

## ارزیابی استفاده از فسفر-۳۲ برای پرتودهی محل برداشت ناخنک چشم به منظور

### جلوگیری از عود مجدد

علی رضا، ناظم پورا<sup>۱</sup>؛ سید محمود رضا، آقامیری<sup>۱</sup>؛ حسین، پوریگی<sup>۲</sup>؛ رمضان، عیدی<sup>۱\*</sup>؛ محمدرضا،

جوانشیر<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته ای، گروه پرتوپزشکی

۲- سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها

#### چکیده:

اپلیکاتور  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$  و در برخی موارد  $^{106}\text{Ru}$  به عنوان یک چشمه بتازای خالص برای پرتودهی بعد از برداشت ناخنک استفاده می‌شوند. در این کار ما استفاده از  $^{32}\text{P}$  را به عنوان جایگزین  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$  و  $^{106}\text{Ru}$  مورد بررسی قرار داده ایم. برای دوزیمتری اپلیکاتور  $^{32}\text{P}$  شبیه سازی مونت کارلو با استفاده از کد MCNPX انجام گرفته است. نتایج نشان داد که توزیع دوز حاصل از این اپلیکاتور در فواصل نزدیک به سطح بسیار بهتر از اپلیکاتور  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$  می باشد، هم چنین دوز حاصل از  $^{32}\text{P}$  با افزایش عمق، سریعتر از دوز حاصل از  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$  کاهش می یابد بنابراین استفاده از این اپلیکاتور می تواند دوز لازم را به بافت هدف برساند در حالی که دوز رسیده به لنز کمتر از حالتی است که از اپلیکاتور  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$  استفاده می گردد.

کلمات کلیدی: اپلیکاتور  $^{32}\text{P}$ ، ناخنک چشم، شبیه سازی مونت کارلو

#### مقدمه:

ناخنک چشم که تحت عنوان پترزیوم از آن نام برده می‌شود ضایعه گوشتی مثلثی شکلی است که از قسمت سفیدی چشم شروع شده و تا سیاهی چشم یا قرنیه امتداد پیدا می‌کند. از مهم ترین عوامل موثر در ابتلا به ناخنک چشم قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش و گرد و غبار می باشد، همچنین بیشترین مبتلایان به این بیماری در محدوده استوا تا عرض جغرافیایی کمتر از ۴۰ درجه و در مناطق گرم و خشک می باشند. پس از آب مروارید، ناخنک از شایع ترین بیماری های چشمی است. جراحی و به دنبال آن پرتودهی، درمان استاندارد این بیماری می باشد؛ زیرا، تنها درمان بوسیله جراحی احتمال بازگشتی در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد دارد. [۱ و ۲]

مطالعات نشان می دهند که پرتودهی به وسیله پرتو بتا در یک یا چند مرحله می تواند به عنوان یک درمان ایمن و مؤثر استفاده شود که احتمال بازگشت ناخنک چشم پس از جراحی اولیه را کاهش می دهد. [۳-۵]

اپلیکاتور  $^{90}\text{Sr}$  به عنوان یک چشمه بتازای خالص می تواند دوز درمانی لازم را به تاندون های ملتحمه در

فاصله ۱ میلی متری از سطح اپلیکاتور برسانند. با این حال،  $^{90}\text{Sr}$  رادیوایزوتوپی است که برای تولید آن از پاره‌های شکافت در رآکتور، نیاز به طی فرایندهای رادیوشیمیایی پیچیده‌ای می‌باشد؛ همچنین استرانسیوم به عنوان یک ماده سمی نیز شناخته می‌شود و با توجه به نیمه عمر بلند آن (۲۸/۸ سال) در دسته مواد پرتوزای خطرناک قرار می‌گیرد که تولید و استفاده از آن نیازمند اقدامات احتیاطی بالایی می‌باشد. در برخی موارد پرتودهی به وسیله اپلیکاتورهای  $^{106}\text{Ru}$  انجام می‌گیرد [۶].  $^{32}\text{P}$  به دلیل ماکزیمم انرژی کمتر (۱/۱۷ MeV) و امکان تولید راحت تر با استفاده از فعالسازی نوترونی به وسیله نوترون‌های سریع در یک رآکتور هسته‌ای، می‌تواند به عنوان جایگزینی برای  $^{90}\text{Sr}$  در اپلیکاتورهای چشمی مورد استفاده در درمان ناخنک چشم و دیگر ضایعات سطحی مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق با استفاده از کد مونت کارلوی MCNP به بررسی مولفه‌های دوزیمتری چشمه‌های بتازای خالص  $^{90}\text{Sr}$ ،  $^{32}\text{P}$  و  $^{106}\text{Ru}$  و امکان استفاده از  $^{32}\text{P}$  به جای  $^{90}\text{Sr}$  در اپلیکاتورهای چشمی پرداخته شده است.

