



## ساخت و بررسی پارامترهای دزیمتریکی دزیمتر پلیمری زله ای PRESAGE

زینب سنجابی ازناوه<sup>۱</sup>، دکتر محمد حسن زحمتکش<sup>۲</sup>، دکتر علیرضا کمالی اصل<sup>۳</sup>، مهندس باقری

موسسه ی پرتو پزشکی نوین، دانشگاه شهید بهشتی

### چکیده

طی ۴۵ سال گذشته تحقیقات برای ساخت و استفاده از دزیمتری سه بعدی که دارای ساختاری سخت بوده و معادل بافت باشد، همچنین در محدوده ی وسیعی از تابش ها پاسخ خطی داشته و دارای پایداری زمانی طولانی در ثبت اطلاعات دزیمتری باشد، انجام شده است. در این مقاله ساخت دزیمتری با ویژگی های ذکر شده به نام PRESAGE که ماتریس اولیه ی آن بر اساس پلیمر پلی یورتان می باشد، گزارش شده و پارامترهای دزیمتری مربوط به آن از قبیل منحنی پاسخ دز، پایداری با گذشت زمان، حساسیت تابشی و تغییرات طیفی در جذب مورد بررسی قرار گرفته است.

سیستم بازخوانی اطلاعات ثبت شده، اسپکتروفوتومتر است که تغییرات طیف جذبی را بر اساس مقدار تابش ورودی نشان می دهد. نتایج آزمایشات انجام شده با استفاده از چشمه ی کبالت ۶۰ در دزهای مختلف از ۶۰-۱۰ گری، خطی بودن پاسخ دز در این محدوده و حساسیت تابشی حدود ۰.۰۱ را برای ترکیب استفاده شده، نشان می دهد. بیشترین طول موج جذب در دزهای مختلف، با FWHM ۵۰ نانومتر، ۶۳۱.۵ نانومتر بوده و پس از گذشت ۹ روز در همین مقدار ثابت است. پایداری پاسخ دز دزیمتر با گذشت زمان حداکثر کاهش ۱٪ را داشته که در مقایسه با آنها گزارش موجود (کاهش ۱۵٪ پس از گذشت ۵ روز [۱]) پایداری قابل ملاحظه ای را نشان می دهد. لازم به ذکر است که آزمایشاتی در مورد بررسی پاسخ این دزیمتر در دماهای مختلف و تغییر درصد ترکیبات استفاده شده که در حساسیت دزیمتر اثری مستقیم دارد، در دست انجام است. کلید واژه: دزیمتر، PRESAGE، پلی یورتان، اسپکتروفوتومتر، طیف جذبی

### مقدمه:

دزیمترهای مورد استفاده در انواع فرایندهای دزیمتری شامل اتاقکهای یونش، فیلمهای رادیوگرافی و دزیمترهای ترمولومینسانس (TLD) هستند، لیکن هر یک از این دزیمترها برای استفاده در کاربردهای دزیمتری پزشکی دارای محدودیتهایی می باشند، به عنوان مثال اتاقکهای یونش رزولوشن مکانی کافی را ندارند، فیلمهای رادیوگرافی دارای رزولوشن مکانی مناسبی هستند، لیکن معادل بافت نیستند و دارای پاسخ وابسته به انرژی اند [۲]، دزیمترهای ترمولومینسانس دارای رزولوشن مکانی خوب هستند لیکن اندازه گیریهای نقطه ای انجام میدهند، بنابراین برای داشتن اطلاعات سه بعدی دز، زمان زیادی لازم است. بنابراین تلاش برای تهیه ی دزیمترهای جدیدی که محدودیتهای ذکر شده را نداشته و یا آن را به کمترین مقدار ممکن برساند، منجر به معرفی نوع جدیدی از دزیمترها با عنوان دزیمترهای ژله ای گردید.

دزیمترهای ژله ای در دو گروه دسته بندی می شوند، ژله های فریک و ژله های پلیمری. اساس دزیمترهای فریک بر پایه ی تبدیل یونهای فروس  $Fe^{+2}$  به یونهای فریک  $Fe^{+3}$  به صورت تابعی از مقدار دز



ورودی است. این دو یون دارای دو حالت اسپینی پارامغناطیسی الکترونی و شعاع یونی متفاوت هستند. [۳]

