



معاونت درمان

شناسنامه و استاندارد خدمت

رادیوتراپی به روش SBRT - SRS

پاییز ۱۴۰۲

تدوین و تنظیم (به ترتیب حروف الفبا):

دکتر محمود رضا آقامیری

دکتر سید کاظم انوری

دکتر سید سعید انوری

دکتر محمد بابایی

دکتر محمدعلی برومند

دکتر سید حسن حامدی

دکتر زهرا سیاوش پور

دکتر محدثه شاهین

دکتر سودابه شهید ثالث

دکتر محمدرضا صالح پورافشار

دکتر مهدی عقیلی

دکتر حمید غلامحسینیان

دکتر پدram فدوی

مهندس فرشاد قاسمی

دکتر علی کتابی

دکتر غزاله گرائیلی

دکتر بهرام مفید

دکتر داریوش مسلمی

دکتر سید ربیع مهدوی

دکتر محمدامین مصلح شیرازی

دکتر محمد محمدی

دکتر لیلا مودب شعار

دکتر محمد صالح صندوق داران

دکتر حمید نصرالهی

دکتر صفورا نیک زاد

دکتر محمد هوشیاری

با همکاری:

مرکز مدیریت پیوند و درمان بیماری های معاونت درمان

و سازمان انرژی اتمی ایران

تاییدیه نهایی:

جناب آقای دکتر فرهان دبیر محترم بورد رشته تخصصی رادیوانکولوژی

مشاور: دکتر ساناز بخشنده رییس گروه تدوین استاندارد و راهنمای بالینی معاونت درمان

تحت نظارت فنی:

گروه تدوین استاندارد و راهنمای بالینی

دفتر ارزیابی فناوری، تدوین استاندارد و تعرفه سلامت

## مقدمه

پرتودرمانی یکی از روش‌های موثر در درمان سرطان است که طی آن از دوز بالایی از پرتوهای یونیزان به منظور از بین بردن سلول‌های سرطانی و کوچک نمودن توده سرطانی استفاده می‌شود. پرتودرمانی به تنهایی یا به همراه سایر روش‌های درمان سرطان مانند جراحی و شیمی درمانی برای بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع پرتودهی به نوع تومور، تحمل بافت‌های سالم اطراف آن، مسافتی که پرتو باید در داخل بدن طی کند، سلامت عمومی بیمار، تاریخچه بیماری و اینکه آیا بیمار از روش‌های دیگر درمان استفاده خواهد کرد یا نه، و مجموعه‌ای عوامل دیگر بستگی دارد. مهمترین هدف پرتودرمانی؛ بالا بردن اثربخشی درمان با رساندن بیشینه دوز اشعه به بافت سرطانی و حفظ بافتهای سالم است.

هنگامی که این روش به جای مغز بر روی بدن انجام می‌شود، رادیوتراپی استرئوتاکتیک بدن (SBRT)<sup>۱</sup> یا رادیوتراپی استرئوتاکتیک ریشه‌کن‌کننده<sup>۲</sup> (SABR) نامیده می‌شود. SBRT یک روش رادیوتراپی مدرن است که از جمله مزایای آن می‌توان به رساندن دوز بالای اشعه با دقت بسیار زیاد طی تعداد جلسات کم به یک هدف در بدن بدون افزایش عوارض و مورتالیتی اشاره کرد که به لحاظ رادیوبیولوژیکی به ویژه در تومورهای غیرحساس به اشعه به روش‌های متداول رادیوتراپی برتری دارد؛ به علاوه دوز رسیده به بافت‌های نرمال اطراف را کاهش می‌دهد و برای درمان ضایعات قسمت‌های مختلفی از بدن از جمله مغز، شکم، کبد، ریه، گردن، پانکراس، کلیه و پروستات استفاده می‌شود. در این روش از بسیاری از باریکه‌های متمرکز و دقیق پرتو برای درمان تومورها و سایر مشکلات در سراسر بدن استفاده می‌شود. هنگامی که هدف درمان ضایعات مغزی و قاعده جمجمه باشد اختصاصاً به این تکنیک درمانی رادیوسرجری استرئوتاکتیک<sup>۳</sup> (SRS) گفته می‌شود.

هدف از استاندارد حاضر بیان خلاصه‌ای از تعاریف مرسوم و روندهای طی شده به منظور استفاده از این تکنیک درمانی، ذکر کدها و تعرفه‌های خدمت تعریف شده در آن، ذکر فرایندهای و ابزارهای مورد نیاز و کادر درمانی لازم جهت انجام بهینه این تکنیک و همچنین تست‌های کنترل کیفی به منظور حصول اطمینان از دقت و صحت روند درمان طی این فرایندها به طور خلاصه می‌باشد.

نکته: سند حاضر مشمول درمان‌های رادیوتراپی استرئوتاکتیک به کمک پرتوهای گاما (مانند استفاده از سیستم گامانایف) نمی‌باشد.

---

<sup>۱</sup> Stereotactic body radiotherapy

<sup>۲</sup> Stereotactic ablative radiotherapy

<sup>۳</sup> Stereotactic radiosurgery

## تعاریف:

### درمان رادیوتراپی با تکنیک استرئوتاکتیک<sup>۱</sup>

درمان رادیوتراپی با تکنیک استرئوتاکتیک یک مدالیته درمان است که در کنار تجویز دوزهای بسیار بالا و دقیق پرتوهای یونیزان خارجی، درجه بالایی از دقت در هدف‌گذاری آناتومیک و تکرارپذیری را فراهم می‌آورد. هدف درمانی SBRT به حداکثر رساندن خاصیت کشندگی اشعه بر روی سلول‌های هدف و در عین حال به حداقل رساندن آسیب‌های مرتبط با اشعه در بافت‌های سالم اطراف است.

صفت "استرئوتاکتیک" پروسجری را توصیف می‌کند که در طول آن، ضایعه هدف نسبت به یک سیستم مرجع سه بعدی شناخته شده لوکالیزه می‌شود و امکان درمان با دقت بالای آناتومیک را فراهم می‌کند. نمونه‌های دستگاه‌های مورد استفاده در درمان‌های استرئوتاکتیک از قدیم شامل استفاده از یک فریم یا چارچوب مرجع خارجی به همراه نشانگرهای مرجع خارجی بوده است که بیمار به طور امن داخل آن قرار می‌گیرد. همچنین می‌توان از یک سری از مارکرهای<sup>۲</sup> کاشته شده در بدن که در تصاویر kVCT/MVCT قابل رویت هستند به منظور تعیین و تایید موقعیت تومور، بلافاصله قبل از شروع درمان، استفاده کرد. به کار بردن سیستم‌های ثابت نگهدارنده ویژه (از جمله فیکساتور یا بالون رکتال) روش غالب در این نوع درمان‌ها می‌باشد.

### رادیوسرجری استرئوتاکتیک (SRS)

رادیوسرجری استرئوتاکتیک<sup>۳</sup> (SRS) مفهومی مشابه با SBRT دارد که به درمان با هدایت استرئوتاکتیک برای اهداف و تارگت‌های اینتراکرنیال و تومورهای نزدیک قاعده جمجمه اطلاق می‌شود.

### رادیوتراپی استرئوتاکتیک چندجلسه‌ای<sup>۴</sup> (FSRT)

رادیوتراپی استرئوتاکتیک مغزی می‌تواند در چندین جلسه انجام شود که با نام رادیوتراپی استرئوتاکتیک چند جلسه‌ای (FSRT) شناخته می‌شود.

---

<sup>۱</sup> Stereotactic radiation therapy

<sup>۲</sup> Fiducial

<sup>۳</sup> Stereotactic radiosurgery

<sup>۴</sup> Fractionated stereotactic radiotherapy

## رادیوتراپی استرئوتاکتیک ریشه‌کن کننده (SABR) یا رادیوتراپی بدن استرئوتاکتیک (SBRT)

در رادیوتراپی استرئوتاکتیک ریشه‌کن کننده (SABR)<sup>۱</sup> یا رادیوتراپی استرئوتاکتیک بدن (SBRT)<sup>۲</sup> اهداف خارج از مغز در یک تا معمولاً ۵ جلسه درمان می‌شوند. در استاندارد حاضر تعاریف SABR و SBRT مشابه در نظر گرفته شده که هر دو در مقایسه با پرتودرمانی مرسوم دارای ویژگی‌های زیر می‌باشند:

- رساندن دوز هدایت‌شده با کمک تصویر به هدف درمان با دقت بالا
- دوز بسیار منطبق (conformal) با شیب دوز تند و بالا
- دوزهای تجویزی بزرگتر در هر جلسه درمانی (معمولاً  $8 \leq$  گری در هر جلسه)
- تعداد جلسات درمانی کمتر (معمولاً ۱-۵ جلسه)
- مدیریت حرکت حین درمان<sup>۳</sup> در صورت لزوم.

## الف) عنوان دقیق خدمت مورد بررسی (فارسی و لاتین) به همراه کد ملی:

### درمان رادیوتراپی با تکنیک SBRT

این خدمت شامل مجموعه خدمات زیر می‌باشد:

- کد خدمت ۷۰۵۶۲۰: انجام درمان رادیوتراپی به روش استرئوتاکتیک به ازای هر جلسه درمان تبصره: در خصوص درمان در نواحی سیستم اعصاب مرکزی شامل مغز و نخاع، ضایعات ستون فقرات شامل مهره‌های گردنی و مهره‌های توراسیک و مهره‌های کمری، ضایعات در ریه راست و ریه چپ، در صورت نیاز به کانتورینگ مجزا، حجم هدف و طراحی درمان با ایزوسنترهای متفاوت، کد خدمت ۷۰۵۶۲۰ می‌تواند جداگانه گزارش شود.
- کد خدمت ۷۰۵۲۹۰: مدیریت درمان رادیوتراپی پیش از شروع درمان
- کد خدمت ۷۰۵۲۹۵: مدیریت درمان رادیوتراپی هنگام درمان به ازای هر ۵ جلسه تبصره: کد خدمت ۷۰۵۲۹۵ به ازای هر جلسه درمانی و برای درمان هر ارگان مستقل می‌تواند به طور جداگانه گزارش شود.

<sup>1</sup> Stereotactic ablative radiotherapy

<sup>2</sup> Stereotactic body radiotherapy

<sup>3</sup> Intra-fraction motion management

## ب) تعریف و تشریح خدمت مورد بررسی :

انجام درمان‌های رادیوتراپی دارای چند مرحله اساسی است که این مراحل در درمان‌های کانفورمال و تکنیک‌های تحویل دوز مدرن نظیر IMRT و VMAT و تکنیک‌های درمانی چون SBRT و SRS مشترک می‌باشند.

در ادامه فلوجارت انجام خدمت رادیوتراپی به روش SBRT آورده شده است.

### فلوجارت انجام خدمت رادیوتراپی به روش SBRT

#### تیم SBRT گروه رادیوانکولوژی

- تجهیزات: شتابدهنده خطی با قابلیت تصویربرداری در اتاق، CT و یا MRI سیمولیشن
- پروتکل تدوین شده

#### سیمولیشن و طراحی درمان

- 4D-CT
- استراتژی مدیریت حرکت بر اساس ITV
- بی حرکت سازی
- پروتکل‌های تدوین شده برای مانورهای پیش از درمان نظیر پر بودن مثانه
- سایر تصویربرداری نظیر CT‌های دیگر، MRI، PET برای تعیین حجم
- Peer review

مشاوره با فیزیسیست مربوطه

#### ارزیابی‌های پیش از درمان برای مدیریت علایم حیاتی، درد و ...

- در نظر گرفتن معیارهای درمانی جهت راحتی بیمار حین درمان

#### انجام پرتودرمانی

- تصویربرداری روزانه قبل از هر جلسه
- نظارت دقیق توسط رادیوانکولوژیست و فیزیسیست بر اساس گایدلاین‌های هر مرکز

#### پیگیری

- ارزیابی نتایج درمان با پیگیری برنامه ریزی شده





## سیمولاتور با سایر روش‌های تصویربرداری برای دوره کامل رادیوتراپی

فرآیند ست-آپ بیمار بر روی تخت سیمولاتور با استفاده از لیزرهای اتاق سیمولاتور و تجهیزات بی‌حرکت‌سازی مخصوص این روش درمانی، مارکرگذاری و تهیه تصاویر از ناحیه درمان با Field Of View (FOV) مناسب را سیمولیشن<sup>۱</sup> می‌نامند.

به منظور تهیه طرح درمان تکرارپذیر، قرار گرفتن بیمار در موقعیت خاص و تعیین دقیق محل ضایعه و ارگان‌های سالم، از ارکان اساسی روند درمانی است. سی‌تی اسکن‌ها به منظور هدایت درمان‌های رادیوتراپی، استفاده می‌شوند. جهت استفاده از سی‌تی اسکن به عنوان سی‌تی شبیه‌ساز<sup>۲</sup> یا سیمولاتور در رادیوتراپی باید نحوه قرارگیری بیمار بر روی تخت سی‌تی اسکن مشابه با شرایط حین درمان رادیوتراپی باشد.

طول معمول یک اسکن باید حداقل ۵ تا ۱۰ سانتی متر بالا و پایین حدود میدان درمان ادامه پیدا کند. برای درمان باریکه‌های غیر هم صفحه<sup>۳</sup> طول اسکن باید ۱۵ سانتی متر بالا و پایین هدف را پوشش دهد تا امکان مدل کردن حدود آناتومی را میسر کند.

تصویر سی‌تی گرفته شده به منظور طراحی درمان باید در برگیرنده هدف و تمام ارگان‌های در معرض خطر مرتبط باشد تا در نهایت بتوان به منظور ارزیابی طراحی درمان پارامترهای هیستوگرام دوز-حجم آن ارگان‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گیرند. در نتیجه، به صورت کلی می‌توان گفت که بهتر است حدود تصویر و اسکن جهت طراحی درمان حدوداً ۱۵ سانتی متر بیشتر از حدود میدان درمان گسترش پیدا کند. برای تکنیک درمان غیر هم صفحه، ممکن است لازم باشد طول اسکن بیشتر گسترش پیدا کند تا به طور کامل مسیر عبور باریکه و دوز پراکنده ناشی از آن را مدل‌سازی کند و از مسیر ورودی و مسیر خروجی هر باریکه فراتر برود.

متغیرهای اسکن مانند ضخامت مقطع، فاصله بین مقاطع و زمان اسکن به ازای هر بار گردش و سکانس‌های انتخابی (در مورد تصاویر MRI) باید طبق استانداردهای تعریف شده انتخاب شوند. در مورد Field of View و ابعاد سه بعدی تصویر (CT-Simulation) نوع ارگان‌های سالم و هدف از نظر سری و موازی بودن نیز مورد توجه می‌باشد.

برای مصارف SBRT، ضخامت مقطع ۱ تا حداکثر ۳ میلی‌متر در طول محل تومور برای بیشتر موارد بالینی توصیه می‌شود. برای مصارف SRS ضخامت مقطع نباید بیشتر از ۱،۲۵ میلی‌متر باشد و در عین حال شامل تمام نواحی آناتومی لازم و سخت افزارهای بی‌حرکت‌سازی مورد استفاده در میدان دید شود.

---

<sup>۱</sup> Simulation

<sup>۲</sup> CT simulator

<sup>۳</sup> Non-coplanar

**نکته:** در کلیه مراکز ارائه کننده درمان‌های پیشرفته مانند SBRT و SRS، استفاده از سی تی سیمولاتور جهت طراحی درمان توصیه می شود.