#### مواد و روش‌ها:

در این تحقیق با استفاده از کد مونت کارلوی MCNP، اپلیکاتورهای چشمی  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ،  $^{32}\text{P}$  و  $^{106}\text{Ru}$  به همراه فانتوم شبیه سازی شدند و سپس توزیع دوز در راستای محور مرکزی اپلیکاتور مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

#### ۱. مشخصات چشمه‌های $^{90}\text{Sr}$ ، $^{32}\text{P}$ و $^{106}\text{Ru}$

$^{90}\text{Sr}$  چشمه بتازای خالص با نیمه عمر ۲۹/۱۲ سال و ماکزیمم انرژی ۰/۵۴۶ MeV می‌باشد.  $^{90}\text{Sr}$  به  $^{90}\text{Y}$  واپاشی می‌کند که خود  $^{90}\text{Y}$  نیز با نیمه عمر کوتاه ۶۴/۱ ساعت ذرات بتای با ماکزیمم انرژی ۲۸/۲ MeV (میانگین انرژی ۰/۹۳۳ keV) ساطع می‌کند.  $^{106}\text{Ru}$  با نیمه عمر ۳۶۸/۲ روز با گسیل ذرات بتا با ماکزیمم انرژی ۳۹ keV به رودیوم-۱۰۶ ( $^{106}\text{Rh}$ ) واپاشی می‌کند که  $^{106}\text{Rh}$  نیز با نیمه عمر کوتاه ۲/۲ ساعت با گسیل ذرات بتا با ماکزیمم انرژی ۳/۵۴ MeV به ایزوتوپ پایدار پالادیوم-۱۰۹ واپاشی می‌کند.  $^{32}\text{P}$  نیز با نیمه عمر ۱۴،۲۶ روز و با گسیل ذرات بتا با انرژی ماکزیمم ۱/۱۷ MeV (میانگین انرژی: ۰/۶۹۵ MeV) به  $^{32}\text{S}$  واپاشی می‌کند.

#### ۲. مشخصات اپلیکاتورها

مشخصات اپلیکاتور  $^{106}\text{Ru}$  شبیه سازی شده مطابق با اطلاعات بیان شده در گزارش ICRU ۷۲ در نظر گرفته شد. این اپلیکاتور شامل یک پنجره ورودی به ضخامت ۰/۱ mm از جنس نقره، یک لایه فعال به شعاع ۱۰ میلیمتر و یک لایه به عنوان حفاظ در پشت لایه فعال به ضخامت ۱ mm و از جنس نقره در نظر گرفته شد.

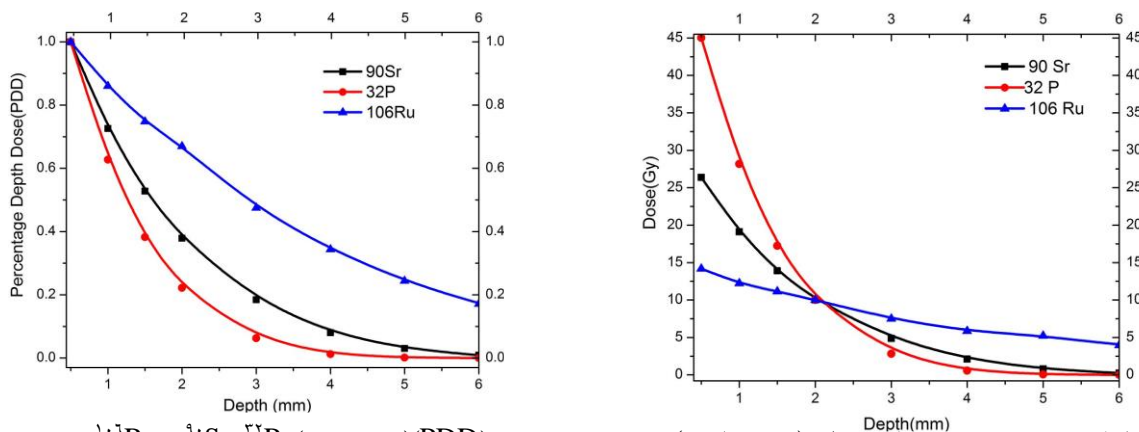
اپلیکاتور های  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{32}\text{P}$  نیز مطابق با مشخصات مدل انگلیسی NB-1 شبیه سازی شدند که شامل یک کاپ با پنجره ورودی به ضخامت  $0.1\text{ mm}$  و قطر  $10/3\text{ mm}$  از جنس استیل، یک لایه فعال به ضخامت  $1\text{ mm}$  از جنس سرامیک و در پشت آن یک لایه از جنس تنگستن به ضخامت  $3\text{ mm}$  و سپس یک لایه از جنس استیل به ضخامت  $2/7\text{ mm}$  در نظر گرفته شد. [۷]

