



## دوز جذبی بتا و گامای ید ۱۳۱ در تیروئید بیضی گون و سایر اندام‌های گردن

### با استفاده از کد MCNPX

محمد میرزایی<sup>۱\*</sup>، علی اصغر مولوی<sup>۲</sup>، سعید محمدی<sup>۳</sup>، حسین میرشکارپور<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور تهران

<sup>۲</sup> گروه فیزیک، دانشکده شهید چمران کرمان، دانشگاه فنی و حرفه‌ای

<sup>۳</sup> گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم سبزوار

<sup>۴</sup> گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور مشهد

<sup>۵</sup> گروه پزشکی هسته‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

#### چکیده

**زمینه:** ایزوتوپ ید-۱۳۱ در تشخیص و درمان پرکاری و سرطان تیروئید استفاده می‌شود. برای حصول درمان بهینه باید دوز مشخصی از تابش به بافت تیروئید برسد و کمترین تابش ممکن نیز به اندام‌های نخاع گردنی مهره گردنی بافت نرم و لایه چربی زیر پوست و پوست گردن برسد. نظر به اینکه اندازه‌گیری دوز در بافت زنده دشوار است؛ هدف از این تحقیق محاسبه دوز جذبی در اندام‌های فوق به‌وسیله کد MCNPX است.

**مواد و روش‌ها:** ابتدا فایل ورودی برای کد MCNPX برای محاسبه تالی F6 و F8 تهیه گردید و فرض شد لوب‌های تیروئید به‌صورت بیضی گون با قطر بزرگ دو برابر قطر کوچک باشد و ید ۱۳۱ به‌طور یکنواخت در لوب‌ها توزیع شده است؛ سپس کد برای تالی F6 و F8 برای حجم‌های لوب از ۱ تا ۲۵ میلی‌لیتر اجرا گردید. از فایل خروجی تالی F6 دوز جذبی گاما در تیروئید بیضی گون، نخاع گردنی، مهره گردنی، بافت گردن، لایه چربی و پوست برای لوب با حجم متغیر از ۱ تا ۲۵ میلی‌لیتر استخراج و نمودارهای آن ترسیم گردید. همچنین از خروجی تالی F8 انرژی جذب شده بتا در تیروئید و بافت نرم گردن استخراج و در جدول درج و سپس دوز جذبی بتا محاسبه گردید.

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای اکتیویته ثابت در تیروئید با افزایش حجم هر لوب بیضی گون از ۱ تا ۲۵ میلی‌لیتر، دوز جذبی گاما در تیروئید ۸۸/۳ درصد، بافت نرم ۶/۹ درصد، لایه چربی ۱۹/۳ درصد، پوست ۱۷/۴ درصد کاهش و همچنین دوز جذبی گاما در نخاع ۳۲/۱ درصد و در مهره گردنی ۳۲/۳ درصد افزایش می‌یابد. برای وضعیت مشابه، دوز جذبی بتا در تیروئید ۹۵/۹ درصد و در بافت نرم ۶۴/۲ درصد کاهش می‌یابد.

**نتیجه‌گیری:** برای اکتیویته ثابت در تیروئید با افزایش حجم تیروئید دوز جذبی گاما در تیروئید، بافت نرم گردن، لایه چربی زیر پوست و پوست گردن کاهش می‌یابد؛ اما در استخوان گردن و نخاع گردنی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش حجم لوب برای اکتیویته ثابت دوز جذبی بتا در تیروئید و بافت گردن کاهش می‌یابد. بنابراین هرچه لوب تیروئید کوچکتر باشد باید مقدار ید ۱۳۱ بیشتری برای القای دوز مناسب تجویز گردد.

**واژگان کلیدی:** ایزوتوپ‌های ید، دوزسنجی، کد MCNPX، غده تیروئید، بیضی گون

دریافت مقاله: ۹۰/۴/۵ - پذیرش مقاله: ۹۰/۹/۶

\* کرمان، انتهای خیابان مصطفی خمینی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، دانشکده شهید چمران، گروه فیزیک

## مقدمه

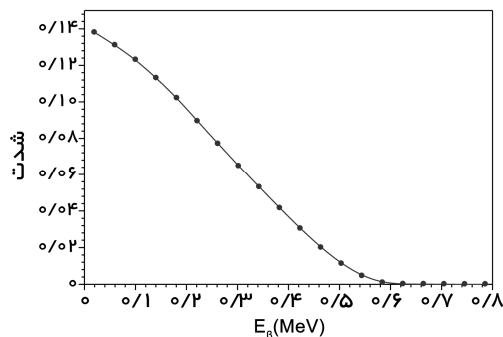
باید ابتدا جرم غده تیروئید را تخمین بزند. به این منظور ابتدا به روش سونوگرافی ابعاد غده تیروئید را اندازه‌گیری نموده و حجم هر لوب را از فرمول:

$$\text{درازا} \times \text{پهنا} \times \text{عمق} \times ۰/۴۷۹ = \text{حجم}$$

محاسبه نماید (۹) و وبا ضرب کردن حجم در چگالی بافت تیروئید جرم آن را به دست آورد سپس جرم را در کسر جذب ویژه ضرب کند تا کسر جذب به دست آید؛ سپس محاسبات لازم برای تعیین میزان تجویز ید انجام شود. اما بررسی‌های آناتومیک و تصویربرداری نشان می‌دهد که لوب‌ها اغلب کروی نیست. چنانچه لوب‌ها به صورت بیضی‌گون در نظر گرفته شوند و محاسبات برای حجم‌های مختلف جداگانه انجام شود؛ نتایج به دست آمده دقیق‌تر بوده و به تجویز دوز مناسب‌تر منجر خواهد شد.

## مواد و روش کار

ابتدا داده‌های طیف بتا و گامای ید ۱۳۱ از سایت اینترنتی TORI تهیه شد (۱۰). سپس طیف‌های آن رسم گردید در شکل‌های (a-1) و (b-1) به ترتیب طیف بتای ید ۱۳۱ و طیف گامای آن را نشان شده است.



(a-1) طیف انرژی بتای ید ۱۳۱

ید ۱۳۱ از جمله رادیو ایزوتوپ‌های مناسب در تشخیص و درمان پرکاری و سرطان‌های تیروئید است (۱ و ۲).

تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که در درمان سرطان و پرکاری تیروئید در دراز مدت، برتری از آن ید ۱۳۱ در مقایسه با سایر داروهاست (۳ و ۴). امروزه از ید رادیواکتیو در تشخیص و درمان پرکاری و سرطان تیروئید در بسیاری از مراکز پزشکی هسته‌ای استفاده می‌شود و تلاش‌های زیادی برای بهبود آن انجام شده است (۵ و ۶). وقتی یک رادیوایزوتوپ برای درمان به بیمار داده می‌شود؛ دوز جذبی تابش در اندام‌های مختلف می‌تواند یک عامل محدود کننده باشد. زیرا تابش علاوه بر سلول‌های سرطانی به سلول‌های سالم هم آسیب می‌رساند.

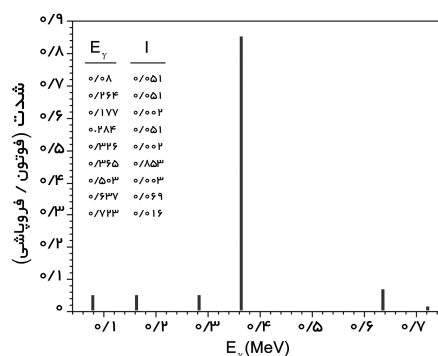
بنابراین لازم است تابش‌دهی به‌گونه‌ای باشد که بیشترین اثر درمانی و کمترین عوارض جانبی را ایجاد کند. تغییرات کاهش جرم تیروئید در فرآیند ید درمانی توسط تیرانو (Traino) و همکاران بررسی شده است (۶). اخیراً استفاده از پرتو پروتون پرنترژی در درمان سرطان تیروئید نیز پیشنهاد شده است (۷).

کمیته<sup>۱</sup> MIRD لوب‌های تیروئید را به صورت کره ۱۰ گرمی در نظر گرفته و کسر جذب ویژه را برای تابش گاما در تیروئید و سایر اندام‌ها محاسبه و به صورت جدول به منظور محاسبه دوز مناسب گزارش نموده است (۸). ولی اخیراً تحقیقات زیادی در این حوزه صورت گرفته است که برای بهبود رادیوتراپی با ید، لازم است جرم غده تیروئید و تغییرات آن به طور دقیق اندازه‌گیری شده و در محاسبات دوز وارد شود (۶ و ۷). درمان‌گر

<sup>۱</sup> Medical Internal Radiation Dose

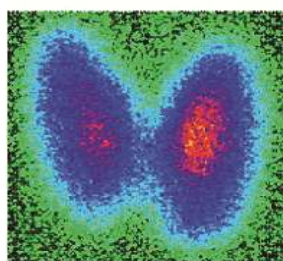
MCNPX نوشته شده است (۱۱).

البته به‌منظور رسیدن به نتایج دقیق‌تر و نزدیک شدن به نمونه‌های واقعی در بدن انسان، شکل لوب‌های تیروئید از کره به بیضی‌گون تغییر داده شد. بررسی تصاویر به‌دست آمده از لوب‌ها، نشان می‌دهد که هر لوب با تقریب بسیار خوبی بیضی‌گونی است که قطر بزرگ آن دو برابر قطر کوچک در نظر گرفته شود. شکل (۲) تصویر یک تیروئید واقعی و تصویر فانتوم بدن و بیضی‌گون به‌کار رفته در این تحقیق را نشان می‌دهد.