در صورت استفاده از سی تی اسکن تشخیصی جهت سیمولیشن رعایت موارد و شرایط زیر الزامی است:

#### دستگاه سی تی اسکن تشخیصی:

- استفاده از سی تی اسکن تشخیصی موجود در همان مرکز
- سایز گانتری سی تی تشخیصی ۷۰ تا ۸۵ سانتی متر

#### ملزومات تخت استاندارد:

- تهیه تخت با شرایط زیر:

- ✓ Couch top فیبروکربن و صاف، یکسان با تخت دستگاه رادیوتراپی
- ✓ Couch top دارای قابلیت نصب بر روی تخت سی تی جهت حصول اطمینان از صحت و دقت موقعیت مکانی حین قرار گیری بیمار و ابزار فیکسیشن
- ✓ دارای ایندکس های منطبق با ابزار فیکسیشن موجود در مرکز جهت نصب مطمئن و تکرارپذیر این ابزار

#### لیزر:

تهیه و نصب لیزر اکسترنال متحرک (یک لیزر متحرک Sagittal و دو لیزر متحرک Lateral به صورت Cross) لیزرهای مذکور باید تولید یک شرکت معتبر داخلی و یا خارجی بوده و خدمات نصب راه اندازی و پشتیبانی لیزرها باید فراهم و مورد تایید سازمان انرژی اتمی باشند. همچنین ملزومات و تجهیزات تضمین کیفیت باید همراه لیزر ها تهیه و در مرکز موجود باشد.

#### کنترل کیفی:

برای کلیه سی تی سیمولاتورها و سی تی اسکن های تشخیصی مورد استفاده در سیمولیشن باید شرایط QA زیر وجود داشته باشد:

در صورت استفاده از سی تی اسکن تشخیصی موجود در بخش تصویربرداری مرکز، کنترل کیفی دستگاه و روند سیمولیشن باید طبق استانداردهای بین المللی (از جمله موارد ذکر شده در گزارش AAPM TG-66) توسط تیم درمان رادیوتراپی انجام شده و به صورت مستند و مکتوب نتایج آن در بخش رادیوتراپی موجود باشد. انجام این تست‌های دوره ای و مسئولیت تعمیر و

نگهداری سخت افزارهای ویژه سیمولیشن از جمله تخت و لیزرهای اکسترنال نصب شده بر عهده بخش رادیوتراپی است. ملزومات و تجهیزات تضمین کیفیت این سیستم باید همراه با لیزرها تهیه و در مرکز موجود باشند.

تبصره ۱: تمام مراکز تازه تاسیس که بعد از بهمن ۱۴۰۲ به بهره برداری می رسند، برای انجام درمان رادیوتراپی SRS/SBRT موظف اند مرکز خود را به سی تی سیمولاتور اختصاصی بخش با سایز گانتری بالای ۸۰ سانتی متر مجهز نمایند.

تبصره ۲: انجام به موقع و صحیح آزمون ها و ارزیابی نتایج آزمون های QA سی تی سیمولاتور یا سیمولیشن با سی تی تشخیصی صورت پذیرفته و علاوه بر آزمون های مربوط به کیفیت تصویر، دوز تصویربرداری و کالیبراسیون عدد سی تی که به طور روتین برای اسکنرهای تشخیصی باید انجام شود، آزمون های هندسی و مکانیکال مربوط به اسکنر و تصاویر آن که در پرتودرمانی حائز اهمیت هستند باید توسط (یا حداقل با نظارت مستقیم) فیزیسیست پرتودرمانی انجام پذیرد.

تبصره ۳: رعایت موارد زیر به هنگام انجام سی تی سیمولیشن از بیماری که قرار است درمان SRS/SBRT بگیرد، الزامی است:

- حضور فیزیسیست یا کارشناس رادیوتراپی در حین فیکسیشن و سیمولیشن بیمار
- حداکثر فاصله زمانی ۲ هفته ای بین سی تی سیمولیشن و شروع درمان بیمار

### انجام درمان رادیوتراپی به روش استریوتاکتیک به ازای هر جلسه درمان

#### توصیه ها:

- طراحی برای هرناحیه درمان باید همراه با تکنیک های بی حرکت سازی قابل تکرار باشد.
- مدیریت حرکت تنفسی در نواحی داخل توراسیک و شکمی باید لحاظ شود. بدین منظور حداقل یک روش از پنج روش مدیریت حرکت در گزارش AAPM Task Group شماره ۷۶ و ۹۱ برای این نوع درمان به کار گرفته می شود.
- ضروری است یک برنامه QA منطبق با توصیه های TG-۷۶ و TG-۹۱ وجود داشته باشد که شامل یک فلوجارت برای ارزیابی و مدیریت حرکت تنفسی است.
- استفاده از تشکچه های خلا<sup>۱</sup> به منظور استفاده در درمان SBRT توده های ریه، کبد و ستون فقرات توصیه می شوند.
- در درمان های SBRT تومورهای متحرک از جمله توده های ریه، کبد، کلیه و پانکراس ضروری است جهت کنترل، ردیابی، یا کاهش حرکت حجم هدف درمانی و بافت های سالم اطراف، از روش های motion management همانند

---

<sup>۱</sup> Vacuum bag

گرفتن تصاویر فلوروسکوپی kV یا روش‌های surface guided radiotherapy، یا استفاده از تصاویر سه فاز تنفسی یا انجام 4DCT، و یا بهره‌گیری از تکنیک DIBH استفاده شود.

■ ضروری است اقدامات لازم جهت کاهش یا کنترل حرکت حجم هدف درمانی به منظور دستیابی به کاهش دامنه حرکتی با بیشینه ۱۰ میلی‌متر برای ریه و بیشینه ۵ میلی‌متر برای توده‌های کبد یا شکمی، باید انجام شود.

### مدیریت درمان رادیوتراپی پیش از شروع درمان

پیش از شروع درمان ارزیابی‌های کامل بیمار توسط پزشک درمانگر صورت می‌پذیرد.

### مدیریت درمان رادیوتراپی هنگام درمان به ازای هر ۵ جلسه

### کانتورینگ ارگان در معرض خطر برای دوره کامل رادیوتراپی

جهت درمان دقیق در رادیوتراپی، نیاز به مشخص کردن دقیق ارگان‌های در خطر و حجم‌های درمان بر روی تصاویر سی‌تی اسکن است که این عمل کانتورینگ نامیده می‌شود. ارگان‌های در خطر، ارگان‌هایی هستند که در اطراف بافت تومورال قرار دارند و با دوزی که به تومور تجویز می‌شود، امکان ایجاد سمیت غیرقابل قبول برای آنها وجود دارد. جهت مشخص کردن ارگان‌های در خطر و حجم‌های درمان می‌توان از تصاویر کمکی مانند MRI، PET یا تصاویر قبلی بیمار استفاده کرد. کانتور ناصحیح در طراحی درمان معکوس سبب دشواری و ایجاد خطا در طراحی درمان و بهینه‌سازی آن می‌گردد. استانداردهای کانتور ارگان‌های در خطر طبق آخرین راهنمای ASTRO توصیه می‌شود (پیوست شماره ۱). استانداردهای این ارگان‌ها از خطاهای احتمالی جلوگیری کرده و سبب افزایش کیفیت درمان می‌شود. در موارد خاص که در اثر تغییرات زیاد آناتومی نیاز به انجام سیمولیشن مجدد باشد، با تشخیص پزشک مربوطه کانتورینگ برای بار دوم نیز می‌تواند انجام گیرد.

کانتورینگ یا تعیین موقعیت بافت یا ارگان هدف و ساختارهای حساس یک فرآیند چند مرحله‌ای است:

a. متخصص رادیوآنکولوژی (رادیوتراپی) تصاویر سه بعدی را بازبینی می‌کند و هدف درمان را در هر مقطع از مجموعه تصاویر مشخص می‌کند. مجموع این کانتورها حجم اولیه تومور (GTV) را مشخص می‌کند. برای مجموعه تصاویر چندتایی، پزشک ممکن است GTV ها یا CTV های (برای توده‌های rigid) مجزا را روی هر مجموعه تصویر برای احتساب تاثیر حرکت ارگان طبیعی بر اساس محل و شکل هدف مشخص کند. بعضی بیماران اگر قبلاً با جراحی یا شیمی درمانی درمان شده‌اند ممکن است GTV نداشته باشند، در این صورت طراحی درمان بر اساس CTV طبق توصیفات زیر است.

b. متخصص رادیوآنکولوژی (رادیوتراپی) یک حاشیه اطراف GTV برای ایجاد حجم هدف بالینی (CTV) طراحی می‌کند که مناطق در خطر برای بیماری میکروسکوپی (به عبارت دیگر، غیرقابل رویت در بررسی‌های تصویربرداری) را شامل می‌شود.

CTV های دیگر ممکن است بر اساس حجم تخمینی بیماری باقیمانده باشد. برای چندین مجموعه تصاویر، پزشک ممکن است این حاشیه را اطراف یک حجم تجمیع شده شامل تمام GTV های مجموعه تصاویر برای ایجاد یک CTV بر اساس حرکت ارگان یا حجم هدف داخلی (ITV)، طراحی کند.

c. برای محاسبه تفاوت قرارگیری روزانه بیمار و با حرکت ارگان یا خطای سیستماتیک و تصادفی در نظر گرفتن یک حاشیه یا مارجین برای ایجاد حجم هدف طراحی درمان (PTV) ضروری است.

d. ساختارهای طبیعی نزدیک که ممکن است به طور بالقوه در اثر اشعه آسیب ببینند (به عبارت دیگر، "ارگان های در معرض خطر" یا OARها) باید کانتور شوند.

### طراحی درمان برای یک ناحیه درمان با استفاده از یک فیلد پیچیده برای دوره کامل رادیوتراپی :

پس از انجام سی تی اسکن، تصاویر سی تی و در صورت نیاز تصاویر سایر مدالیته های درمانی نظیر MRI، PET به منظور کمک به تعیین حجم هدف به نرم افزار طراحی درمان وارد شده و طرح درمان پس از مرحله تعیین حجم هدف و بافت های سالم توسط پزشک، توسط فیزیسیست و پزشک تهیه می گردد. طراحی درمان برای SBRT معمولاً به روش بهینه سازی معکوس انجام می شود. مانند سایر روش های طراحی درمان، طراحی درمان SBRT، اندازه (های) میدان، زاویه های گانتری و دیگر مشخصات باریکه را برای رسیدن به توزیع دوز اشعه مطلوب تعیین می کند. طراحی های درمان SBRT بسیار منطبق بر حجم (های) هدف است و ممکن است از نظر هندسی دقیق تر از طراحی های درمان باریکه خارجی رایج fractionated باشد. الگوریتم های محاسبه دوز در برنامه های طراحی درمان به سه دسته عمده تقسیم می شوند:

۱- الگوریتم های مبتنی بر تصحیح

۲- الگوریتم های مبتنی بر مدل

۳- الگوریتم های مونت کارلو

به منظور انجام محاسبات دوزیمتری برای درمان های SBRT، سامانه طراحی درمان باید حداقل مجهز به الگوریتم های مبتنی بر مدل بوده و به تایید سازمان انرژی اتمی رسیده باشد.

سایزگرید محاسباتی: SBRT معمولاً شامل گرادیان های با دوز بسیار بالا در نزدیکی مرز هدف است و اغلب از تکنیک های تحویل دوز IMRT و VMAT برای انجام آن استفاده می شود. بر اساس TG-101 استفاده از گرید (شبه) محاسباتی ۲ میلی متر یا کوچک تر ضروری است و استفاده از اندازه های شبکه بزرگتر از ۲ میلی متر برای SBRT ممنوع است.

استفاده از تکنیک های تحویل دوز VMAT، IMRT به کمک دستگاه های شتابدهنده C-arm یا Helical و شتابدهنده روباتیک همگی در صورت مجهز بودن به امکانات و پیش فرض های ذکر شده در استاندارد موجود برای ارائه درمان های SBRT و SRS قابل قبول است.

**نکته:** در مورد الگوریتم‌های محاسباتی موجود استفاده از الگوریتم‌های نوع B یا برپایه مونت کارلو برای بیماران ریوی اجباری بوده و برای سایر اندیکاسیون‌ها نیز استفاده از آنها ترجیح داده می‌شود. رزولوشن گرید محاسباتی برای مرحله نهایی محاسبه دوز باید کوچکتر یا مساوی 2 mm باشد.

تنظیمات و ستینگ نرم افزار طراحی درمان باید برای پلن‌های SBRT راستی آزمایی شده و دقت و صحت محاسبات آنان باید اندازه‌گیری و بررسی گردد:

- انتخاب رزولوشن گرید محاسباتی اهمیت زیادی داشته به طوری که برای گزارش صحیح دوز رسیده حجم هدف و OAR ها (مانند نخاع) انتخاب رزولوشن گرید محاسباتی با سایز 2,5 mm و 1 mm تاثیر معناداری بر روی مقدار پارامترهای DVH (به طور ویژه D0.1cc) داشته است.
  - رزولوشن محاسباتی برای درمان‌های کمان<sup>۱</sup> و دورانی باید حداکثر 2 درجه باشد: تاثیر رزولوشن زاویه‌ای<sup>۲</sup> برای درمان‌های کمانی و دورانی باید بررسی و ارزیابی شود. به طور مثال نتایج مطالعات دوزیمتریک نشان داده است که صحت محاسباتی با رزولوشن 2 درجه به طور معناداری نسبت به محاسبات با رزولوشن زاویه ای 4 درجه بیشتر است.
  - باید صحت بخش‌بندی<sup>۳</sup> در فیلد کوچک توسط الگوریتم سیستم طراحی درمان اطمینان حاصل شود. در SABR عموماً اهداف کوچک را با درجه مدولاسیون بالاتر نسبت به درمان‌های استاندارد درمان می‌کنند. این امر ممکن است منجر به دستیابی به فیلدهای درمانی‌ای شود که در آن نسبت بیشتری از دوز از طریق سگمان‌ها و فیلدهای کوچک‌تری نسبت به فیلدهایی شود که دستگاه برای آن کامیون شده باشند. مراکز هر کدام موظف هستند که به طور مستقل و جداگانه نسبت به صحت دوزیمتری میدان‌های کوچک خود اطمینان حاصل کنند.
  - اطلاع داشتن از محدودیت‌های مدولاسیون باریکه پرتویی نیز اهمیت زیادی دارد. سیستم‌های طراحی درمان مختلف روش‌های متفاوتی برای رسیدن به مدولاسیون بهینه دارند. در صورت تغییر سیستم طراحی درمان باید این مسئله مدنظر قرار گرفته و QA و کامیون مجدد انجام گیرد.
- انرژی پرتو و نرخ دوز: به طور کلی، در درمان‌های SBRT و SRS استفاده از تکنیک FFF<sup>۴</sup> برای به حداقل رساندن زمان درمان و متعاقباً کاهش خطر حرکت حین درمان بیمار توصیه می‌شود. اعتبار سنجی دوزیمتریک (و بررسی کیفیت طراحی درمان) به منظور استفاده از این تکنیک و همچنین به هنگام تغییر انرژی درمانی مورد نیاز است.