۳. فانتوم و دوزیمتری

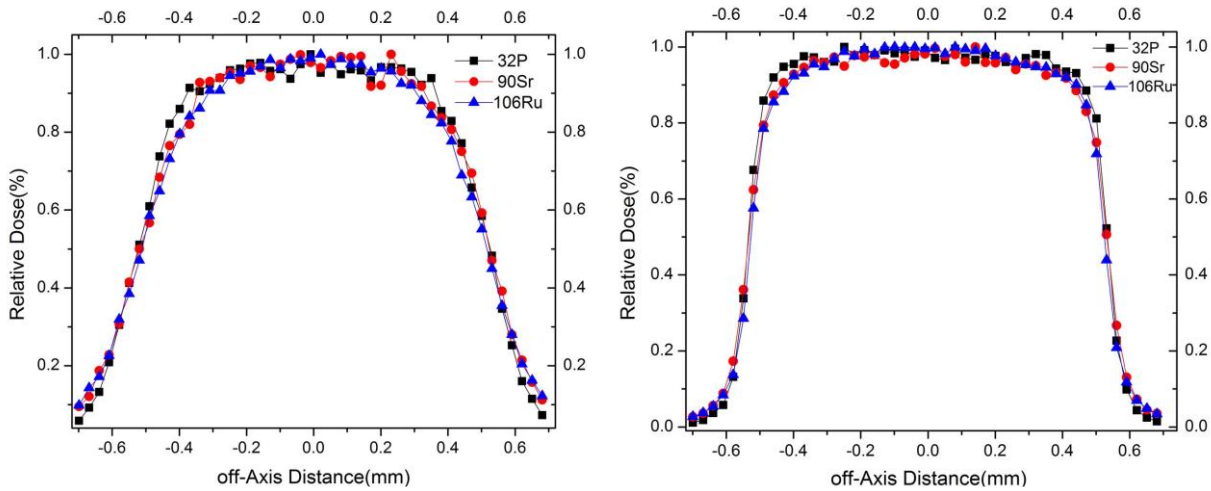
به منظور انجام دوزیمتری در عمق های مختلف اپلیکاتورها در مقابل مکعبی با ابعاد  $10\text{ cm}$  از جنس پلکسی گلاس شبیه سازی شدند و در ادامه با استفاده از تالی  $^8\text{F}^*$  دوز جذبی و درصد دوز عمقی درون سلول های کروی با شعاع  $0.2$  میلیمتر و با فاصله  $0.1\text{ mm}$  در راستای محور مرکزی و برای محاسبه پروفایل دوز سلول های کروی موازی با سطح اپلیکاتور در فاصله های  $0.15\text{ mm}$  و  $1/35\text{ mm}$  از سطح اپلیکاتور شبیه سازی و محاسبه شد. در تمام شبیه سازی ها خطای نسبی مربوط به محاسبات کمتر از ۴ درصد می باشد. در پرتودهی محل برداشت ناخنک چشم معمولاً دوز کل تجویزی در حدود  $25-60$  گری می باشد که این میزان دوز را به صورت مرحله ای و در هر مرحله در حدود  $10$  گری به چشم اعمال می کنند [۱] و در اکثر موارد عمق مورد نظر برای پرتودهی از  $0$  تا حدود  $4$  میلیمتر می باشد. [۸] برای مقایسه میزان دوز تحویل داده شده، نقطه مرجع در عمق  $2$  میلیمتری و دوز تجویزی برابر  $10$  گری در نظر گرفته شد و با داشتن آهنگ دوز جذب شده در این نقطه، زمان درمان و میزان دوز جذب شده در عمق های مختلف چشم برای هر سه اپلیکاتور محاسبه گردید.