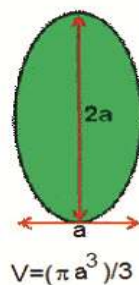


b-1) گاما‌های ید ۱۳۱

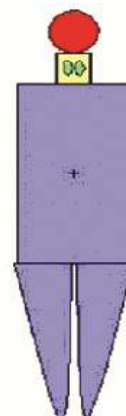
در این تحقیق برای توصیف ریاضی فانتوم بدن از داده‌های 5 MIRD pamphlet استفاده شده است (۹) و بر اساس آن ورودی مناسب برای کد



ج



ب



الف

شکل (۲) الف) فانتوم به‌کار رفته در این تحقیق که به‌وسیله کد MCNPX ترسیم شده است

ب) تیروئید بیضی‌گون به‌کار رفته در این تحقیق

ج) تصویر تیروئید واقعی

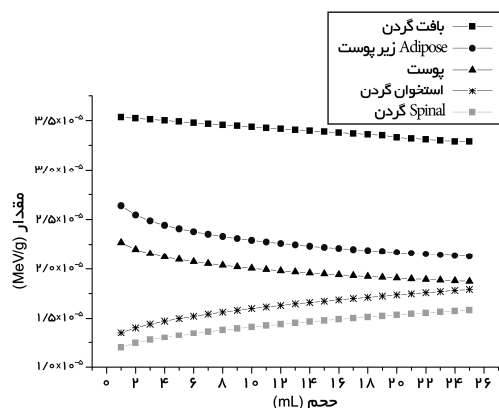
## یافته‌ها

۱۰۰ میلیون بوده است. پس از اجرای کد MCNPX برای تالی F6 با واحد مگا الکترون ولت بر گرم، دوز جذبی پرتوهای گاما در اندام‌های مختلف به ازای یک واپاشی ید ۱۳۱ از فایل‌های خروجی استخراج و نتایج در جدول (۱) درج گردیده است.

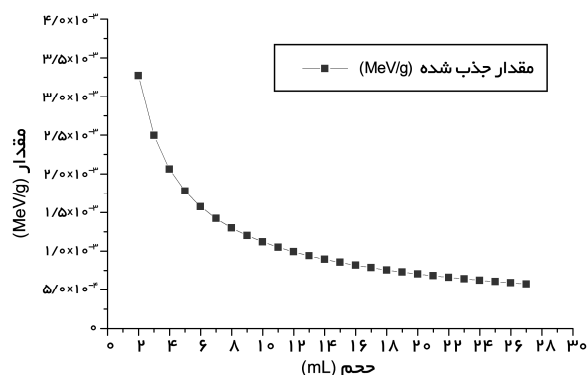
در این تحقیق برای انجام محاسبات از کد MCNPX که برای شبیه‌سازی ترابرد تابش بسیار قدرتمند است، استفاده شده است. به‌منظور کاهش خطا تا کمتر از ۱ درصد هر اجرا به‌مدت ۶۰ دقیقه به‌وسیله کامپیوتری با CPU دو هسته‌ای با سرعت 3GHz انجام شده و تعداد ذرات کل که ترابرد آنها بررسی شده بالغ بر

جدول (۱) نتایج استخراج شده از فایل خروجی MCNPX برای دوز جذبی گاما برای یک واپاشی ید ۱۳۱ در تیروئید

