایزوسنتز دیگر استفاده شد. از هیستوگرام دز حجم بر می‌آید که علیرغم استفاده از دو ایزوسنتز نقطه دائمی دیده نمی‌شود.

(۷- الف)

vOI	Vol. (CC)	Area	Dose (%) Max	Min	Avg.
wm	۳۲۰/۸	۱۲	۱۰۰	۰	۱۱
lsl	۴/۰	۹۵	۱۰۵	۶۰	۹۵
od	۶/۳	۲	۵	۰	۱
os	۶/۵	۳	۵	۱	۲



(۷- ب)

شکل ۷ الف) درمان با دو ایزوسنتر و ب) منحنی دز حجم مربوط به آن

مورد ششم: درمان با سه ایزوسنتر. این مورد مربوط به خانمی ۶۴ ساله با مننژیوما[1] در قاعده مغز می‌باشد. ضایعه مثلثی شکل و در سمت راست مغز می‌باشد به شکلی که در قسمت خلفی از کشیدگی عمده‌ای نسبت به جلو برخوردار است. برای پوشش

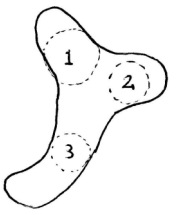
SID.ir

Archive of SID

جدول۵ Setup Data در درمان با دو ایزوسنتر کنار یکدیگر

ایزوسنتر	قوس	کولیماتور (mm)	کولیماتور اولیه	زاویه تخت	شروع گنتری	پایان گنتری	وزن
۱	۱	۲۵	۶۰×۶۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
۱	۲	۲۵	۶۰×۶۰	۳۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
۱	۳	۲۵	۶۰×۶۰	۳۳۰	۱۸۰	۳۳۰	۱۰۰
۱	۴	۲۵	۶۰×۶۰	۳۶۰	۱۸۰	۳۳۰	۱۰۰
۲	۵	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۰	۰	۱۸۰	۱۵۰

مناسب ضایعه از سه ایزوسنتر استفاده گردید. در انتخاب قوس‌ها و زوایای گنتری عامل عدم تداخل قوس‌ها لحاظ گردید.



شکل ۸ دیاگرام درمان با سه ایزوسنتر

شکل (۸) دیاگرامی از هدف و موقعیت ایزوسنترها نسبت به آنرا نشان می‌دهد.

برای ایزوسنتر اول از زاویه گنتری $^{\circ}$۳۶۰-$^{\circ}$۳۰۰ ، برای ایزوسنتر دوم $^{\circ}$۲۶۰-$^{\circ}$۲۰۰ و برای ایزوسنتر سوم $^{\circ}$۱۲۰-$^{\circ}$۴۰ استفاده شد. از آنجا که ایزوسنتر اول و دوم نیمه راست را تحت پوشش قرار می‌دهد برای هر یک از زوایای تخت $^{\circ}$۳۲۰ و $^{\circ}$۳۶۰ و جهت ایزوسنتر سوم از زاویه تخت $^{\circ}$۰ و $^{\circ}$۴۰ استفاده شد و در مجموع از شش قوس جهت پوشش هدف استفاده شد. دز تجویز شده 14Gy برای ایزودز ۱۰۰٪ بوده است. علیرغم استفاده از سه ایزوسنتر ناهمگنی دز وجود ندارد و منحنی ۷۰٪ براحتی تمام تومور را می‌پوشاند. شکل (۹) و جدول (۶) مربوط به این بیمار می‌باشد. نکته آخر در مورد این بیمار مراقبت از چشم و عصب چشمی است که با حذف قوس‌های قدامی صورت پذیرفته است.

مورد هفتم: درمان با چهار ایزوسنتر. این مورد مربوط به خانمی ۸۴ ساله با مننژیوما در قاعده مغز می‌باشد. محور طولی عمده از گوشهٔ خلفی راست به گوشه قدامی چپ می‌باشد. شکل (۱۰) دیاگرامی از هدف و ایزوسنترهای انتخاب شده برای پوشش آن را نشان می‌دهد.

بخش جلویی به دلیل ضخامت زیاد با دو ایزوسنتر روی یکدیگر (ایزوسنتر ۱ و ۲) تحت پوشش قرار گرفته است. بدلیل جهت گیری این بخش برای نیمه قدامی از زاویه گنتری ۷۰-۴۰ و برای بخش خلفی ۲۵۰-۱۸۰ استفاده گردید.

