Archive of SID

محاسبه توزیع دوز در براکی تراپی زبان با استفاده از رادیوایزوتوپ های مختلف به کمک شبیه سازی مونت کارلو و مقایسه با داده های تجربی

بنفشه زینلی رفسنجانی[1]، دکتر رضا فقیهی[2]*

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای گرایش پرتوپزشکی، گروه مهندسی هسته ای، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی هسته ای، دانشکده مهندسی مکانیک، مرکز تحقیقات تابش، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۶ **تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/٤/۲۵**

چکیده

مقدمه: از میان انواع سرطان های دهان، سرطان زبان بیشترین آمار را به خود اختصاص می دهد. براکی تراپی یکی از متداولترین روش های درمان سرطان زبان است. در روش های به کار رفته در براکی تراپی زبان، از چشمه های طولی جهت درمان استفاده می شود. هدف از انجام این مطالعه بررسی توزیع دوز در اطراف چشمه های طولی، مقایسه رادیوایزوتوپ های مختلف به عنوان چشمه براکی تراپی و همچنین مقایسه دوز فک و قسمت هایی از زبان که نزدیک به فک هستند حین به کارگیری حفاظ و بدون حفاظ و تعیین یکنواختی دوز داده شده در حجم درمان می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه از کد مونت کارلو MCNP4C جهت شبیه سازی استفاده شد و صحت شبیه سازی توسط مقایسه نتایج با یکی از مطالعات عملی تایید گردید. چشمه های ایریدیم ۱۹۲، سزیم ۱۳۷، رادیم ۲۲۶، طلا ۱۹۸، ایندیم ۱۱۱ و باریم ۱۳۱ در شبیه سازی به کار گرفته شد و سیستم پاریس جهت چینش چشمه ها مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج: میزان درصد کاهش دوز فک هنگام استفاده از حفاظ ۲ میلیمتر سرب برای چشمه های مذکور به ترتیب ۳۵/۴، ۲۰/۱، ۸۶/۶، ۳۲/۲۴، ۷۵/۶ و ۳۶/۸ می باشد. میزان دوز نواحی اطراف زبان هنگام استفاده از حفاظ در چشمه های مختلف تغییر چندانی نداشت. میزان یکنواختی دوز به ترتیب از بیشترین یکنواختی به کمترین، به ترتیب سزیم ۱۳۷، طلا ۱۹۸، ایریدیم ۱۹۲، باریم ۱۳۱، ایندیم ۱۱۱ و رادیم ۲۲۶ می باشد.

بحث و نتیجه گیری: ایریدیم ۱۹۲ و سزیم ۱۳۷ بهترین چشمه ها برای درمان براکی تراپی زبان هستند در حالیکه ایندیم ۱۱۱ و رادیم ۲۲۶ گزینه های مناسبی برای رادیوتراپی زبان نیستند و چشمه های طلا ۱۹۸ و باریم ۱۳۱ عملکرد نسبتا یکسانی با ایریدیم ۱۹۲ دارند.
(مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۸، شماره ۲، پیاپی (۳۱)، تابستان ۹۰: ۴۴-۳۵)

واژگان کلیدی: براکی تراپی، سرطان زبان، توزیع دوز، شبیه سازی ، مونت کارلو

* **نویسنده مسؤول: دکتر رضا فقیهی**

آدرس: خیابان ملاصدرا، دانشکده مهندسی مکانیک، بخش هسته ای، کدپستی ۷۱۳۴۸۵۱۱۵۴: شیراز، ایران

faghihir@shirazu.ac.ir

تلفن: ۰۹۱۷۷۱۴۷۶۶۵

نمایر: ۶۴۷۳۰۳۵ (۷۱۱) ۹۸+

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بر اساس آمار اعلام شده توسط جامعه سرطان آمریکا[1] در سال ۲۰۰٤، ۷۳۲۰ مورد سرطان دهان و ۱۷۰۰ مورد مرگ به همین علت در آمریکا گزارش شده است [۱]. یکی از معمول ترین انواع سرطان زبان سرطان اسکواموس[2] نام دارد. انواع دیگری از سرطان ها نیز وجود دارند که از لحاظ آماری احتمال وقوع کمی دارند [۲].

گزینه های درمانی برای سرطان اسکواموس زبان در مراحل اولیه شامل جراحی، رادیوتراپی و براکی تراپی است که هر کدام نقش درمانی مؤثری بر تومور دارند. مشکلات عملکردی زبان که از موارد عدم مزایای روش های مختلف هستند در انتخاب شیوه درمان تأثیرگذار می باشند. به عنوان مثال جراحی ریسک نقص عملکردی را به دنبال دارد، رادیوتراپی خارجی عمدتا سبب خشکی دهان می شود و براکی تراپی امکان نکروز استخوانی را در بر دارد. هنگامیکه امکان عمل جراحی میسر نباشد براکی تراپی بهترین روش درمان است [۳].

در این نوع درمان جهت کاهش میزان خطر نکروز استخوانی یک حفاظ سربی به ضخامت ۲ میلیمتر ساخته می شود که بین زبان و فک قرار می گیرد. در بعضی مواقع نیز توسط رزین بین زبان و فک فاصله بیشتری ایجاد می شود [٥-٤].

در این تحقیق روش درمان براکی تراپی توسط میله راهنما[3] مورد بررسی قرار گرفته است. میله راهنما سوزن های فلزی توخالی، شامل دو میله عمودی است که با یک میله افقی به هم متصل شده اند. طول میله عمودی ٦ سانتیمتر است ولی در بعضی بیمارستان ها از طول ٤/٥ سانتیمتر استفاده می شود. فاصله دو میله عمودی۱۲ میلیمتر از مرکز حفره[4] میانی است. یک شیار ۰/۸ میلیمتری در قسمت داخلی هر میله وجود دارد و قطر حفره میانی هر میله ۱/٤ میلیمتر است، که دسترسی آسان به گیره ایریدیم با قطر ۰/٦ میلیمتر را فراهم می کند. گیره های ایریدیم نیز با طول ٦ سانتیمتر وارد میله های عمودی می شوند و می توان آنها را تا اندازه دلخواه کوتاه کرد تا متناسب با میله راهنمای مربوط شود. گاهی در برخی از شرایط طول آنها را تا ۳/٥ سانتیمتر کوتاه می کنند.