دوز جذبی گاما ید - ۱۳۱ در اندام‌های مختلف MeV/g						حجم لوب
پوست	نخاع گردنی	مهره گردنی	تیروئید	بافت نرم	لایه چربی	mL
۲/۲۷E-۰۵	۱/۲۰E-۰۵	۱/۳۵E-۰۵	۵/۱۹E-۰۳	۳/۵۳E-۰۵	۲/۶۴E-۰۵	۱
۲/۲۰E-۰۵	۱/۲۴E-۰۵	۱/۴۰E-۰۵	۳/۲۷E-۰۳	۳/۲۵E-۰۵	۲/۵۵E-۰۵	۲
۲/۱۶E-۰۵	۱/۲۸E-۰۵	۱/۴۴E-۰۵	۲/۵۰E-۰۳	۳/۵۱E-۰۵	۲/۴۹E-۰۵	۳
۲/۱۲E-۰۵	۱/۳۰E-۰۵	۱/۴۷E-۰۵	۲/۰۶E-۰۳	۳/۵۰E-۰۵	۲/۴۴E-۰۵	۴
۲/۱۰E-۰۵	۱/۳۳E-۰۵	۱/۵۰E-۰۵	۱/۷۸E-۰۳	۳/۴۹E-۰۵	۲/۴۱E-۰۵	۵
۲/۰۷E-۰۵	۱/۳۵E-۰۵	۱/۵۲E-۰۵	۱/۵۷E-۰۳	۳/۴۸E-۰۵	۲/۳۸E-۰۵	۶
۲/۰۵E-۰۵	۱/۳۷E-۰۵	۱/۵۴E-۰۵	۱/۴۲E-۰۳	۳/۴۷E-۰۵	۲/۳۵E-۰۵	۷
۲/۰۳E-۰۵	۱/۳۸E-۰۵	۱/۵۶E-۰۵	۱/۳۰E-۰۳	۳/۴۶E-۰۵	۲/۳۳E-۰۵	۸
۲/۰۲E-۰۵	۱/۴۰E-۰۵	۱/۵۸E-۰۵	۱/۲۰E-۰۳	۳/۴۵E-۰۵	۲/۳۱E-۰۵	۹
۲/۰۱E-۰۵	۱/۴۱E-۰۵	۱/۶۰E-۰۵	۱/۱۲E-۰۳	۳/۴۴E-۰۵	۲/۲۹E-۰۵	۱۰
۱/۹۹E-۰۵	۱/۴۳E-۰۵	۱/۶۲E-۰۵	۱/۰۵E-۰۳	۳/۴۳E-۰۵	۲/۲۸E-۰۵	۱۱
۱/۹۸E-۰۵	۱/۴۴E-۰۵	۱/۶۳E-۰۵	۹/۹۱E-۰۴	۳/۴۲E-۰۵	۲/۲۶E-۰۵	۱۲
۱/۹۷E-۰۵	۱/۴۵E-۰۵	۱/۶۵E-۰۵	۹/۴۰E-۰۴	۳/۴۱E-۰۵	۲/۲۵E-۰۵	۱۳
۱/۹۶E-۰۵	۱/۴۷E-۰۵	۱/۶۶E-۰۵	۸/۹۴E-۰۴	۳/۴۰E-۰۵	۲/۲۳E-۰۵	۱۴
۱/۹۵E-۰۵	۱/۴۸E-۰۵	۱/۶۷E-۰۵	۸/۵۴E-۰۴	۳/۳۹E-۰۵	۲/۲۲E-۰۵	۱۵
۱/۹۴E-۰۵	۱/۴۹E-۰۵	۱/۶۹E-۰۵	۸/۱۸E-۰۴	۳/۳۸E-۰۵	۲/۲۱E-۰۵	۱۶
۱/۹۳E-۰۵	۱/۵۰E-۰۵	۱/۷۰E-۰۵	۷/۸۶E-۰۴	۳/۳۷E-۰۵	۲/۲۰E-۰۵	۱۷
۱/۹۲E-۰۵	۱/۵۱E-۰۵	۱/۷۱E-۰۵	۷/۵۶E-۰۴	۳/۳۶E-۰۵	۲/۱۹E-۰۵	۱۸
۱/۹۱E-۰۵	۱/۵۲E-۰۵	۱/۷۲E-۰۵	۷/۳۰E-۰۴	۳/۳۵E-۰۵	۲/۱۸E-۰۵	۱۹
۱/۹۱E-۰۵	۱/۵۳E-۰۵	۱/۷۴E-۰۵	۷/۰۵E-۰۴	۳/۳۳E-۰۵	۲/۱۷E-۰۵	۲۰
۱/۹۰E-۰۵	۱/۵۵E-۰۵	۱/۷۵E-۰۵	۶/۸۲E-۰۴	۳/۳۲E-۰۵	۲/۱۶E-۰۵	۲۱
۱/۸۹E-۰۵	۱/۵۵E-۰۵	۱/۷۶E-۰۵	۶/۶۲E-۰۴	۳/۳۱E-۰۵	۲/۱۵E-۰۵	۲۲
۱/۸۹E-۰۵	۱/۵۷E-۰۵	۱/۷۷E-۰۵	۶/۴۲E-۰۴	۳/۳۰E-۰۵	۲/۱۴E-۰۵	۲۳
۱/۸۸E-۰۵	۱/۵۷E-۰۵	۱/۷۸E-۰۵	۶/۲۴E-۰۴	۳/۲۹E-۰۵	۲/۱۴E-۰۵	۲۴
۱/۸۷E-۰۵	۱/۵۸E-۰۵	۱/۷۹E-۰۵	۶/۰۸E-۰۴	۳/۲۹E-۰۵	۲/۱۳E-۰۵	۲۵



(b) دوز جذبی گاما در سایر اعضای گردن برای ید ۱۳۱ (ارگان چشمه، غده تیروئید بوده است).



(a) دوز جذبی گاما در تیروئید

شکل (۳) نمودارهای دوز جذبی گاما به تفکیک در غده تیروئید و سایر نقاط گردن برحسب تغییرات حجم

با توجه به جدول (۱) تغییرات دوز جذبی گاما با تغییر حجم لوب محاسبه و وابستگی آنها به حجم در جدول (۲) درج گردیده است.