### نتایج:

در جدول ۱ نرخ دوز و زمان درمان برای چشمه های مختلف به ازای اکتیویته چشمه  $1\text{ mCi}$  باشد، نشان داده شده است. شکل ۱ میزان دوز جذب شده در عمق های مختلف و درصد دوز عمقی چشمه های مختلف در راستای محور مرکزی اپلیکاتور را نشان می دهد و در شکل ۲ پروفایل دوز حاصل از چشمه های  $^{90}\text{Sr}$ ،  $^{32}\text{P}$  و  $^{106}\text{Ru}$  در عمق های  $0.15\text{ mm}$  و  $1/35\text{ mm}$  نشان داده شده است.



شکل ۱. دوز رسیده به عمق های مختلف (سمت راست) و درصد دوز عمقی (PDD) (سمت چپ)  $^{90}\text{Sr}$ ،  $^{32}\text{P}$  و  $^{106}\text{Ru}$

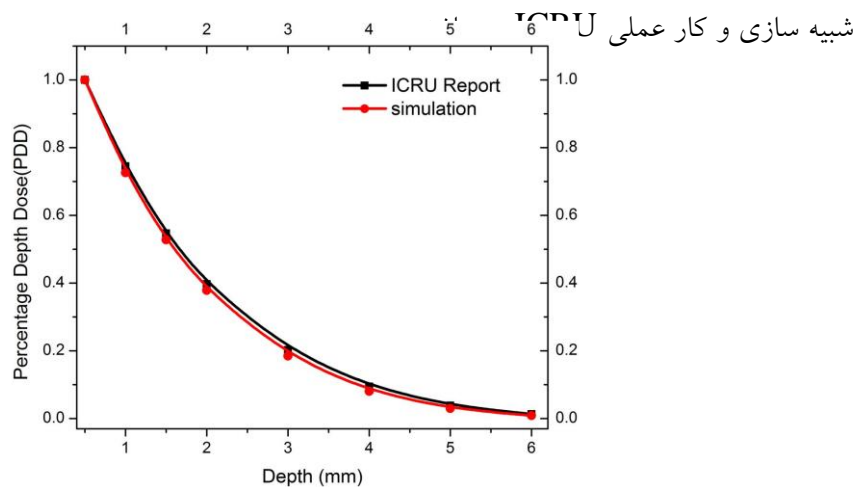


شکل ۲- پروفایل دوز  $^{32}\text{P}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{106}\text{Ru}$  در فواصل ۰/۱۵ (سمت راست) و ۱/۳۵ (سمت چپ) میلیمتر از سطح اپلیکاتور

جدول ۱. نرخ دوز و زمان درمان برای چشمه های مختلف

رادیوایزوتوپ	$^{106}\text{Ru}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{32}\text{P}$
نرخ دوز (Gy/h)	۴/۴۲	۱۶/۶	۳/۳۰
زمان درمان (min)	۱۳۵/۷۵	۳۶/۱۴	۱۸۱/۸۲

به منظور اعتبارسنجی نتایج شبیه سازی، این نتایج با نتایج حاصل از گزارش ICRU مقایسه شد. شکل ۳، درصد دوز جذبی در فواصل ۰ تا ۶ میلیمتر، حاصل از شبیه سازی و گزارش ICRU را نشان می دهد. اختلاف بین نتایج شبیه سازی و کار عملی ICRU ۷ درصد می باشد که نشان دهنده انطباق خوب نتایج



شکل ۳- درصد دوز عمقی حاصل از شبیه سازی مونت کارلو و گزارش ICRU

## بحث و نتیجه گیری:

همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است دوز  $^{32}\text{P}$  نسبت به  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{106}\text{Ru}$  بسیار بالا بوده، لذا با استفاده از فسفر می توان دوز بالایی را به تومور که در فواصل نزدیک قرار دارد رسانده و دوز کمتری را به بافت های سالم که در پشت تومور قرار دارند رساند.