برای کاشت، ابتدا حجم تومور اندازه گیری می شود. معمولا یک لبه ۱ سانتیمتری در ابعاد جلویی-عقبی و بالا و پایین برای تعیین حجم مورد نظر تومور جهت کاشت در نظر گرفته میشود در حالیکه یک لبه ٥ میلیمتری در جهت داخلی کافی است. سپس ناحیه کاشت روی مخاط زبان علامت گذاری می شود. در سیستم پاریس[5] چشمه ها باید موازی و با فواصل یکسان از هم قرار گیرند. چشمه ها با فاصله ۱۲ میلیمتر در عرض حجم تومور قرار می گیرند [٤]. در سیستم پاریس آهنگ دوز مرجع ۸٥٪ آهنگ دوز قاعده ای[6] (BD) است و آهنگ دوز قاعده ای، میانگین حداقل آهنگ های دوز بین چشمه ها، داخل حجم کاشت است [۷-٦].

براکی تراپی به عنوان روش درمانی منتخب جهت درمان سرطان زبان، نیازمند مطالعه و تحقیقات بسیار است. تحقیقاتی در زمینه مقایسه دوز مورد نیاز جهت براکی تراپی به تنهایی و همراه با رادیوتراپی خارجی انجام شده است که مشخص می کند در براکی تراپی به تنهایی برای درمان سرطان های نوع اول و دوم به ٦٥ و ۷۰ گری دوز نیاز است در حالیکه بعد از رادیوتراپی خارجی با دوز ٤٥ تا ٥۰ گری، دوز ۳۰ تا ۳٥ گری برای براکی تراپی مورد نیاز است [٤]. مطالعاتی نیز جهت مقایسه آهنگ دوز بالا[7] (HDR) و آهنگ دوز پایین[8] (LDR) در درمان سرطان زبان صورت گرفته است که نشان می دهد HDR از لحاظ کنترل موضعی سرطان مشابه LDR عمل میکند [۸]. اثر درمانی رادیوتراپی برای بیماران با تومورهای زبان بزرگتر

[1] American Cancer Society
[2] Squamous Cell Carcinoma
[3] Guide gutter
[4] Lumen
[5] Paris
[6] Basal dose
[7] High dose rate
[8] Low dose rate

www.SID.ir

Archive of SID

از ۱ سانتیمتر نیز مورد بررسی قرار گرفته است که مشخص می کند انجام رادیوتراپی به صورت درون بافتی همراه با رادیوتراپی خارجی، برگشت مجدد تومور را در ٦٢ ٪ از بیماران به مدت ٤٠ تا ١٢٠ ماه به تعویق می اندازد [۹]. در سالهای اخیر مطالعاتی در رابطه با استفاده از براکی تراپی در درمان سرطان زبان در سطوح ۱ و ۲ در افراد سالخورده ۷۵ سال به بالا با استفاده از چشمه های طلا ۱۹۸، رادیم ۲۲٦، سزیم ۱۳۷ و ایریدیم ۱۹۲ انجام شده است که نشان می دهد استفاده از براکی تراپی در این بیماران می تواند جایگزین مناسبی برای رادیوتراپی خارجی باشد [۱۰-۱۱]. کنترل موضعی مشاهده شده در این بیماران مانند بیماران جوانتر رضایت بخش بوده است به این ترتیب که کنترل موضعی ۵ ساله در این افراد ۹۱٪ و در افراد جوان ۸۲٪ بوده است. نسبت بقا نیز در این بیماران ۸۳٪ تخمین زده شد [۱۰]. در مطالعه دیگر میزان کنترل موضعی در افراد مسن ۸٦٪ ارزیابی شد و نسبت بقا در افراد کمتر از ۸۰ سال ۷۰٪ و در افراد مسن تر ٤١٪ تخمین زده شد [۱۱].

هدف از انجام این مطالعه، بررسی توزیع دوز در اطراف چشمه های طولی، مقایسه رادیوایزوتوپ های مختلف به عنوان چشمه براکی تراپی، مقایسه دوز فک و قسمت هایی از زبان که نزدیک به فک هستند حین به کارگیری حفاظ و بدون حفاظ و تعیین یکنواختی دوز داده شده در حجم درمان می باشد.

۲- مواد و روشها

در این تحقیق از کد محاسباتی مونت کارلو MCNP4C جهت شبیه سازی استفاده شده است [۱۲]. هندسه چشمه ها و میله راهنما در قسمت شرح کار، توضیح داده شده است. در این شبیه سازی ۱۷۰ سلول جمع آوری داده به صورت کره هایی با شعاع ۱ میلیمتر در سطح مرکزی زبان و فک شبیه سازی شد. در کلیه برنامه های مربوط به چشمه های مختلف یکصد میلیون ذره، به اجرا گذاشته شد.