جدول (۲) وابستگی دوز جذبی گاما به حجم تیروئید برای اکتیویته ثابت در تیروئید

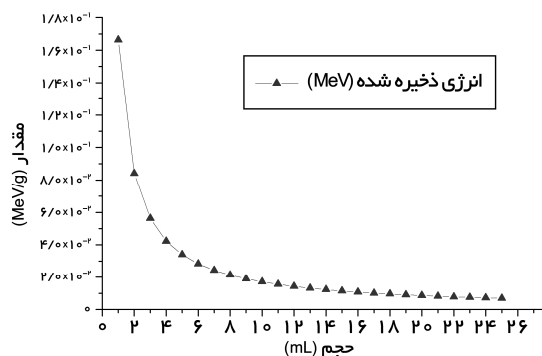
گرفتنی (درصد)	تغایع	گرفتنی (درصد)	مهره	گرفتنی (درصد)	بافت نرم	جرم	انرژی بتا (MeV)	جرم	انرژی بتا (MeV)
۳۲/۱	افزایش	۳۲/۳	افزایش	۸۸/۳	کاهش	۶/۹	کاهش	۱۹/۳	کاهش
۱۷/۴	کاهش	۱۷/۴	کاهش	۱۷/۴	کاهش	۱۷/۴	کاهش	۱۷/۴	کاهش

سپس ابتدا کد MCNPX برای تالی F8 برای حجم‌های ۱ میلی‌لیتر تا ۲۵ میلی‌لیتر برای هر لوب تیروئید اجرا و از فایل خروجی انرژی جذبی بتا در تیروئید و بافت گردن استخراج گردید و برای محاسبه دوز جذبی انرژی جذبی هر ارگان بر جرم آن ارگان تقسیم گردیده و نتایج در جدول (۳) ثبت گردیده است.

جدول (۳) نتایج استخراج شده انرژی جذبی و محاسبه دوز جذبی بتاهای ی‌د-۱۳۱ به ازای یک واپاشی در تیروئید