برای پوشاندن گوشه سمت راست از ایزوسنتر (۳) با زاویه گنتری ۳۶۰-۲۷۰ و برای برجستگی خلفی از ایزوسنتر (۴) با زاویه گنتری ۲۲۰-۱۸۰ استفاده شد. ایزوسنتر اول تا سوم هر یک با چهار قوس با فاصله ۱۰ درجه نسبت به یکدیگر (زاویه تخت ۰ و ۱۰ برای نیمه قدامی و ۳۵۰ و ۳۶۰ برای نیمه خلفی) و ایزوسنتر چهارم با دو قوس تابش دهی هدف را انجام می‌دهند.

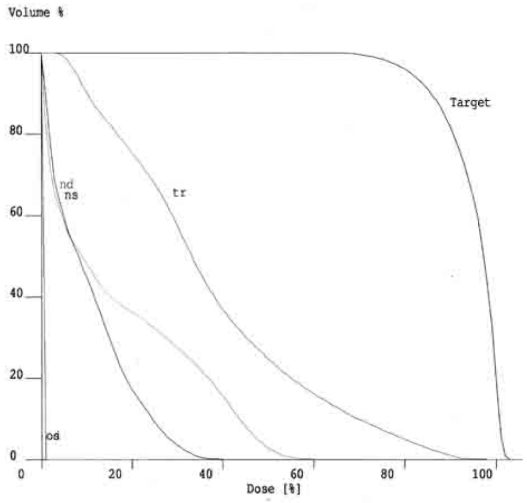
چنانکه در هیستوگرام دز حجم مشاهده می‌گردد با منحنی ۷۰٪ حجم هدف تحت پوشش قرار می‌گیرد با این حال بدلیل انتخاب چهار ایزوسنتر غیر یکنواختی دز مشاهده می‌گردد.

(۹- الف)

vOI	Vol.	Area	Dose (%)		
	(CC)		Max	Min	Avg.
Target	۶/۱	۱۱۳	۱۷۰	۶۲	۱۱۳
od	۵/۸	۲۷	۴۳	۱۱	۲۶
os	۵/۷	۲	۱۰	۰	۱
nd	۰/۷	۴۸	۷۵	۱۰	۴۷
ns	۰/۳	۱۷	۴۱	۲	۱۶
tr	۲۰/۲	۳۱	۱۳۵	۱	۳۰

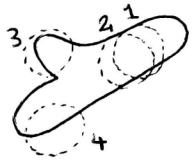
www.SID.ir

Archive of SID



(۹- ب)

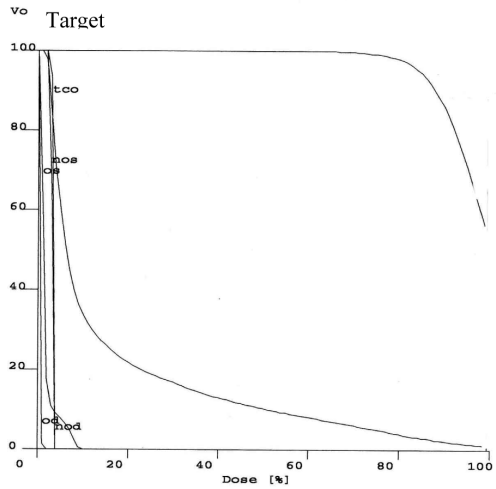
شکل ۹ الف) درمان با سه ایزوسنتر و ب) منحنی دز حجم



شکل ۱۰ دیاگرام درمان چهار ایزوسنتری؛ ایزوسنترهای ۱ و ۲ در دو عمق مختلف

(۱۱- الف)

vOI	Vol.	Area	Dose (%)		
	(CC)		Max	Min	Avg.
Target	۲/۷	۹٦	۱۳٤	۵۱	۱۰۰
nod	۰	۳	۳	۲	۲
nos	۰/۱	۳	۳	۲	۲
od	۹/۵	۱	۱	۰	۰
os	۱۰/۲	۲	۹	۰	۱
tco	۲۰/٤	۱٦	۱۳۱	۱	۱۵



(۱۱- ب)

شکل ۱۱ الف) درمان با چهار ایزوسنتر و ب) منحنی دز حجم

۳- بحث

بطور کلی در طراحی درمان سه بعدی اولین گام بررسی هدف و مجاورت آن در سه محور عمود برهم می‌باشد. در این تحقیق با بررسی هدف در امتداد محور طولی بدن عمده‌ترین برداشت برای انتخاب نواحی قوس‌های تابشی صورت گرفت. آنچه که ما بر آن تأکید داریم آنست که با انتخاب مناسب قوس‌ها در چهار ربع قدامی راست و چپ و خلفی راست و چپ قدم اصلی در طراحی