<sup>۱</sup> Arc

<sup>۲</sup> Angular resolution

<sup>۳</sup> segmentation

<sup>۴</sup> Flattening filter free

آرتیفکت ناشی از کاشت‌ها یا پروتزهای با دانسیته بالا در بدن: در مورد پروتزها به خصوص کاشت‌های فلزی برای ستون فقرات، منحنی تبدیل واحد هانسفیلد به  $\mu$  باید به اندازه کافی بسط داده شده باشد تا نرم افزار قابلیت این را داشته باشد که ناهمگنی را به دقت محاسبه کند. انتخاب زوایای ورودی و خروجی باریکه مناسب و کانتور کردن نواحی آرتیفکت و اعمال **density override** یا استفاده از نرم افزارهای کاهش دهنده آرتیفکت در هنگام طراحی درمان باید مدنظر قرار گیرد. در نظر گرفتن این موارد در مورد ماده کنتراست به کار برده شده هنگام سی تی بیمار نیز توصیه می شود.

تجویز دوز: تجویز دوز در **SRS/SBRT** اغلب به ایزودوزهای پایین (به طور مثال ایزودوز ۸۰٪) با حاشیه‌های کم یا بدون حاشیه به حداقل رساندن نیم سایه پرتو در لبه هدف انجام می‌شود. در مورد این تکنیک‌های درمانی وجود نقاط داغ درون حجم‌های هدف عموماً از نظر بالینی کمتر باعث نگرانی هستند (البته تا زمانی که نشت دوز بالا به بافت طبیعی وجود نداشته باشد). استفاده از پرتوهای غیرمقابل متعدد (از جمله باریکه‌های غیرهم صفحه) ممکن است بتواند به دستیابی به افت دوز خارج از حجم هدف و توزیع دوز با گرادیان بالا کمک کند. طراحی درمان‌هایی که شامل آرک‌های (قوس‌های) تعدیل‌شده باشند نیز ممکن است در دستیابی به توزیع دوز بهینه مفید باشند.

*ارزیابی طراحی درمان نهایی:* در ارزیابی طراحی درمان نهایی علاوه بر دیدن مقطع به مقطع توزیع دوز باید به پارامترهای ارزیابی، به ویژه **dose conformity** و **target dose inhomogeneity** و **Modified Gradient Index** نیز دقت کرده و همچنین منحنی‌های دوز ۵۰٪ و پایین تر را به منظور ارزیابی **low dose bath** مشاهده و بررسی نمود. گزارش این پارامترهای ارزیابی طراحی درمان و همچنین پارامترهای **DVH** بافت هدف و ارگان‌های سالم در کارت‌های بیمار الزامی می‌باشد. معیارهای پیشنهادی به منظور بررسی این پارامترها به اختصار در پیوست شماره ۲ ارائه شده است.

استفاده از سیستم فیکسیشن خاص جهت انجام درمان **SRS** و **SBRT** مانند ماسک‌های ترموپلاست تقویت شده<sup>۱</sup> و یا تشکچه‌های خلا، **Cradle** و یا بلوس‌های اختصاصی برای هر بیمار

دسته وسیعی از تجهیزات کمکی در درمان‌های **SRS** و **SBRT** مورد استفاده قرار می‌گیرند که از اجزای اصلی درمان هستند. تجهیزات بی‌حرکت‌سازی بیمار به منظور اطمینان از صحت و تکرارپذیری موقعیت مکانی حجم‌های هدف و بافت‌های سالم اطراف و اعمال دوز به بافت هدف و جلوگیری از خطا استفاده می‌گردند.

به منظور رسیدن به ست-آپ دقیق و تکرارپذیری بیمار، باید تجهیزات بی‌حرکت‌سازی مورد استفاده در اتاق درمان و هنگام سیمولاتور کاملاً مشابه باشند. به علت ماهیت درمان‌های **SRS** و **SBRT** و افت سریع دوز در فاصله بسیار کم، استفاده از تجهیزات مورد نیاز در این روش نسبت به روش‌های کانفورمال از اهمیت بالاتری برخوردار است.

---

<sup>۱</sup> Reinforced Thermoplastic Radiotherapy mask

**نکته:** استفاده از ماسک های ترموپلاست تقویت شده اختصاصی برای هر بیمار (در صورت لزوم بسته به ناحیه درمانی) در درمان های SRS و SBRT الزامی می باشد.

**انجام بررسی پارامترهای درمان، تضمین کیفی تجهیزات، بررسی ثانویه طرح درمان، تضمین کیفی اختصاصی طرح درمان هر بیمار**

**استراتژی های تضمین کیفیت یا QA ۱:**

تست های QA به طور کلی شامل دو دسته تست می شوند (پیوست شماره ۳):

۱- تست هایی که برای حصول اطمینان از دستیابی به توزیع دوز منطبق و conformal انجام می شود که خود مستلزم:

۱-۱. حصول اطمینان از اینکه این تست ها به صورت روتین انجام می شوند (تست های QA مرتبط با ماشین)

۱-۲. حصول اطمینان از اینکه یک طراحی درمان ویژه به درستی انجام می شود (تست های QA مربوط به بیمار)

۲- تست های مربوط به جهت گیری ها و حرکات حجم هدف درمانی و ارگان های سالم اطراف: به منظور حصول اطمینان

از اینکه حین درمان حجم هدف از داخل حدود میدان خارج نشده و حرکت تارگت منجر به عدم قطعیت در حین

درمان نشود.

به طور کلی می توان روش ها و استراتژی های QA را در سه سطح بیان کرد:

**تضمین کیفی تجهیزات:**

سطح ۱: QA های پایه: مربوط به تست های کامیونینگ Linac و MLC و نرم افزار طراحی درمان (TPS) می شوند. به طور

مثال چک های روزانه QA دستگاه، به طور خلاصه شامل چک خروجی دستگاه و انطباق ایزوسنتر سیستم تصویربرداری و

سیستم درمانی، می شود. در مورد SBRT و SRS تست هایی مانند تست star shot (چه با چرخش گانتری و چه با چرخش

تخت درمان) می توانند داده و دید خوبی در زمینه صحت و دقت عملکرد MLC ها در زوایای گانتری و بیم متفاوت ارائه دهد.

وقتی در مورد تست های QA سطح ۱ صحبت می شود باید حتما تست های مربوط به IGRT یا SGRT نیز مدنظر قرار گیرند.

به طور مثال تطابق یا اختلاف موجود بین ایزوسنترهای دستگاه درمانی و kV CBCT و SGRT و یا MVCT ها باید بررسی

شوند. این تست ها می توانند به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه و سالانه انجام و طراحی شوند.

**سطح ۲: تست های QA ویژه SBRT:**

فرایند تضمین کیفیت در دستگاه درمانی شامل تمام روش های معمول در درمان های پیچیده بوده و باید مورد زیر بررسی شود:

---

<sup>۱</sup> Quality assurance



- اندازه‌گیری فولوننس با دستگاه تصویربرداری پورتال الکترونیکی (EPID) یا معادل آن برای بررسی الگوی تحویل MLC در جایی که آرک استفاده شده‌اند،

- بررسی حفظ فاصله مناسب تخت با گانتری حین درمان به‌ویژه جایی که از زوایای تخت غیر از صفر درجه استفاده شده است.

برای درمان با راهنمایی تصویر (IGRT)، مناسب بودن زوایای انتخاب شده به منظور گرفتن تصویر و تعریف درست موقعیت نشانگرها و مارکرها یا کلیپس‌های و غیره، همه باید به عنوان بخشی از فرایند QA در نظر گرفته شوند.

معمولا مواردی که در این سطح از QA مورد بررسی قرار می‌گیرند تست یک طراحی درمان به صورت کلی است، بدین صورت که وقتی یک پلن درمانی پیچیده را بر روی یک فانتوم اعمال می‌کنیم می‌توان از نتایج به دست آمده این گونه تشخیص داد که آیا treatment flow کلی هم توسط نرم افزار طراحی درمان به صورت صحیح محاسبه و هم توسط سیستم درمانی به طور صحیح و دقیق قابل اجرا هست یا نه.

تست دیگری که در این سطح قرار می‌گیرد و اهمیت زیادی دارد چک‌های consistency و ثبات عملکرد سیستم است. می‌توان چند طراحی درمان به عنوان dummy و تست در نظر گرفت و آنها را در بازه‌های زمانی مشخص (به طور مثال زمانی که نرم‌افزارهای سی تی یا نرم‌افزار طراحی درمان یا نرم افزار سیستم درمانی upgrade می‌شوند) روی سیستم اجرا کرد. می‌توان ثبات عملکرد کلی را با اجرای این پلن‌های تست مشخص کرد. TG-119 توصیه‌های AAPM برای تست‌های راه اندازی تکنیک‌های تحویل دوز IMRT و VMAT یا تکنیک درمانی SBRT است که می‌توانند برای این سطح ۲ از QA راهنمای خوبی باشد.

تعیین موقعیت حجم هدف<sup>۱</sup> هم در این سطح از QA قرار می‌گیرد. کل روند درمان یک بیمار را باید قبل از شروع درمان بر روی یک فانتوم استاندارد پیاده کرده تا از صحت درمان اطمینان حاصل کرد. اصطلاحا گفته می‌شود که قبل از اینکه یک پلن درمانی بر روی بیمار واقعی پیاده شود باید تست end-to-end (E2E) بر روی یک فانتوم صورت گیرد. تست‌های end-to-end باید به صورت روتین انجام شود و ثبات و صحت زنجیره درمان را به کمک آن چک کرد. برای این کار می‌توان طراحی درمان را بر روی یک فانتوم مناسب طراحی کرد و دقت کلی سیکل درمان، از مرحله طراحی درمان تا نتیجه پرتودهی و رساندن درمان طراحی شده به فانتوم را بررسی نمود.

نکته قابل توجه این است که در مراکز پیشرفته دنیا این تست و ست آپ فانتوم با همکاری RTT ها (یا دوزیمتریست ها) و فیزیست مرکز انجام می‌شود زیرا آنها هستند که ست آپ و چینش بیمار واقعی را در روز درمان انجام می‌دهند. به همین دلیل دقت عملکرد آنها نیز با انجام این مرحله چک می‌شود. در هر صورت فیزیسیست مرکز باید تایید کننده نتایج QA باشد. بدین

---

<sup>۱</sup> Target localization

منظور حضور همکاران RTT (یا کارشناسان درمان و یا دوزیمتریست ها) در حین انجام دوزیمتری ویژه بیمار به شدت توصیه می‌شود. تایید نتایج نهایی بر عهده فیزیسیست مرکز است.

### تضمین کیفی اختصاصی طرح درمان هر بیمار

سطح ۳: تست‌های QA ویژه بیمار<sup>۱</sup>: برای درمان‌های SRS/SBRT هم مانند تمام درمان‌های پیچیده پرتودرمانی انجام QA بیمار قبل و از شروع درمان و همچنین حین درمان بیمار الزامی است. این QA حداقل باید شامل اندازه‌گیری و محاسبه دوز نسبی و مطلق بوده و باید قبل از درمان، و با احتساب زمان کافی و باداشتن پروتکل برای اصلاح طراحی درمان (در صورت نیاز)، انجام شود.

استراتژی‌های مختلفی برای بررسی ثانویه طراحی درمان وجود دارد ولی رایج‌ترین آنها این است که پارامترهای درمان بیمار را به عنوان یک تست end-to-end بر روی یک فانتوم انتقال پیدا کرده و توزیع دوز بر روی آنها مجدد محاسبه شود که اصطلاحاً به آن نگاشت<sup>۲</sup> گفته می‌شود. در این مرحله با اجرای درمان بر روی فانتوم می‌توان اطمینان پیدا کرد که دستگاه درمانی هم قابلیت اجرا پلن را دارد. این قسمت همچنان Machine specific QA است نه Patient specific QA (پیوست شماره ۳).

**نکته:** به شدت توصیه می‌شود که از یک سیستم دوزیمتری بررسی ثانویه طراحی درمان برای تشخیص خطاهای طراحی درمان، که ممکن است به دلیل نقص نرم‌افزار، خطاهای هنگام اجرای الگوریتم‌های خاص در سیستم طراحی درمان، یا نقص ساختاری در پارامترهای خاص رخ دهند، استفاده شود. این سیستم ارزیابی ثانویه این مسائل را با استفاده از الگوریتمی متفاوت از TPS اولیه ارزیابی می‌کند. با محاسبه مجدد MU و طراحی درمان بر روی CT بیمار در صورتی که مشکلاتی در محاسبه دوز حجم هدف، محدودیت‌های محاسبه DVH، فاکتور گاما و قابلیت تحویل درمان طراحی شده وجود داشته باشد، قبل از اعمال بر روی بیمار، مشخص و استخراج می‌شود.

**نکته:** در حین درمان بیمار هم الزامی است که اندازه‌گیری صحت دوز رسانده شده به حجم هدف و ارگان‌های سالم اطراف انجام شود. این کار را می‌توان به کمک روش‌های in-vivo dosimetry مختلف ارائه شده مانند اندازه‌گیری EPID in- vivo dosimetry انجام داد. دوز اندازه‌گیری شده توسط EPID در حین درمان را می‌توان بر روی تصاویر CT-sim یا تصاویر CT ای که از MVCT/kVCT حاصل شده است اعمال کرد و دقت و صحت درمان را بررسی نمود.

<sup>۱</sup> Patient specific QA

<sup>۲</sup> Mapping

به عنوان یک مثال از تست قابل توجهی که می توان برای بررسی صحت درمان بیمار انجام داد sensitivity testing به کمک EPID است که طی آن می توان حساسیت پروسه درمانی را در مورد یک مقدار خطای عملکردی مشخص، مثلا در عملکرد MLC ها یا خطا در set up و یا خطا در زاویه گانتری، و نتایج نهایی آن بر روی درمان بیمار را انجام داد.

نکات حائز اهمیت در مورد درمان های SBRT/SRS که باید به طور ویژه مورد توجه قرار گیرد شامل:

- وجود امکان دوزیمتری میدان های کوچک و در شرایط غیر-مرجع و وجود آشکارسازهای مورد استفاده بدین منظور: باید آشکارسازهای مناسب با حجم های فعال متناسب با این میدان ها در مرکز وجود داشته باشد.
- لزوم وجود الگوریتم های محاسبه دوز در نرم افزار طراحی درمان موجود در مرکز به منظور محاسبه دقیق و صحیح در نواحی غیرهمگن. همچنین در اختیار داشتن فانتوم های مناسب مانند فانتوم anthropomorphic و جهت انجام اندازه گیری به منظور بررسی عملکرد این الگوریتم ها نیز توصیه می شود.
- آگاهی از روش برخورد سیستم درمانی با حرکت حجم های هدف و ارگان های سالم در حین درمان. در اختیار داشتن فانتوم هایی که بتوانند حرکت تنفسی را شبیه سازی کنند و بررسی عملکرد سیستم و دقت درمان نهایی به کمک آنها به خصوص در مورد درمان نواحی ای مانند ریه و کبد توصیه می شود. به طور مثال هماهنگ سازی<sup>۱</sup> آشکارسازی مارکرهای درون بدن یا روی سطح بدن بیمار با زمان روشن شدن باریکه پرتویی<sup>۲</sup> باید به صورت روتین بررسی شود. این مسئله را می توان به کمک بررسی fluence map های پلن شده با map های اندازه گیری شده (مثلا به کمک فیلم دوزیمتری) چه در حالت ساکن و متحرک هم بررسی کرد. روش های پیچیده تر استفاده از فانتوم های تجاری و متحرک بدن است.