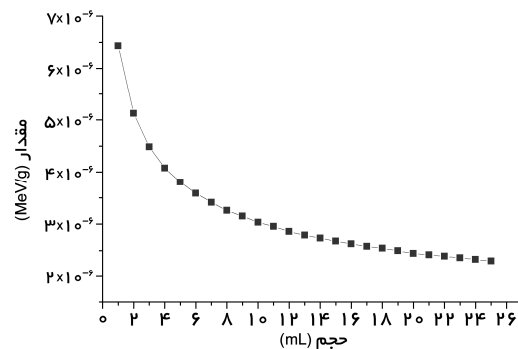
حجم (ML)	در لوب تیروئید			در بافت نرم		
	انرژی بتا (MeV)	جرم (g)	دوز جذبی بتا (MeV/g)	انرژی بتا (MeV)	جرم (g)	دوز جذبی بتا (MeV/g)
۱	۱/۷۳E-۰۱	۱/۰۴	۱/۶۶E-۰۱	۹/۲۹E-۰۳	۱۴۴۴/۵	۶/۴۳E-۰۶
۲	۱/۷۵E-۰۱	۲/۰۸	۸/۴۱E-۰۲	۷/۳۹E-۰۳	۱۴۴۲/۴۸	۵/۱۳E-۰۶
۳	۱/۷۶E-۰۱	۳/۱۲	۵/۶۳E-۰۲	۶/۴۵E-۰۳	۱۴۴۰/۰۶	۴/۴۸E-۰۶
۴	۱/۷۶E-۰۱	۴/۱۶	۴/۲۳E-۰۲	۵/۸۶E-۰۳	۱۴۳۸/۴۴	۴/۰۸E-۰۶
۵	۱/۷۷E-۰۱	۵/۲	۳/۴۰E-۰۲	۵/۴۶E-۰۳	۱۴۳۶/۴۲	۳/۸۰E-۰۶
۶	۱/۷۷E-۰۱	۶/۲۴	۲/۸۴E-۰۲	۵/۱۴E-۰۳	۱۴۳۴/۴	۳/۵۹E-۰۶
۷	۱/۷۷E-۰۱	۷/۲۸	۲/۴۴E-۰۲	۴/۸۹E-۰۳	۱۴۳۲/۳۸	۳/۴۱E-۰۶
۸	۱/۷۸E-۰۱	۸/۳۲	۲/۱۳E-۰۲	۴/۶۶E-۰۳	۱۴۳۰/۳۶	۳/۲۶E-۰۶
۹	۱/۷۸E-۰۱	۹/۳۶	۱/۹۰E-۰۲	۴/۵۰E-۰۳	۱۴۲۸/۳۴	۳/۱۵E-۰۶
۱۰	۱/۷۸E-۰۱	۱۰/۴	۱/۷۱E-۰۲	۴/۳۳E-۰۳	۱۴۲۶/۳۲	۳/۰۴E-۰۶
۱۱	۱/۷۸E-۰۱	۱۱/۴۴	۱/۵۶E-۰۲	۴/۲۱E-۰۳	۱۴۲۴/۳	۲/۹۶E-۰۶
۱۲	۱/۷۸E-۰۱	۱۲/۴۸	۱/۴۳E-۰۲	۴/۰۷E-۰۳	۱۴۲۲/۲۸	۲/۸۶E-۰۶
۱۳	۱/۷۸E-۰۱	۱۳/۵۲	۱/۳۲E-۰۲	۳/۹۶E-۰۳	۱۴۲۰/۲۶	۲/۷۹E-۰۶
۱۴	۱/۷۸E-۰۱	۱۴/۵۶	۱/۲۳E-۰۲	۳/۸۸E-۰۳	۱۴۱۸/۲۴	۲/۷۴E-۰۶
۱۵	۱/۷۸E-۰۱	۱۵/۶	۱/۱۴E-۰۲	۳/۷۹E-۰۳	۱۴۱۶/۲۲	۲/۶۸E-۰۶
۱۶	۱/۷۹E-۰۱	۱۶/۶۴	۱/۰۷E-۰۲	۳/۷۱E-۰۳	۱۴۱۴/۲	۲/۶۳E-۰۶
۱۷	۱/۷۹E-۰۱	۱۷/۶۸	۱/۰۱E-۰۲	۳/۶۴E-۰۳	۱۴۱۲/۱۸	۲/۵۸E-۰۶
۱۸	۱/۷۹E-۰۱	۱۸/۷۲	۹/۵۵E-۰۲	۳/۵۹E-۰۳	۱۴۱۹/۱۶	۲/۵۵E-۰۶
۱۹	۱/۷۹E-۰۱	۱۶/۷۶	۹/۰۵E-۰۲	۳/۵۱E-۰۳	۱۴۰۸/۱۴	۲/۴۹E-۰۶
۲۰	۱/۷۹E-۰۱	۲۰/۸	۸/۶۰E-۰۲	۳/۴۴E-۰۳	۱۴۰۶/۱۹	۲/۴۵E-۰۶
۲۱	۱/۷۹E-۰۱	۲۱/۸۴	۸/۱۹E-۰۲	۳/۳۹E-۰۳	۱۴۰۴/۱	۲/۴۲E-۰۶
۲۲	۱/۷۹E-۰۱	۲۲/۸۸	۷/۸۲E-۰۲	۳/۳۵E-۰۳	۱۴۰۲/۰۸	۲/۳۹E-۰۶
۲۳	۱/۷۹E-۰۱	۲۳/۹۲	۷/۴۹E-۰۲	۳/۳۱E-۰۳	۱۴۰۰/۰۶	۲/۳۶E-۰۶
۲۴	۱/۷۹E-۰۱	۲۴/۹۶	۷/۱۸E-۰۲	۳/۲۶E-۰۳	۱۳۹۸/۰۴	۲/۳۳E-۰۶
۲۵	۱/۷۹E-۰۱	۲۶	۶/۸۹E-۰۲	۳/۲۱E-۰۳	۱۳۹۶/۰۲	۲/۳۰E-۰۶

نشان داده شده است. بدیهی است تابش بتا به علت برد بسیار کوتاه فقط در تیروئید و اندکی از بافت نرم اطراف آن جذب می‌شود.



(b) دوز جذبی بتا در تیروئید برای ۱۳۱ (ارگان چشمه، غده تیروئید بوده است).

لازم به ذکر است که محاسبات به ازای یک واپاشی ید ۱۳۱ انجام شده است و برای هر اکتیویته دلخواه، دوز محاسبه شده به ازای یک واپاشی باید در اکتیویته آن ضرب گردد. همچنین دوز جذبی بتاها در شکل ۴



(a) دوز جذبی بتا در بافت نرم گردن

شکل ۴) دوز جذبی بتاها

ارگان‌های مختلف با هم مقایسه می‌شود همان‌طور که در شکل (۳a و ۳b) دیده می‌شود؛ به ازای هر حجم خاص برای لوب تیروئید، بیشترین دوز جذبی گاما در غده تیروئید بوده است و پس از آن به ترتیب بافت نرم گردن، لایه چربی زیر پوست، پوست گردن، استخوان گردن و نهایتاً نخاع گردنی دوز گامای کمتری را دریافت می‌کنند. بدیهی است بافت نرم گردن و لایه چربی و لایه پوست به ترتیب دور شدن از لوب سهم کمتری از دوز گاما دریافت می‌کنند؛ در مورد مهره گردنی اگرچه به تیروئید نزدیک است اما به علت چگالی و عدد اتمی متوسط بالای استخوان، تابش گاما کمتر در آن نفوذ می‌کند. بنابراین کمترین دوز در نخاع گردن جذب شده است. زیرا استخوان مانند یک محافظ طبیعی از نخاع در برابر تابش گاما محافظت می‌کند.