البته این دزیومتر مشکلاتی از قبیل نیاز به دز بالا ( در محدوده‌ی ۴۰-۱۰ گری به منظور مشاهده‌ی تغییرات ایجاد شده در آنها توسط MRI)، پخش سریع یون‌های فریک ایجاد شده توسط تابش ورودی در ماتریس ژل ( بنابراین کاهش شدت سیگنال خروجی و اطلاعات مکانی مربوط به دز) و لزوم تصویر برداری از آنها حداکثر ۲ ساعت پس از تابش‌گیری (به دلیل جلوگیری از حذف اطلاعات دزیومتری ثبت شده) را دارد [۴]. دزیومترهای ژله‌ای پلیمری روشی نوین برای تعیین توزیع سه بعدی دز هستند. این دزیومترها با توجه به نوع پاسخ دهی به تابش ورودی، خود به دو دسته‌ی دزیومترهای پلیمری و دزیومترهای پلیمری رادیوکرومیک تقسیم بندی می‌شوند. در نوع اول تابش ورودی باعث آغاز فرایند پلیمریزاسیون در ترکیب شده و در نوع دوم تغییر رنگی متناسب با مقدار تابش ورودی در ترکیب موجود مشاهده خواهد شد. با توجه به مشکلات ذکر شده، دامنه‌ی تحقیقات برای استفاده از دزیومترهایی با رزولوشن مکانی بالا که مقدار مطلق دز جذبی را با دقت قابل قبول به دست داده و ساخت، تجزیه و تحلیل و حمل و نقل آنها نیز آسان باشد، گسترش یافت. در این میان با معرفی دزیومترهای رادیوکرومیک در سال ۱۹۶۵ توسط McLaughlin و همکارانش و بررسی خواص دزیومتری انواع محیط‌های رادیوکروم، با رزولوشن مکانی بالا، غیر حساس به نور مرئی، ساخت و حمل و نقل آسان، بسیاری از مشکلات ذکر شده برطرف گردید [۵]. تغییر رنگ در این نوع دزیومترها مستقیماً مقدار تابش را نشان می‌دهد. انرژی فوتون یا ذره‌ی تابشی به رنگینه یا مولکول فوتومونومر بی رنگ موجود در ترکیب داده شده و در طی واکنشی شیمیایی تغییر رنگ در آن صورت می‌گیرد. PRESAGE نوع جدیدی از دزیومترهای ژله‌ای سه بعدی است که اخیراً معرفی شده و شامل ماتریس شفاف پلی‌یورتان و *leuco dye* است. تغییر اساسی قابل مشاهده در این نوع دزیومتر، تغییر خواص اپتیکی آن است [۳]. *Dye* موجود در ترکیب این دزیومتر، در مقابل تابش، تغییر رنگی که متناسب با میزان دز دریافتی است، می‌دهد بنابراین می‌توان از روش‌های اپتیکی در تعیین میزان دز دریافتی استفاده کرد. اسپکتروفوتومتری یکی از روش‌های قدیمی اندازه‌گیری چگالی اپتیکی ژل‌های تابش دیده است [۶]. شدت نور عبوری  $T$  اندازه‌گیری شده توسط این سیستم  $P/P_0$  است که  $P_0$  توان پرتو تک رنگ قبل از ورود به محیط جاذب و  $P$  توان تابشی پرتو عبور

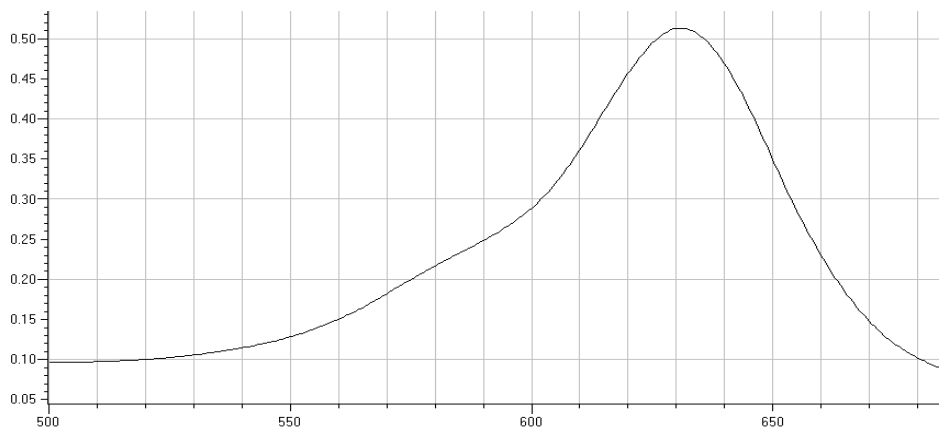
کرده از محیط است. میزان جذب به صورت  $-\log T$  تعریف می‌شود که با نرمال کردن به طول دزیومتر، میزان جذب در واحد طول ماده بر حسب  $cm^{-1}$  به دست می‌آید [۶].