علاوه بر موارد ذکر شده انجام external audit هم باید حتما توسط مراکز نظارتی، از جمله انجمن فیزیک پزشکی و با تایید نهایی نظام ایمنی هسته ای ( نظیر آزمایشگاه دوزیمتری استاندارد ثانویه SSDL دارای صلاحیت انجام ممیزی سیستم طراحی درمان از اداره کل حفاظت در برابر اشعه)، به صورت روتین و در بازه های زمانی مشخص انجام شود. می توان این روند audit را به صورت بین المللی هم انجام داد تا اطمینان حاصل کرد که روند درمان کاملا منطبق با معیارهای بین المللی انجام می گیرد. سیستم های پیشرفته تر نیز وجود دارند که نه تنها اطلاعات تصویری و موقعیتی در حین درمان در اختیار قرار می دهند بلکه به صورت In vivo و با حضور بیمار در روز درمان دوز انتقال داده شده را نیز اندازه گیری می کنند. برای درمان های SBRT و SRS به شدت انجام Real time in vivo dosimetry برای هر بیمار و هر جلسه بیمار توصیه می شود.

---

<sup>۱</sup> Synchronization

<sup>۲</sup> Linac triggering

نکته مهم دیگری که در QA بیمار باید در نظر گرفت لزوم انجام *in vivo verification* به خصوص در رابطه با تومرهای متحرک (مانند توده ها ریه و کبد) است. انجام SBRT این نوع توده ها بدون داشتن سیستم های Tracking یا gating یا وجود سیستم مدیریت حرکتی توصیه نمی شود.

## انجام درمان بیمار

### درمان رادیوتراپی تحت هدایت تصویر (IGRT):

به صورت ایده آل، دوز تحویل داده شده باید دقیقا با توزیع دوز طراحی شده منطبق باشد. در صورت نداشتن امکانات کافی و عدم رصد درست توده و بافت های سالم اطراف این اتفاق به ندرت در عمل می افتد. در عمل، مواردی که می تواند منجر به تفاوت دوز تحویل داده شده به بیمار با توزیع دوز طراحی شده گردد به طور مثال شامل محدودیت دقت مدل سازی باریکه و محدودیت دستگاه درمان هستند. موقعیت بیمار در سیستم بی حرکت سازی درمان ممکن است دقیقا مشابه زمان CT سیمولاسیون نباشد و آناتومی بافت نرم ممکن است از نظر شکل و موقعیت تغییر کند. این موضوع ممکن است مخصوصا در حین درمان های طولانی SBRT، به دلیل تحویل دوز های پرفرکشن از طریق میدان های درمانی کوچک، صدق کند.

رادیوتراپی تحت هدایت تصویر (IGRT) فناوری اولیه برای به حداقل رساندن عدم قطعیت موقعیت و تسهیل کننده درمان های رادیوتراپی به ویژه تکنیک های پیشرفته تر از جمله SBRT است. روش مرسوم IGRT استفاده از kVCT/MVCT بوده که شیفت بیمار را نسبت به ایزوسنتر Linac محاسبه می کند. اگر این سیستم ها اشتباه کالیبره شود، ممکن است بیمار به موقعیت نادرستی منتقل شود که پیامدهای دوزیمتری نامطلوب به همراه خواهد داشت. بنابراین، کالیبراسیون این سیستم ها یک منبع عدم قطعیت سیستماتیک است که خود نیاز به یک برنامه تضمین کیفیت اختصاصی دارد.

یکی دیگر از زمینه های اصلی تصویربرداری برای SBRT، نقش فزاینده MRI در رادیوتراپی است. اگرچه به کمک MRI تعریف تومور و OAR را در مقایسه با CT افزایش می دهد، جایی که فرد در تلاش برای دستیابی به دقت کمتر از میلی متر است وجود آرتیفکت هایی مانند مواردی که در اثر اعوجاج هندسی ایجاد می شوند، نگرانی اصلی هستند. پیشنهاد می شود هنگام تعیین موقعیت حجم های هدف و ارگان های حساس از تصاویر MRI بیمار کمک گرفته شود.

### رادیوتراپی با هدایت سطح بدن (SGRT)

رادیوتراپی با هدایت سطح بدن (SGRT) شامل استفاده از یک سیستم دوربین/ردیاب غیر تهاجمی است که حرکات سطح بیمار را ردیابی کرده یا بر روی مانیتورهای ویژه نشان می دهد. مثالی از این روش های استفاده از دوربین در داخل اتاق درمان است که می توان از آن برای تنظیم و set-up بیمار و در حین تحویل درمان استفاده کرد. این سیستم پروجکشن را روی سطح

بیمار تجزیه و تحلیل می‌کند و سپس سطح فعلی را در آن روز با تصویر سطح سی تی مرجع (با فرمت DICOM) برای هرگونه تغییر مقایسه می‌کند و تغییرات را برجسته می‌کند. کاربر یک منطقه مورد علاقه (ROI) را در پروجکشن تعریف می‌کند تا برای حرکت با هدایت سطح روی آن تمرکز کند. این بدان معناست که شما می‌توانید موقعیت بیمار را در حین تنظیم بیمار، قبل از خروج از اتاق، حرکت داده و تطبیق دهید تا بر اساس خوانش‌هایی که سیستم هدایت شده توسط سطح (SG) ارائه می‌دهد، به موقعیت مشابه با موقعیت شبیه‌سازی شده تصویر CT برسید. کاربر می‌تواند تلورانس‌های قابل قبول خود را تعریف کند. روش‌های دیگر شامل قرار دادن بلاک‌های حامل مارکر بر روی سطح بدن مانند محل زایفوئید و رصد میزان حرکت آن در حین پرتودرمانی است. مزیت دیگر این سیستم‌ها این است که می‌توان از آن برای نظارت بر بیمار در طول درمان برای کنترل intra-fraction استفاده کرد. SG به و به طور گسترده برای SRS مجمله و SBRT اندام‌ها و نواحی شکم و لگن به طور موفقیت‌آمیزی استفاده می‌شود.

### SBRT برای تومورهای متحرک

حرکت‌های فیزیولوژیک به خصوص حرکت تنفسی در درمان تومورهای ریه و کبد یکی از بزرگترین عدم قطعیت‌ها در پرتودرمانی این نوع سرطان‌ها می‌باشد. با توجه به حرکت تنفسی، چندین روش تابش وجود دارد: (i) تابش با مربی و نگه داشتن نفس<sup>۱</sup>، (ii) تابش با لحاظ کردن دروازه تنفسی<sup>۲</sup> با استفاده از جانشین خارجی به کمک سی‌تی چهاربعدی، (iii) بیحرکت کردن به کمک فریم‌ها و چارچوب بدن تخصصی استریوتاکتیک به همراه یک دستگاه فشار بر شکم برای محدود کردن حرکت تنفسی در طول رادیوتراپی، (IV) تابش با استفاده از تعیین حدود حرکت توده به کمک تصویر CT با تکنیک اسکن آهسته، (v) پرتودهی به کمک برخی از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده حرکت، (vi) و رادیوتراپی به کمک سیستم ردیابی تومور در زمان واقعی (RTRT)<sup>۳</sup>.

## ج) اقدامات یا پروسیجرهای ضروری جهت درمان بیماری:

### • ارزیابی قبل از انجام پروسیجر

- ۱- ویزیت و معاینه بیمار و بررسی مدارک مربوط به پاتولوژی و تصاویر تشخیصی.
- ۲- مشخص کردن نحوه سیمولاتور و در صورت نیاز، دستور برای انجام سایر مدالیته‌های تصویربرداری به منظور کمک در تعیین حجم هدف.
- ۳- بررسی نیاز به انجام روش‌های بیحرکت‌سازی خاص نظیر تهیه ماسک، تشکچه‌های خلا و غیره

<sup>۱</sup> Breath coaching and holding

<sup>۲</sup> Respiratory gating

<sup>۳</sup> Real-time tumor-tracking

- ۴- انجام سی تی سیمولیشن
- ۵- وارد نمودن تصاویر در برنامه طراحی درمان (تصاویر سی تی سیمولیشن و تصاویر سایر مدالیت‌های تشخیصی مورد نیاز).
- ۶- انجام رجیستریشن تصاویر
- ۷- انجام کانتورینگ حجم هدف و ارگان های سالم
- ۸- تجویز دوز و تعیین روش فراکشنیشن
- ۹- تهیه طرح درمان با استفاده از سیستم طراحی درمان، و بررسی آن با استفاده از منحنی‌های هم‌دوز و تایید نهایی پلن پس از بررسی آن با استفاده از منحنی‌های هم‌دوز و توزیع دوز در مقاطع مختلف تصاویر سی تی و همچنین بررسی مقادیر احتمالی آسیب رسیده به بافت‌های سالم.
- ۱۱- انجام کنترل کیفی (پیوست شماره ۳) محاسبات انجام شده در سیستم طراحی درمان با استفاده از نرم افزار محاسبات دوز ثانویه، ارسال طرح درمان به سیستم نرم افزار ثبت و بررسی، و تایید موارد ارسالی از سیستم طراحی درمان به نرم افزار R&V، انجام کنترل کیفی طرح درمان تایید شده با استفاده از فانتوم‌های دو بعدی یا سه بعدی.
- ۱۲- ساخت پلن Patient specific QA و ارسال آن به سیستم R&V
- ۱۳- انجام دوزیمتری Patient specific QA بر روی فانتوم مناسب و ارزیابی درصد پاس شدن معیارهای تعیین شده و Pass یا Fail شدن طراحی درمان تایید شده. در صورت پاس نشدن طراحی درمان بررسی دلیل خطا و انجام طراحی درمان مجدد الزامی می باشد.
- ۱۴- مدیریت و تجویز انجام درمان رادیوتراپی SBRT به ازای هر جلسه
- ۱۵- ست آپ بیمار و انجام درمان در اتاق درمان
- ۱۶- انجام وریفیکیشن درمان حداقل با استفاده از تصاویر پورتال (برای SRS) و یا MVCT/kVCT (برای SBRT)
- ۱۷-

۴- انجام درمان بیمار.

۵- ویزیت بیمار در هر جلسه درمان و بررسی عوارض احتمالی و تصمیم‌گیری جهت ادامه درمان با توجه به تحمل بیمار و شرایط ایشان.

#### • ارزیابی بعد از انجام پروسیجر

پیگیری اثر بخشی درمان بیمار و عوارض در بازه‌های زمانی از پیش تعیین شده

### د) تواتر ارائه خدمت:

#### ۱) تعداد دفعات مورد نیاز

درمان رادیوتراپی یکبار برای هر ناحیه درمان، برای بیمار تجویز می‌گردد و در صورت عود مجدد ضایعه، با بررسی ناحیه عود، تصمیم‌گیری برای ادامه درمان بیمار توسط متخصص رادیوانکولوژی (یا رادیوتراپی) با بررسی طرح درمان قبلی و بررسی عوارض احتمالی انجام می‌گیرد. در هر مرحله درمانی با توجه به نوع و ناحیه ضایعه پروتکل درمان که در آن مقدار دوز کل، دوز در هر جلسه و تعداد جلسات درمان مشخص است تعیین می‌گردد.

### ۲) فواصل انجام:

برحسب صلاحدید پزشک و اندیکاسیون‌ها درمانی تعریف می‌شود.

### ه) افراد صاحب صلاحیت جهت تجویز (Order) خدمت مربوطه و استاندارد تجویز:

- متخصص رادیوانکولوژی (رادیوتراپی)

### و) افراد صاحب صلاحیت جهت ارائه خدمت مربوطه:

- افراد صاحب صلاحیت جهت ارائه خدمت SBRT/SRS تیمی متشکل از متخصصین رادیوانکولوژی، فیزیسیست رادیوتراپی و کارشناس رادیوتراپی هستند.

✓ متخصصین رادیوانکولوژی مرکز جهت دریافت مجوز SBRT/SRS باید تا اطلاع ثانوی دارای حداقل دو مورد از شرایط زیر باشند:

۱- در زمان رزیدنتی دوره‌های آموزشی تکنیک تحویل دوز IMRT و VMAT یا تکنیک‌های درمانی SBRT/SRS به مدت حداقل ۲ ماه در مرکز آموزشی دیده باشد و تاییدیه مدیر گروه یا معاون آموزشی گروه را دارا باشند.

۲- پس از فارغ‌التحصیلی، حداقل یک سال رادیوتراپی با تکنیک IMRT یا VMAT، در مراکز دارای مجوز خدمت IMRT یا تکنیک درمانی SBRT/SRS اعم از بخش دولتی (با تایید مدیر گروه یا معاون آموزشی گروه) یا خصوصی (با تایید مسئول/مدیر مرکز)، انجام داده باشند.

۳- ۳ ماه کارآموزی با حداقل تجربه نظارت کامل و مستقیم بر درمان ۵ بیمار SBRT/SRS در مرکز آموزشی دولتی یا خصوصی دارای مجوز خدمت SBRT/SRS گذرانده باشد و تاییدیه مدیر گروه یا معاون آموزشی گروه را دارا باشند.

۴- ارائه مدرک گذراندن دوره های تخصصی IMRT یا تکنیک درمانی SRS/SBRT خارج از کشور و مورد تایید وزارت بهداشت.

۵- دو سال سابقه کار پس از فارغ التحصیلی در رادیوتراپی داشته باشد.

✓ فیزیسیست رادیوتراپی مرکز جهت دریافت مجوز SBRT/SRS باید تا اطلاع ثانوی دارای حداقل سه مورد از شرایط زیر باشند:

۱- پس از فارغ التحصیلی از ارشد یا دکترا به ترتیب حداقل ۲ و ۱ سال سابقه کار رادیوتراپی مربوط به درمان های IMRT داده باشد، چه در بخش دولتی (با تایید مدیر گروه یا معاون آموزشی گروه) یا خصوصی (تایید مسئول/مدیر مرکز).

۲- ۳ ماه کارآموزی با حداقل تجربه ۵ بیمار SRS/SBRT در مرکز آموزشی دولتی یا خصوصی تحت مسئولیت اجتماعی مراکز مورد تایید،

۳- ارائه مدرک گذراندن دوره های تخصصی IMRT یا SRS/SBRT خارج از کشور و مورد تایید وزارت بهداشت،

۴- پنج سال سابقه کار فعال در طراحی درمان و دوزیمتری پس از فارغ التحصیلی در بخش های رادیوتراپی با تایید فرد مسئول مرکز.

۵- دارای گواهی تایید صلاحیت فیزیسیست مورد تایید سازمان انرژی اتمی

۶- تاییده گذراندن دوره آموزشی معتبر مرتبط با دستگاه و تجهیزات مرتبط با درمان تکنیک های پیشرفته رادیوتراپی IMRT یا SBRT/SRS در داخل یا خارج از کشور را داشته باشد.

✓ کارشناس رادیوتراپی: سابقه یک سال کار در مراکز مورد تایید ارائه دهنده خدمت IMRT یا VMAT و یا تکنیک درمانی SBRT/SRS داشته باشد یا تاییده گذراندن دوره آموزشی مرتبط با دستگاه و تجهیزات مرتبط با درمان تکنیک های پیشرفته رادیوتراپی یا VMAT و یا تکنیک درمانی SBRT/SRS را داشته باشد. این تاییده باید توسط رئیس بخش یا مسئول فنی مرکز دارنده دستگاه و تجهیزات مذکور صادر گردد.