جدول۶ Setup Data در درمان با سه ایزوسنتر

ایزوسنتر	قوس	کولیماتور (mm)	کولیماتور اولیه	زاویه تخت	شروع گنتری	پایان گنتری	وزن
۱	۱	۲۵	٦۰×٦۰	۳۲۰	۳۰۰	۳٦۰	۱۰۰
۱	۲	۲۵	٦۰×٦۰	۳٦۰	۳۰۰	۳٦۰	۱۰۰
۲	۳	۲۰	٦۰×٦۰	۳۲۰	۲۰۰	۲٦۰	۱۲۰
۲	٤	۲۰	٦۰×٦۰	۳٦۰	۲۰۰	۲٦۰	۱۲۰
۳	۵	۱۵	٦۰×٦۰	۰	٤۰	۱۲۰	۱۵۰
۳	٦	۱۵	٦۰×٦۰	٤۰	٤۰	۱۲۰	۱۵۰

SID.ir

Archive of SID

جدول۷ Setup Data در درمان با چهار ایزوسنتر

ایزوسنتر	قوس	کولیماتور (mm)	کولیماتور اولیه	زاویه تخت	شروع گنتری	پایان گنتری	وزن
۱	۱	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۰	۴۰	۷۰	۱۰۰
۱	۲	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۱۰	۴۰	۷۰	۱۰۰
۱	۳	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۳۵۰	۱۸۰	۲۵۰	۱۰۰
۱	۴	۱۷/۵	۶۰×۶۰	۳۶۰	۱۸۰	۲۵۰	۱۰۰
۲	۵	۲۰	۶۰×۶۰	۰	۴۰	۷۰	۱۰۰
۲	۶	۲۰	۶۰×۶۰	۱۰	۴۰	۷۰	۱۰۰
۲	۷	۲۰	۶۰×۶۰	۳۵۰	۱۸۰	۲۵۰	۱۰۰
۲	۸	۲۰	۶۰×۶۰	۳۶۰	۱۸۰	۲۵۰	۱۰۰
۳	۹	۱۵	۶۰×۶۰	۳۲۰	۱۸۰	۲۷۰	۱۰۰
۳	۱۰	۱۵	۶۰×۶۰	۳۲۰	۲۷۰	۳۶۰	۱۰۰
۳	۱۱	۱۵	۶۰×۶۰	۳۶۰	۱۸۰	۲۷۰	۱۰۰
۳	۱۲	۱۵	۶۰×۶۰	۳۶۰	۱۷۰	۳۶۰	۱۰۰
۴	۱۳	۱۲/۵	۶۰×۶۰	۳۲۰	۱۸۰	۲۲۰	۱۰۰
۴	۱۴	۱۲/۵	۶۰×۶۰	۳۴۰	۱۸۰	۲۲۰	۱۰۰

درمان برداشته شده است. آنچه می‌ماند تغییرات ظریفی است که باید در منحنی‌های ایزودز داد تا پوشش مناسب داده شود. بعنوان مثال در مورد ضایعه‌ای که روی خط وسط مغز در امتداد محور قدامی خلفی قرار گرفته است براحتی می‌توان با انتخاب قوس‌های قدامی و خلفی و حذف قوس‌های مرکز این کار را انجام داد.

نزدیک یا دور بودن قوس‌ها به صفحه عرضی و ساجیتال بر عمق تحت پوشش منحنی ایزودز مرجع تأثیر می‌گذارد. بررسی هدف در امتداد محور عرضی بر انتخاب زاویه‌های شروع و پایان گنتری تأثیر می‌گذارد و بعلاوه به کمک آن براحتی می‌توان چشم و عصب اپتیک را از تابش اضافی مصون داشت و بالاخره بررسی هدف در امتداد محور قدامی خلفی سر به انتخاب نواحی قوس کمک می‌کند. بررسی در این امتداد وسعت قوس‌های مورد انتخاب را از صفحه عرضی تا ساجیتال تعیین می‌کند. الگوریتم ما در طراحی درمان با چند ایزوسنتر مبتنی بر عدم برخورد و تداخل قوس‌ها از ایزوسنترهای مختلف است. براحتی می‌توان با رعایت این نکته قسمت عمده راه در طراحی درمان را طی کرد.

در مورد ایزوسنتر تحتانی و در مورد قوس‌های مقابل هم با حذف قوس‌های خلفی در مورد ایزوسنتر جلویی و قوس‌های جلویی در مورد ایزوسنتر خلفی می توان به این مهم دست یازید.