۲-۱- مراحل انجام کار

مراحل انجام کار شامل شبیه سازی چشمه های رادیوایزوتوپی جهت مقایسه، شبیه سازی میله های راهنما، بافت زبان، فک و حفاظ سربی، تعیین توزیع دوز در اطراف چشمه ها، تعیین میزان غیر یکنواختی دوز داده شده به حجم تحت درمان و تعیین دوز فک در مجاورت چشمه ها با و بدون استفاده از حفاظ فک می باشد. به منظور تعیین میزان غیر یکنواختی دوز در حجم درمان، انحراف معیار با استفاده از معادله ۱، محاسبه شد.

$$SD = k\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x)^2}{n-1}} \quad (1)$$

در این معادله Xi مقدار دز برحسب مگا الکترون ولت بر گرم در هر یک از سلول ها و X میزان دوز میانگین بر حسب مگا الکترون ولت بر گرم در کلیه سلول های اطلاعات در حجم درمان می باشد (مقادیر دوز میانگین در حجم درمان به مقدار دوز مرجع بر حسب مگا الکترون ولت بر گرم بسیار نزدیک است). k ضریب نرمالیزه کردن دوز مرجع تمام رادیوایزوتوپ ها با دوز مرجع سزیم است که بیشترین مقدار را دارد (به این ترتیب تمام رادیوایزوتوپ ها از لحاظ میزان غیر یکنواختی قابل مقایسه خواهند شد) و n تعداد سلول های اطلاعات می باشد.

۲-۲- شرح کار

بر اساس اطلاعات داده شده از اندازه چشمه و میله راهنما در مطالعه نگان و همکارانش در سال ۲۰۰٤ [٤] شبیه سازی مونت کارلو با استفاده از کد MCNP4C انجام شد. بنابراین طول چشمه و میله راهنما ٤/۵ سانتیمتر، فاصله دو میله عمود میله راهنما ۱/۲ سانتیمتر، قطر حفره میانی هر میله راهنما ۱/٤ میلیمتر، شیار موجود در قسمت داخلی میله های راهنما ۰/۸ میلیمتر و قطر چشمه ۰/٦ میلیمتر انتخاب گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

چینش چشمه ها بر اساس سیستم پاریس انجام شد به این ترتیب فاصله بین چشمه ها ۱/۲ سانتیمتر و اکتیویته چشمه ها ۱ میلی کوری بر سانتیمتر در نظر گرفته شد و طبق مقررات سیستم پاریس اکتیویته کلیه چشمه ها در یک کاشت و اکتیویته چشمه های مختلف جهت مقایسه یکسان فرض شد. لازم به ذکر است تنها در سمت چپ زبان، فک و حفاظ سربی طراحی شدند تا بتوان تغییرات را با سمت راست که تحت تاثیر مواد اطراف نیست مقایسه کرد.

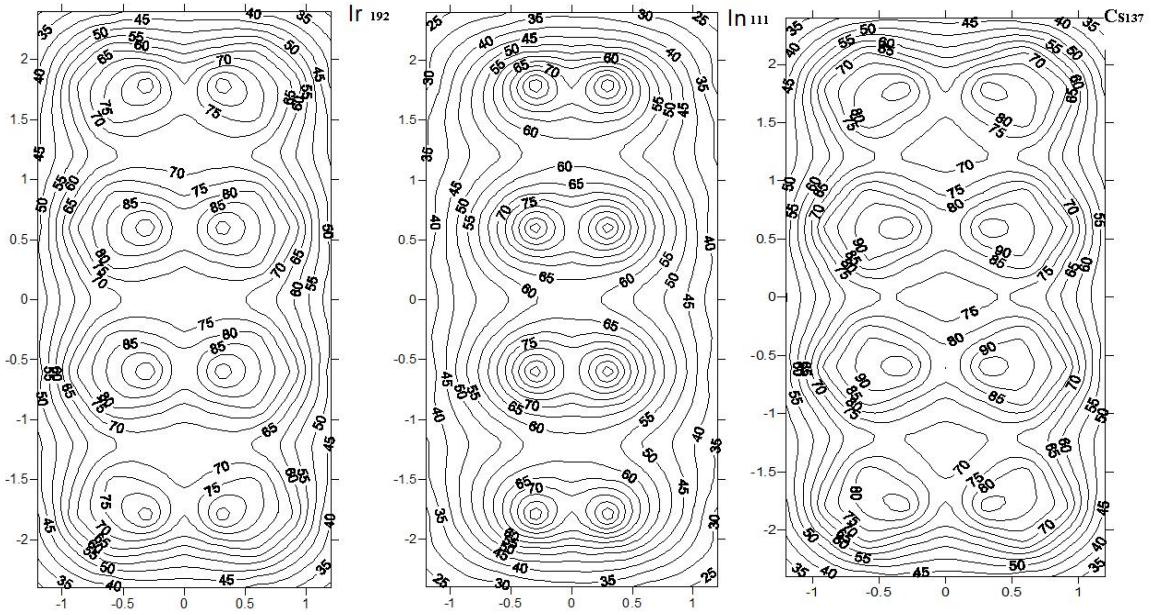
شبیه سازی برای چشمه های مختلف انجام شد. لازم به ذکر است که در شبیه سازی چشمه ها طیف انرژی رادیوایزوتوپ ها مورد استفاده قرار گرفته است. در جدول ۱ نوع رادیوایزوتوپ ها، نیمه عمر، تعداد فوتون ها به ازای استحاله و متوسط انرژی فوتون ها ارائه شده است.