**تبصره:** در صورت تعریف و تدوین دوره های مهارتی مصوب وزارت بهداشت و درمان، شرکت کنندگان در این دوره ها و دریافت کنندگان مدرک مربوطه می توانند فارغ از موارد فوق به عنوان فرد مورد تایید جهت انجام این تکنیک ها معرفی گردند.

**نکته:** لازم به ذکر است ارائه این دوره های کارآموزی توسط مراکز داری مجوز ارائه دهنده خدمات مذکور باید تحت مسئولیت اجتماعی مراکز ارائه شده و هزینه ای از کارآموزان اخذ نگردد. مراکز دارنده مجوز، سالانه موظف به آموزش به تعداد ۵ پزشک متخصص رادیوآنکولوژیست و ۵ فیزیسیست رادیوتراپی می باشند.

(در صورت تصویب دوره آموزشی مورد تایید معاونت آموزشی وزارت بهداشت، داشتن گواهینامه این دوره الزامی می باشد.)



## (ز) عنوان و سطح تخصص‌های مورد نیاز (استاندارد) برای سایر اعضای تیم ارائه کننده خدمت

ردیف	عنوان تخصص	تعداد مورد نیاز به ازای هر خدمت	میزان تحصیلات مورد نیاز	سابقه کار یا دوره آموزشی	نقش در ارائه خدمت
۱	فیزیسیست درمان	تعداد فیزیسیست‌ها در هر مرکز پرتودرمانی، متناسب با تعداد دستگاه‌های درمانی و ظرفیت پذیرش بیمار در یک سال می‌باشد. معرفی حداقل دو فیزیسیست واجد شرایط مورد تایید جهت شروع به کار مرکز، الزامی می‌باشد.	کارشناسی ارشد یا دکترای فیزیک پزشکی و سایر رشته های مندرج در ضوابط دریافت مجوز کار با اشعه مراکز پرتودرمانی سازمان انرژی اتمی	۱- دارای حداقل سه شرط از شرایط بند (و) استاندارد حاضر ۲- درج نام ایشان به عنوان فیزیسیست در پیوست شماره دو تایید مجوز کار با اشعه مرکز	۱- تهیه فلوجارت‌های مناسب مرکز برای ارائه خدمت SBRT با همکاری پزشک معالج ۲- جمع آوری و طبقه‌بندی اطلاعات تکنیکی مورد نیاز جهت بهینه‌سازی محاسبات درمان ۳- اندازه گیری، جمع‌آوری، آنالیز و طبقه‌بندی اطلاعات مورد نیاز برای برنامه ریزی و بهینه‌سازی کنترل کیفی ارائه خدمات SBRT اعم از فیکسیشن، پلانیگ، کنترل کیفی دستگاه های سیمولیشن و درمانی و کنترل کیفی پلان بیمار ۴- همکاری در تهیه، ساماندهی و کنترل پروتکل‌های IGRT مناسب برای مرکز ۵- انجام کنترل کیفی‌های دوره‌ای دستگاه‌ها بر اساس پروتکل‌های بین المللی مورد تایید سازمان انرژی اتمی ۶- ارائه مشاوره به پزشک در خصوص امکانات موجود و محدودیت‌های مرکز در ارائه درمان‌های مختلف ۷- همکاری در مرحله بی‌حرکت‌سازی بیمار جهت انجام درمان ۸- همکاری بر انجام صحیح سی تی سیمولیشن ۹- وارد نمودن تصاویر در سیستم طراحی درمان ۱۰- انجام رجیستریشن تصاویر از مدالیته‌های مختلف درمانی ۱۱- همکاری در تهیه طرح درمان بر اساس اهداف کلینیکی تعیین شده توسط پزشک ۱۲- انجام محاسبات دوزیمتری مربوط به طرح درمان تهیه شده ۱۳- اندازه‌گیری خروجی دستگاه پرتودرمانی طبق پروتکل‌های بین المللی مورد تایید واحد قانونی ۱۴- انجام کنترل کیفی طرح درمان و محاسبات دوزیمتری

<p>۱۵- حضور و همکاری با پزشک در نظارت بر انجام ست آپ در تمامی جلسات درمان و سایر جلسات در صورت نیاز</p> <p>۱۶- حضور با پزشک در نظارت بر روش‌های IGRT و بررسی تصاویر در صورت نیاز</p> <p>۱۷- برنامه ریزی روش‌های DIBH و Gating و انجام کنترل کیفی آن</p> <p>۱۸- بررسی پارامترهای درمان و نحوه اجرای پلان درمان تایید</p>					
<p>۱- حضور مستمر و موثر جهت انجام وظایف محوله در زمان فعالیت پرتوی مرکز</p> <p>۲- سیاستگذاری جهت اطلاع و ارزیابی سوانح پرتوی مرکز و گزارش اقدامات انجام شده</p> <p>۳- پیگیری و اجرای آئین‌نامه‌ها و استانداردهای معاونت درمان و سازمان انرژی اتمی در زمینه SBRT</p> <p>۴- برنامه‌ریزی جهت آمادگی پرتوکاران به منظور مقابله با سوانح پرتوی و هماهنگی و مشارکت در اجرای برنامه‌ها به هنگام بروز سانحه</p> <p>۵- برنامه‌ریزی جهت انجام آزمایش‌ها و معاینات پزشکی پرتوکاران</p> <p>۶- برنامه‌ریزی آموزش پرتوکاران</p> <p>۷- پیش‌بینی و مشاوره جهت تهیه تجهیزات مورد نیاز مرکز</p> <p>۸- نظارت بر انجام کنترل کیفی دوره‌ای دستگاه‌ها براساس پروتکل‌های بین‌المللی مورد تایید سازمان انرژی اتمی</p> <p>۹- نظارت بر انجام اندازه‌گیری خروجی دستگاه پرتودرمانی طبق پروتکل‌های بین‌المللی مورد تایید سازمان انرژی اتمی</p> <p>۱۰- کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری و ردیابی پرتوی</p>	<p>دو سال سابقه کار فعال در حوزه رادیوتراپی و دارای گواهینامه دوره پیشرفته حفاظت در برابر اشعه</p>	<p>کارشناسی ارشد یا دکترای رشته‌های مندرج در ضوابط دریافت مجوز کار با اشعه مراکز پرتودرمانی سازمان انرژی اتمی</p>	<p>۱</p>	<p>مسئول فیزیک بهداشت (مسئول حفاظت پرتوی)</p>	<p>۲</p>
<p>۱- بررسی اطلاعات درمانی بیمار قبل از درمان</p> <p>۲- آگاهی دادن و انتقال اطلاعات مناسب موردنیاز هنگام درمان به بیماران و همراهان او</p> <p>۳- مشاوره جهت انجام ست-آپ بیماران در صورت نیاز</p> <p>۴- ست-آپ بیماران</p> <p>۵- بررسی تغییرات موردنیاز هنگام درمان</p>	<p>دارای شرایط بند (و) استاندارد حاضر</p>	<p>کارشناس رادیوتراپی</p>	<p>۲</p>	<p>کارشناس رادیوتراپی</p>	<p>۳</p>

<p>۶- بررسی تصاویر IGRT هنگام درمان در تمام روزهای درمان</p> <p>۷- انجام درمان در تمامی جلسات رادیوتراپی مطابق با پروتکل‌های تعیین شده در بخش</p> <p>۸- ثبت سوابق درمان در تمامی جلسات</p> <p>۹- توجه به نحوه انجام درمان و مانیتور عوارض احتمالی و میزان تحمل درمان توسط بیمار و در جریان قرار دادن پزشک درمانگر</p>					
<p>۱- انجام تعمیرات موردنیاز دستگاه مطابق با استانداردهای تعیین شده توسط شرکت فروشنده</p> <p>۲- انجام تنظیمات موردنیاز با نظارت فیزیسیست درمان، تحت نظارت شرکت فروشنده</p>	<p>حداقل ۱ سال سابقه کار با دستگاه شتابدهنده به عنوان مهندس دستگاه</p>	<p>کارشناس مهندسی برق یا الکترونیک و مکانیک مهندسی پزشکی</p>	<p>۱</p>	<p>مهندس* دستگاه</p>	<p>۴</p>

\*مراکزى که قرارداد سرویس و نگهدارى با شرکت مورد تایید سازمان انرژی اتمی دارند، نیازی به مهندس دستگاه ندارند.

## ز) استانداردهای فضای فیزیکی و مکان ارائه خدمت:

علاوه بر استانداردهای فضای فیزیکی مصوب وزارت بهداشت جهت مراکز رادیوتراپی، استانداردهای ذیل نیز جهت مراکز که قصد انجام SBRT دارند باید مورد لحاظ قرار بگیرد.

### استاندارد اتاق درمان

با توجه به اینکه در درمان به روش VMAT، IMRT و تکنیک درمانی SBRT/SRS، دوز کل توسط یک سری پروفایل‌های دوز کوچکتر تحویل حجم هدف مورد نظر داده می‌شود، مقدار مانیتور یونیت مورد استفاده در آن در مقایسه با روش‌های 3D conformal به نسبت بیشتر بوده و در نتیجه مسأله نشتی سر دستگاه شتابدهنده در این روش اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، به طوری که میزان مانیتور یونیت در درمان جدید بین 1/7 تا 3/5 برابر مقدار آن در روش conformal می‌باشد. از این‌رو، محاسبات حفاظ‌سازی در درمان به تکنیک درمانی جدید از جمله SBRT/SRS، تا حدودی متفاوت از محاسبات به روش 3D conformal بوده و نیاز به در نظر گرفتن پارامترهای نشتی و بارکاری متناسب با این تکنیک جدید دارد.

محاسبات لازم در خصوص استخراج ضخامت حفاظ‌های مورد استفاده در طراحی اتاق درمان به روش رادیوتراپی پیشرفته همانند روش 3D conformal بر مبنای دسته‌بندی آن‌ها به حفاظ اولیه و ثانویه انجام می‌پذیرد.

#### ۱- حفاظ اولیه:

براساس محاسبات ارائه شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، Safety Report Series No.47، IPEM و NCRP151، ضخامت حفاظ اولیه و تعداد TVL‌های موردنیاز با استفاده از روابط مورد استفاده در روش 3D conformal محاسبه می‌شود با این تفاوت که پارامترهایی که در این رابطه از تغییر روش درمان به SRS تأثیر می‌پذیرند پارامترهای W و U بوده که به ترتیب Workload و Use Factor دستگاه می‌باشند.

در محاسبه حفاظ اولیه، در صورتی که روش درمان صرفاً IMRT، VMAT و تکنیک درمانی SBRT/SRS باشد این دو پارامتر براساس بار کاری دستگاه در این نوع درمان منظور می‌گردد لیکن، در حالتی که از دستگاه در تمام مدالیته‌ها استفاده می‌شود حاصلضرب این دو پارامتر از مجموع حاصلضرب بار کاری تقریبی و بهینه در فاکتور استفاده در هر روش درمان به دست خواهد آمد. بنابراین، تعیین بار کاری مرکز پرتودرمانی با روش پیشرفته در بازه زمانی معین و Use Factor مربوطه جهت محاسبه حفاظ‌های اولیه ضروری است. این رابطه در مورد پرتوهای پراکنده شده از حفاظ اولیه به حفاظ ثانویه نیز کاربرد دارد که در روابط مربوط به پرتوهای پراکنده از دیوار به کار برده می‌شود.

حفاظ‌های ثانویه برای جلوگیری از نشت پرتوهای پراکنده شده از بدن بیمار، دیوارهای اولیه و نشتی سر دستگاه محاسبه و طراحی می‌گردند. در این حفاظ‌ها بنا بر پیشنهاد ارائه شده توسط NCRP No.49، فاکتور استفاده برای دستگاه‌های شتاب‌دهنده مگاولت، یک در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، در روابط مربوط به محاسبه پراکندگی از بیمار تنها فاکتور مؤثر از تغییر روش درمان از Conformal به تکنیک‌های پیشرفته، بار کاری می‌باشد. در این حفاظ نیز، بار کاری از مجموع بار کاری دستگاه در مدالیته‌های مختلف درمان در نقطه ایزوستر به دست خواهد آمد.

در محاسبات مربوط به اعمال نشتی سر دستگاه، با استفاده از روابط استفاده شده در درمان به روش Conformal و همچنین با در نظر گرفتن نقش افزایش MU در روش درمانی پیشرفته، لازم است نسبت مانیتوریونیت و فاکتور مدولاسیون مورد استفاده در این روش‌ها به مانیتوریونیت در درمان Conformal برای حصول یک دوز معین و مشترک محاسبه گردد.

### محاسبات حفاظ در ورودی راهروی اتاق درمان

تمامی محاسبات مربوط به درب ورودی راهروی اتاق درمان از قبیل پرتو پراکنده از بیمار، پرتو پراکنده از دیوار حاصل از پراکندگی بدن بیمار یا پراکندگی از دیوارهای اولیه، و همچنین پرتوهای پراکنده شده از دیوارهای راهرو، توسط روابط مربوط به 3D conformal با جایگزینی مقادیر بار کاری و فاکتور استفاده حفاظ مربوطه بدست خواهد آمد. از آنجایی که اغلب درمان‌ها به روش پیشرفته توسط انرژی‌های حدود ۶ مگاالکترون‌ولت انجام می‌پذیرد دوز نوترون و گیراندازی گاما در محاسبات ورودی راهرو نقش مهمی ایفا نمی‌کند. با اینحال در صورتیکه از انرژی‌های بالای ۱۰ مگاالکترون‌ولت استفاده شود یا دستگاه چند انرژی باشد، دوز درب ورودی با افزایش انرژی چشمگیری خواهد داشت و با استفاده از روابط دوز نوترون و گیراندازی گاما (No.47 Safety Report Series قسمت‌های ۵,۶ و ۵,۷) و در نظر گرفتن تصحیحات مربوط به بار کاری و فاکتور استفاده قابل محاسبه خواهد بود.

### استاندارد اتاق درمان دستگاه شتاب‌دهنده توموتراپی

تعیین ضخامت حفاظ‌های اتاق درمان در توموتراپی از یک مرکز درمانی به مرکز دیگر متفاوت است و بستگی به فاکتورهای زیادی از جمله اهداف طراحی حفاظ، حدود دوز، میزان اشغال نواحی هم‌جوار، بار کاری هفتگی و سالیانه دستگاه توموتراپی دارد. بنابراین باید یک فیزیسیست واجد شرایط، بارکاری، میزان زمان لازم برای هر درمان، تعداد درمان‌های انجام شده و سایر پارامترهای دخیل را برآورد نماید. پیاده‌سازی الزامات مربوط به حفاظ اتاق درمان و اطمینان از رعایت مقررات بر عهده مرکز درمانی می‌باشد.

چون دستگاه توموتراپی مجهز به سیستم توقف پرتو اولیه (Primary beam stopper) می‌باشد بنابراین ضخامت حفاظها به پرتوهای ثانویه بستگی داشته و اندازه‌گیری نشتی پرتوها (هفتگی) ضروری است.