در این کار با در نظر گرفتن اینکه دوز تجویزی  $10\text{ Gy}$  به عمق  $2\text{ میلی متر}$  رسانده می شود، دوز رسیده به سطح کره چشم برای اپلیکاتور نسبت به استرانسیوم و روتینیوم به ترتیب:  $45/02$ ،  $26/37$  و  $14/94$  گری و در فاصله  $5\text{ mm}$  که لنز به عنوان یک ارگان در خطر در آن محدوده قرار دارد دوز به ترتیب:  $2/82$ ،  $4/87$  و  $7/10$  گری می باشد. (شکل ۱) با توجه به نتایج می توان مشاهده نمود که استفاده از اپلیکاتور  $^{32}\text{P}$  نسبت به اپلیکاتورهای  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{106}\text{Ru}$  کمترین میزان دوز را به بافت های سالم در پشت تومور از جمله لنز تحویل می دهد لذا کمترین احتمال ابتلا به آب مروارید (دوز  $4$  گری و بالاتر) را برخوردار می باشد. همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است با افزایش فاصله از محور مرکزی، گرادیان دوز  $^{32}\text{P}$  نسبت به  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{106}\text{Ru}$  بیشتر بوده لذا دوز کمتری به بافت های سالم در فاصله ی عرضی از تومور داده می شود. با توجه به جدول ۱ نرخ دوز حاصل از چشمه  $^{32}\text{P}$ ،  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{106}\text{Ru}$  در عمق  $2\text{ میلیمتری}$  به ترتیب  $3/30\text{ Gy/h}$ ،  $16/6\text{ Gy/h}$  و  $4/42\text{ Gy/h}$  می باشد لذا زمان پرتودهی محل برداشت ناخنک با استفاده از  $^{32}\text{P}$  نسبت به  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{106}\text{Ru}$  بیشتر است که با توجه به اینکه زمان درمان  $^{90}\text{Sr}$  در حدود  $30$  ثانیه است در نتیجه زمان درمان با  $^{32}\text{P}$  برابر  $150$  ثانیه خواهد بود و این زمان درمان قابل مقایسه با زمان درمان با  $^{90}\text{Sr}$  بوده و می تواند در کلینیک به عنوان جایگزینی مناسب برای  $^{90}\text{Sr}$  مورد استفاده قرار گیرد. در برخی موارد از  $^{106}\text{Ru}$  برای پرتودهی به محل برداشتن ناخنک استفاده می شود، که با توجه به نتایج ذکر شده در بالا دوز رسیده به لنز (در عمق حدود  $5\text{ mm}$ ) در یک جلسه پرتودهی نزدیک به  $7\text{ Gy}$  بوده و خطر ابتلا به آب مروارید بسیار بالاست. در نهایت با توجه به نتایجی که در بالا اشاره شد و همچنین به دلیل موقعیت جغرافیایی و وضعیت آب و هوایی کشور ایران (به خصوص ورود گرد و غبار در چند سال اخیر به عنوان یکی از عوامل موثر در افزایش ابتلا به بیماری ناخنک چشم)، استفاده از اپلیکاتور چشمی  $^{32}\text{P}$  دارای اهمیت بوده و با توجه به توانایی تولید  $^{32}\text{P}$  و ساخت اپلیکاتور چشمی در سازمان انرژی اتمی ایران می توان از این روش درمانی با هزینه درمان بسیار کمتری جهت درمان بیماری ناخنک چشم استفاده نمود.



## مراجع

- ۱- Gerbaulet Alain et al, "The GEC ESTRO Handbook of brachytherapy", 1<sup>st</sup> ed. Brussels, Belgium:ESTR, ۲۰۰۲
- ۲- William Tasman, Edward A Jaeger, Duane's Ophthalmology on DVD-ROM, Volume ۶, Chapter ۳۵, Dec ۲۷, ۲۰۱۲
- ۳- I. M. Jurgentliemk-Schulz et al, "Prevention of pterygium recurrence by postoperative single-dose beta irradiation: A prospective randomized clinical double-blind trial," Int. J. Radiat. Oncol., Biol., Phys. ۵۹, ۱۱۳۸-۱۱۴۷ ۲۰۰۴.
- ۴- F. Isohashi, T. Inoue, S. Xing, C. B. Eren, S. Ozeki, and T. Inoue, "Postoperative irradiation for pterygium: Retrospective analysis of ۱,۲۵۳ patients from the Osaka University Hospital," Strahlenther. Onkol. ۱۸۲, ۴۳۷-۴۴۲ ۲۰۰۶.
- ۵- F. Bahrassa and R. Datta, "Postoperative beta radiation treatment of pterygium," Int. J. Radiat. Oncol., Biol., Phys. ۹, ۶۷۹-۶۸۴ ۱۹۸۳.
- ۶- Robert Y, Pauli L, Gysin P et al: Protracted ruthenium treatment of recurrent pterygium. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol ۲۳۰:۲۳۳, ۱۹۹۲
- ۷- International Commission On Radiation Units And Measurements, dosimetry of beta rays and low-energy photons for brachytherapy with sealed sources, ICRU Report No. ۷۲, Oxford University Press, Journal of the ICRU Volume ۴ No ۲, ۲۰۰۴
- ۸- Benjamin F. Boyd and Samuel Boyd, New Trends in Ophthalmology Medical and Surgical Management, JP Medical Publishers, ۳۵-۶۰, Sep:۳-۲۰۱۳.