جدول ۱- نوع رادیوایزوتوپ های بکار رفته، نیمه عمر، انرژی متوسط، انرژی حداکثر و تعداد فوتون های استحاله شده [۱٤]

نوع رادیوایزوتوپ	نیمه عمر	متوسط انرژی فوتونها با توجه به احتمال تابش (مگا الکترون ولت)	انرژی حداکثر (مگا الکترون ولت)	تعداد فوتون ها به ازای استحاله
ایریدیم ۱۹۲	۷٤ روز	۰/۳٤۷	۰/۸۸٤	۲/۳٦
سزیم ۱۳۷	۳۰/۱۷سال	۰/٦٦۲	۰/٦٦۲	۰/۹٤
طلا ۱۹۸	۲/۷ روز	۰/٤۰۲	۱/۰۹	۱
رادیم ۲۲٦	۱٦۰۰ سال	۰/۱٤۳	۰/۳۰۹	۰/۰٤۷
ایندیم ۱۱۱	۲/۸ روز	۰/۱٤۷	۰/۲٤٥	۲/۷٤
باریم ۱۳۱	۱۱/۸روز	۰/۱۹۸	۱/۰٥	۲/۳۹

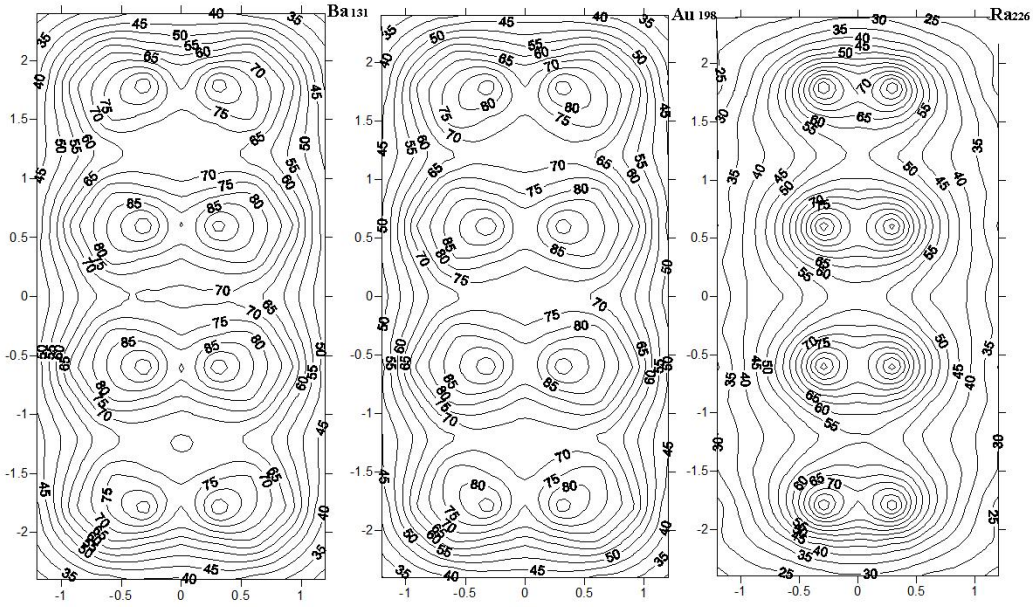
۳- نتایج

پس از اندازه گیری مقدار انرژی در واحد جرم (مگا الکترون ولت بر گرم) به ازای هر ذره، منحنی ایزودوز برای هر چشمه توسط نرم افزار Surfer 8 به صورت شکل ۱رسم شد[۱٥].



www.SID.ir

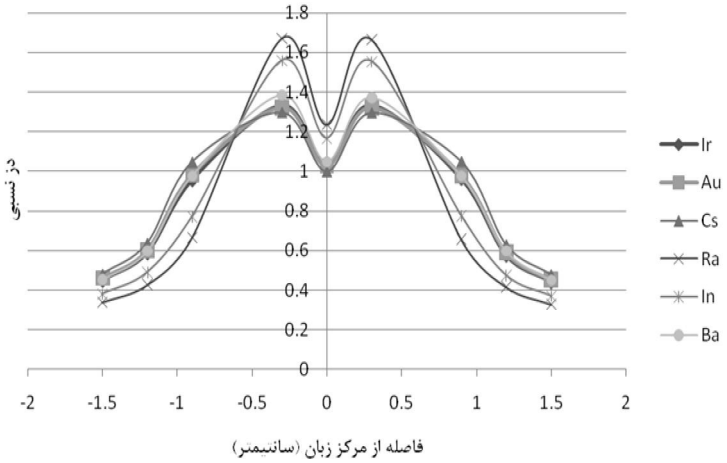
Archive of SID



شکل۱- مقایسه توزیع دوز در اطراف چشمه های مختلف(مقادیر ذکر شده در شکل به صورت درصدی می باشند)

چنانچه از شکل ۱ مشخص است توزیع دوز در اطراف چشمه های رادیم و ایندیم شبیه یکدیگر می باشد. رادیم ۲۲۶ و ایندیم ۱۱۱ به علت داشتن فوتون های با انرژی متوسط ۰/۱۴۳ و ۰/۱۴۷ مگا الکترون ولت توزیع دوز فشرده تری در نواحی نزدیک به کاشت دارند زیرا ناحیه بیلد آپ در مورد این رادیوایزوتوپ ها کوچکتر است. همانطور که جدول ۱ نشان می دهد این دو رادیوایزوتوپ از لحاظ انرژی متوسط با در نظر گرفتن احتمال تابش نیز به یکدیگر نزدیک می باشند. میزان غیر یکنواختی این رادیوایزوتوپ ها از سایر رادیوایزوتوپ ها بالاتر ارزیابی شد (جدول ۲) بنابراین در حجم درمان توزیع دوز یکنواختی ندارند.

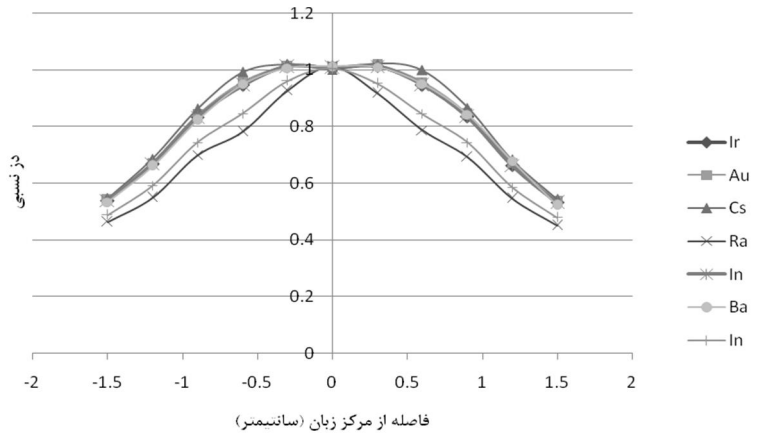
جهت نشان دادن میزان دوز نسبی رادیوایزوتوپ های مختلف در سطح چشمه ها و سطح بین چشمه ها نمودار های هیستوگرام نرمالیزه شده رسم شد (شکل ۲و ۳).