بارکاری هفتگی برای پرتو نشتی و پرتوهای اولیه با در نظر گرفتن فاکتور VMAT، IMRT و تکنیک درمانی SBRT/SRS به صورت مجزا در نظر گرفته می‌شود. شرکت سازنده، پرتوهای پراکنده اولیه و نشتی را در هر دو حالت باریکه، برای دستگاه شتابدهنده اندازه‌گیری کرده است. اتاق‌های کنترل، سرور، تجهیزات مکانیکی و طراحی درمان براساس ابعاد راهنمای شرکت سازنده طراحی و ساخته می‌شود.

## (ح) تجهیزات پزشکی سرمایه‌ای به ازای خدمت

تعداد	توضیح تجهیزات		تجهیزات سرمایه‌ای
	تجهیزات ایده آل	تجهیزات الزامی	
پیشنهاد می‌شود مرکز حداقل ۲ عدد دستگاه با قابلیت انجام تکنیک SBRT/SRS را دارا بوده یا در صورتی که در یک مرکز یک دستگاه موجود باشد، قرارداد همکاری طبق شیوه نامه منعقد شود.	دارای بودن سیستم gating و tracking به منظور انجام دقیق‌تر درمان‌های SBRT	دستگاه مجهز به کولیماتورهای چند برگه‌ای و دارای قابلیت انجام درمان‌های SBRT/SRS و دارای سیستم MVCT/KVCT تبصره: دستگاه شتابدهنده روباتیک قابلیت انجام SBRT/SRS را داراست.	دستگاه شتابدهنده خطی
۱ عدد	سی تی اسکن با سایز دهانه بزرگتر از ۸۰ سانتی‌متر موجود در مرکز به شرط تهیه تجهیزات مورد تایید سازمان انرژی اتمی	سی تی سیمولاتور یا سی تی تشخیصی مجهز به تخت صاف فیبروکربن قابل نصب روی تخت CT، لیزر اکسترنال MOVABLE و large bore با سایز دهانه حداقل ۷۰ سانتی‌متر یا بیشتر (الزاما موجود در مرکز) به شرط تهیه تجهیزات QA مورد تایید سازمان انرژی اتمی	دستگاه سی تی سیمولاتور
یک ایستگاه برای کانتورینگ و یک ایستگاه برای انجام محاسبات دوزیمتری در مراکز آموزشی دو ایستگاه برای کانتورینگ و انجام محاسبات دوزیمتری مورد نیاز است	دارای قابلیت انجام محاسبات دوزیمتری با الگوریتم مبتنی بر مدل و یا مونت کارلو	دارای قابلیت انجام محاسبات دوزیمتری با الگوریتم مبتنی بر مدل و دارای قابلیت محاسبات SRS و SBRT	سامانه طراحی درمان (TPS)
یک ایستگاه	دارای الگوریتم محاسباتی ساده و یا مونت کارلو و یا به صورت برنامه‌ای ساده تهیه شده توسط فیزسیست مرکز		سامانه چک محاسبات دوزیمتری ثانویه
یک عدد	برای درمان SBRT نواحیه قفسه سینه و شکم داشتن فانتوم مجهز به امکان شبیه سازی حرکت تنفسی توصیه می‌شود	فانتوم‌های دو بعدی یا سه بعدی مرتبط استفاده از سیستم Epid dosimetry یا سایر تجهیزات دوزیمتری on-line	فانتوم بررسی طرح درمان اختصاصی هر بیمار قبل از درمان

یک پکیج به ازای هر دستگاه و یک پکیج جهت انجام سیمولیشن در سی تی اسکن		پکیج کامل تجهیزات بی حرکت سازی برای قسمت های مختلف بدن شامل: universal body board, زیرسری و زیرشانه ای برای بیماران سرو گردن، Breast board، Arm rest، Knee rest و foot rest، بالشک های تخلیه و هر تجهیزاتی که به تثبیت بیمار در طول دوره رادیوتراپی کمک می کند. ماسک های تقویت شده در درمان های SRS اجباری است.	تجهیزات بی حرکت سازی بیمار
حداقل یک پکیج کامل	دایودها	براساس توصیه های کارگروه AAPM TG-120 ۱- واترفانتوم سه بعدی ۲- دوزیمترهای اتافک یونش با حجم حساس اشاره شده در مراجع	تجهیزات دوزیمتری نسبی
حداقل یک پکیج کامل	فانتوم های شبیه ساز حرکت تنفسی برای درمان SBRT نواحی قفسه سینه و شکم	۱ جهت دوزیمتری میدان مرجع دوزیمتر اتافک یونش از نوع فارمر (با حجم حساس ۰.۶ سی سی) ۲- جهت دوزیمتری میدان های کوچکتر دوزیمتر اتافک یونش با حجم حساس متناسب با ابعاد میدان ۳- واتر فانتوم سه بعدی ۴- الکترومتر ۵- دماسنج و فشار سنج با دقت مناسب ۶- فانتوم های جامد ۷- فانتوم های E2E <sup>۱</sup>	تجهیزات دوزیمتری مرجع
پکیج کامل		فانتوم های اشاره شده در TG-179	تجهیزات کنترل کیفی سیستم های تصویربرداری هنگام درمان
پکیج کامل		سامانه معتبر به همراه لایسنس معتبر و دارای گواهی خدمات پس از فروش از شرکت مربوطه	سامانه ثبت و بررسی اطلاعات درمان

<sup>۱</sup> End-to-end



## داروها، مواد و لوازم مصرفی پزشکی جهت ارائه هر خدمت

ردیف	اقدام مصرفی موردنیاز	میزان مصرف
۱	ماسک‌های ترموپلاست تقویت شده	به ازای هر بیمار
۲	بلوس	به ازای هر بیمار در صورت نیاز
۳	پروتز	به ازای هر بیمار در صورت نیاز
۴	تشکچه‌های خلا یکبارمصرف	به ازای هر بیمار در صورت نیاز
۵	مارکر سی تی	۳ عدد به ازای هر بیمار

## مدارک موردنیاز در پرونده بیمار و استاندارد ثبت

- ۱- اشاره به تجهیزات بی حرکت‌سازی بیمار
- ۲- تشخیص و هدف درمان (تسکین یا درمان قطعی)
- ۳- تاریخ دقیق شروع درمان و پس از اتمام درمان، تاریخ آخرین روز درمان و ثبت هرگونه وقفه درمان
- ۴- پاتولوژی و آزمایش‌های مربوطه
- ۵- ناحیه آناتومیک درمان
- ۶- مقدار دوز تجویزی، دوز در هر فرکشن و تکنیک درمانی
- ۷- طرح درمان
- ۸- منحنی‌های هم دوز
- ۹- گزارش مربوط به مقدار دوزهای حد تحمل ارگان‌های در خطر
- ۱۰- فرم رضایت نامه بیمار
- ۱۱- ثبت اطلاعات طرح درمان
- ۱۲- ثبت شرح روزانه درمان
- ۱۳- گزارش‌های ویزیت حین درمان
- ۱۴- عارضه‌های حین درمان و تغییرات موردنیاز، و عواملی نظیر قطع درمان

۱۵- نتیجه انجام کنترل کیفی‌های مربوطه

۱۶- طرح درمان اختصاصی هر بیمار

۱۷- در صورت نیاز به انجام مجدد سیمولایشن و طرح درمان و محاسبات دوزیمتری در نتیجه تغییرات در آناتومی بیمار، طرح درمان تهیه شده ثانویه.

۱۸- محاسبات گپ درمان و بررسی نیازمندی به اضافه شدن جلسات درمان به منظور جبران تاخیر در درمان

## **اندیکاسیون‌های دقیق جهت تجویز خدمت**

### **شروط کلی SRS و FSRT:**

- ۱- بیشترین سایز ضایعه‌ها برای درمان تک جلسه‌ای یعنی SRS کمتر از ۴ سانتی متر و برای درمان چند جلسه‌ای FSRT بعد تجمعی کمتر از ۶ سانتی متر باشند،
- ۲- شکل ضایعه‌ها منظم باشد (irregular نباشد)،
- ۳- ضایعه‌های مغزی حداقل ۳ میلیمتر با ارگان‌های حیاتی مغز فاصله داشته باشند،

اندیکاسیون های SRS و FSRT (اندیکاسیونهای مغز/اینتراکرانیا ل و قاعده جمجمه):

شرایط	نوع تومور
۱- AVMM	ضایعات مغزی و قاعده جمجمه
۲- نورینوما ی مغز مانند نورینوم شنوایی یا نورینوم زوج ۵	
۳- آدنوم هیپوفیز	
۴- مننژیوم با اندیکاسیون درمان اولیه یا عود در محل هایی از مغز که دسترسی جراحی مناسبی وجود ندارد و امکان برداشت مناسب با ریسک قابل قبول وجود ندارد (مانند قاعده جمجمه در پترو کلاویال یا سینوس کاورنو یا مکل کیو..)	
۵- کرانیوفارنژیوما	
۶- تومور گلوموس ( پاراگانگلیوما)	
۷- همانژیوم مغزی	
۸- کوردوم و کندروسارکوم	
۹- تومورهای پینه ال	
۱۰- رادیوتراپی مجدد در تومورهای درمان شده قبلی که درمان مناسبتری ندارند مانند گلیوما	
۱۱- تومورهای قاعده جمجمه مثل کوردوما ی تومورهای عود کرده ای ن ناحیه که قبلا با رادیوتراپی درمان شده اند و فاصله مناسبی با ارگان های حیاتی برای ای ن درمان دارند.	
۱۲- متاستازهای منفرد یا متعدد مغزی که شرایط زیر را داشته باشد:	
✓ متاستاز مغزی در بیمار با پرفورمنس خوب یعنی KPS ۷۰ یا بیش از ۷۰	
و یا PS 0-2	
✓ عدم گسترش لپتومنژیال	

<p>✓ آسیب شناسی (هیستولوژی اولیه) آن از نوع تومورهای خیلی حساس به اشعه مانند لنفوم و ژرم سل و Small cell نباشد</p> <p>✓ کمتر از ۱۰ ضایعه و حجم کلی (تجمعی) کمتر از ۱۵ سی سی باشد</p> <p>✓ بیماری اکستراکرنیال پایدار طی بررسی های انجام شده طی ۳ ماه اخیر داشته باشد.</p> <p>این درمان می تواند به عنوان بوست بعد یا قبل از WBRT هم صورت گیرد.</p> <p>۱۳- درمان متاستازهای مغزی که بعد از درمان رادیوتراپی قبلی تمام مغز عود کرده اند یا علامت دار می باشند و امکان درمان های جراحی برای بیمار مقدور نمی باشد.</p> <p>۱۴- بدخیمی اولیه CNS، شامل گلیومای اولیه با سایز کوچک تر از ۵ سانتی متر یا عود کرده</p> <p>۱۵- ملانوم عنبیه یا یووه آ</p> <p>۱۶- نورالژی تریژمینال مقاوم به درمان مدیکال</p> <p>۱۷- صرع لوب تمپورال مقاوم به درمان مدیکال که امکان جراحی استاندارد وجود نداشته باشد.</p> <p>۱۸- همانژیوم مغزی</p> <p>۱۹- درمان صرع های مقاوم به درمان دارویی که امکان جراحی ناحیه ایجاد کننده حملات تشنجی نیست یا جراحی پر عارضه است با تایید نورولوژیست یا جراح اعصاب.</p>	
---	--

## اندیکاسیون های SBRT ( اندیکاسیونهای اکستراکرنیال):

نوع تومور	شرایط
سرطان ریه از نوع NSCLC	سرطان ریه NSCLC با مرحله IIA-IA هنگامی که: ۱. ضایعات بزرگ تر از ۵ سانتی متر نباشند، ۲. درگیری غدد لنفاوی یا متاستاز دوردست وجود نداشته باشد، ۳. به دلایلی از جمله بیماری‌های زمینه‌ای بیمار کاندید جراحی نبوده یا رضایت به جراحی ندارد.
تومورهای مهره های کمری (تومور اولیه)	تومورهای مهره های کمری (اولیه) صرف نظر از سابقه رادیوتراپی قبلی
الیگومتاستاز (غیر از ستون فقرات)	الیگومتاستاز با احراز شرایط زیر: ۱. تومور اولیه حداقل طی سه ماه از درمان اولیه رشد نکرده باشد، ۲. پرفورمنس ۰-۲ باشد، ۳. انتظار طول عمر بیش از ۶ ماه داشته باشد، ۴. حداکثر تعداد ضایعه تا ۳ ضایعه بوده و هر ضایعه کمتر از ۵ سانتی متر باشد ۵. پلورال افیوژن بدخیم و درگیری لپتومنژیال و کارسینوماتوز پریتوئن نداشته باشد
سرطان پروستات	آدنوکارسینوم پروستات در گروه low risk و یا intermediate favorable risk که همه ویژگی های زیر را داشته باشد: ۱. حداکثر T2C باشد، ۲. Gleason score 3+4 و grade group 2، ۳. PSA < 20 و کمتر از ۵۰٪ کورها درگیر باشد، ۴. انتظار عمر بالای ۵ سال، ۵. رادیوتراپی مجدد به شرطی که بیمار محدود به پروستات باشد و امید به زندگی بالای ۵ سال داشته باشد، ۶. عارضه مهمی از رادیوتراپی قبلی نداشته باشد.
سرطان کبد	هیپاتوسلولار کارسینوما هنگامی که: ۱. بیماری متاستاتیک نباشد، ۲. بیماری محدود به ۱-۳ ضایعه باشد و اندازه ضایعات کمتر از ۴ سانتی متر و یا یک ضایعه کمتر از ۶ سانتی متر باشد و ۳. امتیاز معیار Child A یا B باشد، ۴. بیمار کاندید رزکشن جراحی نباشد یا رضایت به جراحی نداشته باشد.

سرطان کلیه	سرطان کلیه (RCC) هنگامی که بیمار در مرحله T1 بوده (تومور کمتر و مساوی ۷ سانتی متر) و غیرقابل جراحی باشد و دارای وضعیت جسمانی مناسب (دارای KPS $\geq 70\%$ و ECOG معادل ۰، ۱ و ۲) باشد.
سرطان پانکراس	آدنوکارسینومای پانکراس در بیمار لوکالی ادوانس که امکان جراحی نباشد و یا بیمارانی که تحت درمان سیستمیک قرار داشته اند و به دلیل پرفورمانس استاتوس پایین امکان جراحی منتهی شده به شرطی که بیماری محدود به پانکراس باشد و حجم هدف حداکثر ۶ سانتی متر باشد و درگیری لنفاوی یا متاستاتیک دور دست نداشته باشد.
متاستاز ستون فقرات	<p>۱. متاستازهای مهره های کمری از تومورهای ملانوم، سارکوما و یا RCC</p> <p>۲. متاستاز ستون فقرات در موقعیت اولیگومتاستاز که کمتر از سه متاستاز باشد، اندازه متاستاز حداکثر ۵ سانتی متر باشد و درمان بالقوه curative باشد و پرفورمانس بیمار ۰ تا ۲ باشد؛ بیماری اولیه امکان درمان قطعی داشته باشد و بیماری سریع نداشته باشد.</p> <p>۳. تومورهای مهره های کمری (متاستاتیک) در بیمارانی که رادیوتراپی قبلی دریافت کرده اند.</p>
الیگومتاستازها (اختصاصا مربوط به ستون فقرات)	<p>با شرایط زیر:</p> <p>a. ۶ یا کمتر ضایعه که هیچ کدام بزرگ تر از ۶ سانتی متر نباشند.</p> <p>b. طول عمر بالاتر از ۶ ماه محتمل باشد.</p>

### شواهد علمی در خصوص کنتراندیکاسیون های دقیق خدمت:

SBRT یا SABR نخاع برای موارد زیر اندیکاسیون ندارد:

- بیماران مبتلا به بی ثباتی ستون فقرات (نمره 13-18 SINS) یا مواردی که قادر به دراز کشیدن یا تحمل پوزیشن درمان نیستند.
- بیمارانی که امکان تصویربرداری MRI از آنها وجود ندارد به عنوان مثال وجود ضربان ساز در فیلد درمان دارند.