عامل مهم در طراحی درمان در نظر گرفتن حداقلMU/degree قابل انجام به وسیله شتابدهنده است در غیر اینصورت پیاده کردن طراحی درمان عملی نخواهد بود. حداکثرMU/degree مانعی در انجام درمان ایجاد نخواهد کرد. چرا که با توزیع MU تعیین شده برای یک قوس در چندین قوس به طور مساوی یا غیرمساوی می توان درمان را اجرا کرد.

عامل مهم بعدی در طراحی درمان با چند ایزوسنتر وزن هر یک از قوس‌هاست که ما در الگوریتم خود از آن در تنظیمات ظریف منحنی‌های ایزودز استفاده کرده‌ایم و بالاخره فاصله بین ایزوسنترها عاملی است که باید بسیار به آن دقت کرد. دور بودن ایزوسنترها ایجاد فرورفتگی در منحنی‌های ایزودز در فاصله بین ایزوسنترها و نزدیکی بیش از حد آن‌ها ایجاد نقاط داغ می‌کند. در این مورد از روش سعی و خطا برای انتخاب فاصله بین ایزوسنتر مناسب استفاده گردید. طراحی درمان سه بعدی بدون در دست داشتن ابزارهایی مانند منحنی دز حجم قابل ارزیابی و قابلیتBEV قابل انجام نیست. کاملاً قابل درک است که برای همه موارد درمانی نمی‌توان از یک شاخص جهت تأیید یا عدم تأیید یک طرح درمانی استفاده کرد. هرگز نمی‌توان یک طرح درمان با چند ایزوسنتر را همانند درمان با یک ایزوسنتر ارزیابی کرد چرا که در مورد اول حتی پوشش هدف با منحنی‌های ۵۰٪ می‌تواند یک طرح موفق محسوب شود و در مورد دوم حداقل پوشش باید با منحنی‌های ۸۰٪ صورت گیرد.

همچنین سابقه رادیوتراپی بیمار و مجاورت هدف با نواحی بحرانی می‌تواند در تصمیم گیری برای انتخاب دز قابل تحمل اندام بحرانی تأثیر بگذارد. با توجه به آنکه از عامل سلیقه رادیوتراپیست نمی‌توان صرف نظر کرد.

در پایان بر این نکته تأکید می‌شود علیرغم آنکه نرم افزارهای

www.SID.ir

Archive of SID

طراحی درمان سه بعدی بطور کامل در تصور سه بعدی لایه‌های ایزودز و نیز انتخاب قوس‌ها توسط متخصص فیزیک پزشکی کمک مؤثری هستند با اینحال وی باید کاملاً از تصویرسازی سه بعدی ذهنی خوبی برخوردار باشد.

تقدیر و تشکر

در انجام کار از همکاری بی‌دریغ بخش‌های رادیوتراپی بیمارستان سانتاماریای ترنی و پلی کلینیک مونتزای میلان بهره‌برده شد. بدین وسیله از آقایان دکتر مارکوایتالیانی۱، مارکوماپلی۲، ارنستومارانتزانو۳ و آلبرتو گرامالیا۴ تشکر می‌شود.

منابع

1. Leksell L. The stereotactic method and radiosurgery of the brain. Acta Chir Scand 1951; 182: 1222-1223.

2. Friedman WA, Bova FJ. Linac radiosurgery for arteriovenous mal formations. J Neurosurg. 1992; 77: 832-841.

3. Mendenhall WM, Friedman WA, Bova FJ. Linear accelerator-based stereotactic radiosurgery for acoustic schwannomas. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1994; 28: 803-810

4. Kooy HM, Nedzi LA, Loeffler JS. Treatment planning for stereotactic radiosurgery of intracranial lesions. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1991; 21: 683-693.

5. Meeks SL, Buatti JM, Bova FJ, Freidman WA. Treatment planning optimization for Linear accelerator radiosurgery. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1998; 41: 183-197.

6. Nedzi LA, Kooy H, Alexander E, Gelman RS, Loefflar JS. Variables associated with the development of complications from radiosurgery of intracranial tumors. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1991; 21: 591-599.

7. Chen GTY. Dose volume historgrams in treatment planning Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1988; 14: 1319-1320.

8. Goitein M, Abrams M, Rowell D, Pollari H, Wiles J. Multimedical treatment planning II Beam's eye view. Back projection and projection through CT sections. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1983; 9: 789-797.

9. Lam CF, Zhu JG, and Fenn JO, Jenrette JM. Treatment planning optimization for multiple arcs stereotactic radiosurgery using a linear accelerator. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1995; 33(3): 647-657.

10. Luxton G, Jozef G. Single isocenter treatment planning for homogeneous dose delivery to non-spherical targets in multi arc linear accelerator radiosurgery. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1995; 31(3): 635-643.

SID.ir