همچنین وقتی تغییر دوز جذبی ارگان‌های مختلف را برحسب تغییر حجم لوب تیروئید بررسی می‌کنیم، دیده می‌شود که با افزایش حجم لوب از ۱ میلی‌لیتر تا ۲۵ میلی‌لیتر، دوز جذبی گاما در اندام‌های تیروئید، بافت

سپس با توجه به جدول (۳) تغییرات دوز جذبی بتا در تیروئید و بافت گردن وقتی حجم لوب از ۱ میلی‌لیتر تا ۲۵ میلی‌لیتر تغییر می‌کند اما اکتیویته در تیروئید ثابت است (برای حجم‌های مختلف لوب فقط یک واپاشی انجام می‌شود) محاسبه در جدول ۴ درج گردیده است.

جدول ۴) وابستگی دوز جذبی بتا به حجم تیروئید برای اکتیویته ثابت در تیروئید

تیروئید (درصد)	بافت نرم (درصد)
۹۵/۹	۶۴/۲
کاهش	کاهش

تغییر دوز جذبی بتای ۱۳۱ وقتی حجم لوب از ۱ تا ۲۵ میلی‌لیتر زیاد می‌شود

#### بحث

هدف اصلی در درمان با رادیوایزوتوپ ید ۱۳۱، ایجاد بیشترین دوز جذبی در غده تیروئید و کمترین دوز ممکن در سایر اندام‌ها است؛ تا بیشترین اثر درمانی و کمترین عوارض جانبی ایجاد شود. وقتی در یک حجم خاص تیروئید دوز جذبی در

در نخاع ۳۲/۱ درصد و در مهره گردنی ۳۲/۳ درصد افزایش می‌یابد.

بر اساس جدول (۴) با افزایش حجم هر لوب بیضی‌گون از ۱ تا ۲۵ میلی‌لیتر برای اکتیویته ثابت دوز جذبی بتا در تیروئید ۹۵/۹ درصد و در بافت نرم ۶۴/۲ درصد کاهش می‌یابد.

برای اکتیویته ثابت در تیروئید با افزایش حجم تیروئید دوز جذبی گاما در تیروئید بافت گردن لایه چربی زیر پوست و پوست گردن کاهش و در استخوان گردن و نخاع گردن افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش حجم لوب برای اکتیویته ثابت دوز جذبی بتا در تیروئید و بافت گردن کاهش می‌یابد، پس هرچه لوب تیروئید کوچکتر باشد باید مقدار ید ۱۳۱ بیشتری برای القای دوز مناسب تجویز گردد.

نرم، لایه چربی و پوست کاهش و در استخوان گردن و نخاع گردن اندکی افزایش می‌یابد. (شکل 3b).

در مورد تابش بتا به علت برد کم فقط در غده تیروئید و بافت نرم مجاور جذب می‌شود و سهمی از آن به سایر اندام‌ها نمی‌رسد. سهم عمده‌ای از تابش بتا در تیروئید جذب می‌شود و فقط اندکی از آن به بافت نرم مجاور می‌رسد. مطابق شکل (4a و 4b) وقتی حجم لوب از ۱ میلی‌لیتر تا ۲۵ میلی‌لیتر تغییر می‌کند، دوز جذبی بتا در تیروئید و بافت نرم گردن کم می‌شود.

همچنین جدول (۳) نشان می‌دهد که برای اکتیویته ثابت در تیروئید با افزایش حجم هر لوب بیضی‌گون از ۱ تا ۲۵ میلی‌لیتر، دوز جذبی گاما در تیروئید ۸۸/۳ درصد، بافت نرم ۶/۹ درصد، لایه چربی ۱۹/۳ درصد، پوست ۱۷/۴ درصد کاهش و همچنین دوز جذبی گاما