### روش کار:

ماتریس پلیمر در ساخت دزیومتر PRESAGE شامل دو پیش پلیمر A و B بوده که به مخلوط آنها ترکیبی از گروه *leuco dye* که در مقابل تابش ورودی پاسخ رادیوکرومیک دارد، به عنوان مولکول گزارشگر، تراکلرید کربن به عنوان مولد رادیکال آزاد و نوعی کاتالیزور اضافه می‌شود. ترکیب نهایی در ظرفی از جنس پلکسی گلاس در ابعاد  $1 \times 1 \times 5 \text{ cm}^3$  ریخته شده و به مدت ۴۸ ساعت تحت فشار  $60 \text{ psi}$  قرار می‌گیرد. پس از جامد شدن و خارج کردن از دستگاه فشار، نمونه‌ها در ظرف آب قرار گرفته، تحت تابش پرتوهای گامای ناشی از چشمه ی کبالت  $60$  در فیلد سایز  $20 \times 20$  و  $80 \text{ SSD}$  در دزهای بین  $60 - 10$  گری قرار می‌گیرند. پس از تابش دهی، از سیستم اسپکتروفوتومتر با خطای  $0.01$  برای بازخوانی نمونه‌ها استفاده می‌شود.

### نتایج:

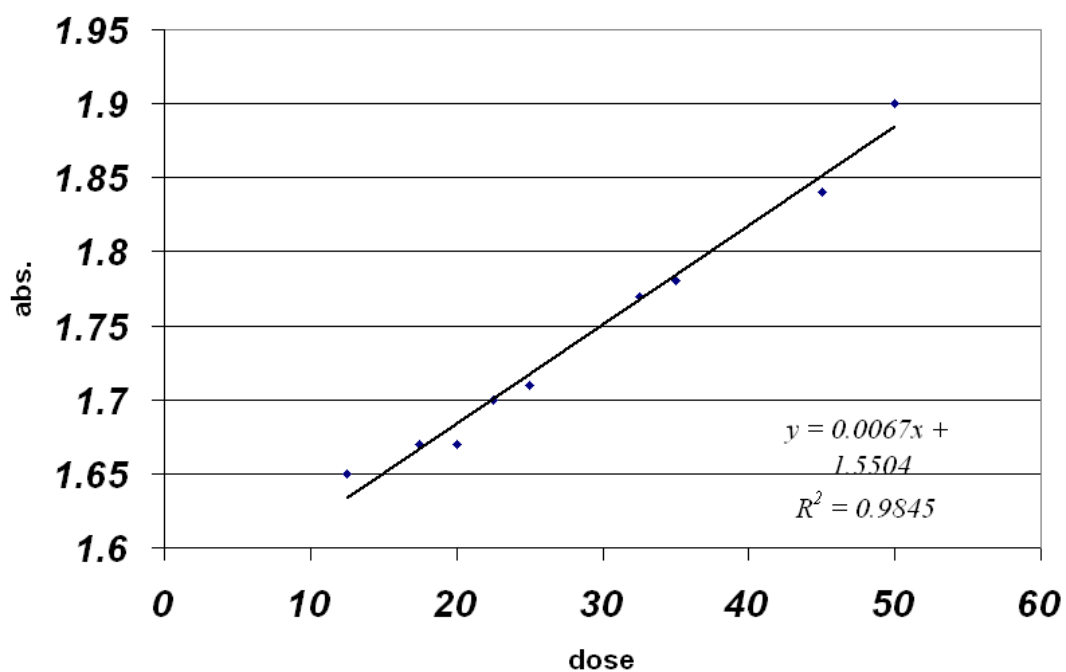
نتایج خروجی سیستم اسپکتروفوتومتر بر اساس طیف جذبی برای یکی از نمونه‌های تابش دیده، در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین جذب با  $FWHM$  حدود  $50$  نانومتر،  $631.5$  نانومتر بوده و برای تمام نمونه‌ها در همین مقدار ثابت است.