- پیش بینی طول عمر کمتر از ۳ ماه دارند.
  - نقص عصبی قابل توجه یا پیشرونده به گونه ای که نیاز به جراحی اورژانسی یا پرتودرمانی باشد دارند
  - بافت شناسی حساس به پرتو مانند میلوما یا نوع تومور لنفوم دارند.
  - فشردگی یا برخورد طناب نخاعی
- نکته: انتخاب بیماران SABR ستون فقرات باید به عنوان بخشی از یک کارآزمایی بالینی باشند و به عنوان یک روش درمان روتین استفاده نشود.

### **مدت زمان ارائه هر واحد خدمت:**

درمان رادیوتراپی براساس تشخیص پزشک مربوطه و اندیکاسیون درمان به تعداد فراکشنهای تجویز شده و تواترهای مذکور انجام می پذیرد.

### **مدت اقامت در بخش های مختلف بستری جهت ارائه هر بار خدمت مربوطه:**

درمان رادیوتراپی به صورت خدمت سرپایی انجام می پذیرد.

### **موارد ضروری جهت آموزش به بیمار:**

- آموزش خودمراقبتی برای عوارض مرتبط با درمان قبل از شروع درمان و حداقل یک بار در طول درمان
- توضیح دادن گزینه های مختلف موجود (جراحی، شیمی درمانی و رادیوتراپی) برای درمان و علت انتخاب درمان موجود
- توضیح در مورد کلیات مراحل انجام درمان
- توضیح هدف درمان (تسکینی/درمانی) و انتظارات از نتیجه درمان
- آموزش درمان عوارض مرتبط با درمان شامل عوارض پوستی، درد، کاهش وزن
- توضیح در مورد هزینه درمان در صورت درخواست بیمار

پیوست ۱: ارگان‌های در خطر طبق پیشنهاد<sup>۳</sup> ASTRO

Treated Organ	Recommended	Consider
<b>Central Nervous System</b>		
<i>Brain</i>	Brain, Brainstem, Eye_L/R, Lens_L/R, OpticChiasm, OpticNrv_L/R, SpinalCord	A_Carotid, Cochlea, GlnD_Lacrimal, Hippocampus_L/R, Pituitary, Scalp
<i>Spine - Cervical</i>	Brainstem, Esophagus, Spinal Cord	Bone_Mandible, BrachialPlex_L/R, Cavity_Oral, GlnD_Submand, GlnD_Thyroid, Larynx, Oropharynx, Parotid_L/R, Trachea
<i>Spine - Thoracic</i>	Esophagus, Heart, Lung_L/R, Lungs, Spinal Cord	Bowel_Large, Bowel_Small, Kidney_L/R, Liver, Stomach
<i>Spine - Lumbar</i>	Cauda Equina, Kidney_L/R, Kidneys, SpinalCord	Bowel_Small, Bowel_Large, Liver, Stomach
<i>Spine - Sacral</i>	Cauda Equina	Bladder, Bowel_Large, Bowel_Small, Colon_Sigmoid, Genitals, Ovary, Rectum, SacralPlex, Testis_L/R
<i>Craniospinal</i>	Brain, Brainstem, Cochlea, Esophagus, Eye_L/R, Heart, Kidney_L/R, Kidneys, Lens_L/R, Lung_L/R, Lungs, OpticChiasm, OpticNrv_L/R, Pituitary, SpinalCord	Bladder, Bowel_Large, Bowel_Small, Breast_L/R, Genitals, GlnD_Thyroid, Liver, Ovary, Rectum, Stomach, Testis_L/R
<b>Head and Neck</b>		
<i>Face, Parotid</i>	Bone_Mandible, Brainstem, Eye_L/R, Lens_L/R, Lips, Parotid_L/R, SpinalCord	Cavity_Oral, Cochlea, GlnD_Lacrimal_L/R, GlnD_Submand_L/R, Joint_TM_L/R, Lobe_Temporal_L/R
<i>Orbit</i>	Brain, Brainstem, Eye_L/R, GlnD_Lacrimal_L/R, Lens_L/R, OpticChiasm, OpticNrv_L/R	Cochlea_L/R, Lobe_Temporal_L/R, Parotid_L/R, Pituitary, Retina
<i>Sinonasal</i>	Brain, Brainstem, Cochlea, Eye_L/R, Lens_L/R, OpticChiasm, OpticNrv_L/R, Parotid_L/R, SpinalCord	Bone_Mandible, Cavity_Oral, GlnD_Lacrimal_L/R, GlnD_Submand_L/R, Lobe_Temporal_L/R, Pituitary
<i>Nasopharynx</i>	Bone_Mandible, BrachialPlex_L/R, Brain, Brainstem, Cavity_Oral, Cochlea_L/R, Esophagus, Eye_L/R, GlnD_Submand_L/R, Larynx, Lens_L/R, Lobe_Temporal_L/R, OpticChiasm, OpticNrv_L/R, Parotid_L/R, SpinalCord	GlnD_Thyroid, Lips, Musc_Constrict, Pituitary

<sup>۳</sup> Standardizing Normal Tissue Contouring for Radiation Therapy Treatment Planning: An ASTRO Consensus Paper



<i>Oropharynx</i>	Bone_Mandible, Brainstem, Cavity_Oral, Esophagus, GlnD_Submand_L/R, Larynx, Lips, Parotid_L/R, SpinalCord	BrachialPlex_L/R, Cochlea_L/R, Eye_L/R, GlnD_Thyroid, Lens_L/R, Musc_Constrict, OpticChiasm, OpticNrv_L/R
<i>Larynx (except early stage*), Hypopharynx, Thyroid or Cervical Esophagus</i>	Bone_Mandible, BrachialPlex_L/R, Brainstem, Cavity_Oral, GlnD_Submand_L/R, Parotid_L/R, *SpinalCord	Esophagus, GlnD_Thyroid, Heart, Lips, Lung_L/R, Lungs, Musc_Constrict
<i>Elective or Definitive Neck</i>	Bone_Mandible, Brainstem, Cavity_Oral, GlnD_Submand_L/R, Parotid_L/R, SpinalCord	BrachialPlex_L/R, Cochlea_L/R, Esophagus, GlnD_Thyroid, Larynx, Lips, Musc_Constrict
<b>Thoracic</b>		
<i>Breast/Chestwall</i>	Heart, Lung_L/R	A_LAD, BrachialPlex_L/R, Breast (contralateral), Lungs, Ribs, Ventricle_L
<i>Supraclavicular Fossa</i>	Lung_L/R, SpinalCord	BrachialPlex_L/R, Esophagus, GlnD_Thyroid, Lungs
<i>Axilla</i>	Heart, Lung_L/R, SpinalCord	BrachialPlex_L/R, Esophagus, GlnD_Thyroid, Lungs
<i>Lung</i>	Esophagus, Heart, Lung_L/R, Lungs, SpinalCord	A_LAD, BrachialPlex_L/R, Bronchus_L/R, Bronchus_Main, Chestwall_L/R, GreatVes, Liver, Stomach, Trachea
<i>Mediastinum/Thymus</i>	Esophagus, Heart, Lung_L/R, Lungs, SpinalCord	A_LAD, Bronchus_Main, Trachea
<i>Esophagus</i>	Esophagus, Heart, Lung_L/R, Lungs, SpinalCord, Stomach	Kidney_L/R, Kidneys, Larynx, Liver
<b>Abdominal</b>		
<i>Lower Esophagus/ Gastroesophageal Junction</i>	Bowel_Small, Esophagus, Heart, Kidney_L/R, Kidneys, Liver, Lungs_L/R, Lungs, SpinalCord, Stomach	Bowel_Large
<i>Spleen</i>	Heart, Kidney_L, Lung_L, SpinalCord, Stomach	Bowel_Large, Bowel_Small, Kidney_R, Kidneys, Lung_R, Lungs
<i>Stomach</i>	Bowel_Small, Esophagus, Heart, Kidney_L/R, Kidneys, Liver, Lung_L/R, Lungs, SpinalCord	Bowel_Large
<i>Pancreas</i>	Bowel_Small, Duodenum, Kidney_L/R, Kidneys, Liver, SpinalCord, Stomach	A_Aorta, Bowel_Large, V_Venacava_I,
<i>Liver</i>	Bowel_Large, Bowel_Small, Duodenum, Kidney_L/R, Liver, SpinalCord, Lung_R	BileDuct_Common, Chestwall, Esophagus, GallBladder, Heart, Kidneys, Lung_L, Lungs, Stomach, V_Venacava_I
<i>Renal/Adrenal</i>	Bowel_Large, Bowel_Small, CaudaEquina, Kidney_L/R, Kidneys, SpinalCord	Liver (Rt), Spleen (Lt), Stomach (Lt)
<i>Retroperitoneal Space</i>	Bowel_Large, Bowel_Small, Kidney_L/R, Kidneys, Liver, SpinalCord	Stomach
<i>Paraortic</i>	Bowel_Small, Kidney_L/R, Kidneys, SpinalCord	Bowel_Large, CaudaEquina, Duodenum, Liver, Stomach

<b>Pelvic</b>		
<i>Bladder</i>	Bowel_Small, Colon_Sigmoid, Femur_Head_L/R, Rectum	Bladder, BoneMarrow, Bowel_Large, Prostate
<i>Cervix/Uterus/Vagina/Vulva</i>	Bladder, Bowel_Small, Colon_Sigmoid, Femur_Head_L/R, Rectum	BoneMarrow, Bowel_Large, Kidney_L/R, Kidneys, Ovaries
<i>Prostate</i>	Bladder, Femur_Head_L/R, PenileBulb, Rectum	Bowel_Large, Bowel_Small, Colon_Sigmoid
<i>Rectum</i>	Bladder, Bowel_Small, Femur_Head_L/R	BoneMarrow, Bowel_Large, Genitals, Vagina
<i>Anus</i>	Bladder, Bowel_Small, Femur_Head_L/R, Rectum	BoneMarrow, Bowel_Large, Genitals, Vagina
<b>Extremities</b>		
<i>All extremities</i>	Skin	BoneMarrow

پیوست ۲: سطوح پارامترهای dose conformity در SBRT برای ارگان هدف ریه و غیر ریه جهت ارزیابی طراحی درمان

Table 2.1. Prescription dose spillage requirement for lung and non-lung sites

Vol (PTV) (cc)	Vol (100%) / PTV V100%		
	Target	Tolerance	Minor Dev
< 20	1.20	<1.25	1.25 - 1.40
20 - 40	1.10	<1.20	1.20 - 1.30
> 40	1.10	<1.15	1.15 - 1.20

Table 2.2. Modified Gradient Index and other requirement for lung site

Vol(PTV) (cc)	Vol(50%) / PTV V100%			Lung-GTV V20 (%)	Max dose > 2cm	
	Target	Tolerance	Minor deviation		3 fractions	5-8 fractions
				Tolerance	Minor deviation	
<20	7	9	9-11	<5	<35.1 Gy	<35.8 Gy
20-40	5.5	6.5	6.5-7.5	<6	<37.8 Gy	<35.8 Gy
40-60	5	6	6-7	<10	<37.8 Gy	<35.8 Gy
60-90	4	5	5-7	<10	<37.8 Gy	<35.8 Gy
>90	4	4.5	4.5-6.5	<10	<37.8 Gy	<35.8 Gy

Table 2.3. Modified Gradient Index requirements for non-lung site

Vol(PTV) (cc)	Vol(50%) / PTV V100%		
	Target	Tolerance	Minor deviation
<20	5.5	7.5	7.5-9.5
20-40	4.5	6.0	6.0-7.5
>40	4.5	5.5	5.5-6.5

پیوست ۳: تست های کنترل کیفی SBRT/SRS

Table 3.1. Summary of published QA recommendations for SBRT and SBRT-related techniques.

Purpose	Proposed test	Reported achievable tolerance	Proposed frequency
<b>End-to-end localization accuracy</b>	Stereo x ray/DRR fusion	1.0 to 1.2 mm root mean square	Initial commissioning and annually thereafter
<b>Intrafraction targeting variability</b>	Stereo x ray/DRR fusion	0.2 mm average, 1.5 mm maximum	Daily (during treatment)
<b>End-to-end localization accuracy</b>	Hidden target (using stereo x ray/DRR fusion)	0.41±0.92 mm	Initial commissioning and annually thereafter
<b>End-to-end localization accuracy</b>	Hidden target (using implanted fiducials)	0.28±0.36 mm	Initial commissioning and annually thereafter
<b>End-to-end localization accuracy</b>	Dosimetric assessment of hidden target (using implanted fiducials)	0.68±0.29 mm	Initial commissioning and annually thereafter
<b>CBCT mechanical stability</b>	Constancy comparison to MV imaging isocenter (Using hidden targets)	0.50±0.5 mm	Baseline at commissioning and monthly thereafter
<b>Overall positioning accuracy, including image registration (Frame-based systems)</b>	Winston–Lutz test modified to make use of the in-room imaging systems	≤2 mm for multiple couch angles	Initial commissioning and monthly thereafter
<b>MLC accuracy</b>	Light field, radiographic film, or EPID	<0.5 mm (especially for IMRT delivery)	Annually
<b>End-to-end localization accuracy</b>	Hidden target in anthropomorphic phantom	1.10±0.42 mm	Initial commissioning and annually thereafter
<b>Respiratory motion tracking and gating in 4D CT</b>	Phantoms with cyclical motion	N/A	N/A
<b>CBCT geometric accuracy</b>	Portal image vs CBCT image isocenter coincidence	±2 mm	daily

Table 3.2. Minimum SRS-SBRT relevant equipment QA and tolerances for C-arm linac systems.

Frequency	Test	Tolerance
<b>Daily</b>	Laser localization — only if using SRS techniques relying on lasers for target localization (e.g., frame-based SRS without X-ray IGRT)	1 mm
	Collimator size indicator for clinically relevant aperture	2 mm total
	Radiation isocentricity test (limited gantry and couch positions) — maximum deviation in center of target object relative to each projection’s beam central axis	1.0 mm SRS, 1.5 mm SBRT
	IGRT positioning/repositioning	1 mm SRS, 2 mm SBRT
	Imaging subsystem interlocks	Functional
	Stereotactic interlocks — cone size, backup jaws	Functional
	Accelerator output constancy	±3%
<b>Monthly</b>	Radiation isocentricity test — covering complete range of gantry, couch, collimator positions used clinically — maximum deviation in center of target object relative to each projection’s beam central axis *Note: If both MLC and fixed conical collimators are used, both must be evaluated at least monthly	1.0 mm SRS, 1.5 mm SBRT
	Treatment couch position indicators: relative over the maximum clinical range	1 mm/0.5°
	Output constancy at relevant dose rates	2%
	SRS arc rotation mode (if used clinically)	1 MU, 1°
	MU linearity (≥5 MU to highest MU used clinically)	±2%
	Accelerator output	±1.5%
	Coincidence of radiation and mechanical isocenter	±1.0 mm maximum 3-D displacement from center of target object
<b>Annually</b>	Verification of small-field beam data — relative output factors for cones and/or MLC	±2% from baseline for >1.0 cm apertures, ±5% from baseline for ≤1.0 cm apertures
	E2E localization assessment “hidden target test” using SRS frame and/or IGRT system	1.0 mm
	E2E dosimetric evaluation using SRS frame and/or IGRT system	±5% measured vs. calculated

Tolerances are absolute accuracy, not variation from baseline, unless otherwise stated.