#### References:

- Vini L, Harmer C. Radioiodine treatment for differentiated thyroid cancer. *Clin Oncol (Rcoll Radiol)* 2000; 12: 365-72.
- Matheoud R, Canzi C, Reschini E, et al. Tissue-specific dosimetry for radioiodine therapy of the autonomous thyroid nodule. *Med Phys* 2003; 30: 791-8.
- AllahAbadia A, Daykin J, Sheppard MC, et al. Radiological treatment of hyperthyroidism-prognostic factors for outcome. *J Clin Endocrinol Metab* 2001; 86: 3611-7.
- Cooper DS, Doherty GM, Haugen BR, et al. Management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid* 2006; 16: 109-42.
- Kim WG, Ryu JS, Kim EY, et al. Empiric high-dose 131-Iodine therapy lacks efficacy for treated papillary thyroid cancer patients with detectable serum thyroglobulin, but negative cervical sonography and 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography scan. *J Clin Endocrinol Metab* 2010; 95: 1169-73.
- Traino AC, Martino FDi, Lazzeri M, et al. Influence of thyroid volume reduction on calculated dose in radioiodine therapy of Graves' hyperthyroidism. *Phys Med Biol* 2000; 45: 121-9.
- Mowlavi AA, Fornasie MR, de Denaro M. Calculation of energy deposition, photon and neutron production in proton therapy of thyroid gland using MCNPX. *Appl Radiat Isot* 2011; 69: 122-5.
- Snyder WS, Fisher HL Jr, Ford MR, et al. Estimates of absorbed fractions for monoenergetic photon sources uniformly distributed in various organs of a heterogeneous phantom. *J Nucl Med* 1969; 3: 7-52.
- Moradhaseli F, Nabipour I, Assadi M, et al. Ultrasonographic determination of the thyroid volume in 7- 10 years old children of Bushehr port; 2007. *Iran South Med J (ISMJ)* 2008; 11: 170-6.
- Firestone RB, Ekström LP. LBNL Isotopes Project - LUNDS Universitet WWW Table of Radioactive Isotopes. Nuclear Science Division. (Accessed in Apr 15, 2012 at <http://ie.lbl.gov/toi/>).
- Waters LS. MCNPX User's Manual. Los Alamos. (Accessed in Apr 15, 2012 at [http://mcnpx.lanl.gov/opendocs/versions/v230/MCNPX\\_2.3.0\\_Manual.pdf](http://mcnpx.lanl.gov/opendocs/versions/v230/MCNPX_2.3.0_Manual.pdf)).

**Original Article*****Absorbed dose calculation from beta and gamma rays of  $^{131}\text{I}$  in ellipsoidal thyroid and other organs of neck with MCNPX code***

M. Mirzaie<sup>1,2\*</sup>, A.A. Mowlavi<sup>3</sup>, S. Mohammadi<sup>4</sup>, H. Mirshekarpour<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, School of Sciences, Payam Nour University of Tehran, Tehran, IRAN

<sup>2</sup>Department of Physics, School of Shahid Chamran of Kerman, Technical University, Kerman, IRAN

<sup>3</sup>Department of Physics, School of Sciences, Sabzevar Tarbat Moallem University, Khorasan, IRAN

<sup>4</sup>Department of Physics, School of Sciences, Payam Nour University of Mashhad, Khorasan, IRAN

<sup>5</sup>Department of Nuclear Medicine, School of Medicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN

(Received 26 Jun, 2011      Accepted 27 Nov, 2011)

**Abstract**

**Background:** The  $^{131}\text{I}$  radioisotope is used for diagnosis and treatment of hyperthyroidism and thyroid cancer. In optimized Iodine therapy, a specific dose must be reached to the thyroid gland with minimum radiation to the cervical spine, cervical vertebrae, neck tissue, subcutaneous fat and skin. Dose measurement inside the alive organ is difficult; therefore the aim of this research was dose calculation in the organs by MCNPX code.

**Materials and Methods:** First of all, the input file for MCNPX code has been prepared to calculate F6 and F8 tallies for ellipsoidal thyroid lobes with long axes is tow times of short axes which the  $^{131}\text{I}$  is distributed uniformly inside the lobes. Then the code has been run for F6 and F8 tallies for variation of lobe volume from 1 to 25 milliliters. From the output file of tally F6, the gamma absorbed dose in ellipsoidal thyroid, spinal neck, neck bone, neck tissue, subcutaneous fat layer and skin for the volume lobe variation from 1 ml to 25 ml have been derived and the graphs are drew. As well as, form the output of F8 tally the absorbed energy of beta in thyroid and soft tissue of neck is obtained and listed in the table and then absorbed dose of bate has been calculated.

**Results:** The results of this research show that for constant activity in thyroid, the absorbed dose of gamma decreases about 88.3% in thyroid, 6.9% at soft tissue, 19.3% in adipose layer and 17.4% in skin, but it increases 32.1% in spinal of neck and 32.3% in neck bone when the lobe volume varied from 1 to 25 milliliters. For the same situation, the beta absorbed dose decreases 95.9% in thyroid and 64.2% in soft tissue.

**Conclusion:** For the constant activity in thyroid by increasing the thyroid volume, absorbed dose of gamma in thyroid and soft tissue of neck, adipose layer under the skin and skin of neck decreased, but it increased at spinal of neck and neck bone. Also, by increasing of the lobe volume in constant activity, the beta absorbed dose reduced. Therefore, whatever the thyroid lobe is small the administered value of  $^{131}\text{I}$  increased to induce the suitable dose.

**Keywords:** iodine radioisotopes, dosimetry, MCNPX code, thyroid gland, ellipsoid

\*Address for correspondence: School of Shahid Chamran of Kerman, Technical University, Kerman, IRAN; E-mail: mirzaei@phd.pnu.ac.ir