(شکل ۱) خروجی سیستم اسپکتروفوتومتر

### الف) تغییرات دز جذبی و خطی بودن پاسخ دز:

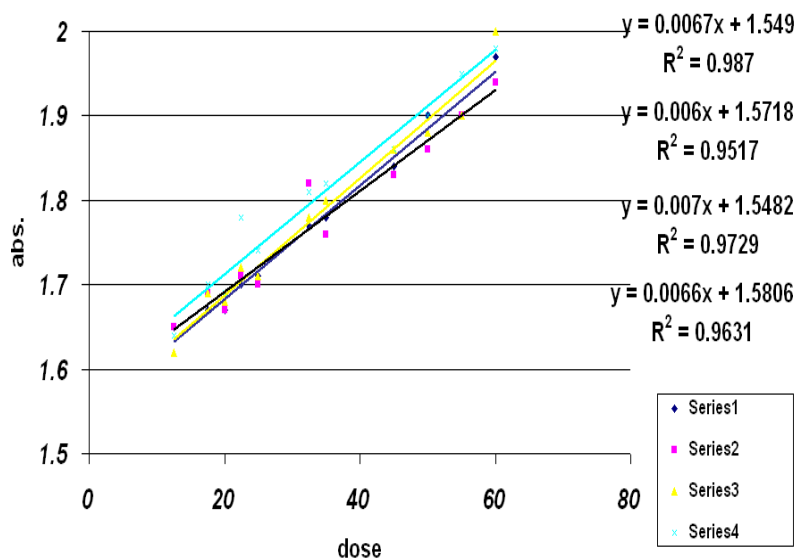
ترکیبات مختلف PRESAGE تغییرات چگالی اپتیکی قابل ملاحظه‌ای را در پاسخ به تابش فرودی نشان می‌دهند. نمودار ۱ نتایج تابش دهی این دزیمتر را برای دزهای مختلف و میزان خطی بودن پاسخ دز آنها را برای ترکیب خاص استفاده شده، نشان می‌دهد.



(شکل ۲) نتایج تابش دهی دزیمتر در دزهای مختلف

ب) پایداری پاسخ دز:

پایداری پاسخ اپتیکی دزی‌متر برای دزهای مختلف با گذشت زمان در نمودار شکل ۲ دیده می‌شود.



(شکل ۲) نمودار پایداری پاسخ اپتیکی دزی‌متر برای دزهای مختلف با گذشت زمان (۱, ۲, ۳, ۴ به ترتیب ۱ و ۲ و ۳ و ۴ روز پس از تابش گیری)

با بررسی پایداری پاسخ دزی‌متر برای تمام دزها، می‌توان نتیجه گرفت که پاسخ دهی این دزی‌متر تا حدود ۹ روز با بیشینه خطای ۱٪ (در مقایسه با تنها گزارش موجود کاهش ۱۵٪ پس از گذشت ۵ روز [۱]) ثابت است.

نتیجه گیری:

با توجه به نیاز فراوان در رادیوتراپی جدید به دزی‌متری با پاسخ خطی، حساسیت بالا به تابش فرودی، غیر حساس به اکسیژن محیط و... و بررسی پارامترهای دزی‌متری PRESAGE، دلیل استفاده ی روز افزون این دزی‌متر به اثبات می‌رسد. این دزی‌متر جامد بر اساس ماتریس پلی یورتان شکل گرفته که ترکیب رادیوکرومیک در آن، پاسخ خوبی در مقابل تابش فرودی از خود نشان می‌دهد و توسط سیستم اسپکتروفتومتر قابل بازخوانی است. هم اکنون تلاش برای افزایش حساسیت دزی‌متر و تغییر عدد سی تی آن به مقدار کمتر از ۱۰۰ در حال انجام است.



مراجع:

- [1] P.Y.Guo, J.A.Adamovics, and M.Oldham, "characterization of a new radiochromic 3D dosimeter", 2006
- [2] D E Bonnett, a review of applications of polymer gel dosimetry, DOSGEL 2001 Proceedings of 2nd International Conference on Radiotherapy Gel Dosimetry (Brisbane, Australia)
- [3] Geoffrey S.Ibbott, "clinical applications of gel dosimeters, Journal of Physics: Conference Series 56 108–131, 4th Int. Con. Radiotherapy Gel Dosimetry, (2006)
- [4] Schreiner L J 2002 Fricke gel dosimetry. DOSGEL 2001 Proceedings of 2nd International Conference on Radiotherapy Gel Dosimetry (Brisbane, Australia) ed C Baldock and Y De Deene 15-22.
- [۵] Azam Niroomand-Rad, Charles Robert Blackwell, Bert M. Coursey, Kenneth P. Gall, James M. Galvin, William L. McLaughlin, Ali S. Meigooni, Ravinder Nath, James E. Rodgers, and Christopher G. Soares, "Radiochromic Film Dosimetry", American Association of Physicists in Medicine, 1998
- [۶] spectrophotometry of PRESAGE polyurethane dosimeters, N Krsajic, p Wai, J Adamovics and S Doran Third International Conference on Radiotherapy Gel Dosimetry Journal of Physics: Conference Series 3 244–247, (2004)