Table 3.3. Minimum equipment QA and tolerances for robotic linac systems.

Frequency	Test	Tolerance
<b>Daily*</b>	Head laser alignment check	1.0 mm
	Safety interlocks	Functional
	Automatic QA (AQA) test**	Total targeting $\leq 1.0$ mm from baseline, not exceeding manufacturer's specification
<b>Monthly</b>	Accelerator output constancy	$\pm 3\%$
	Energy constancy	$\pm 2\%$
	Beam symmetry, relative	$\pm 3\%$ for 40 mm field, $\pm 4\%$ for 60 mm field
	Accelerator output constancy	$\pm 2\%$
	Imager alignment	1 mm or center pixels $\pm 2$ pixels
	Iris <sup>TM</sup> field size spot check (3 or more field sizes $\geq 10$ mm)	0.5 mm
<b>Quarterly</b>	Picket fence for MLC (if applicable)	Visual check
	E2E localization assessment (Each tracking mode used clinically)	1.0 mm static target, 1.5 mm motion tracking
<b>Annually</b>	Emergency Power Off (EPO) button, safety interlocks	Functional
	Accelerator output	$\pm 2.0\%$
	MU linearity ( $>10$ MU to highest MU used clinically)	$\pm 2\%$
	Path verification	$\leq 0.5$ mm maximum per node, $\leq 0.3$ mm average
	Imager kVp accuracy, mA station exposure linearity, isopost alignment with center pixel	$\pm 10\%$ , $\pm 20\%$ , and 1 mm, respectively
	Beam laser and radiation beam alignment for cone, Iris <sup>TM</sup> , and MLC	0.5 mm from baseline
	AQA baseline	Recheck AQA baseline
	Beam data verification — Relative output factors for cones, Iris <sup>TM</sup> , and/or MLC covering the range used clinically	$\pm 2\%$ from baseline for $>1.0$ cm apertures, $\pm 5\%$ from baseline for $\leq 1.0$ cm apertures

\*On days of clinical use

\*\*If the clinic has both fixed cones and Iris<sup>TM</sup> collimator, the AQA test should alternate between fixed cones and Iris<sup>TM</sup>, with each system tested at least weekly

Table 3.4. Minimum SBRT relevant equipment QA and tolerances for helical tomotherapy systems.

Frequency	Test	Tolerance
<b>Daily</b>	Red laser initialization (congruence with green laser)	1 mm
	Image/laser coordinate coincidence	1 mm
	Image registration/alignment	1 mm
	Accelerator output constancy (rotational or static)	±3%
<b>Monthly</b>	Transverse beam profile	1% average difference in field core
	Longitudinal beam profile (each slice width)	1% of slice width FWHM
	Output constancy and rotational output variation	±2%
	Beam quality constancy	±1% PDD <sub>10</sub> or TMR <sub>10</sub> <sup>20</sup>
	Red and green laser alignment	1 mm
	Couch positioning accuracy	1 mm
	CT dimensional accuracy	1 mm
<b>Annually</b>	Couch speed uniformity	±2% dose nonuniformity
	Couch translation per gantry rotation	1 mm per 5 cm
	Accelerator output	±1.5%
	Beam quality (each slice width)	±1% PDD <sub>10</sub> or TMR <sub>10</sub> <sup>20</sup>
	Verification of small-field beam data	±2% from baseline for >1.0 cm apertures, ±5% from baseline for ≤1.0 cm apertures
	CT imaging — treatment — laser coordinate coincidence	1.0 mm
	E2E localization assessment “hidden target test”	1.0 mm
	E2E dosimetric evaluation	±5% measured vs. calculated

SRS is not included in the scope of this document for helical tomotherapy.

Tolerances are absolute accuracy, not variation from baseline, unless otherwise stated.

## تست‌های مربوط به MLC

Frequency	Test	Tolerance
Weekly (IMRT machines)	i.e., matched segments (Qualitative test aka “picket fence”)	Visual inspection for discernable deviations such as an increase in interleaf transmission
Monthly	Backup diaphragm settings (Elekta only)	2 mm
	Travel speed (IMRT)	Loss of leaf speed > 0.5 cm/ s
	Leaf position accuracy (IMRT)	1 mm for leaf positions of an IMRT field for four cardinal gantry angles. (Picket fence test may be used; test depends on clinical planning-segment size)
Annually	MLC transmission (average of leaf and interleaf Transmission), all energies	$\pm 0.5\%$ from baseline
	Leaf position repeatability	$\pm 1.0$ mm
	C spoke shot • ML	$\leq 1.0$ mm radius
	Coincidence of light field and x-ray field (all energies)	$\pm 2.0$ mm
	Segmental IMRT (step and shoot) test	<0.35 cm max. error RMS, 95% of error counts <0.35 cm
	Moving window IMRT (four cardinal gantry angles)	<0.35 cm max. error RMS, 95% of error counts <0.35 cm



### تست‌های دستگاه‌های تصویربرداری Non-SRS/SBRT

Equipment	Frequency	Test	Tolerance
Planar kV and MV (EPID) imaging	Daily	Collision interlocks	Functional
	Daily	Positioning/repositioning	$\leq 2$ mm
	Daily	Imaging and treatment coordinate coincidence (Single gantry angle)	$\leq 2$ mm
Cone-beam CT (kV and MV)	Daily	Collision interlocks	Functional
	Daily	Imaging and treatment coordinate coincidence	$\leq 2$ mm
	Daily	Positioning/repositioning	$\leq 1$ mm
Planar MV imaging (EPID)	Monthly	Imaging and treatment coordinate coincidence (four cardinal angles)	$\leq 2$ mm
	Monthly	Scaling	$\leq 2$ mm
	Monthly	Spatial resolution	Baseline
	Monthly	Contrast	Baseline
	Monthly	Uniformity and noise	Baseline
Planar kV imaging	Monthly	Imaging and treatment coordinate coincidence (four cardinal angles)	$\leq 2$ mm
	Monthly	Scaling	$\leq 2$ mm
	Monthly	Spatial resolution	Baseline
	Monthly	Contrast	Baseline
	Monthly	Uniformity and noise	Baseline
Cone-beam CT (kV and MV)	Monthly	Geometric distortion	$\leq 2$ mm
	Monthly	Spatial resolution	Baseline
	Monthly	Contrast	Baseline
	Monthly	HU constancy	Baseline
	Monthly	Uniformity and noise	Baseline
Planar MV imaging (EPID)	Annual	Full range of travel SDD	$\pm 5$ mm
	Annual	Imaging dose	Baseline
Planar kV imaging	Annual	Beam quality/energy	Baseline

	Annual	Imaging dose	Baseline
Cone-beam CT (kV and MV)	Annual	Imaging dose	Baseline

پیوست ۴: جنبه های اساسی برنامه ریزی برای یک برنامه SBRT یا SRS

Table 4.1. Essential planning aspects for an SBRT or SRS program.

Recommendations	Duration or frequency
1. Establish clinical program goals, specify disease sites, identify program specialists, develop protocols for treatment, follow-up, and assessment.	Initially
2. Identify required resources: expertise, personnel, technology, time.	Initially, and for each new technology or disease site.
3. Perform technology assessment commensurate with clinical goals; identify equipment and processes for simulation, immobilization, image guidance, treatment planning, motion management, treatment delivery.	Initially, and for each new technology or disease site.
4. Perform assessment of staffing levels, develop processes for initial and ongoing training of all program staff and evaluation of proficiency.	Initially, and for each new technology or disease site; assessed when changes occur (eg, patient volume and other new modalities/technologies that compete for existing resources).
5. Develop and use documented routines/checklists for SRS/SBRT processes.	Initially, for each new technology or disease site; ongoing for quality assurance purposes.
6. Establish a culture of safety and promote an environment fostering clear and open communication. Provide documentation to support SRS/SBRT processes.	Ongoing
7. Develop quality assurance processes that encompass all clinical and technical SBRT program aspects, clearly following available guidance, regarding procedures and tolerances.	Initially, for each new technology or disease site; ongoing for quality assurance purposes.
8. Conduct clinical patient conferences/meetings/rounds for pretreatment planning and posttreatment review in an interdisciplinary/multidisciplinary setting.	Ongoing
9. Establish standard protocols for pretreatment imaging: _ For SBRT, a CT simulation slice thickness of $\leq 2$ mm is recommended; 4-D simulation should be considered for any treatment site where internal motion is a possibility. _ For SRS, pretreatment MRI slice thickness should be 1 mm and time from MRI to SRS treatment start date should be minimized, but not exceed 14 days. Standard sequences and contrast dosing techniques should be established for common clinical scenarios (eg, brain metastases, meningioma, trigeminal neuralgia, AVM).	Initially
10. Establish specific SRS/SBRT treatment planning protocols: _ Develop planning objectives and evaluation criteria. _ Use appropriate calculation algorithm for specific site eg, avoid pencil beam for lung. _ Use smallest possible calculation grid size for all SRS and SBRT.	Ongoing
11. Develop processes for documentation and reporting, peer review, regular review of processes and procedures, updating protocols and recommendations, ongoing needs assessment, and continuous quality improvement into SRS/SBRT processes.	Ongoing

Abbreviations: 4-D = 4-dimensional; AVM = arteriovenous malformation; CT = computed tomography; MRI = magnetic resonance imaging; SBRT = stereotactic body radiation therapy; SRS = stereotactic radiosurgery.

Table 4.2. Personnel qualifications of a stereotactic program.

<b>Personnel requirements</b>	<b>Duration or frequency</b>
1. All personnel must demonstrate initial attainment of knowledge and competence in their respective discipline through graduation from an approved educational program, board certification and licensure as appropriate.	Initially
2. All personnel must receive equipment-specific training before involvement in an SRS/SBRT program. This may involve multiple vendors, including device manufacturers in addition to imaging systems. Training can be done by existing trained staff in established programs.	Initially, and ongoing with any upgrade or update to equipment or software.
3. All personnel must receive disease-site-specific training before involvement in a stereotactic program. This can be done by existing trained staff in established programs. Additionally, clinical cases should be observed under direct supervision before independently performing any new procedure.	Varies based on staff member profession, case load complexity and treatment modality.
4. All personnel must maintain their skills through continuing professional development. This can be done by peer review or completion of CME accredited SRS/SBRT activities.	Ongoing
5. There must be adequate resources in place to meet the demands of the stereotactic program with sufficient staff. Staff must have sufficient time to carry out the necessary tasks without undue pressure.	Ongoing
6. Job description and list of responsibilities should be clearly delineated in writing for all stereotactic program individuals.	Initially
7. Other non-radiation oncology specialists can lend expertise in the area of target delineation for SBRT, given a deep understanding of knowledge in the anatomy of various body sites, eg, specialists include neurosurgeons, pulmonologists, hepatologists, and oncologic surgeons.	Ongoing

Abbreviations: CME = continuing medical education; SBRT = stereotactic body radiation therapy; SRS = stereotactic radiosurgery.

## منابع:

- 1- Faiz M. Khan. Physics of Radiation Therapy. The 5<sup>rd</sup> Edition. 2014.
  - 2- International Atomic Energy Agency. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students. E.B. Podgorsak. Vienna 2005.
  - 3- International Atomic Energy Agency. Radiotherapy facilities: Master planning and concept design considerations. IAEA Human Health reports No.10. International Atomic Energy Agency, Vienna 2014.
  - 4- American Association of Physicists in Medicine. Report No. 083 - Quality assurance for computed-tomography simulators and the computed-tomography-simulation process: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 66 (2003).
  - 5- American Association of Physicists in Medicine. Report No. 119 - IMRT commissioning: Multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119 (2009).
  - 6- American Association of Physicists in Medicine. Report No. 142 - Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators (2009).
- ۷- ضوابط دریافت مجوز کار با اشعه در مراکز پرتودرمانی. سازمان انرژی اتمی، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی. شماره شناسه -1-10/6-122-10/6-1-1387 Mor.1387

۸- قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب خرداد ۱۳۶۸ مجلس شورای اسلامی.

۹- شناسنامه و استاندارد خدمت، رادیوتراپی به روش IMRT، زمستان ۱۳۹۹، دبیرخانه شورای راهبردی

تدوین راهنماهای سلامت، معاونت درمان، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

10- International Atomic Energy Agency. Radiation Protection in the Design of Radiotherapy

Facilities. IAEA Safety Reports Series No.47. Vienna 2006.

11- Site planning Guide, Tomotherapy treatment delivery ,ACCURAY.

12- American Association of Physicists in Medicine. Report No. 120 - Dosimetry tools and techniques for IMRT (2011).

13- American Association of Physicists in Medicine. Report No. 179 - Quality assurance for image-guided radiation therapy utilizing CT-based technologies: A report of the AAPM TG-179 (2012).

14- GUIDELINES FOR SAFE PRACTICE OF STEREOTACTIC BODY (ABLATIVE) RADIATION THERAPY. FACULTY OF RADIATION ONCOLOGY. THE ROYAL AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND COLLEGE OF RADIOLOGISTS (2015).

15- Stereotactic Ablative Body Radiation Therapy (SABR): A Resource, UK Consertium, Version 6.1, Endorsed by The Faculty of Clinical Oncology of The Royal College of Radiologists (2019).

16- [https://varian.widen.net/view/pdf/18xerusox6/Mobius\\_catalog\\_RAD10573C\\_January2021.pdf](https://varian.widen.net/view/pdf/18xerusox6/Mobius_catalog_RAD10573C_January2021.pdf)

17- Billing and Coding: Stereotactic Radiosurgery (SRS) and Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) [Internet]. <https://www.cms.gov/medicare-coverage-database/view/article.aspx?articleid=57275&ver=12&>. 09/30/2021.

- 18- AAPM-RSS Medical Physics Practice Guideline 9.a. for SRS-SBRT,  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5874865/pdf/ACM2-18-10.pdf>.
- 19- Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101, Med. Phys. 25,  
375 (1998); 10.1118/1.598232.
- 20- Report of AAPM TG 135: Quality assurance for robotic radiosurgery,  
<https://doi.org/10.1118/1.3579139>.
- 21- ACR–ASTRO PRACTICE PARAMETER FOR THE PERFORMANCE OF  
STEREOTACTIC BODY RADIATION THERAPY, Revised 2019 (CSC/BOC).
- 22- Quality and Safety Considerations in Stereotactic Radiosurgery and Stereotactic Body  
Radiation Therapy: An ASTRO Safety. White Paper Update.  
<https://doi.org/10.1016/j.prro.2022.03.001>.
- 23- [Report No. 083 - Quality assurance for computed-tomography simulators and the computed-tomography-simulation process: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 66 \(2003\)](#).
- 24- Task Group No. 66U1 - Quality assurance for computed-tomography simulators in  
Radiation Oncology: An Update to the Report of the AAPM Radiation Therapy Committee  
Task Group No. 66 (TG66U1)