شکل ۲- نمودار هیستوگرام دوز نسبی عرض زبان در سطح چشمه ها

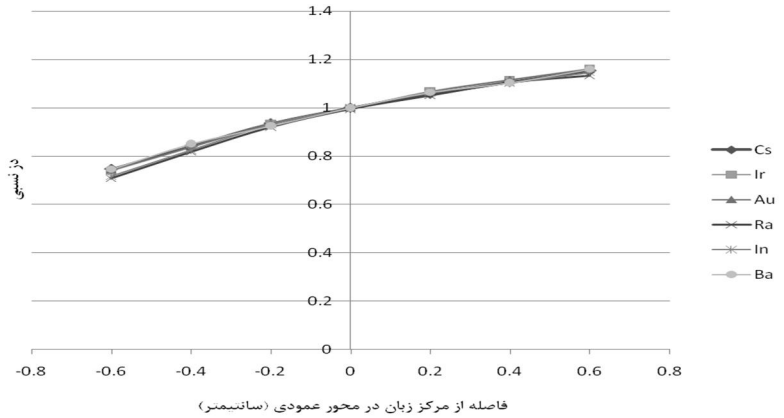
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار هیستوگرام دوز نسبی عرض زبان در سطح بین چشمه ها

لازم به ذکر است که نمودار های فوق نشان دهنده دوز نسبی در سطح مرکزی زبان می باشند زیرا به علت شکل میله راهنما و چشمه های رادیوایزوتوپی دوز از سطح تا کف زبان کمی متغیر است ولی دوز در بخش مرکزی، میانگین دوز های سطح و کف زبان می باشد (شکل ٤). کلیه نمودار ها نسبت به دوز سزیم ۱۳۷ در نقطه مرکزی نرمالیزه شده اند.



شکل ٤- دوز نسبی از سطح تا کف زبان در محور مرکزی

در مطالعه نگان و همکارانش [٤] قید شده بود که برای داشتن دوز مرجع ٦٥ گری چشمه ها باید به مدت ٦ روز در دهان بیمار باقی بمانند لذا زمان قرار دهی کلیه چشمه ها در دهان ٦ روز فرض شد. میزان دوز قاعده ای، دوز مرجع، میزان غیر یکنواختی، دوز فک بدون حفاظ و با قرار دادن حفاظ، در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- دوز قاعده ای و دوز مرجع، میزان غیر یکنواختی، دوز فک بدون حفاظ و با حفاظ برای رادیوایزوتوپ های مختلف

نوع رادیوایزوتوپ	دوز قاعده ای (مگا الکترون ولت بر گرم)	دوز قاعده ای (گری)	دوز مرجع (مگا الکترون ولت بر گرم)	دوز مرجع (گری)	میزان غیر یکنواختی	دوز فک بدون حفاظ (گری)	دوز فک با حفاظ (گری)	درصد کاهش
ایریدیم ۱۹۲	۲/۰۹×۱۰-٤	۷۲/۲۵	۱/۷۸×۱۰-٤	٦۱/٤	۱/۱۷×۱۰-٤	۱۵/۹٤	۱۰/۳	۳۵/٤
سزیم ۱۳۷	٤/۷۵×۱۰-٤	٤٤/٤	٤/۰٤×۱۰-٤	۳۷/۸	۱/۱٦×۱۰-٤	۱۱/۵۹	۹/۲٦	۲۰/۱
طلا ۱۹۸	۲/٤۹×۱۰-٤	۱۵/۹۳	۲/۱۲×۱۰-٤	۱۳/۵٤	۱/۱٦٤×۱۰-٤	٤/۲۸	۲/۹	۳۲/۲٤
رادیم ۲۲٦	٤/۲۸×۱۰-۵	۰/۲۳	۳/٦٤×۱۰-۵	۰/۲	۱/۵٦×۱۰-٤	۰/۱۰۵	۰/۰۱٤	۸٦/٦
ایندیم ۱۱۱	٦/۰۱×۱۰-۵	۱۰/۷٤	۵/۱۱×۱۰-۵	۹/۱۳	۱/٤۱×۱۰-٤	۳/۷۵	۰/۹۱٤	۷۵/٦
باریم ۱۳۱	۱/۱۵×۱۰-٤	۲۹/۲۲	۹/۸×۱۰-۵	۲٤/۸٤	۱/۲۲×۱۰-٤	۸/۳۵	۵/۲۷	۳٦/۸

www.SID.ir

Archive of SID

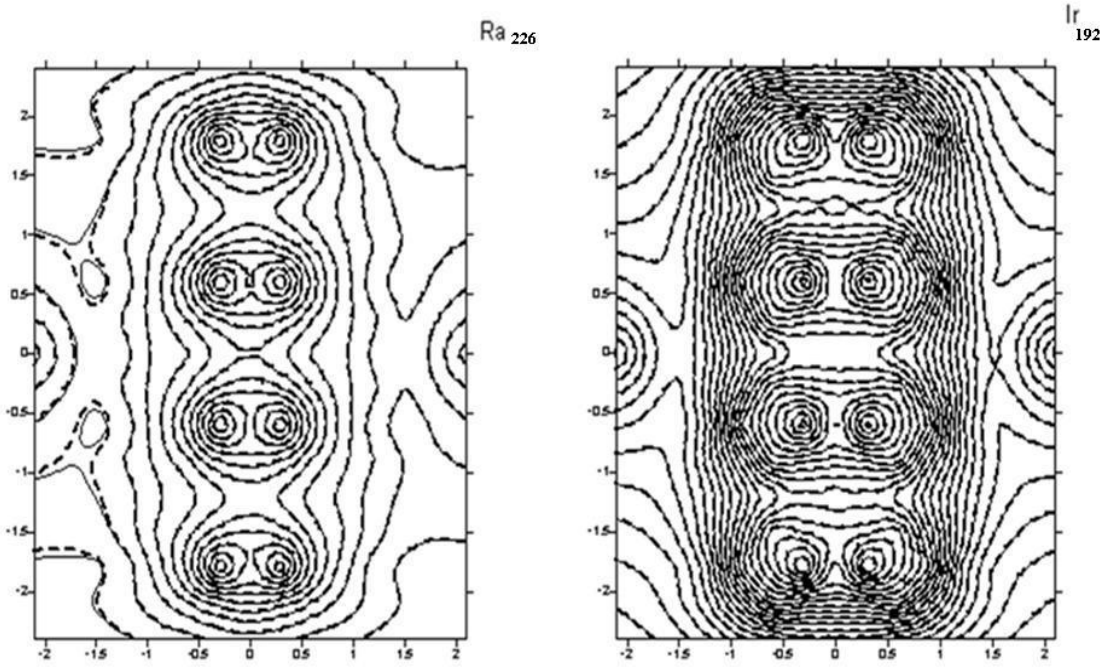
پیش بینی می شد که استفاده از حفاظ به علت ایجاد پرتوهای پراکنده برگشتی از حفاظ، سبب افزایش دوز زبان در نواحی نزدیک به حفاظ می شود. بنابراین دوز زبان در نواحی نزدیک به فک در بیشتر رادیوایزوتوپ ها هنگام استفاده از حفاظ افزایش می یابد. در جدول ۳ دوز زبان در نزدیکی حفاظ، با و بدون استفاده از حفاظ، میانگین و حداکثر تغییرات دوز کناره های زبان در نزدیکی حفاظ آورده شده است. چنانچه مشخص است تغییرات دوز زبان هنگام استفاده از حفاظ چندان حائز اهمیت نیست. در شکل ۵ ایزودوز های رادیم ۲۲٦ و ایریدیم ۱۹۲ با و بدون استفاده از حفاظ بر هم منطبق شده اند.

چنانچه از شکل ۵ مشخص است خطوط ایزودوز ایریدیم ۱۹۲ که کمترین میزان تغییرات دوز را هنگام استفاده از حفاظ دارد انطباق کامل را نشان می دهند در حالیکه خطوط ایزودوز رادیم ۲۲٦ که بیشترین میزان تغییرات را دارد در نواحی نزدیک به حفاظ (سمت چپ) کمی عدم انطباق دارند.

خلاصه ای از نتایج در جدول ٤ ارائه شده است. در این جدول چشمه ها بر اساس زمان لازم برای اعمال دوز تجویز شده، میزان یکنواختی و میزان کنترل دوز بافت سالم فک طبقه بندی شده اند.

جدول ۳- دوز زبان در نواحی نزدیک به حفاظ با و بدون حفاظ و میزان میانگین و حداکثر تغییرات دوز کناره زبان با و بدون استفاده از حفاظ. داده های جدول بر اساس ایریدیم نرمال شده اند.

رادیوایزوتوپ	بدون حفاظ (گری)	با حفاظ (گری)	میانگین تغییرات	حداکثر تغییرات
ایریدیم ۱۹۲	۲۹/٦٥	۲۹/٦۲	۰/۰۳۱	۰/۱۰۳
سزیم ۱۳۷	۲۲/٥۸	۲۲/٦۳	۰/۰۸٥	۰/۱۳۱
رادیم ۲۲٦	۰/۱۱٦	۰/۱۱۹	۰/۸۸	۱/۲٥
طلا ۱۹۸	۷/۹۲	۷/۹	۰/۰٤٥	۰/۱۳
ایندیم ۱۱۱	٤/۷۲	٤/۷۷	۰/۳۱٦	۰/٥٤
باریم ۱۳۱	۱٤/۳۱	۱٤/۳٥	۰/۰۹٥	۰/۲۰٥



شکل ٥- خطوط ایزودوز ایریدیم و رادیم با و بدون استفاده از حفاظ بر روی هم منطبق شده اند. خط چین ها نشان دهنده ایزودوزها هنگام استفاده از حفاظ است.لازم به یاد آوری است که حفاظ تنها در سمت چپ زبان شبیه سازی شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- طبقه بندی چشمه ها بر اساس زمان لازم برای اعمال دوز تجویز شده، میزان یکنواختی و میزان کنترل دوز بافت سالم فک با توجه به اهمیت

چشمه ها به ترتیب کمترین میزان غیر یکنواختی به بیشترین مقدار (بسیار مهم)	چشمه ها به ترتیب بیشترین درصد کاهش دوز فک به کمترین میزان (مهم)	چشمه ها به ترتیب کمترین زمان لازم برای اعمال دوز تجویز شده به بیشترین مقدار (وابسته به میزان اکتیویته)
سزیم ۱۳۷	رادیم ۲۲٦	ایریدیم ۱۹۲
طلا ۱۹۸	ایندیم ۱۱۱	سزیم ۱۳۷
ایریدیم ۱۹۲	باریم ۱۳۱	باریم ۱۳۱
باریم ۱۳۱	ایریدیم ۱۹۲	طلا ۱۹۸
ایندیم ۱۱۱	طلا ۱۹۸	ایندیم ۱۱۱

٤- بحث

چنانچه از جدول ۲ مشخص است دوز مرجع با استفاده از ایریدیم ۱۹۲ با مشخصات مشابه با مطالعه نگان [٤]، توسط کد MCNP4C، ٦۱/٤ گری محاسبه شده است که نزدیک به دوز ٦٥ گری در مطالعه مذکور است، بنابراین شبیه سازی انجام شده با میزان خطای ٥/٥٤ ٪ از دقت کافی برخوردار است. به نظر می رسد اختلاف کمی که در نتایج حاصل از محاسبات با مطالعه مذکور وجود دارد به علت خطاهای آماری، اختلافات کم در هندسه به کار رفته در اندازه گیری تجربی و شبیه سازی مونت کارلو و کم بودن دقت در اکتیویته چشمه ها در کار عملی نسبت به شبیه سازی باشد.

خطوط ایزودوز نزدیک به هم در شکل ۱، در نواحی نزدیک به چشمه ها در رادیوایزوتوپ های رادیم و ایندیم نشان می دهد که این رادیوایزوتوپ ها دوز بیشتری را به نواحی اطراف چشمه منتقل می کنند و در نواحی دورتر دوز به شدت افت می کند در حالیکه خطوط ایزودوز در نواحی نزدیک به چشمه، در رادیوایزوتوپ های سزیم، باریم، ایریدیم و طلا چندان به هم نزدیک نیستند. این رادیو ایزوتوپ ها توزیع دوز یکنواخت تری را در این نواحی نشان می دهند. یکنواختی دوز در چشمه های سزیم، باریم، ایریدیم و طلا را می توان به روشنی در تصاویر ۲ و ۳ نیز مشاهده کرد، زیرا منحنی تغییرات دوز آنها شیب کمتری نسبت به منحنی تغییرات دوز رادیم و ایندیم دارد. همچنین کاملا واضح است که رادیم و ایندیم دوز بیشتری را به نواحی نزدیک چشمه می دهند و سپس با شیب تندی، دوز کاهش می یابد.

دوز فک بدون حفاظ، نمادی از میزان دوز به نواحی سالم است. ایریدیم ۱۹۲ در زمان مورد نظر بیشترین میزان دوز را به فک داده است که با استفاده از حفاظ دوز فک ۳٥/٤ ٪ کاهش یافته است. ایریدیم ۱۹۲ از لحاظ میزان یکنواختی دوز در حجم درمان، بعد از سزیم و طلا بیشترین یکنواختی را دارد.

سزیم ۱۳۷ پس از ایریدیم ۱۹۲ بیشترین میزان دوز قاعده ای (BD) و دوز مرجع را بر حسب گری در زمان مورد نظر دارد، به این معنی که بعد از ایریدیم ۱۹۲ به زمان کمتری جهت پرتودهی نیاز دارد. به علت اینکه انرژی فوتون های سزیم ۱۳۷ زیاد است فوتون های بیشتری به فک میرسد و هنگام استفاده از حفاظ برای فک، دوز تنها ۲۰/۱٪ کاهش می یابد، گرچه در انرژی ۰/٦٦۲ مگا الکترون ولت سطح مقطع کمپتون بیشتر از سطح مقطع فوتوالکتریک است ولی همچنان جذب فوتوالکتریک پا بر جاست. سطح مقطع کمپتون $۲۰/٦۸\times۱۰^{-۲۸}$ متر مربع بر اتم و سطح مقطع فوتوالکتریک $۱٤/٥۹\times۱۰^{-۲۸}$ متر مربع بر اتم می باشد [۱۳]. با توجه به میزان غیر یکنواختی آورده شده در جدول ۲، سزیم به علت انرژی متوسط بیشتر، بیشترین یکنواختی را دارد.

طلا ۱۹۸ و ایندیم ۱۱۱ به علت داشتن نیمه عمر کم و به علت استحاله زیاد برای کاشت های طولانی مدت مناسب نیستند. در مدت زمان ٦ روز ۲/۲۲ و ۲/۱٤ نیمه عمر از طلا ۱۹۸ و ایندیم ۱۱۱ سپری میشود به همین علت دوز زیادی در این مدت ایجاد نمی کنند و میزان آهنگ دوز

www.SID.ir

Archive of SID

بسیار متغیر خواهد بود. طلا ۱۹۸ به علت داشتن فوتونهای پر انرژی هنگام استفاده از حفاظ فک، دوز فک را ۳۲/۲٤ ٪ کاهش می دهد. در حالیکه ایندیم ۱۱۱ به دلیل داشتن فوتون های کم انرژی دوز زیادی به فک نمی دهد همچنین هنگام استفاده از حفاظ، دوز فک را به مقدار ۷۵/٦ ٪ کاهش میدهد و بدین ترتیب دوز را به تقریبا ۱ گری می رساند. از لحاظ یکنواختی دوز در حجم درمان، طلا ۱۹۸ بعد از سزیم بیشترین یکنواختی را دارد در حالیکه ایندیم ۱۱۱ یکنواختی دوز مناسبی در حجم درمان ندارد زیرا به علت انرژی متوسط کمتر، شیب تغییرات دوز آن در حجم درمان بیشتر است.

رادیم ۲۲٦ معمولا به تنهایی برای درمان براکی تراپی زبان استفاده نمی شود زیرا چنانچه مشخص است به علت اکتیویته ویژه کم، مدت زمان کاشت بسیار طولانی می شود ضمن اینکه یکنواختی دوز مناسبی ندارد. به علت اینکه متوسط انرژی رادیم ۲۲٦ چندان زیاد نیست و چنانچه قید شد اکتیویته ویژه پایین دارد دوز زیادی به فک نمی رسد و با استفاده از حفاظ دوز فک ۸٦/٦٪ کاهش می یابد بنابراین هنگام کار با رادیم ۲۲٦ نسبت به سایر رادیوایزوتوپ ها حفاظ استفاده شده به طور کارآمدتری دوز را کاهش می دهد.

باریم ۱۳۱ بعد از سزیم ۱۳۷ به کمترین زمان برای پرتودهی لازم جهت درمان نیاز دارد و هنگام استفاده از حفاظ دوز فک را به مقدار۳٦/۸ ٪ کاهش می دهد.

با نگاهی به نتایج جدول ۲ مشخص میشود که درصد کاهش دوز فک هنگام استفاده از حفاظ با انرژی متوسط رادیوایزوتوپ رابطه معکوس دارد. هرچه انرژی متوسط رادیوایزوتوپ بیشتر باشد درصد کاهش دوز فک هنگام استفاده از حفاظ کمتر میشود در حالیکه میزان یکنواختی دوز در حجم درمان با انرژی متوسط رادیوایزوتوپ ها رابطه مستقیم دارد.

چنانچه از جدول ۳ مشخص است هنگام استفاده از حفاظ، دوز زبان در نزدیکی فک در مورد بسیاری از رادیوایزوتوپ ها افزایش می یابد که علت این پدیده ایجاد پرتوی پراکنده از سطح حفاظ است. افزایش دوز مشاهده شده بسیار ناچیز و قابل چشم پوشی است. بر اساس جدول ۳ بیشترین تغییرات دوز هنگام استفاده از رادیم ۲۲٦ و کمترین تغییرات هنگام استفاده از ایریدیم ۱۹۲ رخ داده است. در شکل ۵ نیز می بینیم که خطوط ایزودوز ایریدیم با و بدون استفاده از حفاظ فک کاملا برهم منطبق شده اند ولی خطوط ایزودوز رادیم به علت تغییرات دوز بیشتر در دو حالت مذکور در نزدیکی حفاظ بر هم منطبق نیستند.

۵- نتیجه گیری

چنانچه از جدول ٤ مشخص است، ایریدیم ۱۹۲ و سزیم ۱۳۷ بهترین چشمه ها برای درمان براکی تراپی زبان هستند زیرا میزان متوسط تغییرات دوز در حجم درمان کم است بنابراین دوز نسبتا یکنواختی را به کل حجم مورد نظر می دهند و جهت پرتودهی مورد نیاز، زمان کمی احتیاج است. در حالیکه ایندیم ۱۱۱ و رادیم ۲۲٦ گزینه های مناسبی برای رادیوتراپی زبان نیستند. صرف نظر از زمان زیاد مورد نیاز جهت اعمال دوز کافی به حجم درمان توسط چشمه های طلا ۱۹۸ و باریم ۱۳۱ بر اساس شکل ۲ و ۳ این دو رادیوایزوتوپ عملکرد یکسانی با ایریدیم ۱۹۲ دارند و طبق جدول ۲ نیز درصد کاهش دوز فک هنگام استفاده از این رادیوایزوتوپ ها تقریبا مشابه با ایریدیم ۱۹۲ می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. American Cancer Society. Cancer Facts and Figures. Available at: http://www.wrongdiagnosis.com/t/tongue_cancer/stats.htm#medical_stats. Accessed Aug 16, 2010.
2. Head and Neck Cancer Specialists. Tongue Cancer, Squamous Cell Cancer of the oral tongue. 2009; Available at: http://www.tonguecancer.com/tongue_cancer.htm. Accessed Aug 16, 2010.
3. Quon H, Harrison LB. Brachytherapy in the treatment of head and neck cancer. Oncology (Williston Park). Oncology (Williston Park). 2002 Oct;16(10):1379-93; discussion 1393, 1395-6. Review.
4. Ngan RKC, Wong RKY, Tang F. Interstitial Brachytherapy for Early Oral Tongue Cancer Using Iridium Hairpin or Wire. J HK Coll Radiol. 2004(7):88-94.
5. Oota S, Shibuya H, Yoshimura R, Watanabe H, Miura M. Brachytherapy of stage II mobile tongue carcinoma. Prediction of local control and QOL. Radiat Oncol. 2006;1:21.
6. Khan FM. The Physics of Radiation Therapy. 4th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
7. Suntharalingam N, Podgorsak EB, H.Tolli. Brachytherapy Physical and clinical aspects. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students International Atomic Energy Agency; 2005. p. 462-3.
8. Yamazaki H, Inoue T, Yoshida K, Yoshioka Y, Furukawa S, Kakimoto N , et al. Brachytherapy for early oral tongue cancer: low dose rate to high dose rate. J Radiat Res (Tokyo). 2003;44(1):37-40.
9. Ohizumi Y, Tamai Y, Imamiya S, Akiba T, Horiuchi M. Primary radiotherapy for tongue cancers with a tumor thickness exceeding 1 cm. Int J Clin Oncol. 1998;3(6):374-8.
10. Yamazaki H, Yoshida K, Kotsuma T, Yoshioka Y, Koizumi M, Furukawa S, et al. Age is not a limiting factor for brachytherapy for carcinoma of the node negative oral tongue in patients aged eighty or older. Radiat Oncol. 2010;5:116.
11. Khalilur R, Hayashi K, Shibuya H. Brachytherapy for tongue cancer in the very elderly is an alternative to external beam radiation. Br J Radiol. 2011;84(1004):747-9.
12. Briesmeister JF. MCNP - A General Monte Carlo N- Particle Transport Code. version 4B ed. Los Alamos New Mexico: Los Alamos National Laboratory 1997.
13. Johns HE, Cunningham JR. Physics of Radiology. 4th ed. Illinois: Charles C. Thomas; 1983.
14. Hacker C. Radiation decay. 3.6 ed2005. Available at: http://www.radprocalculator.com/RadDecay.aspx. Accessed Aug 16, 2010.
15. Surfer version 8, Surface mapping system, Golden softe ware, 2002. Available at: http://www.hearne.com.au/products/surfer/. Accessed Aug 16, 2010.

www.SID.ir